

**PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO
EM GEOCIÊNCIAS
E MEIO AMBIENTE**

**Estudo Hidroquímico e Modelagem
de Contaminantes no Rio Tietê (SP)**

Isabela Guimarães de Araujo

Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

Rio Claro 2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

ISABELA GUIMARÃES DE ARAUJO

ESTUDO HIDROQUÍMICO E MODELAGEM DE

CONTAMINANTES NO RIO TIETÊ (SP)

Dissertação de mestrado apresentada ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
do Campus de Rio Claro da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
para obtenção do grau de Mestre em
Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Marcos Bonotto

Rio Claro (SP)

2025

A663e

Araujo, Isabela Guimarães de

Estudo Hidroquímico e Modelagem de Contaminantes no Rio Tietê
(SP) / Isabela Guimarães de Araujo. -- Rio Claro, 2025

217 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro

Orientador: Daniel Marcos Bonotto

1. Hidrogeoquímica. 2. Contaminação Ambiental. 3. Derivados de
Hidrocarbonetos. 4. Rio Tietê. 5. Geologia Ambiental. I. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Esta pesquisa tem impacto significativo tanto do ponto científico quanto ambiental e social uma vez que se trata de uma das principais bacias hidrográficas do estado de São Paulo. Realizando análises hidroquímicas com base em dados temporais da última década, disponíveis pela CETESB, complementados por coletas e análises laboratoriais conduzidas pelo grupo de pesquisa, o trabalho contribui para a compreensão da dinâmica espacial e temporal dos contaminantes presentes nas águas do Rio Tietê. Além da caracterização hidroquímica, foram feitas modelagens da presença de contaminantes químicos, incluindo metais e semimetais potencialmente tóxicos e derivados de hidrocarbonetos, que representam riscos à qualidade das águas e à saúde pública. Foram usadas técnicas avançadas de programação baseada na técnica de regressão por vetor de suporte (Support Vector Regression), projetando cenários futuros do comportamento dos parâmetros desejados, fornecendo informações valiosas para ações de monitoramento e mitigação das áreas mais afetadas. Os resultados obtidos nesta pesquisa têm potencial para apoiar políticas públicas voltadas para a gestão de recursos hídricos e recuperação de áreas impactadas somadas a prevenção de degradação ambiental, além disso, a metodologia usada é replicável para outros corpos hídricos em contextos semelhantes.

Potential impact of this research

This research has significant impact both scientific and environmental and social since it is one of the main river basins in the state of São Paulo. Performing hydrochemical analyses based on time data of the last decade, available by CETESB, complemented by collections and laboratory analysis conducted by the research group, the work contributes to the understanding of the spatial and temporal dynamics of contaminants present in the waters of Tietê River. In addition to hydrochemical characterization, models were made for the presence of chemical contaminants, including potentially toxic metals and semimetals and hydrocarbon derivatives, which pose risks to water quality and public health. Advanced programming techniques based on the support vector regression (Support Vector Regression) were used, projecting future scenarios of the behavior of desired parameters, providing valuable information for monitoring and mitigation actions of the most affected areas. The results obtained in this research have potential to support public policies aimed at water resources management and recovery of impacted areas added to the prevention of environmental degradation, In addition, the methodology used is replicable to other water bodies in similar contexts.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

ISABELA GUIMARÃES DE
ARAUJO

ESTUDO HIDROQUÍMICO
E MODELAGEM DE
CONTAMINANTES NO
RIO TIETÊ (SP)

Dissertação de Mestrado apresentada
ao Instituto de Geociências e Ciências
Exatas do Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista “Júlio
de Mesquita Filho”, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Mestre em Geociências e Meio
Ambiente.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. DANIEL MARCOS BONOTTO
IGCE / UNESP / Rio Claro (SP)

Profa. Dra. TATIANI DE PAULA PINOTTI SABARIS MEGLHIORATTI
SENAI / São Caetano do Sul (SP)

Dr. LEONARDO ALFREDO SALIM
Geólogo Consultor / Perth - Austrália

Conceito: Aprovado.

Rio Claro (SP), 03 de julho de 2025.

Agradecimentos

Agradeço, inicialmente, aos meus pais, Idiniz e Marlene, e ao meu irmão, Fernando, por todo o apoio, ajuda, paciência e companheirismo ao longo de minha vida. Certamente não seria possível concluir mais uma etapa da vida sem vocês, e nem sem o Snoopy. Muito obrigada.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Daniel Bonotto, por mais uma oportunidade acadêmica e todo o conhecimento passado que me torna uma profissional melhor e mais preparada para os futuros desafios, tanto no âmbito acadêmico quanto no corporativo.

Agradeço aos meus amigos Joojóólogos que desde a época da graduação estão comigo, tornando a geociências ainda mais interessante, leve e com discussões enriquecedoras. Agradeço também ao meu amigo-irmão, Caio Nascimento, que entrou no curso de Física comigo e permanece presente na minha vida até hoje. Vocês foram fundamentais para o meu desenvolvimento e amadurecimento pessoal e acadêmico. Sou extremamente grata pela amizade de cada um de vocês ao longo de todos esses anos.

Agradeço aos colegas e funcionários do UNESPetro e LABIDRO por todo o suporte acadêmico para o desenvolvimento da minha pesquisa. A ajuda de vocês foi fundamental para a excelência deste trabalho.

Agradeço ainda as duas peças que o UNESPetro me apresentou, Gabi Roveratti e Pedro Ivo, e também ao Henrique Petrovich e a sua família por me adotarem. Obrigada pelos dias de muito trabalho no Python e debates geológicos, almoços temáticos e não temáticos também, bares e mercados, surtos e risadas que tivemos juntos. Certamente se fui mais longe é porque tive o apoio de todos vocês para isso.

Por fim, agradeço o apoio financeiro do Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – PRH-ANP, suportado com recursos provenientes do investimento de empresas petrolíferas qualificadas na Cláusula de PD&I da Resolução ANP nº 50/2015.

“As aventuras nunca acabam? Acho que não. Outra pessoa sempre tem de continuar a história.” - O Senhor dos Anéis: A Sociedade do Anel

“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez.” - George Bernard Shaw

RESUMO

O presente trabalho descreve o estudo hidroquímico realizado no Rio Tietê com amostras obtidas no verão de 2021/2022, junto, o comportamento dos parâmetros que compõe as águas superficiais do mesmo na última década, com base no sistema disponível pela CETESB. As campanhas de campo foram divididas em três etapas, coletando no total 19 amostras de água, desde a nascente do Tietê, em Salesópolis, até o município de Itapura, onde o rio desemboca no Rio Paraná. Com essas amostras coletadas foram feitas análises laboratoriais para parâmetros físico-químicos (como pH, potencial de óxido-redução (Eh), condutividade elétrica (CE), turbidez e demanda bioquímica de oxigênio (DBO)), e também de parâmetros químicos, como os principais cátions e ânions presentes em águas, além de sólidos totais dissolvidos (STDs), gerando um banco de dados para o estudo hidroquímico. Com o banco de dados disponibilizados pela CETESB, também com análises de parâmetros físico-químicos e químicos, incluindo semimetais, metais e metais pesados, compostos orgânicos, os quais incluem derivados de hidrocarbonetos, como BTEXs, foram geradas avaliações desses parâmetros, que possibilitaram estabelecer modelos estatísticos usando o método computacional *Support Vector Regression*, que permite, mesmo com hiatos, entender a tendência de evolução futura dos parâmetros. Os parâmetros obtidos, tanto pelas coletas de campo quanto disponibilizados pela CETESB, apresentam valores que variam entre si, em alguns pontos, não é sendo possível dizer se está diretamente influenciada pela ação antrópica; porém, em alguns casos, é possível identificar que a contaminação está influenciada por atividades industriais ou agropecuárias locais, como encontrado nos municípios de Araçatuba, Guarulhos, Itaquaquecetuba, Laranjal Paulista e São Paulo. Os parâmetros analisados foram comparados com os valores limites estabelecidos pelo CONAMA 357 (2005) e Ministério da Saúde Brasileiro (2021). Com esses mesmos parâmetros foram gerados índices de qualidade das águas (IQA), conforme adotado e descrito pela CETESB (1975).

Palavras-chave: águas superficiais, Rio Tietê, modelagem estatística, derivados de hidrocarbonetos e metais pesados; contaminação de corpos hídricos.

ABSTRACT

The present work describes the hydrochemical study carried out in the Tietê River with samples obtained in the summer of 2021/2022, together with the behavior of the parameters that compose the surface waters of the same in the last decade, based on the system available by CETESB. The field campaigns were divided into three stages, collecting a total of 19 water samples, from the source of Tietê in Salesópolis to the city of Itapura, where the river flows into the Paraná River. With these collected samples were made laboratory analyses for physical-chemical parameters (such as pH, oxide reduction potential (Eh), electrical conductivity (EC), turbidity and biochemical oxygen demand (BOD)), and also of chemical parameters, as the main cations and anions present in water, as well as total dissolved solids (STDs), generating a database for hydrochemical study. Adding the database provided by CETESB, also with analysis of physical-chemical and chemical parameters, including semi-metals, metals and heavy metals, organic compounds, which include hydrocarbon derivatives, such as BTEXs, evaluations of these parameters were generated, that made it possible to establish statistical models using the computational method Support Vector Regression, which allows, even with gaps in the time series, to understand the trend of future evolution of the parameters. As expected, the parameters obtained by both field collections and provided by CETESB, have values that vary among themselves, in some points, it is not possible to say if it is directly influenced by anthropic action; however, in some cases, it is possible to identify that the contamination is influenced by local industrial or agricultural activities, as found in the municipalities of Araçatuba, Guarulhos, Itaquaquecetuba, Laranjal Paulista and São Paulo. The parameters analyzed were compared with the limit values established by CONAMA 357 (2005) and the Brazilian Ministry of Health (2021). With these same parameters, water quality indices (WQI) were generated, as adopted and described by CETESB (1975).

Keywords: surface waters, Tietê River, statistical modeling, hydrocarbon and heavy metal derivatives; contamination of water bodies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Área de estudo com os pontos de coleta realizados em campo no verão de 2021/2022, em losangos vermelhos, e pontos de coleta realizados pela CETESB, em losangos verdes, na última década.....	22
Figura 2 - Divisão geomorfológica do estado de São Paulo proposto por Almeida (1964)	23
Figura 3 – Divisão das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) do estado de São Paulo como proposto pela Lei nº 9.034/1994 e posteriormente revogada e substituída pela Lei nº16.337/2016 (Fonte: Sistema Integrado de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SigRH), 2014)	23
Figura 4 – Plano Estadual da Gestão dos Recursos Hídricos, entre 2004 e 2007, da UGRHI do Alto do Tietê (Fonte: Governo Estadual de São Paulo, 2004).....	25
Figura 5 – Plano Estadual da Gestão dos Recursos Hídricos, entre 2004 e 2007, da UGRHI do Sorocaba / Médio Tietê (Fonte: Governo Estadual de São Paulo, 2004).	28
Figura 6 – Mapa da subdivisão da UGRHI 10 – Socoraba Médio Tietê (Fonte: Dos Santos et al., 2014).	29
Figura 7 – Mapa de localização da UGRHI 13, com os municípios e principais corpos hídricos que formam a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo).	32
Figura 8 – Mapa de localização da UGRHI 16, com os municípios e principais corpos hídricos superficiais que compõe a Bacia Hidrográfica Tietê Batalhas (Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo).	34
Figura 9 - Mapa da UGRHI 19, com os municípios e principais corpos hídricos superficiais que compõe a Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê (Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo).	36
Figura 10 – Pontos de coleta das amostras feitas em atividade de campo no verão de 2021/2022.	40
Figura 11 - Ponto de coleta das amostras realizada pela CETESB	45

Figura 12 - Modelo de margem suave para planicidade de uma função $f(x)$. A imagem mostra como os erros, dentro do limite ε tolerado, são importantes para a predição de valores usando Machine Learning. (Schölkopf & Smola, 2002).....	49
Figura 13 - Diagrama Eh-pH das amostras de campo das águas do Rio Tietê.....	52
Figura 14 - Diagrama de Piper, com base nos dados coletados em campo do verão de 2021/2022. O caráter das águas não é bicarbonatado cálcico como geralmente apresentado na literatura para as águas superficiais.	59
Figura 15 - Diagrama de Schoeller ilustrando os principais íons das amostras analisadas. ...	60
Figura 16 - Diagramas de Stiff plotados ao longo do Rio Tietê na área de estudo.....	62
Figura 17 - Gráfico com as variações dos parâmetros na nascente e na foz do Rio Tietê.....	63
Figura 18 - Variações da Alcalinidade ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.....	64
Figura 19 - Variações do Cálcio ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.	65
Figura 20 - Variações do Cloreto ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.	66
Figura 21 - Variações da condutividade elétrica ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.	67
Figura 22 - Variações do nitrato ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.	68
Figura 23 - Variações do Nitrito ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.	69
Figura 24 - Variações do pH ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.	70
Figura 25 - Variações do potássio ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.	70
Figura 26 - Variações do sódio ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.	71

Figura 27 - Variações do sulfato ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.	72
Figura 28 - Variações da turbidez ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.	73
Figura 29 - Variações de STDs ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.	74
Figura 30 - Variação de surfactante nas UGHRIs do Rio Tietê na última década	75
Figura 31 - Variação da condutividade elétrica ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.	76
Figura 32 - Variação da alcalinidade ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.	76
Figura 33 - Variação de pH ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.	77
Figura 34 - Variação de fósforo-ortofosfato ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.	78
Figura 35 - Variação de sulfato ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.	79
Figura 36 - Variação de cálcio ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.	79
Figura 37 - Variação de cloreto ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.	80
Figura 38 - Variação de potássio ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.	81
Figura 39 - Variação de magnésio ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.	81
Figura 40 - Variação de sódio ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.	82
Figura 41 - Variação de nitrito ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.	82

Figura 42 - Variação de nitrato ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.	83
Figura 43 - Variação do potencial de oxirredução ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.	84
Figura 44 - Variação de sólidos totais dissolvidos ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.	84
Figura 45 - Variação da turbidez ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.	85
Figura 46 - Variação de surfactantes ao longo do Rio Tietê.	86
Figura 47 - Correlação entre CE (S/cm) e cloreto (mg/L).....	87
Figura 48 - Correlação entre nitrato e CE.....	87
Figura 49 - Correlação entre alcalinidade e STD.....	88
Figura 50 - Matriz de correlação entre os parâmetros analisados das amostragens de campo do verão de 2021/2022.....	89
Figura 51 - Correlação de nitrato com surfactantes das amostras de campo.	90
Figura 52 - Correlação de surfactantes e nitrito ao longo do Rio Tietê com base nas amostras de campo.....	90
Figura 53 - Correlação entre surfactantes e STD ao longo do Rio Tietê com base nas amostras de campo.....	91
Figura 54 –Variação do cloreto ao longo do Rio Tietê nos anos de 2014 e 2024.	92
Figura 55 - Comparação da variação de cromo ao longo do Rio Tietê em 2014 e 2024.....	93
Figura 56 - Comparação da variação do pH, no Rio Tietê, nos anos de 2014 e 2024.....	94
Figura 57 - Comparação da variação da condutividade elétrica, entre 2014 e 2024, ao longo do Rio Tietê.	94
Figura 58 - Comparação da variação da turbidez, entre 2014 e 2024, ao longo do Rio Tietê.	95
Figura 59 - Comparação da variação de sólidos totais dissolvidos presentes no Rio Tietê nos anos de 2014 e 2024.....	96

Figura 60 - Comparação do benzeno, em 2014 e 2024, ao longo do Rio Tietê.....	97
Figura 61 - Comparação da variação de tolueno, em 2014 e 2024, ao longo do Rio Tietê....	98
Figura 62 - Modelagem preditiva de sódio na Bacia do Alto Tietê com base nos valores anuais.	102
Figura 63 - Modelagem preditiva do sódio na Bacia Sorocaba/ Médio Tietê com base nos valores anuais.....	102
Figura 64 - Modelagem preditiva do sódio na Bacia Tietê Jacaré com base nas concentrações anuais.	103
Figura 65 - Modelagem preditiva do sódio na Bacia Baixo Tietê com base nas concentrações anuais.	103
Figura 66 - Modelagem preditiva do cádmio na Bacia Alto Tietê.	104
Figura 67 - Modelagem preditiva do cádmio na Bacia Sorocaba Médio Tietê	104
Figura 68 - Modelagem preditiva do cádmio na Bacia Tietê Jacaré.....	104
Figura 69 - Modelagem preditiva-do cádmio na Bacia Baixo Tietê.....	105
Figura 70 - Modelagem preditiva do benzeno na Bacia do Alto Tietê.....	106
Figura 71 - Variação da concentração de cálcio nos municípios amostrados. Em tracejado o valor limite estabelecido pelo Ministério da Saúde	119
Figura 72 - Variação da concentração de magnésio nos municípios amostrados. Em tracejado o valor limite estabelecido pelo Ministério da Saúde	119
Figura 73 - Variação da concentração de potássio nos municípios amostrados.	120
Figura 74 - Variação da concentração de sílica nos municípios amostrados. Em tracejado o valor limite estabelecido pelo Ministério da Saúde	120
Figura 75 - Variação da concentração de cloreto nos municípios amostrados. Em tracejado o valor limite estabelecido pelo Ministério da Saúde	121
Figura 76 - Variação da concentração de nitrato nos municípios amostrados. Em tracejado o valor limite estabelecido pelo Ministério da Saúde	121
Figura 77 - Variação da concentração de nitrito nos municípios amostrados. Em tracejado o valor limite estabelecido pelo Ministério da Saúde	122

Figura 78 - Variação da alcalinidade nos municípios amostrados.....	122
Figura 79 - Variação da concentração de sulfato nos municípios amostrados. Em tracejado o valor limite estabelecido pelo Ministério da Saúde	123
Figura 80 - Variação da turbidez nos municípios mapeados em campo. Em verde tracejado, o valor limite estabelecido pelo Ministério da Saúde, e em vermelho, o valor limite estabelecido pelo CONAMA 357.....	123
Figura 81 - Variação da concentração de sólidos totais dissolvidos nos municípios amostrados. Em tracejado o valor limite estabelecido pelo Ministério da Saúde.....	124
Figura 82 - Variação do pH nos municípios amostrados. Os valores limites estabelecidos tanto pelo CONAMA quanto Ministério da Saúde estão entre 6 e 9.....	124
Figura 83 – Variação da concentração de surfactantes nos municípios amostrados. Todos os valores encontrados são inferiores ao limite estabelecido pelo CONAMA 357.....	125
Figura 84 - Variação do IQA nos trechos amostrados do Rio Tietê no verão de 2021/2022.	134
Figura 85 - Índice de Qualidade das Águas em Biritiba Mirim.....	134
Figura 86 - Índice de Qualidade das Águas em Mogi das Cruzes.	135
Figura 87 - Índice de Qualidade das Águas em Suzano.	135
Figura 88 - Índice de Qualidade das Águas em Itaquaquecetuba.	135
Figura 89 - Índice de Qualidade das Águas em Guarulhos.....	136
Figura 90 - Índice de Qualidade das Águas em São Paulo, na Av. Aricanduva.....	136
Figura 91 - Índice de Qualidade das Águas em São Paulo, na Marginal Tietê.	136
Figura 92 - Índice da Qualidade das Águas em São Paulo, na Ponte das Bandeiras.	137
Figura 93 - Índice da Qualidade das Águas em Salto.....	137
Figura 94 - Índice da Qualidade das Águas em Tietê.....	137
Figura 95 - Índice da Qualidade das Águas em Laranjal Paulista.	138
Figura 96 - Índice da Qualidade das Águas em Botucatu, na Rodovia SP-191 que liga a Santa Maria.....	138

Figura 97 - Índice da Qualidade das Águas em Botucatu, no Reservatório de Barra Bonita.	138
Figura 98 - Índice da Qualidade das Águas em Barra Bonita.....	139
Figura 99 - Índice da Qualidade das Águas em Ibitinga.....	139
Figura 100 - Índice da Qualidade das Águas em Promissão.....	139
Figura 101 - Índice da Qualidade das Águas em Araçatuba.....	140
Figura 102 - Índice da Qualidade das Águas em Pereira Barreto.....	140
Figura 103 - Variação do Índice de Qualidade das Águas em Itapura	140

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Estimativa das demandas das fontes hídricas superficiais e subterrâneas na UGRHI 06 em 2004 (Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004-2007)	26
Tabela 2- Estimativa das demandas das fontes hídricas superficiais e subterrâneas na UGRHI 10 em 2004 (Fonte: PERH 2004-2007)	30
Tabela 3 - Estimativa das demandas das fontes hídricas superficiais e subterrâneas na UGRHI 13 em 2022 (Fonte: Comitê da Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré, 2023)	33
Tabela 4 - Estimativa das demandas das fontes hídricas superficiais e subterrâneas na UGRHI 16 em 2022 (Fonte: Comitê da Bacia Hidrográfica Tietê Batalhas, 2023).....	35
Tabela 5 - Estimativa das demandas das fontes hídricas superficiais e subterrâneas na UGRHI 19 em 2020 (Fonte: Comitê da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê, 2020).....	37
Tabela 6 - Ponto de coleta das amostras do Rio Tietê.	40
Tabela 7a – Classificação do Índice de Qualidade de Águas (IQA) segundo a CETESB (1975).	44
Tabela 8 – Localização, com coordenadas geográficas e ponto de referência dos pontos de amostragem, e intervalo entre as amostragens mais antigas e mais recentes feitas na última década pela CETESB.....	45
Tabela 9 - Parâmetros químicos e físico-químicos obtidos ao longo do Rio Tietê nas coletas feitas no verão de 2021/2022.	51
Tabela 10 - Padrões de dureza das águas (Custodio & Llamas, 1983).....	53
Tabela 11 - Média dos resultados das análises realizadas na Bacia do Alto Tietê (UGRHI - 06) na última década	54
Tabela 12 -- Média dos resultados das análises realizadas na Bacia do Médio Tietê/ Sorocaba na última década	55
Tabela 13 - Média dos resultados das análises realizadas na Bacia do Tietê-Jacaré na última década	56
Tabela 14 - Média dos resultados das análises realizadas na Bacia do Baixo Tietê na última década	57

Tabela 15 - Matriz de correlação entre bário e cloreto de 2013 a 2024.....	99
Tabela 16 - Matriz de correlação entre condutividade elétrica e cloreto.	101
Tabela 17 - Comparação dos parâmetros obtidos em campo com os valores disponibilizados pela CETESB no mesmo período.	106
Tabela 18 – Comparação dos valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos obtidos em campo com os limites estabelecidos pelo CONAMA (2005) e Ministério de Saúde Brasileiro (2021).....	118
Tabela 19 - Comparação dos valores médios disponibilizados pela CETESB com os limites estabelecidos pelo CONAMA 357 e GM/MS N°888.	126

SUMÁRIO

1. Introdução	18
2. Objetivos	20
3. Caracterização da Área de Estudo	21
3.1 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Alto Tietê	24
3.2 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Médio Tietê/Sorocaba	26
3.3 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê-Jacaré	31
3.4 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê Batalhas	33
3.5 UNidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Baixo Tietê	35
4. Materiais e Métodos	38
4.1 Revisão Bibliográfica	38
4.2 Coleta de Amostras em Campo	39
4.3 Análises Laboratoriais	41
4.4 Tratamento e Interpretação de Dados	43
4.4.1 Tratamento e Interpretação de Dados de Campo	43
4.4.2 Tratamento e Interpretação de Dados Históricos	44
5. Resultados e Discussão	50
5.1 Dados Hidroquímicos	50
5.1.1 Dados de Campo	50
5.1.2 Dados coletados pela CETESB	53
5.2 Composição Hidroquímica	58
5.3 Variação e Correlação entre os Parâmetros	75
5.3.1 Variação dos parâmetros das amostras coletadas	76
5.3.2. Correlação dos parâmetros das amostras coletadas	86

5.3.3 Variação e correlação dos parâmetros obtidos pela CETESB (2014 – 2024)	91
5.3.4 Comparação dos parâmetros obtidos em campo com dados disponibilizados pela CETESB.....	106
5.4 Qualidade das águas.....	118
5.5 IQA-Índice de Qualidade das Águas	134
6. Conclusão.....	142
7. Referências.....	144
ANEXOS	151

1. INTRODUÇÃO

A importância da água para a manutenção e continuidade da vida é amplamente reconhecida. As águas superficiais se destacam não apenas pela relevância no abastecimento de populações, mas também pela facilidade de acesso, já que dispensam processos de perfuração para captação (TUCCI, 2006). Contudo, o fácil acesso dessas águas também motiva e estimula a discussão de conservação, exploração e avaliação das qualidades dos recursos hídricos, isso porque a acessibilidade também implica na suscetibilidade à degradação ambiental, intensificando a necessidade de ações voltadas à conservação, uso sustentável e constante avaliação de qualidade (CONAMA, 2005).

Além da importância para a vida, os cursos d'água refletem a dinâmica da bacia hidrográfica que pertencem, isto é, os atributos naturais e as interações entre seus vários componentes, como solo, água, geologia e cobertura vegetal, além das alterações antrópicas as quais estão sujeitos (JENKINS *et al.*, 1994; CPRM, 2011). Em regiões de elevada densidade populacional, como áreas metropolitanas, os corpos hídricos estão frequentemente expostos a diversas fontes de contaminação e suscetibilidade, resultados do consumo doméstico, da expansão da área urbana e de atividades industriais, que muitas vezes superam a capacidade de suporte dos ecossistemas, contribuindo para a degradação de mananciais, tornando-os impróprios para as mais diversas finalidades (CETESB, 2022; MANCUSO e SANTOS, 2003).

O Rio Tietê, sendo um dos principais corpos hídricos de São Paulo, que percorre mais de mil quilômetros de extensão de sudoeste a noroeste, é um dos casos mais conhecidos de como a ocupação das margens dos rios, quando feitas de forma desordenada, corrobora com a degradação dos mananciais. A ocupação das margens do Rio Tietê teve início ainda no século XVII, com as bandeiras paulistas. Com a industrialização no século XIX, o rio passou a receber grandes volumes de esgoto doméstico e industrial, sem qualquer tratamento. Apesar do artigo 208 da Constituição do Estado de São Paulo, promulgado em 1989, proibir o lançamento de efluentes urbanos e industriais sem tratamento em corpos d'água, menos de 80% do esgoto coletado na Região Metropolitana de São Paulo é efetivamente tratado, segundo dados da Sabesp (2023) e da ANA (2021).

Este trabalho visa a caracterização de águas superficiais do Rio Tietê. As análises realizadas envolvem técnicas hidroquímicas aplicadas à avaliação da qualidade da água do rio. Para isso,

foram analisados parâmetros físico-químicos e químicos, os quais incluem metais pesados e derivados de hidrocarbonetos. Estudos hidroquímicos são fundamentais para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, pois fornecem uma compreensão integrada da qualidade da água frente a fatores naturais, sociais, econômicos, culturais e ambientais (DREW, 1986; UNESCO, 2003). Neste contexto, este trabalho também utiliza a metodologia de *Support Vector Regression* (SVR) como ferramenta de modelagem preditiva para compreender o comportamento de contaminantes — como os compostos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno) — ao longo do Rio Tietê. A aplicação de técnicas de modelagem estatística e de aprendizado de máquina em estudos ambientais tem se mostrado eficiente para identificar tendências, antecipar impactos e apoiar ações de mitigação (VAPNIK, 1995; CHAPELLE et al., 2002; ZHANG et al., 2008).

2. OBJETIVOS

Para a caracterização hidroquímica das águas do Rio Tietê ao longo do seu percurso foram utilizados dados de análises de parâmetros físico-químicos e químicos, incluindo metais pesados e derivados de hidrocarbonetos, tanto de amostras de água coletadas em campo como também do banco de dados da CETESB que conta com análises de um período de tempo maior, dessa forma, sendo possível fazer correlações entre os parâmetros, visando melhor compreender os processos que estão relacionados com as alterações que ocorrem ao longo do percurso entre a nascente e a foz.

O monitoramento hidroquímico é válido por incrementar uma base de dados sobre os parâmetros relacionados com a qualidade das águas deste rio tão importante para o estado paulista, contribuindo também com órgãos de gestão em ações direcionadas à proteção adequada ao Rio Tietê ao longo de seu percurso até sua foz, no Rio Paraná.

Somado às análises laboratoriais que compõe um banco de dados de dez anos, foram feitas também regressões usando *Support Vector Regression (SVR)*, que é um tipo de *Support Vector Machine (SVM)*, cuja ideia é encontrar um novo hiperplano que se adeque melhor aos dados. Para isso, os erros, ou desvios, de valores de cada dado são fundamentais para a modelagem, pois, o intuito do método é uma previsão de como o modelo tende a se comportar e não gerar valores exatos.

O objeto de implantar o SVR é gerar modelagens preditivas, com um banco de dados dos últimos 10 anos de pontos ao longo do estado, de como a contaminação de alguns parâmetros ocorreu nesse período e qual a previsão de tendência de variação até 2030. Esse tipo de análise e conhecimento é importante para medidas de mitigação futuras, e para evitar que a concentração dos parâmetros ultrapasse os valores limites estabelecidos por organizações de saúde, como o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e o Ministério de Saúde Brasileiro.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Rio Tietê é o maior rio que tem seu percurso inteiro no estado de São Paulo. Sua nascente está localizada na Serra do Mar, no município de Salesópolis, a menos de 25km de distância do Oceano Atlântico. Ao contrário da maior parte dos rios brasileiros, o Rio Tietê tem seu sentido SE-NW, percorrendo mais de 1000km até desembocar no Rio Paraná, na cidade de Itapura, a qual faz divisa com o estado de Mato Grosso do Sul. Ao longo do trajeto, o Tietê margeia 62 municípios, abastecendo quase 20 milhões de habitantes de forma direta, e outros milhares de forma indireta. A Figura 1 ilustra a posição espacial e geográfica do Rio Tietê, assim como a localização dos pontos amostrados no verão de 2021/2022 e os pontos do banco de dados da CETESB entre 2013 e 2024 (INFOÁGUAS).

O estado de São Paulo é dividido com base no relevo estabelecido por Ab'Saber (1956), e redefinido pela divisão geomorfológica delimitada por Almeida (1964), (Figura 2). Baseada nessa divisão geomorfológica, o Rio Tietê é dividido em cinco Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs), sendo: Alto Tietê, Sorocaba / Médio Tietê, Tietê-Jacaré, Tietê-Batalha e Baixo Tietê (Figura 3).

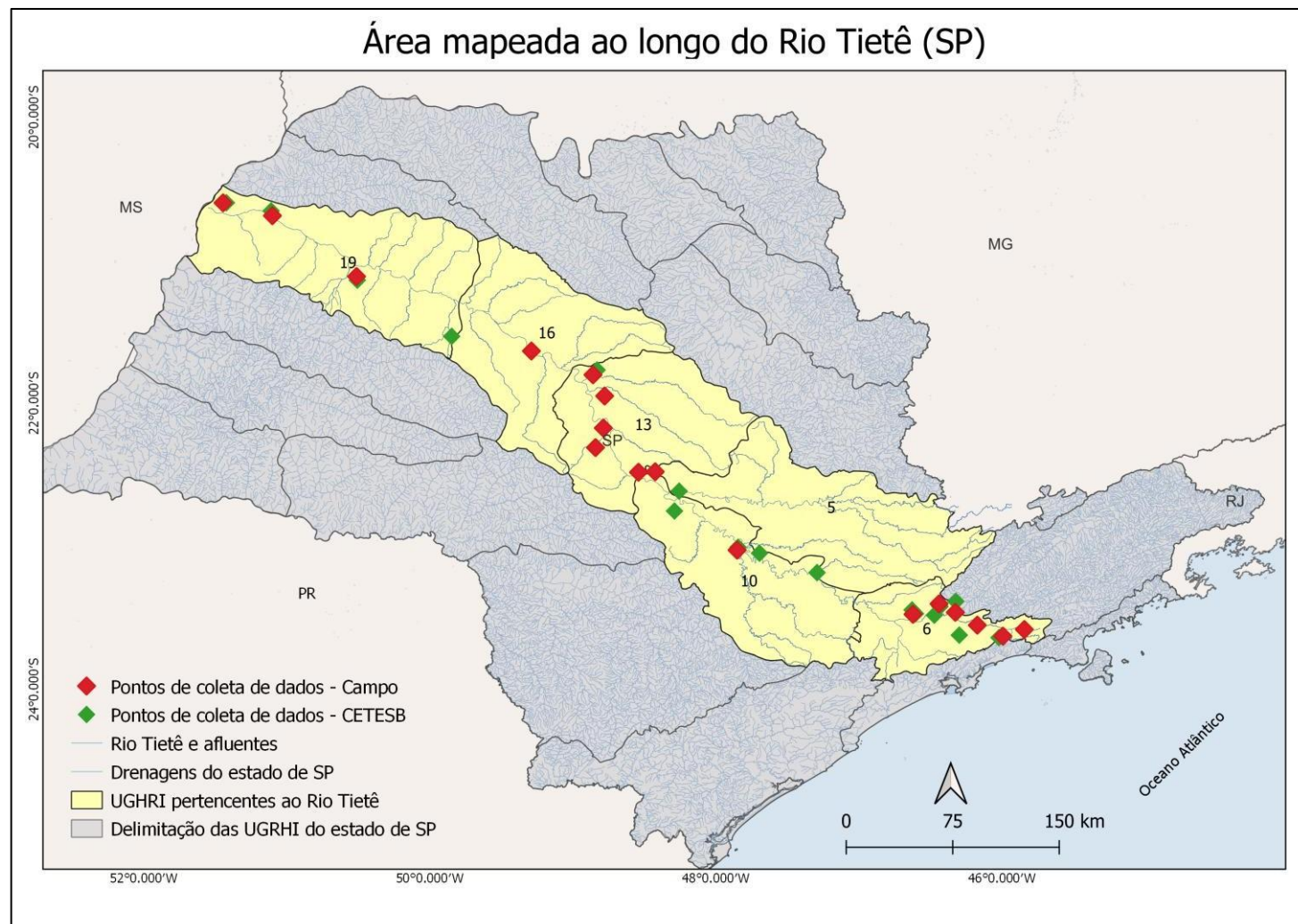


Figura 1 - Área de estudo com os pontos de coleta realizados em campo no verão de 2021/2022, em losangos vermelhos, e pontos de coleta realizados pela CETESB, em losangos verdes, na última década.

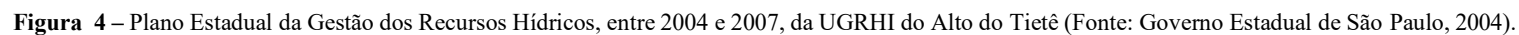
3.1 UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ALTO TIETÊ

A UGRHI do Alto Tietê, indicada como UGRHI 06 na Figura 3, corresponde à maior parte da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), desde sua nascente em Salesópolis até a barragem de Rasgão, próximo a Pirapora do Bom Jesus (Figura 4). A área de drenagem total da UGRHI 06, segundo COHRI (2004) *apud* Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004/2007, é de 5868 km². Os principais rios e reservatórios que compõem a UGRHI 06 são: Tietê, Paraitinga, Baquirivu-Guaçu, Cabuçu de Cima, Cabuçu de Baixo, Juqueri, Claro, Biritiba-Mirim, Jundiaí, Taiaçupeba-Açu, Itaquera, Jacu, Aricanduva, Carapicuíba, Cotia, São João do Barueri, Tamanduateí, Pinheiros (FABHAT, 2017). Para facilitar a descrição, a bacia é dividida em seis sub-bacias (FUSP, 2008).

O Alto Tietê é composto por terrenos cristalinos, presentes na borda da Região Metropolitana de São Paulo, também conhecidos como Complexo Costeiro. O terreno cristalino paulista é composto por três grupos litológicos: gnaisses-migmatitos; metassedimentos (xistos) e granulitos (CHIODI et al., 1983; SOBREIRO NETO et al., 1983). Hasui et al. (1989) relatam que o Complexo Costeiro é delimitado a norte pela Falha de Cubatão, e a Sul pela linha de costa.

Além dos terrenos cristalinos, a UGRHI do Alto Tietê é formada também por terrenos sedimentares que datam no Cenozóico, sendo descritos como depósitos terciários da bacia de São Paulo e coberturas aluviais do Quaternário (Plano Estadual de Recursos Hídricos, 2007).

A UGRHI 06 é a região de maior densidade populacional do Brasil, concentrando em torno de 50% da população do estado de São Paulo, de acordo com o Censo IBGE realizado em 2022. Devido a densidade populacional e atividade econômica da área, a UGRHI é insuficiente em disponibilidade hídrica, para o desenvolvimento social e econômico, necessitando a RMSP de transferência hídrica de outras UGRHIs limítrofes para suprir o abastecimento público (POLLACHI, 2021). Jacobi et al. (2015) descrevem que a região é marcada pela complexidade de um ambiente urbano de ocupação e uso do solo intenso e desordenado.



A Tabela 1 apresenta uma estimativa do uso de águas superficiais e subterrâneas da UGRHI 06 em 2004.

Tabela 1- Estimativa das demandas das fontes hídricas superficiais e subterrâneas na UGRHI 06 em 2004 (Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004-2007).

<i>Uso</i>	<i>Demanda (m³/s)</i>
<i>Urbano</i>	<i>66,50</i>
<i>Industrial</i>	<i>14,33</i>
<i>Agricultura</i>	<i>3,59</i>
<i>Total</i>	<i>86,42</i>

Os principais problemas que afetam a qualidade das águas apontados na UGRHI 06, segundo o Relatório das UGRHIs de 2004 são: disposição de resíduos sólidos e descarte de esgotos de forma errônea que acarretam inundações; erosão e assoreamento, destacando as áreas de alta e muito alta suscetibilidade.

3.2 UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS MÉDIO TIETÊ/SOROCABA

A UGRHI Médio Tietê/Sorocaba, também conhecida como UGRHI 10 como indicado na Figura 3, está localizada no centro-sudeste do Estado de São Paulo, abrangendo 54 municípios. Sua área total de bacias hidrográficas corresponde a 6.830 km² de drenagens que desembocam no Rio Tietê desde a barragem do Rasgão, em Pirapora do Bom Jesus, até a barragem de Barra Bonita (Figura 5). Trata-se de uma região de drenagens bastante organizada com destaque para o Rio Tietê e dois de seus afluentes, o Rio Piracicaba e o Rio Sorocaba (ALMEIDA, 1964).

Os principais rios da UGRHI 10 são: Sorocaba, Tietê, Sorocabuçu, Sorocamirim, Pirajibu, Jundiuvira, Murundu, Sarapuí, Tatuí, Guarapó, Macacos, Ribeirão do Peixe, Alambari, Capivara e Araqua (Relatório de Situação de Recursos Hídricos de Bacias, 2022). De acordo com o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba e Médio Tietê, a UGRHI 10 é dividida em seis sub-bacias (Figura 6), sendo que três drenam para o Rio Sorocaba e as outras três, para

o Rio Tietê. O principal reservatório de águas superficiais da UGRHI 10 é o de Itupararanga, cujo uso é destinado, majoritariamente, para a geração de energia para a Companhia Brasileira de Alumínio (CBA). Além disso, o Reservatório de Itupararanga é principal abastecedor da cidade de Sorocaba (Relatório de Situação de Recursos Hídricos de Bacias, 2022).

O Médio Tietê é caracterizado por: rochas do embasamento cristalino que datam do Pré-Cambriano; rochas sedimentares pré-cambrianas presentes da Bacia Sedimentar do Paraná das Formações Itararé, Tatuí, Irati, Corumbataí, Pirambóia, Botucatu, Serra Geral e Marília; e coberturas cenozóicas, dos contatos erosivos (SILVEIRA E CUNHA, 2010). Com base no Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (Figura 2), a UGRHI 10 é delimitada pela Depressão Periférica e as *Cuestas* Basálticas, cujo limite é bem definido na região por escarpas festonadas, sendo o trecho superior da UGRHI 10 é marcado por colinas aplainadas.

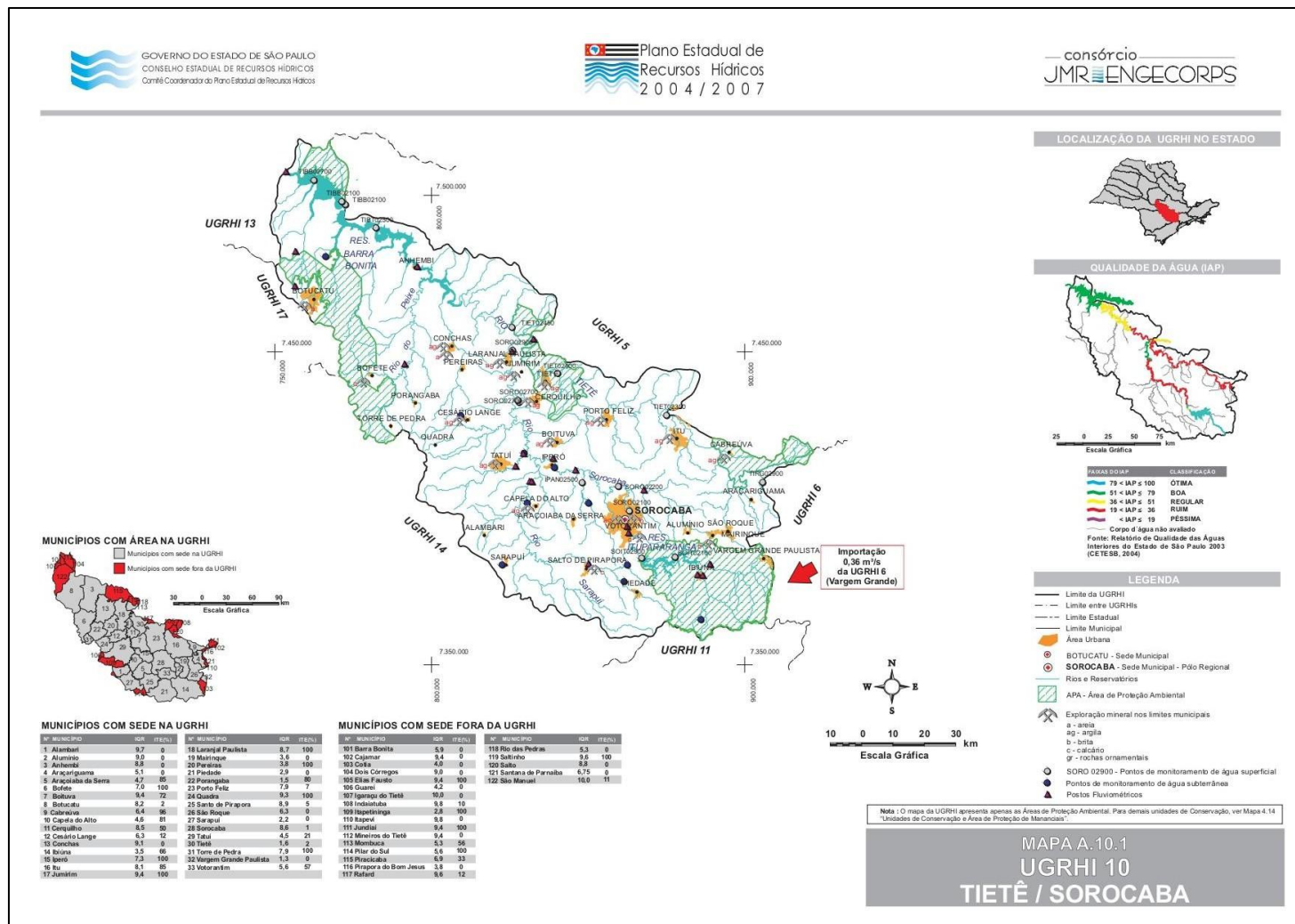


Figura 5 – Plano Estadual da Gestão dos Recursos Hídricos, entre 2004 e 2007, da UGRHI do Sorocaba / Médio Tietê (Fonte: Governo Estadual de São Paulo, 2004).

A UGRHI do Médio Tietê/Sorocaba é marcada pelo processo de ocupação e expansão da região de Sorocaba. As ocupações por povos não originários da região datam do período das bandeiras. O relevo da região favorece a atividade agrícola na região, especialmente cana-de-açúcar, para a indústria automobilística, e de citrus, como laranja. Mais recentemente, a partir da década de 70, com o processo de desconcentrar a RMSP, houve a migração de indústrias, e como consequência, população para a região de Sorocaba/ Médio Tietê, implantando conjuntos habitacionais e industriais, além de acelerar o adensamento da área (PERH 2004-2007). Com o uso inadequado do solo e as características naturais de susceptibilidade, o IPT (1991) mapeou diversas voçorocas na região, além do aumento do porte das já existentes na região. Ainda pelo levantamento do IPT (1991), a sub-bacia do Médio Tietê Inferior é a que apresenta maior suscetibilidade à erosão.

A Tabela 2 descreve uma estimativa da destinação das águas, superficiais e subterrâneas, da UGRHI 10.

Tabela 2- Estimativa das demandas das fontes hídricas superficiais e subterrâneas na UGRHI 10 em 2004 (Fonte: PERH 2004-2007).

<i>Uso</i>	<i>Demanda (m³/s)</i>
<i>Urbano</i>	<i>5,27</i>
<i>Industrial</i>	<i>4,36</i>
<i>Agricultura</i>	<i>8,35</i>
<i>Total</i>	<i>17,98</i>

As principais fontes de contaminação da Bacia do Médio Tietê/Sorocaba, segundo a CETESB (2008), são por terrenos de postos de combustíveis, áreas industriais, havendo também pontos de contaminação por deposição de resíduos de forma inadequada. Além da contaminação, o tratamento de esgoto não é feito de forma eficiente na região, sendo que apenas 67% dos municípios da bacia possuem coleta de esgoto parcial, e apenas 35% dos centros urbanos contam com cobertura de rede coletora superior a 90%, embora apenas 28% possuem tratamento (CBHRSMT, 2008).

Esse tipo de contaminação não tem se restringido apenas às águas superficiais, mas também às subterrâneas.

3.3 UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS TIETÊ-JACARÉ

A UGRHI Tietê-Jacaré, também conhecida como UGRHI 13, como indicado na Figura 3, está localizada na região central do Estado de São Paulo, abrangendo 34 municípios. Sua área total de bacias hidrográficas corresponde a 11.749 km² de drenagens que desembocam no Rio Tietê desde Barra Bonita até Ibitinga (Figura 7).

Os principais rios da bacia são: Tietê, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira. A UGRHI é dividida em seis sub-bacias: Bacia do Rio Jacaré-Guaçu e afluentes do Rio Tietê; Bacia do Rio Jacaré-Pepira e afluentes diretos do Rio Tietê; Bacia do Rio Jaú, Ribeirão da Ave Maria, Ribeirão do Sapé e afluentes diretos do Rio Tietê; Bacia do Rio Lençóis, Ribeirão dos Patos e afluentes diretos do Rio Tietê; Bacia do Rio Bauru Ribeirão Grande, Ribeirão Pederneiras e afluentes diretos do Rio Tietê; Bacia do Rio Claro, Ribeirão Bonito, Ribeirão do Veado, Ribeirão da Água Limpa e afluentes diretos do Rio Tietê, também ilustrados na Figura 7.

Além das águas superficiais, a Bacia do Tietê-Jacaré também conta com três sistemas aquíferos: Bauru, Guarani e Serra Geral. De acordo com o relatório do Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (2021), as águas subterrâneas, com enfoque do Aquífero Guarani, são a principal fonte de abastecimento público na área.

Ainda de acordo com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (2021), a geologia da área é formada pelo embasamento cristalino do Pré-Cambriano, os sedimentos presentes datam do Cambriano, da Bacia do Paraná, variando de granulação pelítica a areias finas a grossas. A área conta com Cuestas Basálticas e também com Morros Testemunhos das formações geológicas da região.



Figura 7 – Mapa de localização da UGRHI 13, com os municípios e principais corpos hídricos que formam a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo).

Segundo CBH-TJ (2014), as principais atividades econômicas da bacia são ligadas à agroindústria, como plantio de cana-de-açúcar e de cítricos, além do processamento deles. Há também destaque para a indústria do papel, calçados e mecânica.

De acordo com o Comitê da Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré, em 2022, a disponibilidade das águas *per capita* era de 1.893,09 m³/hab.ano. Ainda segundo o Comitê, em 2022, a vazão outorgada foi de 38,92 m³/s, sendo que mais de 60% dessa vazão foi proveniente de fontes superficiais. A Tabela 3 mostra os principais usos da água e suas respectivas demandas no ano de 2022 na UGRHI 13.

Tabela 3 - Estimativa das demandas das fontes hídricas superficiais e subterrâneas na UGRHI 13 em 2022 (Fonte: Comitê da Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré, 2023).

<i>Uso</i>	<i>Demanda (m³/s)</i>
<i>Urbano</i>	<i>7,20</i>
<i>Industrial</i>	<i>16,14</i>
<i>Agricultura</i>	<i>13,74</i>
<i>Solos Alternados e outros usos</i>	<i>1,81</i>
<i>Total</i>	<i>38,89</i>

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) realizado em 2022 e publicado pelo Comitê das Bacias Hidrográficas do Tietê-Jacaré retrata que há contaminação dos corpos hídricos superficiais por esgoto sanitário. Essa contaminação deve-se à principal atividade econômica na área, agroindústria e contaminação por agrotóxicos na bacia.

3.4 UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS TIETÊ BATALHAS

A UGRHI Tietê Batalhas, também conhecida como UGRHI 16 (Figura 3), está localizada na Região Centro-Oeste de São Paulo, formada por 33 municípios. A área de drenagem corresponde a, aproximadamente, 13.150km², sendo os principais rios: Tietê, Dourado, Batalha e Rio São Lourenço, além do Ribeirão dos Porcos, Ribeirão do Fugido e o Córrego Grande (CBH-TB, 2015). Além das águas superficiais, a UGRHI 16 conta com o Aquífero Bauru, Aquífero Guarani e o Aquífero Serra Geral (CBH-TB, 2010).

Para facilitar o controle da UGRHI 16, houve a divisão em quatro sub-bacias: Sub-bacia do Ribeirão Fartura, Sub-bacia do Rio Dourado, Sub-bacia do Ribeirão dos Bagres e Sub-bacia do Rio Barra Mansa, como ilustrado na Figura 8.

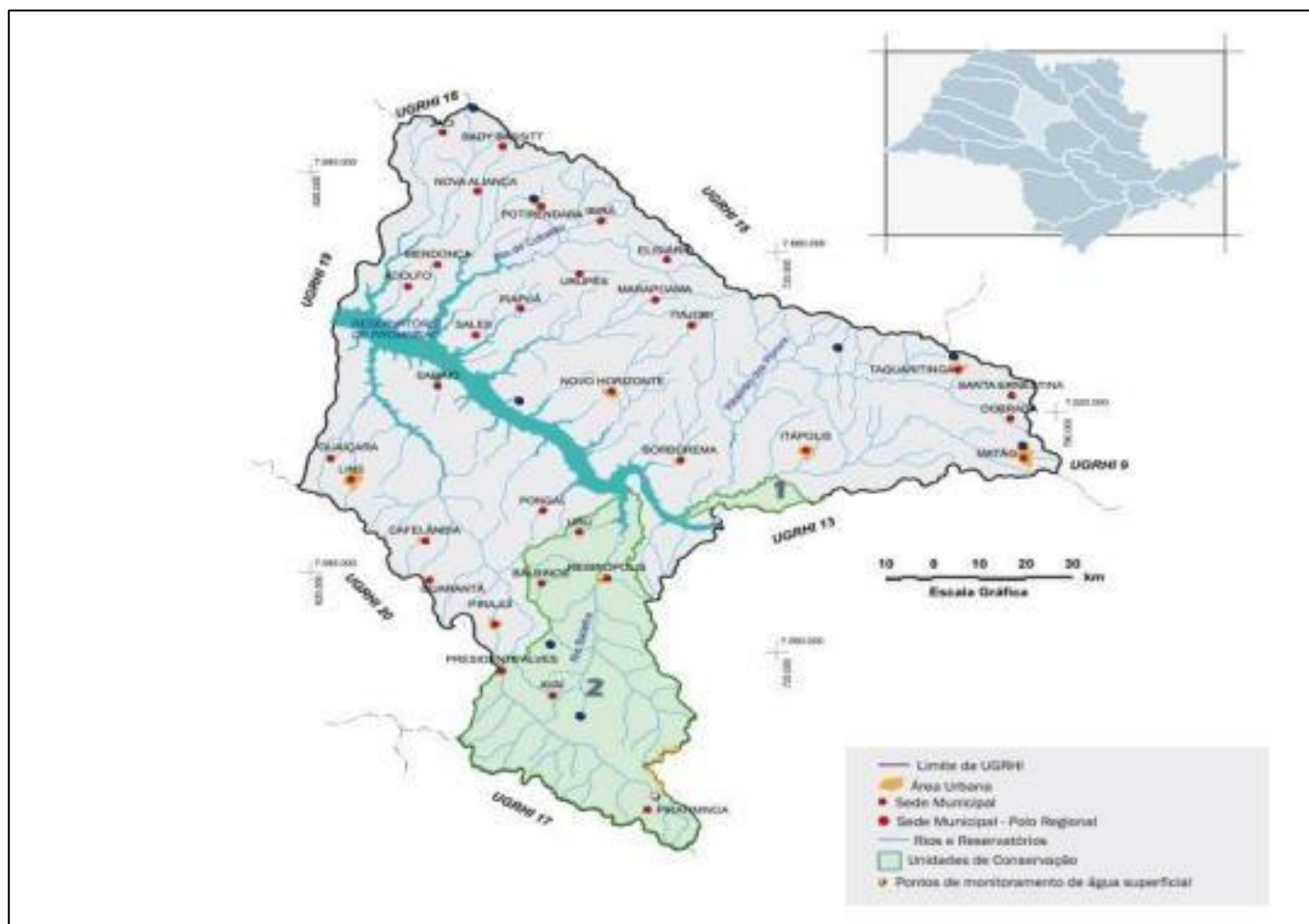


Figura 8 – Mapa de localização da UGRHI 16, com os municípios e principais corpos hídricos superficiais que compõe a Bacia Hidrográfica Tietê Batalhas (Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo).

De acordo com o Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê Batalha (2014), a UGRHI 16 é formada por rochas sedimentares e vulcânicas pertencentes às formações da Bacia do Paraná, contando também com depósitos sedimentares recentes que datam do Cenozóico.

As principais atividades econômicas da bacia são ligadas à agroindústria, com destaque para as monoculturas de cana-de-açúcar e laranja, e atividades industriais ligadas à parte alimentícia, como a indústria sucroalcooleira (CBH-TB, 2014).

A disponibilidade hídrica *per capita* da UGRHI 16, segundo o Comitê de Bacias Hidrográficas Tietê Batalha (2023), é 5.7820,08m³/hab.ano, sendo superior à disponibilidade *per capita* do estado de São Paulo. 70% dos recursos hídricos da Bacia são de fontes superficiais, e 30% de fontes subterrâneas. A vazão outorgada para a região é de, aproximadamente, 32,48 m³/s, sendo que quase 80% desse valor é destinado para as atividades agrícolas da região (COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS TIETÊ BATALHAS, 2023).

A Tabela 4 mostra o uso das águas da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 16 no ano de 2022.

Tabela 4 - Estimativa das demandas das fontes hídricas superficiais e subterrâneas na UGRHI 16 em 2022 (Fonte: Comitê da Bacia Hidrográfica Tietê Batalhas, 2023).

<i>Uso</i>	<i>Demanda (m³/s)</i>
<i>Urbano</i>	<i>3,27</i>
<i>Industrial</i>	<i>2,19</i>
<i>Agricultura</i>	<i>25,43</i>
<i>Solos Alternados e outros usos</i>	<i>1,58</i>
<i>Total</i>	<i>32,47</i>

O Comitê de Bacias Hidrográficas Tietê Batalhas (2023) mapeou o saneamento básico da Bacia. No ano de 2022, 98,6% do esgoto foi coletado, contudo, menos de 90% foi tratado e apenas 75,8% foi reduzido; pela classificação da CETESB, esses valores são considerados regulares. Em linhas gerais, no ano de 2022, segundo o CBH – TB (2023), houve 6.788 kg DBO_{5,20}/ dia de esgoto remanescente.

3.5 UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO BAIXO TIETÊ

A UGRHI do Baixo Tietê, também conhecida como UGRHI 19 como indicado na Figura 3, está localizada no noroeste de São Paulo. Sua extensão vai desde o Reservatório de Promissão até Itapura, quando o Rio Tietê desemboca no Rio Paraná (Figura 9). A bacia abrange 42 municípios, e a área de drenagem é de 15.588 km² (Governo do estado de São Paulo, 2006), os principais rios são: Tietê, Paraná, Água Fria, Rio das Oficinas e Rio dos Patos; há também os ribeirões de Santa Bárbara, Mato Grosso, Lajeado, Ribeirão dos Ferreiros e Baguaçu, e Córrego dos Baixotes (COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO BAIXO TIETÊ, 2009). Além dos corpos superficiais, a UGRHI 19 também é formada pelos aquíferos Bauru e Serra Geral.

4.436,09 m³/hab.ano. A vazão outorgada, em 2020, foi de 13,28 m³/s e quase 80% proveniente de fontes superficiais.

A Tabela 5 mostra a demanda da água por tipo de uso para cada atividade desenvolvida na UGRHI 19 em 2020.

Tabela 5 - Estimativa das demandas das fontes hídricas superficiais e subterrâneas na UGRHI 19 em 2020 (Fonte: Comitê da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê, 2020).

<i>Uso</i>	<i>Demanda (m³/s)</i>
<i>Urbano</i>	<i>2,37</i>
<i>Industrial</i>	<i>3,51</i>
<i>Agricultura</i>	<i>6,51</i>
<i>Solos Alternados e outros usos</i>	<i>0,79</i>
<i>Total</i>	<i>13,28</i>

O relatório de situação da Bacia do Baixo Tietê, de 2020, pontua que tanto o esgoto coletado e o esgoto tratado na região são classificados em faixas de ótimo, com valores superiores a 98%. Entretanto, o esgoto reduzido é classificado como regular, com valor inferior a 80%. O esgoto remanescente na Bacia do Baixo Tietê é de 9.055 kg DBO_{5,20}/dia). No mesmo ano, o manejo de resíduos sólidos foi de 556,6 t/dia.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi dividido nas etapas: revisão bibliográfica, revisão de dados disponíveis pela CETESB, trabalho de campo, análises laboratoriais, tratamento e interpretação de dados pessoais e públicos.

4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa teve início com a revisão bibliográfica sobre o Rio Tietê. A revisão pesquisada envolveu trabalhos sobre contaminações de metais e semimetais, derivados de hidrocarbonetos, contaminações por agrotóxicos usados em monoculturas como as que ocorrem no estado de São Paulo, efluentes domésticos e industriais que são descartados de forma ilegal nos corpos hídricos. Além de trabalhos acadêmicos, a revisão bibliográfica também foi fundamentada em boletins e relatórios técnicos de comitês das bacias hidrográficas, relatórios da CETESB e ANA.

A revisão bibliográfica permitiu entender melhor como as análises hidroquímicas, métodos laboratoriais de análises e contaminações ocorrem, permitindo também correlacionar os parâmetros analisados ao longo da pesquisa.

Além de entender as análises, métodos e origem das contaminações, a revisão bibliográfica por meio de relatórios técnicos permitiu criar um banco de dados temporal das contaminações ao longo da área de estudo. Esse tipo de informação pode ser usado para criar modelagem computacional da contaminação com base no histórico já registrado.

Para a modelagem de contaminação foi também necessária a revisão bibliográfica sobre o assunto. Para isso, trabalhos acadêmicos e técnicos de programação e o uso de *Machine Learning* (Aprendizagem de Máquina) foram fundamentais para essa etapa, permitindo gerar, a partir de um intervalo temporal, uma modelagem preditiva do comportamento da contaminação na região.

Foi usada a linguagem Python, lançada no final de 1980 por van Rossum, e bibliotecas específicas para o desenvolvimento do método escolhido, o *Support Vector Regression*, que é uma extensão do *Support Vector Machine* e permite, mesmo com pequenos erros, a predição de dados através da modelagem temporal.

4.2 COLETA DE AMOSTRAS EM CAMPO

O trabalho de campo foi realizado em três campanhas durante o verão de 2021/2022, entre dezembro de 2021 a primeira quinzena de 2022. O verão brasileiro é caracterizado pelas fortes chuvas, o que contribuiu para a cheia de rios e reservatórios, e para a diluição dos parâmetros analisados. Como todas as coletas foram realizadas no mesmo período, o desvio de dissolução tende a ser o mesmo, tornando válido o estudo.

As coletas foram realizadas para um trabalho de graduação (Araujo, 2022), resultando em coletas feitas apenas uma vez no ano. Alguns dados foram complementados pelo uso de resultados obtidos nos relatórios da CETESB do mesmo ano.

A coleta de amostras de águas dos municípios drenados pelo Rio Tietê foi baseada em fatores como facilidade de acesso ao local, por estradas e rodovias que permitem o acesso aos pontos de coleta de amostras. Grandes centros urbanos, devido à elevada influência antrópica, certamente resultaram em valores alterados nos parâmetros medidos para as amostras. Foram coletadas amostras de 2L de águas em dezessete municípios, ao longo do estado de São Paulo, que são margeados pelo Rio Tietê (Figura 10).

Inicialmente, a coleta de amostras de campo contemplaria dois períodos anuais, sendo um do inverno e o outro no verão. Os valores seriam usados para fins comparativos de como as águas superficiais e contaminações são vulneráveis à águas meteóricas, permitindo uma interpretação sobre as variações sazonais de valores. Entretanto, devido a troca das agências de fomento à pesquisa, não foi possível viabilizar viagens de campo para novas coletas.

Todas as amostras de água coletada foram armazenadas em garrafas PETs devidamente identificadas. Ao final de cada campanha, as amostras foram levadas para o Laboratório de Isótopos e Hidroquímica (LABIDRO) do Departamento de Geologia do IGCE – UNESP – Campus Rio Claro, e submetidas às análises laboratoriais dos constituintes inorgânicos e parâmetros físico-químicos.

Na Tabela 6 constam informações sobre as amostras coletadas.

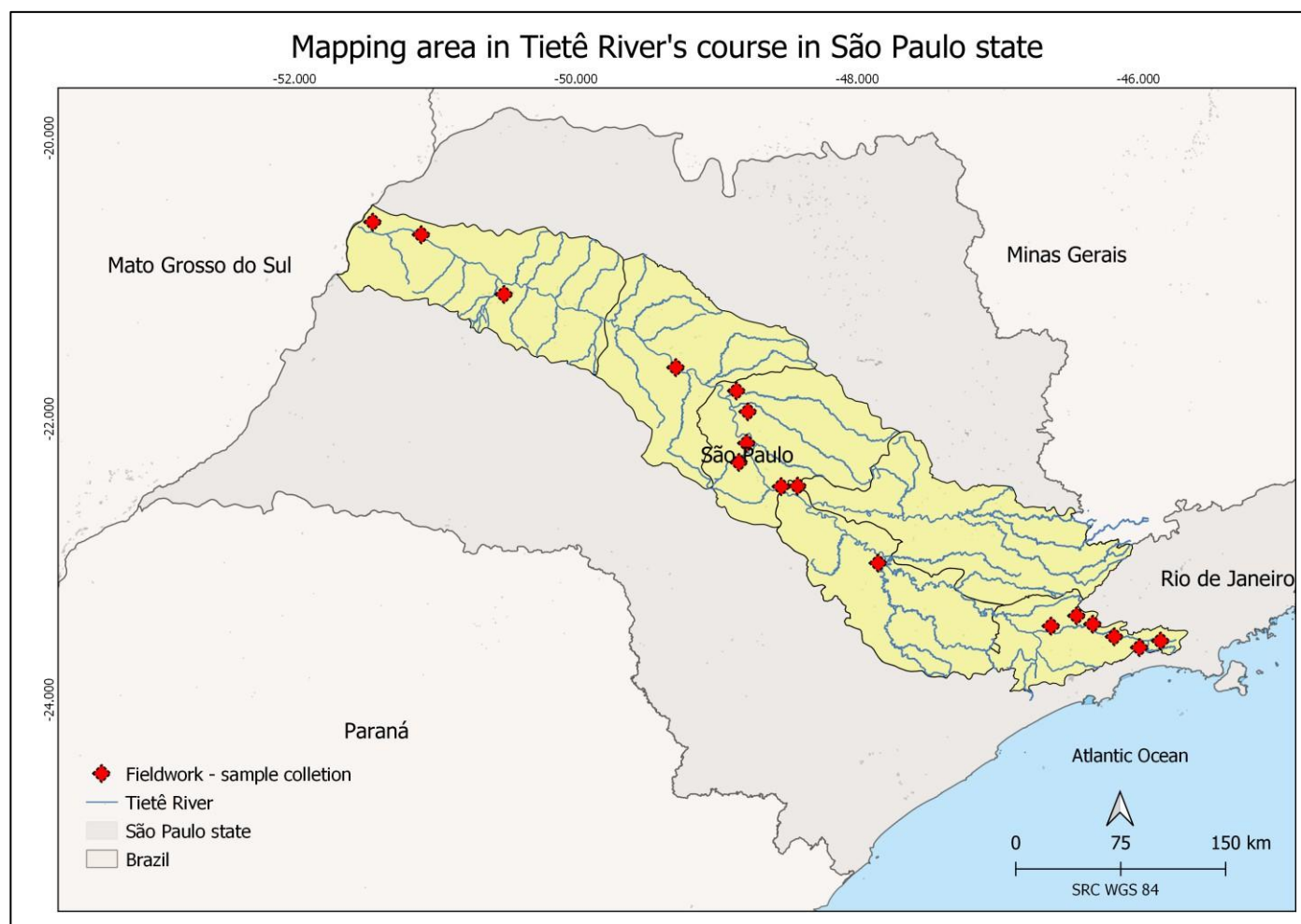


Figura 10 – Pontos de coleta das amostras feitas em atividade de campo no verão de 2021/2022.

Tabela 6 - Ponto de coleta das amostras do Rio Tietê.

MUNICÍPIO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS ¹	DATA DE COLETA
Salesópolis	-45.732445; -23.566899	29/01/2022
Biritiba Mirim	-46.016643; -23.565201	29/01/2022
Mogi das Cruzes	-46.166670; -23.514924	29/01/2022
Itaquaquecetuba	-46.348708; -23.473187	08/12/2021
Guarulhos	-46.454150; -23.481559	08/12/2021
São Paulo	-46.499498; -23.476570	08/12/2021
Laranjal Paulista	-47.463435; -22.594166	20/04/2022
Barra Bonita	-48.545560; -22.506697	28/03/2022
Mineiros do Tietê	-48.445703; -22.526873	02/04/2022
Pederneiras	-48.432181; -22.192556	28/03/2022

Boracéia	-48.746949; -22.154726	28/03/2022
Itaju	-48.515622; -21.584575	28/03/2022
Ibitinga	-48.592369; -21.454292	28/03/2022
Novo Horizonte ²	-49.154305; -21.380852	28/03/2022
Araçatuba	-50.466446; -21.048987	28/03/2022
Pereira Barreto	-51.116567; -20.652879	29/03/2022
Itapura	-51.510184; -20.648020	29/03/2022

Observações:

¹Todas as coordenadas deste trabalho foram tomadas com o auxílio do aplicativo de celular “*Timestamp camera*”. Esse aplicativo é integrado ao *Google Maps*, portanto, seu DATUM é o WGS – 84, no Brasil; esse DATUM coincide com o SIRGAS 2000.

²A água coletada no município de Novo Horizonte era a divisa com o município de Pongá, entretanto, foi considerado apenas um município.

4.3 ANÁLISES LABORATORIAIS

As análises laboratoriais foram realizadas no LABIDRO, envolvendo a medida dos seguintes parâmetros: cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^{+}), potássio (K^{+}), cloreto (Cl^{-}), sulfato (SO_4^{2-}), nitrato (NO_3^{-}), nitrito (NO_2^{-}), fosfato ($(\text{PO}_4)^{3-}$), sílica (SiO_2), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e surfactantes.

Os parâmetros físico-químicos, como pH, condutividade elétrica (CE), turbidez, alcalinidade, potencial de oxido-redução (Eh) e sólidos totais dissolvidos (STD) também foram analisados nessa etapa do trabalho.

O pH foi aferido com o equipamento digital *Digimed*, este acoplado a um eletrodo combinado de vidro, do modelo KASVI. O Eh foi aferido com o mesmo equipamento, contudo, o eletrodo acoplado trata-se de um combinado de platina, também da *Digimed*, que, previamente, foi calibrado com Solução de Zobell, conforme procedimento descrito por Bonotto (1996).

A condutividade elétrica foi medida com um equipamento digital da marca *Analion*, cujo modelo é C-702. A alcalinidade foi medida por titulação com ácido sulfúrico 0,02N, pelo método Hach 8221, também conhecido como *Buret Titration*; as leituras de concentração estão na faixa de 0 a $500 \pm 0,2$ mg/L (HACH, 2000).

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO 5,20) foi medida usando método padronizado no qual as amostras são analisadas em cinco dias a 20°C. O intuito dessa análise é, de forma indireta, obter informação sobre a matéria orgânica presente na amostra com base no consumo de oxigênio no período de análises; dessa forma, quanto maior o consumo de oxigênio dissolvido, maior a concentração de microrganismos aeróbicos presentes. As análises foram feitas usando oxímetro que mediu as variações de concentrações de oxigênio dissolvido em cada amostra analisada.

Também em laboratório, foi determinada a concentração de potássio e sódio a partir do método de espectrometria de emissão atômica por chama usando fotômetro de chama Benfer, modelo BFC – 300.

O nitrato foi medido pelo método Hach 10020, também conhecido como *Chromotropic Acid*, em espectrofotômetro Hach DR/2700 (HACH, 2000); são usados reativos de TNT de nitrato para as medições.

O magnésio e cálcio foram obtidos pelo método Hach 8030 – *Calmagite Colorimetric*, o sulfato pelo método Hach 8051 – *SulfaVer 4*, e o cloreto pelo método Hach 8113 – *Mercuric Thiocyanate*; todos os dados foram obtidos pelo espectrofotômetro Hach DR/2000 (HACH, 2000). Para a sílica, foi usado o método Hach 8185 - *Silicomolybdate Method* (HACH, 2000), utilizando o mesmo equipamento.

Os sólidos totais dissolvidos (STDs) foram calculados a partir da soma da concentração dos principais cátions, como o sódio, potássio, cálcio e magnésio, e dos ânions, como cloreto, sulfato, fosfato, nitrato, nitrito, e da sílica e bicarbonato (alcalinidade) dissolvidos nas amostras coletadas.

A turbidez foi determinada pelo método Hach 8237 - *Absorptometric*, utilizando o espectrofotômetro Hach, modelo DR/2000 (HACH, 2000). Já as substâncias tensoativas, os surfactantes, foram medidos usando o método Hach 8028, conhecido como Crystal Violet (HACH, 2000). O método Hach 8028 permite determinar concentrações de substâncias tensoativas de baixo peso molecular em amostras de água.

4.4 TRATAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

Essa etapa do trabalho foi dividida em duas partes: tratamento de dados das amostras de campo e tratamento de dados públicos obtidos pela CETESB. Os dados das amostras coletadas foram utilizados no Estudo Hidroquímico e avaliação do Índice de Qualidade das Águas ao longo do Rio Tietê, enquanto que os dados obtidos pela CETESB foram aplicados a séries temporais.

4.4.1 Tratamento e Interpretação de Dados de Campo

A primeira etapa de tratamento dos dados obtidos para as amostras coletadas foi a conversão das unidades das medidas realizadas, para posterior confecção de diagramas hidroquímicos, avaliação da qualidade das águas, obtenção de matrizes de correlação e comparação entre os parâmetros e também interpretação dos resultados.

Foram criados Índices de Qualidade das Águas (IQA) ao longo dos trechos de coleta do rio com os dados do verão de 2021/2022. O IQA é uma adaptação feita pela CETESB de um estudo realizado pela *National Sanitation Foundation*, uma fundação de saúde pública dos Estados Unidos, sendo aplicada pela CETESB desde 1975.

O objetivo do IQA é avaliar a qualidade da água para o seu uso em abastecimento público. Para isso, são avaliadas nove variáveis relevantes para tal aplicação (coliforme fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, fósforo total, temperatura (afastamento da temperatura de equilíbrio), turbidez, resíduo total e oxigênio dissolvido) e levado em conta o peso relativo de cada variável. No presente trabalho foram usadas variáveis como pH, STD, Nitrogênio inorgânico dissolvido (nitrato + nitrito), Turbidez, Fósforo Total e DBO, os pesos relativos adotados são apresentados na Tabela 7. A Tabela 7a ilustra como a classificação do IQA foi feita com base no valor ponderado e a categoria de cada ponto.

Tabela 7. Pesos relativos adotados no cálculo do IQA para as amostras coletadas.

Parâmetro	Peso relativo
pH	0,207
STD	0,138
Nitrogênio inorgânico dissolvido	0,172
Turbidez	0,138
Fósforo Total	0,172
Demanda bioquímica de oxigênio	0,172

Tabela 7a – Classificação do Índice de Qualidade de Águas (IQA) segundo a CETESB (1975).

Classificação	Categoria
ÓTIMA	$79 \leq IQA \leq 100$
BOA	$51 \leq IQA \leq 79$
REGULAR	$36 \leq IQA \leq 51$
RUIM	$19 \leq IQA \leq 36$
PÉSSIMA	$IQA \leq 19$

A correlação entre os compostos presentes nas amostras foi obtida a partir de matriz de correlação do coeficiente de Pearson, que indica quão linear é a relação entre as variáveis analisadas. A matriz de correlação foi confeccionada usando Python, e para relações fortemente lineares, positivas e negativas, foram confeccionados gráficos de dispersão.

4.4.2 Tratamento e Interpretação de Dados Históricos

Os dados obtidos a partir do domínio público da CETESB, o Sistema INFOÁGUAS, sobre os históricos de qualidade das águas superficiais, foram analisados levando em conta alguns parâmetros utilizados para a classificação das águas. A Figura 11 mostra geograficamente os pontos de coleta obtidos pelo Sistema INFOÁGUAS, enquanto a Tabela 8 informa o município de coleta, coordenadas e época de coleta em cada ponto, formando o banco de dados.

A variação do IQA foi confeccionada seguindo o percurso do Rio Tietê na última década em cada cidade monitorada. Esse tipo de gráfico é importante para ilustrar a variação da qualidade das águas, seja de forma positiva com a redução do descarte de esgoto e/ou contaminação de solo, ou negativa, com o aumento de contaminação antrópica.

Mapping area by CETESB in Tietê's River course (SP)

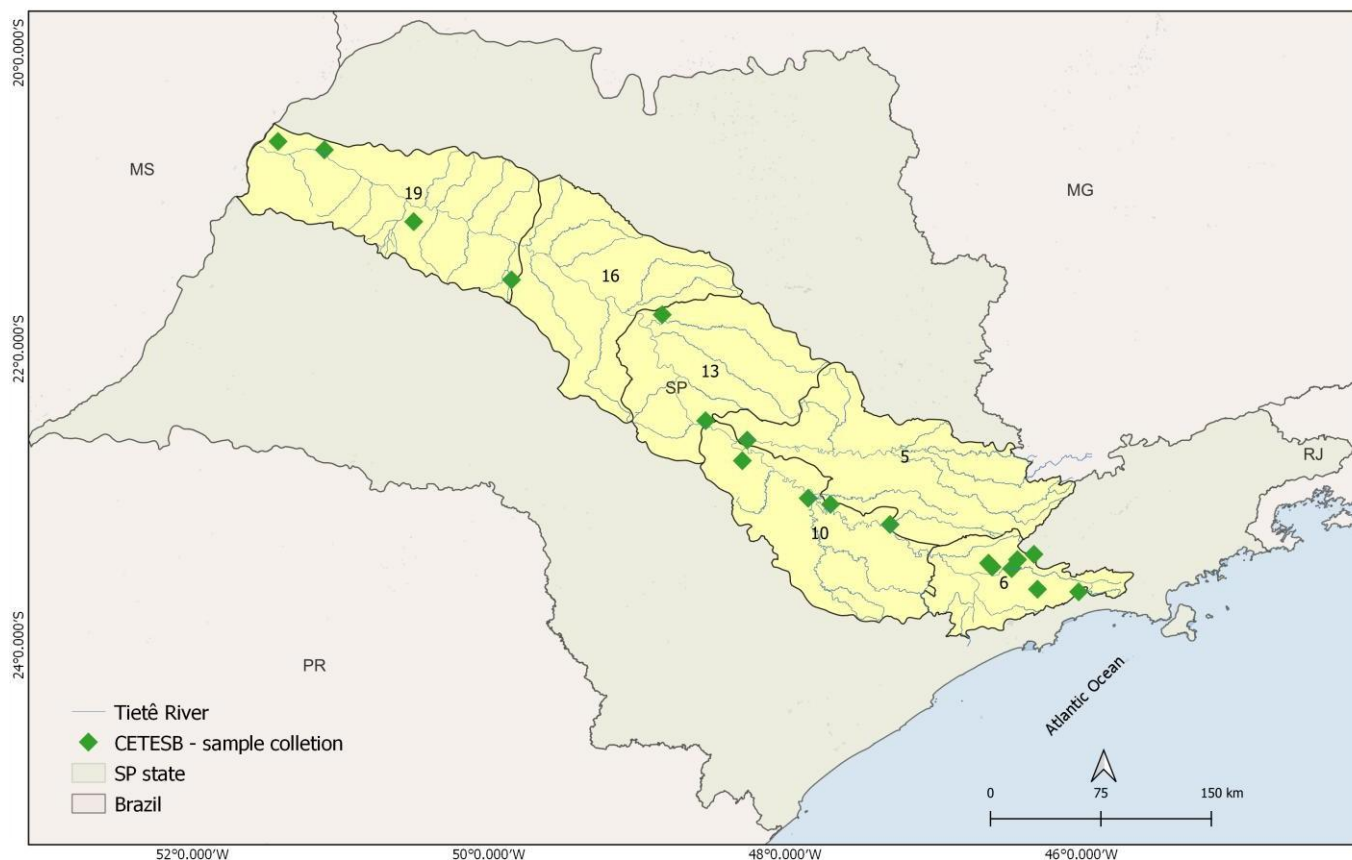


Figura 11 - Ponto de coleta das amostras realizada pela CETESB.

Tabela 8 – Localização, com coordenadas geográficas e ponto de referência dos pontos de amostragem, e intervalo entre as amostragens mais antigas e mais recentes feitas na última década pela CETESB.

Município	UGHRI	Latitude	Longitude	Ponto de referência	Amostragem mais antiga	Amostragem mais recente
Araçatuba	19	21 02 54	50 28 03	Ponte na rodovia SP-463.	fev/13	jul/24
Barra Bonita	10	22 30 26	48 32 46	Ponte na rodovia SP-255 que liga São Manuel a Jaú.	jan/13	out/24
Biritiba Mirim	6	23 33 54	46 00 57	Ponte na SP-088 que liga Mogi das Cruzes a Salesópolis.	41275	45505

Botucatu	10	22 40 41	48 15 06	Ponte na rodovia SP-191 que liga Santa Maria da Serra a São Manoel.	jan/13	out/24
Botucatu	10	22 36 46	48 20 52	No meio do corpo central, a jusante da confluência - Braços Tietê e Piracicaba.	jan/13	out/24
Guarulhos	6	23 28 36	46 29 59	Ponte na Rod. Ayrton Senna.	jan/13	out/24
Ibitinga	13	21 45 31	48 59 39	Jusante do canal de fuga da casa de força da Usina Hidrelétrica de Ibitinga.	abr/13	out/24
Itapura	19	20 40 10	51 26 41	Ponte sobre o Rio Tiete na SP 595, próximo da sua foz com o Rio Paraná.	jan/14	jul/24
Itaquaquecetuba	6	23 28 19	46 20 50	Ponte na Estrada de Santa Isabel, na entrada de Itaquaquecetuba.	jan/13	ago/24
Laranjal Paulista	10	22 57 25	47 49 23	Ponte na estrada para a fazenda Santo Olegário, em Laranjal Paulista.	jan/13	ago/24
Mogi das Cruzes	6	23 32 45	46 08 04	Na captação principal do município de Mogi das Cruzes - SEMAE - junto a estação EF-01	jan/13	ago/24
Pereira Barreto	19	20 39 35	51 08 48	Ponte na rodovia SP-563, no trecho que liga Pereira Barreto a Andradina.	fev/13	jul/24
Promissão	13	21 17 49	49 47 42	Ponte na rod. BR-153.	jan/13	jul/24

Salto	10	23 12 13	47 18 07	Ponte na Rua Estado de S. Paulo, junto ao medidor de nível, em Salto.	fev/13	jul/24
São Paulo	6	23 31 22	46 33 29	Ponte na Av. Aricanduva	jan/13	ago/24
São Paulo	6	23 31 11	46 44 47	Ponte dos Remédios, na Av. Marginal	jan/13	ago/24
São Paulo	6	23 31 18	46 37 52	Ponte das Bandeiras, na Av. Santos Dumont.	jan/13	out/24
Suzano	6	23 30 11	46 20 13	A jusante da ETE de Suzano.	jan/13	ago/24
Tietê	10	23 05 12	47 40 41	Ponte na rodovia SP-113.	jan/13	ago/24

Os dados obtidos pelo INFOÁGUAS correspondem ao mesmo intervalo temporal, isto é, as coletas foram feitas, ao menos, a cada três meses, abrangendo todas as estações climáticas, entre 2013 e 2024, com exceção de Itapura, onde as coletas começaram em janeiro/2014. Entretanto, devido a Pandemia do Covid-19, houve alguns hiatos nas coletas entre os anos de 2020 e 2022. Esses hiatos são considerados erros que o método aplicado entende como desvio de valor, portanto, não gerando grandes problemas.

4.4.2.1 Modelagem usando Machine Learning

O método usado para gerar a previsão de contaminação das águas do Rio Tietê com base no histórico de contaminação é chamado de *Support Vector Regression* (SVR), sendo uma extensão do *Support Vector Machine* (SVM), que é um algoritmo desenvolvido na Rússia por *Vapnik & Lerner* (1963), *Vapnik & Chervonenkis* (1964). O modelo foi aprimorado ao longo das décadas e com contribuições e outros cientistas da área, atualmente, é aplicado o conceito desenvolvido por *Vapnik* (1995). A escolha desse algoritmo deve-se ao banco de dados obtido para a modelagem, embora seja um banco muito rico, para a modelagem, trata-se de um banco de dados pequeno.

A ideia básica do SVR é encontrar uma função $f(x)$ qualquer que tenha um desvio ε em relação aos valores de y_i para todos os dados de treinamento; essa função deve ser o mais plana possível, isso porque os erros devem ser menores do que o desvio ε (*SMOLA & SCHÖLKOPF*, 2004). A Equação 1 descreve como a equação deve ser escrita.

$$f(x) = \langle w, x \rangle + b, \text{ com } w \in X \text{ e } b \in \mathbb{R} \quad (\text{Eq. 1})$$

Sendo $\langle w, x \rangle$ o produto escalar em X que descreverá o modelo linear, o objetivo da equação é encontrar w com a menor variação possível, expressa como $\|w\|^2 = \langle w, w \rangle$. Esse problema pode ser considerado como um problema de otimização convexa, isto é, um problema que tem como objetivo minimizar a norma de w de forma que os desvios da previsão quando comparados com os valores reais y_i não ultrapassem ε . A Equação 2 mostra como pode ser descrito.

Minimizar:

$$\frac{1}{2} \|w\|^2$$

$$\text{Restrições:} \quad y_i - \langle w, x_i \rangle - b \leq \varepsilon \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\langle w, x_i \rangle + b - y_i \leq \varepsilon$$

A formulação apresentada por Vapnik (1995), descrita na Equação 3, permite determinar alguns erros, tornando o problema viável e flexível, uma vez que se trata de uma predição. Para isso, são usadas variáveis de folga, ξ_i e ξ_i^* , que permitem lidar com as restrições propostas na Equação 2. Essas variáveis de folga têm atuação análoga à função de perda descrita por Bennet & Mangasarian (1992).

Minimizar:

$$\frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^l (\xi_i + \xi_i^*)$$

$$\text{Restrições:} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$y_i - \langle w, x_i \rangle - b \leq \varepsilon + \xi_i$$

$$\langle w, x_i \rangle + b - y_i \leq \varepsilon + \xi_i^*$$

$$\xi_i, \xi_i^* \geq 0$$

Smola & Schölkopf (2004) definem a constante C como uma relação entre a planicidade de $f(x)$ e a tolerância entre os desvios maiores que ε . Esse conceito é relacionado à Equação 4, conhecida como função de perda ε -insensível $|\xi|_\varepsilon$. Sendo ξ a variável de folga que é associada

ao erro de predição para qualquer ponto (x_i, y_i) , isto é, erros menores ou iguais a ε não são penalizados, enquanto erros maiores do que ε , são penalizados linearmente. A constante C é quem controla essa penalização, quanto menor o valor de C , maior será a tolerância para erros.

$$|\xi|_\varepsilon = 0, \text{ se } |\xi| \leq \varepsilon$$

(Eq. 4)

$$|\xi|_\varepsilon = |\xi|, \text{ se } |\xi| > \varepsilon$$

A Figura 12 descreve visualmente as quatro equações explicadas anteriormente.

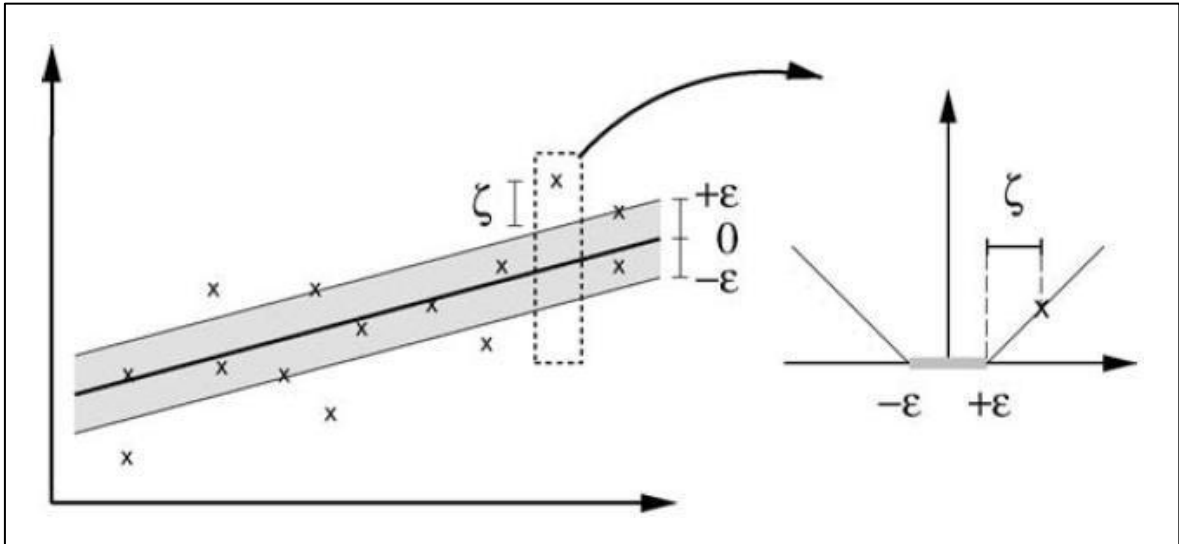


Figura 12 - Modelo de margem suave para planicidade de uma função $f(x)$. A imagem mostra como os erros, dentro do limite ε tolerado, são importantes para a predição de valores usando *Machine Learning*. (Schölkopf & Smola, 2002).

Com os dados preditivos gerados, a partir do SVR e ML, foram criados modelos temporais que mostram como as concentrações de parâmetros contaminantes tenderão a acontecer na próxima década. Além da modelagem de contaminação, é possível também analisar e prever a qualidade das águas nos intervalos pré-definidos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DADOS HIDROQUÍMICOS

5.1.1 Dados de Campo

A Tabela 9 contém todos os parâmetros obtidos a partir das análises das coletas de campo. É notável a variação das concentrações ao longo do percurso, a qual era esperada devido às atividades antrópicas que resultam na contaminação das águas. A condutividade elétrica (CE), por exemplo, tem 100× de diferença entre os valores mais extremos. A alcalinidade também apresenta variação notória, com valores que variam de 8 a 108 mg/L. Outros parâmetros também apresentam variações que chamam atenção, como, por exemplo, o nitrito que tem valores entre 0,3 e 54 mg/L, variando mais de 2000 vezes ao longo do trajeto total. Por outro lado, alguns parâmetros como o pH e a turbidez apresentam baixa variação ao longo do rio.

De acordo com a CETESB (2012), os surfactantes ou detergentes são substâncias tensoativas que reagem com Azul Metileno com certas condições especificadas. Esses compostos são encontrados em esgotos sanitários com concentrações entre 3 e 6 mg/L. Também são encontrados em esgoto de indústrias que produzem detergentes e liberam até 2000 mg/L de surfactantes nos efluentes.

Os surfactantes são nocivos às águas pela aceleração de eutrofização do meio aquático, além da formação de espumas tornando, esteticamente, o local desagradável. O trecho mais afetado por surfactantes do Rio Tietê é na Bacia do Alto Tietê, no município de Pirapora do Bom Jesus. O município está a jusante da Região Metropolitana de São Paulo e recebe o esgoto de toda a RMSP, muitas vezes sem tratamento.

Embora os valores de surfactantes analisados nas águas superficiais das amostras de campo sejam inferiores aos valores usualmente encontrados pela CETESB, percebe-se que não são valores homogêneos, com concentrações de até quase seis vezes superior aos valores encontrados na nascente do rio.

Tabela 9 - Parâmetros químicos e físico-químicos obtidos ao longo do Rio Tietê nas coletas feitas no verão de 2021/2022.

	UGRHI 06						UGRHI 10		UGRHI 13					UGRHI 16	UGRHI 19			Valores limites	
Município	Salesópolis	Biritiba Mirim	Mogi das Cruzes	Itaquaquecetuba	Guarulhos	São Paulo	Laranjal Paulista	Barra Bonita	Mineiros do Tietê	Pederneiras	Boraceia	Itaju	Ibitinga	Novo Horizonte	Araçatuba	Pereira Barreto	Itapura	CONAMA 357	GM/MS N°888
CE (µS/cm)	200	200	200	20000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	200	2000	2000	2000	2000	2000	N.E.	N.E.
Alcalinidade (mg/L)	8	10	24	108	98	10	90	54	50	48	52	22	50	62	86	76	50	N.E.	N.E.
pH	6,95	6,8	6,75	7,2	6,8	7	8,15	6,7	6,65	6,8	6,65	6,65	7,9	6,95	7,25	6,95	6,8	6 ≤ pH ≤ 9	6 ≤ pH ≤ 9
DBO (mg/L)	10,12	8,44	8,55	3,06	9,55	9,8	8,51	7,34	11,23	11,94	13,05	8,86	8,47	10,03	7,51	8,58	7,78	10	N.E.
Eh (mV)	11,8	9,1	15,2	12,5	9,3	11,8	15,4	-32,2	12,9	-30,2	-38,7	-34,6	12,1	10,3	-124,5	13,6	9,6	N.E.	N.E.
Turbidez (FTU)	2	3	5	3	4	5	6	4	6	5	7	4	4	4	2	4	3	100	5
Cl ⁻ (mg/L)	2,5	3,4	7,4	460	156	71	38	17	14,9	15,8	12,3	2,1	14,8	23,1	144	18,8	8,7	250	250
NO ₃ ⁻ (mg/L)	1,1	0,9	1,4	54	9,3	7,1	50,5	1,6	1,9	1,4	1,2	0,9	1,4	2,8	0,3	0,7	0,8	10	10
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,007	0,008	0,009	14,8	0,008	0,006	12,2	0,007	0,008	0,008	0,007	0,007	0,012	0,925	0,007	0,025	0,009	1	1
SiO ₂ (mg/L)	11,3	4,7	6,4	2,7	8,5	9,4	9,8	9,9	8,5	12,3	12,7	17,8	14,5	13,6	9,3	7,5	8	N.E.	N.E.
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0,03	0,01	0,26	0,03	0,64	1,05	4,12	0,19	0,37	0,36	0,38	0,04	0,19	0,31	0,47	0,3	0,06	0,15	N.E.
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	<1	<1	4	12	60	90	29	22	24	30	24	<1	21	18	9	9	7	250	250
Na ⁺ (mg/L)	3,68	4,37	10,12	414	188,83	168,59	805	23,69	24,38	25,53	23,46	3,22	25,07	25,3	33,12	31,74	18,4	N.E.	200
K ⁺ (mg/L)	1,45	1,52	3,36	125,12	25,42	13,69	19,55	5,94	5,94	5,71	5,94	1,8	5,47	6,02	6,49	7,04	4,54	N.E.	N.E.
Ca ²⁺ (mg/L)	4,3	5,3	19,6	22,9	30,8	22,7	28,1	20,2	23,9	22,9	26,4	11,5	23,3	20,6	32,7	27,1	20,8	N.E.	N.E.
Mg ²⁺ (mg/L)	1,6	3,8	6,6	14,2	15,4	20,5	16,2	15,6	17,3	15,6	15,4	8,3	11,2	14,4	9,8	14,1	12	N.E.	N.E.
STD (mg/L)	33,96	34,01	83,15	1227,75	592,89	512,03	1102,47	170,13	171,2	177,61	173,79	67,67	166,95	187,06	331,19	192,3	130,3	500	500
Surfactantes (mg/L)	0,007	0,016	0,039	0,041	0,041	0,032	0,039	0,029	0,024	0,01	0,012	0,014	0,013	0,044	0,018	0,02	0,013	0,5	0,5

Com os dados obtidos a partir das análises de pH e Eh (potencial de oxirredução), o gráfico de Eh $\times$ pH como descrito por Krauskopf & Bird (1995) permite classificar as águas do Tietê como de circulação em ambiente de transicional a redutor, como indicado na Figura 13. O gráfico consiste numa adaptação do Diagrama de Pourbaix, que representa fases cujas fronteiras são entendidas como áreas de estabilidade iônica das espécies que reagem com água em função do potencial de oxirredução e do pH (POURBAIX, 1945).

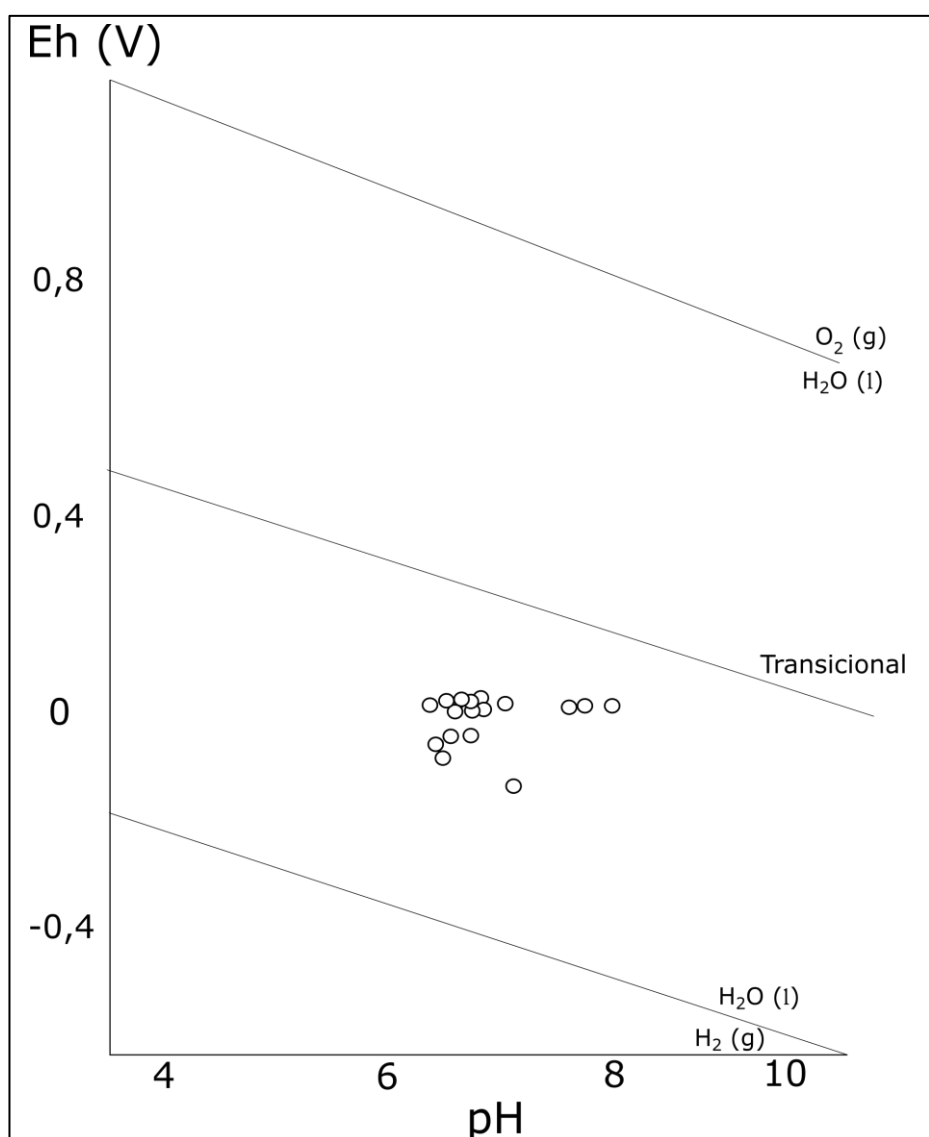


Figura 13 - Diagrama Eh-pH das amostras de campo das águas do Rio Tietê.

Ainda se baseando nos dados da Tabela 9, nota-se que a somatória da concentração dos íons alcalino-terrosos Ca^{2+} e Mg^{2+} , ao longo do percurso do Rio Tietê, permite classificar as águas como sendo do tipo mole a intermediária, como definido por Logan (1965). A Tabela 10 apresenta os padrões de dureza das águas estabelecidos por Logan (1965) e referidos por

Custodio & Llamas (1983). A alcalinidade, ao longo do Rio Tietê, varia de 8 mg/L a 108 mg/L. Na classificação de Logan (1965), tratam-se de águas que variam de brandas até duras. O valor médio da alcalinidade, 66,27 mg/L de CaCO₃, classifica, de forma geral, as águas do Rio Tietê como sendo pouco duras. Os valores baixos a medianos de concentração de CaCO₃ indicam um baixo poder de tamponamento das águas, logo, alta vulnerabilidade de contaminação.

Tabela 10 - Padrões de dureza das águas (Custodio & Llamas, 1983).

Dureza	Concentração de Ca CO ₃ (mg/L)
Branda	Até 50
Pouco dura	Entre 50 e 100
Dura	Entre 100 e 200
Muito dura	Acima de 200

5.1.2 Dados coletados pela CETESB

As tabelas 11 a 14 são síntese dos resultados obtidos ao longo dos dez anos em cada Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos, conforme apresentado no capítulo 3. No Anexo, ainda constam as informações completas das médias anuais para cada UGRHI.

Tabela 11 - Média dos resultados das análises realizadas na Bacia do Alto Tietê (UGRHI - 06) na última década.

Ano	CE ($\mu\text{S/cm}$)	Dureza (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)	Cl ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	STD (mg/L)	Surfactan tes (mg/L)
2013	413,19	12,6	6,9	41,34	42,81	0,24	0,08			45,81	9,55			250,52	1,29
2014	558,86	12,53	6,95	39,67	64,19	0,21	0,12			65,2	11,25			331,69	1,81
2015	522,31	15,05	6,94	29,86	52,44	0,33	0,11			65,14	11,79			311,04	1,97
2016	507,87	12,88	6,89	37,13	53,96	0,27	0,11			60,17	10,78			289,21	2,15
2017	455,58	12,9	6,98	43,59	46,02	0,29	0,13		34,15	45,85	9,61	18,52	2,99	262,96	2,02
2018	521,69	12,86	7,01	25,8	56,86	0,21	0,14	0,44	38,67	58,55	10,66	19,51	2,87	305,17	2,01
2019	369,46	11,96	6,77	25,25	37,66	0,21	0,14	0,29	28,9	39,93	9,04	17,94	2,75	223,92	1,56
2020	376,41	15,1	6,9	12,78	38,94	0,38	0,04	0,23	29,37	35,98	7,17	16,97	2,75	228,06	0,50
2021	516,19	11,1	7,04	32,3	57,56	0,2	0,02	0,53	32,99	54,53	9,94	17,37	2,62	281,38	0,78
2022	461,06	13,15	6,93	33,54	50,61	0,48	0,04	0,44	34,6	51,9	9,66	19,73	2,89	256,31	1,54
2023	458,44	20	6,78	35,29	31,32	0,28	0,03	0,24	25,37	31,46	7,58	17,63	2,8	193,38	0,78
2024	451,28	15,8	6,91	29,6	46,77	0,18	0,09	1,64	30,33	49,87	9,55	16,52	2,66	253,28	1,07

Tabela 12 --Média dos resultados das análises realizadas na Bacia do Médio Tietê/ Sorocaba na última década.

Ano	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Dureza (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)	Cl^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	PO_4^{3-} (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	Na^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	STD (mg/L)	Surfactantes (mg/L)
2013	396,31		7,26	42,17	36,1	1,73	0,25			35,77	8,87			211,53	0,34
2014	505,9		7,45	41,85	50,16	1,69	0,41			51,49	11,7			243,97	0,27
2015	453,75		7,42	28,23	41,48	1,33	0,38			43,31	10,54			231,9	0,35
2016	349,79		7,2	49,22	28,78	1,53	0,29			31,92	8,57			191,23	0,29
2017	372,43	61,82	7,39	22	34,69	1,66	0,32	0,43	22,82	36,21	8,77	18,24	4	191,61	0,17
2018	440,07	61,52	7,45	33,17	41,76	1,74	0,35	0,49	27,16	45,08	10,84	18,18	3,91	230,67	0,23
2019	386,27	59,6	7,35	36,84	35,99	1,86	0,45	0,34	24,17	37,07	9,6	17,75	3,66	189,8	0,25
2020	394,95	56,42	7,09	58,11	35,2	1,62	0,37	0,36	24,59	35,16	9,33	16,56	3,65	215,05	0,11
2021	489,87	62,56	7,69	19,84	52,79	2,47	0,7	0,35	36,37	48,82	11,17	19,28	4,01	249,95	0,14
2022	509,1	75,07	7,4	21,38	50,95	1,99	0,48	0,63	29,59	46,74	11,3	21,69	5,02	242,2	0,17
2023	303,4	60,69	7,16	76,27	26,45	1,49	0,24	0,24	20,95	23,24	7,95	17,17	4,33	170	0,12
2024	449,6	61,11	7,9	39,69	35,91	1,78	0,41	0,59	22,64	39,16	10	18,4	3,68	197,07	0,18

Tabela 13 - Média dos resultados das análises realizadas na Bacia do Tietê-Jacaré na última década.

Ano	CE ($\mu\text{S/cm}$)	Dureza (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)	Cl ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	STD (mg/L)	Surfactantes (mg/L)
2013	210,41		7,27	3,71	18,6	2,94	0,1			22,98	5,46			132,17	0,09
2014	294,08		7,68	9,56	29,03	2,26	0,19			34,18	8,01			178	0,09
2015	285,33		7,28	4,35	26,95	2,44	0,25			32,31	7,99			182,92	0,09
2016	190,92		7,09	11,97	15,66	2,44	0,16			17,75	5,8			133,33	0,10
2017	217,75	43,33	7,05	4,63	18,66	2,61	0,15	1	15,67	20,15	5,93	12,11	3,17	132,75	0,09
2018	252,33	45,88	7,35	5,1	23,57	2,6	0,08	0,57	18,84	27,65	7,77	12,94	3,34	160,8	0,12
2019	242,5	47,1	7,24	6,85	22,18	2,62	0,13	0,55	19,06	24,04	6,93	13,19	3,44	154,42	0,10
2020	276,88	47,35	7,45	9,45	29,43	3,45	0,11	0,45	20,99	28,88	7,39	13,53	3,3	194,63	0,09
2021	300,5	50,2	7,47	7,38	33,42	3,41	0,15	0,68	23,32	32,04	8,05	14,79	3,19	177,63	0,10
2022	256,43	51,55	7,2	12,85	29,44	2,77	0,1	0,49	24,96	31,78	7,89	14,68	3,62	170,25	0,10
2023	256	53,13	7,15	7,9	24,04	2,45	0,09	0,55	21,42	31,98	7,89	15,25	3,65	149,75	0,10
2024	265,2	50,8	7,35	5,97	21,74	1,81	0,06	0,39	18,58	25,92	7,3	14,67	3,44	156,83	0,08

Tabela 14 - Média dos resultados das análises realizadas na Bacia do Baixo Tietê na última década.

Ano	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Dureza (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)	Cl⁻ (mg/L)	NO₃⁻ (mg/L)	NO₂⁻ (mg/L)	PO₄³⁻ (mg/L)	SO₄²⁻ (mg/L)	Na⁺ (mg/L)	K⁺ (mg/L)	Ca²⁺ (mg/L)	Mg²⁺ (mg/L)	STD (mg/L)	Surfactantes (mg/L)
2013	158,58		7,82	1,85	14,24	0,82	0,05			18,94	4,93			100,72	0,08
2014	166,78		7,86	2,23	14,21	0,94	0,17			21,09	5,35			92,67	0,08
2015	202,58		7,84	6,28	20,14	0,9	0,19			25,13	6,46			128,33	0,08
2016	173,58		7,57	2,5	14,52	1,01	0,2			17,67	5,42			115,83	0,08
2017	157,38	35,2875	7,6	1,77	11,16	0,67	0,04	1	11,01	12,45	4,27	9,71	2,68	98,08	0,08
2018	158,79	35,55	7,73	2,76	14,26	0,44	0,01	1	10,88	15,11	5	9,45	3,03	105,06	0,09
2019	184,54	38,3375	8,18	6,52	17,08	0,22	0,01	1	11,64	17,3	5,53	10,36	3,01	110,63	0,10
2020	185,25	38,9125	8,3	6,71	16,47	0,2	0,02	0,63	11,83	17,14	5,48	10,73	2,99	106,56	0,10
2021	203,48	41,57917	8,29	4,92	19,37	0,09	0,01	0,94	12,12	20,11	6,49	11,5	3,12	122,79	0,10
2022	235,4	44,79792	7,8	4,86	23,43	0,16	0,01	0,8	14,04	25,42	6,74	12,66	3,2	134,02	0,08
2023	235,38	47,8	7,61	13,51	23,24	0,19	0,01	1	15,7	25,59	6,79	13,36	3,49	143,63	0,08
2024	188,27	35,2875	7,82	7,88	17,48	0,29	0,03	0,9	12,28	18,98	5,87	11,2	3,2	117,8	

Com base nas tabelas, é notória a variação dos parâmetros ao longo das bacias analisadas. A condutividade elétrica, por exemplo, varia 3,5 vezes quando comparado a Bacia do Alto Tietê com a Bacia do Baixo Tietê, já a concentração de cloreto varia quase 6 vezes comparando as mesmas bacias. Essa mudança pode ser explicada pela contaminação das águas superficiais estudadas.

Os valores de pH, ao longo da década em todo o percurso do Rio Tietê, indicam que as águas são de caráter neutro, contudo, há alguns pontos, especialmente mais a jusante, que as análises indicam valores alcalinos. Isso pode ser justificado tanto pela variação litológica da área quanto a variação de dureza das águas.

As águas podem ser classificadas, de acordo com a dureza proposta por Logan (1965) e pela Tabela 10, como brandas a pouco duras. Isto foi identificado também nas análises realizadas em campo e descritas no item 5.1.2.

5.2 COMPOSIÇÃO HIDROQUÍMICA

Usualmente, a composição hidroquímica de águas superficiais é dita, na literatura, como sendo bicarbonatada cálcica. Contudo, as águas do Rio Tietê não seguem essa tendência, que pode ser explicada por contaminação de fontes externas, como efluentes domésticos e industriais. Os dados disponíveis na Tabela 9 ilustram as concentrações encontradas, é visível que em alguns pontos, os valores encontrados são superiores aos limites estabelecidos, sendo a razão do caráter não habitual. Com os dados da tabela 9 do item 5.1, os quais foram inseridos no Diagrama-de Piper (Piper, 1944), segundo ilustrado na Figura 14.

O intuito de usar o Diagrama de Piper deve-se à possibilidade de classificar diversas amostras de águas e distinguir os grupos hidroquímicos presentes, além de avaliar a evolução hídrica devido processos hidroquímicos ou antrópicos, ou ainda a mistura de águas (Gastmans et al., 2005).

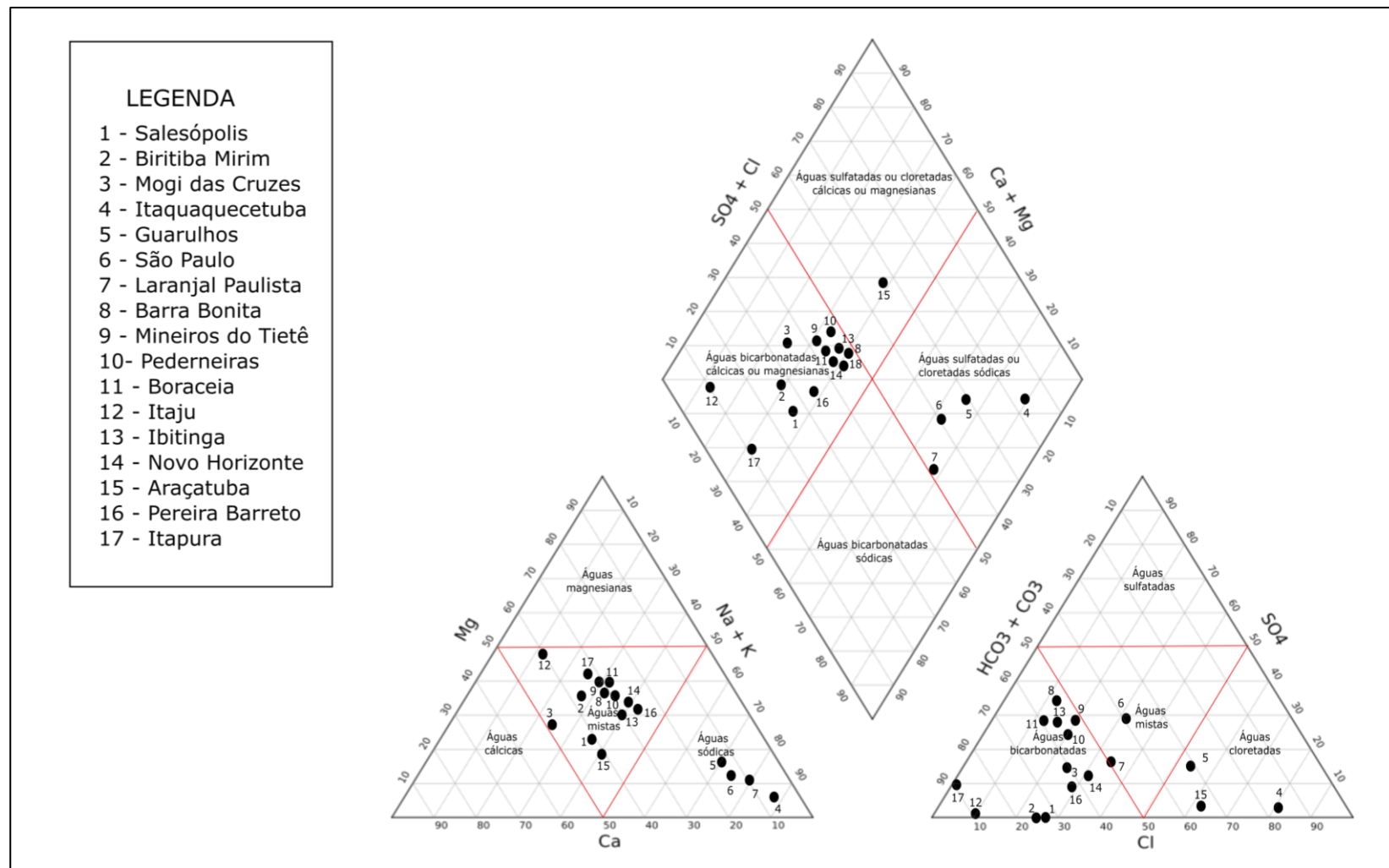


Figura 14 - Diagrama de Piper, com base nos dados coletados em campo do verão de 2021/2022. O caráter das águas não é bicarbonatado cálcico como geralmente apresentado na literatura para as águas superficiais.

Com base na Figura 14, as águas superficiais do Rio Tietê são predominantemente mistas, de caráter calco-magnesianas. Considerando os íons dissolvidos, 71% das amostras são classificadas como Bicarbonatadas Mistas, 6% como Cloretadas Mistas, 11% são classificadas como Sódicas Cloretadas, e 12% como Sódicas Mistas.

Para ressaltar as fácies mistas da composição hidroquímica do Rio Tietê, através dos principais íons presentes nas análises, foi usado o Diagrama de Schoeller (Schoeller, 1962). O diagrama é formado por dois eixos, o eixo X representa os principais íons presentes, o eixo Y, em escala logarítmica, é a concentração dos íons analisados, em meq/L. A Figura 15 ilustra o Diagrama de Schoeller feito com base nas análises de campo.

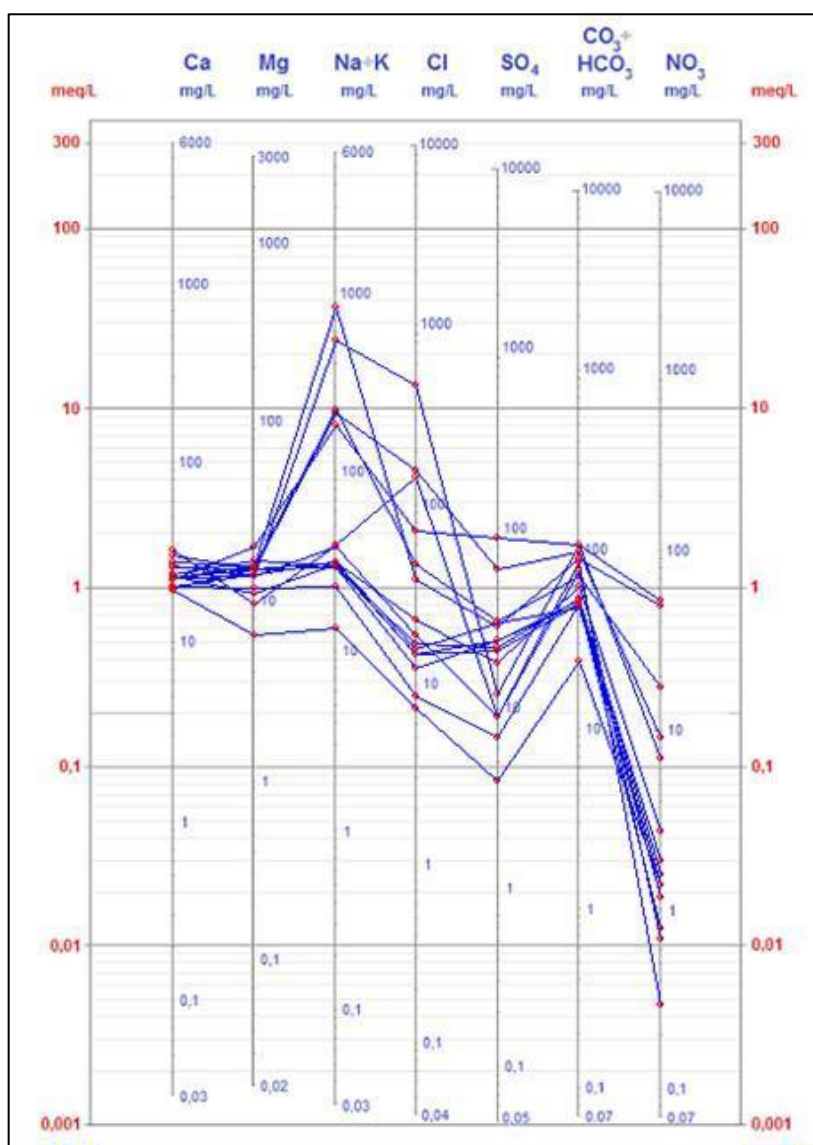


Figura 15 - Diagrama de Schoeller ilustrando os principais íons das amostras analisadas.

As principais características hidroquímicas da composição de íons das amostras podem também ser representadas usando o Diagrama de Stiff (Stiff, 1951). Tais diagramas são usados devido

à facilidade de interpretação visual da comparação das águas. Com o auxílio do Software RockWorks foram criados tais diagramas também plotados no mapa do estado de São Paulo, permitindo uma análise comparativa das características hidroquímicas das águas superficiais do Rio Tietê (Figura 16).

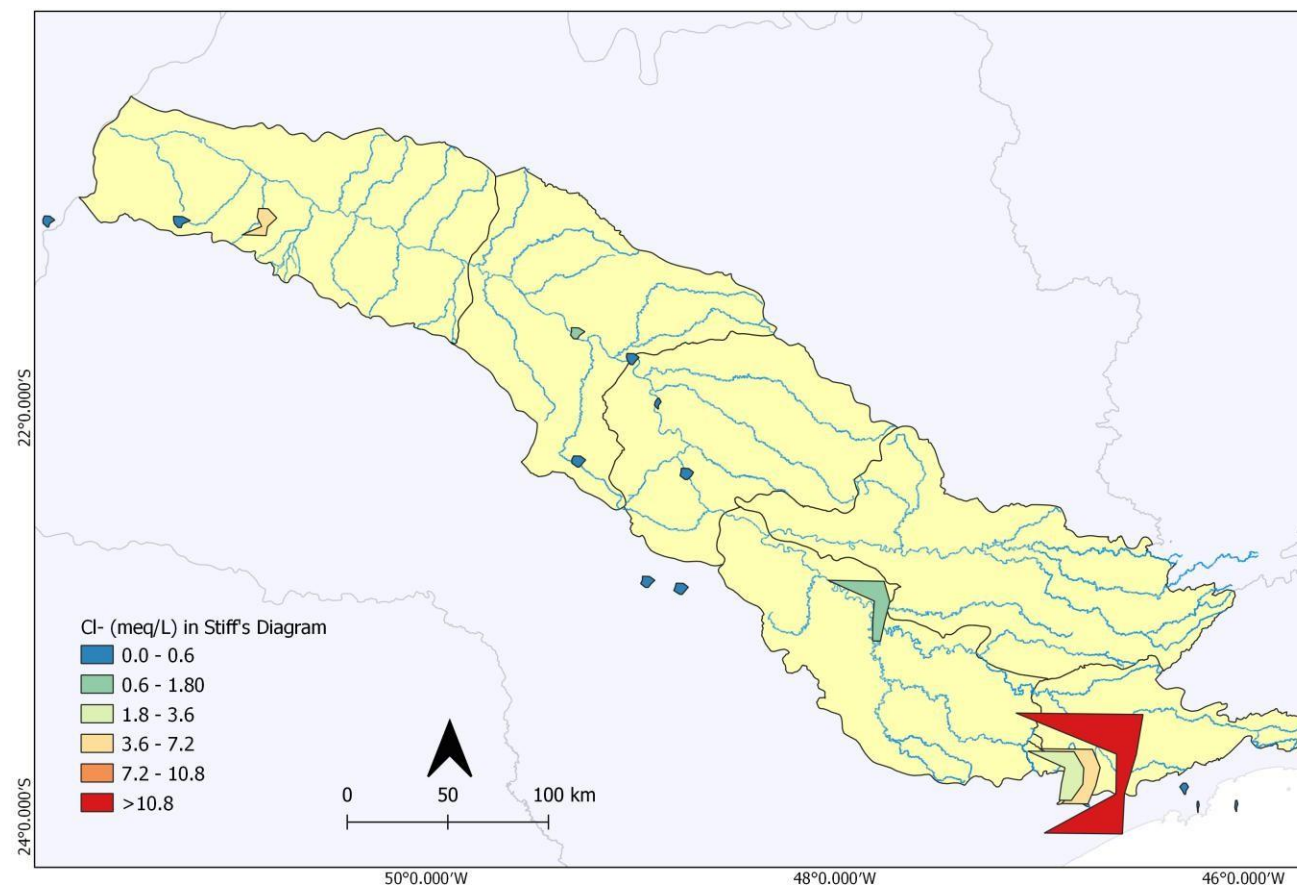


Figura 16 - Diagramas de Stiff plotados ao longo do Rio Tietê na área de estudo.

Para averiguar a influência da atividade antrópica nas concentrações dos principais parâmetros analisados nas águas do Rio Tietê, foi gerada uma comparação gráfica dos valores obtidos na nascente e na foz do rio (Figura 17). Percebe-se que STD têm elevada variação quando comparado os extremos do rio, no entanto, o mesmo não ocorrendo com o nitrato, nitrito e fosfato.

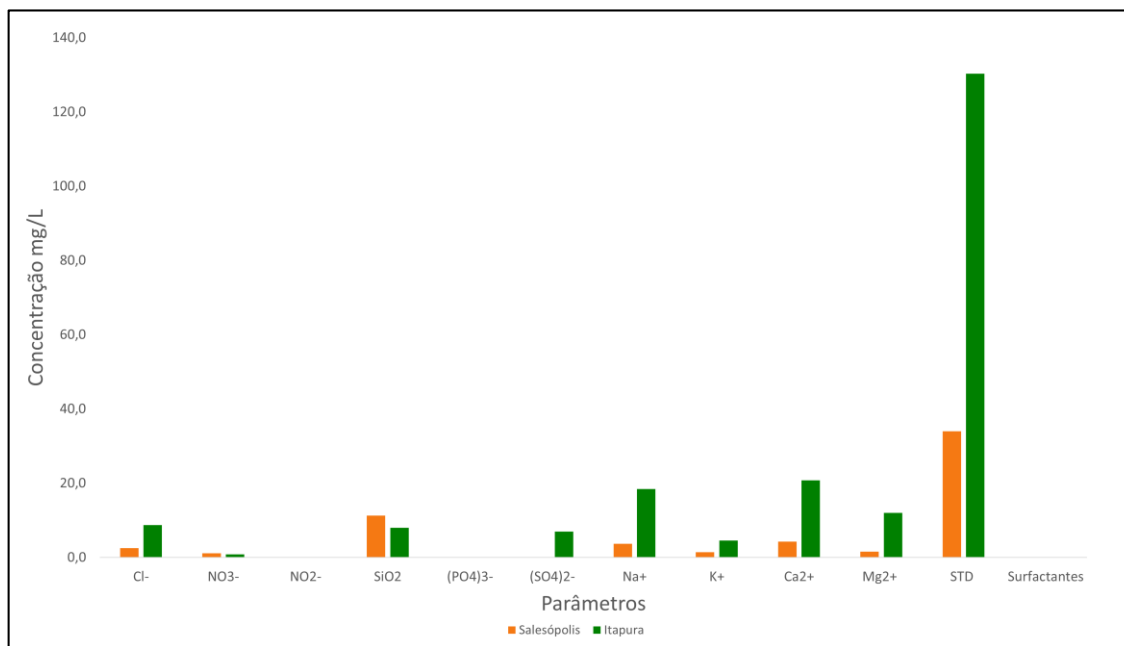


Figura 17 - Gráfico com as variações dos parâmetros na nascente e na foz do Rio Tietê.

Além da comparação entre nascente e foz, também foi feita a comparação entre as UGRHIs, com base no banco de dados disponível pela CETESB, como ilustram as figuras 18 a 30.

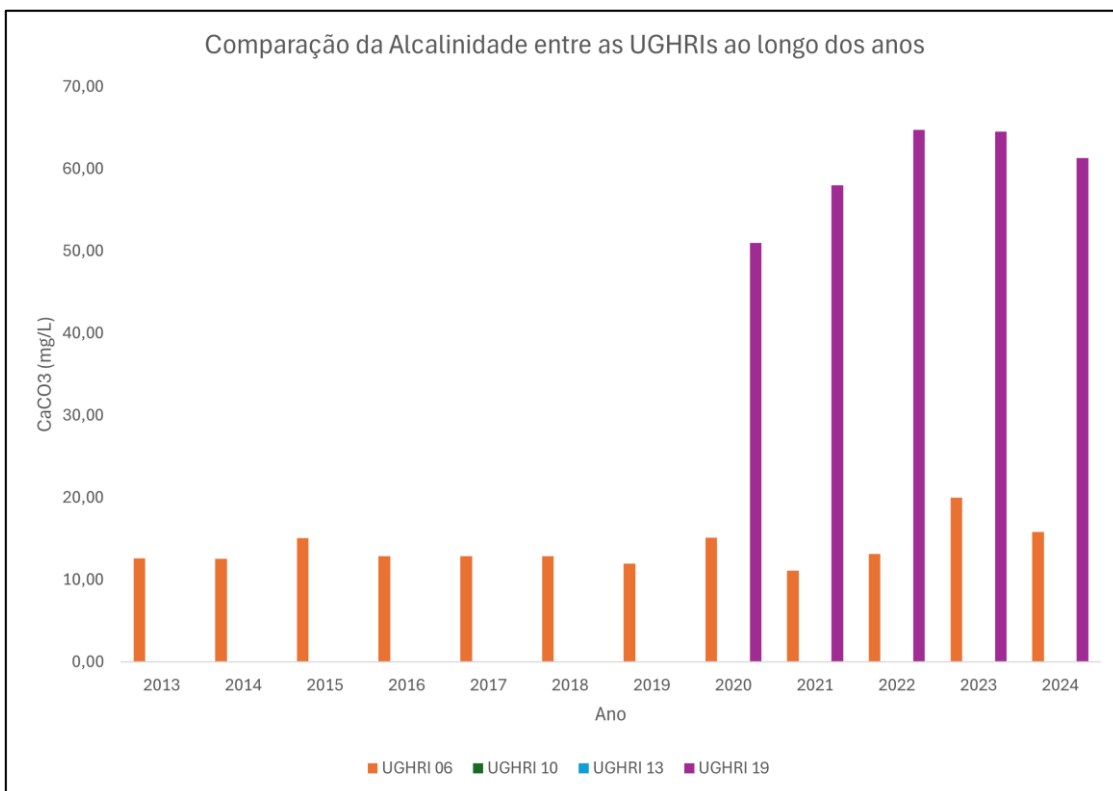


Figura 18 - Variações da Alcalinidade ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricas do Rio Tietê.

A Figura 18 ilustra a variação da alcalinidade, entre 2013 e 2024, no Rio Tietê ao longo de quatro UGRHIs que compõem o rio. As UGRHIs do Médio Tietê e Tietê-Jacaré não apresentam dados para esse parâmetro ao longo dos anos de amostragem.

A UGRHI do Alto Tietê tem valores de alcalinidade para toda a década de amostragem, os quais apresentam pouca variação entre si, podendo ser considerados homogêneos. Os valores de alcalinidade podem estar relacionados com a geologia, isto é, a lixiviação das rochas e a liberação de íons no corpo d'água.

Para a UGRHI do Baixo Tietê há dados de alcalinidade a partir de 2020, variando de 50 a 65 mg/L, e talvez também relacionados com os processos de lixiviação de rochas da região.

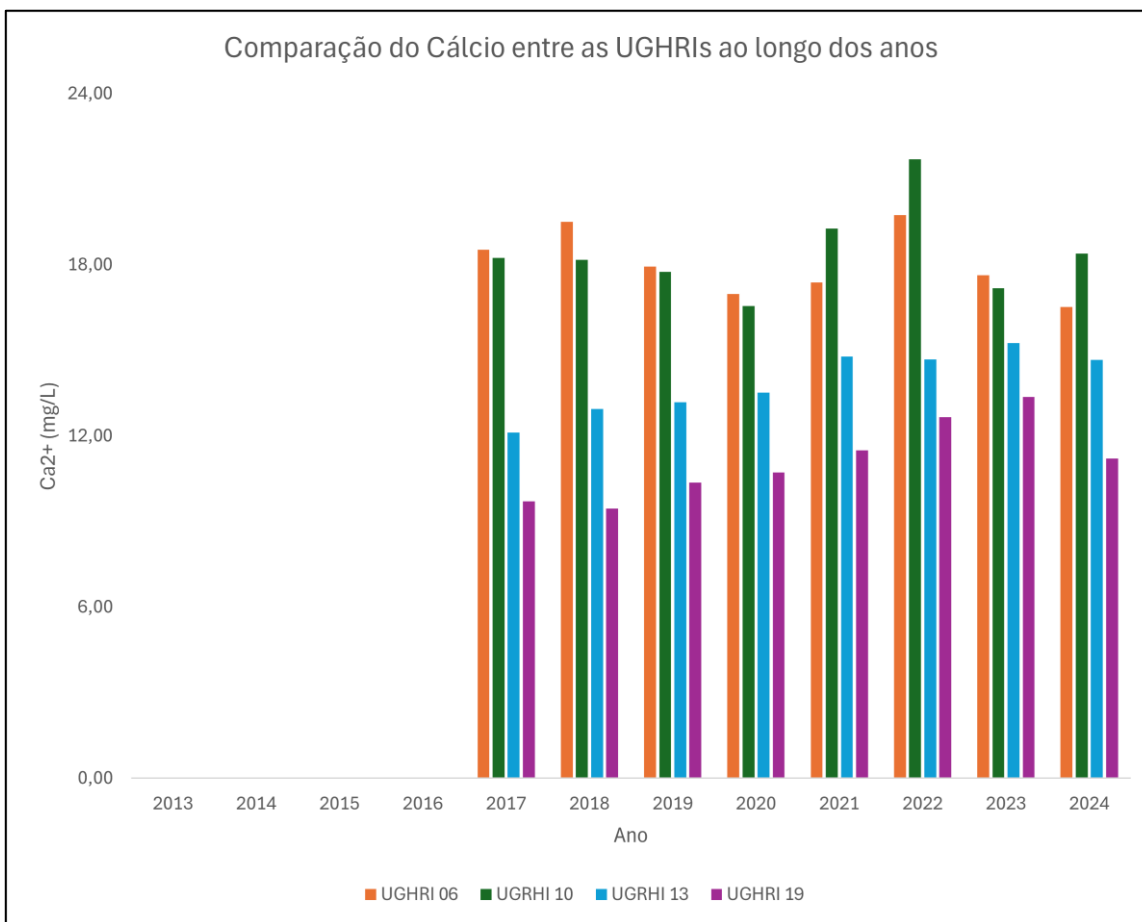


Figura 19 - Variações do Cálcio ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.

A Figura 19 ilustra as variações de cálcio, entre 2013 e 2024, ao longo das UGRHIs do Rio Tietê, com ausência de dados nos quatro primeiros anos. De forma geral, pode-se dizer que as maiores concentrações de cálcio ocorrem na Bacia do Alto Tietê, enquanto as menores na Bacia do Baixo Tietê.

A concentração de cálcio nas UGRHIs 13 e 19 é menor do que nas UGRHIs 06 e 10.

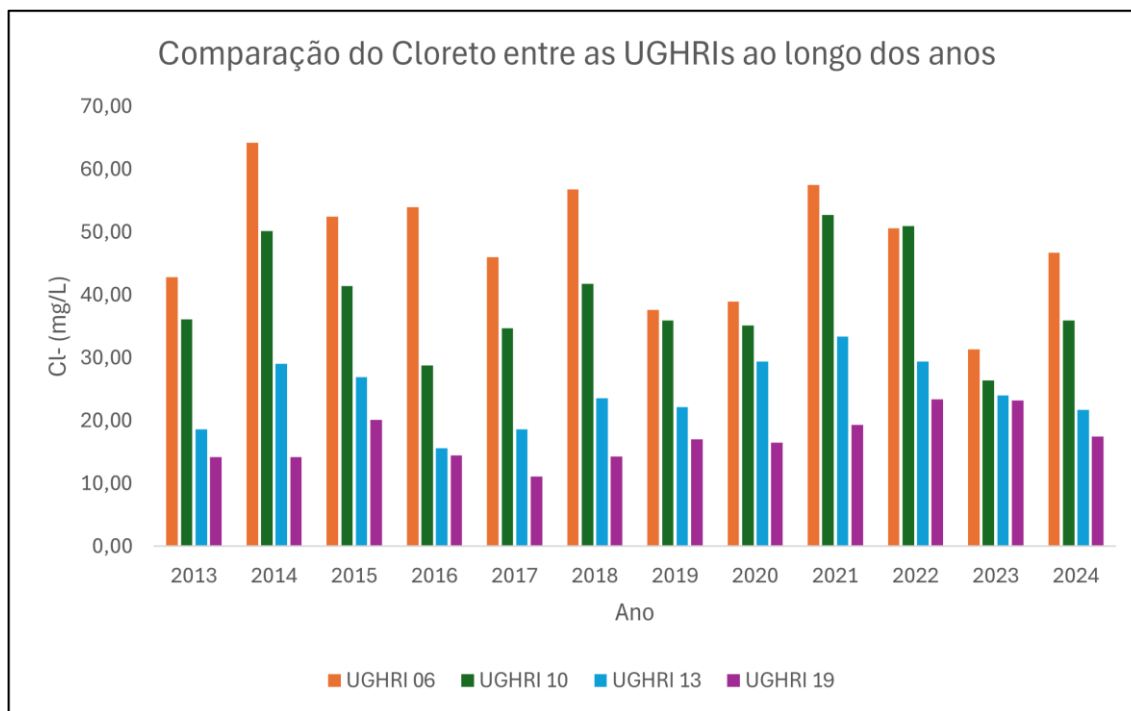


Figura 20 - Variações do Cloreto ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.

A Figura 20 ilustra a variação do Cloreto, entre 2013 e 2024, nas UGRHIs do Rio Tietê. De forma geral, os valores são heterogêneos entre as bacias hídricas como também ao longo dos anos.

O Cloreto, diferente dos outros parâmetros abordados até o momento, apresenta origem possivelmente relacionada com contaminação por descarte incorreto de esgoto doméstico e/ou industrial. Os valores elevados encontrados na UGRHI 06 ocorrem nos municípios de Itaquaquecetuba e Guarulhos, como indicado no Diagrama de Piper.

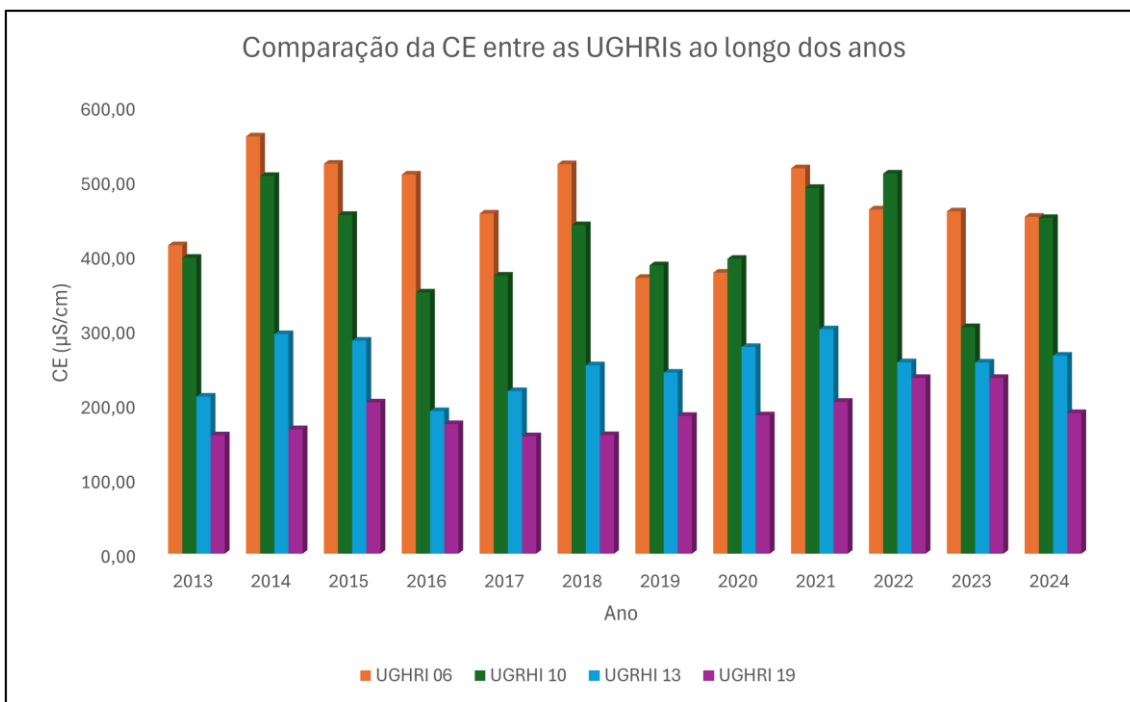


Figura 21 - Variações da condutividade elétrica ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.

A Figura 21 ilustra a variação da condutividade elétrica. Sabe-se que a CE é uma propriedade física que caracteriza a facilidade com que a eletricidade é conduzida num material ou meio. Pode-se dizer que a composição hidroquímica é de extrema importância para a condutividade, porque os íons livres são bons condutores. Cloreto e condutividade elétrica estão relacionados como é visto quando se compara a Figura 20 com a Figura 21.

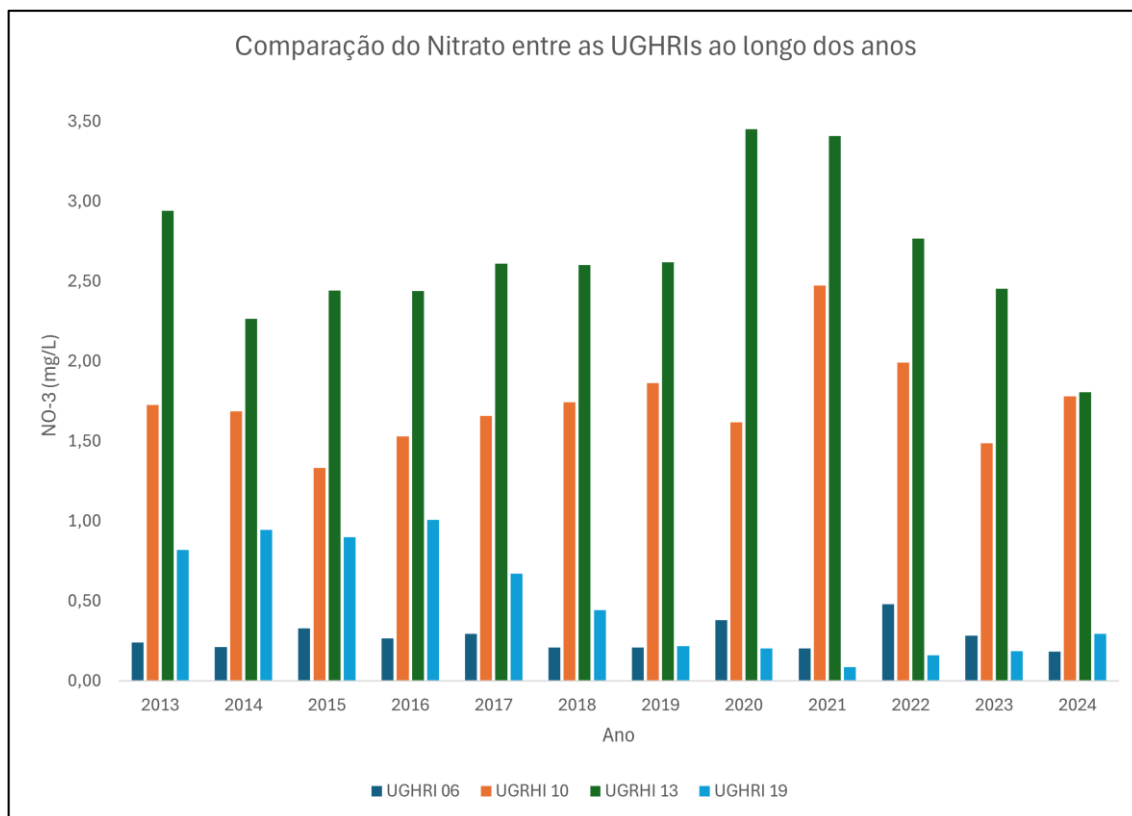


Figura 22 - Variações do nitrato ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.

A Figura 22 ilustra a variação de concentração, entre 2013 e 2024, de nitrato nas UGRHIs analisadas. Nota-se que os valores são heterogêneos entre si. As UGRHIs do Médio Tietê/ Sorocaba e Tietê-Jacaré apresentam concentração de nitrato superior à das outras bacias analisadas, possivelmente relacionada com o aporte de constituintes ricos em nitrogênio, como fertilizantes e esgoto doméstico.

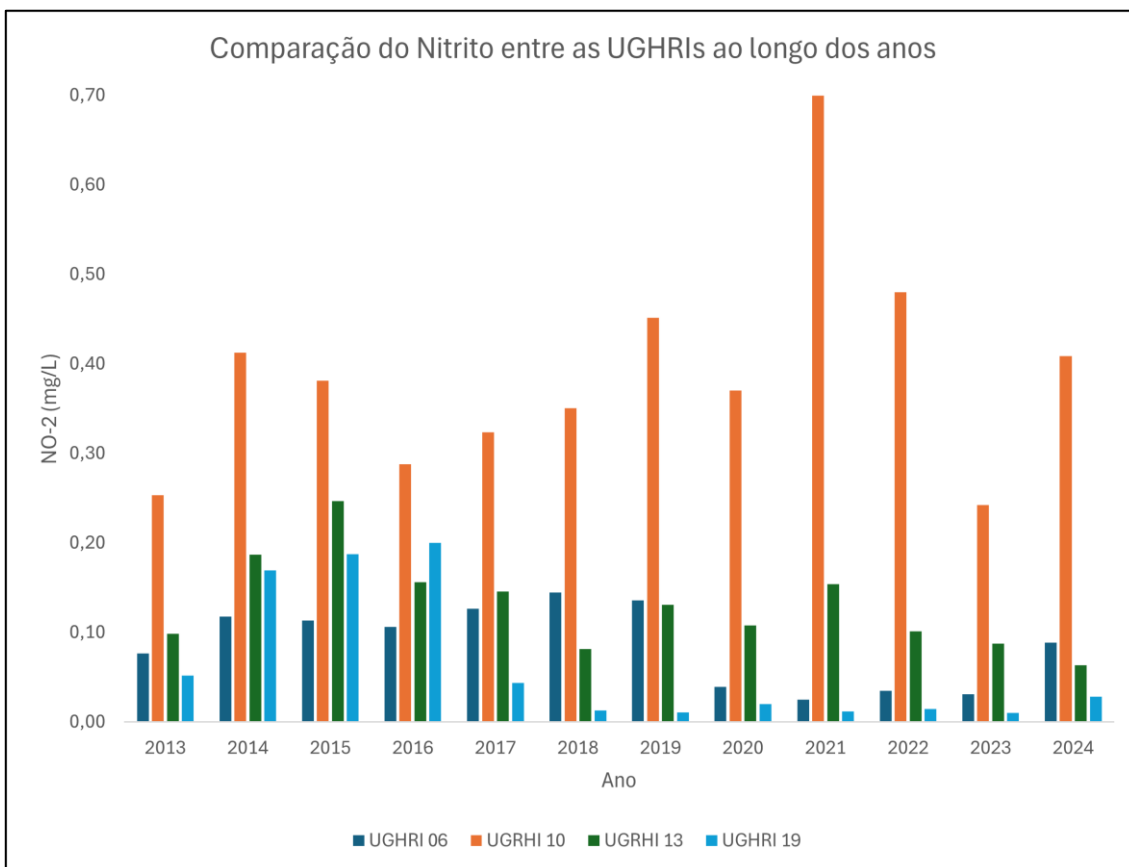


Figura 23 - Variações do Nitrito ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.

A Figura 23 ilustra a variação, entre 2013 e 2024, de nitrito nas bacias abordadas do Rio Tietê. Nota-se que a escala de concentração de nitrito é pequena, com valor máximo inferior a 1,00 mg/L, tendo a Bacia do Médio Tietê/Sorocaba apresentado valores maiores do que nas demais bacias. A presença de nitrito também poderia ser explicada pela contaminação devido esgoto doméstico e fertilizantes agrícolas.

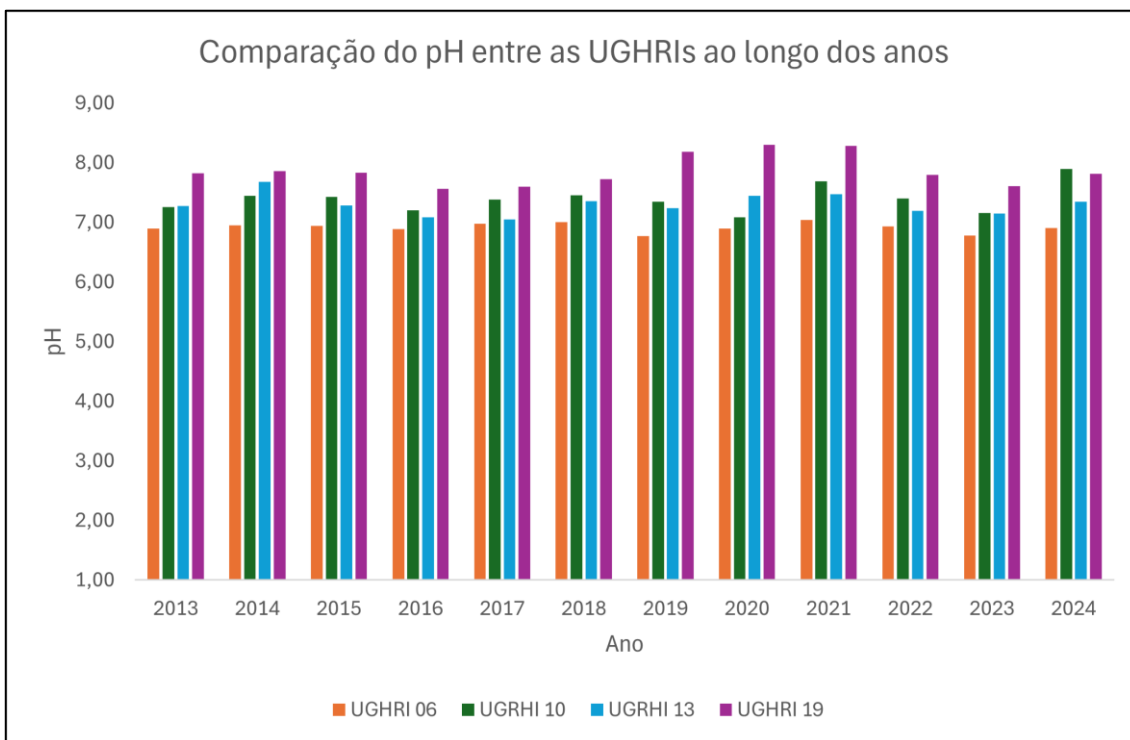


Figura 24 - Variações do pH ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.

O pH, como ilustra a Figura 24, apresenta valores de pequena variação temporal e regional.

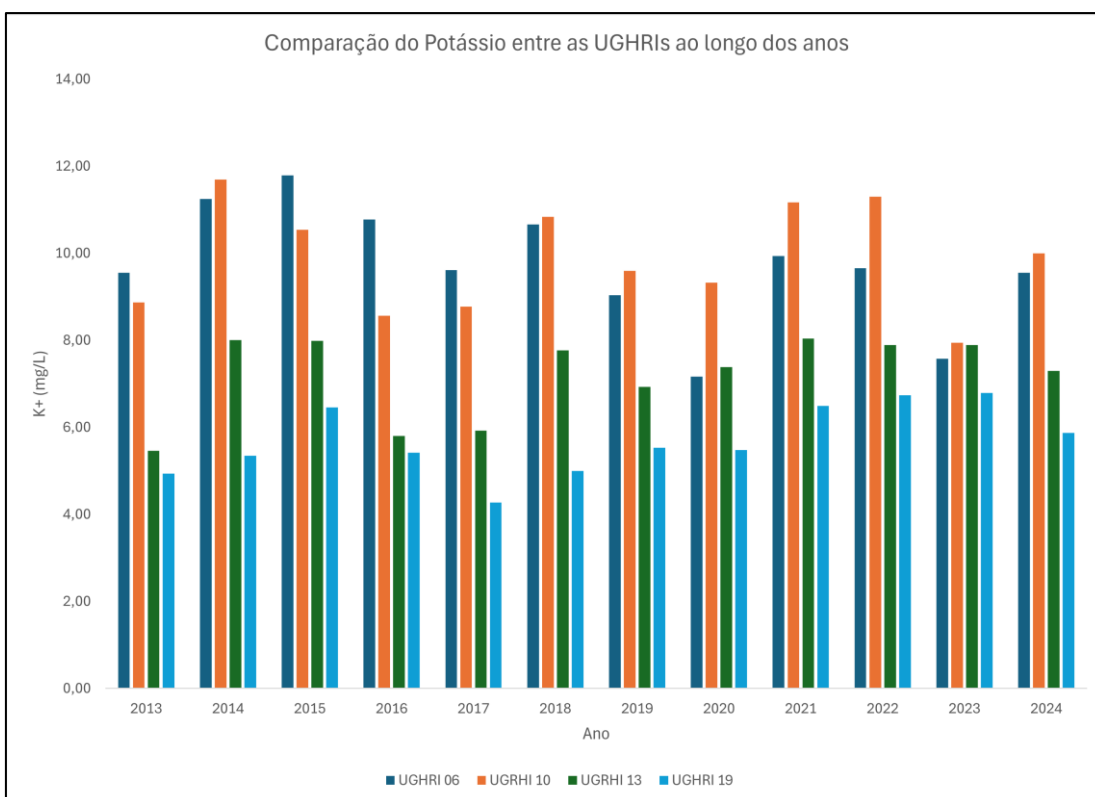


Figura 25 - Variações do potássio ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.

A Figura 25 ilustra a variação, entre 2013 e 2024, do potássio nas águas superficiais do Rio Tietê de acordo com as bacias analisadas. Percebe-se que, temporalmente, a concentração varia pouco em cada UGRHI estudada, contudo, regionalmente há grande variação de concentração entre as UGRHIs. Como a mobilidade do potássio é baixa, sua presença nas águas pode estar relacionada com o seu uso em fertilizantes agrícolas.

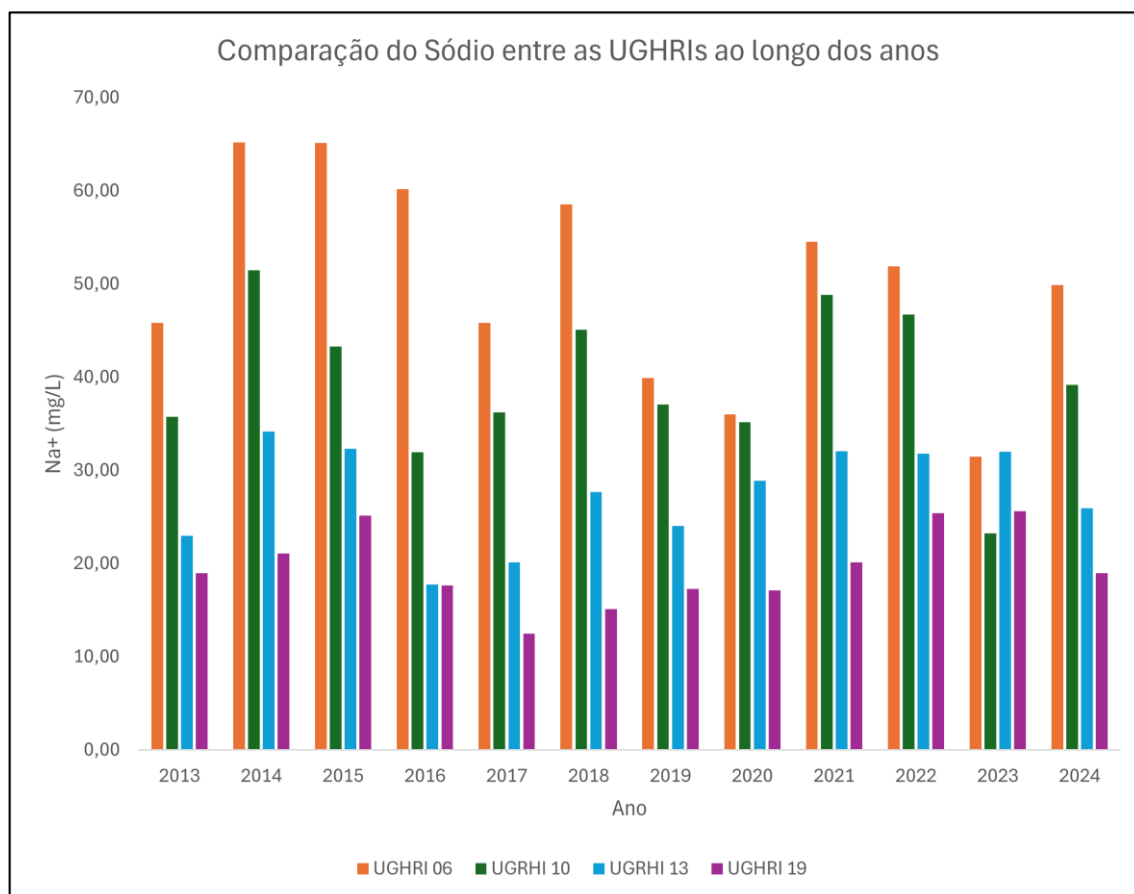


Figura 26 - Variações do sódio ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.

A Figura 26 ilustra a variação de sódio entre 2013 e 2024 nas bacias hidrográficas do Rio Tietê. A concentração de sódio na UGRHI 06 é superior à das demais unidades de gerenciamento, entretanto, a UGRHI 10 também tem valores relativamente altos e próximos, o que é interpretado como contaminação nas bacias. De acordo com a CETESB (2012), o sódio é aplicado em regiões usadas para agricultura e criação de gado.

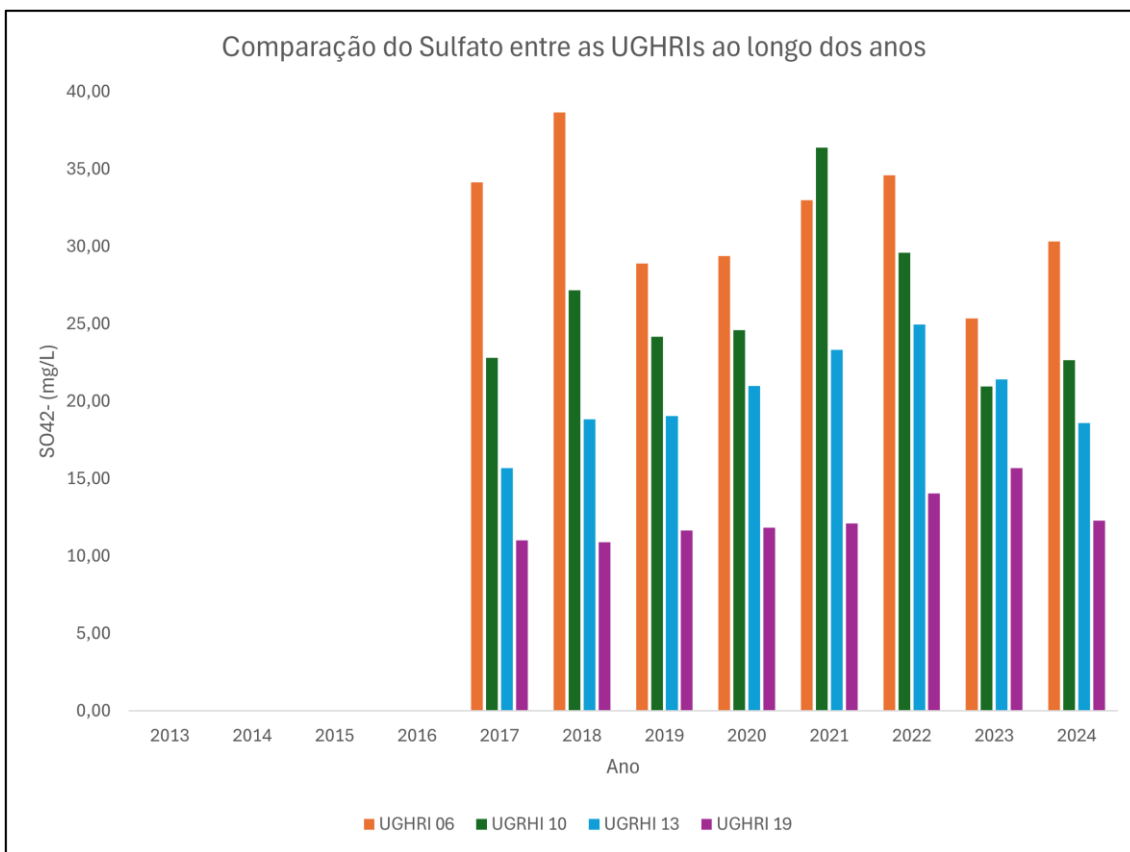


Figura 27 - Variações do sulfato ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricas do Rio Tietê.

A Figura 27 ilustra a variação de sulfato, entre 2017 e 2024, nas UGRHIs do Rio Tietê. Percebe-se que a UGRHI 06 apresenta, valores superiores aos das demais unidades de gerenciamento. O sulfato pode ser de origem natural, como lixiviação de rochas e solo, além da oxidação de sulfetos; mas pode ser também de origem antrópica, pelo descarte incorreto de esgotos doméstico e industrial.

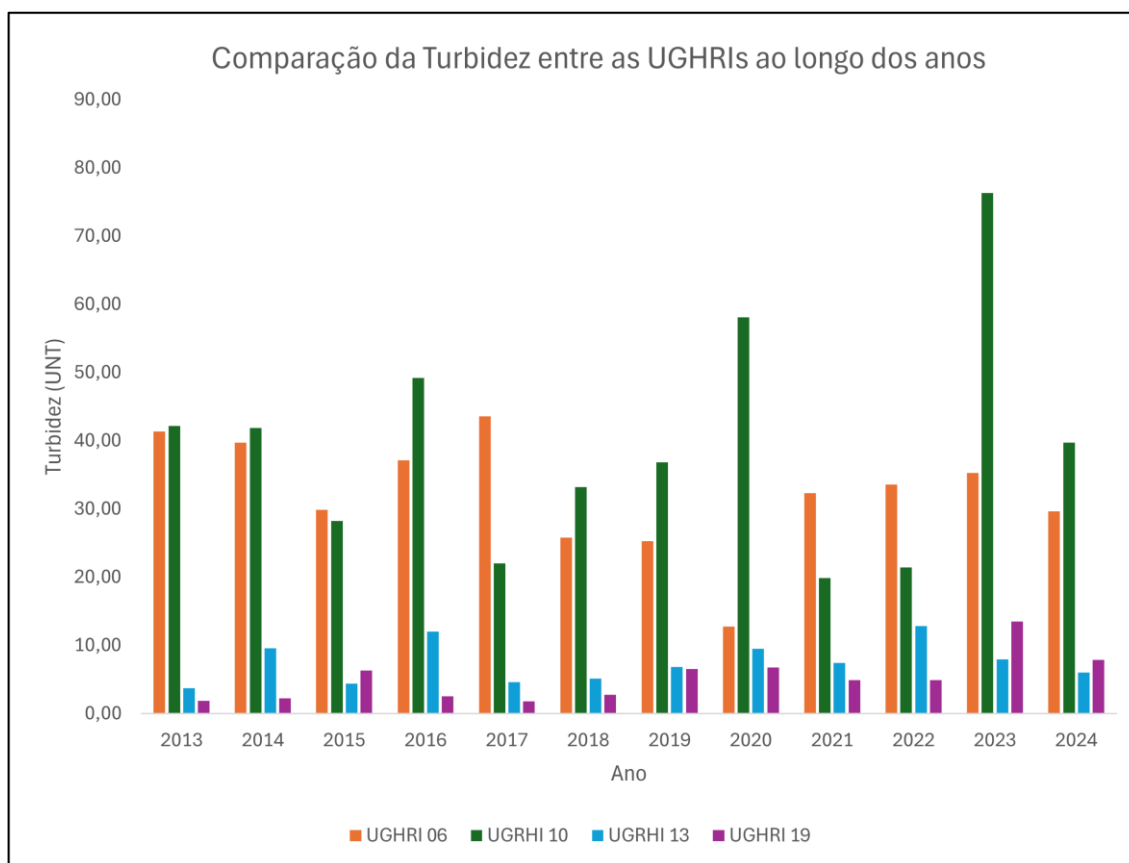


Figura 28 - Variações da turbidez ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.

A Figura 28 ilustra a variação, entre 2013 e 2024, da turbidez nas bacias hidrográficas do Rio Tietê. A CETESB (2012) descreve a turbidez da água como a dificuldade que um feixe de luz tem de atravessá-la, sendo assim, qual o nível de opacidade que o corpo d'água possui.

A opacidade é resultado da presença de sólidos em suspensão, como partículas inorgânicas de erosão das margens de rios ou detritos orgânicos, como algas e bactérias no geral. Além de causas naturais, a turbidez também pode ser causada por atividade antrópica, pois, o descarte de matéria orgânica também contribui com a opacidade das águas e a proliferação de detritos orgânicos.

O aumento da turbidez está ligado com a diminuição de vida nas águas. Com a opacidade, muitas algas aquáticas têm a atividade de fotossíntese reduzida, diminuindo também a quantidade de peixes no meio. Além do mais, caso a água apresente valores superiores aos limites estabelecidos por órgãos públicos regulamentadores, atividades domésticas e industriais também são afetadas.

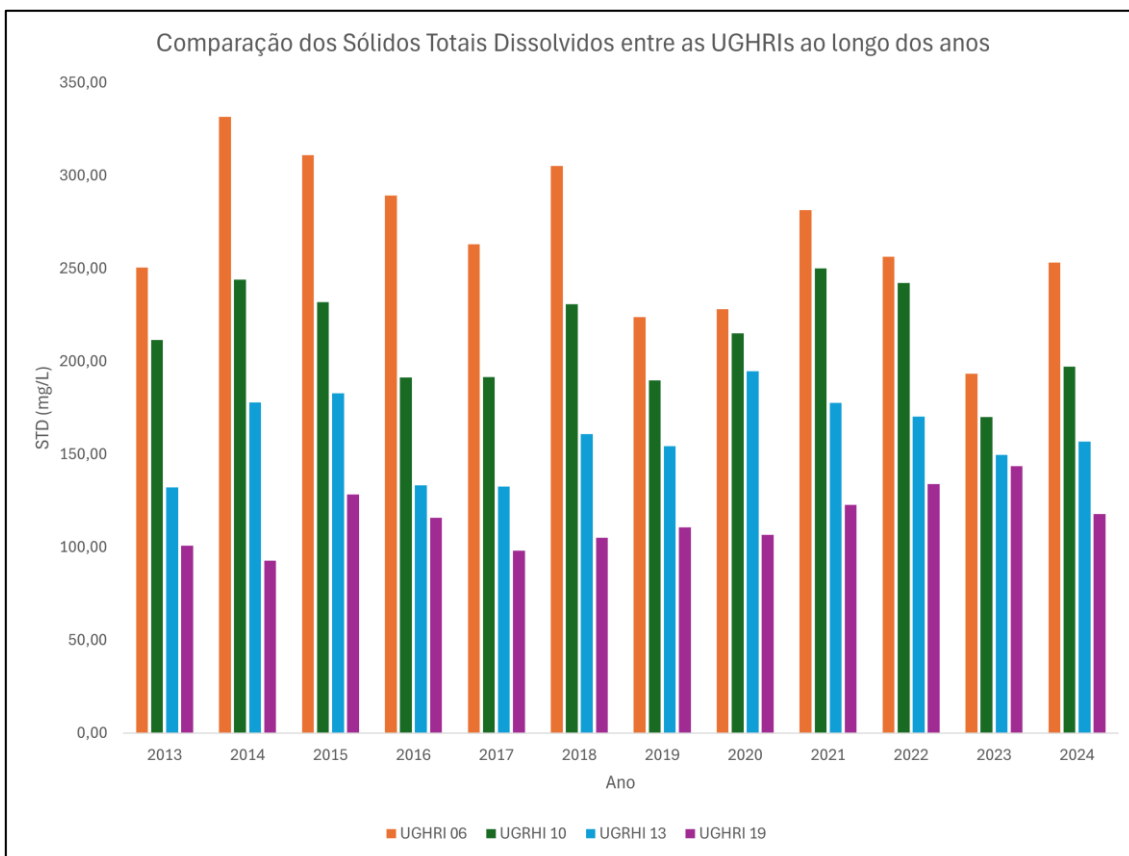


Figura 29 - Variações de STDs ao longo dos anos nas Unidades de Gerenciamento Hídricos do Rio Tietê.

A Figura 29 ilustra, de 2013 a 2024, a variação de Sólidos Totais Dissolvidos ao longo das bacias hidrográficas estudadas do Rio Tietê. Percebe-se que os valores encontrados apresentam grande variação entre si, de forma geográfica, principalmente na UGRHI 06. A Bacia Hidrográfica do Alto Tietê engloba a Região Metropolitana de São Paulo, de maneira que os elevados valores de concentração de STDs encontrados na região estão relacionados com o acentuado aporte de contaminantes ocorrendo lá.

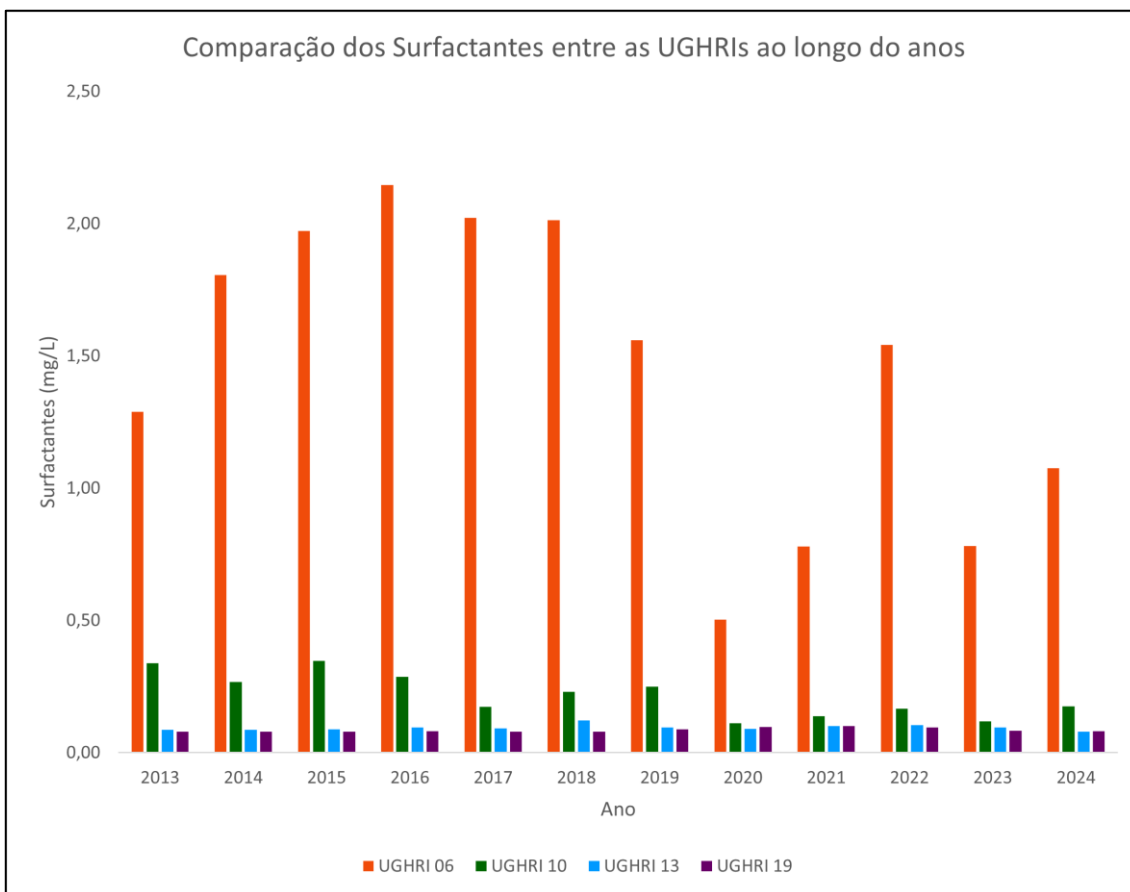


Figura 30 - Variação de surfactante nas UGHRI's do Rio Tietê na última década.

A Figura 30 ilustra, de 2013 a 2024, a variação de surfactantes ao longo das bacias hidrográficas estudadas do Rio Tietê. Percebe-se que os valores encontrados são distintos entre as bacias, com maiores concentrações na Bacia do Alto Tietê do que nas demais, em virtude das características da RMSP. Esses valores podem ser interpretados como derivados de contaminação industrial e descarte de esgoto doméstico. Nas UGHRI's 13 e 19, os valores encontrados se mantêm, praticamente, inalterados.

5.3 VARIAÇÃO E CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS

Os tópicos a seguir descrevem a variação dos principais parâmetros analisados nas águas superficiais do Tietê, visando avaliar a poluição das águas e quais as regiões mais vulneráveis aos impactos ambientais ao longo do trajeto percorrido pelo rio.

5.3.1 Variação dos parâmetros das amostras coletadas

As figuras 31 a 46 mostram como a variação dos parâmetros químicos e físico-químicos das águas superficiais ocorreu ao longo do Rio Tietê.

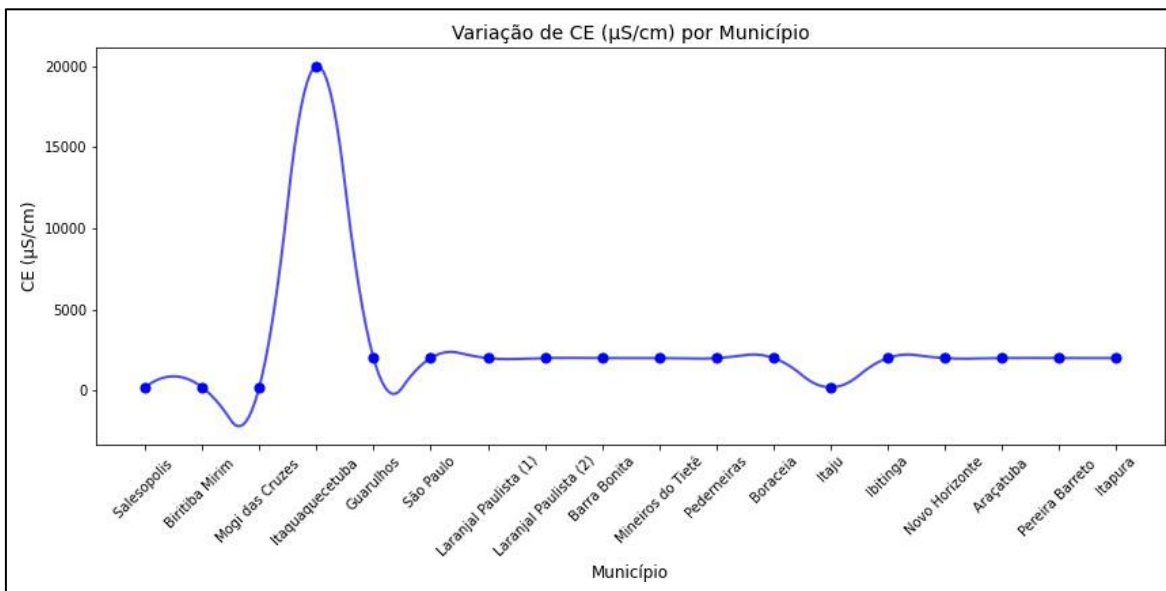


Figura 31- Variação da condutividade elétrica ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.

A Figura 31 ilustra a variação da CE nos pontos de coleta. Percebe-se que os valores encontrados apresentam diferenças, especialmente no município de Itaquaquecetuba, com 20000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

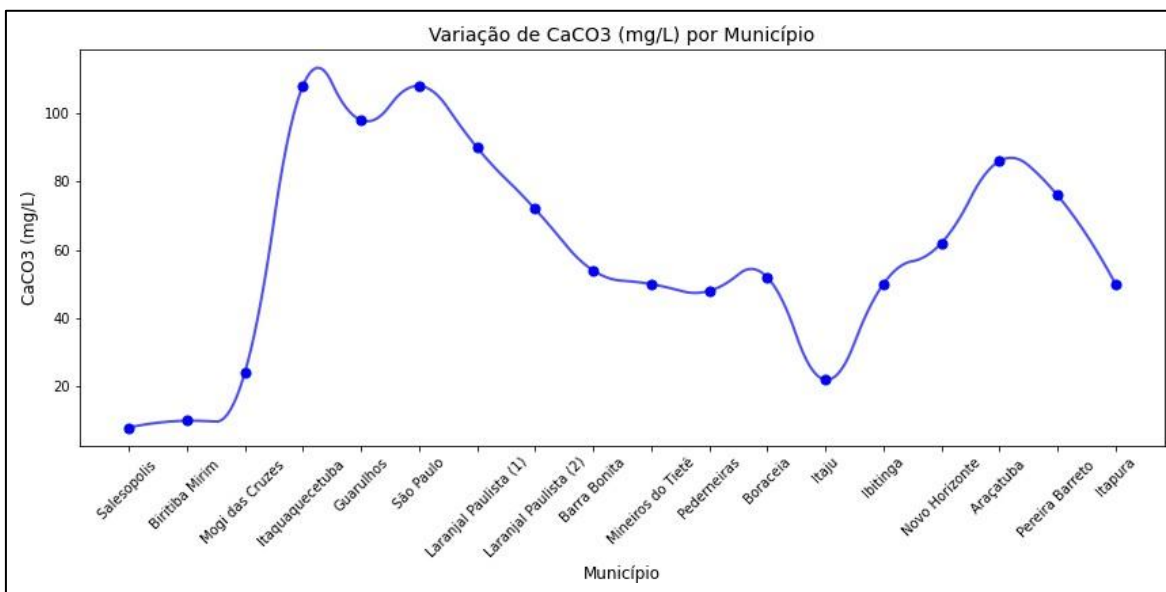


Figura 32 - Variação da alcalinidade ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.

A Figura 32 ilustra a variação da Alcalinidade nos pontos de coleta. Os valores distinguem-se entre si, com concentrações maiores de alcalinidade na Região Metropolitana de São Paulo, pertencente à UGRHI 06. A alcalinidade pode ser entendida como concentração de substâncias presentes na água que tem a capacidade de neutralizar ácidos, atuando como tampão, de maneira que quanto menor o seu valor, mais vulnerável o corpo hídrico fica sujeito à poluição. Assim, pela Figura 32, pode-se dizer que os municípios de Salesópolis, Biritiba Mirim, Mogi das Cruzes e Itaju são mais vulneráveis que os demais amostrados.

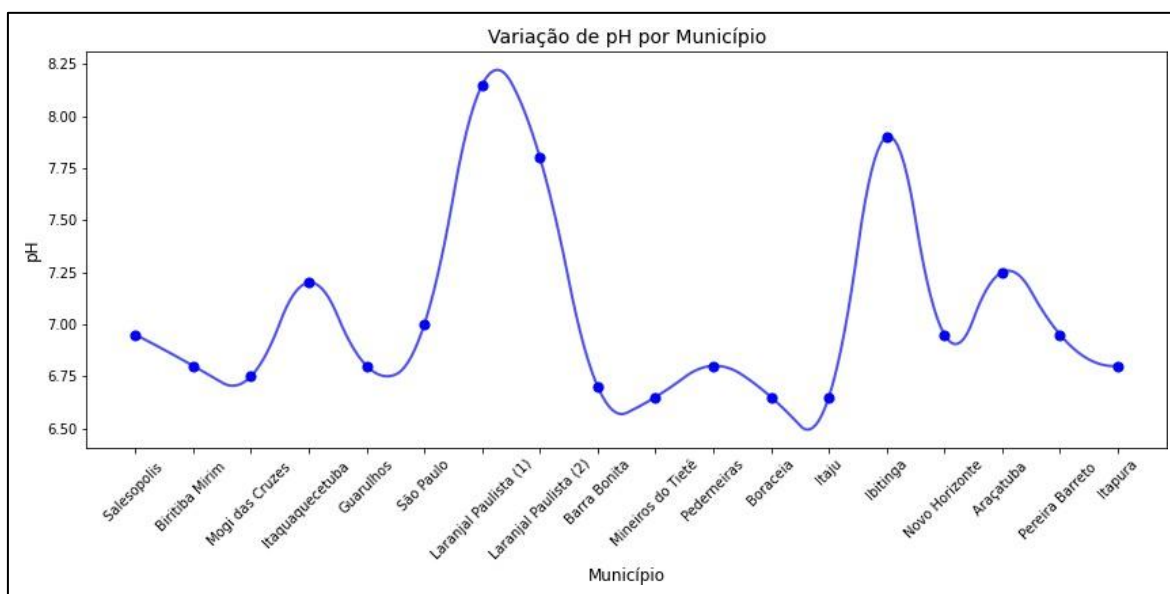


Figura 33 - Variação de pH ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.

A Figura 33 ilustra a variação do pH nos municípios amostrados. Nota-se que os valores não são homogêneos. O pH é um parâmetro importante para o controle de saneamento ambiental. Sua influência direta nos ecossistemas é refletida nas espécies presentes no meio aquático, contribuindo para o aporte de elementos químicos tóxicos e nocivos à vida.

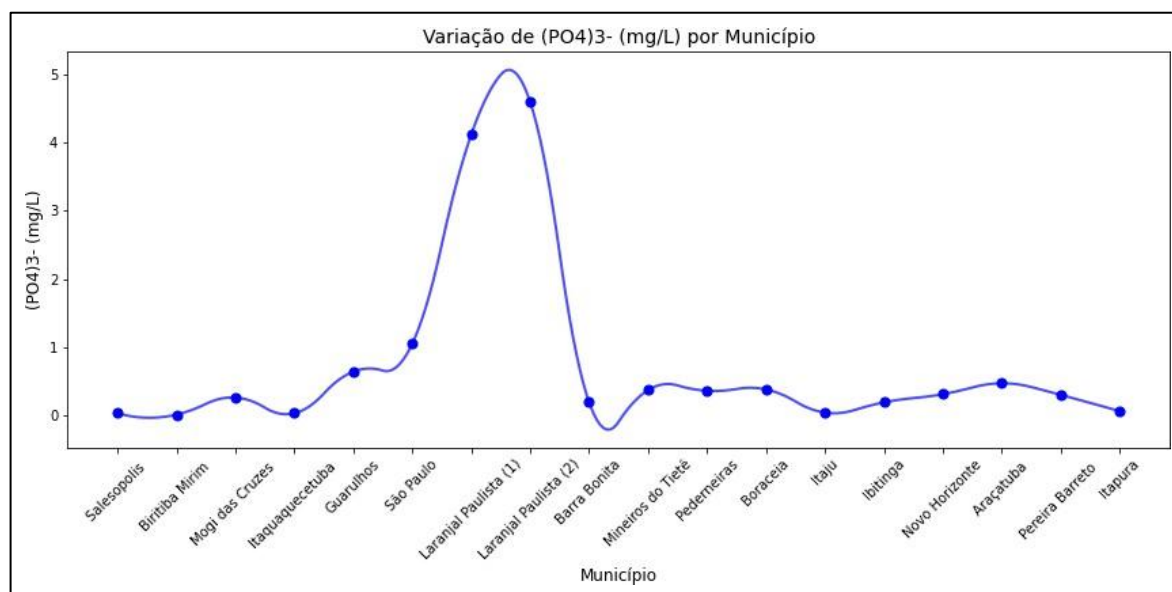


Figura 34 - Variação de fósforo-ortofosfato ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.

A Figura 34 ilustra o íon Fosfato, fósforo-ortofosfato, nos municípios de coleta. A concentração do fosfato tende à homogeneidade, com exceção no município de Laranjal Paulista que apresenta valores mais elevados de concentração.

As principais fontes de fósforo são antrópicas, como matéria orgânica fecal proveniente de descargas de esgotos, detergentes ou derivados de fertilizantes aplicados à agricultura (CETESB, 2012). O fósforo, assim como o nitrato e carbono, é um importante constituinte para processos biológicos. O seu descarte incorreto favorece o enriquecimento do meio, conduzindo à eutrofização, que possibilita o crescimento excessivo de seres vivos como algas que podem prejudicar o abastecimento público e causar poluição nas águas. Portanto, o controle de fontes de fósforo deve ser uma das principais ações de órgãos para o controle de qualidade das águas (CETESB, 2012).

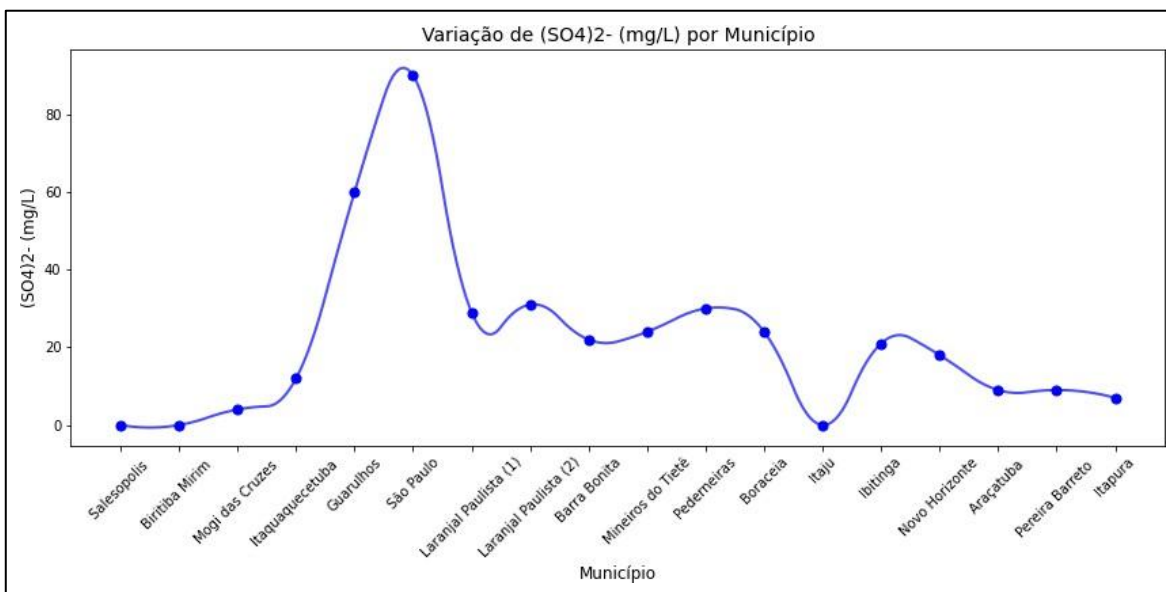


Figura 35 - Variação de sulfato ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.

A Figura 35 ilustra a variação do sulfato nos municípios amostrados. Nota-se que os valores são heterogêneos entre si, embora, em alguns pontos, tendam a um comportamento homogêneo. Na Grande São Paulo é notória a elevada concentração de sulfato. O sulfato é um íon abundante na natureza, que pode ser originado pela dissolução de solos e rochas, em casos de ocorrência natural; sob ação antrópica, o sulfato provém do descarte de efluentes domésticos e industriais, bem como do uso de coagulantes em águas tratadas.

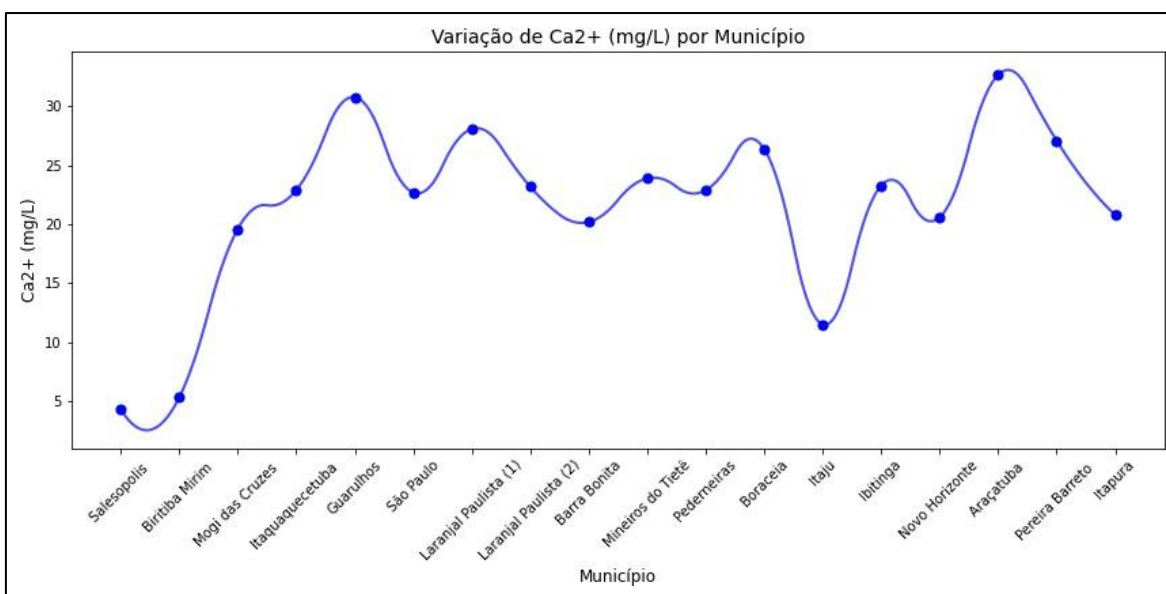


Figura 36 - Variação de cálcio ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.

A Figura 36 ilustra a variação de cálcio nos municípios amostrados, que exibe oscilações ao longo dos pontos de coleta. Processos de dissolução de rochas e minerais ricos em cálcio contribuem para a sua presença nas águas, embora processos de tratamento de águas e efluentes também afetam sua presença em solução.

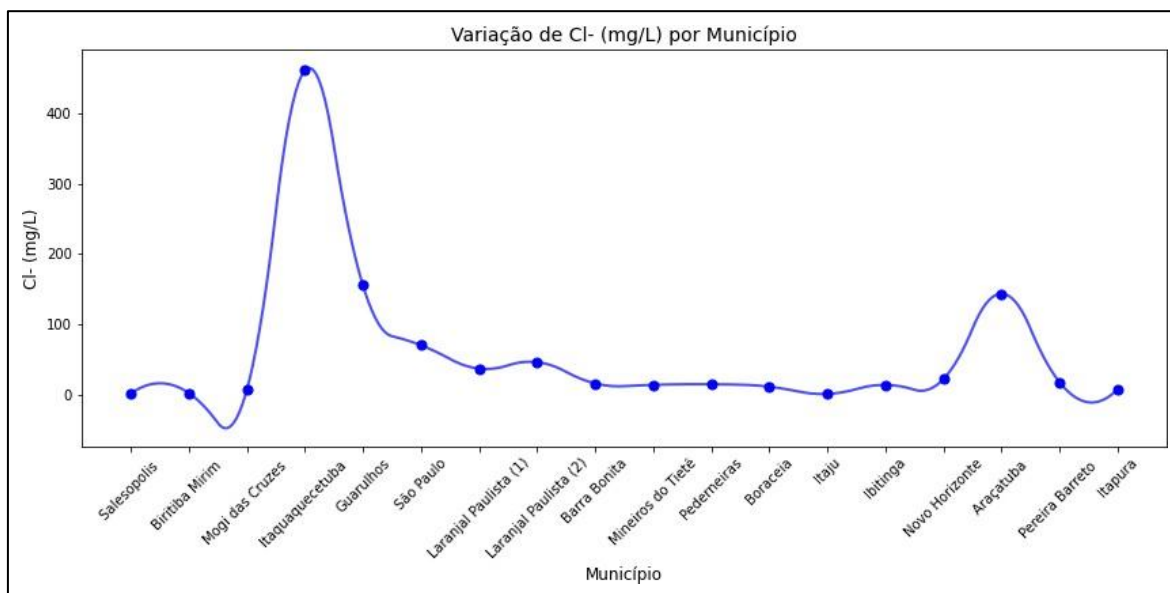


Figura 37 - Variação de cloreto ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.

A Figura 37 ilustra a variação de cloreto nos municípios amostrados. Embora as concentrações medidas tendam a valores homogêneos, a concentração é mais elevada nos municípios de Itaquaquecetuba, Guarulhos e Araçatuba. De acordo com CETESB (2012), os valores de cloreto encontrados em esgotos domésticos têm concentrações superiores a 15mg/L. Assim, a Figura 36 sugere que em quase todos os pontos amostrados há contaminação de esgoto doméstico. Contudo, efluentes industriais com elevadas concentrações de cloreto, como indústrias farmacêuticas e de petróleo, podem também influenciar nos valores elevados de cloreto nas águas.

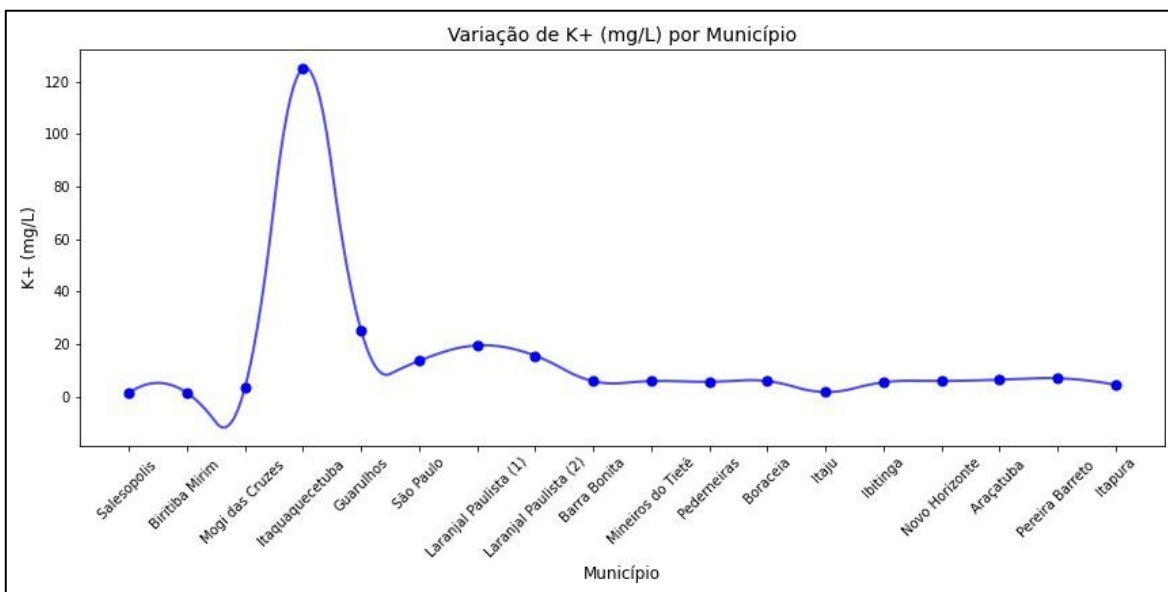


Figura 38 - Variação de potássio ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.

A Figura 38 ilustra a variação de potássio nos pontos de amostragem do Rio Tietê. Os valores tendem a concentrações homogêneas ou de pequena variação, com exceção daquele encontrado em Itaquaquetuba que é cerca de 5 vezes maior do que os encontrados ao longo do rio. Como a mobilidade do potássio, em natureza, é baixa, os valores encontrados podem estar relacionados com o seu emprego na agricultura como fertilizante.

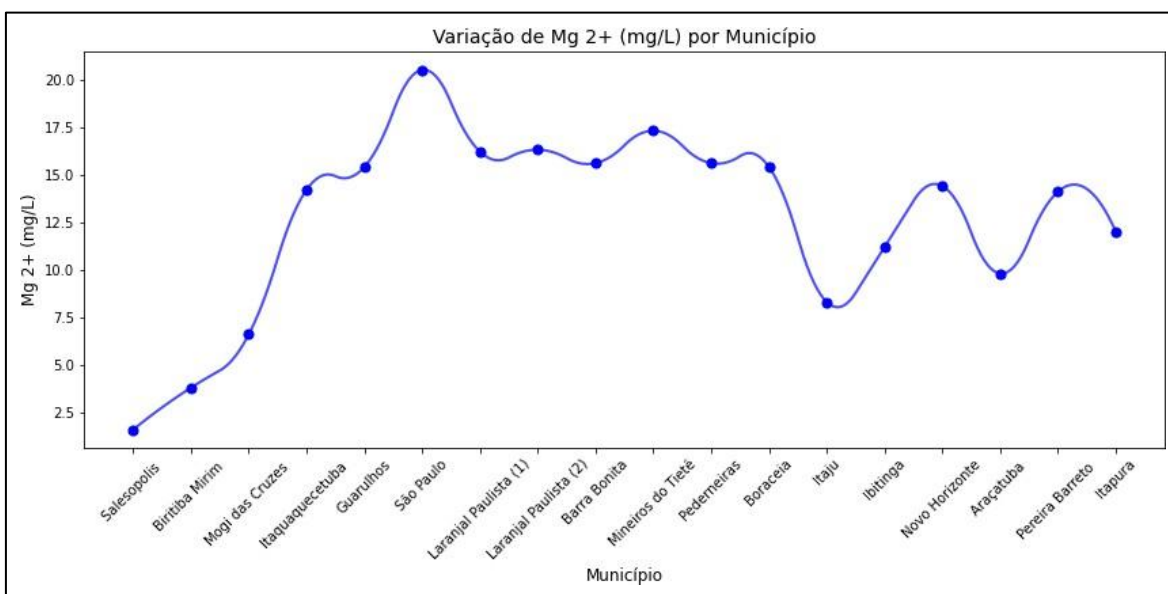


Figura 39 - Variação de magnésio ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.

A Figura 39 ilustra a variação de magnésio nos pontos de amostragem. Os valores de concentração variam entre si, sendo sua concentração, junto com a do cálcio, o parâmetro

utilizado para se avaliar a dureza da água, cuja origem está geralmente ligada ao intemperismo de rochas ricas em minerais ferromagnesianos.

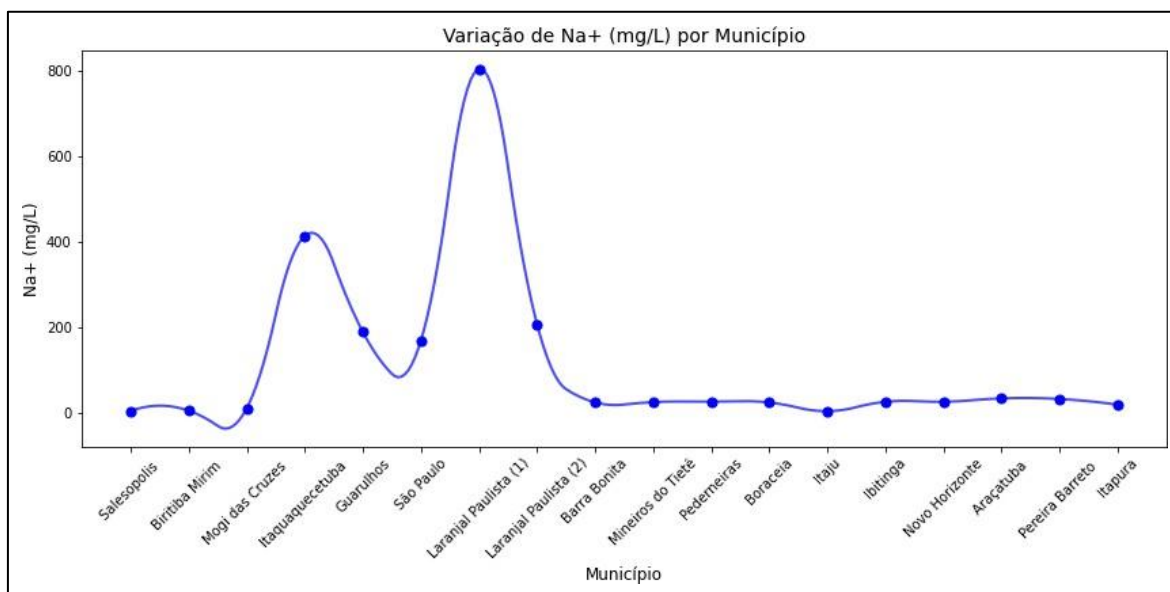


Figura 40 - Variação de sódio ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.

A Figura 40 ilustra a variação de sódio nos pontos de amostragem. Os valores de concentração não são homogêneos, exceto a partir de Barra Bonita. Nas bacias do Alto e Médio Tietê, os municípios de Itaquaquecetuba e Laranjal Paulista apresentam concentrações mais elevadas quando comparadas com as demais. O sódio é um elemento naturalmente presente em águas, entretanto, concentrações elevadas podem ser atribuídas a efluentes domésticos e industriais.

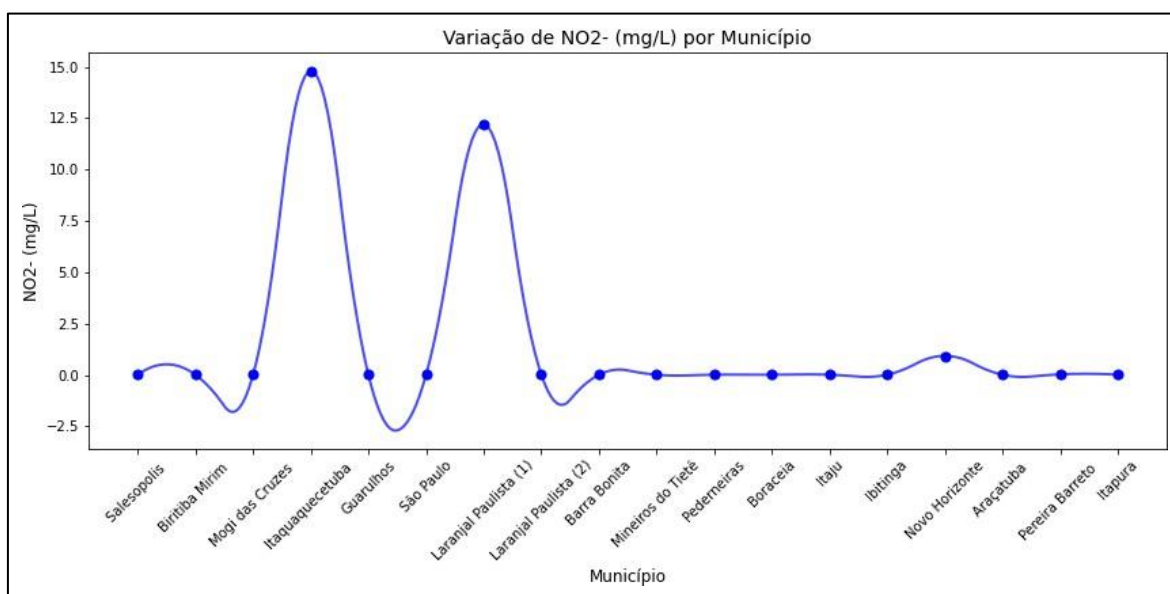


Figura 41 - Variação de nitrito ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.

A Figura 41 ilustra a variação de nitrito nos pontos de amostragem. Os valores de concentração não são homogêneos, com picos nos municípios de Itaquaquecetuba e Laranjal Paulista. O nitrito é uma forma intermediária da oxidação dos derivados de nitrogênio (CETESB, 2018).

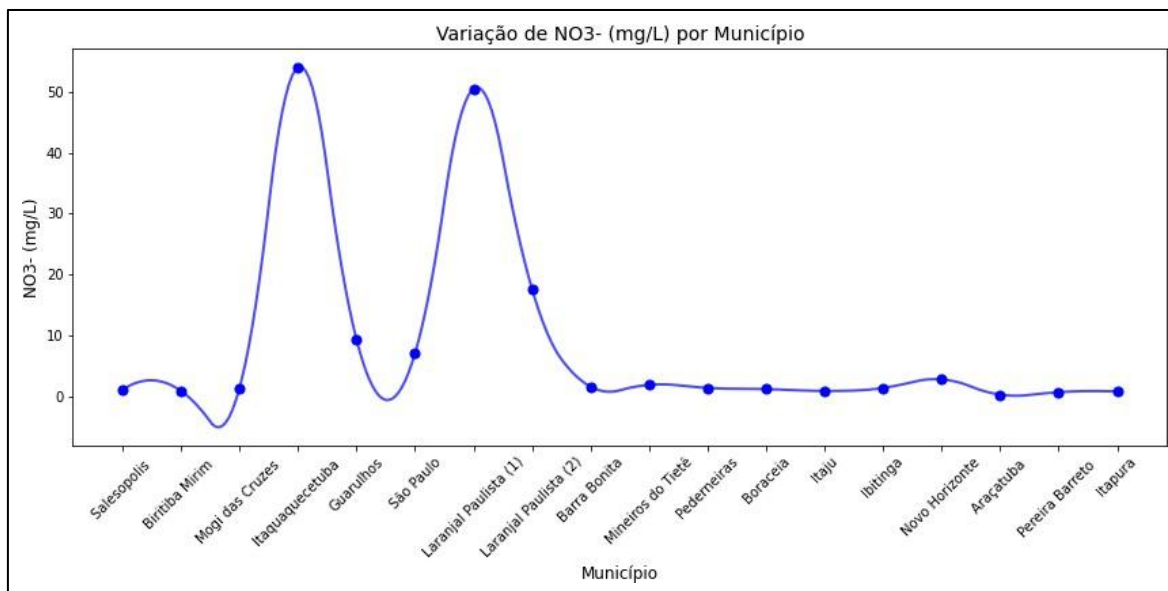


Figura 42 - Variação de nitrato ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.

A Figura 42 ilustra a variação de nitrato nos pontos de amostragem. Assim como o nitrito, o nitrato, de forma geral, tende ao comportamento homogêneo, exceto pelas concentrações encontradas em Itaquaquecetuba e Laranjal Paulista, denotando congruência dos métodos analíticos utilizados.

O nitrogênio e seus compostos são nutrientes importantes nos processos biológicos, por isto é importante o seu monitoramento. O nitrato é uma das formas reduzidas do nitrogênio, e devido sua alta mobilidade é usado como indicador de contaminação de águas, podendo ser de origem natural ou antrópica. As principais fontes antrópicas de contaminação são efluentes domésticos e a percolação de fertilizantes usados em atividades agrícolas.

A interpretação das fontes de contaminação é coerente com as áreas abordadas, especialmente quando analisados e comparados com os demais parâmetros que também são derivados de efluentes e fertilizantes agrícolas. De acordo com CETESB (2018), os nitratos e nitritos são prejudiciais à vida, sendo responsáveis pela metahemoglobina infantil, que é uma doença que diminui a concentração de oxigênio livre, tornando o sangue azul.

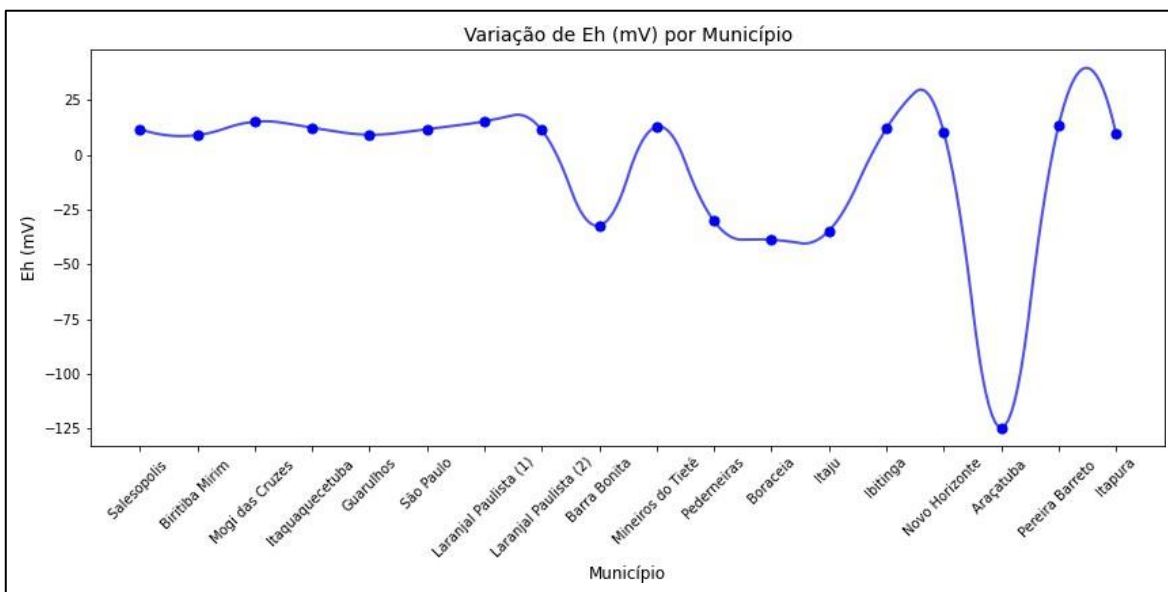


Figura 43 - Variação do potencial de oxirredução ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.

A Figura 43 ilustra a variação do Eh ao longo do Rio Tietê nas amostras coletadas. O potencial de oxirredução mensura a capacidade que a água de oxidar ou reduzir, e, portanto, transferir elétrons. O Eh é importante para avaliar a presença de agentes oxidantes ou redutores, como elétrons livres na solução. O Eh apresenta valores positivos, quando a solução analisada indica condições oxidantes, e valores negativos, quando a solução é de caráter redutor. De acordo com a Figura 13, as águas do Rio Tietê são de caráter transicional a redutor.

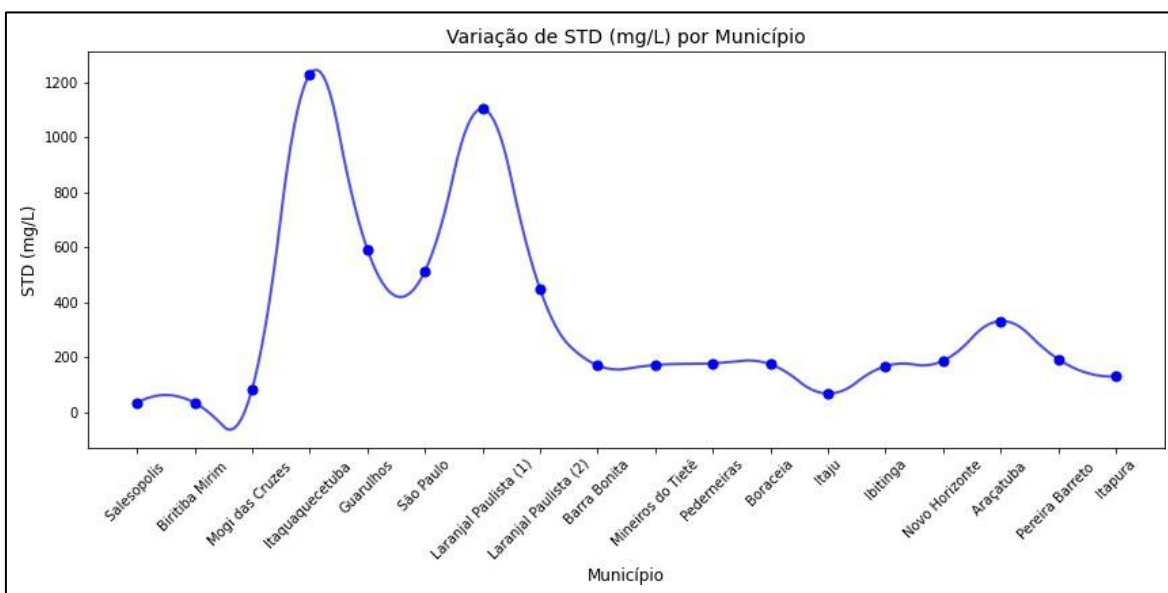


Figura 44 - Variação de sólidos totais dissolvidos ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.

A Figura 44 ilustra a variação de STDs ao longo do trecho amostrado. Nota-se que os STDs podem ser divididos em dois grupos: um de comportamento heterogêneo e outro que tende a homogêneo.

Nas bacias do Alto e Médio Tietê, com exceção de Salesópolis e Biritiba Mirim, percebe-se que os STDs apresentam valores altos, chegando a 1200mg/L. Esse comportamento Isto pode ser justificado pela presença de efluentes e descarte incorreto de resíduos nas águas do Rio Tietê, de acordo com o histórico de contaminação na área. Na Bacia do Baixo Tietê, os valores tentem a concentrações relativamente similares, porém, o município de Araçatuba apresenta um valor mais elevado, possivelmente representando uma contaminação local.

Os STD influenciam outros parâmetros, como a condutividade elétrica, turbidez e transparência das águas-Alguns constituintes dos STD podem ser nocivos à saúde e desenvolvimento da vida.

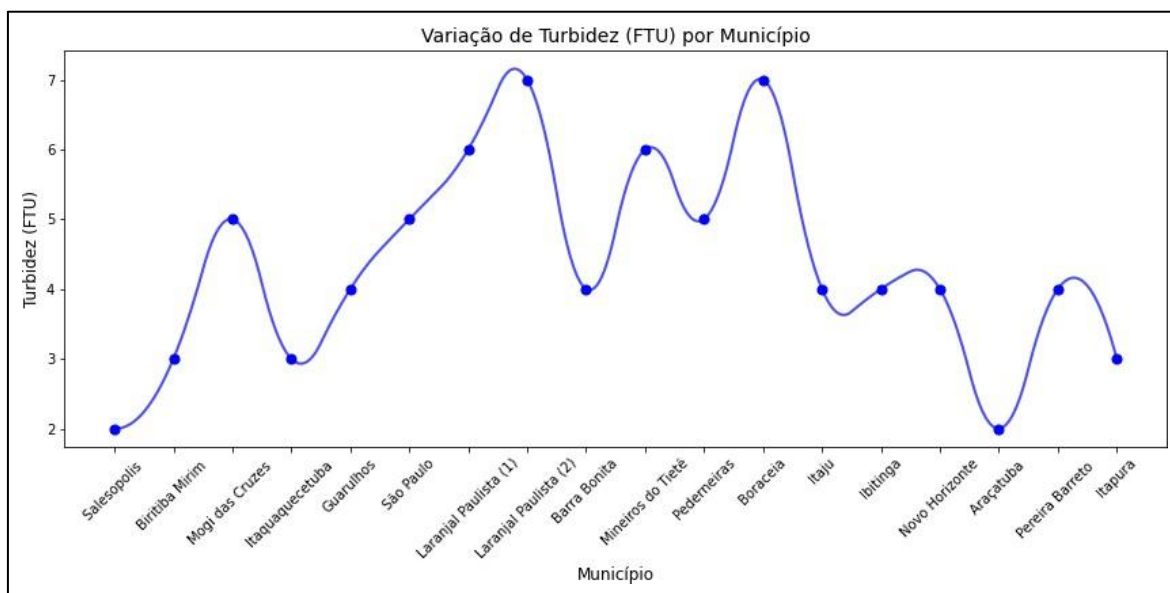


Figura 45 - Variação da turbidez ao longo do trajeto percorrido em campo para coleta das águas superficiais do Rio Tietê.

A Figura 45 ilustra a variação da turbidez ao longo dos pontos amostrados do Rio Tietê. Os valores encontrados são distintos, indicando que a turbidez ao longo do rio não é homogênea. Pela Figura 45, nota-se que os principais pontos de turbidez elevada são em Laranjal Paulista e Boracéia, seguido de Mogi das Cruzes.

A turbidez é uma propriedade física da água, indicando a capacidade que um feixe de luz tem para atravessar a água. Alguns fatores, como presença de sólidos suspensos de origem orgânica e inorgânica, podem alterar o valor de turbidez do corpo hídrico. Além disso, descarte de efluentes domésticos e industriais também alteram a turbidez.

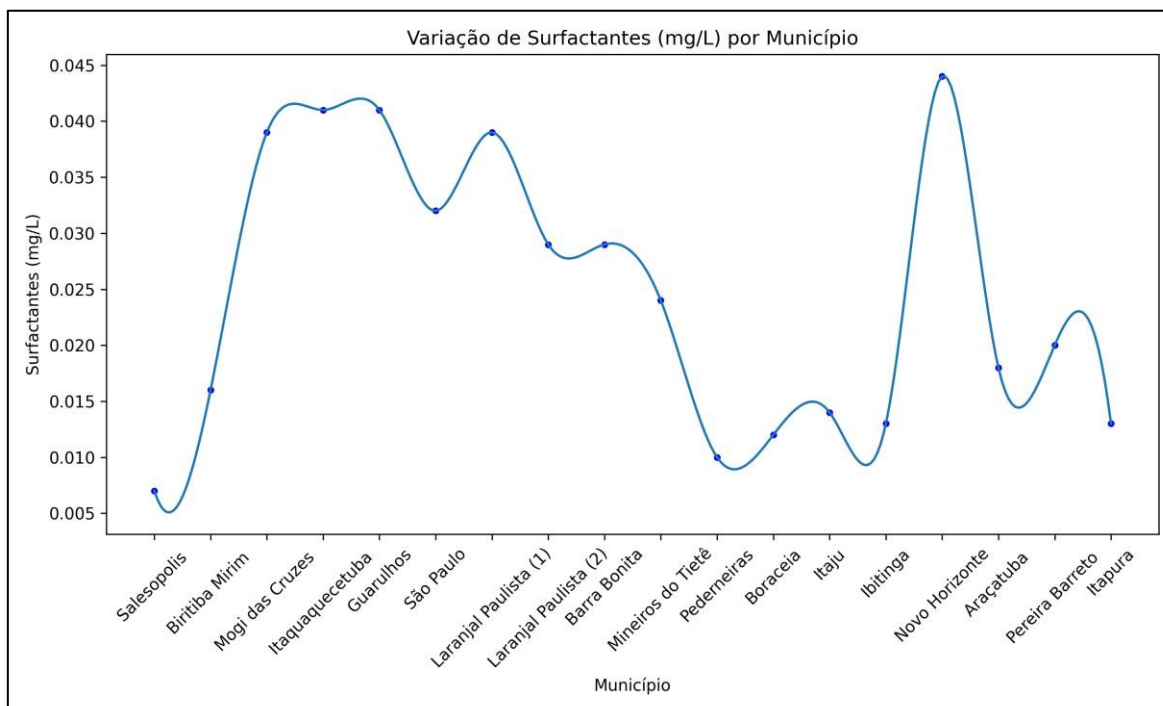


Figura 46 - Variação de surfactantes ao longo do Rio Tietê.

A Figura 46 ilustra a variação de surfactantes ao longo do Rio Tietê no período chuvoso de 2021/2022. As concentrações encontradas são diferentes entre si, indicando que há pontos com maior presença de substâncias tensoativas ao longo dos trechos analisados.

Embora os valores variem muito entre si, de acordo com CETESB (2018), os esgotos domésticos têm concentrações de detergentes que variam de 3 a 6 mg/L. Segundo a companhia, o principal trecho do Tietê com concentrações críticas de surfactantes é no município de Pirapora do Bom Jesus, onde a camada de espuma chega a 50 cm de espessura contínua. Os principais danos que os detergentes causam às águas superficiais estão relacionados com a aceleração do processo de eutrofização, diminuindo a qualidade das águas.

5.3.2. Correlação dos parâmetros das amostras coletadas

O estudo hidroquímico realizado apontou que há uma correlação direta e positiva entre CE e cloreto, como indica a Figura 47. O coeficiente de correlação obtido, $\rho = 0,92$, confirma a dependência linear entre os dois parâmetros analisados. Nitrato e CE também exibem significativa correlação linear positiva (Figura 48).

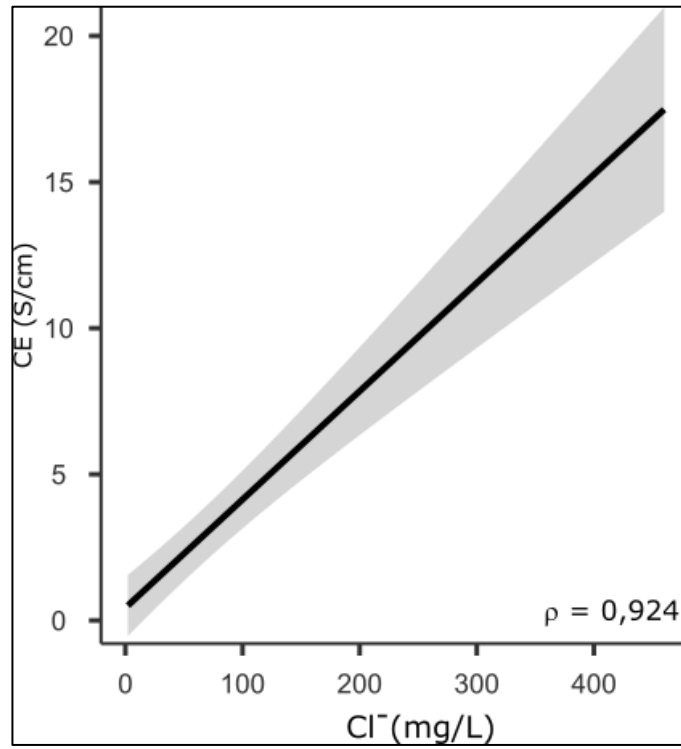


Figura 47 - Correlação entre CE (S/cm) e cloreto (mg/L).

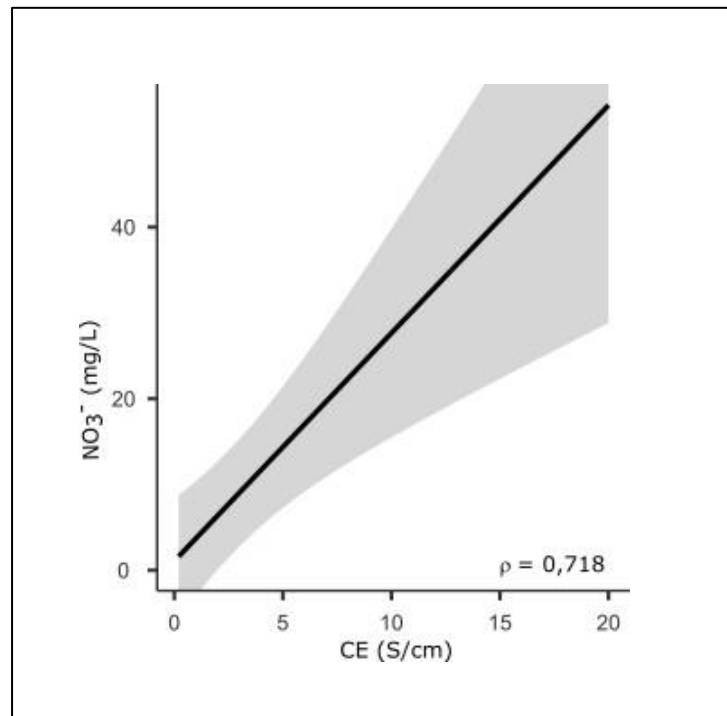


Figura 48 - Correlação entre nitrato e CE.

Algumas correlações de parâmetros com a CE apresentam coeficiente de correlação baixo, isto é, menor que 0,5. Por exemplo, o pH e Eh apresentam valores de ρ iguais a 0,166 e 0,112, respectivamente. De acordo com Faure (1991), o bicarbonato, indicado pela alcalinidade, é um importante composto presente em águas superficiais, sendo também um dos principais constituintes dos sólidos totais dissolvidos das águas. No presente estudo, a correlação entre os dois parâmetros, indicado pela Figura 48, apresenta $\rho = 0,78$, indicando alta relação entre eles.

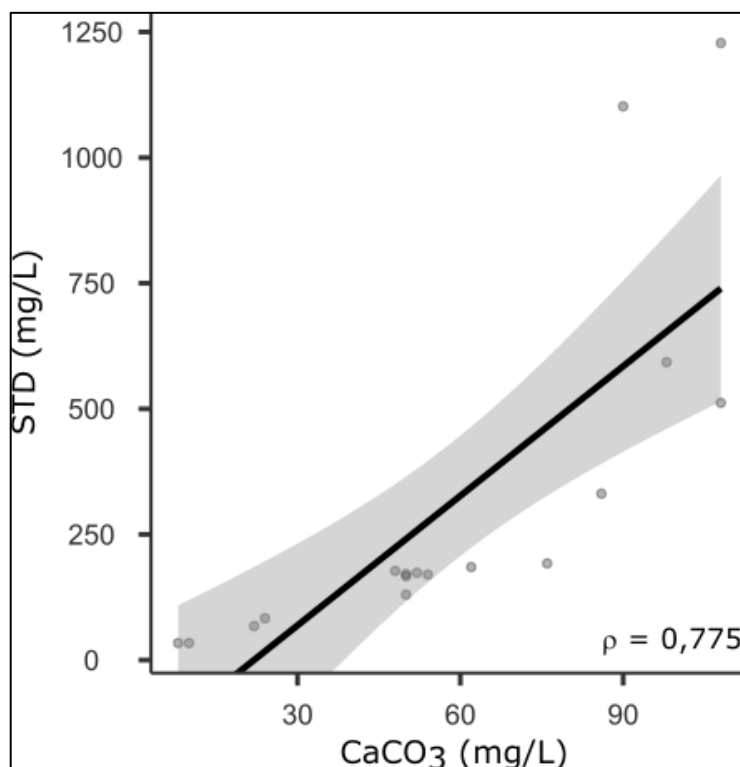


Figura 49 - Correlação entre alcalinidade e STD.

A relação entre pH e Eh é descrita, segundo a literatura, como uma relação que tende a ser inversa, ou seja, ρ é negativo. Isto não ocorreu neste estudo, pois, $\rho = 0,14$.

Na Fig. 50 consta a matriz de correlação entre os parâmetros analisados durante o verão de 2021/2022. Dentre outros aspectos, nota-se, por exemplo, a significativa correlação positiva entre o sólidos totais dissolvidos e nitrato.

Matriz de Correlações

	Cl ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	(PO ₄) ₃ ⁻ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	pH	Eh (mV)	STD (mg/L)	Surfactantes (mg/L)	(SO ₄) ₂ ⁻ (mg/L)	CE (μS/cm)	CaCO ₃ (mg/L)	Turbidez (FTU)
Cl ⁻ (mg/L)	—																
NO ₃ ⁻ (mg/L)	0.673	—															
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0.691	0.962	—														
SiO ₂ (mg/L)	-0.510	-0.345	-0.394	—													
(PO ₄) ₃ ⁻ (mg/L)	-0.048	0.513	0.302	0.156	—												
Na ⁺ (mg/L)	0.423	0.922	0.848	-0.222	0.676	—											
K ⁺ (mg/L)	0.950	0.780	0.802	-0.501	0.015	0.509	—										
Ca ²⁺ (mg/L)	0.296	0.239	0.179	-0.066	0.294	0.334	0.184	—									
Mg ²⁺ (mg/L)	0.183	0.285	0.182	0.056	0.377	0.360	0.210	0.704	—								
pH	0.144	0.572	0.466	0.128	0.722	0.662	0.183	0.293	0.156	—							
Eh (mV)	-0.046	0.267	0.207	-0.227	0.174	0.250	0.171	-0.275	0.075	0.142	—						
STD (mg/L)	0.754	0.947	0.887	-0.365	0.482	0.903	0.786	0.452	0.450	0.538	0.162	—					
Surfactantes (mg/L)	0.444	0.543	0.475	-0.336	0.323	0.533	0.455	0.364	0.410	0.193	0.332	0.612	—				
(SO ₄) ₂ ⁻ (mg/L)	0.111	0.118	-0.034	0.040	0.301	0.272	0.059	0.439	0.727	0.116	0.160	0.351	0.368	—			
CE (μS/cm)	0.924	0.706	0.761	-0.480	-0.081	0.406	0.979	0.187	0.221	0.137	0.107	0.704	0.361	-0.015	—		
CaCO ₃ (mg/L)	0.627	0.559	0.473	-0.249	0.357	0.579	0.547	0.777	0.747	0.375	-0.039	0.777	0.571	0.645	0.509	—	
Turbidez (FTU)	-0.265	0.146	0.003	0.274	0.587	0.264	-0.132	0.341	0.604	0.177	0.222	0.128	0.199	0.396	-0.161	0.151	—

Figura 50 - Matriz de correlação entre os parâmetros analisados das amostragens de campo do verão de 2021/2022.

Com relação aos surfactantes, embora exista ligeira correlação com nitrato e nitrito (Figs. 51 e 52) o valor mais significativo foi encontrado com os STD (Fig. 53).

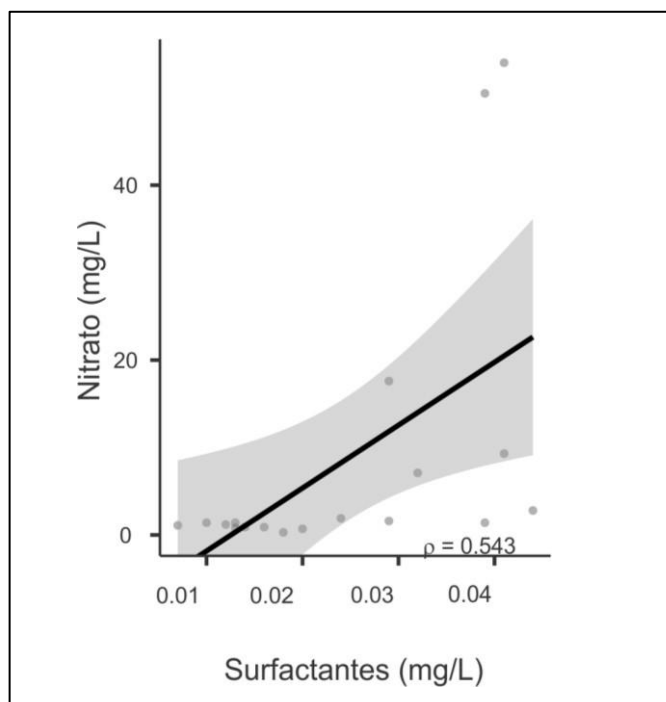


Figura 51 - Correlação de nitrato com surfactantes das amostras de campo.

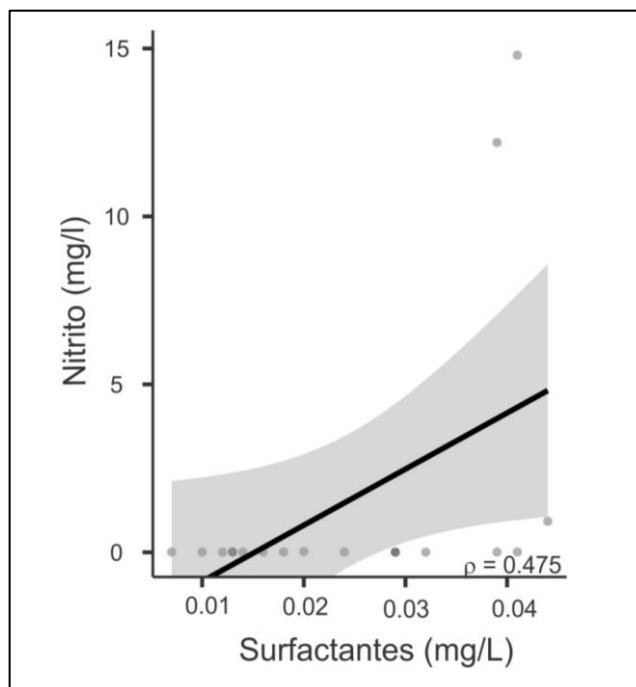


Figura 52 - Correlação de surfactantes e nitrito ao longo do Rio Tietê com base nas amostras de campo.

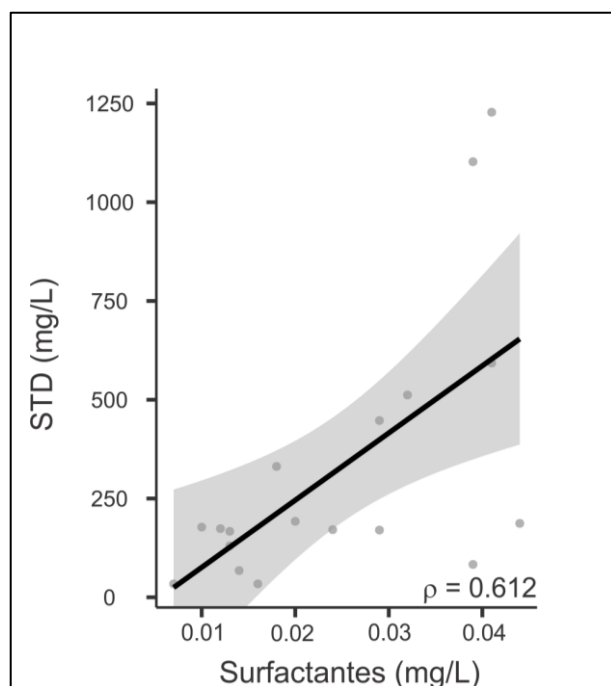


Figura 53 - Correlação entre surfactantes e STD ao longo do Rio Tietê com base nas amostras de campo.

Como já mencionado anteriormente, a origem de surfactantes nas águas superficiais deve-se ao descarte de efluentes nos corpos hídricos. Além de surfactantes, há outras partículas e compostos presentes nos esgotos que podem reagir entre si, formando partículas maiores, além de processos erosivos nas margens de rios. Embora os valores de surfactantes, nas amostras analisadas, sejam baixos quando comparados com os valores limites estabelecidos por órgãos públicos de controle de qualidade das águas, é importante acompanhar a variação deste parâmetro, especialmente pelo seu potencial nocivo às águas.

5.3.3 VARIAÇÃO E CORRELAÇÃO DOS PARÂMETROS OBTIDOS PELA CETESB (2014 – 2024)

Com os dados históricos obtidos pela CETESB, foram feitas comparações da variação dos valores dos parâmetros analisados pela companhia ao longo dos anos, num mesmo ponto de coleta. Esse tipo de comparação é útil para averiguar a influência das atividades antrópicas sobre a concentração dos principais parâmetros analisados nas águas do Rio Tietê, incluindo metais pesados e derivados de hidrocarbonetos, que podem ser nocivos à saúde.

Os dados históricos, obtidos através do Sistema INFOÁGUAS, apresentam um rico registro de parâmetros analisados como químicos (metais e semi-metais), físico-químico, microbiológicos, hidrobiológicos, cianotoxinas, compostos orgânicos voláteis (COVs), compostos orgânicos semi-voláteis, P. herbicidas, hidrocarbonetos aromáticos polinucleares (PAHs), etc. Por esse motivo, a variação dos parâmetros será feita considerando o tipo de parâmetro. Posteriormente, os parâmetros serão correlacionados, independentemente da classificação.

5.3.3.1 Variação de parâmetros químicos

Os parâmetros químicos analisados nas águas do Rio Tietê incluem, do pH, alcalinidade, cloreto, fósforo, ferro, e manganês, outros não convencionais como gadolínio, que se trata de um elemento terra rara amplamente usado em ressonância magnética, de alta toxicidade.

A Figura 54 mostra como o cloreto variou entre os anos de 2013 e 2024 ao longo do Rio Tietê. Nota-se que houve variação da concentração de Cl^- dos municípios com aumento significativo entre Suzano e Laranjal Paulista. Contudo, o intervalo de concentração de cloreto não ultrapassou os limites estabelecidos pelo CONAMA 357 (2005) e Ministério da Saúde N°888 (2021).

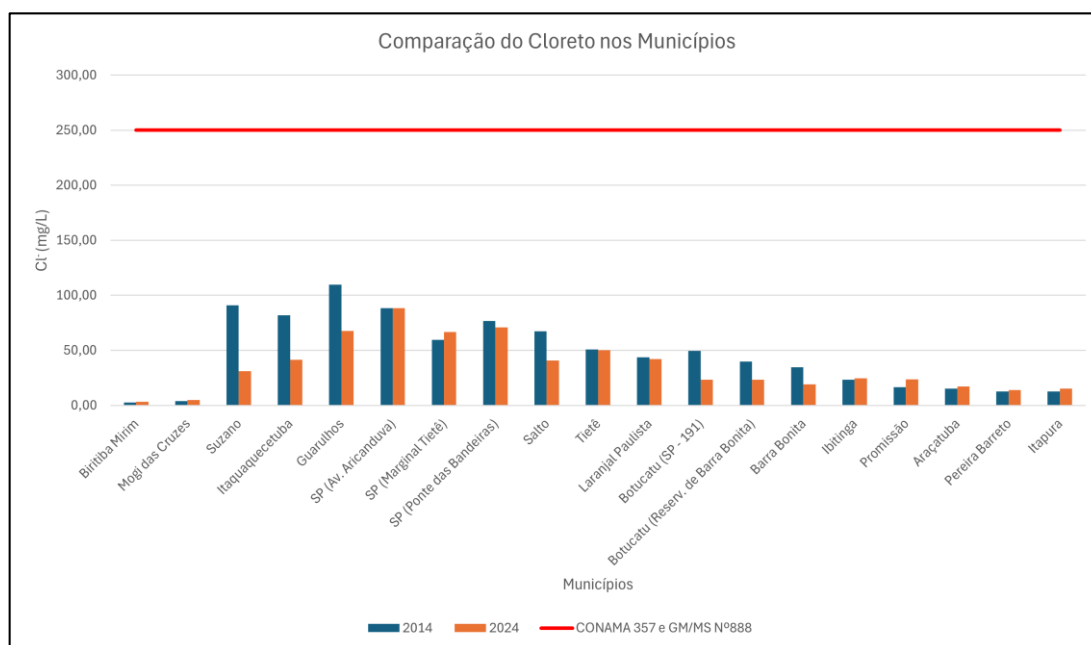


Figura 54 –Variação do cloreto ao longo do Rio Tietê nos anos de 2014 e 2024.

O cromo, um metal amplamente usado no processo industrial de galvanização, apresenta as concentrações ilustradas na Figura 55, não excedendo os limites estabelecidos pelos órgãos

reguladores. Além disso, nota-se que em 2024, os valores de cromo são menores em alguns municípios do que aqueles obtidos em 2014.

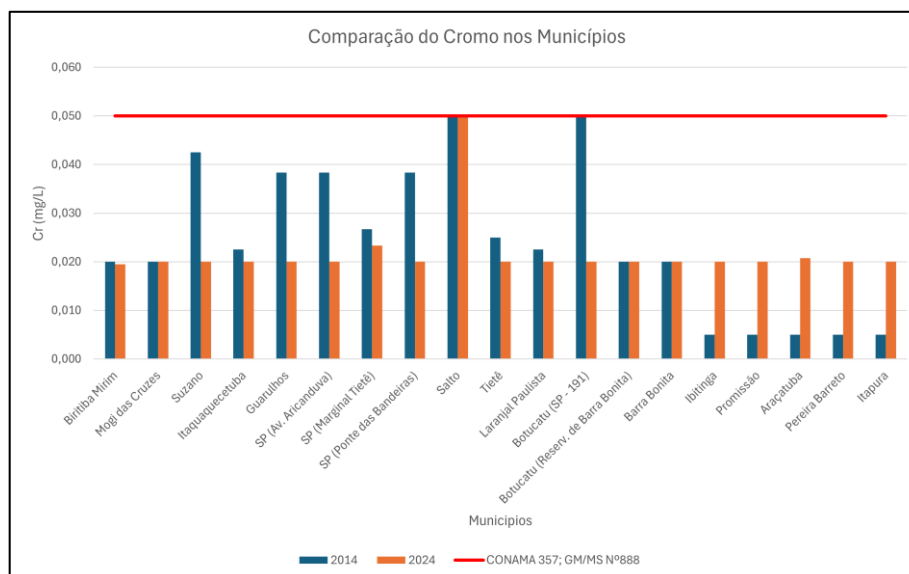


Figura 55 - Comparação da variação de cromo ao longo do Rio Tietê em 2014 e 2024.

5.3.3.2 Variação de parâmetros físico-químicos

Um parâmetro importante de comparar a variação ao longo dos anos, com os dados históricos obtidos, é o pH. A Figura 56 ilustra a sua variação, indicando que as águas apresentam caráter majoritariamente neutro, dentro dos limites estabelecidos pelos órgãos reguladores. Em 2024, o pH fortemente alterado em alguns pontos como ocorrido em Botucatu, na rodovia SP – 191, sendo ligeiramente superior a 9.

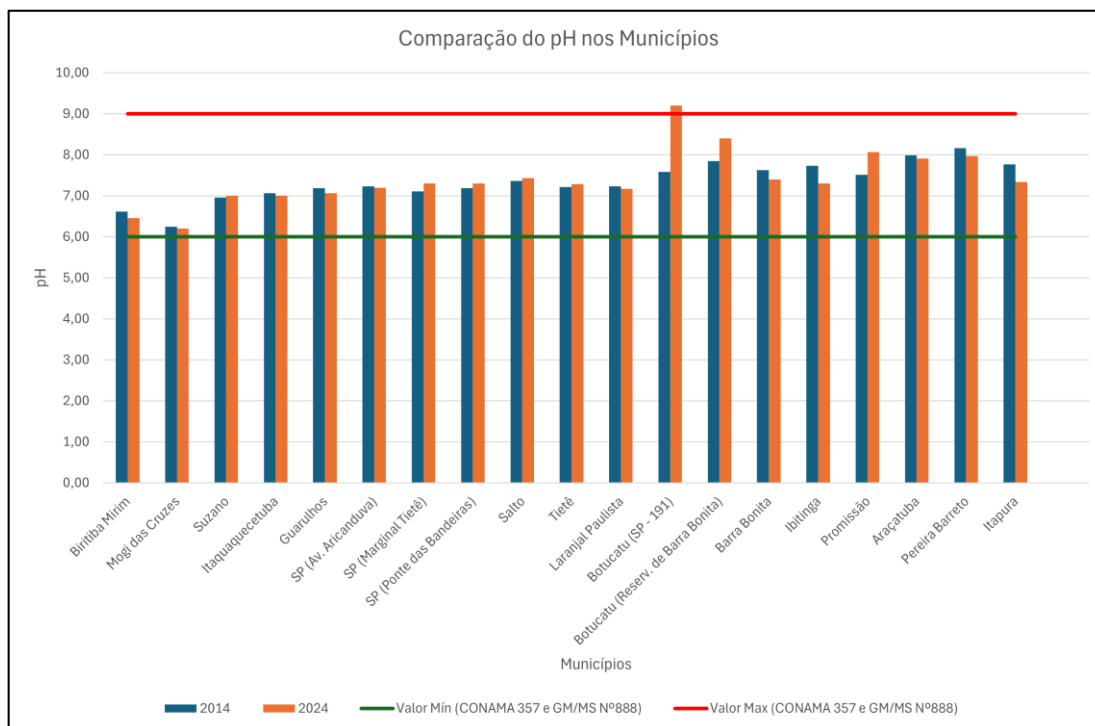


Figura 56 - Comparação da variação do pH, no Rio Tietê, nos anos de 2014 e 2024.

A Figura 57 ilustra a variação da condutividade elétrica ao longo do Rio Tietê. Os valores mais elevados de CE ocorrem na RMSP, conforme já comentado anteriormente, não existindo limites estabelecidos pelo CONAMA e Ministério da Saúde para este parâmetro.

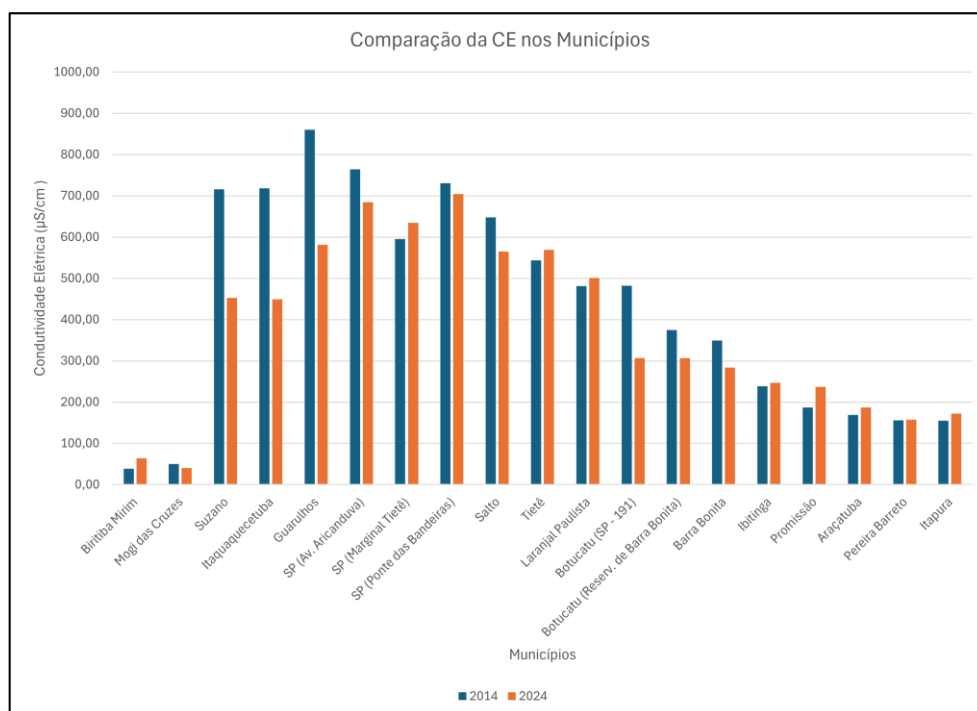


Figura 57 - Comparação da variação da condutividade elétrica, entre 2014 e 2024, ao longo do Rio Tietê.

A Figura 58 ilustra a variação da turbidez nos anos de 2014 e 2024. Nota-se que, nos dois anos analisados, uma tendência da turbidez ser mais acentuada entre os municípios de Suzano e Laranjal Paulista, nos quais os valores são superiores tanto ao estabelecido pelo Ministério da Saúde (5 UNT), quanto pelo CONAMA 357 (40 UNT).

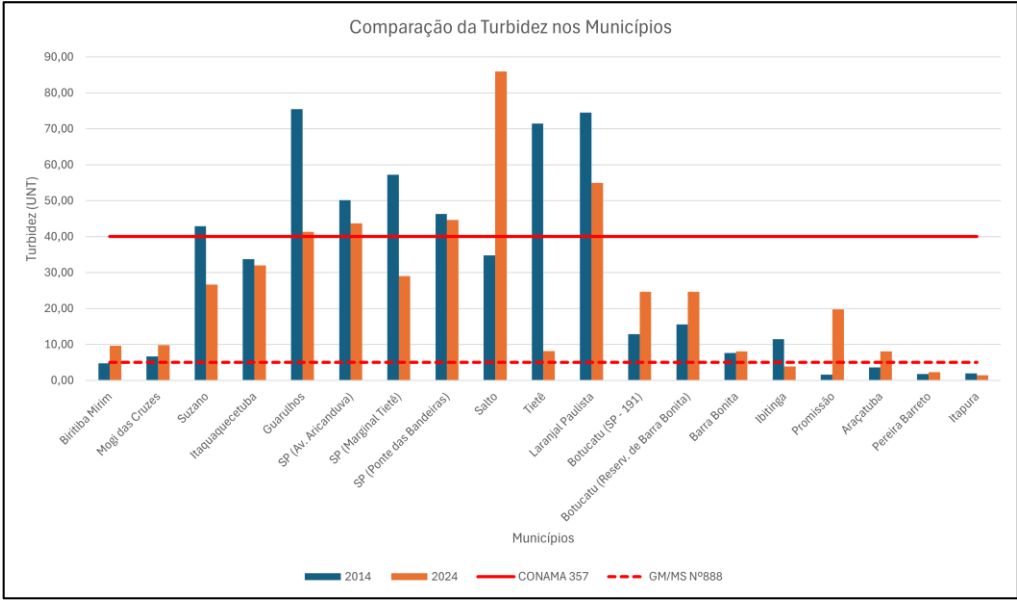


Figura 58 - Comparação da variação da turbidez, entre 2014 e 2024, ao longo do Rio Tietê.

A Figura 59 ilustra a variação de sólidos totais dissolvidos nos anos de 2014 e 2024 no Rio Tietê.

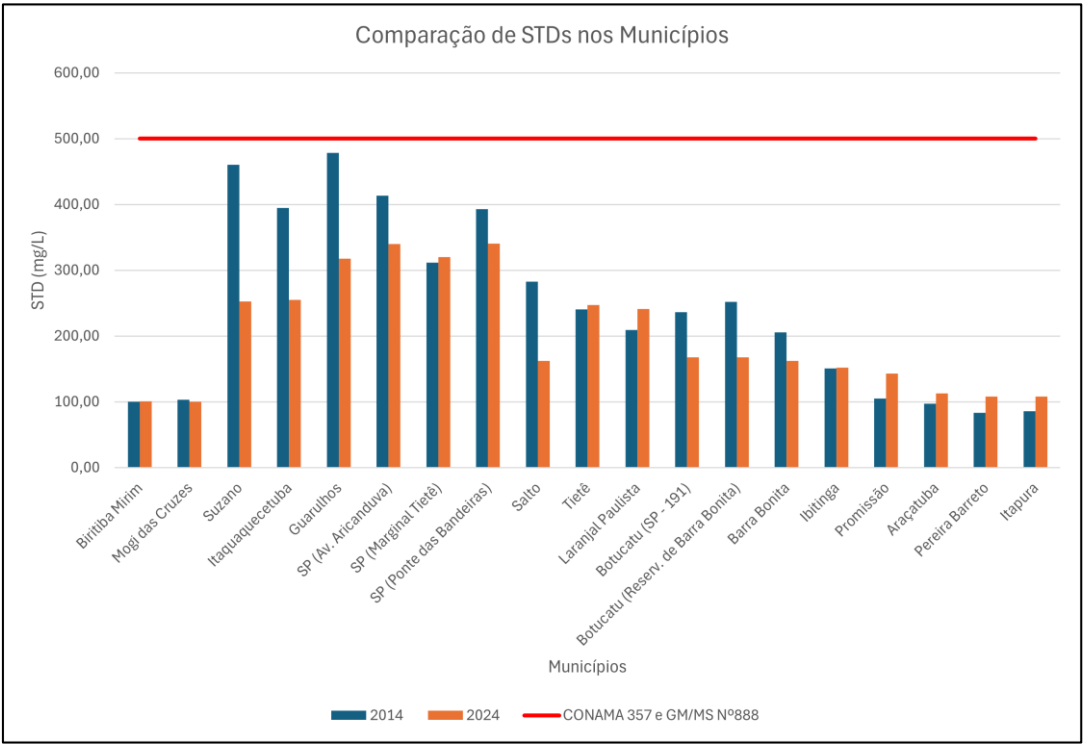


Figura 59 - Comparação da variação de sólidos totais dissolvidos presentes no Rio Tietê nos anos de 2014 e 2024.

Comparando as Figs. 58 e 59, nota-se que há correspondência entre STD e turbidez, sugerindo que o aumento da turbidez, especialmente na região do Médio Tietê/ Sorocaba, é proveniente de fontes de contaminação ambiental.

5.3.3.3 Variação de Compostos Orgânicos Voláteis e Aromáticos (BTEX)

A presença de compostos orgânicos e hidrocarbonetos nas águas do Rio Tietê é derivada de contaminação ambiental na área. Essa contaminação pode ser proveniente tanto da percolação de combustíveis fósseis nos solos que acabam contaminando as águas, quanto do vazamento de combustíveis nas embarcações de pequeno a grande porte presentes no Rio Tietê. Além da contaminação direta, há também a contaminação indireta, proveniente de processos naturais, como chuva e trocas com o meio, que implicam na contaminação de corpos hídricos superficiais.

Os BTEXs, COVs e PAHs apresentam alta mobilidade e toxicidade, por esse motivo, são considerados prejudiciais à saúde humana e ao meio físico, o que reforça a importância e necessidade do monitoramento ambiental frequente.

A presença desses compostos foi encontrada apenas na Bacia do Alto Tietê, o que pode ser explicado pela grande quantidade de indústrias do setor químico e postos de combustíveis às margens do rio, onde algumas atividades estão relacionadas com a produção de pesticidas (CETESB, 2012).

O Benzeno, um tipo de BTEX, é proibido em produtos com finalidade industrial e doméstica, devido à sua toxicidade, sendo altamente prejudicial à saúde humana. Em combustíveis fósseis, como gasolina, a concentração máxima permitida é de até 1% do volume total (CETESB, 2012). A Figura 60 mostra a variação do benzeno ao longo do Rio Tietê. Em Mogi das Cruzes, por exemplo, o benzeno foi encontrado apenas em 2024 e tem valores similares aos encontrados em Guarulhos e em São Paulo, na Marginal Tietê. Contudo, os valores encontrados tanto em 2014 quanto em 2024 não ultrapassam os limites estipulados pelo CONAMA e Ministério da Saúde (5 µg/L).

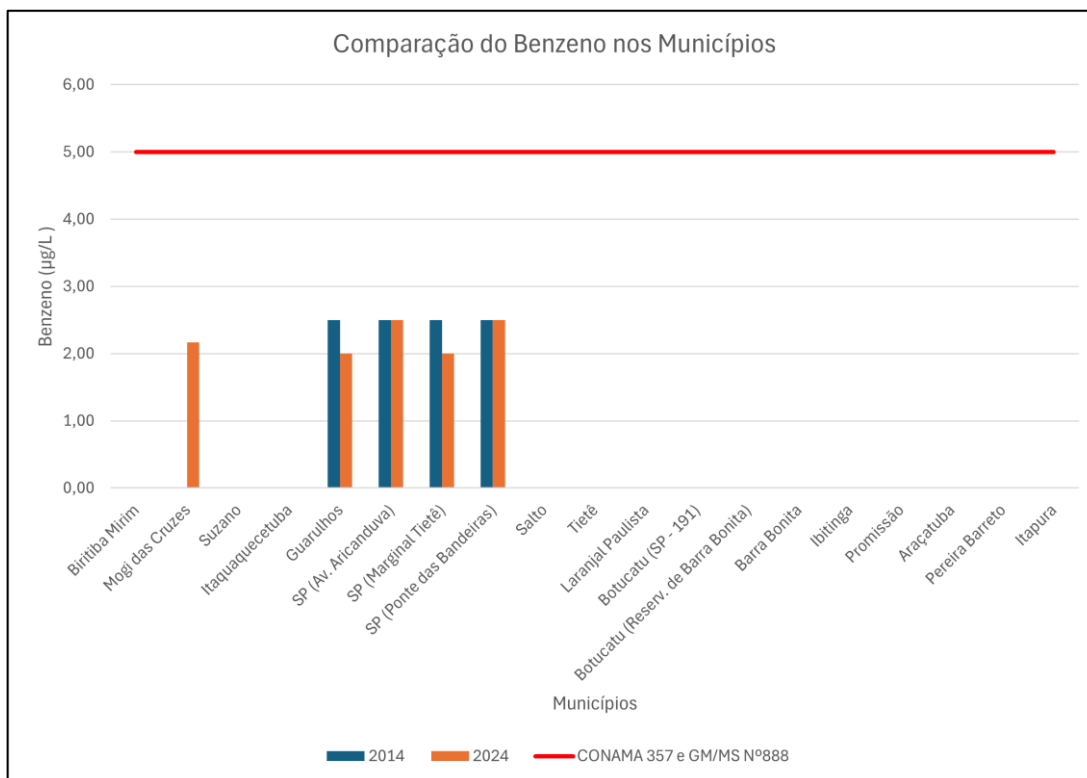


Figura 60 - Comparação do benzeno, em 2014 e 2024, ao longo do Rio Tietê.

O tolueno, outro tipo de BTEX, tem propriedades semelhantes às do benzeno, sendo também uma substância presente nos processos de refino de hidrocarbonetos. Está presente em solventes, tintas, adesivos, colas, óleos e resinas. A Figura 61 ilustra a ocorrência do tolueno nas águas superficiais do Rio Tietê em 2014 e 2024. Diferente do benzeno, nota-se que o tolueno ultrapassa os limites estipulados pelo CONAMA 357, 2 µg/L, e Ministério da Saúde, 30 µg/L, como ocorre no ponto da Marginal Tietê, na cidade de São Paulo.

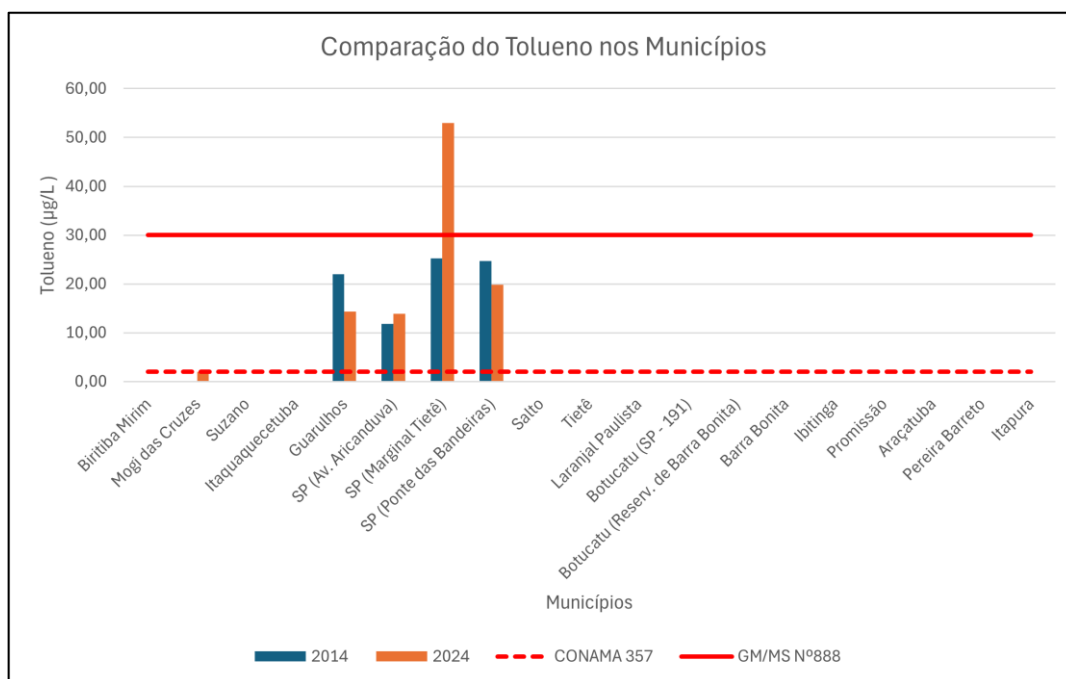


Figura 61 - Comparação da variação de tolueno, em 2014 e 2024, ao longo do Rio Tietê.

Os valores de derivados de hidrocarbonetos, embora sejam baixos quando comparados aos dos demais parâmetros são de extrema importância para o monitoramento da qualidade e contaminação das águas devido ao poder de contaminação e toxicidade que esses compostos apresentam ao meio ambiente e à vida.

5.3.3.4 Correlação histórica de parâmetros hidroquímicos

Os dados obtidos pela CETESB na última década auxiliam na avaliação de sua evolução histórica. Além de entender o padrão de contaminação na área, é possível entender como as variáveis se correlacionam através dos anos. Para isto,

os dados obtidos foram correlacionados entre si, inclusive de forma temporal, isto é, como ocorreu sua evolução ao longo dos anos estudados.

Por exemplo, a matriz de correlação, ilustrada na Tabela 15, mostra o comportamento do bário em relação ao cloreto ao longo dos anos de amostragem que o presente trabalho aborda. De forma geral, a correlação entre os parâmetros é moderada a fortemente positiva, com algumas exceções que apresentam baixo coeficiente de correlação. O bário (Ba), pela classificação de Goldschmidt (1937) é um elemento litófilo, isto é, concentrado na crosta terrestre e que tem afinidade com a sílica. O mesmo ocorre com o cloro (Cl).

Tabela 15 - Matriz de correlação entre bário e cloreto de 2013 a 2024.

	Cloreto (2013)	Cloreto (2014)	Cloreto (2015)	Cloreto (2016)	Cloreto (2017)	Cloreto (2018)	Cloreto (2019)	Cloreto (2020)	Cloreto (2021)	Cloreto (2022)	Cloreto (2023)	Cloreto (2024)	Cloreto
Bário (2013)	0,81												
Bário (2014)		0,62											
Bário (2015)			0,66										
Bário (2016)				0,99									
Bário (2017)					0,78								
Bário (2018)						0,31							
Bário (2019)							0,74						
Bário (2020)								0,08					
Bário (2021)									0,76				
Bário (2022)										0,72			
Bário (2023)											0,17		
Bário (2024)												0,76	
Bário													0,51

Além da correlação de cálcio com cloreto, também foram obtidas correlações entre cloreto e condutividade elétrica (Tabela 16). Com exceção do ano de 2023, todas as demais correlações foram superiores a 0,93. A condutividade elétrica é afetada pela valência e concentração de íons dissolvidos na água (Rhoades, 1994). Além disso, fatores como cargas das espécies iônicas e a quantidade de espécies presentes, mobilidade iônica e temperatura da água também apresentam dependência com a condutividade elétrica (Ribeiro, 2012). Segundo Ferreira & Martinez (1997), a análise individual de dependência entre sais dissolvidos presentes na solução analisada com a condutividade elétrica ressalta a importância desse tipo de análise, porque há diferentes poderes de salinização, e de condutividade, entre os sais.

Portanto, a dependência entre cloreto, e demais sais, com a condutividade elétrica já é conhecida pela literatura, e o presente trabalho apenas reforça tal dependência. Contudo, como já abordado anteriormente, nem sempre a concentração de sais e sólidos dissolvidos presentes nas águas é algo natural, ou seja, fontes antrópicas de contaminação podem ter atuado, de forma homogênea ao longo do percurso do rio.

Tabela 16 - Matriz de correlação entre condutividade elétrica e cloreto.

	Cloreto (2013)	Cloreto (2014)	Cloreto (2015)	Cloreto (2016)	Cloreto (2017)	Cloreto (2018)	Cloreto (2019)	Cloreto (2020)	Cloreto (2021)	Cloreto (2022)	Cloreto (2023)	Cloreto (2024)	Cloreto
CE (2013)	0,99												
CE (2014)		0,99											
CE (2015)			0,99										
CE (2016)				0,99									
CE (2017)					0,98								
CE (2018)						0,99							
CE (2019)							0,97						
CE (2020)								0,96					
CE (2021)									0,99				
CE (2022)										0,99			
CE (2023)											0,57		
CE (2024)												0,94	
CE													0,96

5.3.3.5 Tendência de evolução futura de parâmetros hidroquímicos

A variação dos parâmetros ao longo dos trechos de amostragem durante os anos de estudo pode ser usada como valiosa ferramenta para indicar a tendência de sua evolução futura. Neste trabalho, foram gerados gráficos da modelagem de evolução dos contaminantes com base no banco de dados obtidos pela CETESB. As figuras geradas são divididas em dois grupos: modelagem pontual, isto é, a modelagem dos parâmetros em cada ponto amostrado; e modelagem geral, sendo uma média da concentração dos parâmetros de cada UGHRI que rege o comportamento, e posteriormente a modelagem-esperada de 2025 a 2035. As figuras 62 a 70 ilustram a modelagem realizada para sódio, cádmio e benzeno.

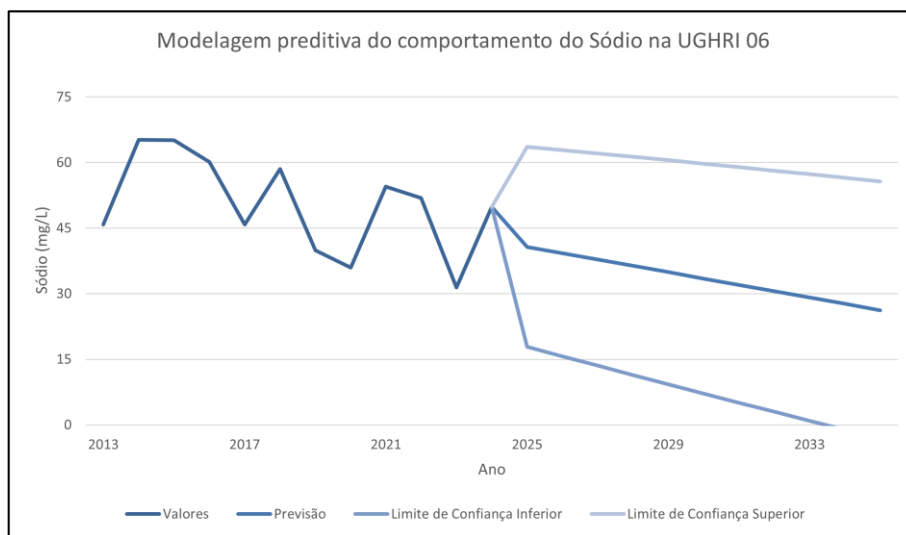


Figura 62 - Modelagem preditiva de sódio na Bacia do Alto Tietê com base nos valores anuais.

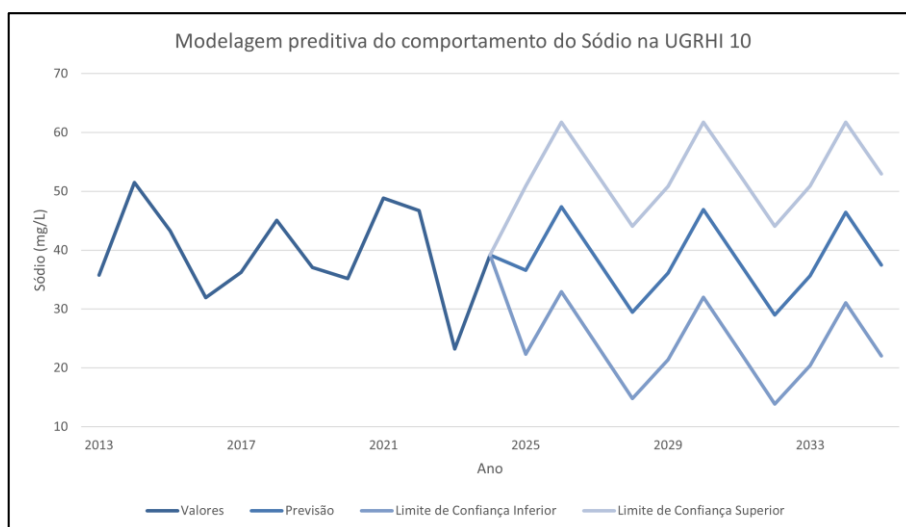


Figura 63 - Modelagem preditiva do sódio na Bacia Sorocaba/ Médio Tietê com base nos valores anuais.

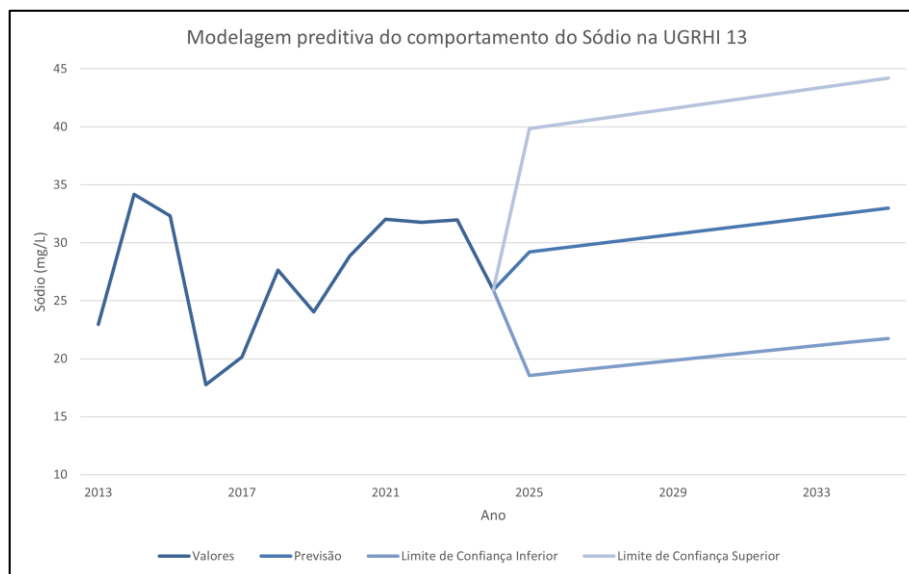


Figura 64 - Modelagem preditiva do sódio na Bacia Tietê Jacaré com base nas concentrações anuais.

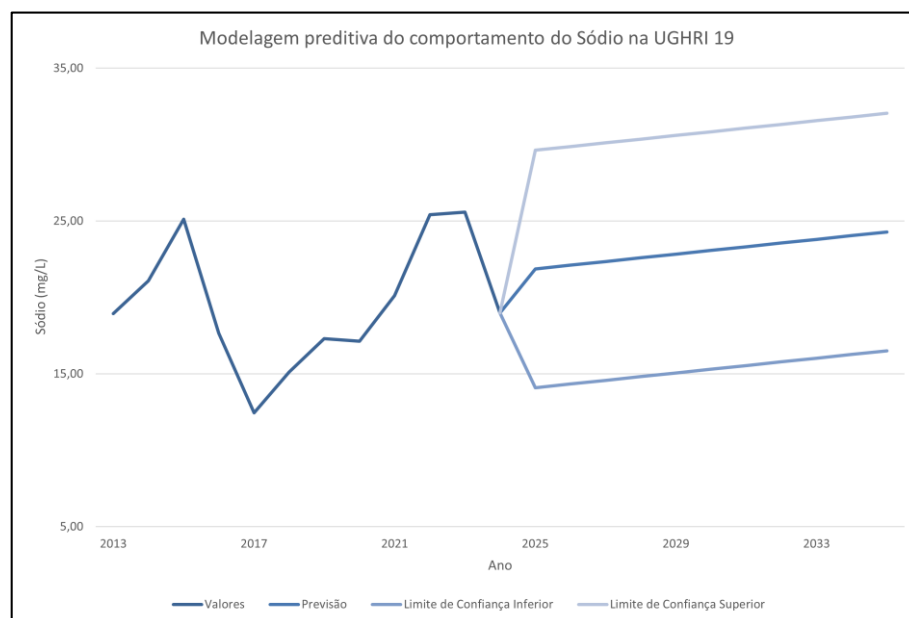


Figura 65 - Modelagem preditiva do sódio na Bacia Baixo Tietê com base nas concentrações anuais.

Com base na modelagem para o sódio, notam-se elevadas concentrações desse parâmetro nas Bacias do Alto e Médio Tietê. Os valores máximos e mínimos das Bacias do Alto e Baixo Tietê apresentam valores de concentração próximos; no Alto Tietê, por exemplo, o valor mínimo da concentração do sódio é de 30 mg/L, enquanto no Baixo Tietê, o valor máximo é de 35 mg/L. Esses valores podem ser explicados pelas atividades antrópicas que margeiam os rios em cada bacia hidrográfica bem como pela geologia regional da área, porque o intemperismo das rochas pode levar ao aumento da concentração desse elemento nas águas.

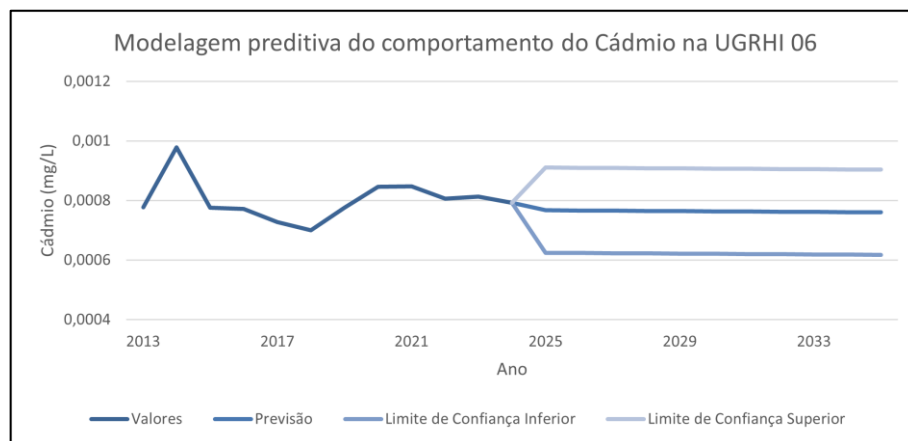


Figura 66 - Modelagem preditiva do cádmio na Bacia Alto Tietê.

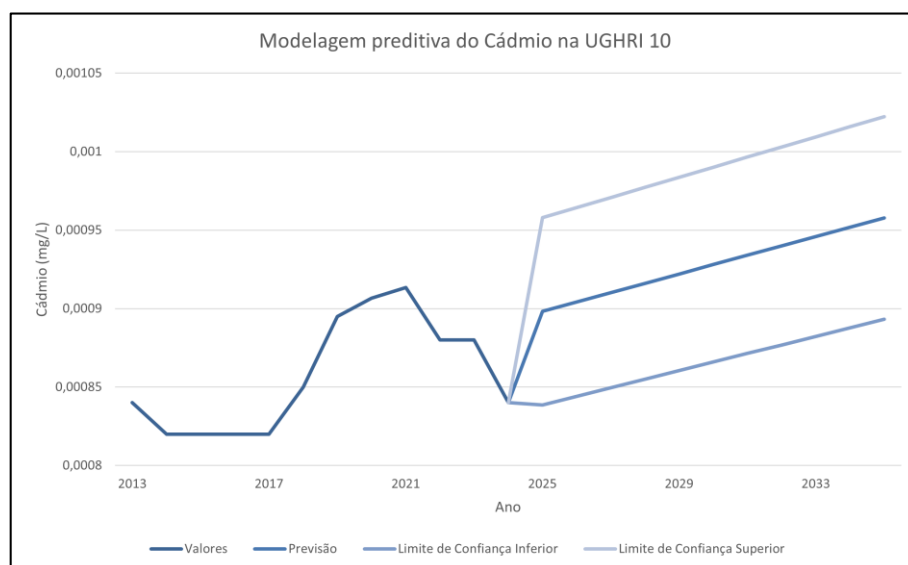


Figura 67 - Modelagem preditiva do cádmio na Bacia Sorocaba Médio Tietê.

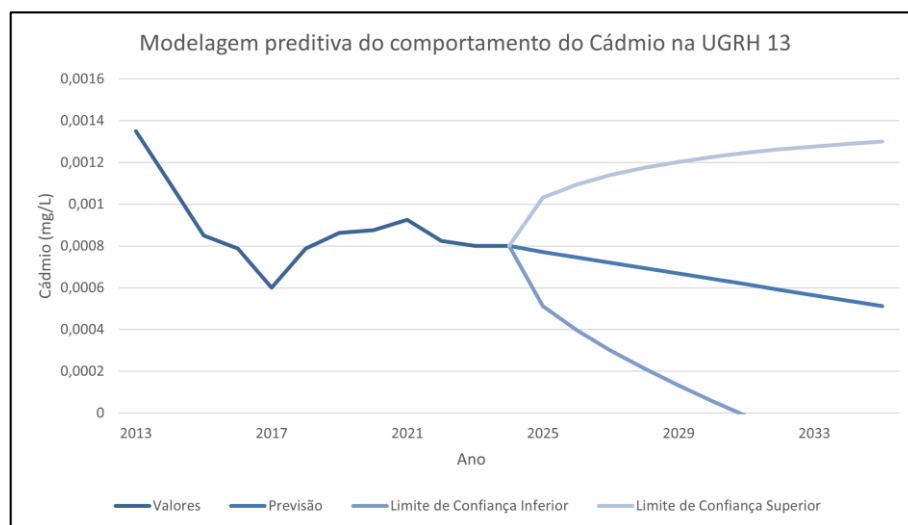


Figura 68 - Modelagem preditiva do cádmio na Bacia Tietê Jacaré.

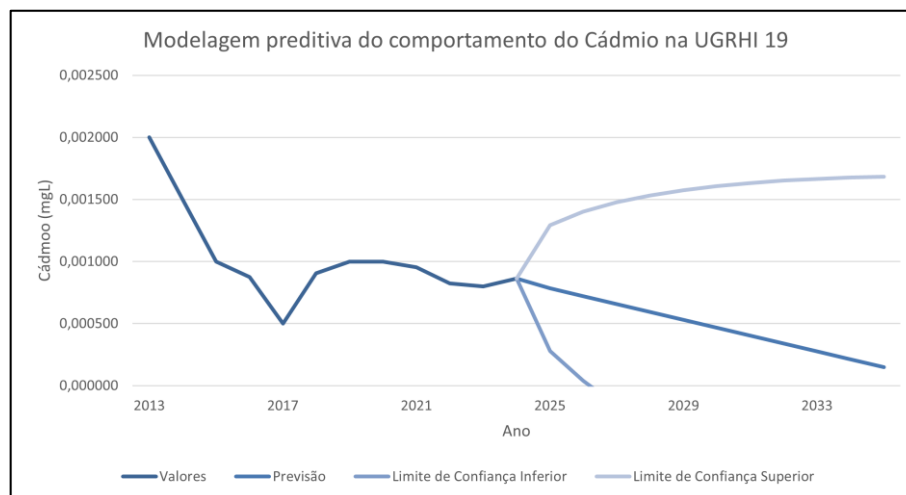


Figura 69 - Modelagem preditiva-do cádmio na Bacia Baixo Tietê.

Diferente do sódio, o cádmio apresenta valores maiores de concentração nas Bacias do Tietê Jacaré e do Baixo Tietê. O cádmio é usualmente empregado em aços galvanizados para atuação como anticorrosivo (CETESB, 2012). A CETESB ainda cita prováveis fontes não naturais de cádmio, como a mineração e o descarte incorreto de produtos à base de cádmio, como baterias de níquel/cádmio.

Diferente sódio e cádmio, o benzeno está presente apenas na Bacia do Alto Tietê, conforme ilustrado na Figura 70. Sua presença nas águas não pode ser interpretada como uma provável lixiviação das rochas ocorrendo na área, mas sim, uma contaminação local, possivelmente pela percolação de postos de combustíveis. A longo prazo, a contaminação por benzeno pode ser prejudicial à vida e ao meio ambiente.

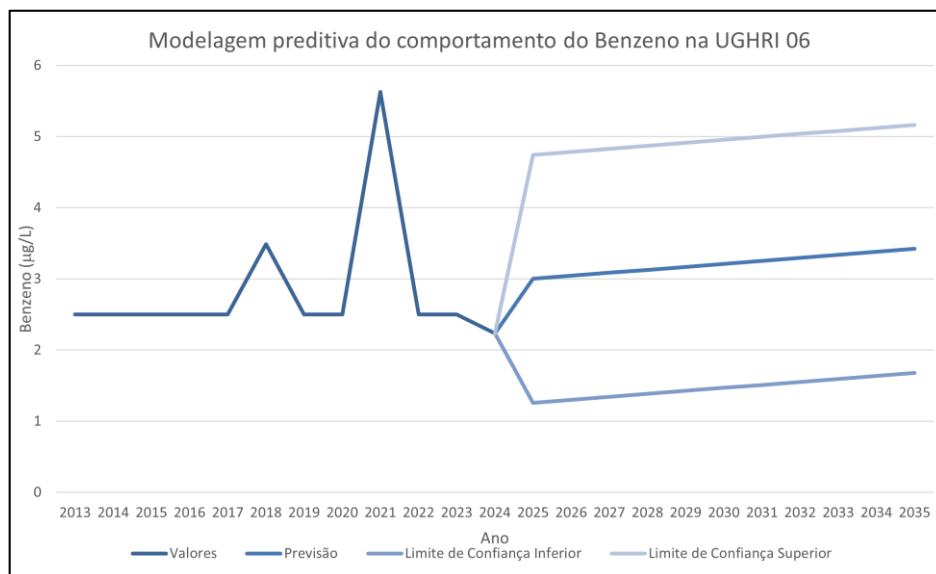


Figura 70 - Modelagem preditiva do benzeno na Bacia do Alto Tietê.

5.3.4 Comparação dos parâmetros obtidos em campo com dados disponibilizados pela CETESB

A Tabela 17 exibe a comparação dos dados obtidos em campo com aqueles disponibilizados pela CETESB na mesma época de amostragem. Os resultados obtidos em campo e aqueles da CETESB variam entre si, o que pode ser atribuído ao fato de que as coletas não foram feitas exatamente no mesmo local e data. Além disso, os métodos de análise adotados pela CETESB não são exatamente os mesmos utilizados no LABIDRO.

Tabela 17 - Comparação dos parâmetros obtidos em campo com os valores disponibilizados pela CETESB no mesmo período.

Parâmetro	Coleta de campo - Valor	CETESB 2021 - Valor	CETESB 2022 - Valor	Município
Alcalinidade (mg/L)	10	10	11,5	Biritiba Mirim
Alcalinidade (mg/L)	24	14	10,4	Mogi das Cruzes
Alcalinidade (mg/L)	108	Nm	Nm	Itaquaquetuba
Alcalinidade (mg/L)	98	Nm	Nm	Guarulhos
Alcalinidade (mg/L)	100	Nm	Nm	São Paulo
Alcalinidade (mg/L)	72	Nm	Nm	Laranjal Paulista
Alcalinidade (mg/L)	54	Nm	Nm	Barra Bonita

Alcalinidade (mg/L)	50	Nm	Nm	Ibitinga
Alcalinidade (mg/L)	86	52	63,5	Araçatuba
Alcalinidade (mg/L)	76	Nm	Nm	Pereira Barreto
Alcalinidade (mg/L)	50	Nm	Nm	Itapura

Parâmetro	Coleta de campo - Valor	CETESB 2021 - Valor	CETESB 2022 - Valor	Município
Cálcio (mg/L)	5,3	1,8	6,41	Biritiba Mirim
Cálcio (mg/L)	19,6	3,95	6,8	Mogi das Cruzes
Cálcio (mg/L)	22,9	19,25	24,6	Itaquaquecetuba
Cálcio (mg/L)	30,8	25,35	26,8	Guarulhos
Cálcio (mg/L)	22,7	24,9	32867	São Paulo
Cálcio (mg/L)	23,2	18,7	22	Laranjal Paulista
Cálcio (mg/L)	20,2	17,35	16,3	Barra Bonita
Cálcio (mg/L)	23,3	3,07	N.M.	Ibitinga
Cálcio (mg/L)	32,7	11	12,4	Araçatuba
Cálcio (mg/L)	27,1	10,6	12,75	Pereira Barreto
Cálcio (mg/L)	20,8	11,2	12,65	Itapura

Parâmetro	Coleta de campo - Valor	CETESB 2021 - Valor	CETESB 2022 - Valor	Município
Cloreto (mg/L)	3,4	2,7	5,25	Biritiba Mirim
Cloreto (mg/L)	7,4	5,1	6,08	Mogi das Cruzes
Cloreto (mg/L)	460	84,3	64,8	Itaquaquecetuba
Cloreto (mg/L)	156	73,1	35,1	Guarulhos

Cloreto (mg/L)	71	71517	64533	São Paulo
Cloreto (mg/L)	47	33,25	28,1	Laranjal Paulista
Cloreto (mg/L)	17	47,3	35,6	Barra Bonita
Cloreto (mg/L)	14,8	34	25,77	Ibitinga
Cloreto (mg/L)	144	15,6	21,3	Araçatuba
Cloreto (mg/L)	18,8	16	20,9	Pereira Barreto
Cloreto (mg/L)	8,7	16	20,56	Itapura

Parâmetro	Coleta de campo - Valor	CETESB 2021 - Valor	CETESB 2022 - Valor	Município
Condutividade Elétrica (µS/cm)	200	81	71	Biritiba Mirim
Condutividade Elétrica (µS/cm)	200	70	9	Mogi das Cruzes
Condutividade Elétrica (µS/cm)	20000	742	601	Itaquaquecetuba
Condutividade Elétrica (µS/cm)	2000000	699	396	Guarulhos
Condutividade Elétrica (µS/cm)	2000000	687,5	617	São Paulo
Condutividade Elétrica (µS/cm)	20000000	300	360	Laranjal Paulista
Condutividade Elétrica (µS/cm)	20000000	357	331	Barra Bonita
Condutividade Elétrica (µS/cm)	20000000	299	204	Ibitinga
Condutividade Elétrica (µS/cm)	20000000	176	221	Araçatuba

Condutividade
Elétrica 20000000 174 218 Pereira Barreto
($\mu\text{S/cm}$)

Parâmetro	Coleta de campo - Valor	CETESB 2021 - Valor	CETESB 2022 - Valor	Município
Fósforo- Ortofosfato(mg/L)	0,01	0,06	0,1	Biritiba Mirim
Fósforo- Ortofosfato(mg/L)	0,26	0,06	0,1	Mogi das Cruzes
Fósforo- Ortofosfato(mg/L)	0,03	0,28	0,22	Itaquaquecetuba
Fósforo- Ortofosfato(mg/L)	0,64	0,49	0,1	Guarulhos
Fósforo- Ortofosfato(mg/L)	1,05	0,65	0,39	São Paulo
Fósforo- Ortofosfato(mg/L)	4,6	0,25	0,07	Laranjal Paulista
Fósforo- Ortofosfato(mg/L)	0,19	0,6	0,16	Barra Bonita
Fósforo- Ortofosfato(mg/L)	0,19	1	0,1	Ibitinga
Fósforo- Ortofosfato(mg/L)	0,47	1	1	Araçatuba
Fósforo- Ortofosfato(mg/L)	0,3	1	0,98	Pereira Barreto
Fósforo- Ortofosfato(mg/L)	0,06	1	0,98	Itapura

Parâmetro	Coleta de campo - Valor	CETESB 2021 - Valor	CETESB 2022 - Valor	Município
Magnésio (mg/L)	3,8	0,55	1,62	Biritiba Mirim
Magnésio (mg/L)	6,6	0,95	2,05	Mogi das Cruzes
Magnésio (mg/L)	14,2	2,45	2,97	Itaquaquetuba
Magnésio (mg/L)	15,4	3405	3,65	Guarulhos
Magnésio (mg/L)	20,5	3345	4827	São Paulo
Magnésio (mg/L)	16,3	3305	6,96	Laranjal Paulista
Magnésio (mg/L)	15,6	3395	3,58	Barra Bonita
Magnésio (mg/L)	11,2	299	3135	Ibitinga
Magnésio (mg/L)	9,8	3	3155	Araçatuba
Magnésio (mg/L)	14,1	2,95	3255	Pereira Barreto
Magnésio (mg/L)	12	3,04	3305	Itapura

Parâmetro	Coleta de campo - Valor	CETESB 2021 - Valor	CETESB 2022 - Valor	Município
Nitrato (mg/L)	0,9	0,75	0,27	Biritiba Mirim
Nitrato (mg/L)	1,4	0,27	0,47	Mogi das Cruzes
Nitrato (mg/L)	54	0,05	0,1	Itaquaquetuba
Nitrato (mg/L)	9,3	0,23	0,4	Guarulhos
Nitrato (mg/L)	7,1	0,05	9,9	São Paulo
Nitrato (mg/L)	17,6	3,12	2,22	Laranjal Paulista
Nitrato (mg/L)	1,6	4	3,57	Barra Bonita
Nitrato (mg/L)	1,4	3,1	2,74	Ibitinga
Nitrato (mg/L)	0,3	0,07	0,08	Araçatuba
Nitrato (mg/L)	0,7	0,05	0,05	Pereira Barreto
Nitrato (mg/L)	0,8	0,1	0,05	Itapura

Parâmetro	Coleta de campo - Valor	CETESB 2021 - Valor	CETESB 2022 - Valor	Município
Nitrito (mg/L)	0,01	0,02	0,02	Biritiba Mirim
Nitrito (mg/L)	0,01	0,02	0,02	Mogi das Cruzes
Nitrito (mg/L)	14,8	0,02	0,01	Itaquaquetuba
Nitrito (mg/L)	0,01	0,02	0,07	Guarulhos
Nitrito (mg/L)	0,01	0,02	0,07	São Paulo
Nitrito (mg/L)	0,01	0,96	1,36	Laranjal Paulista
Nitrito (mg/L)	0,01	0,2	0,17	Barra Bonita
Nitrito (mg/L)	0,01	0,1	0,08	Ibitinga
Nitrito (mg/L)	0,01	0,02	0,04	Araçatuba
Nitrito (mg/L)	0,03	0,01	0,02	Pereira Barreto

Nitrito (mg/L)	0,01	0,01	0,02	Itapura
-------------------	------	------	------	---------

Parâmetro	Coleta de campo - Valor	CETESB 2021 - Valor	CETESB 2022 - Valor	Município
pH	6,8	6,5	5,9	Biritiba Mirim
pH	6,75	6,45	6	Mogi das Cruzes
pH	7,2	7	7	Itaquaquecetuba
pH	6,8	7,2	6,9	Guarulhos
pH	7	7,25	7,25	São Paulo
pH	8,15	7,2	7,44	Laranjal Paulista
pH	6,7	7,25	7,2	Barra Bonita
pH	7,9	7,3	7	Ibitinga
pH	7,25	7,7	8,3	Araçatuba
pH	6,95	8,9	8,35	Pereira Barreto
pH	6,8	7,4	7,75	Itapura

Parâmetro	Coleta de campo - Valor	CETESB 2021 - Valor	CETESB 2022 - Valor	Município
Potássio (mg/L)	1,52	1,5	3,47	Biritiba Mirim
Potássio (mg/L)	3,36	2,6	5,9	Mogi das Cruzes
Potássio (mg/L)	125,12	7235	8,98	Itaquaquecetuba
Potássio (mg/L)	25,42	10,85	8,4	Guarulhos
Potássio (mg/L)	13,69	14,4	15833	São Paulo
Potássio (mg/L)	15,64	8605	8,81	Laranjal Paulista
Potássio (mg/L)	5,94	10	9,68	Barra Bonita
Potássio (mg/L)	5,47	15,4	12,2	Ibitinga
Potássio (mg/L)	6,49	5	6,87	Araçatuba
Potássio (mg/L)	7,04	5,37	3,5	Pereira Barreto
Potássio (mg/L)	4,54	5,49	6,35	Itapura

Parâmetro	Coleta de campo - Valor	CETESB 2021 - Valor	CETESB 2022 - Valor	Município
Sódio (mg/L)	4,37	2,47	3,18	Biritiba Mirim
Sódio (mg/L)	10,12	3,55	3	Mogi das Cruzes
Sódio (mg/L)	414	95,3	80	Itaquaquecetuba
Sódio (mg/L)	188,83	76,7	32,5	Guarulhos
Sódio (mg/L)	168,59	69	76,8	São Paulo
Sódio (mg/L)	207	32,85	29,5	Laranjal Paulista
Sódio (mg/L)	23,69	45,5	40,5	Barra Bonita
Sódio (mg/L)	25,07	33,8	6825	Ibitinga
Sódio (mg/L)	33,12	18	23,85	Araçatuba
Sódio (mg/L)	31,74	16,8	22,05	Pereira Barreto
Sódio (mg/L)	18,4	17,1	22,55	Itapura

Parâmetro	Coleta de campo - Valor	CETESB 2021 - Valor	CETESB 2022 - Valor	Município
STD (mg/L)	34,01	100	100	Biritiba Mirim
STD (mg/L)	83,15	100	100	Mogi das Cruzes
STD (mg/L)	1227,75	396	320	Itaquaquecetuba
STD (mg/L)	592,89	366	210	Guarulhos
STD (mg/L)	512,03	328	320	São Paulo
STD (mg/L)	447,45	216,5	222	Laranjal Paulista
STD (mg/L)	170,13	229	188	Barra Bonita
STD (mg/L)	166,95	200	108	Ibitinga
STD (mg/L)	331,19	100	160	Araçatuba

STD (mg/L)	192,3	128	125,5	Pereira Barreto
STD (mg/L)	130,3	115	124,5	Itapura

Parâmetro	Coleta de campo - Valor	CETESB 2021 - Valor	CETESB 2022 - Valor	Município
Sulfato (mg/L)	0	0,8	5,32	Biritiba Mirim
Sulfato (mg/L)	4	1,24	7,48	Mogi das Cruzes
Sulfato (mg/L)	12	49,1	44,9	Itaquaquecetuba
Sulfato (mg/L)	60	43,2	28,3	Guarulhos
Sulfato (mg/L)	90	34,35	39,43	São Paulo
Sulfato (mg/L)	31	26,2	31,4	Laranjal Paulista
Sulfato (mg/L)	22	31,5	29,3	Barra Bonita
Sulfato (mg/L)	21	20,14	21	Ibitinga
Sulfato (mg/L)	9	11,04	14075	Araçatuba
Sulfato (mg/L)	9	10,94	11,7	Pereira Barreto
Sulfato (mg/L)	7	1,78	11395	Itapura

Parâmetro	Coleta de campo - Valor	CETESB 2021 - Valor	CETESB 2022 - Valor	Município
Surfactantes (mg/L)	0,016	0,1	0,22	Biritiba Mirim
Surfactantes (mg/L)	0,039	0,1	0,24	Mogi das Cruzes
Surfactantes (mg/L)	0,041	1,67	0,39	Itaquaquecetuba
Surfactantes (mg/L)	0,041	1,06	0,98	Guarulhos
Surfactantes (mg/L)	0,032	1,01	2,77	São Paulo
Surfactantes (mg/L)	0,039	0,1	0,1	Laranjal Paulista
Surfactantes (mg/L)	0,029	0,6	0,12	Barra Bonita
Surfactantes (mg/L)	0,013	0,1	0,08	Ibitinga
Surfactantes (mg/L)	0,018	0,1	0,1	Araçatuba
Surfactantes (mg/L)	0,02	0,1	0,1	Pereira Barreto
Surfactantes (mg/L)	0,013	0,1	0,1	Itapura

Parâmetro	Coleta de campo - Valor	CETESB 2021 - Valor	CETESB 2022 - Valor	Município
Turbidez (UNT)	3	4405	27	Biritiba Mirim
Turbidez (UNT)	5	5035	22	Mogi das Cruzes
Turbidez (UNT)	3	40	45	Itaquaquecetuba
Turbidez (UNT)	4	45	37	Guarulhos
Turbidez (UNT)	5	38,5	34,33	São Paulo
Turbidez (UNT)	7	12,95	28	Laranjal Paulista
Turbidez (UNT)	4	5,81	25	Barra Bonita
Turbidez (UNT)	4	5,2	14,35	Ibitinga
Turbidez (UNT)	2	2,5	8,95	Araçatuba
Turbidez (UNT)	4	1,5	2,65	Pereira Barreto
Turbidez (UNT)	3	1,6	1	Itapura

5.4 QUALIDADE DAS ÁGUAS

Para avaliação da qualidade das águas do Rio Tietê, a concentração média-dos constituintes maiores e média dos parâmetros físico-químicos obtidos em campo foram comparados com os limites estabelecidos pelo CONAMA (2005) e Ministério da Saúde Brasileiro (2021), conforme indicado na Tabela 18. A comparação nos pontos de amostragem está ilustrada nas Figuras 71 a 83.

Tabela 18 – Comparação dos valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos obtidos em campo com os limites estabelecidos pelo CONAMA (2005) e Ministério de Saúde Brasileiro (2021).

Parâmetro	Unidade	Média do Rio Tietê	CONAMA	GM/MS ¹
Ca ²⁺	mg/L	21,5	500	500
Mg ²⁺	mg/L	12,7	N.E. ²	500
Na ⁺	mg/L	113,1	N.E. ²	200
K ⁺	mg/L	14,5	N.E. ²	N.E. ²
SiO ₂	mg/L	10	N.E. ²	N.E. ²
Cl ⁻	mg/L	58,7	250	250
NO ₃ ⁻	mg/L	8,6	10	10
HCO ₃ ⁻	mg/L	36,19	N.E. ²	N.E. ²
SO ₄ ²⁻	mg/L	21,7	250	250
Turbidez	FTU	4,34	40	5
STD ³	mg/L	322,33	500	500
Surfactantes	mg/L	0,0245	0,5	N.E. ²

Observações: GM/MS¹: Gabinete do Ministro Ministério de Saúde; N.E.²: Não estabelecido; STD³: Sólidos totais dissolvidos.

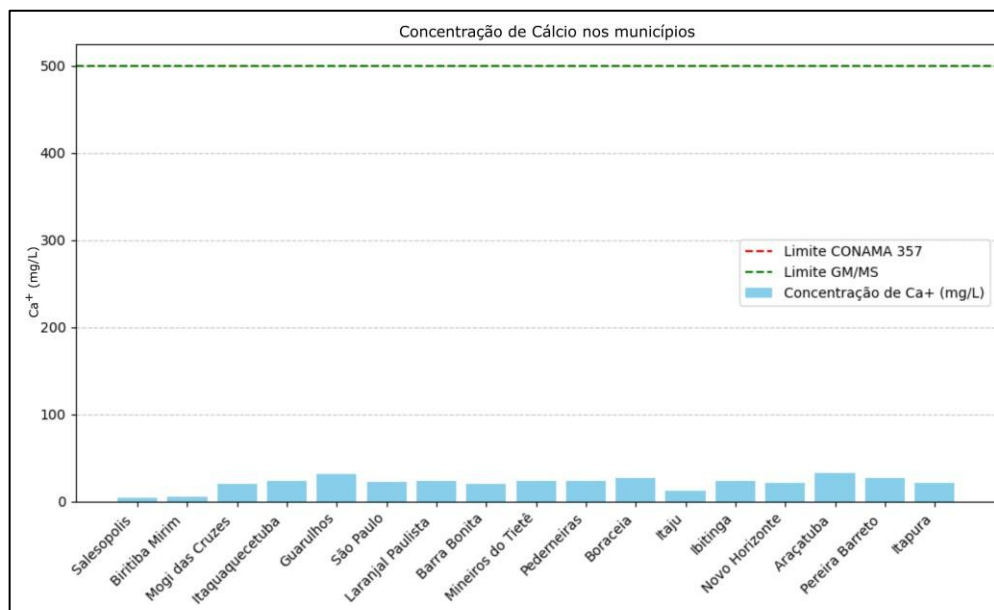


Figura 71 - Variação da concentração de cálcio nos municípios amostrados. Em tracejado o valor limite estabelecido pelo Ministério da Saúde.

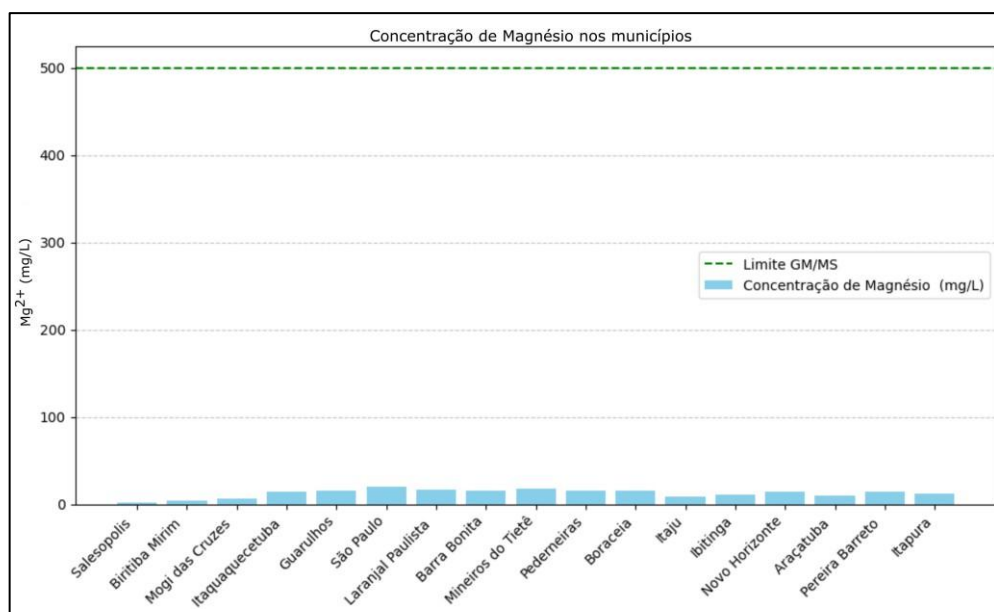


Figura 72 - Variação da concentração de magnésio nos municípios amostrados. Em tracejado o valor limite estabelecido pelo Ministério da Saúde.

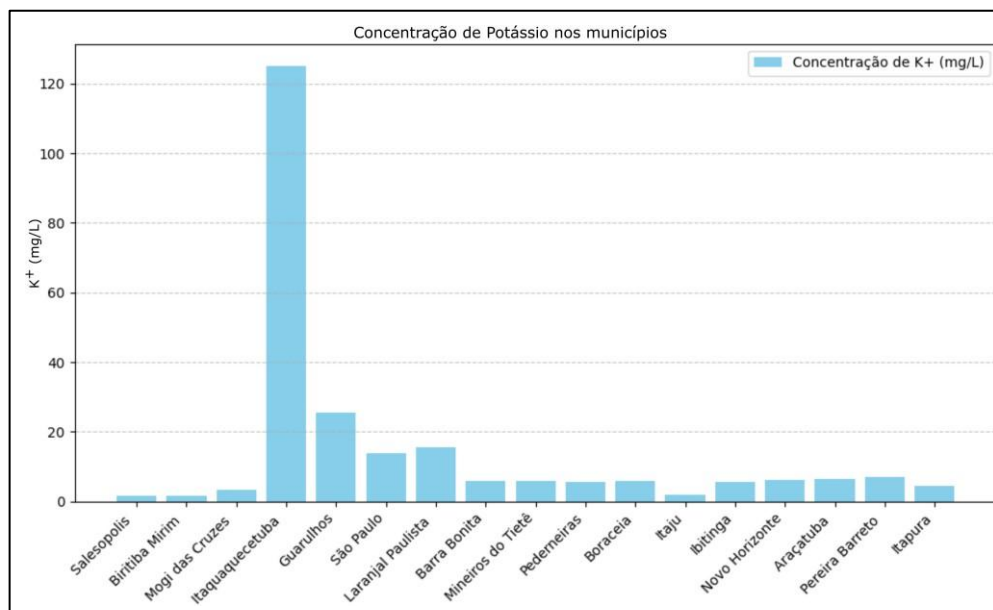


Figura 73 - Variação da concentração de potássio nos municípios amostrados.

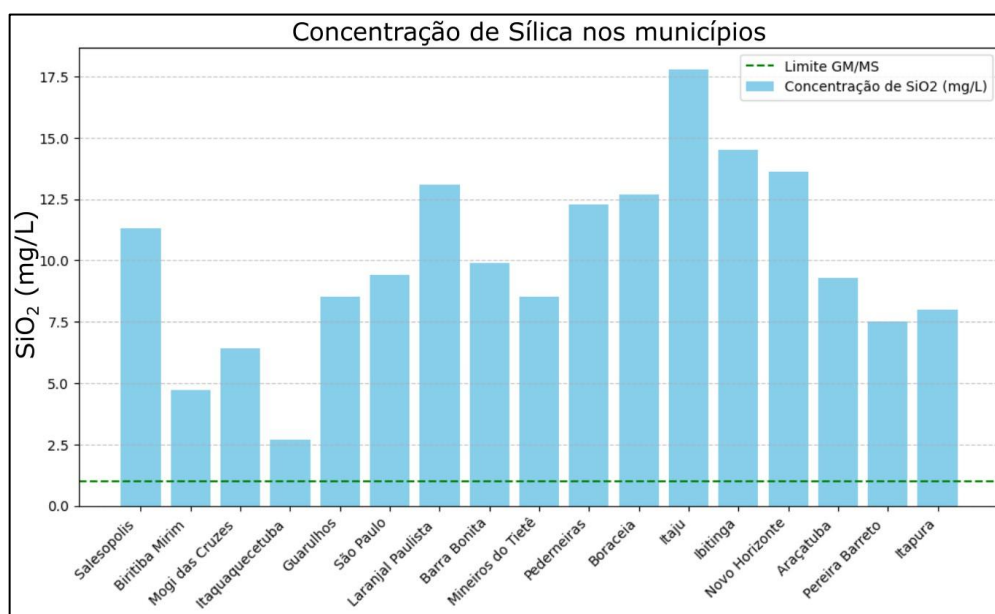


Figura 74 - Variação da concentração de sílica nos municípios amostrados. Em tracejado o valor limite estabelecido pelo Ministério da Saúde.

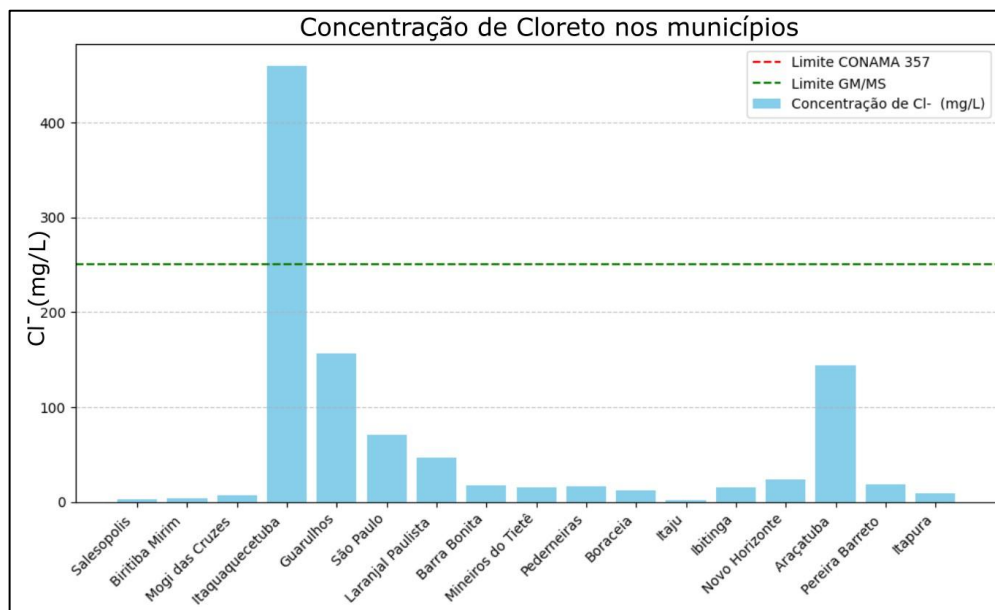


Figura 75 - Variação da concentração de cloreto nos municípios amostrados. Em tracejado o valor limite estabelecido pelo Ministério da Saúde.

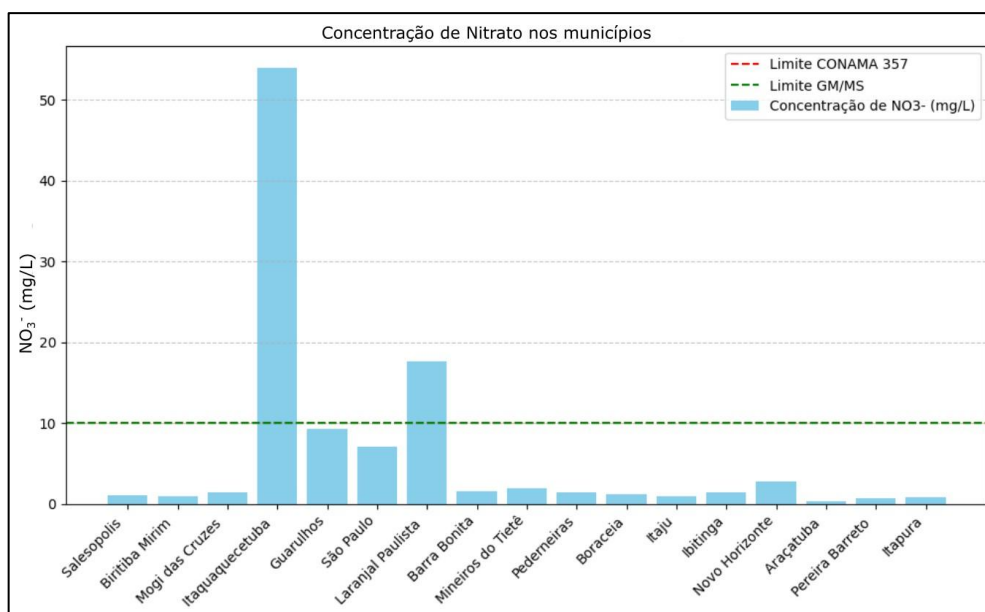


Figura 76 - Variação da concentração de nitrato nos municípios amostrados. Em tracejado o valor limite estabelecido pelo Ministério da Saúde.

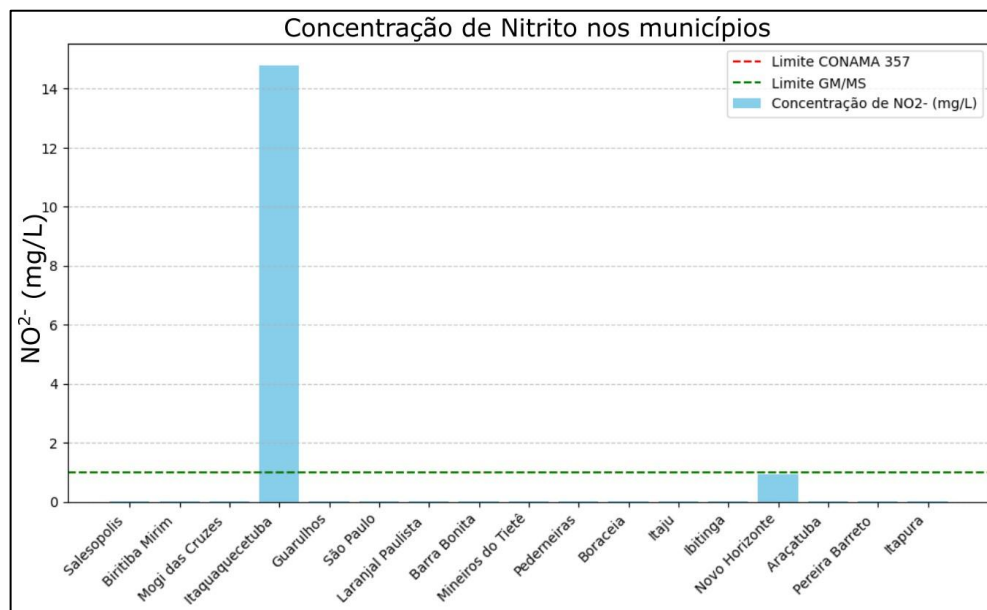


Figura 77 - Variação da concentração de nitrito nos municípios amostrados. Em tracejado o valor limite estabelecido pelo Ministério da Saúde.

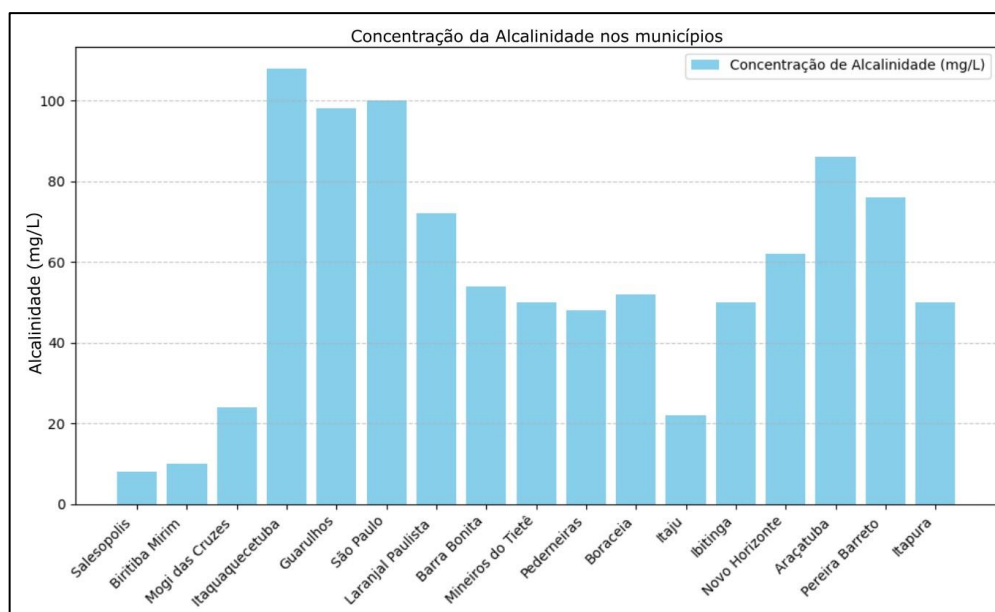


Figura 78 - Variação da alcalinidade nos municípios amostrados.

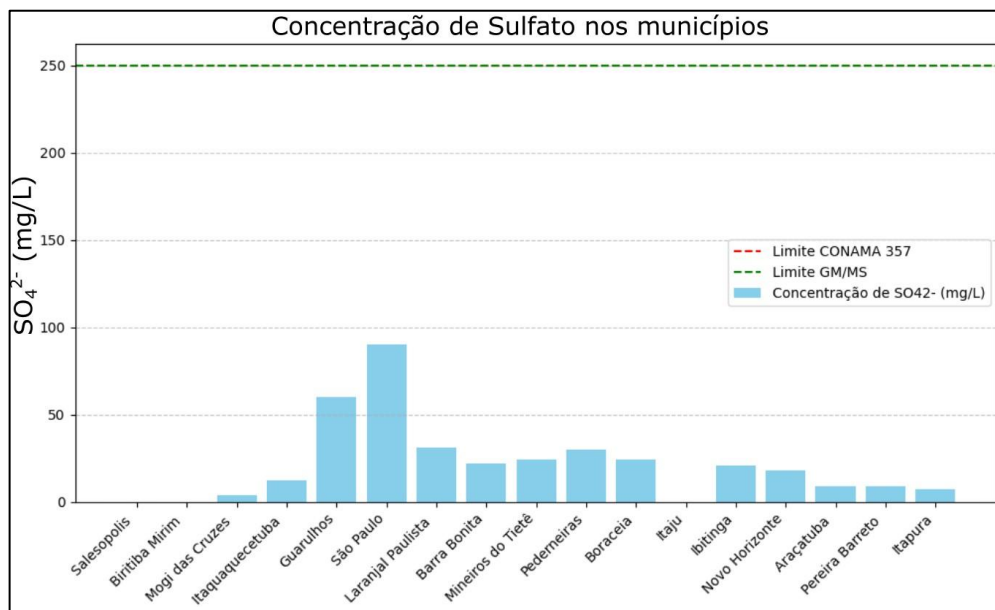


Figura 79 - Variação da concentração de sulfato nos municípios amostrados. Em tracejado o valor limite estabelecido pelo Ministério da Saúde.

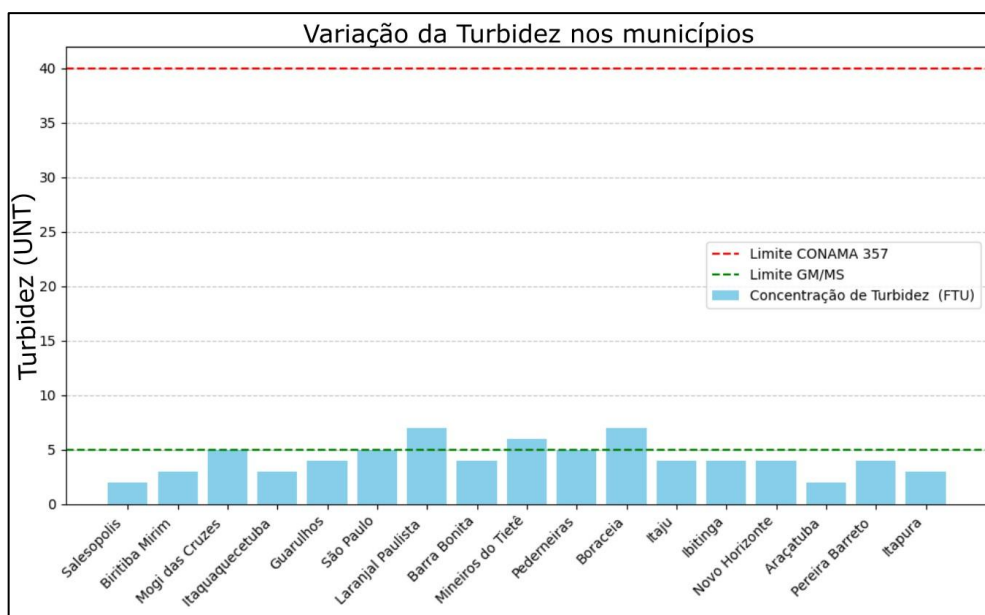


Figura 80 - Variação da turbidez nos municípios mapeados em campo. Em verde tracejado, o valor limite estabelecido pelo Ministério da Saúde, e em vermelho, o valor limite estabelecido pelo CONAMA 357.

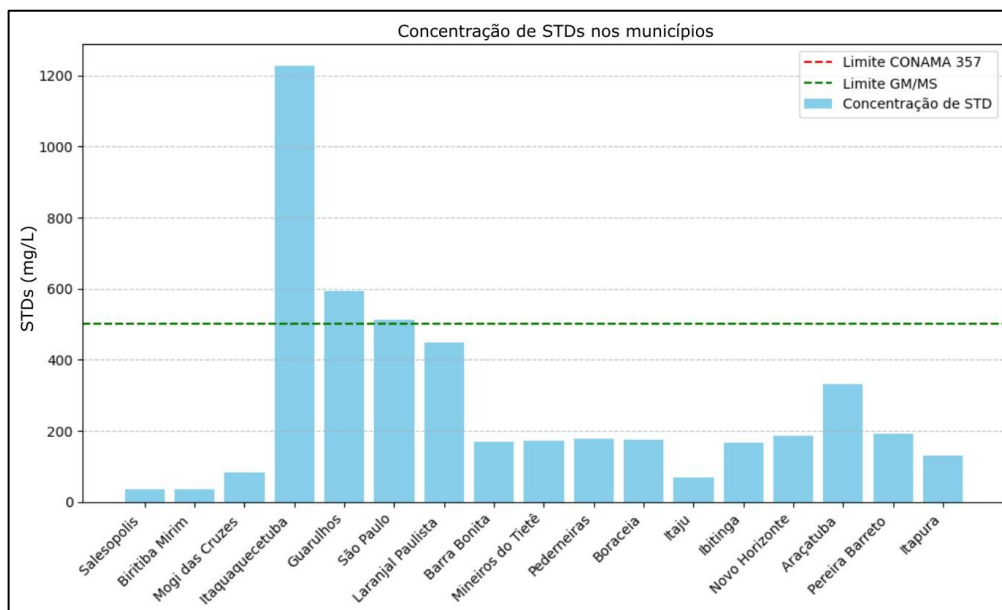


Figura 81 - Variação da concentração de sólidos totais dissolvidos nos municípios amostrados. Em tracejado o valor limite estabelecido pelo Ministério da Saúde.

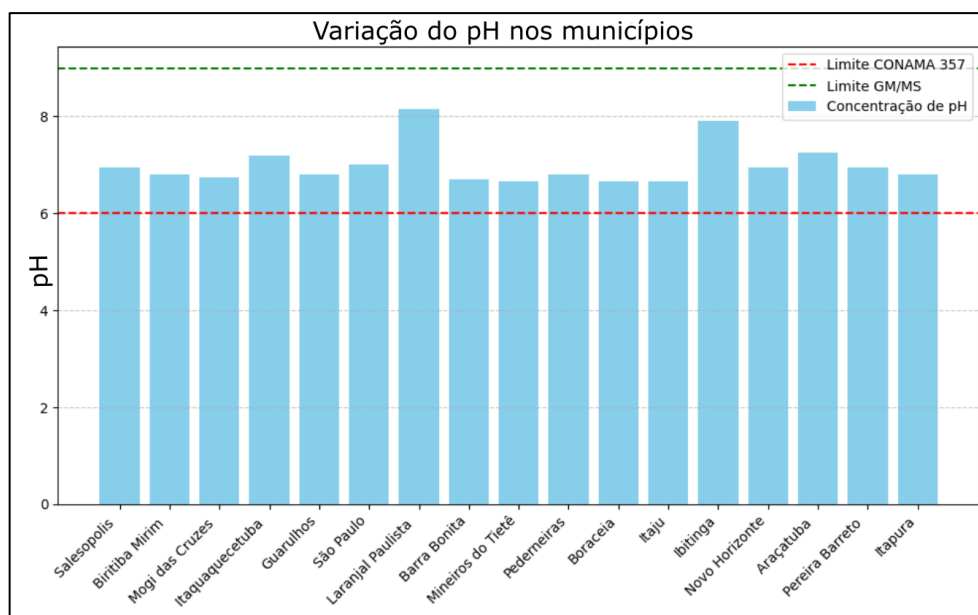


Figura 82 - Variação do pH nos municípios amostrados. Os valores limites estabelecidos tanto pelo CONAMA quanto Ministério da Saúde estão entre 6 e 9.

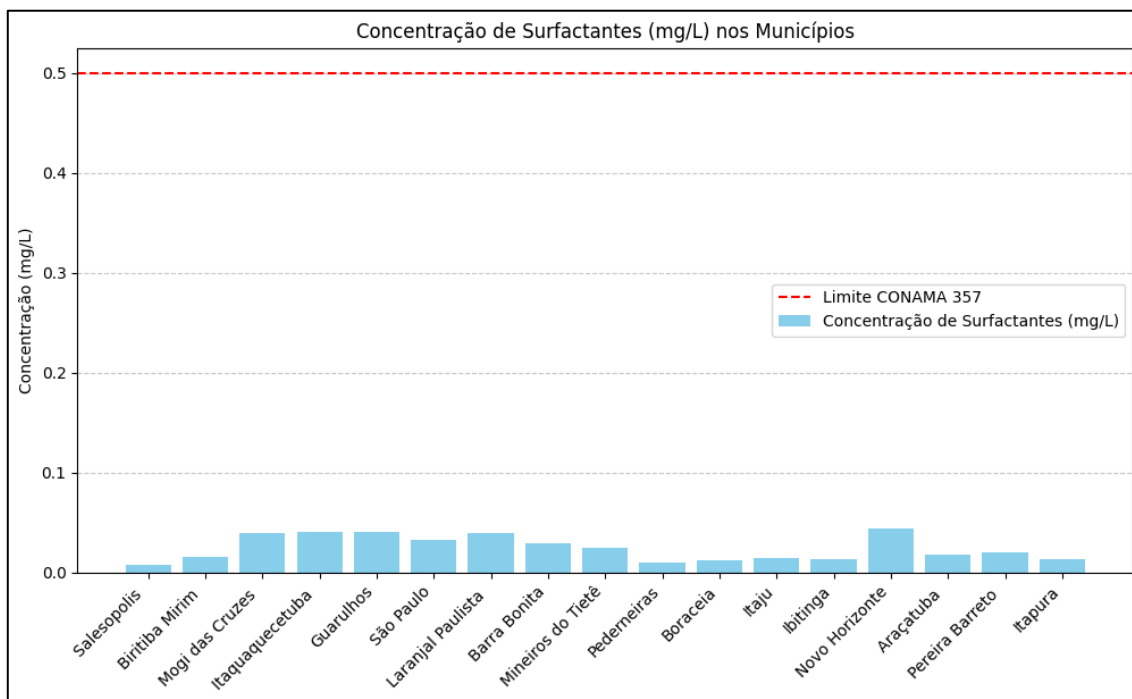


Figura 83 – Variação da concentração de surfactantes nos municípios amostrados. Todos os valores encontrados são inferiores ao limite estabelecido pelo CONAMA 357.

Convém ressaltar que a média das concentrações dos parâmetros não é um critério razoável de comparação porque alguns deles como cloreto, nitrato, nitrito e STD, em Itaquaquetuba, apresentam valores muito acima dos limites estabelecidos pelos órgãos gestores. Alguns municípios, como Guarulhos, São Paulo, Laranjal Paulista e Araçatuba também apresentam alguns valores alterados, considerando a localização e trecho do Rio Tietê. Pode se dizer que são pontos com contaminação locais, como confirmado pelas observações e registros de campo.

Com os dados disponibilizados pela CETESB, também foi feita comparação da média de concentração dos principais constituintes, metais pesados e gadolínio (terra rara) encontrados nas águas (Tabela 19), além de hidrocarbonetos (Anexo).

Na Tabela 19, por exemplo, nota-se que alguns parâmetros, como alumínio, ferro, fósforo e turbidez, tem valores maiores do que os limites de, ao menos, um dos órgãos gestores. Para cloreto, os valores são menores que os apresentados na Tabela 18.

A Tabela 19 também mostra que arsênio, bário, chumbo, cádmio, cromo, gadolínio e mercúrio não apresentam concentração maior do que os limites estabelecidos pelo CONAMA 357 e GM/MS 888/2021. O níquel, entretanto, apresenta valor acima do limite estabelecido pelo CONAMA 357, ou seja, concentração superior a 0,025 mg/L. Isto ocorreu nos municípios de Guarulhos e São Paulo, nos três trechos amostrados, sugerindo uma ocorrência antrópica devido as indústrias.

Quanto à comparação entre os valores médios de derivados de hidrocarbonetos com os limites do CONAMA e Ministério da Saúde, geralmente os valores máximos não são ultrapassados. Contudo, exceções ocorrem para o hexaclorobenzeno coletado em Mogi das Cruzes, com concentração de 0,01575 µg/L (o valor limite, estabelecido pelo CONAMA (2005), é de 0,0065 µg/L), e para o tolueno, nos municípios de Guarulhos e São Paulo, em todos os pontos de coleta, que apresentam valores entre 7 e 15 vezes superiores aos estabelecidos pelo CONAMA 357. A tabela que contém esses dados está disponível no Anexo.

Tabela 19 - Comparação dos valores médios disponibilizados pela CETESB com os limites estabelecidos pelo CONAMA 357 e GM/MS N°888.

	Alcalinidade (mg/L)	Alumínio (mg/L)	Arsênio (mg/L)
Biritiba Mirim	12,51	0,18	0,01
Mogi das Cruzes	14,93	0,18	0,01
Suzano		0,20	0,01
Itaquaquecetuba		0,15	
Guarulhos		0,15	0,01
São Paulo (Av. Aricanduva)		0,14	0,01
São Paulo (Marginal Tietê)		0,15	0,01
São Paulo (Ponte das Bandeiras)		0,13	0,01
Salto		0,16	0,01
Tietê		0,12	0,01
Laranjal Paulista		0,15	0,01
Botucatu (Rodovia SP-191)		0,14	
Botucatu (Reservatório de Barra Bonita)		0,13	

Barra Bonita		0,12	
Ibitinga		0,08	0,01
Promissão		0,08	
Araçatuba	59,91	0,08	0,01
Pereira Barreto		0,08	0,01
Itapura		0,08	0,01
CONAMA 357	N.E.	0,1	0,01
GM/MS N°888	N.E.	0,2	0,01

Os valores em vermelhos são valores com concentrações superiores aos limites estabelecidos pelos órgãos reguladores.

N.E.: Não estabelecido

	Bário (mg/L)	Chumbo (mg/L)	Cloreto (mg/L)
Biritiba Mirim	0,03	0,01	3,42
Mogi das Cruzes	0,02	0,01	5,04
Suzano	0,04	0,01	56,3
Itaquaquecetuba	0,05	0,01	58,68
Guarulhos	0,07	0,01	71,71
São Paulo (Av. Aricanduva)	0,07	0,01	69,54
São Paulo (Marginal Tietê)	0,07	0,01	55,22
São Paulo (Ponte das Bandeiras)	0,07	0,01	66,19
Salto	0,06	0,01	47,61
Tietê	0,07	0,01	44,84
Laranjal Paulista	0,08	0,01	39,4

Botucatu (Rodovia SP-191)	0,05	0,01	27,77
Botucatu (Reservatório de Barra Bonita)	0,05	0,01	26,83
Barra Bonita	0,05	0,01	27,44
Ibitinga	0,05	0,01	21,35
Promissão	0,05	0,01	33,28
Araçatuba	0,05	0,01	17,91
Pereira Barreto	0,06	0,01	15,65
Itapura	0,06	0,01	16,01
CONAMA 357	0,7	0,01	250
GM/MS N°888	0,7	0,01	250

	Cromo (mg/L)	Cádmio (mg/L)	Cálcio (mg/L)
Biritiba Mirim	0,02	<LD	2,81
Mogi das Cruzes	0,02	<LD	4,29
Suzano	0,02	<LD	19,36
Itaquaquecetuba	0,02	<LD	19,69
Guarulhos	0,03	<LD	24,67
São Paulo (Av. Aricanduva)	0,03	<LD	25,64
São Paulo (Marginal Tietê)	0,03	<LD	22,69
São Paulo (Ponte das Bandeiras)	0,03	<LD	25,05
Salto	0,05	<LD	21,37
Tietê	0,02	<LD	21,02
Laranjal Paulista	0,02	<LD	19,41

Botucatu (Rodovia SP-191)	0,04	<LD	15,71
Botucatu (Reservatório de Barra Bonita)	0,02	<LD	14,57
Barra Bonita	0,02	<LD	14,71
Ibitinga	0,02	<LD	13,08
Promissão	0,02	<LD	11,77
Araçatuba	0,02	<LD	11,35
Pereira Barreto	0,02	<LD	10,47
Itapura	0,02	<LD	10,9
CONAMA 357	0,05	0,001	N.E.
GM/MS N°888	0,05	0,003	N.E.

LD: Limite de detecção, ou seja, a menor concentração de uma amostra que pode ser detectada com confiança.

N.E.: Não estabelecido

	Ferro (mg/L)	Fósforo (mg/L)	Gadolínio (ng/L)
Biritiba Mirim	0,76	0,06	1,5
Mogi das Cruzes	0,81	0,1	1,5
Suzano	1,73	0,71	39,37
Itaquaquecetuba	0,93	0,69	N.M.
Guarulhos	0,58	1,7	68,5
São Paulo (Av. Aricanduva)	0,52	1,8	125,34
São Paulo (Marginal Tietê)	0,6	1,74	195,67
São Paulo (Ponte das Bandeiras)	0,71	1,64	N.M.
Salto	0,4	1,53	174,67

Tietê	0,26	1,33	N.M.
Laranjal Paulista	0,28	1,18	149,57
Botucatu (Rodovia SP-191)	0,24	0,35	76,94
Botucatu (Reservatório de Barra Bonita)	0,15	0,43	76,94
Barra Bonita	0,13	0,21	62,34
Ibitinga	0,12	0,08	44,54
Promissão	0,09	0,04	N.M.
Araçatuba	0,11	0,03	35,1
Pereira Barreto	0,1	0,43	17,54
Itapura	0,1	0,43	18,67
CONAMA 357	0,3	0,025	N.E.
GM/MS N°888	0,3	N.E.	N.E.

Os valores em vermelhos são valores com concentrações superiores aos limites estabelecidos pelos órgãos reguladores.

N.E.: Não estabelecido

N.M.: Não medido

	Magnésio (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Nitrato (mg/L)
Biritiba Mirim	0,86	<LD	0,19
Mogi das Cruzes	1,31	<LD	0,34
Suzano	2,73	<LD	0,18
Itaquaquecetuba	2,77	<LD	0,18
Guarulhos	3,52	<LD	0,33
São Paulo (Av. Aricanduva)	3,91	<LD	0,27

São Paulo (Marginal Tietê)	3,4	<LD	0,45
São Paulo (Ponte das Bandeiras)	3,83	<LD	0,26
Salto	3,95	<LD	0,82
Tietê	0,19	<LD	1,17
Laranjal Paulista	4,66	<LD	1,36
Botucatu (Rodovia SP-191)	3,89	<LD	2,28
Botucatu (Reservatório de Barra Bonita)	3,5	<LD	3,11
Barra Bonita	3,55	<LD	3,4
Ibitinga	3,24	<LD	1,9
Promissão	3,11	<LD	0,65
Araçatuba	3,04	<LD	0,53
Pereira Barreto	3,06	<LD	0,37
Itapura	3,15	<LD	0,4
CONAMA 357	N.E.	0,0002	10
GM/MS N°888	N.E.	0,001	10

LD: Limite de detecção, ou seja, a menor concentração de uma amostra que pode ser detectada com confiança.

	Nitrito (mg/L)	Níquel (mg/L)	Potássio (mg/L)
Biritiba Mirim	0,07	0,02	2,01
Mogi das Cruzes	0,07	0,02	3,03
Suzano	0,07	0,02	8,51
Itaquaquecetuba	0,07	0,02	8,55
Guarulhos	0,1	0,06	13,11

São Paulo (Av. Aricanduva)	0,16	0,03	15,14
São Paulo (Marginal Tietê)	0,08	0,03	12,7
São Paulo (Ponte das Bandeiras)	0,09	0,04	14,66
Salto	0,32	0,02	11,32
Tietê	0,54	0,02	11,52
Laranjal Paulista	0,46	0,02	10,3
Botucatu (Rodovia SP-191)	0,27	0,02	8,36
Botucatu (Reservatório de Barra Bonita)	0,25	0,02	7,42
Barra Bonita	0,15	0,02	7,74
Ibitinga	0,11	0,01	6,65
Promissão	0,06	0,01	6,06
Araçatuba	0,07	0,01	5,98
Pereira Barreto	0,06	0,01	5,34
Itapura	0,06	0,02	5,44
CONAMA 357	1	0,025	N.E.
GM/MS N°888	1	0,07	N.E.

Os valores em vermelhos são valores com concentrações superiores aos limites estabelecidos pelos órgãos reguladores.

N.E.: Não estabelecido

	Sulfato (mg/L)	Sódio (mg/L)	STD (mg/L)	Turbidez (FTU)
Biritiba Mirim	1,9	2,67	100,74	9,78
Mogi das Cruzes	3,33	3,31	103,92	12,35

Suzano	48,81	69,75	322,6	29,08
Itaquaquecetuba	42,73	66,81	301,19	27,49
Guarulhos	42,22	69,16	343,53	46,6
São Paulo (Av. Aricanduva)	42,87	68,85	333,25	43,9
São Paulo (Marginal Tietê)	31,37	55,5	291,42	46,19
São Paulo (Ponte das Bandeiras)	41,13	66,87	327,97	42,04
Salto	29,02	49,1	212,62	63,73
Tietê	25,47	45,4	227,96	45,79
Laranjal Paulista	26,13	40,26	211,7	61,93
Botucatu (Rodovia SP-191)	21,01	30,78	181,16	27,12
Botucatu (Reservatório de Barra Bonita)	22,53	28,76	181,58	13,26
Barra Bonita	22,16	29,75	182,17	7,52
Ibitinga	18,55	25,19	138,41	7,43
Promissão	14,95	21,59	121,67	6,19
Araçatuba	13,44	20,84	116,6	10,19
Pereira Barreto	10,64	17,79	109,94	2,41
Itapura	10,71	18,01	111,39	1,8
CONAMA 357	250	N.E.	500	40
GM/MS N°888	250	200	500	5

Os valores em vermelhos são valores com concentrações superiores aos limites estabelecidos pelos órgãos reguladores.

N.E.: Não estabelecido

5.5 IQA-ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

Para os dados obtidos tanto em campo quando disponibilizados pela CETESB, foram computados Índices de Qualidade das Águas (IQA), baseando-se no modelo proposto, em 1975, pela CETESB, conforme estudo realizado pela *National Sanitation Foundation* (1970).

A Figura 84 mostra a variação do IQA no estado de São Paulo com base nos dados obtidos em campo, enquanto as Figuras 85 a 103 ilustram a mesma variação durante a última década com base nos dados disponibilizados pela CETESB.

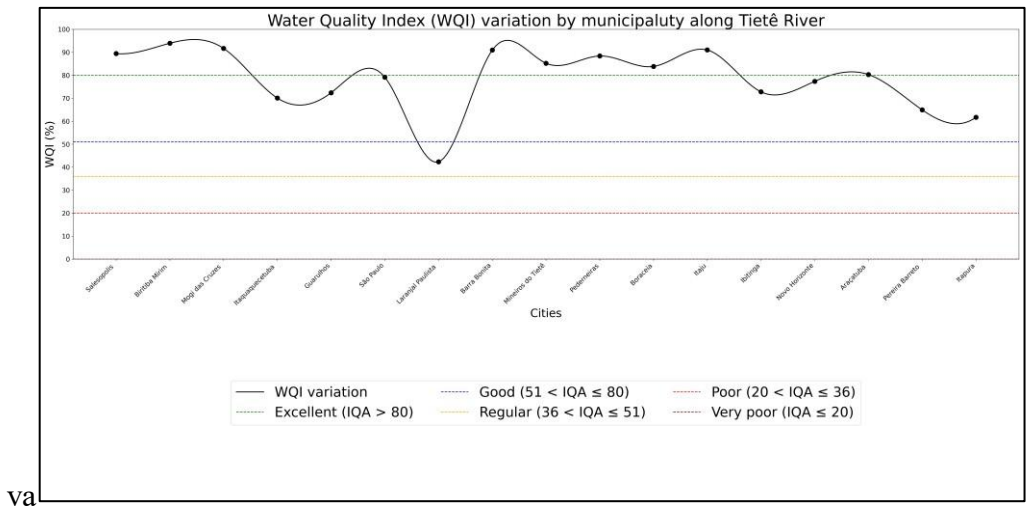


Figura 84 - Variação do IQA nos trechos amostrados do Rio Tietê no verão de 2021/2022.

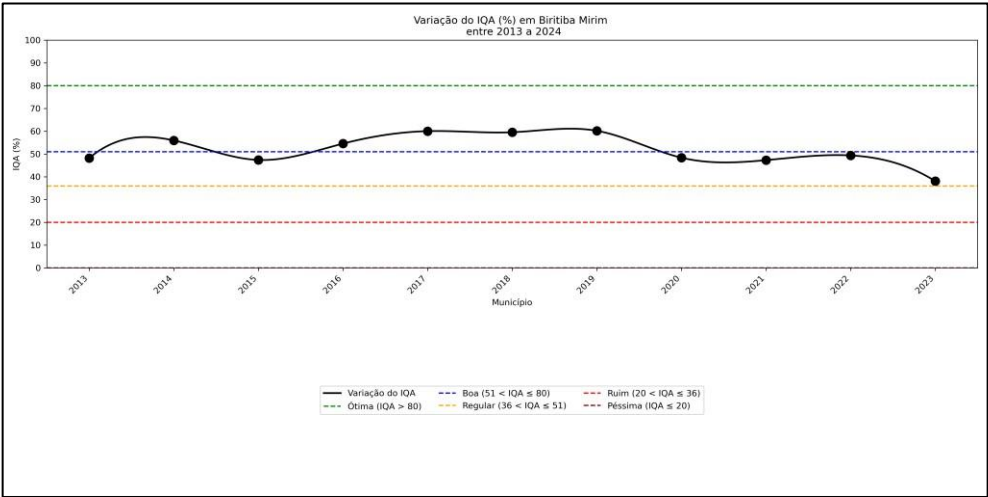


Figura 85 - Índice de Qualidade das Águas em Biritiba Mirim.

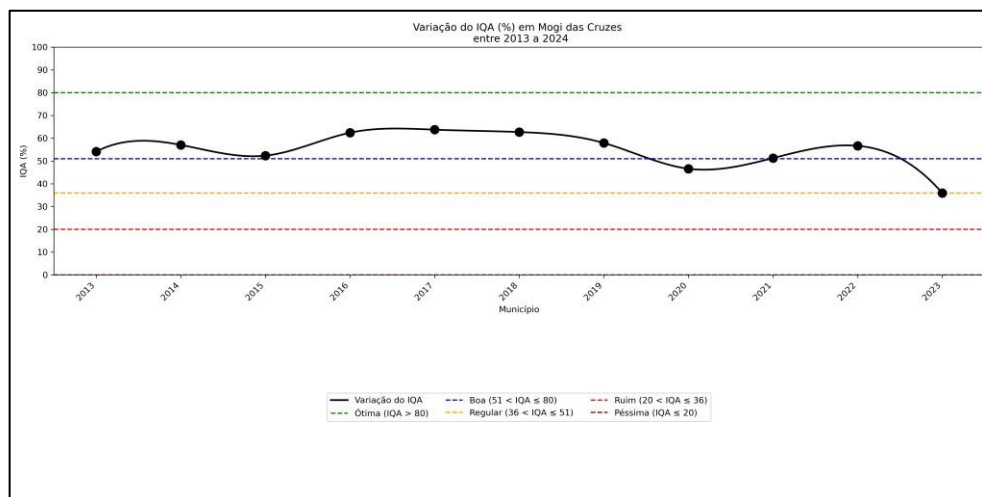


Figura 86 - Índice de Qualidade das Águas em Mogi das Cruzes.

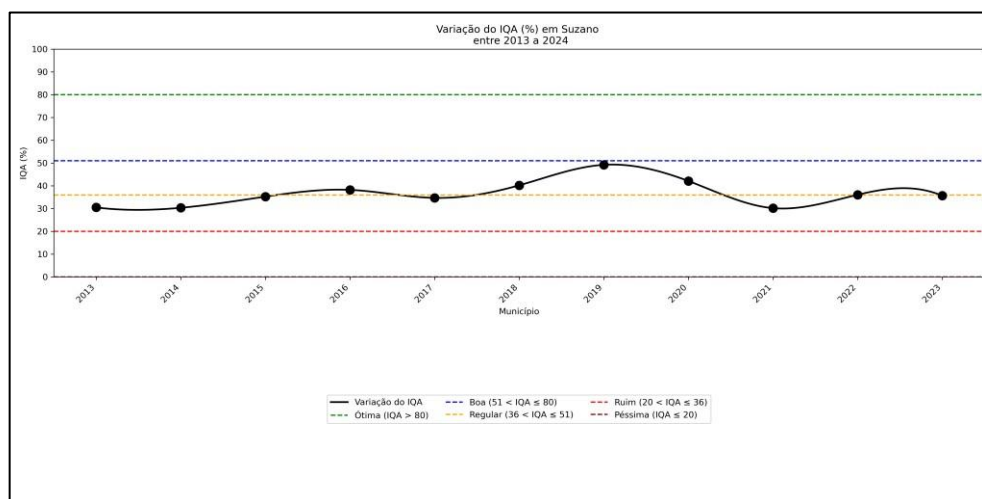


Figura 87 - Índice de Qualidade das Águas em Suzano.

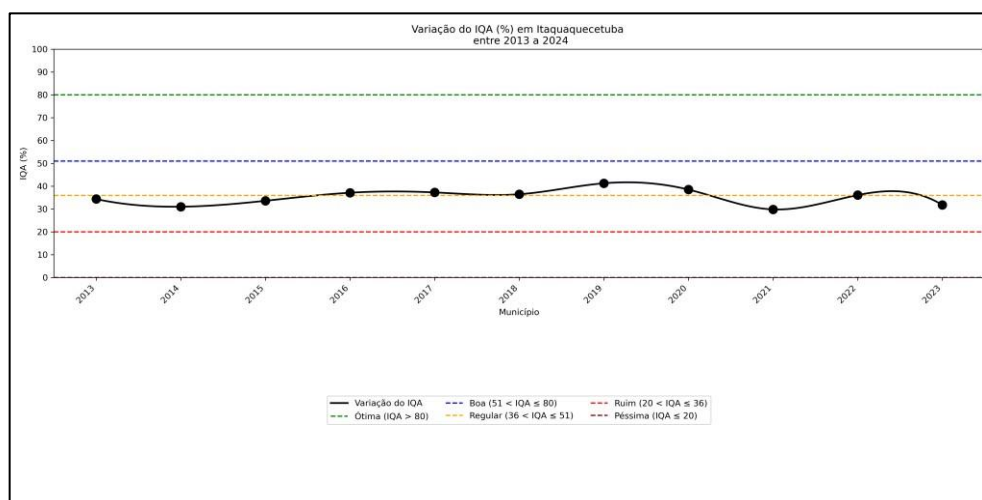


Figura 88 - Índice de Qualidade das Águas em Itaquaquecetuba.

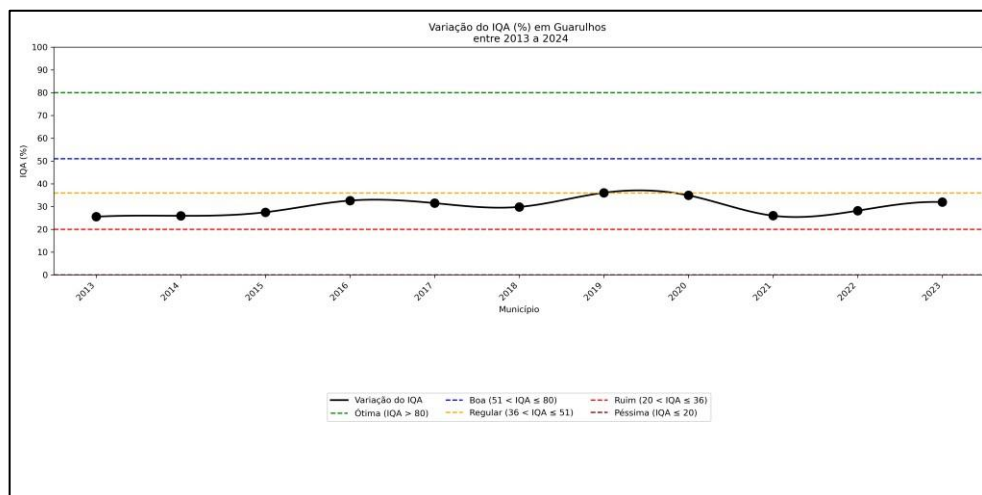


Figura 89 - Índice de Qualidade das Águas em Guarulhos.

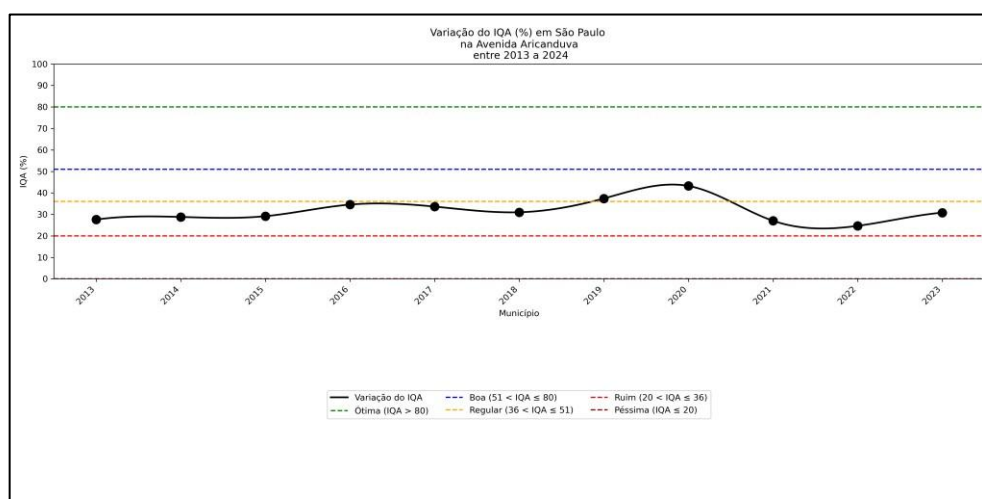


Figura 90 - Índice de Qualidade das Águas em São Paulo, na Av. Aricanduva.

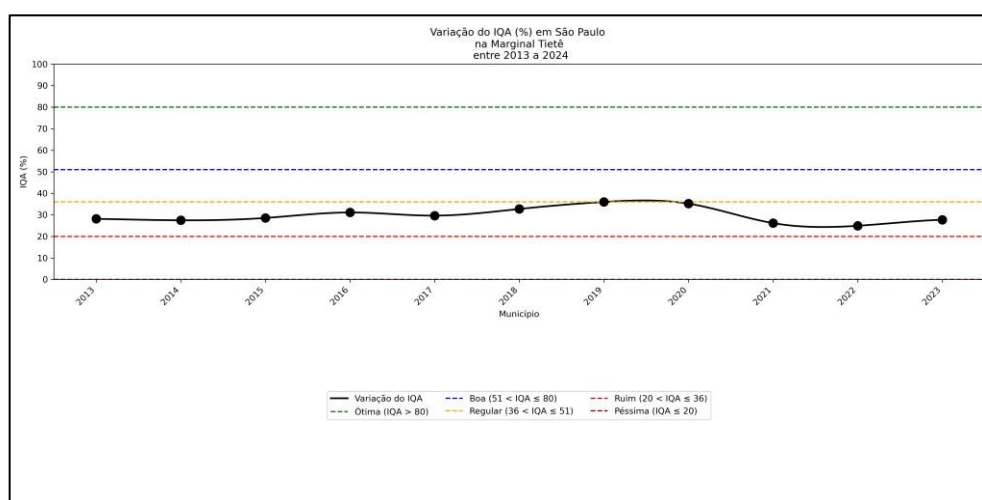


Figura 91 - Índice de Qualidade das Águas em São Paulo, na Marginal Tietê.

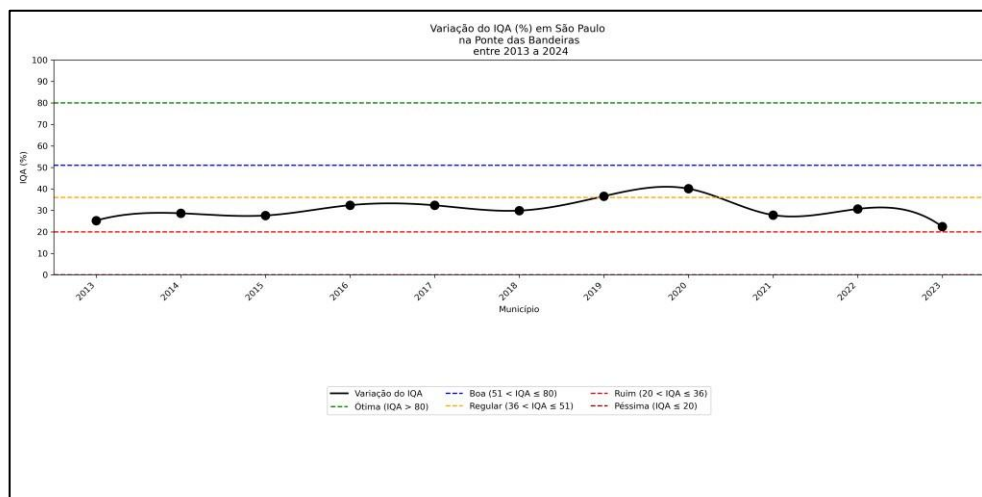


Figura 92 - Índice da Qualidade das Águas em São Paulo, na Ponte das Bandeiras.

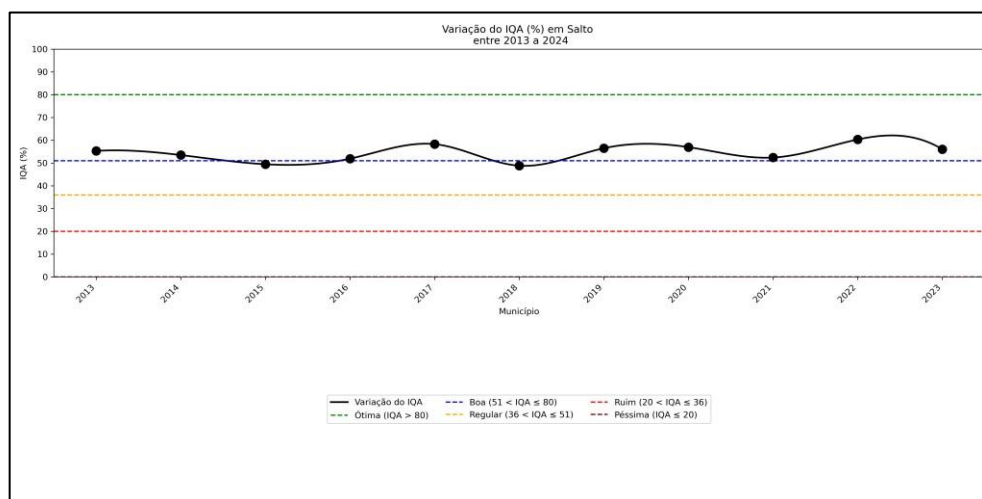


Figura 93 - Índice da Qualidade das Águas em Salto.

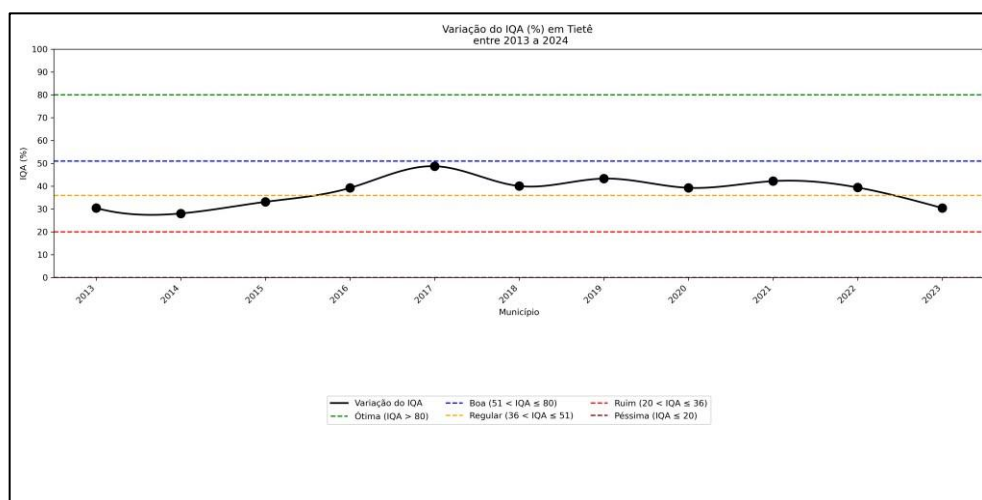


Figura 94 - Índice da Qualidade das Águas em Tietê.

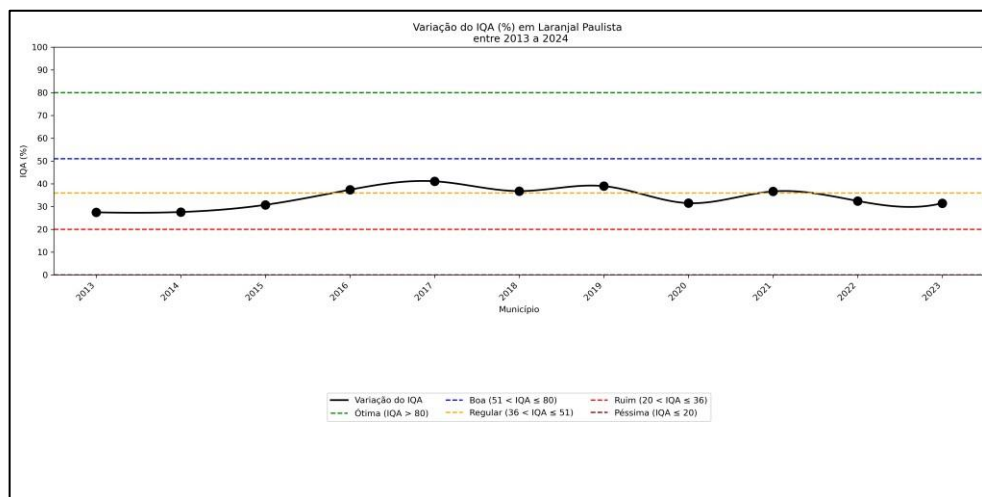


Figura 95 - Índice da Qualidade das Águas em Laranjal Paulista.

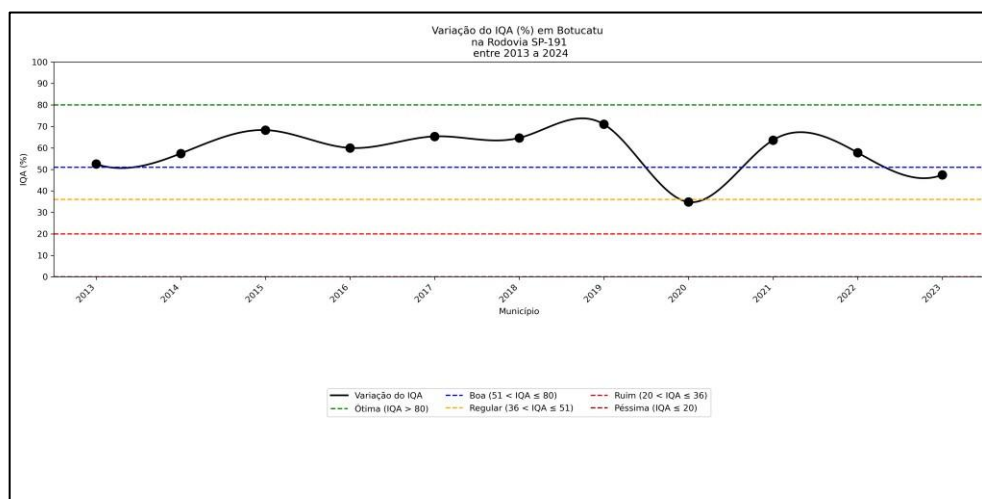


Figura 96 - Índice da Qualidade das Águas em Botucatu, na Rodovia SP-191 que liga a Santa Maria.

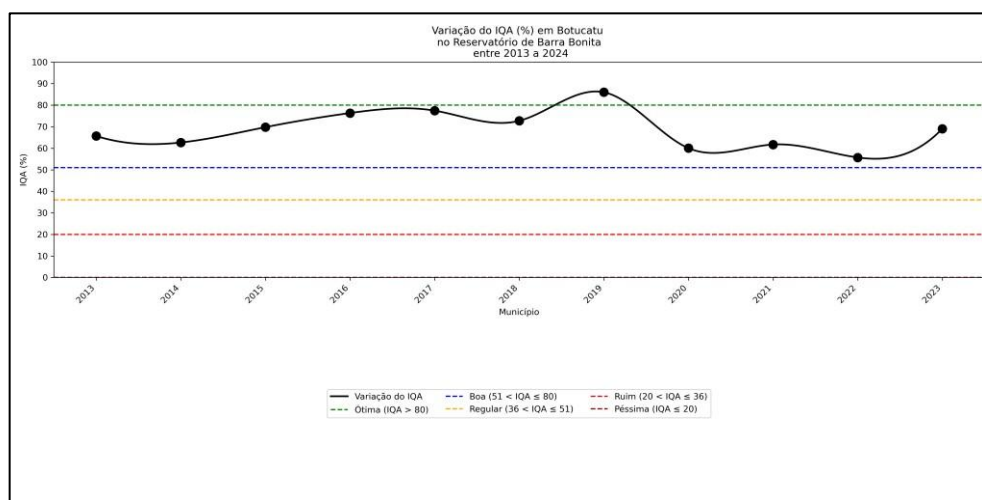


Figura 97 - Índice da Qualidade das Águas em Botucatu, no Reservatório de Barra Bonita.

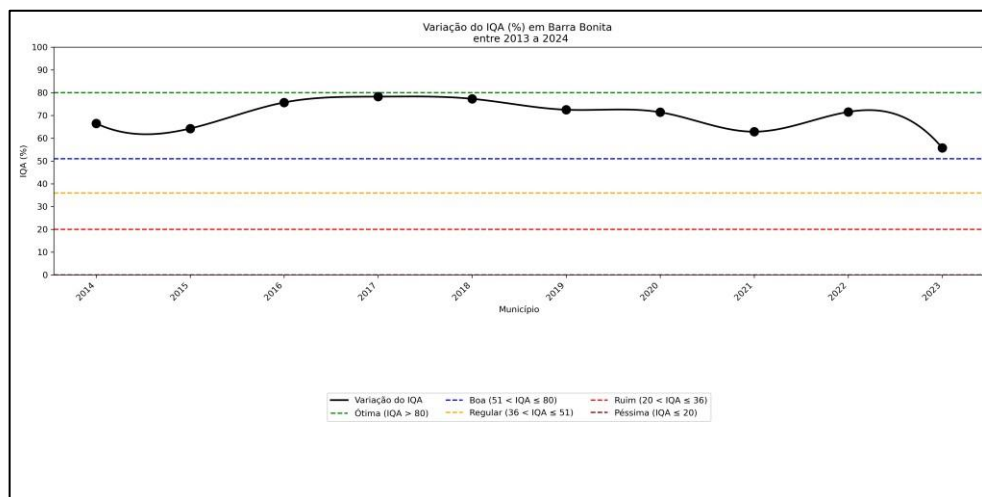


Figura 98 - Índice da Qualidade das Águas em Barra Bonita.

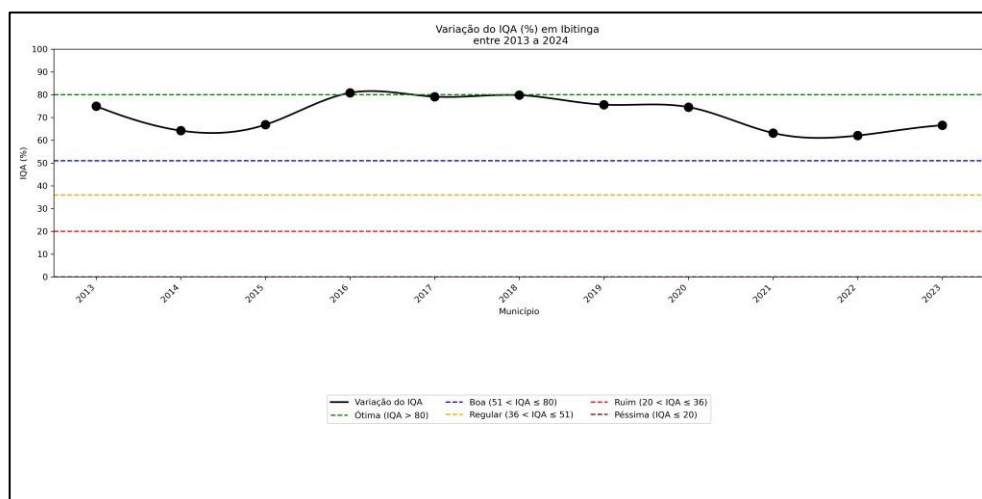


Figura 99 - Índice da Qualidade das Águas em Ibitinga.

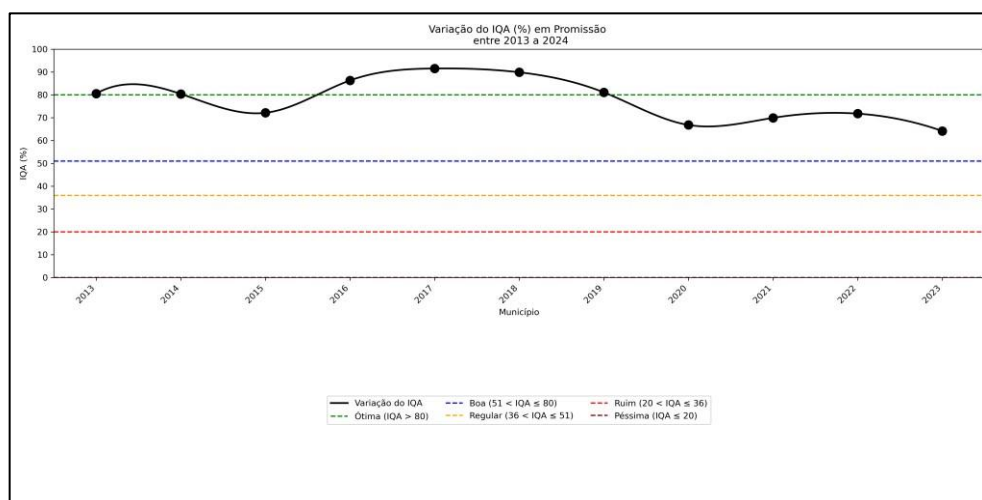


Figura 100 - Índice da Qualidade das Águas em Promissão.

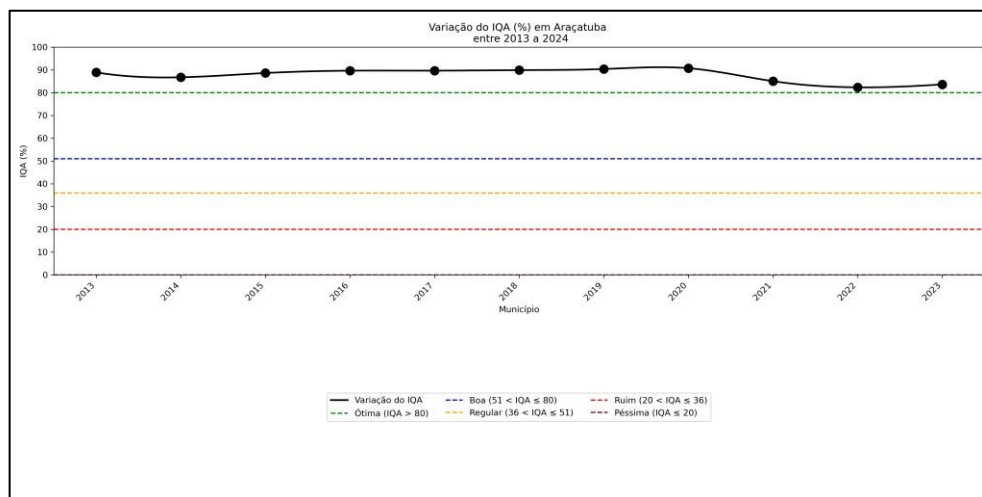


Figura 101 - Índice da Qualidade das Águas em Araçatuba.

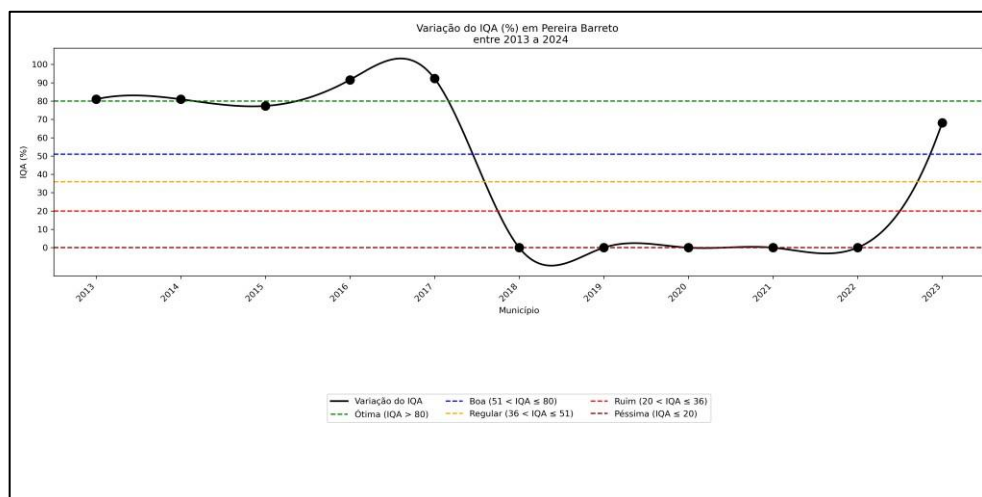


Figura 102 - Índice da Qualidade das Águas em Pereira Barreto.

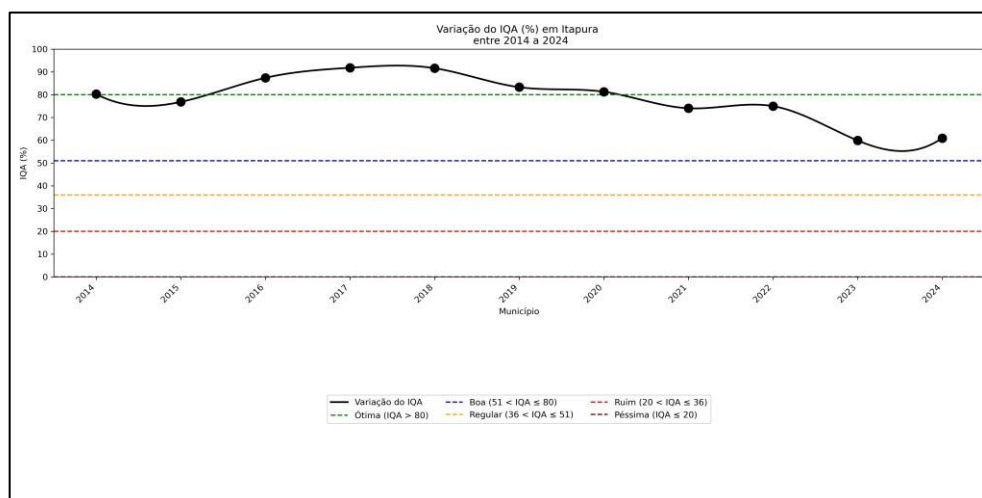


Figura 103 - Variação do Índice de Qualidade das Águas em Itapura.

Comparando os IQAs anuais dos pontos de coleta, com base nos dados da CETESB, e o IQA determinado com base nos dados de campo, nota-se que a qualidade das águas não tem a mesma tendência. As águas do Rio Tietê deveriam apresentar qualidade ruim a péssima na RMSP, enquanto que em locais próximos à nascente e foz apresentam índices entre bons e ótimos, contudo, com a ausência de parâmetros e pesos alterados, a qualidade das águas na RMSP tende a índices de regulares a bons.

A mudança da qualidade das águas pode ser explicada por fatores antrópicos e naturais, constituindo o descarte incorreto de resíduos sólidos, atividades agrícolas e a percolação de combustíveis fósseis fatores que contribuem para classificações de ruim a péssima. Em contrapartida, a qualidade das águas tende a melhorar devido efeitos de diluição associados aos tributários que deságuam no Rio Tietê.

6. CONCLUSÃO

As coletas de água ao longo do Rio Tietê foram realizadas com a intenção de efetuar um estudo hidroquímico com o objetivo de avaliar as mudanças na sua qualidade e, se possível, identificar os possíveis fatores com elas relacionadas. O histórico industrial e social do estado de São Paulo permite sugerir processos que os corpos hídricos superficiais sofreram ao longo dos anos, tendo a desigualdade social também criado impactos nestes corpos.

Além de entender como as mudanças ocorrem, também foram usados métodos analíticos preditivos com o intuito de entender como seria o comportamento de alguns desses parâmetros, especialmente os que apresentam algum risco à saúde humana.

O método usado para a modelagem, *Support Vector Regression*, apresenta bons resultados, contudo, a ausência de um banco de dados mais completo para alguns parâmetros, interfere na avaliação, como no caso dos contaminantes derivados de hidrocarbonetos. Entretanto, para parâmetros de ocorrência temporal contínua, o método se mostrou útil para projetar o comportamento futuro, permitindo ações de remediação e mitigação nos locais das contaminações.

O Rio Tietê, por ser um rio que abrange todo o estado de São Paulo, naturalmente apresentaria variações nos parâmetros químicos, incluindo metais pesados e derivados de hidrocarbonetos, e parâmetros físico-químicos analisados.

A Bacia do Alto Tietê, onde ocorre a nascente do Rio Tietê, apresentou valores, tanto de campo quanto de dados históricos, distintos para a maioria dos parâmetros analisados, sendo a única UGRHI com análises para derivados de hidrocarbonetos. A contaminação seria proveniente do vazamento de postos de combustíveis ou de atividades industriais com o descarte incorreto dos resíduos sólidos gerados.

Além da presença de BTEXs, compostos orgânicos voláteis e semi-voláteis, pesticidas organofosforados, herbicidas e outros tipos de compostos usados em atividades agrícolas, podem ocasionar contaminação das águas do rio.

Ainda se baseando nas análises realizadas, foram encontradas correlações significativas entre alguns parâmetros. Essas correlações foram identificadas tanto nas análises das amostras coletadas quanto com base nos dados disponibilizados pela CETESB–indicando que elas se mantêm independente de períodos chuvosos ou não, bem como ao longo da década estudada.

Algumas correlações, como entre cloreto e condutividade elétrica, STD e sódio, potássio e cloreto, condutividade elétrica e potássio, sódio e nitrato, tanto na avaliação temporal quanto a partir dos dados obtidos na coleta de amostras, apresentam, majoritariamente, valores de $\rho \geq 0,9$. A correlação de bário com cloreto exibe valores significativos em quase todos os anos analisados. Para derivados de hidrocarbonetos, de forma geral, não ocorreram correlações significativas, talvez pela ausência de dados nos trechos analisados e também por hiatos temporais.

Os diagramas de Piper e de Schoeller foram relevantes para revelar importantes características das águas do Rio Tietê. Com o Diagrama de Piper, percebeu-se que cerca de 1/3 das águas são classificadas como bicarbonatadas mistas.

Comparando a concentração média dos parâmetros medidos nas amostras coletadas com os limites estabelecidos pelo CONAMA 357 (2005) e GM/MS 888 (2021), nota-se que nenhum valor excedeu os limites. Contudo, ao se analisar de forma individual os parâmetros, verificou-se que o município de Itaquaquecetuba apresentou valores de cloreto, nitrato, nitrito e STD maiores do que os limites permitidos. Além disso, fósforo e sílica apresentaram valores maiores do que os permitidos pelos órgãos reguladores em quase todos os pontos de monitoramento.

Os valores médios obtidos pela CETESB, diferentemente das análises das amostras coletadas, não excederam os limites esperados para parâmetros que indicam contaminação, como nitrato e nitrito. As concentrações de alumínio, ferro e fósforo, além dos valores de turbidez, são também superiores aos limites estabelecidos para quase todos os municípios. Além disso, a presença de gadolínio antrópico, em diversos trechos do rio no ano de 2024, pode indicar contaminação hospitalar, contudo, pela ausência de um limite máximo de concentração de órgãos reguladores, não é possível afirmar quão imprópria as águas se encontram. Para todos os tipos de compostos que são derivados de hidrocarbonetos, apenas o hexaclorobenzeno excedeu o limite estabelecido pelos órgãos gestores no município de Mogi das Cruzes, sendo seu uso proibido no Brasil desde 1985 devido à alta toxicidade.

Por fim, conclui-se que devido a importância do tema abordado no trabalho, convém a divulgação dos resultados obtidos junto aos órgãos gestores de águas no estado de São Paulo, como a SABESP e CETESB, além de comitês das bacias aqui relacionadas. Com a divulgação dos resultados disponibilizados pela CETESB e obtidos na UNESP conjuntamente com as análises estatísticas realizadas é possível contribuir com ações de mitigação das contaminações regionais deste importante recurso hídrico do estado de São Paulo.

7. REFERÊNCIAS

- AB’SÁBER, A. N.** Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e arredores de São Paulo. *Engenharia, Mineração e Metalurgia*, v. 24, p. 283–292, 1956.
- ALMEIDA, F.F.M.** Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista. São Paulo. Instituto Geográfico e Geológico, Boletim, v.41, p.169-263, 1964.
- ALMEIDA, F. F. M.** Fundamentos geológicos do relevo paulista. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico*, São Paulo, v. 41, p. 169–263, 1964.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS.** *Atlas do esgoto: despoluição de bacias hidrográficas*. Brasília: ANA, 2021.
- ARAÚJO, I. G.** Estudo hidroquímico do rio Tietê (SP). 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2022.
- BENNETT, K. P.; MANGASARIAN, O. L.** Robust linear programming discrimination of two linearly inseparable sets. *Optimization Methods and Software*, v. 1, p. 23–34, 1992.
- BONOTTO, D. M.** Comportamento hidrogeoquímico do ^{222}Rn e isótopos de urânio ^{238}U e ^{234}U sob condições controladas de laboratório e em sistemas naturais. 1996. 223 f. Pós-doutorado – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1996.
- CAMPOS, F. F.** Anomalias antropogênicas de gadolínio e distribuição dos elementos terras raras nas águas do rio Atibaia e ribeirão Anhumas (SP). 2014. 1 CD-ROM. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.
- CAMPOS, V. N. O.** O Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê e o Consejo de Cuenca del Valle de México. 2008. Tese (Doutorado em Integração da América Latina) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO.** Apêndice D: Índices de qualidade das águas. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2020.
- CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO.** Ficha de informação toxicológica: Benzeno. São Paulo, 2012.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2022. São Paulo, 2023.

CHAPELLE, O. et al. Choosing multiple parameters for support vector machines. *Machine learning*, v. 46, n. 1–3, p. 131–159, 2002.

CHIODI, et al. Geologia e recursos minerais das folhas de Natividade da Serra e Caraguatatuba: Jornada sobre a carta geológica do Estado de São Paulo. *Pró-Minério*, IPT, v. 1, n. 50, p. 8–29, 1983.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA BAIXO TIETÊ. Fundamentos para a implantação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos. [S.l.], 2009.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA BAIXO TIETÊ. Relatório de situação dos recursos hídricos 2017: UGRHI-19. Ano base 2016. São Paulo: Secretaria Executiva do Comitê, 2017.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA BAIXO TIETÊ. Relatório de situação dos recursos hídricos 2020: UGRHI-19. Ano base 2019. São Paulo: Secretaria Executiva do Comitê, 2020.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ-BATALHA. Fundamentos para a implantação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos. São Paulo: CBH-TB, 2010.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ-JACARÉ. Relatório de situação dos recursos hídricos 2023: UGRHI 13 – Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré. Ano base 2022. São Paulo: Secretaria Executiva do Comitê, 2023.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA SOROCABA-MÉDIO TIETÊ. Relatório de situação 2022: ano base 2021. Sorocaba: Secretaria Executiva do Comitê, 2022.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ-BATALHA. Relatório de situação dos recursos hídricos 2015: UGRHI 16 – Bacia Hidrográfica Tietê-Batalha. Ano base 2014. São Paulo: Secretaria Executiva do Comitê, 2015.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ-BATALHA. Relatório de situação dos recursos hídricos 2023: UGRHI-16. Ano base 2022. São Paulo: Secretaria Executiva do Comitê, 2023.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. *Diário Oficial da União*, n. 053, p. 58–63, 18 mar. 2005.

CORTES, C.; VAPNIK, V. Support-vector networks. *Machine Learning*, v. 20, p. 273–297, 1995.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa hidrogeológico do Estado de São Paulo. Brasília: CPRM, 2011.

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. R. Hidrologia subterrânea. 2. ed. Barcelona: Omega, 1983. v. 1. 2.350 p.

DOS SANTOS, A.; SURITA, C.; ALLEONI, B. Qualidade das águas do rio Tietê e os serviços ecossistêmicos: exemplo para a UGRHI10 (CBH-SMT). 2014.

DREW, D.; DOS SANTOS, J. A. Processos interativos homem-meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

FAURE, G. Principles and applications of inorganic geochemistry. New York: MacMillan Publishing Co., 1991. 626 p.

FERREIRA, P. A.; MARTINEZ, M. A. Movimento e modelagem de sais no solo. 1997.

FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (FUSP). Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – Diagnóstico analítico da bacia. São Paulo, set. 2008.

FUNDAÇÃO AGÊNCIA DE BACIA DO ALTO TIETÊ (FABHAT). Relatório I: Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – UGRHI 06. Ano base 2016/2035. São Paulo: FABHAT, 2016.

GASTMANS, D. et al. Implicações hidroquímicas da interação rocha-água: interpretações através da representação gráfica de análises químicas de águas subterrâneas. *Águas Subterrâneas*, 2005.

GOLDSCHMIDT, V. M. The principles of distribution of chemical elements in minerals and rocks. The seventh Hugo Müller Lecture, delivered before the Chemical Society on March 17th, 1937. *Journal of the Chemical Society (Resumed)*, p. 655–673, 1937.

HACH COMPANY. *Water analysis handbook*. 4. ed. Loveland, Colorado: Hach Company, 2000.

HASUI, Y. et al. Compartimentação estrutural e evolução tectônica do Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), v. 27, n. 2, 1989.

- HELGESON, H.C.** Thermodynamics of hydrothermal systems at elevated temperatures and pressures. *American Journal of Science*, 1969.
- HEM, J.D.** Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. 3rd ed. U.S. *Geological Survey Water-Supply Paper 2254*, 1985.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT).** Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo: IPT, 1981. 2 v.
- JACOBI, P. R.; CASSANO, J. C.; SOUZA, N. A.** Crise da água na região metropolitana de São Paulo – 2013–2015. *GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)*, v. 19, n. 3, p. 422–444, 2015.
- JENKINS, A.; PETERS, N. E.; RHODE, A.** Hydrology. In: MOLDAN, B.; CERNY, J. (ed.). *Biogeochemistry of small catchments: a tool for environmental research*. Chichester: John Wiley & Sons, 1994.
- KRAUSKOPF, K. B.; BIRD, D. K.** Introduction to geochemistry. New York: McGraw-Hill Inc., 1995. 647 p.
- KECK, M.; JACOBI, P.** Bacias do Alto Tietê, São Paulo, Sudeste. In: *Atlas Ambiental*, 2003. p. 135–141.
- LEE, I. G.** Estudo hidroquímico do Rio Alambari, no município de São José dos Campos (SP). 2021.
- LOGAN, J.** Interpretação de análises químicas da água. Tradução. 1965.
- LUNARDI, M.** Estudo geoquímico das águas do Complexo Termal de Caldas Novas (GO), Brasil. 2022.
- MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F.** Reuso de água. São Paulo: Manole, 2003.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE (BRASIL).** Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021: procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2021. 33 p.
- MORAES, A. G. de.** Criação de banco de dados para desenvolvimento de chaves interpretativas da sensibilidade de feições geomorfológicas ao derrame de óleo em ambientes fluviais no estado de São Paulo (SP). 2015.

- PIPER, A. M.** A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. *Transactions of the American Geophysical Union*, v. 25, n. 6, p. 914–928, 1944.
- POLLACHI, A.** Gestão integrada e adaptativa da água: a governança da Bacia do Alto Tietê em face da escassez hídrica. *Cadernos de Campo: Revista de Ciências Sociais*, n. 31, p. 43–69, 2021.
- POURBAIX, M.** *Atlas of electrochemical equilibria in aqueous solutions*. 1. ed. Amsterdam: Elsevier, 1945.
- PORTO, F. A.** Estabelecimento dos parâmetros de controle da poluição. In: PORTO, S. M. et al. *Hidrologia Ambiental*. São Paulo: EDUSP, 1991. p. 375–390.
- RHOADES, J. D.** Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity. *Advances in Agronomy*, v. 49, n. 1, p. 201–251, 1994.
- RICCOMINI, C.** O rift continental do sudeste do Brasil. 1989. 256 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C.** Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 10, p. 41–58, 1996.
- SABESP.** Relatório de Sustentabilidade 2023. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2023.
- SALOMÃO, X. T.; OLIVEIRA, A. M. S.; PONÇANO, V. L.; IWASA, O.; KERTZMAN, F. F.** Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo: bacia do médio Tietê (Relatório IPT nº 29004). São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991.
- SÃO PAULO (Estado).** Em dia histórico, São Paulo elimina últimos remanescentes do agrotóxico BHC existentes no Estado. *Defesa Agropecuária*, 17 ago. 2017. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/noticias/2017/em-dia-historico-sao-paulo-elimina-ultimos-remanescentes-do-agrotoxico-bhc-existent-no-estado,1158.html>. Acesso em: 23 de novembro de 2024.
- SÃO PAULO (Estado).** Plano Estadual de Recursos Hídricos. São Paulo: Secretaria de Recursos Hídricos e Saneamento, 2004.
- SÃO PAULO (Estado).** Plano Estadual de Recursos Hídricos. São Paulo: Secretaria de Recursos Hídricos e Saneamento, 2014.

SÃO PAULO (Estado). Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2021: UGRHI 13 – Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré. Ano base 2020. São Paulo: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, 2021.

SÃO PAULO. Constituição Estadual (1989). Constituição do Estado de São Paulo, de 5 de outubro de 1989. Última atualização: Emenda Constitucional nº 55, de 27 nov. 2024. São Paulo: Assembleia Legislativa, 2024. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/constituicao/1989/compilacao-constituicao-0-05.10.1989.html>. Acesso em: 30 nov. 2024.

SCHOELLER, H. *Groundwaters*. Paris: Masson & Cie, 1962. (in French).

SILVEIRA, A.; CUNHA, C. M. L. da. Cartografia geomorfológica como subsídio para a análise das interferências do uso da terra no desencadeamento dos processos erosivos: um estudo em área canavieira. *RA'E GA – O Espaço Geográfico em Análise*, p. 365–391, 2011.

SMOLA, A. J.; SCHÖLKOPF, B. A tutorial on support vector regression. *Statistics and Computing*, v. 14, p. 199–222, 2004. Kluwer Academic Publishers. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/B:STCO.0000035301.49549.88>. Acesso em 26 de jun. 2024.

SOBREIRO NETO, A. F. et al. Geologia da Folha São Luiz do Paraitinga (SP). *Jornada Sobre a Carta Geológica do Estado de São Paulo*, v. 1, n. 50.000, p. 1, 1983.

STIFF, H. A. The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. *Journal of Petroleum Technology*, v. 3, n. 10, section 1: p. 15–16; section 2: p. 3, 1951.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. Porto Alegre: UFRGS Editora, 2006.

UNESCO. Water for People, Water for Life: UN World Water Development Report. Paris: UNESCO, 2003.

VAPNIK, V. The nature of statistical learning theory. New York: Springer, 1995.

VAPNIK, V. N.; CHERVONENKIS, A. Y. A class of algorithms for pattern recognition learning. *Avtomat. I Telemekh*, v. 25, n. 6, p. 937–945, 1964.

VAPNIK, V. N.; LERNER, A. Y. Recognition of patterns with help of generalized portraits. *Avtomat. I Telemekh*, v. 24, n. 6, p. 774–780, 1963.

VENNERS, B. The making of Python: a conversation with Guido van Rossum, part I. *Artima*, 13 jan. 2003. Disponível em: <https://www.artima.com/articles/the-making-of-python>. Acesso em: 26 jun. 2024.

ZHANG, Y.; SHI, H.; LIU, M. Prediction of water quality using support vector machine. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 135, p. 391–401, 2008.

ANEXOS

UGRHI 06 - Alto Tietê			
Ano	Parâmetro	Valor	Unidade
2024	1,1,1 - Tricloroetano	2,17	µg/L
2024	1,1,1,2 - Tetracloroetano	2,17	µg/L
2024	1,1,2 - Tricloroetano	4,67	µg/L
2024	1,1-Dicloro-1-Propeno	2,17	µg/L
2024	1,1-Dicloroetano	2,17	µg/L
2024	1,1-Dicloroetano	3,00	µg/L
2024	1,2 Dicloroetano	3,00	µg/L
2024	1,2,3-Triclorobenzeno	2,17	µg/L
2024	1,2,3-Tricloropropano	6,00	µg/L
2021	1,2,4-Triclorobenzeno	0,02	µg/L
2022	1,2,4-Triclorobenzeno	0,02	µg/L
2024	1,2,4-Triclorobenzeno	3,00	µg/L
2024	1,2,4-Trimetilbenzeno	2,17	µg/L
2024	1,2-Dibromoetano	4,67	µg/L
2021	1,2-Diclorobenzeno	0,02	µg/L
2022	1,2-Diclorobenzeno	0,02	µg/L
2024	1,2-Diclorobenzeno	2,17	µg/L
2024	1,2-Dicloropropano	2,17	µg/L
2024	1,3,5 Triclorobenzeno	2,17	µg/L
2024	1,3,5-Trimetilbenzeno	2,17	µg/L
2021	1,3-Diclorobenzeno	0,02	µg/L
2022	1,3-Diclorobenzeno	0,02	µg/L
2024	1,3-Diclorobenzeno	2,17	µg/L
2024	1,3-Dicloropropano	2,17	µg/L
2021	1,4-Diclorobenzeno	0,02	µg/L
2022	1,4-Diclorobenzeno	0,03	µg/L
2024	1,4-Diclorobenzeno	2,17	µg/L
2021	1-Propanamina, N-Nitroso	0,02	µg/L
2022	1-Propanamina, N-Nitroso	0,03	µg/L
2021	2,4,5 T	200,00	ng/L
2022	2,4,5 T	200,00	ng/L
2023	2,4,5 T	200,00	ng/L
2024	2,4,5 T	200,00	ng/L
2021	2,4,5 TP	200,00	ng/L
2022	2,4,5 TP	200,00	ng/L
2023	2,4,5 TP	200,00	ng/L
2024	2,4,5 TP	200,00	ng/L
2021	2,4,6-Triclorofenol	0,02	µg/L
2022	2,4,6-Triclorofenol	0,02	µg/L
2021	2,4-D	200,00	ng/L
2022	2,4-D	200,00	ng/L
2023	2,4-D	200,00	ng/L
2024	2,4-D	200,00	ng/L
2021	2,4-Diclorofenol	0,02	µg/L

2022	2,4-Diclorofenol	0,03	µg/L
2021	2,4-Dimetilfenol	0,02	µg/L
2022	2,4-Dimetilfenol	0,03	µg/L
2021	2,4-Dinitrotolueno	0,02	µg/L
2022	2,4-Dinitrotolueno	0,02	µg/L
2021	2,6-Dinitrotolueno	0,02	µg/L
2022	2,6-Dinitrotolueno	0,02	µg/L
2021	2-Clorofenol	0,02	µg/L
2022	2-Clorofenol	0,03	µg/L
2021	2-Cloronaftaleno	0,02	µg/L
2022	2-Cloronaftaleno	0,02	µg/L
2024	2-Clorotolueno	2,17	µg/L
2021	2-Nitrofenol	0,02	µg/L
2022	2-Nitrofenol	0,03	µg/L
2021	4-Bromofenil Fenil Éter	0,02	µg/L
2022	4-Bromofenil Fenil Éter	0,03	µg/L
2021	4-Cloro-3-metil Fenol	0,02	µg/L
2022	4-Cloro-3-metil Fenol	0,02	µg/L
2021	4-Clorofenil Fenil Éter	0,02	µg/L
2022	4-Clorofenil Fenil Éter	0,02	µg/L
2024	4-Clorotolueno	2,17	µg/L
2021	Acenafteno	0,02	µg/L
2022	Acenafteno	0,02	µg/L
2021	Acenaftileno	0,02	µg/L
2022	Acenaftileno	0,02	µg/L
2021	Alacloro	0,01	µg/L
2013	Alcalinidade Total	12,60	mg/L
2014	Alcalinidade Total	12,53	mg/L
2015	Alcalinidade Total	15,05	mg/L
2016	Alcalinidade Total	12,88	mg/L
2017	Alcalinidade Total	12,90	mg/L
2018	Alcalinidade Total	12,86	mg/L
2019	Alcalinidade Total	11,96	mg/L
2020	Alcalinidade Total	15,10	mg/L
2021	Alcalinidade Total	11,10	mg/L
2022	Alcalinidade Total	13,15	mg/L
2023	Alcalinidade Total	20,00	mg/L
2024	Alcalinidade Total	15,80	mg/L
2021	Aldicarbe	20,00	ng/L
2022	Aldicarbe	20,00	ng/L
2023	Aldicarbe	20,00	ng/L
2024	Aldicarbe	20,00	ng/L
2021	Aldicarbe Sulfona	20,00	ng/L
2022	Aldicarbe Sulfona	34,00	ng/L
2023	Aldicarbe Sulfona	20,00	ng/L
2024	Aldicarbe Sulfona	20,00	ng/L
2021	Aldicarbe Sulfóxido	20,00	ng/L

2022	Aldicarbe Sulfóxido	20,00	ng/L
2023	Aldicarbe Sulfóxido	20,00	ng/L
2024	Aldicarbe Sulfóxido	20,00	ng/L
2021	Aldrin	0,00	µg/L
2013	Alumínio Dissolvido	0,12	mg/L
2014	Alumínio Dissolvido	0,13	mg/L
2015	Alumínio Dissolvido	0,14	mg/L
2016	Alumínio Dissolvido	0,22	mg/L
2017	Alumínio Dissolvido	0,22	mg/L
2018	Alumínio Dissolvido	0,12	mg/L
2019	Alumínio Dissolvido	0,16	mg/L
2020	Alumínio Dissolvido	0,14	mg/L
2021	Alumínio Dissolvido	0,16	mg/L
2022	Alumínio Dissolvido	0,17	mg/L
2023	Alumínio Dissolvido	0,19	mg/L
2024	Alumínio Dissolvido	0,14	mg/L
2013	Alumínio Total	2,60	mg/L
2014	Alumínio Total	2,52	mg/L
2015	Alumínio Total	2,62	mg/L
2016	Alumínio Total	1,68	mg/L
2017	Alumínio Total	2,19	mg/L
2018	Alumínio Total	1,29	mg/L
2019	Alumínio Total	1,83	mg/L
2020	Alumínio Total	1,20	mg/L
2021	Alumínio Total	1,03	mg/L
2022	Alumínio Total	1,53	mg/L
2023	Alumínio Total	2,64	mg/L
2024	Alumínio Total	1,27	mg/L
2021	Ametrina	0,40	µg/L
2022	Ametrina	0,40	µg/L
2024	Ametrina	0,40	µg/L
2023	Antimônio	0,00	mg/L
2024	Antimônio	0,00	mg/L
2021	Antraceno	0,02	µg/L
2022	Antraceno	0,02	µg/L
2013	Arsênio Total	0,01	mg/L
2014	Arsênio Total	0,01	mg/L
2015	Arsênio Total	0,01	mg/L
2016	Arsênio Total	0,01	mg/L
2017	Arsênio Total	0,01	mg/L
2018	Arsênio Total	0,01	mg/L
2019	Arsênio Total	0,01	mg/L
2020	Arsênio Total	0,01	mg/L
2021	Arsênio Total	0,01	mg/L
2022	Arsênio Total	0,01	mg/L
2023	Arsênio Total	0,01	mg/L
2024	Arsênio Total	0,01	mg/L

2017	Atividade Estrogênica por BLYES	0,10	ng/L
2018	Atividade Estrogênica por BLYES	0,10	ng/L
2020	Atividade Estrogênica por BLYES	10,40	ng/L
2021	Atividade Estrogênica por BLYES	2,60	ng/L
2021	Atividade Estrogênica por BLYES	2,60	ng/L
2022	Atividade Estrogênica por BLYES	8,76	ng/L
2022	Atividade Estrogênica por BLYES	8,76	ng/L
2024	Atividade Estrogênica por BLYES	1,63	ng/L
2021	Atrazina	0,20	µg/L
2022	Atrazina	0,20	µg/L
2024	Atrazina	0,20	µg/L
2021	Azobenzeno	0,02	µg/L
2022	Azobenzeno	0,02	µg/L
2021	Azoxistrobina	20,00	ng/L
2022	Azoxistrobina	20,00	ng/L
2023	Azoxistrobina	20,00	ng/L
2024	Azoxistrobina	20,00	ng/L
2021	Bentazona	34,50	ng/L
2022	Bentazona	20,00	ng/L
2023	Bentazona	20,00	ng/L
2024	Bentazona	20,00	ng/L
2013	Benzeno	2,50	µg/L
2014	Benzeno	2,50	µg/L
2015	Benzeno	2,50	µg/L
2016	Benzeno	2,50	µg/L
2017	Benzeno	2,50	µg/L
2018	Benzeno	3,49	µg/L
2019	Benzeno	2,50	µg/L
2020	Benzeno	2,50	µg/L
2021	Benzeno	5,63	µg/L
2022	Benzeno	2,50	µg/L
2023	Benzeno	2,50	µg/L
2024	Benzeno	2,23	µg/L
2021	Benzilbutil Ftato	0,02	µg/L
2022	Benzilbutil Ftato	0,12	µg/L
2021	Benzo(a)antraceno	0,02	µg/L
2022	Benzo(a)antraceno	0,02	µg/L
2021	Benzo(a)pireno	0,02	µg/L
2022	Benzo(a)pireno	0,02	µg/L
2021	Benzo(b)fluoranteno	0,02	µg/L
2022	Benzo(b)fluoranteno	0,02	µg/L
2021	Benzo(g,h,i)perileno	0,02	µg/L
2022	Benzo(g,h,i)perileno	0,02	µg/L
2021	Benzo(k)fluoranteno	0,02	µg/L
2022	Benzo(k)fluoranteno	0,02	µg/L
2021	Bis(2-cloroetil) Éter	0,02	µg/L
2022	Bis(2-cloroetil) Éter	0,02	µg/L

2021	Bis(2-cloroetoxi) Metano	0,02	µg/L
2022	Bis(2-cloroetoxi) Metano	0,02	µg/L
2021	Bis(2-cloroisopropil) Éter	0,02	µg/L
2022	Bis(2-cloroisopropil) Éter	0,03	µg/L
2021	Bis(2-etilexil) Ftato	8,00	µg/L
2022	Bis(2-etilexil) Ftato	8,00	µg/L
2024	Bromobenzeno	2,17	µg/L
2024	Bromoclorometano	4,67	µg/L
2024	Bromodiclorometano	2,17	µg/L
2024	Bromofórmio	4,67	µg/L
2013	Bário Total	0,06	mg/L
2014	Bário Total	0,06	mg/L
2015	Bário Total	0,06	mg/L
2016	Bário Total	0,06	mg/L
2017	Bário Total	0,05	mg/L
2018	Bário Total	0,05	mg/L
2019	Bário Total	0,05	mg/L
2020	Bário Total	0,05	mg/L
2021	Bário Total	0,05	mg/L
2022	Bário Total	0,06	mg/L
2023	Bário Total	0,05	mg/L
2024	Bário Total	0,05	mg/L
2021	Cafeína	0,07	µg/L
2022	Cafeína	0,07	µg/L
2021	Carbaril	2,00	ng/L
2022	Carbaril	2,00	ng/L
2023	Carbaril	2,00	ng/L
2024	Carbaril	2,00	ng/L
2021	Carbazole	0,02	µg/L
2022	Carbazole	0,02	µg/L
2021	Carbendazim	20,00	ng/L
2022	Carbendazim	20,00	ng/L
2023	Carbendazim	20,00	ng/L
2024	Carbendazim	20,00	ng/L
2021	Carbofurano	2,00	ng/L
2022	Carbofurano	2,00	ng/L
2024	Carbofurano	2,00	ng/L
2013	Carbono Orgânico Dissolvido	5,74	mg/L
2014	Carbono Orgânico Dissolvido	4,48	mg/L
2015	Carbono Orgânico Dissolvido	7,42	mg/L
2016	Carbono Orgânico Dissolvido	7,42	mg/L
2017	Carbono Orgânico Dissolvido	11,46	mg/L
2018	Carbono Orgânico Dissolvido	13,45	mg/L
2019	Carbono Orgânico Dissolvido	6,68	mg/L
2020	Carbono Orgânico Dissolvido	5,33	mg/L
2021	Carbono Orgânico Dissolvido	4,58	mg/L
2022	Carbono Orgânico Dissolvido	6,67	mg/L

2024	Carbono Orgânico Dissolvido	5,67	mg/L
2013	Carbono Orgânico Total	19,56	mg/L
2014	Carbono Orgânico Total	23,71	mg/L
2015	Carbono Orgânico Total	18,22	mg/L
2016	Carbono Orgânico Total	20,27	mg/L
2017	Carbono Orgânico Total	16,11	mg/L
2018	Carbono Orgânico Total	17,45	mg/L
2019	Carbono Orgânico Total	17,11	mg/L
2020	Carbono Orgânico Total	12,60	mg/L
2021	Carbono Orgânico Total	22,06	mg/L
2022	Carbono Orgânico Total	20,23	mg/L
2023	Carbono Orgânico Total	13,06	mg/L
2024	Carbono Orgânico Total	17,12	mg/L
2024	Carbono Orgânico Total	17,12	mg/L
2021	Carbossulfano	20,00	ng/L
2022	Carbossulfano	20,00	ng/L
2024	Carbossulfano	20,00	ng/L
2013	Chumbo Total	0,01	mg/L
2014	Chumbo Total	0,01	mg/L
2015	Chumbo Total	0,01	mg/L
2016	Chumbo Total	0,01	mg/L
2017	Chumbo Total	0,01	mg/L
2018	Chumbo Total	0,01	mg/L
2019	Chumbo Total	0,01	mg/L
2020	Chumbo Total	0,01	mg/L
2021	Chumbo Total	0,01	mg/L
2022	Chumbo Total	0,01	mg/L
2023	Chumbo Total	0,01	mg/L
2024	Chumbo Total	0,01	mg/L
2023	Cilindrospermopsina	0,54	µg/L
2024	Cilindrospermopsina	0,54	µg/L
2021	Ciproconazol	20,00	ng/L
2022	Ciproconazol	20,00	ng/L
2023	Ciproconazol	20,00	ng/L
2024	Ciproconazol	20,00	ng/L
2013	Cloreto Total	42,81	mg/L
2014	Cloreto Total	64,19	mg/L
2015	Cloreto Total	52,44	mg/L
2016	Cloreto Total	53,96	mg/L
2017	Cloreto Total	46,02	mg/L
2018	Cloreto Total	56,86	mg/L
2019	Cloreto Total	37,66	mg/L
2020	Cloreto Total	38,94	mg/L
2021	Cloreto Total	57,56	mg/L
2022	Cloreto Total	50,61	mg/L
2023	Cloreto Total	31,32	mg/L
2024	Cloreto Total	46,77	mg/L

2024	Cloreto Total	46,77	mg/L
2024	Cloreto de Metileno	2,17	µg/L
2024	Cloreto de vinila	2,00	µg/L
2024	Clorobenzeno	2,17	µg/L
2024	Cloroetano	2,00	µg/L
2013	Clorofila-a	7,00	µg/L
2014	Clorofila-a	5,48	µg/L
2015	Clorofila-a	9,21	µg/L
2016	Clorofila-a	4,48	µg/L
2017	Clorofila-a	6,21	µg/L
2018	Clorofila-a	5,69	µg/L
2019	Clorofila-a	7,20	µg/L
2020	Clorofila-a	9,27	µg/L
2021	Clorofila-a	7,91	µg/L
2022	Clorofila-a	5,37	µg/L
2023	Clorofila-a	2,89	µg/L
2024	Clorofila-a	7,15	mg/L
2024	Clorofila-a	7,15	µg/L
2024	Clorofórmio	2,25	µg/L
2021	Clorpirifos	0,04	µg/L
2022	Clorpirifos	0,04	µg/L
2024	Clorpirifos	0,04	µg/L
2021	Clorpirifós-oxon	0,04	µg/L
2022	Clorpirifós-oxon	0,04	µg/L
2024	Clorpirifós-oxon	0,04	µg/L
2013	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2014	Cobre Dissolvido	0,02	mg/L
2015	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2016	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2017	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2018	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2019	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2020	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2021	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2022	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2023	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2024	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2024	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2013	Cobre Total	0,03	mg/L
2014	Cobre Total	0,07	mg/L
2015	Cobre Total	0,04	mg/L
2016	Cobre Total	0,03	mg/L
2017	Cobre Total	0,02	mg/L
2018	Cobre Total	0,02	mg/L
2019	Cobre Total	0,02	mg/L
2020	Cobre Total	0,02	mg/L
2021	Cobre Total	0,02	mg/L

2022	Cobre Total	0,02	mg/L
2023	Cobre Total	0,01	mg/L
2024	Cobre Total	0,02	mg/L
2024	Cobre Total	0,02	mg/L
2013	Condutividade	413,19	µS/cm
2014	Condutividade	558,86	µS/cm
2015	Condutividade	522,31	µS/cm
2016	Condutividade	507,87	µS/cm
2017	Condutividade	455,58	µS/cm
2018	Condutividade	521,69	µS/cm
2019	Condutividade	369,46	µS/cm
2020	Condutividade	376,41	µS/cm
2021	Condutividade	516,19	µS/cm
2022	Condutividade	461,06	µS/cm
2023	Condutividade	458,44	µS/cm
2024	Condutividade	451,28	mg/L
2024	Condutividade	451,28	µS/cm
2013	Cor Verdadeira	55,67	mg Pt/L
2014	Cor Verdadeira	32,00	mg Pt/L
2015	Cor Verdadeira	51,25	mg Pt/L
2016	Cor Verdadeira	71,80	mg Pt/L
2017	Cor Verdadeira	92,89	mg Pt/L
2018	Cor Verdadeira	70,56	mg Pt/L
2019	Cor Verdadeira	78,55	mg Pt/L
2020	Cor Verdadeira	63,95	mg Pt/L
2021	Cor Verdadeira	24,56	mg Pt/L
2022	Cor Verdadeira	62,90	mg Pt/L
2023	Cor Verdadeira	137,80	mg Pt/L
2024	Cor Verdadeira	53,11	mg/L
2024	Cor Verdadeira	53,11	mg Pt/L
2021	Criseno	0,02	µg/L
2022	Criseno	0,02	µg/L
2014	Cryptosporidium sp	0,10	Oocistos/L
2013	Crômio Total	0,03	mg/L
2014	Crômio Total	0,03	mg/L
2015	Crômio Total	0,03	mg/L
2016	Crômio Total	0,03	mg/L
2017	Crômio Total	0,03	mg/L
2018	Crômio Total	0,02	mg/L
2019	Crômio Total	0,02	mg/L
2020	Crômio Total	0,03	mg/L
2021	Crômio Total	0,03	mg/L
2022	Crômio Total	0,02	mg/L
2023	Crômio Total	0,02	mg/L
2024	Crômio Total	0,02	mg/L
2024	Crômio Total	0,02	mg/L
2013	Cádmio Total	0,00	mg/L

2014	Cádmio Total	0,00	mg/L
2015	Cádmio Total	0,00	mg/L
2016	Cádmio Total	0,00	mg/L
2017	Cádmio Total	0,00	mg/L
2018	Cádmio Total	0,00	mg/L
2019	Cádmio Total	0,00	mg/L
2020	Cádmio Total	0,00	mg/L
2021	Cádmio Total	0,00	mg/L
2022	Cádmio Total	0,00	mg/L
2023	Cádmio Total	0,00	mg/L
2024	Cádmio Total	0,00	mg/L
2024	Cádmio Total	0,00	mg/L
2017	Cálcio Total	18,52	mg/L
2018	Cálcio Total	19,51	mg/L
2019	Cálcio Total	17,94	mg/L
2020	Cálcio Total	16,97	mg/L
2021	Cálcio Total	17,37	mg/L
2022	Cálcio Total	19,73	mg/L
2023	Cálcio Total	17,63	mg/L
2024	Cálcio Total	16,52	mg/L
2024	Cálcio Total	16,52	mg/L
2013	DBO (5, 20)	27,60	mg/L
2014	DBO (5, 20)	36,07	mg/L
2015	DBO (5, 20)	30,07	mg/L
2016	DBO (5, 20)	26,35	mg/L
2017	DBO (5, 20)	35,42	mg/L
2018	DBO (5, 20)	25,69	mg/L
2019	DBO (5, 20)	16,60	mg/L
2020	DBO (5, 20)	5,64	mg/L
2024	DBO (5, 20)	3,28	mg/L
2017	DQO (relativo a carbono)	39,00	mg/L
2021	Demeton O	0,04	µg/L
2022	Demeton O	0,04	µg/L
2024	Demeton O	0,04	µg/L
2021	Demeton S	0,04	µg/L
2022	Demeton S	0,04	µg/L
2024	Demeton S	0,04	µg/L
2021	Di-n-octil Ftalato	0,02	µg/L
2022	Di-n-octil Ftalato	0,12	µg/L
2021	Dibenzo(a,h)antraceno	0,02	µg/L
2022	Dibenzo(a,h)antraceno	0,02	µg/L
2024	Dibromoclorometano	2,17	µg/L
2024	Dibromometano	4,67	µg/L
2021	Dibutil Ftalato	0,50	µg/L
2022	Dibutil Ftalato	0,50	µg/L
2021	Dieldrin	0,00	µg/L
2021	Dietil Ftalato	0,02	µg/L

2022	Dietil Ftalato	0,12	µg/L
2021	Dimetil Ftalato	0,02	µg/L
2022	Dimetil Ftalato	0,03	µg/L
2021	Dimetoato	2,00	ng/L
2022	Dimetoato	2,00	ng/L
2023	Dimetoato	2,00	ng/L
2024	Dimetoato	2,00	ng/L
2021	Diuron	20,00	ng/L
2022	Diuron	20,00	ng/L
2023	Diuron	20,00	ng/L
2024	Diuron	20,00	ng/L
2013	Dureza	19,11	mg/L
2014	Dureza	10,66	mg/L
2015	Dureza	19,10	mg/L
2016	Dureza	19,28	mg/L
2017	Dureza	58,83	mg/L
2018	Dureza	60,50	mg/L
2019	Dureza	56,13	mg/L
2020	Dureza	53,64	mg/L
2021	Dureza	54,18	mg/L
2022	Dureza	61,16	mg/L
2023	Dureza	55,52	mg/L
2024	Dureza	52,34	mg/L
2024	Dureza	52,34	mg/L
2021	Endossulfan I	0,02	µg/L
2021	Endossulfan II	0,02	µg/L
2021	Endossulfan Sulfato	0,02	µg/L
2021	Endrin	0,00	µg/L
2021	Endrin Aldeido	0,02	µg/L
2021	Endrin Cetona	0,02	µg/L
2013	Ensaio Ecotoxicológico com Vibrio fischeri	29,33	EC20(%)
2013	Ensaio Ecotoxicológico com Vibrio fischeri	29,33	EC20(%)
2014	Ensaio Ecotoxicológico com Vibrio fischeri	19,12	EC20(%)
2014	Ensaio Ecotoxicológico com Vibrio fischeri	19,12	EC20(%)
2015	Ensaio Ecotoxicológico com Vibrio fischeri	45,90	EC20(%)
2015	Ensaio Ecotoxicológico com Vibrio fischeri	45,90	EC20(%)
2016	Ensaio Ecotoxicológico com Vibrio fischeri	45,05	EC20(%)
2016	Ensaio Ecotoxicológico com Vibrio fischeri	45,05	EC20(%)

2017	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	57,73	EC20(%)
2017	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	57,73	EC20(%)
2018	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	37,63	EC20(%)
2018	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	37,63	EC20(%)
2019	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	50,92	EC20(%)
2019	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	50,92	EC20(%)
2020	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	61,80	EC20(%)
2020	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	61,80	EC20(%)
2021	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	22,08	EC20(%)
2021	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	22,08	EC20(%)
2022	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	29,83	EC20(%)
2022	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	29,83	EC20(%)
2023	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	73,33	EC20(%)
2023	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	73,33	EC20(%)
2024	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	57,55	EC20(%)
2016	Ensaio de micronúcleos in vitro	1,17	IM
2024	Ensaio de micronúcleos in vitro	1,17	mg/L
2013	<i>Escherichia coli</i>	1235558,77	UFC/100mL
2014	<i>Escherichia coli</i>	1284355,42	UFC/100mL
2015	<i>Escherichia coli</i>	1260831,48	UFC/100mL
2016	<i>Escherichia coli</i>	993229,48	UFC/100mL
2017	<i>Escherichia coli</i>	1000207,15	UFC/100mL
2018	<i>Escherichia coli</i>	999610,98	UFC/100mL
2019	<i>Escherichia coli</i>	991399,63	UFC/100mL
2020	<i>Escherichia coli</i>	448018,25	UFC/100mL
2021	<i>Escherichia coli</i>	1622243,69	UFC/100mL
2022	<i>Escherichia coli</i>	1475046,16	UFC/100mL
2023	<i>Escherichia coli</i>	557861,00	UFC/100mL
2024	<i>Escherichia coli</i>	1522437,04	mg/L
2024	<i>Escherichia coli</i>	1522437,04	UFC/100mL
2024	<i>Escherichia coli</i>	1522437,04	UFC/100mL
2013	Estireno	2,50	µg/L

2014	Estireno	5,00	µg/L
2015	Estireno	5,00	µg/L
2016	Estireno	5,00	µg/L
2017	Estireno	5,00	µg/L
2018	Estireno	6,98	µg/L
2019	Estireno	5,00	µg/L
2020	Estireno	5,00	µg/L
2021	Estireno	11,25	µg/L
2022	Estireno	5,00	µg/L
2023	Estireno	5,00	µg/L
2024	Estireno	3,40	µg/L
2021	Etil Paration	0,02	µg/L
2022	Etil Paration	0,02	µg/L
2024	Etil Paration	0,02	µg/L
2013	Etilbenzeno	3,69	µg/L
2014	Etilbenzeno	2,76	µg/L
2015	Etilbenzeno	2,50	µg/L
2016	Etilbenzeno	4,01	µg/L
2017	Etilbenzeno	5,01	µg/L
2018	Etilbenzeno	3,49	µg/L
2019	Etilbenzeno	2,50	µg/L
2020	Etilbenzeno	2,50	µg/L
2021	Etilbenzeno	5,63	µg/L
2022	Etilbenzeno	2,52	µg/L
2023	Etilbenzeno	2,50	µg/L
2024	Etilbenzeno	2,23	µg/L
2021	Fenantreno	0,02	µg/L
2022	Fenantreno	0,02	µg/L
2021	Fenol	0,02	µg/L
2022	Fenol	0,02	µg/L
2013	Fenóis Totais	0,03	mg/L
2014	Fenóis Totais	0,09	mg/L
2015	Fenóis Totais	0,08	mg/L
2016	Fenóis Totais	0,02	mg/L
2017	Fenóis Totais	0,02	mg/L
2018	Fenóis Totais	0,10	mg/L
2019	Fenóis Totais	0,01	mg/L
2020	Fenóis Totais	0,01	mg/L
2021	Fenóis Totais	0,03	mg/L
2022	Fenóis Totais	0,07	mg/L
2023	Fenóis Totais	0,01	mg/L
2024	Fenóis Totais	0,03	mg/L
2024	Fenóis Totais	0,03	mg/L
2013	Feofitina-a	2,81	µg/L
2014	Feofitina-a	1,71	µg/L
2015	Feofitina-a	2,82	µg/L
2016	Feofitina-a	1,99	µg/L

2017	Feofitina-a	2,40	µg/L
2018	Feofitina-a	2,24	µg/L
2019	Feofitina-a	2,09	µg/L
2020	Feofitina-a	2,95	µg/L
2021	Feofitina-a	2,44	µg/L
2022	Feofitina-a	1,65	µg/L
2023	Feofitina-a	1,06	µg/L
2024	Feofitina-a	2,20	µg/L
2013	Ferro Dissolvido	0,99	mg/L
2014	Ferro Dissolvido	1,40	mg/L
2015	Ferro Dissolvido	0,71	mg/L
2016	Ferro Dissolvido	0,92	mg/L
2017	Ferro Dissolvido	0,68	mg/L
2018	Ferro Dissolvido	0,67	mg/L
2019	Ferro Dissolvido	0,86	mg/L
2020	Ferro Dissolvido	0,77	mg/L
2021	Ferro Dissolvido	0,70	mg/L
2022	Ferro Dissolvido	0,73	mg/L
2023	Ferro Dissolvido	0,82	mg/L
2024	Ferro Dissolvido	0,68	mg/L
2013	Ferro Total	3,21	mg/L
2014	Ferro Total	3,79	mg/L
2015	Ferro Total	3,14	mg/L
2016	Ferro Total	2,47	mg/L
2017	Ferro Total	2,64	mg/L
2018	Ferro Total	1,84	mg/L
2019	Ferro Total	2,43	mg/L
2020	Ferro Total	2,25	mg/L
2021	Ferro Total	1,69	mg/L
2022	Ferro Total	2,00	mg/L
2023	Ferro Total	2,58	mg/L
2024	Ferro Total	1,73	mg/L
2021	Fipronil	2,00	ng/L
2022	Fipronil	2,00	ng/L
2023	Fipronil	2,00	ng/L
2024	Fipronil	2,00	ng/L
2021	Fluasifope p-butilico	20,00	ng/L
2022	Fluasifope p-butilico	20,00	ng/L
2023	Fluasifope p-butilico	20,00	ng/L
2024	Fluasifope p-butilico	20,00	ng/L
2021	Fluoranteno	0,02	µg/L
2022	Fluoranteno	0,02	µg/L
2021	Fluoreno	0,02	µg/L
2022	Fluoreno	0,02	µg/L
2017	Fluoreto Total	0,27	mg/L
2018	Fluoreto Total	0,24	mg/L
2019	Fluoreto Total	0,18	mg/L

2020	Fluoreto Total	0,34	mg/L
2021	Fluoreto Total	0,40	mg/L
2022	Fluoreto Total	0,82	mg/L
2023	Fluoreto Total	1,00	mg/L
2024	Fluoreto Total	0,50	mg/L
2024	Fluoreto Total	0,50	mg/L
2013	Fósforo Total	0,90	mg/L
2014	Fósforo Total	1,09	mg/L
2015	Fósforo Total	1,15	mg/L
2016	Fósforo Total	1,12	mg/L
2017	Fósforo Total	1,15	mg/L
2018	Fósforo Total	1,32	mg/L
2019	Fósforo Total	0,87	mg/L
2020	Fósforo Total	0,58	mg/L
2021	Fósforo Total	1,24	mg/L
2022	Fósforo Total	1,19	mg/L
2023	Fósforo Total	0,62	mg/L
2024	Fósforo Total	1,45	mg/L
2024	Fósforo Total	1,45	mg/L
2018	Fósforo-Ortofosfato	0,44	mg/L
2019	Fósforo-Ortofosfato	0,29	mg/L
2020	Fósforo-Ortofosfato	0,23	mg/L
2021	Fósforo-Ortofosfato	0,53	mg/L
2022	Fósforo-Ortofosfato	0,44	mg/L
2023	Fósforo-Ortofosfato	0,24	mg/L
2024	Fósforo-Ortofosfato	1,64	mg/L
2024	Fósforo-Ortofosfato	1,64	mg/L
2020	GR-Calux	6,50	ng/L
2021	GR-Calux	4,35	ng/L
2022	GR-Calux	6,50	ng/L
2023	GR-Calux	22,00	ng/L
2024	Gadolinio antrópico	86,07	ng/L
2014	Giardia sp	0,10	Cistos/L
2021	Gution	0,01	µg/L
2022	Gution	0,01	µg/L
2024	Gution	0,01	µg/L
2021	Heptacloro	0,01	µg/L
2021	Heptacloro Epóxido	0,01	µg/L
2021	Hexaclorobenzeno	0,01	µg/L
2022	Hexaclorobenzeno	0,02	µg/L
2021	Hexaclorobutadieno	0,02	µg/L
2022	Hexaclorobutadieno	0,02	µg/L
2024	Hexaclorobutadieno	3,00	µg/L
2021	Hexaclorociclopentadieno	0,02	µg/L
2022	Hexaclorociclopentadieno	0,02	µg/L
2021	Hexacloroetano	0,02	µg/L
2022	Hexacloroetano	0,02	µg/L

2021	Imidacloprido	20,00	ng/L
2022	Imidacloprido	20,00	ng/L
2023	Imidacloprido	20,00	ng/L
2024	Imidacloprido	20,00	ng/L
2021	Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,02	µg/L
2022	Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,02	µg/L
2021	Isoforone	0,02	µg/L
2022	Isoforone	0,02	µg/L
2024	Isopropilbenzeno	2,17	µg/L
2016	Leitura da Régua (m)	1,69	m
2017	Leitura da Régua (m)	1,94	m
2018	Leitura da Régua (m)	1,84	m
2019	Leitura da Régua (m)	2,27	m
2020	Leitura da Régua (m)	2,80	m
2021	Leitura da Régua (m)	1,74	m
2022	Leitura da Régua (m)	2,31	m
2023	Leitura da Régua (m)	2,35	m
2024	Leitura da Régua (m)	2,13	m
2021	Lindano	0,01	µg/L
2021	MCPA	200,00	ng/L
2022	MCPA	200,00	ng/L
2023	MCPA	200,00	ng/L
2024	MCPA	200,00	ng/L
2017	Magnésio Total	2,99	mg/L
2018	Magnésio Total	2,87	mg/L
2019	Magnésio Total	2,75	mg/L
2020	Magnésio Total	2,75	mg/L
2021	Magnésio Total	2,62	mg/L
2022	Magnésio Total	2,89	mg/L
2023	Magnésio Total	2,80	mg/L
2024	Magnésio Total	2,66	mg/L
2021	Malation	0,04	µg/L
2022	Malation	0,04	µg/L
2024	Malation	0,04	µg/L
2013	Manganês Total	0,19	mg/L
2014	Manganês Total	0,18	mg/L
2015	Manganês Total	0,23	mg/L
2016	Manganês Total	0,17	mg/L
2017	Manganês Total	0,16	mg/L
2018	Manganês Total	0,15	mg/L
2019	Manganês Total	0,14	mg/L
2020	Manganês Total	0,16	mg/L
2021	Manganês Total	0,15	mg/L
2022	Manganês Total	0,14	mg/L
2023	Manganês Total	0,13	mg/L
2024	Manganês Total	0,13	mg/L
2013	Mercurio Total	0,00	mg/L

2014	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2015	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2016	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2017	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2018	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2019	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2020	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2021	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2022	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2023	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2024	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2021	Metolacoloro	0,10	µg/L
2021	Metomil	2,00	ng/L
2022	Metomil	2,00	ng/L
2023	Metomil	2,00	ng/L
2024	Metomil	2,00	ng/L
2021	Metoxicloro	0,01	µg/L
2023	Microcistinas	0,15	µg/L
2024	Microcistinas	0,15	µg/L
2021	Mirex	0,00	µg/L
2021	Molinato	0,10	µg/L
2022	Molinato	0,10	µg/L
2024	Molinato	0,10	µg/L
2021	Naftaleno	0,02	µg/L
2022	Naftaleno	0,03	µg/L
2024	Naftaleno	2,00	µg/L
2021	Nitrobenzeno	0,02	µg/L
2022	Nitrobenzeno	0,03	µg/L
2013	Nitrogênio Amoniacal	7,76	mg/L
2014	Nitrogênio Amoniacal	11,29	mg/L
2015	Nitrogênio Amoniacal	8,11	mg/L
2016	Nitrogênio Amoniacal	9,53	mg/L
2017	Nitrogênio Amoniacal	9,07	mg/L
2018	Nitrogênio Amoniacal	10,68	mg/L
2019	Nitrogênio Amoniacal	6,81	mg/L
2020	Nitrogênio Amoniacal	5,99	mg/L
2021	Nitrogênio Amoniacal	10,38	mg/L
2022	Nitrogênio Amoniacal	10,11	mg/L
2023	Nitrogênio Amoniacal	5,25	mg/L
2024	Nitrogênio Amoniacal	11,04	mg/L
2024	Nitrogênio Amoniacal	11,04	mg/L
2013	Nitrogênio Kjeldahl	9,91	mg/L
2014	Nitrogênio Kjeldahl	13,15	mg/L
2015	Nitrogênio Kjeldahl	12,28	mg/L
2019	Nitrogênio Kjeldahl	11,51	mg/L
2020	Nitrogênio Kjeldahl	9,08	mg/L
2021	Nitrogênio Kjeldahl	15,35	mg/L

2022	Nitrogênio Kjeldahl	13,09	mg/L
2023	Nitrogênio Kjeldahl	6,98	mg/L
2024	Nitrogênio Kjeldahl	13,18	mg/L
2024	Nitrogênio Kjeldahl	13,18	mg/L
2016	Nitrogênio Total	12,46	mg/L
2017	Nitrogênio Total	11,94	mg/L
2018	Nitrogênio Total	14,21	mg/L
2019	Nitrogênio Total	5,04	mg/L
2022	Nitrogênio Total	19,39	mg/L
2024	Nitrogênio Total	0,94	mg/L
2013	Nitrogênio-Nitrato	0,24	mg/L
2014	Nitrogênio-Nitrato	0,21	mg/L
2015	Nitrogênio-Nitrato	0,33	mg/L
2016	Nitrogênio-Nitrato	0,27	mg/L
2017	Nitrogênio-Nitrato	0,29	mg/L
2018	Nitrogênio-Nitrato	0,21	mg/L
2019	Nitrogênio-Nitrato	0,21	mg/L
2020	Nitrogênio-Nitrato	0,38	mg/L
2021	Nitrogênio-Nitrato	0,20	mg/L
2022	Nitrogênio-Nitrato	0,48	mg/L
2023	Nitrogênio-Nitrato	0,28	mg/L
2024	Nitrogênio-Nitrato	0,18	mg/L
2024	Nitrogênio-Nitrato	0,18	mg/L
2013	Nitrogênio-Nitrato	0,08	mg/L
2014	Nitrogênio-Nitrato	0,12	mg/L
2015	Nitrogênio-Nitrato	0,11	mg/L
2016	Nitrogênio-Nitrato	0,11	mg/L
2017	Nitrogênio-Nitrato	0,13	mg/L
2018	Nitrogênio-Nitrato	0,14	mg/L
2019	Nitrogênio-Nitrato	0,14	mg/L
2020	Nitrogênio-Nitrato	0,04	mg/L
2021	Nitrogênio-Nitrato	0,02	mg/L
2022	Nitrogênio-Nitrato	0,04	mg/L
2023	Nitrogênio-Nitrato	0,03	mg/L
2024	Nitrogênio-Nitrato	0,09	mg/L
2024	Nitrogênio-Nitrato	0,09	mg/L
2013	Níquel Total	0,03	mg/L
2014	Níquel Total	0,09	mg/L
2015	Níquel Total	0,04	mg/L
2016	Níquel Total	0,04	mg/L
2017	Níquel Total	0,02	mg/L
2018	Níquel Total	0,02	mg/L
2019	Níquel Total	0,02	mg/L
2020	Níquel Total	0,02	mg/L
2021	Níquel Total	0,02	mg/L
2022	Níquel Total	0,03	mg/L
2023	Níquel Total	0,02	mg/L

2024	Níquel Total	0,02	mg/L
2023	Número de Células de Cianobactérias	1348,50	N. Células/mL
2024	Número de Células de Cianobactérias	1348,50	N. Células/mL
2013	Oxigênio Dissolvido	2,18	mg/L
2014	Oxigênio Dissolvido	1,76	mg/L
2015	Oxigênio Dissolvido	1,50	mg/L
2016	Oxigênio Dissolvido	1,87	mg/L
2017	Oxigênio Dissolvido	1,64	mg/L
2018	Oxigênio Dissolvido	1,56	mg/L
2019	Oxigênio Dissolvido	1,97	mg/L
2020	Oxigênio Dissolvido	2,08	mg/L
2021	Oxigênio Dissolvido	1,84	mg/L
2022	Oxigênio Dissolvido	1,62	mg/L
2023	Oxigênio Dissolvido	1,30	mg/L
2024	Oxigênio Dissolvido	1,54	mg/L
2024	Oxigênio Dissolvido	1,54	mg/L
2021	Paration Metílico	0,04	µg/L
2022	Paration Metílico	0,04	µg/L
2024	Paration Metílico	0,04	µg/L
2021	Pendimetalina	0,20	µg/L
2022	Pendimetalina	0,20	µg/L
2024	Pendimetalina	0,20	µg/L
2021	Pentaclorobenzeno	0,01	µg/L
2021	Pentaclorofenol	0,02	µg/L
2022	Pentaclorofenol	0,02	µg/L
2021	Pireno	0,02	µg/L
2022	Pireno	0,02	µg/L
2013	Potencial de Formação de THM	533,25	µg/L
2014	Potencial de Formação de THM	393,75	µg/L
2015	Potencial de Formação de THM	594,00	µg/L
2016	Potencial de Formação de THM	678,88	µg/L
2017	Potencial de Formação de THM	614,25	µg/L
2018	Potencial de Formação de THM	535,38	µg/L
2019	Potencial de Formação de THM	898,33	µg/L
2020	Potencial de Formação de THM	571,50	µg/L
2021	Potencial de Formação de THM	310,50	µg/L
2022	Potencial de Formação de THM	669,13	µg/L
2024	Potencial de Formação de THM	454,56	mg/L
2024	Potencial de Formação de THM	454,56	µg/L
2013	Potássio	9,55	mg/L
2014	Potássio	11,25	mg/L
2015	Potássio	11,79	mg/L
2016	Potássio	10,78	mg/L
2017	Potássio	9,61	mg/L
2018	Potássio	10,66	mg/L

2019	Potássio	9,04	mg/L
2020	Potássio	7,17	mg/L
2021	Potássio	9,94	mg/L
2022	Potássio	9,66	mg/L
2023	Potássio	7,58	mg/L
2024	Potássio	9,55	mg/L
2021	Profenofós	0,04	µg/L
2022	Profenofós	0,04	µg/L
2024	Profenofós	0,04	µg/L
2018	Profundidade da Coleta	0,00	m
2019	Profundidade da Coleta	0,00	m
2020	Profundidade da Coleta	0,00	m
2021	Profundidade da Coleta	0,00	m
2022	Profundidade da Coleta	0,00	m
2023	Profundidade da Coleta	0,00	m
2024	Profundidade da Coleta	0,00	m
2024	Profundidade da Coleta	0,00	m
2021	Propanil	0,80	µg/L
2022	Propanil	0,80	µg/L
2024	Propanil	0,80	µg/L
2023	Saxitoxina	0,04	µg/L
2024	Saxitoxina	0,04	µg/L
2023	Selênio Total	0,01	mg/L
2024	Selênio Total	0,01	mg/L
2021	Simazina	0,10	µg/L
2022	Simazina	0,10	µg/L
2024	Simazina	0,10	µg/L
2013	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	1,29	mg/L
2014	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	1,81	mg/L
2015	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	1,97	mg/L
2016	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	2,15	mg/L
2017	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	2,02	mg/L
2018	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	2,01	mg/L
2019	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	1,56	mg/L
2020	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,50	mg/L
2021	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,78	mg/L
2022	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	1,54	mg/L

2023	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,78	mg/L
2024	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	1,07	mg/L
2024	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	1,07	mg/L
2017	Sulfato Total	34,15	mg/L
2018	Sulfato Total	38,67	mg/L
2019	Sulfato Total	28,90	mg/L
2020	Sulfato Total	29,37	mg/L
2021	Sulfato Total	32,99	mg/L
2022	Sulfato Total	34,60	mg/L
2023	Sulfato Total	25,37	mg/L
2024	Sulfato Total	30,33	mg/L
2024	Sulfato Total	30,33	mg/L
2013	Sódio	45,81	mg/L
2014	Sódio	65,20	mg/L
2015	Sódio	65,14	mg/L
2016	Sódio	60,17	mg/L
2017	Sódio	45,85	mg/L
2018	Sódio	58,55	mg/L
2019	Sódio	39,93	mg/L
2020	Sódio	35,98	mg/L
2021	Sódio	54,53	mg/L
2022	Sódio	51,90	mg/L
2023	Sódio	31,46	mg/L
2024	Sódio	49,87	mg/L
2013	Sólido Dissolvido Total	250,52	mg/L
2014	Sólido Dissolvido Total	331,69	mg/L
2015	Sólido Dissolvido Total	311,04	mg/L
2016	Sólido Dissolvido Total	289,21	mg/L
2017	Sólido Dissolvido Total	262,96	mg/L
2018	Sólido Dissolvido Total	305,17	mg/L
2019	Sólido Dissolvido Total	223,92	mg/L
2020	Sólido Dissolvido Total	228,06	mg/L
2021	Sólido Dissolvido Total	281,38	mg/L
2022	Sólido Dissolvido Total	256,31	mg/L
2023	Sólido Dissolvido Total	193,38	mg/L
2024	Sólido Dissolvido Total	253,28	mg/L
2020	Sólido Suspenso Total	100,00	mg/L
2021	Sólido Suspenso Total	100,25	mg/L
2022	Sólido Suspenso Total	106,00	mg/L
2023	Sólido Suspenso Total	100,00	mg/L
2024	Sólido Suspenso Total	100,00	mg/L
2013	Sólido Total	305,54	mg/L
2014	Sólido Total	372,15	mg/L
2015	Sólido Total	350,08	mg/L

2016	Sólido Total	317,46	mg/L
2017	Sólido Total	305,17	mg/L
2018	Sólido Total	329,67	mg/L
2019	Sólido Total	256,00	mg/L
2020	Sólido Total	249,38	mg/L
2021	Sólido Total	316,84	mg/L
2022	Sólido Total	297,88	mg/L
2023	Sólido Total	221,38	mg/L
2024	Sólido Total	278,25	mg/L
2016	TA98 + S9	0,00	Revertentes/L
2020	TA98 + S9	0,00	Revertentes/L
2021	TA98 + S9	167,50	Revertentes/L
2022	TA98 + S9	457,50	Revertentes/L
2024	TA98 + S9	0,00	Revertentes/L
2016	TA98 - S9	160,00	Revertentes/L
2020	TA98 - S9	370,00	Revertentes/L
2021	TA98 - S9	260,00	Revertentes/L
2022	TA98 - S9	517,50	Revertentes/L
2024	TA98 - S9	160,00	Revertentes/L
2021	Tebuconazol	20,00	ng/L
2022	Tebuconazol	20,00	ng/L
2023	Tebuconazol	20,00	ng/L
2024	Tebuconazol	20,00	ng/L
2021	Tebutiuron	20,00	ng/L
2022	Tebutiuron	20,00	ng/L
2023	Tebutiuron	20,00	ng/L
2024	Tebutiuron	20,00	ng/L
2013	Temperatura da Água	21,52	°C
2014	Temperatura da Água	22,82	°C
2015	Temperatura da Água	22,85	°C
2016	Temperatura da Água	22,11	°C
2017	Temperatura da Água	21,95	°C
2018	Temperatura da Água	21,48	°C
2019	Temperatura da Água	21,63	°C
2020	Temperatura da Água	22,54	°C
2021	Temperatura da Água	21,91	°C
2022	Temperatura da Água	20,93	°C
2023	Temperatura da Água	22,38	°C
2024	Temperatura da Água	22,91	°C
2013	Temperatura do Ar	22,15	°C
2014	Temperatura do Ar	24,75	°C
2015	Temperatura do Ar	24,33	°C
2016	Temperatura do Ar	23,97	°C
2017	Temperatura do Ar	23,43	°C
2018	Temperatura do Ar	22,89	°C
2019	Temperatura do Ar	23,88	°C
2020	Temperatura do Ar	23,98	°C

2021	Temperatura do Ar	22,41	°C
2022	Temperatura do Ar	21,02	°C
2023	Temperatura do Ar	23,87	°C
2024	Temperatura do Ar	25,39	°C
2024	Temperatura do Ar	25,39	°C
2021	Terbufós	0,04	µg/L
2022	Terbufós	0,04	µg/L
2024	Terbufós	0,04	µg/L
2024	Tetracloreto de Carbono	1,67	µg/L
2024	Tetracloroeteno	2,17	µg/L
2021	Thiametoxan	20,00	ng/L
2022	Thiametoxan	20,00	ng/L
2023	Thiametoxan	20,00	ng/L
2024	Thiametoxan	20,00	ng/L
2021	Thiodicarb	2,00	ng/L
2022	Thiodicarb	2,00	ng/L
2023	Thiodicarb	2,00	ng/L
2024	Thiodicarb	2,00	ng/L
2013	Tolueno	15,86	µg/L
2014	Tolueno	20,91	µg/L
2015	Tolueno	20,92	µg/L
2016	Tolueno	17,87	µg/L
2017	Tolueno	32,28	µg/L
2018	Tolueno	26,73	µg/L
2019	Tolueno	29,95	µg/L
2020	Tolueno	5,82	µg/L
2021	Tolueno	26,65	µg/L
2022	Tolueno	14,03	µg/L
2023	Tolueno	3,90	µg/L
2024	Tolueno	20,60	µg/L
2021	Trichlorfon	200,00	ng/L
2022	Trichlorfon	200,00	ng/L
2023	Trichlorfon	200,00	ng/L
2024	Trichlorfon	200,00	ng/L
2024	Tricloroeteno	2,17	µg/L
2024	Triclorofluormetano	2,00	µg/L
2021	Trifluralina	0,01	µg/L
2013	Turbidez	41,34	UNT
2014	Turbidez	39,67	UNT
2015	Turbidez	29,86	UNT
2016	Turbidez	37,13	UNT
2017	Turbidez	43,59	UNT
2018	Turbidez	25,80	UNT
2019	Turbidez	25,25	UNT
2020	Turbidez	12,78	UNT
2021	Turbidez	32,30	UNT
2022	Turbidez	33,54	UNT

2023	Turbidez	35,29	UNT
2024	Turbidez	29,60	UNT
2014	Vazão (m3/s)	48,90	m3/s
2015	Vazão (m3/s)	18,61	m3/s
2016	Vazão (m3/s)	26,63	m3/s
2017	Vazão (m3/s)	19,00	m3/s
2018	Vazão (m3/s)	22,95	m3/s
2019	Vazão (m3/s)	33,37	m3/s
2020	Vazão (m3/s)	38,02	m3/s
2021	Vazão (m3/s)	21,14	m3/s
2022	Vazão (m3/s)	23,54	m3/s
2024	Vazão (m3/s)	4,71	m3/s
2013	Zinco Total	0,32	mg/L
2014	Zinco Total	0,44	mg/L
2015	Zinco Total	0,21	mg/L
2016	Zinco Total	0,21	mg/L
2017	Zinco Total	0,11	mg/L
2018	Zinco Total	0,09	mg/L
2019	Zinco Total	0,08	mg/L
2020	Zinco Total	0,08	mg/L
2021	Zinco Total	0,10	mg/L
2022	Zinco Total	0,10	mg/L
2023	Zinco Total	0,14	mg/L
2024	Zinco Total	0,19	mg/L
2021	alfa-Hexaclorociclohexano	0,01	µg/L
2021	beta-Hexaclorociclohexano	0,01	µg/L
2021	cis Clordano	0,02	µg/L
2024	cis-1,2-Dicloroeteno	2,17	µg/L
2021	cis-Permetrina	0,10	µg/L
2021	delta-Hexaclorociclohexano	0,02	µg/L
2013	m,p-Xileno	7,09	µg/L
2014	m,p-Xileno	5,51	µg/L
2015	m,p-Xileno	5,00	µg/L
2016	m,p-Xileno	5,31	µg/L
2017	m,p-Xileno	10,69	µg/L
2018	m,p-Xileno	6,98	µg/L
2019	m,p-Xileno	5,00	µg/L
2020	m,p-Xileno	5,00	µg/L
2021	m,p-Xileno	11,25	µg/L
2022	m,p-Xileno	5,04	µg/L
2023	m,p-Xileno	5,00	µg/L
2024	m,p-Xileno	4,47	µg/L
2024	n-Butilbenzeno	2,17	µg/L
2024	n-Propilbenzeno	2,17	µg/L
2013	o-Xileno	2,95	µg/L
2014	o-Xileno	2,50	µg/L
2015	o-Xileno	2,50	µg/L

2016	o-Xileno	3,44	µg/L
2017	o-Xileno	5,36	µg/L
2018	o-Xileno	3,49	µg/L
2019	o-Xileno	2,50	µg/L
2020	o-Xileno	2,50	µg/L
2021	o-Xileno	5,63	µg/L
2022	o-Xileno	2,50	µg/L
2023	o-Xileno	2,50	µg/L
2024	o-Xileno	2,23	µg/L
2024	p-Isopropiltolueno	2,17	µg/L
2013	pH	6,90	
2014	pH	6,95	
2015	pH	6,94	
2016	pH	6,89	
2017	pH	6,98	
2018	pH	7,01	
2019	pH	6,77	
2020	pH	6,90	
2021	pH	7,04	
2022	pH	6,93	
2023	pH	6,78	
2024	pH	6,91	
2021	pp' DDD	0,00	µg/L
2021	pp' DDE	0,00	µg/L
2021	pp' DDT	0,01	µg/L
2024	sec-Butilbenzeno	2,17	µg/L
2024	terc-Butilbenzeno	2,17	µg/L
2021	trans Clordano	0,02	µg/L
2024	trans-1,2-Dicloroetano	2,17	µg/L
2021	trans-Permetrina	0,10	µg/L
2013	Óleos e Graxas	10,46	mg/L
2014	Óleos e Graxas	10,67	mg/L
2015	Óleos e Graxas	11,58	mg/L
2016	Óleos e Graxas	11,63	mg/L
2017	Óleos e Graxas	10,58	mg/L
2018	Óleos e Graxas	10,67	mg/L
2019	Óleos e Graxas	8,04	mg/L
2020	Óleos e Graxas	7,00	mg/L
2021	Óleos e Graxas	8,94	mg/L
2022	Óleos e Graxas	10,01	mg/L
2023	Óleos e Graxas	10,00	mg/L
2024	Óleos e Graxas	10,00	mg/L
2024	Óleos e Graxas	10,00	mg/L

UGRHI 10 - Médio Tietê/ Sorocaba			
Ano	Parâmetro	Valor	Unidade
2013	Alumínio Dissolvido	0,10	mg/L
2014	Alumínio Dissolvido	0,13	mg/L
2015	Alumínio Dissolvido	0,15	mg/L
2016	Alumínio Dissolvido	0,19	mg/L
2017	Alumínio Dissolvido	0,15	mg/L
2018	Alumínio Dissolvido	0,17	mg/L
2019	Alumínio Dissolvido	0,12	mg/L
2020	Alumínio Dissolvido	0,17	mg/L
2021	Alumínio Dissolvido	0,17	mg/L
2022	Alumínio Dissolvido	0,12	mg/L
2023	Alumínio Dissolvido	0,16	mg/L
2024	Alumínio Dissolvido	0,13	mg/L
2013	Alumínio Total	3,14	mg/L
2014	Alumínio Total	2,80	mg/L
2015	Alumínio Total	1,90	mg/L
2016	Alumínio Total	2,84	mg/L
2017	Alumínio Total	0,72	mg/L
2018	Alumínio Total	1,20	mg/L
2019	Alumínio Total	2,15	mg/L
2020	Alumínio Total	2,90	mg/L
2021	Alumínio Total	1,01	mg/L
2022	Alumínio Total	0,63	mg/L
2023	Alumínio Total	9,27	mg/L
2024	Alumínio Total	1,17	mg/L
2014	Arsênio Total	0,01	mg/L
2015	Arsênio Total	0,01	mg/L
2018	Arsênio Total	0,01	mg/L
2013	Boro Total	0,27	mg/L
2014	Boro Total	0,27	mg/L
2015	Boro Total	0,27	mg/L
2016	Boro Total	0,27	mg/L
2017	Boro Total	0,27	mg/L
2018	Boro Total	0,16	mg/L
2019	Boro Total	0,27	mg/L
2020	Boro Total	0,27	mg/L
2021	Boro Total	0,38	mg/L
2022	Boro Total	0,27	mg/L
2023	Boro Total	0,27	mg/L
2024	Boro Total	0,03	mg/L
2013	Bário Total	0,08	mg/L
2014	Bário Total	0,06	mg/L
2015	Bário Total	0,06	mg/L
2016	Bário Total	0,06	mg/L
2017	Bário Total	0,05	mg/L

2018	Bário Total	0,06	mg/L
2019	Bário Total	0,06	mg/L
2020	Bário Total	0,06	mg/L
2021	Bário Total	0,04	mg/L
2022	Bário Total	0,05	mg/L
2023	Bário Total	0,09	mg/L
2024	Bário Total	0,05	mg/L
2017	Carbono Orgânico Dissolvido	7,17	mg/L
2018	Carbono Orgânico Dissolvido	7,86	mg/L
2013	Carbono Orgânico Total	9,97	mg/L
2014	Carbono Orgânico Total	12,78	mg/L
2015	Carbono Orgânico Total	10,64	mg/L
2016	Carbono Orgânico Total	10,78	mg/L
2017	Carbono Orgânico Total	9,96	mg/L
2018	Carbono Orgânico Total	11,14	mg/L
2019	Carbono Orgânico Total	10,69	mg/L
2020	Carbono Orgânico Total	11,70	mg/L
2021	Carbono Orgânico Total	10,93	mg/L
2022	Carbono Orgânico Total	11,98	mg/L
2023	Carbono Orgânico Total	9,48	mg/L
2024	Carbono Orgânico Total	10,04	mg/L
2013	Chumbo Total	0,01	mg/L
2014	Chumbo Total	0,01	mg/L
2015	Chumbo Total	0,01	mg/L
2016	Chumbo Total	0,01	mg/L
2017	Chumbo Total	0,01	mg/L
2018	Chumbo Total	0,01	mg/L
2019	Chumbo Total	0,01	mg/L
2020	Chumbo Total	0,01	mg/L
2021	Chumbo Total	0,01	mg/L
2022	Chumbo Total	0,01	mg/L
2023	Chumbo Total	0,01	mg/L
2024	Chumbo Total	0,01	mg/L
2013	Cloreto Total	36,10	mg/L
2014	Cloreto Total	50,16	mg/L
2015	Cloreto Total	41,48	mg/L
2016	Cloreto Total	28,78	mg/L
2017	Cloreto Total	34,69	mg/L
2018	Cloreto Total	41,76	mg/L
2019	Cloreto Total	35,99	mg/L
2020	Cloreto Total	35,20	mg/L
2021	Cloreto Total	52,79	mg/L
2022	Cloreto Total	50,95	mg/L
2023	Cloreto Total	26,45	mg/L
2024	Cloreto Total	35,91	mg/L
2013	Clorofila-a	19,63	µg/L
2014	Clorofila-a	53,24	µg/L

2015	Clorofila-a	27,12	µg/L
2016	Clorofila-a	21,19	µg/L
2017	Clorofila-a	33,55	µg/L
2018	Clorofila-a	24,99	µg/L
2019	Clorofila-a	29,74	µg/L
2020	Clorofila-a	24,07	µg/L
2021	Clorofila-a	73,36	µg/L
2022	Clorofila-a	43,54	µg/L
2023	Clorofila-a	20,12	µg/L
2024	Clorofila-a	70,43	µg/L
2013	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2014	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2015	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2016	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2017	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2018	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2019	Cobre Dissolvido	0,00	mg/L
2020	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2021	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2022	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2023	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2024	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2013	Cobre Total	0,02	mg/L
2014	Cobre Total	0,01	mg/L
2015	Cobre Total	0,01	mg/L
2016	Cobre Total	0,02	mg/L
2017	Cobre Total	0,01	mg/L
2018	Cobre Total	0,02	mg/L
2019	Cobre Total	0,02	mg/L
2020	Cobre Total	0,01	mg/L
2021	Cobre Total	0,01	mg/L
2022	Cobre Total	0,01	mg/L
2023	Cobre Total	0,01	mg/L
2024	Cobre Total	0,01	mg/L
2013	Condutividade	396,31	µS/cm
2014	Condutividade	505,90	µS/cm
2015	Condutividade	453,75	µS/cm
2016	Condutividade	349,79	µS/cm
2017	Condutividade	372,43	µS/cm
2018	Condutividade	440,07	µS/cm
2019	Condutividade	386,27	µS/cm
2020	Condutividade	394,95	µS/cm
2021	Condutividade	489,87	µS/cm
2022	Condutividade	509,10	µS/cm
2023	Condutividade	303,40	µS/cm
2024	Condutividade	449,60	µS/cm
2013	Cor Verdadeira	26,45	mg Pt/L

2014	Cor Verdadeira	33,20	mg Pt/L
2015	Cor Verdadeira	49,35	mg Pt/L
2016	Cor Verdadeira	45,89	mg Pt/L
2017	Cor Verdadeira	25,98	mg Pt/L
2018	Cor Verdadeira	42,80	mg Pt/L
2019	Cor Verdadeira	36,09	mg Pt/L
2020	Cor Verdadeira	46,40	mg Pt/L
2021	Cor Verdadeira	33,95	mg Pt/L
2022	Cor Verdadeira	36,45	mg Pt/L
2023	Cor Verdadeira	48,65	mg Pt/L
2024	Cor Verdadeira	29,33	mg Pt/L
2013	Crômio Total	0,04	mg/L
2014	Crômio Total	0,03	mg/L
2015	Crômio Total	0,03	mg/L
2016	Crômio Total	0,03	mg/L
2017	Crômio Total	0,03	mg/L
2018	Crômio Total	0,03	mg/L
2019	Crômio Total	0,03	mg/L
2020	Crômio Total	0,03	mg/L
2021	Crômio Total	0,04	mg/L
2022	Crômio Total	0,03	mg/L
2023	Crômio Total	0,03	mg/L
2024	Crômio Total	0,03	mg/L
2013	Cádmio Total	0,00	mg/L
2014	Cádmio Total	0,00	mg/L
2015	Cádmio Total	0,00	mg/L
2016	Cádmio Total	0,00	mg/L
2017	Cádmio Total	0,00	mg/L
2018	Cádmio Total	0,00	mg/L
2019	Cádmio Total	0,00	mg/L
2020	Cádmio Total	0,00	mg/L
2021	Cádmio Total	0,00	mg/L
2022	Cádmio Total	0,00	mg/L
2023	Cádmio Total	0,00	mg/L
2024	Cádmio Total	0,00	mg/L
2017	Cálcio Total	18,24	mg/L
2018	Cálcio Total	18,18	mg/L
2019	Cálcio Total	17,75	mg/L
2020	Cálcio Total	16,56	mg/L
2021	Cálcio Total	19,28	mg/L
2022	Cálcio Total	21,69	mg/L
2023	Cálcio Total	17,17	mg/L
2024	Cálcio Total	18,40	mg/L
2013	DBO (5, 20)	23,63	mg/L
2014	DBO (5, 20)	21,67	mg/L
2015	DBO (5, 20)	17,03	mg/L
2016	DBO (5, 20)	9,40	mg/L

2017	DBO (5, 20)	7,55	mg/L
2018	DBO (5, 20)	13,10	mg/L
2019	DBO (5, 20)	10,40	mg/L
2020	DBO (5, 20)	10,55	mg/L
2021	DBO (5, 20)	6,88	mg/L
2022	DBO (5, 20)	14,00	mg/L
2013	DQO	48,83	mg/L
2014	DQO	59,33	mg/L
2015	DQO	54,67	mg/L
2016	DQO	56,50	mg/L
2017	DQO	45,47	mg/L
2018	DQO	47,00	mg/L
2019	DQO	45,77	mg/L
2020	DQO	28,50	mg/L
2022	DQO	39,00	mg/L
2017	Dureza	61,82	mg/L
2018	Dureza	61,52	mg/L
2019	Dureza	59,60	mg/L
2020	Dureza	56,42	mg/L
2021	Dureza	62,56	mg/L
2022	Dureza	75,07	mg/L
2023	Dureza	60,69	mg/L
2024	Dureza	61,11	mg/L
2015	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	81,90	EC20(%)
2016	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	81,90	EC20(%)
2017	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	81,90	EC20(%)
2018	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	81,90	EC20(%)
2019	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	81,90	EC20(%)
2020	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	81,90	EC20(%)
2021	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	81,90	EC20(%)
2022	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	81,90	EC20(%)
2023	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	81,90	EC20(%)
2024	Ensaio Ecotoxicológico com <i>Vibrio fischeri</i>	81,90	EC20(%)
2013	<i>Escherichia coli</i>	26728,83	UFC/100mL
2014	<i>Escherichia coli</i>	12987,13	UFC/100mL
2015	<i>Escherichia coli</i>	12125,57	UFC/100mL
2016	<i>Escherichia coli</i>	34364,33	UFC/100mL

2017	Escherichia coli	19718,23	UFC/100mL
2018	Escherichia coli	53675,90	UFC/100mL
2019	Escherichia coli	32361,53	UFC/100mL
2020	Escherichia coli	11600,20	UFC/100mL
2021	Escherichia coli	13888,00	UFC/100mL
2022	Escherichia coli	7171,70	UFC/100mL
2023	Escherichia coli	5847,80	UFC/100mL
2024	Escherichia coli	12773,73	UFC/100mL
2024	Escherichia coli	12773,73	UFC/100mL
2013	Feofitina-a	9,95	µg/L
2014	Feofitina-a	10,44	µg/L
2015	Feofitina-a	6,42	µg/L
2016	Feofitina-a	8,03	µg/L
2017	Feofitina-a	14,78	µg/L
2018	Feofitina-a	8,29	µg/L
2019	Feofitina-a	7,59	µg/L
2020	Feofitina-a	11,17	µg/L
2021	Feofitina-a	13,71	µg/L
2022	Feofitina-a	12,26	µg/L
2023	Feofitina-a	7,79	µg/L
2024	Feofitina-a	9,76	µg/L
2013	Ferro Dissolvido	0,20	mg/L
2014	Ferro Dissolvido	0,27	mg/L
2015	Ferro Dissolvido	0,29	mg/L
2016	Ferro Dissolvido	0,38	mg/L
2017	Ferro Dissolvido	0,23	mg/L
2018	Ferro Dissolvido	0,34	mg/L
2019	Ferro Dissolvido	0,23	mg/L
2020	Ferro Dissolvido	0,30	mg/L
2021	Ferro Dissolvido	0,46	mg/L
2022	Ferro Dissolvido	0,28	mg/L
2023	Ferro Dissolvido	0,34	mg/L
2024	Ferro Dissolvido	0,20	mg/L
2013	Ferro Total	3,32	mg/L
2014	Ferro Total	2,05	mg/L
2015	Ferro Total	2,08	mg/L
2016	Ferro Total	2,46	mg/L
2017	Ferro Total	1,14	mg/L
2018	Ferro Total	1,69	mg/L
2019	Ferro Total	2,29	mg/L
2020	Ferro Total	2,90	mg/L
2021	Ferro Total	1,25	mg/L
2022	Ferro Total	0,95	mg/L
2023	Ferro Total	6,00	mg/L
2024	Ferro Total	1,39	mg/L
2017	Fluoreto Total	0,35	mg/L
2018	Fluoreto Total	0,37	mg/L

2019	Fluoreto Total	0,33	mg/L
2020	Fluoreto Total	0,36	mg/L
2021	Fluoreto Total	0,41	mg/L
2022	Fluoreto Total	0,55	mg/L
2023	Fluoreto Total	0,45	mg/L
2024	Fluoreto Total	0,38	mg/L
2013	Fósforo Total	0,69	mg/L
2014	Fósforo Total	1,25	mg/L
2015	Fósforo Total	0,99	mg/L
2016	Fósforo Total	0,81	mg/L
2017	Fósforo Total	0,71	mg/L
2018	Fósforo Total	1,08	mg/L
2019	Fósforo Total	0,88	mg/L
2020	Fósforo Total	1,00	mg/L
2021	Fósforo Total	0,98	mg/L
2022	Fósforo Total	1,10	mg/L
2023	Fósforo Total	0,58	mg/L
2024	Fósforo Total	1,00	mg/L
2017	Fósforo-Ortofosfato	0,43	mg/L
2018	Fósforo-Ortofosfato	0,49	mg/L
2019	Fósforo-Ortofosfato	0,34	mg/L
2020	Fósforo-Ortofosfato	0,36	mg/L
2021	Fósforo-Ortofosfato	0,35	mg/L
2022	Fósforo-Ortofosfato	0,63	mg/L
2023	Fósforo-Ortofosfato	0,24	mg/L
2024	Fósforo-Ortofosfato	0,59	mg/L
2024	Gadolinio antrópico	119,53	ng/L
2018	Leitura da Régua (m)	1,49	m
2019	Leitura da Régua (m)	2,34	m
2022	Leitura da Régua (m)	2,12	m
2024	Leitura da Régua (m)	2,90	m
2017	Magnésio Total	4,00	mg/L
2018	Magnésio Total	3,91	mg/L
2019	Magnésio Total	3,66	mg/L
2020	Magnésio Total	3,65	mg/L
2021	Magnésio Total	4,01	mg/L
2022	Magnésio Total	5,02	mg/L
2023	Magnésio Total	4,33	mg/L
2024	Magnésio Total	3,68	mg/L
2013	Manganês Total	0,20	mg/L
2014	Manganês Total	0,17	mg/L
2015	Manganês Total	0,14	mg/L
2016	Manganês Total	0,17	mg/L
2017	Manganês Total	0,14	mg/L
2018	Manganês Total	0,16	mg/L
2019	Manganês Total	0,15	mg/L
2020	Manganês Total	0,20	mg/L

2021	Manganês Total	0,11	mg/L
2022	Manganês Total	0,16	mg/L
2023	Manganês Total	0,19	mg/L
2024	Manganês Total	0,12	mg/L
2013	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2014	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2015	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2016	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2017	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2018	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2019	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2020	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2021	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2022	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2023	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2024	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2013	Nitrogênio Amoniacal	8,16	mg/L
2014	Nitrogênio Amoniacal	13,26	mg/L
2015	Nitrogênio Amoniacal	10,86	mg/L
2016	Nitrogênio Amoniacal	7,36	mg/L
2017	Nitrogênio Amoniacal	8,39	mg/L
2018	Nitrogênio Amoniacal	9,96	mg/L
2019	Nitrogênio Amoniacal	7,89	mg/L
2020	Nitrogênio Amoniacal	6,72	mg/L
2021	Nitrogênio Amoniacal	8,49	mg/L
2022	Nitrogênio Amoniacal	11,68	mg/L
2023	Nitrogênio Amoniacal	4,81	mg/L
2024	Nitrogênio Amoniacal	9,26	mg/L
2013	Nitrogênio Kjeldahl	9,96	mg/L
2014	Nitrogênio Kjeldahl	15,20	mg/L
2015	Nitrogênio Kjeldahl	12,05	mg/L
2016	Nitrogênio Kjeldahl	10,42	mg/L
2017	Nitrogênio Kjeldahl	10,84	mg/L
2018	Nitrogênio Kjeldahl	12,42	mg/L
2019	Nitrogênio Kjeldahl	11,06	mg/L
2020	Nitrogênio Kjeldahl	7,98	mg/L
2021	Nitrogênio Kjeldahl	10,65	mg/L
2022	Nitrogênio Kjeldahl	13,80	mg/L
2023	Nitrogênio Kjeldahl	5,48	mg/L
2024	Nitrogênio Kjeldahl	11,39	mg/L
2016	Nitrogênio Total	9,15	mg/L
2017	Nitrogênio Total	14,30	mg/L
2018	Nitrogênio Total	14,19	mg/L
2019	Nitrogênio Total	6,23	mg/L
2022	Nitrogênio Total	20,70	mg/L
2013	Nitrogênio-Nitrato	1,73	mg/L
2014	Nitrogênio-Nitrato	1,69	mg/L

2015	Nitrogênio-Nitrato	1,33	mg/L
2016	Nitrogênio-Nitrato	1,53	mg/L
2017	Nitrogênio-Nitrato	1,66	mg/L
2018	Nitrogênio-Nitrato	1,74	mg/L
2019	Nitrogênio-Nitrato	1,86	mg/L
2020	Nitrogênio-Nitrato	1,62	mg/L
2021	Nitrogênio-Nitrato	2,47	mg/L
2022	Nitrogênio-Nitrato	1,99	mg/L
2023	Nitrogênio-Nitrato	1,49	mg/L
2024	Nitrogênio-Nitrato	1,78	mg/L
2013	Nitrogênio-Nitrito	0,25	mg/L
2014	Nitrogênio-Nitrito	0,41	mg/L
2015	Nitrogênio-Nitrito	0,38	mg/L
2016	Nitrogênio-Nitrito	0,29	mg/L
2017	Nitrogênio-Nitrito	0,32	mg/L
2018	Nitrogênio-Nitrito	0,35	mg/L
2019	Nitrogênio-Nitrito	0,45	mg/L
2020	Nitrogênio-Nitrito	0,37	mg/L
2021	Nitrogênio-Nitrito	0,70	mg/L
2022	Nitrogênio-Nitrito	0,48	mg/L
2023	Nitrogênio-Nitrito	0,24	mg/L
2024	Nitrogênio-Nitrito	0,41	mg/L
2013	Níquel Total	0,02	mg/L
2014	Níquel Total	0,02	mg/L
2015	Níquel Total	0,02	mg/L
2016	Níquel Total	0,02	mg/L
2017	Níquel Total	0,02	mg/L
2018	Níquel Total	0,02	mg/L
2019	Níquel Total	0,02	mg/L
2020	Níquel Total	0,02	mg/L
2021	Níquel Total	0,02	mg/L
2022	Níquel Total	0,02	mg/L
2023	Níquel Total	0,02	mg/L
2024	Níquel Total	0,02	mg/L
2013	Oxigênio Dissolvido	3,83	mg/L
2014	Oxigênio Dissolvido	4,50	mg/L
2015	Oxigênio Dissolvido	4,28	mg/L
2016	Oxigênio Dissolvido	4,22	mg/L
2017	Oxigênio Dissolvido	4,79	mg/L
2018	Oxigênio Dissolvido	4,59	mg/L
2019	Oxigênio Dissolvido	5,47	mg/L
2020	Oxigênio Dissolvido	3,08	mg/L
2021	Oxigênio Dissolvido	6,93	mg/L
2022	Oxigênio Dissolvido	4,35	mg/L
2023	Oxigênio Dissolvido	4,59	mg/L
2024	Oxigênio Dissolvido	6,36	mg/L
2013	Potássio	8,87	mg/L

2014	Potássio	11,70	mg/L
2015	Potássio	10,54	mg/L
2016	Potássio	8,57	mg/L
2017	Potássio	8,77	mg/L
2018	Potássio	10,84	mg/L
2019	Potássio	9,60	mg/L
2020	Potássio	9,33	mg/L
2021	Potássio	11,17	mg/L
2022	Potássio	11,30	mg/L
2023	Potássio	7,95	mg/L
2024	Potássio	10,00	mg/L
2018	Profundidade da Coleta	0,00	m
2019	Profundidade da Coleta	0,00	m
2020	Profundidade da Coleta	0,00	m
2021	Profundidade da Coleta	0,00	m
2022	Profundidade da Coleta	0,00	m
2023	Profundidade da Coleta	0,00	m
2024	Profundidade da Coleta	0,00	m
2013	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,34	mg/L
2014	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,27	mg/L
2015	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,35	mg/L
2016	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,29	mg/L
2017	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,17	mg/L
2018	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,23	mg/L
2019	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,25	mg/L
2020	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,11	mg/L
2021	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,14	mg/L
2022	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,17	mg/L
2023	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,12	mg/L
2024	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,18	mg/L
2017	Sulfato Total	22,82	mg/L
2018	Sulfato Total	27,16	mg/L
2019	Sulfato Total	24,17	mg/L
2020	Sulfato Total	24,59	mg/L
2021	Sulfato Total	36,37	mg/L

2022	Sulfato Total	29,59	mg/L
2023	Sulfato Total	20,95	mg/L
2024	Sulfato Total	22,64	mg/L
2013	Sódio	35,77	mg/L
2014	Sódio	51,49	mg/L
2015	Sódio	43,31	mg/L
2016	Sódio	31,92	mg/L
2017	Sódio	36,21	mg/L
2018	Sódio	45,08	mg/L
2019	Sódio	37,07	mg/L
2020	Sódio	35,16	mg/L
2021	Sódio	48,82	mg/L
2022	Sódio	46,74	mg/L
2023	Sódio	23,24	mg/L
2024	Sódio	39,16	mg/L
2013	Sólido Dissolvido Total	211,53	mg/L
2014	Sólido Dissolvido Total	243,97	mg/L
2015	Sólido Dissolvido Total	231,90	mg/L
2016	Sólido Dissolvido Total	191,23	mg/L
2017	Sólido Dissolvido Total	191,61	mg/L
2018	Sólido Dissolvido Total	230,67	mg/L
2019	Sólido Dissolvido Total	189,80	mg/L
2020	Sólido Dissolvido Total	215,05	mg/L
2021	Sólido Dissolvido Total	249,95	mg/L
2022	Sólido Dissolvido Total	242,20	mg/L
2023	Sólido Dissolvido Total	170,00	mg/L
2024	Sólido Dissolvido Total	197,07	mg/L
2020	Sólido Suspenso Total	100,00	mg/L
2021	Sólido Suspenso Total	100,00	mg/L
2022	Sólido Suspenso Total	100,00	mg/L
2023	Sólido Suspenso Total	100,00	mg/L
2024	Sólido Suspenso Total	100,00	mg/L
2013	Sólido Total	272,37	mg/L
2014	Sólido Total	319,60	mg/L
2015	Sólido Total	290,30	mg/L
2016	Sólido Total	258,33	mg/L
2017	Sólido Total	237,50	mg/L
2018	Sólido Total	293,97	mg/L
2019	Sólido Total	241,93	mg/L
2020	Sólido Total	266,95	mg/L
2021	Sólido Total	278,18	mg/L
2022	Sólido Total	286,95	mg/L
2023	Sólido Total	261,80	mg/L
2024	Sólido Total	259,87	mg/L
2013	Temperatura da Água	23,14	°C
2014	Temperatura da Água	24,51	°C
2015	Temperatura da Água	25,23	°C

2016	Temperatura da Água	23,92	°C
2017	Temperatura da Água	24,36	°C
2018	Temperatura da Água	24,43	°C
2019	Temperatura da Água	24,62	°C
2020	Temperatura da Água	24,75	°C
2021	Temperatura da Água	23,79	°C
2022	Temperatura da Água	24,17	°C
2023	Temperatura da Água	26,06	°C
2024	Temperatura da Água	23,84	°C
2013	Temperatura do Ar	23,55	°C
2014	Temperatura do Ar	26,01	°C
2015	Temperatura do Ar	27,49	°C
2016	Temperatura do Ar	25,09	°C
2017	Temperatura do Ar	25,17	°C
2018	Temperatura do Ar	26,13	°C
2019	Temperatura do Ar	27,64	°C
2020	Temperatura do Ar	26,77	°C
2021	Temperatura do Ar	26,14	°C
2022	Temperatura do Ar	24,82	°C
2023	Temperatura do Ar	25,84	°C
2024	Temperatura do Ar	25,39	°C
2013	Transparência	1,22	m
2014	Transparência	0,92	m
2015	Transparência	1,33	m
2016	Transparência	0,90	m
2017	Transparência	1,12	m
2018	Transparência	1,27	m
2019	Transparência	1,00	m
2020	Transparência	1,00	m
2021	Transparência	0,57	m
2022	Transparência	1,03	m
2023	Transparência	0,85	m
2024	Transparência	0,60	m
2013	Turbidez	42,17	UNT
2014	Turbidez	41,85	UNT
2015	Turbidez	28,23	UNT
2016	Turbidez	49,22	UNT
2017	Turbidez	22,00	UNT
2018	Turbidez	33,17	UNT
2019	Turbidez	36,84	UNT
2020	Turbidez	58,11	UNT
2021	Turbidez	19,84	UNT
2022	Turbidez	21,38	UNT
2023	Turbidez	76,27	UNT
2024	Turbidez	39,69	UNT
2017	Vazão (m3/s)	157,63	m3/s
2018	Vazão (m3/s)	100,77	m3/s

2019	Vazão (m3/s)	232,57	m3/s
2020	Vazão (m3/s)	138,00	m3/s
2021	Vazão (m3/s)	86,38	m3/s
2022	Vazão (m3/s)	150,13	m3/s
2013	Zinco Total	0,13	mg/L
2014	Zinco Total	0,08	mg/L
2015	Zinco Total	0,08	mg/L
2016	Zinco Total	0,09	mg/L
2017	Zinco Total	0,06	mg/L
2018	Zinco Total	0,08	mg/L
2019	Zinco Total	0,08	mg/L
2020	Zinco Total	0,08	mg/L
2021	Zinco Total	0,08	mg/L
2022	Zinco Total	0,06	mg/L
2023	Zinco Total	0,08	mg/L
2024	Zinco Total	0,04	mg/L
2013	pH	7,26	
2014	pH	7,45	
2015	pH	7,42	
2016	pH	7,20	
2017	pH	7,39	
2018	pH	7,45	
2019	pH	7,35	
2020	pH	7,09	
2021	pH	7,69	
2022	pH	7,40	
2023	pH	7,16	
2024	pH	7,90	

UGRHI 13 - Tietê-Jacaré			
Ano	Parâmetro	Valor	Unidade
2013	Alumínio Dissolvido	0,08	mg/L
2014	Alumínio Dissolvido	0,08	mg/L
2015	Alumínio Dissolvido	0,08	mg/L
2016	Alumínio Dissolvido	0,11	mg/L
2017	Alumínio Dissolvido	0,11	mg/L
2018	Alumínio Dissolvido	0,08	mg/L
2019	Alumínio Dissolvido	0,11	mg/L
2020	Alumínio Dissolvido	0,11	mg/L
2021	Alumínio Dissolvido	0,11	mg/L
2022	Alumínio Dissolvido	0,12	mg/L
2023	Alumínio Dissolvido	0,11	mg/L
2024	Alumínio Dissolvido	0,11	mg/L
2013	Alumínio Total	0,20	mg/L
2014	Alumínio Total	0,11	mg/L
2015	Alumínio Total	0,12	mg/L
2016	Alumínio Total	1,53	mg/L
2017	Alumínio Total	0,22	mg/L
2018	Alumínio Total	0,09	mg/L
2019	Alumínio Total	0,11	mg/L
2020	Alumínio Total	0,17	mg/L
2021	Alumínio Total	0,14	mg/L
2022	Alumínio Total	0,26	mg/L
2023	Alumínio Total	0,38	mg/L
2024	Alumínio Total	0,19	mg/L
2018	Arsênio Total	0,01	mg/L
2013	Boro Total	0,05	mg/L
2014	Boro Total	0,04	mg/L
2015	Boro Total	0,05	mg/L
2016	Boro Total	0,04	mg/L
2017	Boro Total	0,03	mg/L
2018	Boro Total	0,03	mg/L
2019	Boro Total	0,03	mg/L
2020	Boro Total	0,03	mg/L
2021	Boro Total	0,19	mg/L
2022	Boro Total	0,03	mg/L
2023	Boro Total	0,03	mg/L
2024	Boro Total	0,03	mg/L
2013	Bário Total	0,05	mg/L
2014	Bário Total	0,05	mg/L
2015	Bário Total	0,05	mg/L
2016	Bário Total	0,06	mg/L
2017	Bário Total	0,04	mg/L
2018	Bário Total	0,06	mg/L
2019	Bário Total	0,05	mg/L

2020	Bário Total	0,04	mg/L
2021	Bário Total	0,05	mg/L
2022	Bário Total	0,05	mg/L
2023	Bário Total	0,05	mg/L
2024	Bário Total	0,05	mg/L
2017	Carbono Orgânico Dissolvido	4,49	mg/L
2018	Carbono Orgânico Dissolvido	4,70	mg/L
2013	Carbono Orgânico Total	5,10	mg/L
2014	Carbono Orgânico Total	6,05	mg/L
2015	Carbono Orgânico Total	7,44	mg/L
2016	Carbono Orgânico Total	6,65	mg/L
2017	Carbono Orgânico Total	6,09	mg/L
2018	Carbono Orgânico Total	5,46	mg/L
2019	Carbono Orgânico Total	5,76	mg/L
2020	Carbono Orgânico Total	6,38	mg/L
2021	Carbono Orgânico Total	7,61	mg/L
2022	Carbono Orgânico Total	6,93	mg/L
2023	Carbono Orgânico Total	5,67	mg/L
2024	Carbono Orgânico Total	5,61	mg/L
2013	Chumbo Total	0,01	mg/L
2014	Chumbo Total	0,01	mg/L
2015	Chumbo Total	0,01	mg/L
2016	Chumbo Total	0,01	mg/L
2017	Chumbo Total	0,01	mg/L
2018	Chumbo Total	0,01	mg/L
2019	Chumbo Total	0,01	mg/L
2020	Chumbo Total	0,01	mg/L
2021	Chumbo Total	0,01	mg/L
2022	Chumbo Total	0,01	mg/L
2023	Chumbo Total	0,01	mg/L
2024	Chumbo Total	0,01	mg/L
2013	Cloreto Total	18,60	mg/L
2014	Cloreto Total	29,03	mg/L
2015	Cloreto Total	26,95	mg/L
2016	Cloreto Total	15,66	mg/L
2017	Cloreto Total	18,66	mg/L
2018	Cloreto Total	23,57	mg/L
2019	Cloreto Total	22,18	mg/L
2020	Cloreto Total	29,43	mg/L
2021	Cloreto Total	33,42	mg/L
2022	Cloreto Total	29,44	mg/L
2023	Cloreto Total	24,04	mg/L
2024	Cloreto Total	21,74	mg/L
2013	Clorofila-a	8,19	µg/L
2014	Clorofila-a	34,72	µg/L
2015	Clorofila-a	23,54	µg/L
2016	Clorofila-a	5,18	µg/L

2017	Clorofila-a	4,17	µg/L
2018	Clorofila-a	15,23	µg/L
2019	Clorofila-a	15,85	µg/L
2020	Clorofila-a	28,61	µg/L
2021	Clorofila-a	29,81	µg/L
2022	Clorofila-a	36,74	µg/L
2023	Clorofila-a	37,75	µg/L
2024	Clorofila-a	32,78	µg/L
2013	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2014	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2015	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2016	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2017	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2018	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2019	Cobre Dissolvido	0,00	mg/L
2020	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2021	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2022	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2023	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2024	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2013	Cobre Total	0,01	mg/L
2014	Cobre Total	0,01	mg/L
2015	Cobre Total	0,01	mg/L
2016	Cobre Total	0,01	mg/L
2017	Cobre Total	0,01	mg/L
2018	Cobre Total	0,01	mg/L
2019	Cobre Total	0,01	mg/L
2020	Cobre Total	0,01	mg/L
2021	Cobre Total	0,01	mg/L
2022	Cobre Total	0,01	mg/L
2023	Cobre Total	0,01	mg/L
2024	Cobre Total	0,01	mg/L
2013	Condutividade	210,41	µS/cm
2014	Condutividade	294,08	µS/cm
2015	Condutividade	285,33	µS/cm
2016	Condutividade	190,92	µS/cm
2017	Condutividade	217,75	µS/cm
2018	Condutividade	252,33	µS/cm
2019	Condutividade	242,50	µS/cm
2020	Condutividade	276,88	µS/cm
2021	Condutividade	300,50	µS/cm
2022	Condutividade	256,43	µS/cm
2023	Condutividade	256,00	µS/cm
2024	Condutividade	265,20	µS/cm
2013	Crômio Total	0,01	mg/L
2014	Crômio Total	0,01	mg/L
2015	Crômio Total	0,01	mg/L

2016	Crômio Total	0,01	mg/L
2017	Crômio Total	0,01	mg/L
2018	Crômio Total	0,02	mg/L
2019	Crômio Total	0,03	mg/L
2020	Crômio Total	0,03	mg/L
2021	Crômio Total	0,04	mg/L
2022	Crômio Total	0,02	mg/L
2023	Crômio Total	0,02	mg/L
2024	Crômio Total	0,02	mg/L
2013	Cádmio Total	0,00	mg/L
2014	Cádmio Total	0,00	mg/L
2015	Cádmio Total	0,00	mg/L
2016	Cádmio Total	0,00	mg/L
2017	Cádmio Total	0,00	mg/L
2018	Cádmio Total	0,00	mg/L
2019	Cádmio Total	0,00	mg/L
2020	Cádmio Total	0,00	mg/L
2021	Cádmio Total	0,00	mg/L
2022	Cádmio Total	0,00	mg/L
2023	Cádmio Total	0,00	mg/L
2024	Cádmio Total	0,00	mg/L
2017	Cálcio Total	12,11	mg/L
2018	Cálcio Total	12,94	mg/L
2019	Cálcio Total	13,19	mg/L
2020	Cálcio Total	13,53	mg/L
2021	Cálcio Total	14,79	mg/L
2022	Cálcio Total	14,68	mg/L
2023	Cálcio Total	15,25	mg/L
2024	Cálcio Total	14,67	mg/L
2013	DBO (5, 20)	2,92	mg/L
2014	DBO (5, 20)	5,42	mg/L
2015	DBO (5, 20)	5,50	mg/L
2016	DBO (5, 20)	5,92	mg/L
2017	DBO (5, 20)	3,25	mg/L
2018	DBO (5, 20)	3,33	mg/L
2019	DBO (5, 20)	2,95	mg/L
2020	DBO (5, 20)	3,00	mg/L
2021	DBO (5, 20)	3,25	mg/L
2017	Dureza	43,33	mg/L
2018	Dureza	45,88	mg/L
2019	Dureza	47,10	mg/L
2020	Dureza	47,35	mg/L
2021	Dureza	50,20	mg/L
2022	Dureza	51,55	mg/L
2023	Dureza	53,13	mg/L
2024	Dureza	50,80	mg/L
2013	Escherichia coli	18,58	UFC/100mL

2014	Escherichia coli	37,75	UFC/100mL
2015	Escherichia coli	27,75	UFC/100mL
2016	Escherichia coli	206,00	UFC/100mL
2017	Escherichia coli	72,25	UFC/100mL
2018	Escherichia coli	22,08	UFC/100mL
2019	Escherichia coli	18,75	UFC/100mL
2020	Escherichia coli	11,25	UFC/100mL
2021	Escherichia coli	18,75	UFC/100mL
2022	Escherichia coli	39,38	UFC/100mL
2023	Escherichia coli	19,25	UFC/100mL
2024	Escherichia coli	153,75	UFC/100mL
2013	Feofitina-a	4,32	µg/L
2014	Feofitina-a	6,68	µg/L
2015	Feofitina-a	4,96	µg/L
2016	Feofitina-a	2,23	µg/L
2017	Feofitina-a	2,59	µg/L
2018	Feofitina-a	3,98	µg/L
2019	Feofitina-a	4,07	µg/L
2020	Feofitina-a	8,68	µg/L
2021	Feofitina-a	3,83	µg/L
2022	Feofitina-a	5,04	µg/L
2023	Feofitina-a	7,74	µg/L
2024	Feofitina-a	2,38	µg/L
2013	Ferro Dissolvido	0,10	mg/L
2014	Ferro Dissolvido	0,06	mg/L
2015	Ferro Dissolvido	0,06	mg/L
2016	Ferro Dissolvido	0,23	mg/L
2017	Ferro Dissolvido	0,09	mg/L
2018	Ferro Dissolvido	0,10	mg/L
2019	Ferro Dissolvido	0,14	mg/L
2020	Ferro Dissolvido	0,16	mg/L
2021	Ferro Dissolvido	0,17	mg/L
2022	Ferro Dissolvido	0,16	mg/L
2023	Ferro Dissolvido	0,11	mg/L
2024	Ferro Dissolvido	0,11	mg/L
2013	Ferro Total	0,21	mg/L
2014	Ferro Total	0,11	mg/L
2015	Ferro Total	0,16	mg/L
2016	Ferro Total	1,33	mg/L
2017	Ferro Total	0,28	mg/L
2018	Ferro Total	0,14	mg/L
2019	Ferro Total	0,16	mg/L
2020	Ferro Total	0,15	mg/L
2021	Ferro Total	0,18	mg/L
2022	Ferro Total	0,35	mg/L
2023	Ferro Total	0,37	mg/L
2024	Ferro Total	0,18	mg/L

2017	Fluoreto Total	0,24	mg/L
2018	Fluoreto Total	0,22	mg/L
2019	Fluoreto Total	0,23	mg/L
2020	Fluoreto Total	0,34	mg/L
2021	Fluoreto Total	0,30	mg/L
2022	Fluoreto Total	0,62	mg/L
2023	Fluoreto Total	0,62	mg/L
2024	Fluoreto Total	0,25	mg/L
2013	Fósforo Total	0,18	mg/L
2014	Fósforo Total	0,15	mg/L
2015	Fósforo Total	0,18	mg/L
2016	Fósforo Total	0,12	mg/L
2017	Fósforo Total	0,07	mg/L
2018	Fósforo Total	0,12	mg/L
2019	Fósforo Total	0,08	mg/L
2020	Fósforo Total	0,18	mg/L
2021	Fósforo Total	0,19	mg/L
2022	Fósforo Total	0,19	mg/L
2023	Fósforo Total	0,18	mg/L
2024	Fósforo Total	0,09	mg/L
2017	Fósforo-Ortofosfato	1,00	mg/L
2018	Fósforo-Ortofosfato	0,57	mg/L
2019	Fósforo-Ortofosfato	0,55	mg/L
2020	Fósforo-Ortofosfato	0,45	mg/L
2021	Fósforo-Ortofosfato	0,68	mg/L
2022	Fósforo-Ortofosfato	0,49	mg/L
2023	Fósforo-Ortofosfato	0,55	mg/L
2024	Fósforo-Ortofosfato	0,39	mg/L
2024	Gadolinio antrópico	53,43	ng/L
2017	Magnésio Total	3,17	mg/L
2018	Magnésio Total	3,34	mg/L
2019	Magnésio Total	3,44	mg/L
2020	Magnésio Total	3,30	mg/L
2021	Magnésio Total	3,19	mg/L
2022	Magnésio Total	3,62	mg/L
2023	Magnésio Total	3,65	mg/L
2024	Magnésio Total	3,44	mg/L
2013	Manganês Total	0,05	mg/L
2014	Manganês Total	0,08	mg/L
2015	Manganês Total	0,09	mg/L
2016	Manganês Total	0,10	mg/L
2017	Manganês Total	0,05	mg/L
2018	Manganês Total	0,06	mg/L
2019	Manganês Total	0,11	mg/L
2020	Manganês Total	0,08	mg/L
2021	Manganês Total	0,08	mg/L
2022	Manganês Total	0,07	mg/L

2023	Manganês Total	0,06	mg/L
2024	Manganês Total	0,11	mg/L
2013	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2014	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2015	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2016	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2017	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2018	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2019	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2020	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2021	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2022	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2023	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2024	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2013	Nitrogênio Amoniacal	0,16	mg/L
2014	Nitrogênio Amoniacal	0,20	mg/L
2015	Nitrogênio Amoniacal	0,28	mg/L
2016	Nitrogênio Amoniacal	0,10	mg/L
2017	Nitrogênio Amoniacal	0,23	mg/L
2018	Nitrogênio Amoniacal	0,20	mg/L
2019	Nitrogênio Amoniacal	0,14	mg/L
2020	Nitrogênio Amoniacal	0,22	mg/L
2021	Nitrogênio Amoniacal	0,22	mg/L
2022	Nitrogênio Amoniacal	0,37	mg/L
2023	Nitrogênio Amoniacal	0,15	mg/L
2024	Nitrogênio Amoniacal	0,23	mg/L
2013	Nitrogênio Kjeldahl	0,93	mg/L
2014	Nitrogênio Kjeldahl	1,21	mg/L
2015	Nitrogênio Kjeldahl	1,20	mg/L
2016	Nitrogênio Kjeldahl	0,50	mg/L
2017	Nitrogênio Kjeldahl	0,60	mg/L
2019	Nitrogênio Kjeldahl	0,88	mg/L
2020	Nitrogênio Kjeldahl	1,34	mg/L
2021	Nitrogênio Kjeldahl	1,18	mg/L
2022	Nitrogênio Kjeldahl	1,57	mg/L
2023	Nitrogênio Kjeldahl	1,26	mg/L
2024	Nitrogênio Kjeldahl	1,18	mg/L
2016	Nitrogênio Total	2,69	mg/L
2017	Nitrogênio Total	4,12	mg/L
2018	Nitrogênio Total	3,53	mg/L
2019	Nitrogênio Total	3,45	mg/L
2013	Nitrogênio-Nitrato	2,94	mg/L
2014	Nitrogênio-Nitrato	2,26	mg/L
2015	Nitrogênio-Nitrato	2,44	mg/L
2016	Nitrogênio-Nitrato	2,44	mg/L
2017	Nitrogênio-Nitrato	2,61	mg/L
2018	Nitrogênio-Nitrato	2,60	mg/L

2019	Nitrogênio-Nitrato	2,62	mg/L
2020	Nitrogênio-Nitrato	3,45	mg/L
2021	Nitrogênio-Nitrato	3,41	mg/L
2022	Nitrogênio-Nitrato	2,77	mg/L
2023	Nitrogênio-Nitrato	2,45	mg/L
2024	Nitrogênio-Nitrato	1,81	mg/L
2013	Nitrogênio-Nitrito	0,10	mg/L
2014	Nitrogênio-Nitrito	0,19	mg/L
2015	Nitrogênio-Nitrito	0,25	mg/L
2016	Nitrogênio-Nitrito	0,16	mg/L
2017	Nitrogênio-Nitrito	0,15	mg/L
2018	Nitrogênio-Nitrito	0,08	mg/L
2019	Nitrogênio-Nitrito	0,13	mg/L
2020	Nitrogênio-Nitrito	0,11	mg/L
2021	Nitrogênio-Nitrito	0,15	mg/L
2022	Nitrogênio-Nitrito	0,10	mg/L
2023	Nitrogênio-Nitrito	0,09	mg/L
2024	Nitrogênio-Nitrito	0,06	mg/L
2013	Níquel Total	0,02	mg/L
2014	Níquel Total	0,02	mg/L
2015	Níquel Total	0,02	mg/L
2016	Níquel Total	0,01	mg/L
2017	Níquel Total	0,01	mg/L
2018	Níquel Total	0,01	mg/L
2019	Níquel Total	0,01	mg/L
2020	Níquel Total	0,02	mg/L
2021	Níquel Total	0,02	mg/L
2022	Níquel Total	0,02	mg/L
2023	Níquel Total	0,02	mg/L
2024	Níquel Total	0,02	mg/L
2013	Oxigênio Dissolvido	5,63	mg/L
2014	Oxigênio Dissolvido	5,22	mg/L
2015	Oxigênio Dissolvido	4,42	mg/L
2016	Oxigênio Dissolvido	5,54	mg/L
2017	Oxigênio Dissolvido	5,61	mg/L
2018	Oxigênio Dissolvido	5,66	mg/L
2019	Oxigênio Dissolvido	4,69	mg/L
2020	Oxigênio Dissolvido	5,09	mg/L
2021	Oxigênio Dissolvido	4,58	mg/L
2022	Oxigênio Dissolvido	5,36	mg/L
2023	Oxigênio Dissolvido	5,93	mg/L
2024	Oxigênio Dissolvido	5,16	mg/L
2013	Potássio	5,46	mg/L
2014	Potássio	8,01	mg/L
2015	Potássio	7,99	mg/L
2016	Potássio	5,80	mg/L
2017	Potássio	5,93	mg/L

2018	Potássio	7,77	mg/L
2019	Potássio	6,93	mg/L
2020	Potássio	7,39	mg/L
2021	Potássio	8,05	mg/L
2022	Potássio	7,89	mg/L
2023	Potássio	7,89	mg/L
2024	Potássio	7,30	mg/L
2018	Profundidade da Coleta	0,00	m
2019	Profundidade da Coleta	0,00	m
2020	Profundidade da Coleta	0,00	m
2021	Profundidade da Coleta	0,00	m
2022	Profundidade da Coleta	0,00	m
2023	Profundidade da Coleta	0,00	m
2024	Profundidade da Coleta	0,00	m
2013	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,09	mg/L
2014	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,09	mg/L
2015	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,09	mg/L
2016	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,10	mg/L
2017	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,09	mg/L
2018	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,12	mg/L
2019	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,10	mg/L
2020	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,09	mg/L
2021	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,10	mg/L
2022	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,10	mg/L
2023	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,10	mg/L
2024	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,08	mg/L
2017	Sulfato Total	15,67	mg/L
2018	Sulfato Total	18,84	mg/L
2019	Sulfato Total	19,06	mg/L
2020	Sulfato Total	20,99	mg/L
2021	Sulfato Total	23,32	mg/L
2022	Sulfato Total	24,96	mg/L
2023	Sulfato Total	21,42	mg/L
2024	Sulfato Total	18,58	mg/L
2013	Sódio	22,98	mg/L

2014	Sódio	34,18	mg/L
2015	Sódio	32,31	mg/L
2016	Sódio	17,75	mg/L
2017	Sódio	20,15	mg/L
2018	Sódio	27,65	mg/L
2019	Sódio	24,04	mg/L
2020	Sódio	28,88	mg/L
2021	Sódio	32,04	mg/L
2022	Sódio	31,78	mg/L
2023	Sódio	31,98	mg/L
2024	Sódio	25,92	mg/L
2013	Sólido Dissolvido Total	132,17	mg/L
2014	Sólido Dissolvido Total	178,00	mg/L
2015	Sólido Dissolvido Total	182,92	mg/L
2016	Sólido Dissolvido Total	133,33	mg/L
2017	Sólido Dissolvido Total	132,75	mg/L
2018	Sólido Dissolvido Total	160,80	mg/L
2019	Sólido Dissolvido Total	154,42	mg/L
2020	Sólido Dissolvido Total	194,63	mg/L
2021	Sólido Dissolvido Total	177,63	mg/L
2022	Sólido Dissolvido Total	170,25	mg/L
2023	Sólido Dissolvido Total	149,75	mg/L
2024	Sólido Dissolvido Total	156,83	mg/L
2020	Sólido Suspenso Total	100,00	mg/L
2021	Sólido Suspenso Total	100,00	mg/L
2022	Sólido Suspenso Total	100,00	mg/L
2023	Sólido Suspenso Total	100,00	mg/L
2024	Sólido Suspenso Total	100,00	mg/L
2013	Sólido Total	146,58	mg/L
2014	Sólido Total	185,08	mg/L
2015	Sólido Total	194,25	mg/L
2016	Sólido Total	144,17	mg/L
2017	Sólido Total	139,75	mg/L
2018	Sólido Total	176,58	mg/L
2019	Sólido Total	163,08	mg/L
2020	Sólido Total	208,13	mg/L
2021	Sólido Total	190,00	mg/L
2022	Sólido Total	186,38	mg/L
2023	Sólido Total	173,75	mg/L
2024	Sólido Total	161,00	mg/L
2013	Temperatura da Água	23,87	°C
2014	Temperatura da Água	25,10	°C
2015	Temperatura da Água	25,26	°C
2016	Temperatura da Água	24,27	°C
2017	Temperatura da Água	24,50	°C
2018	Temperatura da Água	24,49	°C
2019	Temperatura da Água	25,21	°C

2020	Temperatura da Água	25,28	°C
2021	Temperatura da Água	23,39	°C
2022	Temperatura da Água	24,36	°C
2023	Temperatura da Água	25,45	°C
2024	Temperatura da Água	24,74	°C
2013	Temperatura do Ar	23,46	°C
2014	Temperatura do Ar	24,95	°C
2015	Temperatura do Ar	27,03	°C
2016	Temperatura do Ar	24,42	°C
2017	Temperatura do Ar	23,71	°C
2018	Temperatura do Ar	24,81	°C
2019	Temperatura do Ar	26,58	°C
2020	Temperatura do Ar	26,28	°C
2021	Temperatura do Ar	26,03	°C
2022	Temperatura do Ar	24,15	°C
2023	Temperatura do Ar	21,95	°C
2024	Temperatura do Ar	24,83	°C
2013	Turbidez	3,71	UNT
2014	Turbidez	9,56	UNT
2015	Turbidez	4,35	UNT
2016	Turbidez	11,97	UNT
2017	Turbidez	4,63	UNT
2018	Turbidez	5,10	UNT
2019	Turbidez	6,85	UNT
2020	Turbidez	9,45	UNT
2021	Turbidez	7,38	UNT
2022	Turbidez	12,85	UNT
2023	Turbidez	7,90	UNT
2024	Turbidez	5,97	UNT
2013	Zinco Total	0,01	mg/L
2014	Zinco Total	0,01	mg/L
2015	Zinco Total	0,01	mg/L
2016	Zinco Total	0,01	mg/L
2017	Zinco Total	0,01	mg/L
2018	Zinco Total	0,02	mg/L
2019	Zinco Total	0,06	mg/L
2020	Zinco Total	0,05	mg/L
2021	Zinco Total	0,06	mg/L
2022	Zinco Total	0,03	mg/L
2023	Zinco Total	0,02	mg/L
2024	Zinco Total	0,02	mg/L
2013	pH	7,27	
2014	pH	7,68	
2015	pH	7,28	
2016	pH	7,09	
2017	pH	7,05	
2018	pH	7,35	

2019	pH	7,24	
2020	pH	7,45	
2021	pH	7,47	
2022	pH	7,20	
2023	pH	7,15	
2024	pH	7,35	

UGRHI 19 - Baixo Tietê			
Ano	Parâmetro	Valor	Unidade
2020	Alcalinidade Total	51,00	mg/L
2021	Alcalinidade Total	58,00	mg/L
2022	Alcalinidade Total	64,75	mg/L
2023	Alcalinidade Total	64,50	mg/L
2024	Alcalinidade Total	61,30	mg/L
2013	Alumínio Dissolvido	0,05	mg/L
2014	Alumínio Dissolvido	0,05	mg/L
2015	Alumínio Dissolvido	0,05	mg/L
2016	Alumínio Dissolvido	0,05	mg/L
2017	Alumínio Dissolvido	0,05	mg/L
2018	Alumínio Dissolvido	0,06	mg/L
2019	Alumínio Dissolvido	0,10	mg/L
2020	Alumínio Dissolvido	0,11	mg/L
2021	Alumínio Dissolvido	0,10	mg/L
2022	Alumínio Dissolvido	0,11	mg/L
2023	Alumínio Dissolvido	0,11	mg/L
2024	Alumínio Dissolvido	0,10	mg/L
2013	Alumínio Total	0,06	mg/L
2014	Alumínio Total	0,05	mg/L
2015	Alumínio Total	0,08	mg/L
2016	Alumínio Total	0,05	mg/L
2017	Alumínio Total	0,05	mg/L
2018	Alumínio Total	0,06	mg/L
2019	Alumínio Total	0,12	mg/L
2020	Alumínio Total	0,47	mg/L
2021	Alumínio Total	0,10	mg/L
2022	Alumínio Total	0,12	mg/L
2023	Alumínio Total	0,11	mg/L
2024	Alumínio Total	0,13	mg/L
2018	Arsênio Total	0,01	mg/L
2020	Arsênio Total	0,01	mg/L
2021	Arsênio Total	0,01	mg/L
2022	Arsênio Total	0,01	mg/L
2023	Arsênio Total	0,01	mg/L
2024	Arsênio Total	0,01	mg/L
2013	Atividade Estrogênica por BLYES	0,14	ng/L
2014	Atividade Estrogênica por BLYES	0,10	ng/L
2024	Atividade Estrogênica por BLYES	0,12	mg/L
2013	Bário Total	0,04	mg/L
2014	Bário Total	0,05	mg/L
2015	Bário Total	0,05	mg/L
2016	Bário Total	0,05	mg/L
2017	Bário Total	0,04	mg/L
2018	Bário Total	0,08	mg/L

2019	Bário Total	0,06	mg/L
2020	Bário Total	0,07	mg/L
2021	Bário Total	0,05	mg/L
2022	Bário Total	0,06	mg/L
2023	Bário Total	0,07	mg/L
2024	Bário Total	0,06	mg/L
2015	Carbono Orgânico Dissolvido	5,20	mg/L
2017	Carbono Orgânico Dissolvido	3,43	mg/L
2017	Carbono Orgânico Dissolvido	3,43	mg/L
2018	Carbono Orgânico Dissolvido	2,97	mg/L
2018	Carbono Orgânico Dissolvido	2,97	mg/L
2020	Carbono Orgânico Dissolvido	5,20	mg/L
2021	Carbono Orgânico Dissolvido	4,30	mg/L
2022	Carbono Orgânico Dissolvido	5,15	mg/L
2023	Carbono Orgânico Dissolvido	5,38	mg/L
2024	Carbono Orgânico Dissolvido	4,20	mg/L
2013	Carbono Orgânico Total	3,82	mg/L
2014	Carbono Orgânico Total	3,88	mg/L
2015	Carbono Orgânico Total	5,77	mg/L
2016	Carbono Orgânico Total	4,42	mg/L
2017	Carbono Orgânico Total	3,76	mg/L
2018	Carbono Orgânico Total	3,57	mg/L
2019	Carbono Orgânico Total	4,74	mg/L
2020	Carbono Orgânico Total	4,53	mg/L
2021	Carbono Orgânico Total	4,89	mg/L
2022	Carbono Orgânico Total	5,29	mg/L
2023	Carbono Orgânico Total	5,37	mg/L
2024	Carbono Orgânico Total	5,43	mg/L
2013	Chumbo Total	0,01	mg/L
2014	Chumbo Total	0,01	mg/L
2015	Chumbo Total	0,01	mg/L
2016	Chumbo Total	0,01	mg/L
2017	Chumbo Total	0,01	mg/L
2018	Chumbo Total	0,01	mg/L
2019	Chumbo Total	0,01	mg/L
2020	Chumbo Total	0,01	mg/L
2021	Chumbo Total	0,01	mg/L
2022	Chumbo Total	0,01	mg/L
2023	Chumbo Total	0,01	mg/L
2024	Chumbo Total	0,01	mg/L
2013	Cloreto Total	14,24	mg/L
2014	Cloreto Total	14,21	mg/L
2015	Cloreto Total	20,14	mg/L
2016	Cloreto Total	14,52	mg/L
2017	Cloreto Total	11,16	mg/L
2018	Cloreto Total	14,26	mg/L
2019	Cloreto Total	17,08	mg/L

2020	Cloreto Total	16,47	mg/L
2021	Cloreto Total	19,37	mg/L
2022	Cloreto Total	23,43	mg/L
2023	Cloreto Total	23,24	mg/L
2024	Cloreto Total	17,48	mg/L
2013	Clorofila-a	3,84	µg/L
2014	Clorofila-a	4,51	µg/L
2015	Clorofila-a	12,16	µg/L
2016	Clorofila-a	5,13	µg/L
2017	Clorofila-a	4,10	µg/L
2018	Clorofila-a	5,93	µg/L
2019	Clorofila-a	33,87	µg/L
2020	Clorofila-a	11,94	µg/L
2021	Clorofila-a	20,46	µg/L
2022	Clorofila-a	23,47	µg/L
2023	Clorofila-a	35,82	µg/L
2024	Clorofila-a	53,10	µg/L
2013	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2014	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2015	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2016	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2017	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2018	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2019	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2020	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2021	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2022	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2023	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2024	Cobre Dissolvido	0,01	mg/L
2013	Cobre Total	0,01	mg/L
2014	Cobre Total	0,01	mg/L
2015	Cobre Total	0,01	mg/L
2016	Cobre Total	0,01	mg/L
2017	Cobre Total	0,01	mg/L
2018	Cobre Total	0,01	mg/L
2019	Cobre Total	0,01	mg/L
2020	Cobre Total	0,01	mg/L
2021	Cobre Total	0,01	mg/L
2022	Cobre Total	0,01	mg/L
2023	Cobre Total	0,01	mg/L
2024	Cobre Total	0,01	mg/L
2013	Condutividade	158,58	µS/cm
2014	Condutividade	166,78	µS/cm
2015	Condutividade	202,58	µS/cm
2016	Condutividade	173,58	µS/cm
2017	Condutividade	157,38	µS/cm
2018	Condutividade	158,79	µS/cm

2019	Condutividade	184,54	μS/cm
2020	Condutividade	185,25	μS/cm
2021	Condutividade	203,48	μS/cm
2022	Condutividade	235,40	μS/cm
2023	Condutividade	235,38	μS/cm
2024	Condutividade	188,27	μS/cm
2013	Cor Verdadeira	5,50	mg Pt/L
2014	Cor Verdadeira	5,83	mg Pt/L
2015	Cor Verdadeira	7,67	mg Pt/L
2016	Cor Verdadeira	7,42	mg Pt/L
2017	Cor Verdadeira	9,08	mg Pt/L
2018	Cor Verdadeira	12,50	mg Pt/L
2019	Cor Verdadeira	9,83	mg Pt/L
2020	Cor Verdadeira	5,00	mg Pt/L
2021	Cor Verdadeira	11,89	mg Pt/L
2022	Cor Verdadeira	8,64	mg Pt/L
2023	Cor Verdadeira	11,33	mg Pt/L
2024	Cor Verdadeira	9,70	mg Pt/L
2013	Crômio Total	0,01	mg/L
2014	Crômio Total	0,01	mg/L
2015	Crômio Total	0,01	mg/L
2016	Crômio Total	0,00	mg/L
2017	Crômio Total	0,00	mg/L
2018	Crômio Total	0,02	mg/L
2019	Crômio Total	0,05	mg/L
2020	Crômio Total	0,05	mg/L
2021	Crômio Total	0,04	mg/L
2022	Crômio Total	0,02	mg/L
2023	Crômio Total	0,02	mg/L
2024	Crômio Total	0,02	mg/L
2013	Cádmio Total	0,00	mg/L
2014	Cádmio Total	0,00	mg/L
2015	Cádmio Total	0,00	mg/L
2016	Cádmio Total	0,00	mg/L
2017	Cádmio Total	0,00	mg/L
2018	Cádmio Total	0,00	mg/L
2019	Cádmio Total	0,00	mg/L
2020	Cádmio Total	0,00	mg/L
2021	Cádmio Total	0,00	mg/L
2022	Cádmio Total	0,00	mg/L
2023	Cádmio Total	0,00	mg/L
2024	Cádmio Total	0,00	mg/L
2017	Cálcio Total	9,71	mg/L
2018	Cálcio Total	9,45	mg/L
2019	Cálcio Total	10,36	mg/L
2020	Cálcio Total	10,73	mg/L
2021	Cálcio Total	11,50	mg/L

2022	Cálcio Total	12,66	mg/L
2023	Cálcio Total	13,36	mg/L
2024	Cálcio Total	11,20	mg/L
2013	DBO (5, 20)	2,00	mg/L
2014	DBO (5, 20)	2,04	mg/L
2015	DBO (5, 20)	2,50	mg/L
2016	DBO (5, 20)	2,29	mg/L
2017	DBO (5, 20)	2,00	mg/L
2018	DBO (5, 20)	2,04	mg/L
2019	DBO (5, 20)	2,42	mg/L
2020	DBO (5, 20)	2,06	mg/L
2021	DBO (5, 20)	2,35	mg/L
2024	DBO (5, 20)	2,39	mg/L
2017	Dureza	35,29	mg/L
2018	Dureza	35,55	mg/L
2019	Dureza	38,34	mg/L
2020	Dureza	38,91	mg/L
2021	Dureza	41,58	mg/L
2022	Dureza	44,80	mg/L
2023	Dureza	47,80	mg/L
2024	Dureza	41,16	mg/L
2013	Escherichia coli	34,67	UFC/100mL
2014	Escherichia coli	5,54	UFC/100mL
2015	Escherichia coli	15,92	UFC/100mL
2016	Escherichia coli	12,25	UFC/100mL
2017	Escherichia coli	3,92	UFC/100mL
2018	Escherichia coli	3,83	UFC/100mL
2019	Escherichia coli	7,33	UFC/100mL
2020	Escherichia coli	5,81	UFC/100mL
2021	Escherichia coli	9,04	UFC/100mL
2022	Escherichia coli	21,69	UFC/100mL
2023	Escherichia coli	38,38	UFC/100mL
2024	Escherichia coli	15,72	UFC/100mL
2020	Fenóis Totais	0,00	mg/L
2021	Fenóis Totais	0,00	mg/L
2022	Fenóis Totais	0,00	mg/L
2023	Fenóis Totais	0,00	mg/L
2024	Fenóis Totais	0,00	mg/L
2013	Feofitina-a	1,24	µg/L
2014	Feofitina-a	1,48	µg/L
2015	Feofitina-a	2,26	µg/L
2016	Feofitina-a	2,66	µg/L
2017	Feofitina-a	1,37	µg/L
2018	Feofitina-a	1,54	µg/L
2019	Feofitina-a	0,99	µg/L
2020	Feofitina-a	1,01	µg/L
2021	Feofitina-a	1,59	µg/L

2022	Feofitina-a	2,20	µg/L
2023	Feofitina-a	2,24	µg/L
2024	Feofitina-a	2,55	µg/L
2013	Ferro Dissolvido	0,02	mg/L
2014	Ferro Dissolvido	0,02	mg/L
2015	Ferro Dissolvido	0,02	mg/L
2016	Ferro Dissolvido	0,01	mg/L
2017	Ferro Dissolvido	0,02	mg/L
2018	Ferro Dissolvido	0,11	mg/L
2019	Ferro Dissolvido	0,20	mg/L
2020	Ferro Dissolvido	0,21	mg/L
2021	Ferro Dissolvido	0,19	mg/L
2022	Ferro Dissolvido	0,12	mg/L
2023	Ferro Dissolvido	0,13	mg/L
2024	Ferro Dissolvido	0,11	mg/L
2013	Ferro Total	0,03	mg/L
2014	Ferro Total	0,04	mg/L
2015	Ferro Total	0,10	mg/L
2016	Ferro Total	0,04	mg/L
2017	Ferro Total	0,06	mg/L
2018	Ferro Total	0,12	mg/L
2019	Ferro Total	0,20	mg/L
2020	Ferro Total	0,55	mg/L
2021	Ferro Total	0,19	mg/L
2022	Ferro Total	0,13	mg/L
2023	Ferro Total	0,14	mg/L
2024	Ferro Total	0,13	mg/L
2017	Fluoreto Total	1,64	mg/L
2018	Fluoreto Total	0,20	mg/L
2019	Fluoreto Total	0,22	mg/L
2020	Fluoreto Total	0,22	mg/L
2021	Fluoreto Total	0,21	mg/L
2022	Fluoreto Total	0,27	mg/L
2023	Fluoreto Total	0,23	mg/L
2024	Fluoreto Total	0,30	mg/L
2013	Fósforo Total	0,01	mg/L
2014	Fósforo Total	0,02	mg/L
2015	Fósforo Total	0,02	mg/L
2016	Fósforo Total	0,01	mg/L
2017	Fósforo Total	0,01	mg/L
2018	Fósforo Total	0,01	mg/L
2019	Fósforo Total	0,03	mg/L
2020	Fósforo Total	0,02	mg/L
2021	Fósforo Total	0,02	mg/L
2022	Fósforo Total	0,04	mg/L
2023	Fósforo Total	0,05	mg/L
2024	Fósforo Total	0,05	mg/L

2017	Fósforo-Ortofosfato	1,00	mg/L
2018	Fósforo-Ortofosfato	1,00	mg/L
2019	Fósforo-Ortofosfato	1,00	mg/L
2020	Fósforo-Ortofosfato	0,63	mg/L
2021	Fósforo-Ortofosfato	0,94	mg/L
2022	Fósforo-Ortofosfato	0,80	mg/L
2023	Fósforo-Ortofosfato	1,00	mg/L
2024	Fósforo-Ortofosfato	0,90	mg/L
2024	Gadolínio antrópico	18,20	ng/L
2017	Magnésio Total	2,68	mg/L
2018	Magnésio Total	3,03	mg/L
2019	Magnésio Total	3,01	mg/L
2020	Magnésio Total	2,99	mg/L
2021	Magnésio Total	3,12	mg/L
2022	Magnésio Total	3,20	mg/L
2023	Magnésio Total	3,49	mg/L
2024	Magnésio Total	3,20	mg/L
2013	Manganês Total	0,03	mg/L
2014	Manganês Total	0,02	mg/L
2015	Manganês Total	0,03	mg/L
2016	Manganês Total	0,02	mg/L
2017	Manganês Total	0,02	mg/L
2018	Manganês Total	0,04	mg/L
2019	Manganês Total	0,10	mg/L
2020	Manganês Total	0,10	mg/L
2021	Manganês Total	0,09	mg/L
2022	Manganês Total	0,04	mg/L
2023	Manganês Total	0,05	mg/L
2024	Manganês Total	0,05	mg/L
2013	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2014	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2015	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2016	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2017	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2018	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2019	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2020	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2021	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2022	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2023	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2024	Mercúrio Total	0,00	mg/L
2022	Microcistinas	0,72	µg/L
2024	Microcistinas	0,72	µg/L
2013	Nitrogênio Amoniacal	0,10	mg/L
2014	Nitrogênio Amoniacal	0,11	mg/L
2015	Nitrogênio Amoniacal	0,12	mg/L
2016	Nitrogênio Amoniacal	0,10	mg/L

2017	Nitrogênio Amoniacal	0,12	mg/L
2018	Nitrogênio Amoniacal	0,24	mg/L
2019	Nitrogênio Amoniacal	0,11	mg/L
2020	Nitrogênio Amoniacal	0,11	mg/L
2021	Nitrogênio Amoniacal	0,10	mg/L
2022	Nitrogênio Amoniacal	0,24	mg/L
2023	Nitrogênio Amoniacal	0,50	mg/L
2024	Nitrogênio Amoniacal	0,41	mg/L
2013	Nitrogênio Kjeldahl	0,65	mg/L
2014	Nitrogênio Kjeldahl	0,63	mg/L
2015	Nitrogênio Kjeldahl	0,69	mg/L
2016	Nitrogênio Kjeldahl	0,73	mg/L
2017	Nitrogênio Kjeldahl	0,51	mg/L
2019	Nitrogênio Kjeldahl	0,78	mg/L
2020	Nitrogênio Kjeldahl	0,44	mg/L
2021	Nitrogênio Kjeldahl	0,62	mg/L
2022	Nitrogênio Kjeldahl	0,84	mg/L
2023	Nitrogênio Kjeldahl	1,23	mg/L
2024	Nitrogênio Kjeldahl	1,28	mg/L
2016	Nitrogênio Total	0,66	mg/L
2017	Nitrogênio Total	0,99	mg/L
2018	Nitrogênio Total	0,85	mg/L
2019	Nitrogênio Total	0,73	mg/L
2022	Nitrogênio Total	4,60	mg/L
2024	Nitrogênio Total	0,89	mg/L
2013	Nitrogênio-Nitrato	0,82	mg/L
2014	Nitrogênio-Nitrato	0,94	mg/L
2015	Nitrogênio-Nitrato	0,90	mg/L
2016	Nitrogênio-Nitrato	1,01	mg/L
2017	Nitrogênio-Nitrato	0,67	mg/L
2018	Nitrogênio-Nitrato	0,44	mg/L
2019	Nitrogênio-Nitrato	0,22	mg/L
2020	Nitrogênio-Nitrato	0,20	mg/L
2021	Nitrogênio-Nitrato	0,09	mg/L
2022	Nitrogênio-Nitrato	0,16	mg/L
2023	Nitrogênio-Nitrato	0,19	mg/L
2024	Nitrogênio-Nitrato	0,29	mg/L
2013	Nitrogênio-Nitrito	0,05	mg/L
2014	Nitrogênio-Nitrito	0,17	mg/L
2015	Nitrogênio-Nitrito	0,19	mg/L
2016	Nitrogênio-Nitrito	0,20	mg/L
2017	Nitrogênio-Nitrito	0,04	mg/L
2018	Nitrogênio-Nitrito	0,01	mg/L
2019	Nitrogênio-Nitrito	0,01	mg/L
2020	Nitrogênio-Nitrito	0,02	mg/L
2021	Nitrogênio-Nitrito	0,01	mg/L
2022	Nitrogênio-Nitrito	0,01	mg/L

2023	Nitrogênio-Nitrito	0,01	mg/L
2024	Nitrogênio-Nitrito	0,03	mg/L
2013	Níquel Total	0,01	mg/L
2014	Níquel Total	0,01	mg/L
2015	Níquel Total	0,01	mg/L
2016	Níquel Total	0,01	mg/L
2017	Níquel Total	0,01	mg/L
2018	Níquel Total	0,01	mg/L
2019	Níquel Total	0,02	mg/L
2020	Níquel Total	0,02	mg/L
2021	Níquel Total	0,02	mg/L
2022	Níquel Total	0,02	mg/L
2023	Níquel Total	0,02	mg/L
2024	Níquel Total	0,02	mg/L
2020	Número de Células de Cianobactérias	5041,50	N. Células/mL
2021	Número de Células de Cianobactérias	81397,00	N. Células/mL
2022	Número de Células de Cianobactérias	161606,00	N. Células/mL
2023	Número de Células de Cianobactérias	98371,00	N. Células/mL
2024	Número de Células de Cianobactérias	99767,27	N. Células/mL
2013	Oxigênio Dissolvido	7,31	mg/L
2014	Oxigênio Dissolvido	7,18	mg/L
2015	Oxigênio Dissolvido	6,51	mg/L
2016	Oxigênio Dissolvido	6,52	mg/L
2017	Oxigênio Dissolvido	7,00	mg/L
2018	Oxigênio Dissolvido	7,09	mg/L
2019	Oxigênio Dissolvido	6,90	mg/L
2020	Oxigênio Dissolvido	7,46	mg/L
2021	Oxigênio Dissolvido	7,25	mg/L
2022	Oxigênio Dissolvido	7,11	mg/L
2023	Oxigênio Dissolvido	5,32	mg/L
2024	Oxigênio Dissolvido	6,16	mg/L
2020	Potencial de Formação de THM	301,75	µg/L
2021	Potencial de Formação de THM	312,33	µg/L
2022	Potencial de Formação de THM	356,25	µg/L
2023	Potencial de Formação de THM	371,00	µg/L
2024	Potencial de Formação de THM	328,33	mg/L
2013	Potássio	4,93	mg/L
2014	Potássio	5,35	mg/L
2015	Potássio	6,46	mg/L
2016	Potássio	5,42	mg/L
2017	Potássio	4,27	mg/L
2018	Potássio	5,00	mg/L

2019	Potássio	5,53	mg/L
2020	Potássio	5,48	mg/L
2021	Potássio	6,49	mg/L
2022	Potássio	6,74	mg/L
2023	Potássio	6,79	mg/L
2024	Potássio	5,87	mg/L
2023	Profundidade da Coleta	0,00	m
2022	Saxitoxina	0,02	µg/L
2024	Saxitoxina	0,02	mg/L
2013	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,08	mg/L
2014	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,08	mg/L
2015	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,08	mg/L
2016	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,08	mg/L
2017	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,08	mg/L
2018	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,08	mg/L
2019	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,09	mg/L
2020	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,10	mg/L
2021	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,10	mg/L
2022	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,10	mg/L
2023	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,08	mg/L
2024	Substâncias Tensoativas reagentes com Azul Metileno	0,08	mg/L
2017	Sulfato Total	11,01	mg/L
2018	Sulfato Total	10,88	mg/L
2019	Sulfato Total	11,64	mg/L
2020	Sulfato Total	11,83	mg/L
2021	Sulfato Total	12,12	mg/L
2022	Sulfato Total	14,04	mg/L
2023	Sulfato Total	15,70	mg/L
2024	Sulfato Total	12,28	mg/L
2013	Sódio	18,94	mg/L
2014	Sódio	21,09	mg/L
2015	Sódio	25,13	mg/L
2016	Sódio	17,67	mg/L
2017	Sódio	12,45	mg/L
2018	Sódio	15,11	mg/L

2019	Sódio	17,30	mg/L
2020	Sódio	17,14	mg/L
2021	Sódio	20,11	mg/L
2022	Sódio	25,42	mg/L
2023	Sódio	25,59	mg/L
2024	Sódio	18,98	mg/L
2013	Sólido Dissolvido Total	100,72	mg/L
2014	Sólido Dissolvido Total	92,67	mg/L
2015	Sólido Dissolvido Total	128,33	mg/L
2016	Sólido Dissolvido Total	115,83	mg/L
2017	Sólido Dissolvido Total	98,08	mg/L
2018	Sólido Dissolvido Total	105,06	mg/L
2019	Sólido Dissolvido Total	110,63	mg/L
2020	Sólido Dissolvido Total	106,56	mg/L
2021	Sólido Dissolvido Total	122,79	mg/L
2022	Sólido Dissolvido Total	134,02	mg/L
2023	Sólido Dissolvido Total	143,63	mg/L
2024	Sólido Dissolvido Total	117,80	mg/L
2013	Sólido Total	110,11	mg/L
2014	Sólido Total	117,29	mg/L
2015	Sólido Total	145,83	mg/L
2016	Sólido Total	123,58	mg/L
2017	Sólido Total	110,75	mg/L
2018	Sólido Total	118,00	mg/L
2019	Sólido Total	121,54	mg/L
2020	Sólido Total	121,88	mg/L
2021	Sólido Total	128,29	mg/L
2022	Sólido Total	142,92	mg/L
2023	Sólido Total	164,13	mg/L
2024	Sólido Total	127,81	mg/L
2013	Temperatura da Água	25,42	°C
2014	Temperatura da Água	25,78	°C
2015	Temperatura da Água	26,55	°C
2016	Temperatura da Água	25,18	°C
2017	Temperatura da Água	25,28	°C
2018	Temperatura da Água	25,39	°C
2019	Temperatura da Água	26,27	°C
2020	Temperatura da Água	26,37	°C
2021	Temperatura da Água	24,40	°C
2022	Temperatura da Água	25,62	°C
2023	Temperatura da Água	26,33	°C
2024	Temperatura da Água	26,27	°C
2013	Temperatura do Ar	26,91	°C
2014	Temperatura do Ar	27,02	°C
2015	Temperatura do Ar	27,65	°C
2016	Temperatura do Ar	23,93	°C
2017	Temperatura do Ar	24,20	°C

2018	Temperatura do Ar	25,02	°C
2019	Temperatura do Ar	26,77	°C
2020	Temperatura do Ar	26,59	°C
2021	Temperatura do Ar	23,55	°C
2022	Temperatura do Ar	26,91	°C
2023	Temperatura do Ar	26,10	°C
2024	Temperatura do Ar	26,01	°C
2013	Turbidez	1,85	UNT
2014	Turbidez	2,23	UNT
2015	Turbidez	6,28	UNT
2016	Turbidez	2,50	UNT
2017	Turbidez	1,77	UNT
2018	Turbidez	2,76	UNT
2019	Turbidez	6,52	UNT
2020	Turbidez	6,71	UNT
2021	Turbidez	4,92	UNT
2022	Turbidez	4,86	UNT
2023	Turbidez	13,51	UNT
2024	Turbidez	7,88	UNT
2013	Zinco Total	0,00	mg/L
2014	Zinco Total	0,01	mg/L
2015	Zinco Total	0,01	mg/L
2016	Zinco Total	0,01	mg/L
2017	Zinco Total	0,01	mg/L
2018	Zinco Total	0,03	mg/L
2019	Zinco Total	0,10	mg/L
2020	Zinco Total	0,10	mg/L
2021	Zinco Total	0,08	mg/L
2022	Zinco Total	0,03	mg/L
2023	Zinco Total	0,02	mg/L
2024	Zinco Total	0,02	mg/L
2013	pH	7,82	
2014	pH	7,86	
2015	pH	7,84	
2016	pH	7,57	
2017	pH	7,60	
2018	pH	7,73	
2019	pH	8,18	
2020	pH	8,30	
2021	pH	8,29	
2022	pH	7,80	
2023	pH	7,61	
2024	pH	7,82	