

PRODUÇÃO TÉCNICA ITV DS

BASELINE GEOQUÍMICO E INFLUÊNCIA SAZONAL E DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA ÁGUA DA SUB-BACIA DO IGARAPÉ GELADO, CARAJÁS

Relatório Final

Glariston Miranda Mello
Prafulla Kumar Sahoo
Roberto Dall'Agnol

**Belém / PA
Março / 2021**

Título: Baseline Geoquímico e influência sazonal e de atividades antrópicas na água da sub-bacia do Igarapé Gelado, Carajás	
PROD.TEC.ITV.DS – N008/2021	Revisão
Classificação: () Confidencial () Restrito () Uso Interno (x) Público	00

Informações Confidenciais - Informações estratégicas para o Instituto e sua Mantenedora. Seu manuseio é restrito a usuários previamente autorizados pelo Gestor da Informação.

Informações Restritas - Informação cujo conhecimento, manuseio e controle de acesso devem estar limitados a um grupo restrito de empregados que necessitam utilizá-la para exercer suas atividades profissionais.

Informações de Uso Interno - São informações destinadas à utilização interna por empregados e prestadores de serviço

Informações Públicas - Informações que podem ser distribuídas ao público externo, o que, usualmente, é feito através dos canais corporativos apropriados

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M	Mello, Glariston Miranda Baseline Geoquímico e influência sazonal e de atividades antrópicas na água da sub-bacia do Igarapé Gelado, Carajás. / Glariston Miranda Mello, Prafulla Kumar Sahoo, Roberto Dall'Agnol – Belém: ITV, 2021. 117 p.: il.
---	---

Relatório Técnico (Instituto Tecnológico Vale) - 2021
 PROD.TE.C ITV.DS – N008/2021
 DOI 10.29223/PROD.TEC.ITV.DS.2021.08.Mello

1. Baseline geoquímico.
 2. Qualidade da água.
 3. Água - Sazonalidade.
 4. Rio Itacaiúnas – Bacia Hidrográfica.
- I. Dall'Agnol.
 II. Sahoo, Prafulla Kumar. III. Título.

CDD.23 ed. 628.160918115

RESUMO

A sub-bacia do igarapé Gelado está localizada no município de Parauapebas, no sudeste do Estado do Pará. Essa sub-bacia encontra-se inserida entre duas Unidades de Conservação (UC): a Floresta Nacional (FLONA) de Carajás e a Área de Proteção Ambiental do Igarapé Gelado (APAIG). Este estudo estimou valores de *baseline* geoquímico para as águas superficiais da sub-bacia do igarapé Gelado para as variáveis Arsênio total, Cádmio total, Chumbo total, Cromo total, Ferro dissolvido, Ferro total, Manganês dissolvido, Manganês total, Mercúrio total. Para isso foi aplicada a técnica estatística baseada no Percentil 98. As concentrações na sub-bacia do igarapé Gelado para os metais Ferro e Manganês em ambos os períodos sazonais são muitas vezes superiores aos padrões de qualidade para águas doces classe 2 e se aproximam daquelas obtidas em outras sub-bacias da bacia do rio Itacaiúnas. Para os demais elementos estudados, predominaram amplamente teores abaixo do limite mínimo de detecção. As concentrações dos elementos potencialmente tóxicos são quase sempre conformes com a legislação, porém, Cádmio, Chumbo, Cromo e Mercúrio apresentaram localmente e em casos esporádicos teores não conformes, devendo os pontos onde isso foi verificado ser monitorados ao longo do tempo. De modo geral, há aumento das concentrações dos diferentes elementos analisados durante a estação chuvosa, embora no caso dos elementos potencialmente tóxicos considerados as diferenças não sejam tão marcantes devido ao grande número de resultados abaixo do limite mínimo de detecção. As amostras de águas do igarapé Mombaca, que não sofre influência direta do igarapé Gelado, apresentaram anomalias de Ferro total e dissolvido, em ambos os períodos sazonais, bem como anomalias eventuais de diversos outros elementos. Também foram observadas anomalias no trecho inferior do igarapé Gelado. Os resultados obtidos indicam que as maiores pressões sobre a qualidade das águas da sub-bacia do igarapé Gelado se relacionam com as atividades agropecuárias desenvolvidas na área de estudo, mais do que por influência das barragens e dos projetos minerais ativos na sub-bacia.

Palavras-chave: Baseline geoquímico. Qualidade da água. Águas superficiais. Sazonalidade. Bacia do rio Itacaiúnas.

ABSTRACT

The sub-basin of the Gelado stream is in the Parauapebas city, in the southeastern state of Pará. This sub-basin is inserted between two Conservation Units (UC): the National Forest (FLONA) of Carajás and the Environmental Protection Area of Gelado Stream (APAI). This study estimated the geochemical baseline values for the surface waters of the Gelado stream sub-basin for the variables Total Arsenic, Total Cadmium, Total Lead, Total Chrome, Dissolved Iron, Total Iron, Dissolved Manganese, Total Manganese, Total Mercury. For this purpose, the statistical technique based on the 98th Percentile was applied. The concentration in the sub-basin of the Gelado stream for the metals Ferro and Manganese in both seasonal periods are often superior to the quality standards for freshwater class 2 and are close to those sets in other sub-basins of the Itacaiúnas river basin. For the other elements studied, levels below the minimum detection limit predominated. The content of potentially toxic elements is almost always in compliance with the legislation; however, Cadmium, Lead, Chromium and Mercury have been shown locally and in sporadic cases non-conforming levels, and the points where this has been verified should be monitored over time. In general, the increase in the options of different elements during the rainy season, although none of the potentially toxic elements considered as differences are not so marked due to the large number of results below the minimum detection limit. The water samples from the Mombaca stream, which is not directly influenced by the Gelado stream, showed anomalies in total and dissolved iron in both seasonal periods, as well as occasional anomalies in several other elements. Anomalies were also observed in the lower section of the Gelado stream. The results obtained indicate that the greatest pressure on water quality in the sub-basin of the Gelado stream is related to the agricultural activities developed in the study area, more than by the influence of dams and active mineral projects in the sub-basin.

Keywords: Geochemical baseline. Water quality. Surface water. Seasonality. Itacaiúnas river watershed.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de uso e ocupação do solo na área da APAIG.....	18
Figura 2 – Bacia do rio Itacaiúnas, destacando as suas principais sub-bacias, dentre as quais a sub-bacia do rio Parauapebas da qual faz parte o igarapé Gelado.	21
Figura 3 – Mapa de localização da área de estudo.....	22
Figura 4 – Chuva Acumulada Mensal para o Período de Outubro de 2015 a Abril de 2018 e Média da Chuva Acumulada entre Janeiro de 1982 e Abril de 2014 – Estação Automática Serra dos Carajás.....	28
Figura 5 – Mapa geológico simplificado da bacia de Itacaiúnas.....	31
Figura 6 – Localização dos pontos de monitoramento da qualidade das águas superficiais – Sub-bacia do igarapé Gelado.....	34
Figura 7 – Diagrama unifilar dos pontos de monitoramento da qualidade das águas superficiais – Sub-bacia do igarapé Gelado.....	35
Figura 8 – Síntese dos elementos químicos selecionados na avaliação da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do igarapé Gelado.	37
Figura 9 – Boxplot para o parâmetro Arsênio total no período de Estiagem.	45
Figura 10 – Boxplot para o parâmetro Arsênio total no período de Chuva.....	45
Figura 11 – Evolução temporal para o parâmetro Arsênio total.	46
Figura 12 – Boxplot para o parâmetro Cádmio total no período de Estiagem.	47
Figura 13 – Boxplot para o parâmetro Cádmio total no período de Chuva.....	48
Figura 14 – Evolução temporal para o parâmetro Cádmio total.	48
Figura 15 – Boxplot para o parâmetro Chumbo total no período de estiagem	50
Figura 16 – Boxplot para o parâmetro Chumbo total no período de Chuva	50
Figura 17 – Evolução temporal para o parâmetro Chumbo total.	51
Figura 18 – Boxplot para o parâmetro Cromo total no período de estiagem	53
Figura 19 – Boxplot para o parâmetro Cromo total no período de Chuva	53
Figura 20 – Evolução temporal para o parâmetro Cromo total.....	54
Figura 21 – Boxplot para o parâmetro Ferro dissolvido no período de estiagem	57
Figura 22 – Boxplot para o parâmetro Ferro dissolvido no período de Chuva.	58
Figura 23 – Evolução temporal para o parâmetro Ferro dissolvido.	58
Figura 24 – Boxplot para o parâmetro Ferro total no período de Estiagem.....	59
Figura 25 – Boxplot para o parâmetro Ferro total no período de Chuva.	60

Figura 26 – Evolução temporal para o parâmetro Ferro total.....	60
Figura 27 – Boxplot para o parâmetro Manganês dissolvido no período de Estiagem.....	62
Figura 28 – Boxplot para o parâmetro Manganês dissolvido no período de Chuva. .	62
Figura 29 – Evolução temporal para o parâmetro Manganês dissolvido.....	63
Figura 30 – Boxplot para o parâmetro Manganês total no período de Estiagem.....	63
Figura 31 – Boxplot para o parâmetro Manganês total no período de Chuva.	64
Figura 32 – Evolução temporal para o parâmetro Manganês total.....	64
Figura 33 – Boxplot para o parâmetro Mercúrio total no período de Estiagem.	66
Figura 34 – Boxplot para o parâmetro Mercúrio total no período de Chuva.	67
Figura 35 – Gráfico de evolução temporal para o parâmetro Mercúrio total.....	67
Figura 36 – Boxplot para o parâmetro Cor verdadeira no período de Estiagem.	68
Figura 37 – Boxplot para o parâmetro Cor verdadeira no período de Chuva.	69
Figura 38 – Evolução temporal para o parâmetro Cor verdadeira.....	69
Figura 39 – Boxplot para o parâmetro Sólidos dissolvidos totais no período de Estiagem.	70
Figura 40 – Boxplot para o parâmetro Sólidos dissolvidos totais no período de Chuva.	71
Figura 41 – Evolução temporal para o parâmetro Sólidos dissolvidos totais.....	71
Figura 42 – Boxplot para o parâmetro Turbidez no período de Estiagem.	72
Figura 43 – Boxplot para o parâmetro Turbidez no período de Chuva.....	73
Figura 44 – Evolução temporal para o parâmetro Turbidez.	73
Figura 45 – Boxplot para o parâmetro Sólidos em suspensão totais no período de Estiagem.	74
Figura 46 – Boxplot para o parâmetro Sólidos em suspensão totais no período de Chuva.	75
Figura 47 – Evolução temporal para o parâmetro Sólidos em suspensão totais.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Diferentes métodos utilizados na determinação de valores de background geoquímico.....	24
Tabela 2 – Padrões de qualidade para águas superficiais e efluentes.....	25
Tabela 3 – Localização da Estação Climatológica e Pluviométrica na região.....	26
Tabela 4 - Pontos de amostragem nas sub-bacias dos igarapés Gelado e Geladinho.	33
Tabela 5 - Parâmetros físico-químicos selecionados e respectivos métodos analíticos.	37
Tabela 6 - Amostragem de água superficial por ponto durante período chuvoso e período seco.....	38
Tabela 7 –Valores de concentração de baseline no período chuvoso e estiagem estimados para a sub-bacia do igarapé Gelado comparados com Padrões legais e valores análogos estimados para a bacia do rio Parauapebas (QUARESMA, 2019).	43
Tabela 8 – Estatística descritiva para o parâmetro Arsênio total (mg/L) no período de estiagem.....	44
Tabela 9 – Estatística descritiva para o parâmetro Arsênio total (mg/L) no período de Chuva.....	45
Tabela 10 – Estatística descritiva para o parâmetro Cádmio total (mg/L) no período de Estiagem	47
Tabela 11 – Estatística descritiva para o parâmetro Cádmio total (mg/L) no período de Chuva.....	47
Tabela 12 – Estatística descritiva para o parâmetro Chumbo total (mg/L) no período de estiagem.....	49
Tabela 13 – Estatística descritiva para o parâmetro Chumbo total (mg/L) no período de Chuva.....	50
Tabela 14 – Estatística descritiva para o parâmetro Cromo total (mg/L) no período de estiagem.....	52
Tabela 15 – Estatística descritiva para o parâmetro Cromo total (mg/L) no período de Chuva.....	53
Tabela 16 – Estatística descritiva para o parâmetro Ferro dissolvido (mg/L) no período de estiagem.....	57
Tabela 17 – Estatística descritiva para o parâmetro Ferro dissolvido (mg/L) no período de Chuva.....	58
Tabela 18 – Estatística descritiva para o parâmetro Ferro total (mg/L) no período de Estiagem	59
Tabela 19 – Estatística descritiva para o parâmetro Ferro total (mg/L) no período de Chuva	59
Tabela 20 – Estatística descritiva para o parâmetro Manganês dissolvido (mg/L) no período de Estiagem	61

Tabela 21 – Estatística descritiva para o parâmetro Manganês dissolvido (mg/L) no período de Chuva	62
Tabela 22 – Estatística descritiva para o parâmetro Manganês total (mg/L) no período de Estiagem	63
Tabela 23 – Estatística descritiva para o parâmetro Manganês total (mg/L) no período de Chuva	64
Tabela 24 – Estatística descritiva para o parâmetro Mercúrio total (mg/L) no período de Estiagem	66
Tabela 25 – Estatística descritiva para o parâmetro Mercúrio total (mg/L) no período de Chuva	66
Tabela 26 – Estatística descritiva para o parâmetro Cor verdadeira no período de Estiagem	68
Tabela 27 – Estatística descritiva para o parâmetro Cor verdadeira no período de Chuva	69
Tabela 28 – Estatística descritiva para o parâmetro Sólidos dissolvidos totais no período de Estiagem	70
Tabela 29 – Estatística descritiva para o parâmetro Sólidos dissolvidos totais no período de Chuva	70
Tabela 30 – Estatística descritiva para o parâmetro Turbidez no período de Estiagem	72
Tabela 31 – Estatística descritiva para o parâmetro Turbidez no período de Chuva	72
Tabela 32 – Estatística descritiva para o parâmetro Sólidos em suspensão totais no período de Estiagem	74
Tabela 33 – Estatística descritiva para o parâmetro Sólidos em suspensão totais no período de Chuva	74

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA – Agência Nacional de Águas

APHA – *American Public Health Association*

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

DS – Desenvolvimento Sustentável

EFC – Estrada de Ferro Carajás

FLONA – Floresta Nacional

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

Inmetro - Instituto Nacional de Metrologia

ISO/IEC – *International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission*

ITV – Instituto Tecnológico Vale

LMD – Limite Mínimo de Detecção

NBR – Norma Técnica

PADEQ – Programa de Alternativas ao Desmatamento e as Queimadas

PIB – Produto Interno Bruto

RBLE – Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios

RD – Rede Dedicada

TPPM – Terminal Portuário de Ponta da Madeira

UC – Unidade de Conservação

ICP/OES – *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry* (em português, Espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado)

ICP/MS – *Inductively coupled plasma mass spectrometry* (em português, Espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 PROBLEMÁTICA.....	15
3 OBJETIVOS.....	16
3.1 Objetivo Geral.....	16
3.2 Objetivos Específicos	16
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
4.1 Atividades de Uso do Solo na Mineração e Propriedades Rurais	17
4.2 Mineração em Carajás e sua importância regional	18
4.3 Qualidade das Águas Superficiais.....	22
4.4 Conceitos de <i>Background e Baseline</i> Geoquímico.....	23
4.5 Normas legais vigentes	24
4.6 Climatologia.....	26
5 MATERIAIS E MÉTODOS	30
5.1 Caracterização da área de estudo	30
5.2 Pontos de Monitoramento	32
5.3 Amostragem e Análises Químicas.....	36
5.4 Seleção dos Parâmetros Físico-químicos	36
5.5 Frequência de Coletas	38
5.6 Processamento dos Dados e Métodos Estatísticos.....	38
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
6.1 Valores de <i>baseline</i> geoquímico de elementos químicos em águas superficiais da sub-bacia do igarapé Gelado	41

6.2 Caracterização físico-química das águas superficiais	44
7 CONCLUSÃO	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
APÊNDICES	80

ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O presente trabalho encontra-se organizado sob a forma de relatório técnico, como disposto no Regulamento Interno do Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Tropicais do ITV DS.

RELATÓRIO TÉCNICO:

BASELINE GEOQUÍMICO E INFLUÊNCIA SAZONAL E DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA ÁGUA DA SUB-BACIA DO IGARAPÉ GELADO, CARAJÁS

Sob autoria de

Glariston Miranda Mello; Prafulla Kumar Sahoo; Roberto Dall'Agnol

**PROD. TEC. ITV DS – N008/2020
DOI 10.29223/PROD.TEC.ITV.DS.2020.08.Mello**

1 INTRODUÇÃO

O Complexo Minerador de Carajás da Vale S.A. é um empreendimento de exploração de minério de ferro e de manganês localizado no sudeste do Estado do Pará, no município de Parauapebas. Abriga a maior mina de minério de ferro a céu aberto do mundo (Vale, 2015). As referidas minas e suas estruturas de processamento do minério localizam-se em duas Unidades de Conservação (UC): a Floresta Nacional (FLONA) de Carajás e a Área de Proteção Ambiental do Igarapé Gelado (APAIG): ambas gerenciadas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). De acordo com o Plano de Manejo (ICMBio, 2015), na APAIG residem 138 famílias, com um total de 460 pessoas em 191 lotes, sendo que 61% das pessoas encontram-se na área há mais de 20 anos e apenas 4,5% chegaram à área há menos de 5 anos. A APAIG está inserida na Zona Rural de Parauapebas e não possui uma rede geral de abastecimento de água. Dessa forma, cada colono é responsável pelo seu próprio suprimento e coleta de água nas fontes locais, entre elas os igarapés Gelado e Geladinho.

As águas dos igarapés Gelado e Geladinho atendem também às demandas das minas de ferro de N4 e N5 e as barragens associadas, estruturas licenciadas por meio da Licença de Operação nº 267/2002. As barragens do Gelado e do Geladinho, instaladas nas cabeceiras dos igarapés homônimos, desempenham funções múltiplas, tais como regularização de vazões para abastecimento de água das instalações, disposição de rejeitos do processo de beneficiamento de minério de ferro, contenção de materiais carreados das pilhas de estéril, e como sistema de tratamento de efluentes provenientes das instalações industriais, outorgadas pela Resolução ANA nº 707/2010, podendo ser definidas como dispositivos de controle ambiental. Cabe ressaltar que as barragens têm uma função fundamental ao impedir o assoreamento dos igarapés Gelado e Geladinho.

Em função dos múltiplos usos da água pelas minas de ferro de N4 e N5 de Carajás e pela comunidade da APAIG e pela crescente relevância deste recurso natural, este estudo pretende determinar a qualidade das águas na sub-bacia do igarapé Gelado, por meio de resultados analíticos provenientes de monitoramento ambiental e avaliar, a partir dos dados obtidos, possíveis interferências na qualidade das águas superficiais em face da influência das atividades de exploração de ferro e

do uso e ocupação do solo na APAIG, comparando com padrões de qualidade estabelecidos pelas legislações vigentes e Valores de Referência da Qualidade. Além disso, este trabalho buscou estabelecer valores de concentração de *baseline* para diferentes elementos químicos na sub-bacia do igarapé Gelado.

2 PROBLEMÁTICA

Monitorar as características e a qualidade das águas superficiais em determinado ambiente é fundamental para avaliar a existência de eventuais impactos ambientais, definir a origem dos mesmos e, assim, planejar medidas mitigadoras ou correções de rumo. As atividades das minas de ferro de N4 e N5 na Serra Norte de Carajás e ações antrópicas dos moradores das propriedades rurais da APA do Igarapé Gelado podem potencialmente interferir na qualidade das águas superficiais das sub-bacias dos igarapés Gelado e Geladinho. É, portanto, fundamental, obter dados precisos sobre as águas superficiais da drenagem local, verificar eventuais variações ao longo do tempo de monitoramento ou nas duas estações (chuvisca e seca), e estabelecer comparações com padrões e limites legais estabelecidos nas normas vigentes (Resolução do CONAMA 357/2005). A partir daí, em função de possíveis alterações observadas, deve-se procurar definir medidas corretivas que reduzam ou eliminem os fatores geradores de impactos ambientais. Outro ponto importante é a necessidade de estabelecer valores de *baseline* para diferentes elementos-traço nas águas superficiais na sub-bacia estudada, pois tais valores são ainda pobemente definidos na região amazônica e podem auxiliar na avaliação ambiental. Além disso, tem sido constatadas discrepâncias entre os teores máximos recomendados pela legislação vigente e aqueles encontrados no meio natural em função do ambiente geológico (TEIXEIRA, 2017; SALOMÃO et al., em impressão; RODRIGUES et al., 2013; SEMAS/PA, 2011) e este ponto merece permanente atenção.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Definir os valores de *baseline* geoquímico para a sub-bacia do igarapé Gelado e avaliar a qualidade físico-química das águas superficiais considerando a sazonalidade e as atividades antrópicas na região.

3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Estabelecer os valores de concentração de *baseline* para Arsênio total, Cádmio total, Chumbo total, Cromo total, Ferro dissolvido, Ferro total, Manganês dissolvido, Manganês total e Mercúrio total;
- ✓ Avaliar a qualidade das águas superficiais da sub-bacia do igarapé Gelado, estabelecendo comparações com padrões de qualidade estabelecidos pelos requisitos legais e os valores de concentração de *baseline* definidos;
- ✓ Avaliar as variações da qualidade das águas superficiais considerando a sazonalidade na região;
- ✓ Avaliar as variações da qualidade das águas superficiais considerando as atividades antrópicas na área de drenagem da sub-bacia do igarapé Gelado.

4 Referencial Teórico

4.1 Atividades de Uso do Solo na Mineração e Propriedades Rurais

O uso e ocupação do solo se refere à forma de utilização do solo, ou seja, como o espaço físico e a terra estão sendo aproveitados. De acordo com Di Gregorio e Jensen (1997), o conceito do uso do solo está diretamente relacionado com a descrição física do espaço. São exemplos de uso do solo: área urbana, pastagens, florestas e locais de mineração.

De acordo com Francisco (2016), os precursores do uso e ocupação solo da Amazônia foram as comunidades indígenas, que habitavam a região e viviam de forma harmônica com a natureza. No entanto, com a ocupação da área inicialmente por europeus e, mais tarde, por fluxos de migração interna no país durante o período militar, foi se intensificando a ocupação da região e, consequentemente, aumentando exponencialmente as taxas de desmatamento e substituição da floresta por pastagem, comprometendo, assim, a preservação da floresta tropical e da biodiversidade da Amazônia.

A APA do Igarapé Gelado (APAIG) está inserida no município de Parauapebas, tendo sido criada no ano de 1989, pelo Decreto Federal nº 97.718. Compreende uma área total de 23.175,11 hectares conforme dados do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), e visa garantir a conservação dos recursos naturais dentro de uma ótica de desenvolvimento sustentável.

4.1.1 Propriedades Rurais

A pecuária é a atividade principal da maior parte dos colonos em relação à geração de renda. Segundo o 1º Censo Rural de Parauapebas (2013), todas as propriedades pesquisadas detinham área de pastagem. Quanto à criação de outros animais que não o gado, verificou-se a existência de galinhas apenas para consumo próprio e para fornecimento de ovos, sem granjas ou galinheiros de maior porte. Foram também observados porcos, ovelhas, cabras e outros.

Foi iniciado na APAIG pelo Programa de Alternativas ao Desmatamento e as Queimadas (PADEQ) um projeto de piscicultura que se constitui em uma das alternativas ofertadas ao desmatamento e às queimadas. Em função do término desse programa, o projeto foi continuado por meio de convênio entre o ICMBio, a DIFN/VALE

e a Prefeitura de Parauapebas. Desde 2014, a Prefeitura de Parauapebas tem realizado investimentos neste projeto com o fortalecimento do convênio com a Estação Conhecimento.

A produção extrativista que ocorre na APAIG é concentrada no açaí e na castanha-do-pará, como forma de complemento de renda.

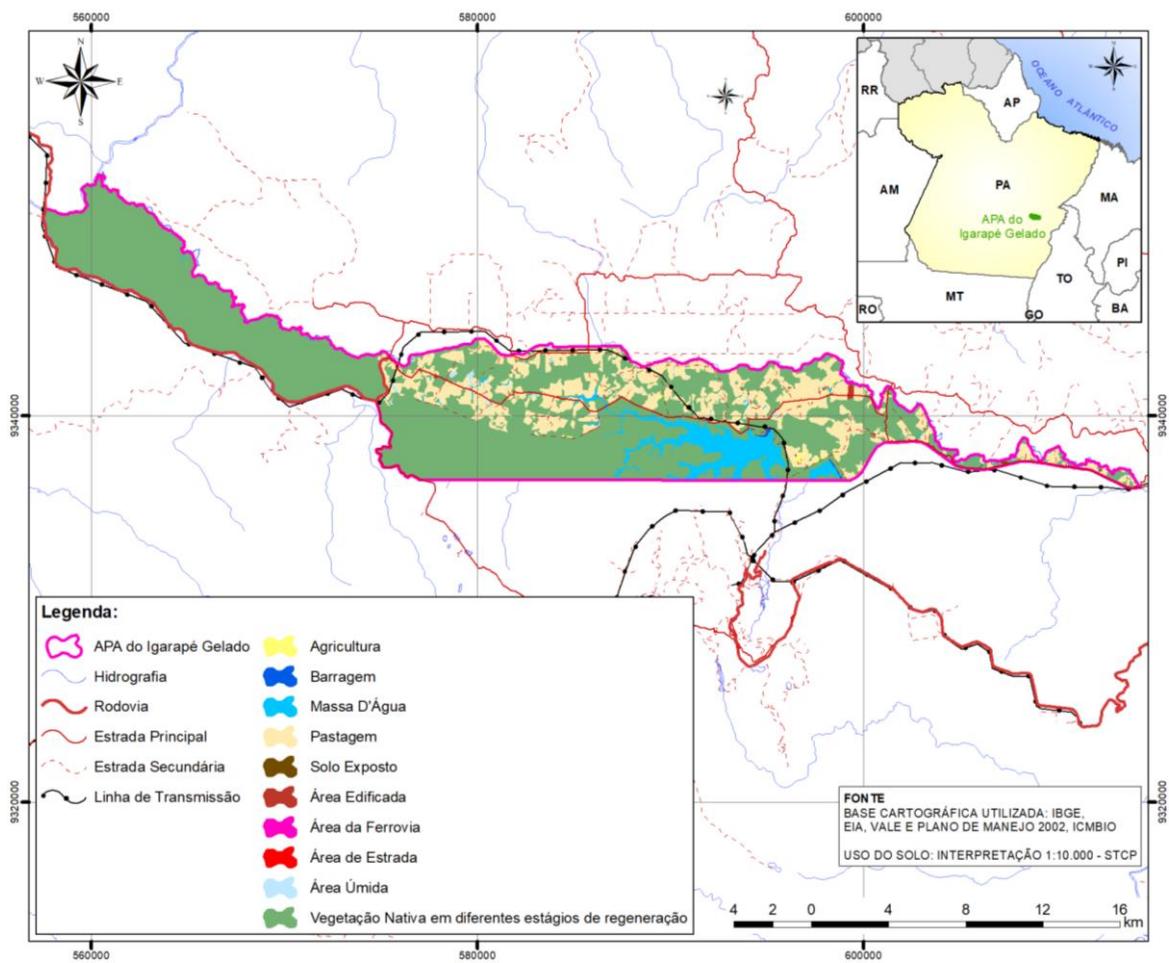
Souza Filho *et al.* (2016) avaliaram a evolução do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Itacaiúnas no período de 1973 a 2013. Este estudo revelou que houve ampliação acelerada do desmatamento, com a substituição de grande parte da floresta tropical por pastagens. Especificamente na área de estudo, nos domínios da Floresta Nacional de Carajás, houve expansão das minas de ferro de N4 e N5 e construção das barragens de Gelado e Geladinho, porém a floresta se encontra preservada na maior parte da área. Já na área correspondente à APAIG, constatou-se maior taxa de desmatamento e alternância de trechos com pastagens e outros com cobertura de mata descontínua (Figura 1).

4.2 Mineração em Carajás e sua importância regional

O maior complexo minerador a céu aberto do mundo compreende minas de ferro operadas pela empresa Vale dentro da Floresta Nacional de Carajás, ocupando atualmente cerca de 1,7% do território da FLONA de Carajás, com uma previsão final de ocupação de 3% da área total (Vale, 2020).

A cadeia do minério de ferro em Carajás consiste, basicamente, das operações de lavra, extração, transporte por caminhões fora-de-estrada (com capacidade de transportar 240 a 400 toneladas de minério), britagem e transporte por correias para a usina de beneficiamento (85 km de correias transportadoras), peneiramento (separação em granulado, *sinter-feed* e *pellet-feed*), estocagem nos pátios em pilhas de até 18 metros de altura e 50 metros de largura; recuperação e movimentação para os silos, carregamento no trem de carga (Vale, 2015).

Figura 1 – Mapa de uso e ocupação do solo na área da APAIG.



Segundo Monteiro (2005), a indústria da mineração é de grande importância socioeconômica em níveis nacional, estadual e municipal. Contribui de forma decisiva para o bem-estar e melhoria da qualidade de vida e desenvolvimento da sociedade, desde que seja operada com responsabilidade social e ambiental. Particularmente para o estado do Pará, a comercialização do minério de ferro da Vale contribui diretamente para o aumento crescente do Produto Interno Bruto (PIB) estadual. O Pará está em 1º lugar no *ranking* das exportações de minérios entre os estados de todo o Brasil. O Boletim Econômico Mineral do Pará, divulgado pelo Sindicato das Indústrias Minerais do Pará (Simineral, 2020), que se refere ao primeiro semestre de 2020, indicou que o Pará participou com 34% das exportações minerais do país.

4.2.1 Minas de N4 e N5

A jazida N4 foi à primeira selecionada para lavra na Floresta Nacional de Carajás. Em termos regionais, as minas N4 e N5 inserem-se no contexto geológico da Província Mineral de Carajás, com cinco outras minas localizadas próximas umas das outras, a saber: N4E, N4WN, N4WS, N5W, N5E, N5EN, N5S e Morro I.

A lavra de ferro é desenvolvida a céu aberto, simultaneamente em todas as cavas, em bancadas, sendo utilizado desmonte com explosivos ou escavadeiras elétricas, de acordo com o tipo de rocha.

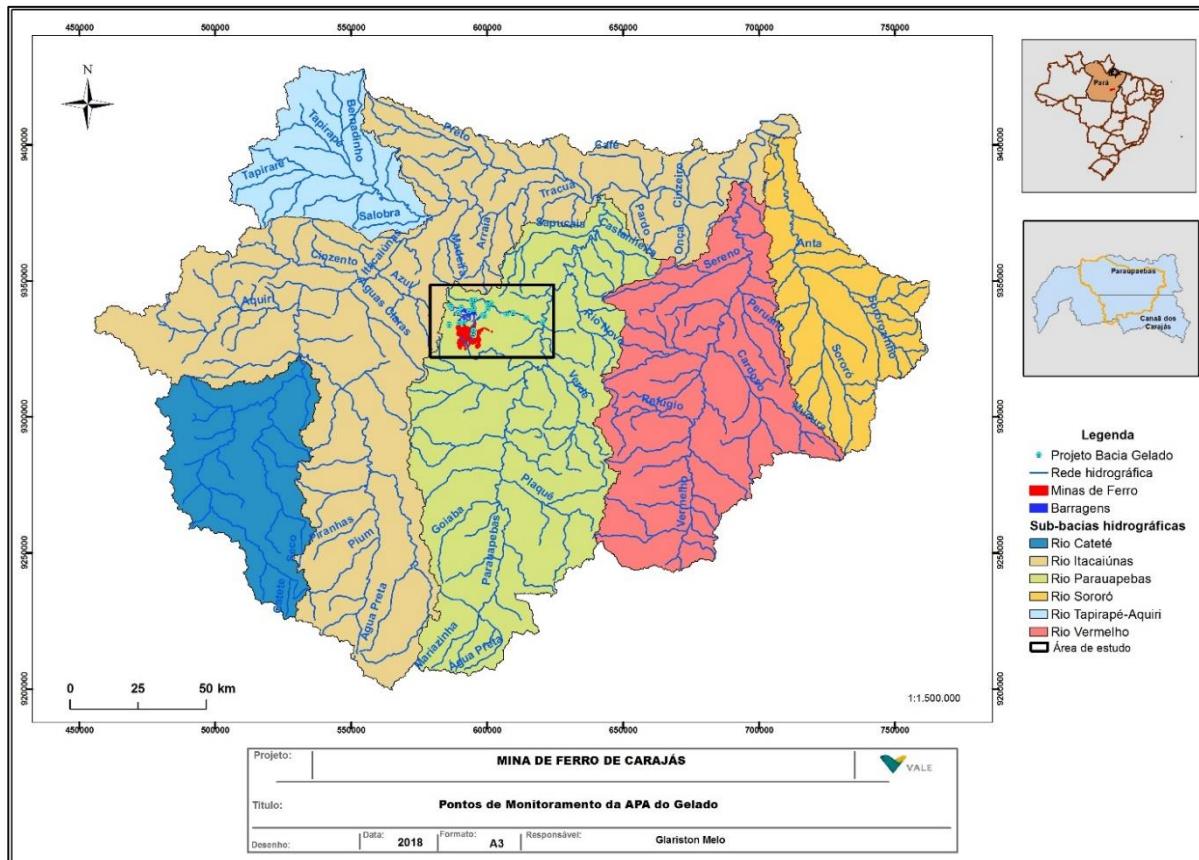
4.2.2 Barragens

As barragens constituem-se em equipamentos de controle da qualidade ambiental, cujo objetivo é estocar sedimentos de pilhas de estéril e de outras áreas interferidas pelo empreendimento, servindo, portanto, para disposição de rejeitos provenientes do beneficiamento do minério e, ainda, para recirculação de água para a planta industrial.

O licenciamento para a *Barragem do Gelado* foi outorgado pela Agência Nacional de Águas (ANA) em 07/12/2010, por meio da Resolução nº 707/2010, pelo prazo de vinte anos. A barragem situa-se no leito das cabeceiras do igarapé Gelado, afluente da margem esquerda do rio Parauapebas (Figura 2). Opera como reservatório de uso múltiplo: disposição de rejeitos provenientes da usina de beneficiamento; contenção de sedimentos gerados na área da mina N4E e pilhas de estéril construídas na bacia de contribuição; regularização das vazões afluentes para captação de água para o beneficiamento. O volume máximo de acumulação de água no reservatório é de 90.000.000 m³. Sua vazão média de captação é de 2.390 m³/h ou 664 L/s, durante 24 horas em todos os dias do ano, perfazendo um volume anual médio captado de 20.936.400 m³.

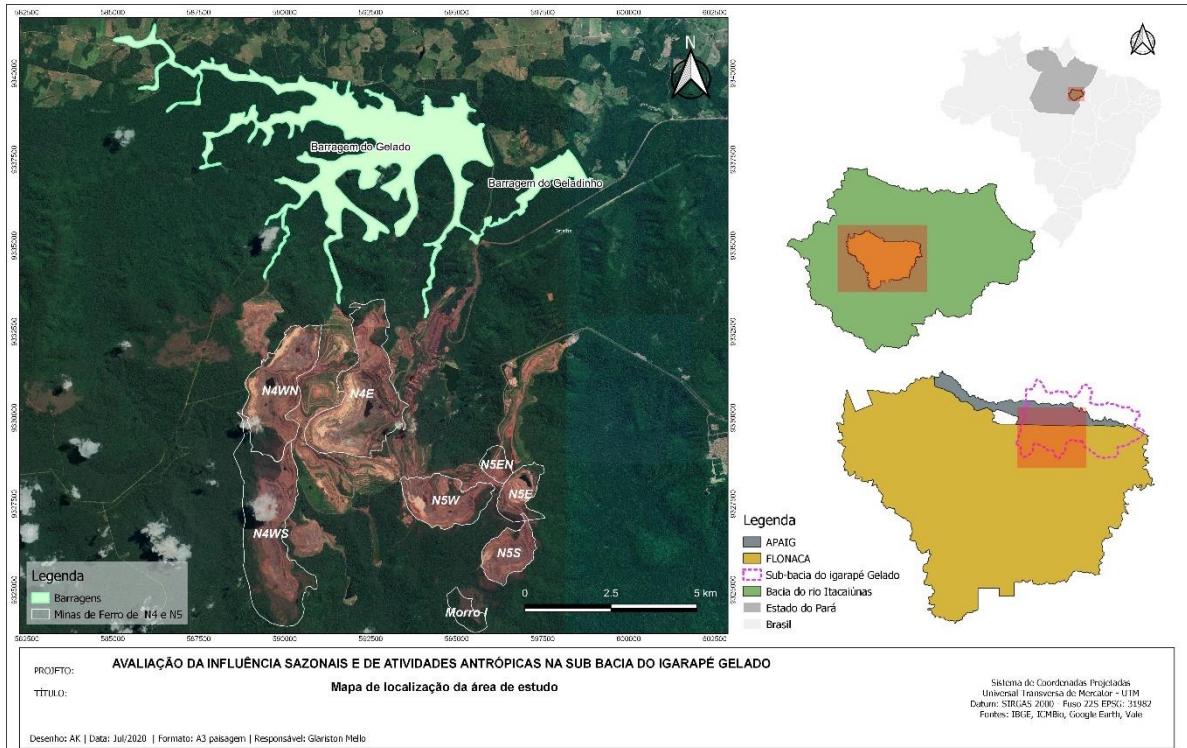
O licenciamento para a *Barragem do Geladinho* foi outorgado pela ANA na mesma Resolução referente à Barragem do Gelado. Ela situa-se no leito do igarapé Geladinho. Opera na contenção de sedimentos depositados ao longo do talvegue do igarapé Geladinho e para deposição de descargas provenientes da usina de beneficiamento. O volume máximo de acumulação de água no reservatório é de 9.000.000 m³.

Figura 2 – Bacia do rio Itacaiúnas, destacando as suas principais sub-bacias, dentre as quais a sub-bacia do rio Parauapebas da qual faz parte o igarapé Gelado.



Na Figura 3 é apresentada imagem de satélite mostrando as minas de Ferro N4 e N5 e as barragens de rejeito do Gelado e do Geladinho situadas nos domínios da Floresta Nacional de Carajás (FLONACA). Está limita ao norte com a Área de Proteção Ambiental do Igarapé Gelado (APAIG).

Figura 3 – Mapa de localização da área de estudo.



4.3 Qualidade das Águas Superficiais

Segundo Mereten (2002), a qualidade da água representa um conjunto de características físicas, químicas e biológicas que ela apresenta, de acordo com a sua utilização. Portanto, o termo "qualidade de água" não se refere necessariamente a um estado de pureza, mas simplesmente às características químicas, físicas e biológicas da água. Com base em tais características são estabelecidas em lei diferentes finalidades e formas de uso para a água.

A composição química da água natural é influenciada por muitas fontes diferentes de solutos, incluindo gases e aerossóis da atmosfera, erosão das rochas e solo, solução ou reações de precipitação que ocorrem abaixo da superfície da terra, e os efeitos resultantes de atividades humanas (HEM, 1985). Na região Amazônica, por exemplo, mesmo em áreas desprovidas de ação antropogênica, encontram-se concentrações de ferro e manganês nas águas superficiais acima dos valores estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 (SEMAS/PA, 2012). Este fato é atribuído ao contexto geológico, pois são encontradas nesta região rochas ricas nestes elementos, o que, muitas vezes, favorece a sua lixiviação para o leito dos rios e para os aquíferos subterrâneos. Além disso, o clima tropical promove rápida e

intensa degradação da matéria orgânica, originando ácidos naturais, reduzindo o pH e alterando a coloração da água.

As fontes de água para uso na mineração são objeto de estudos com a finalidade de se investigar características adequadas à sua utilização com custos mais baixos. De acordo com Ferreira (2017) as águas superficiais são aquelas que se acumulam na superfície. Esse tipo de água é encontrado em rios, riachos, lagos, pântanos, mares etc. Por não penetrarem no solo e o acesso a elas ser mais fácil, são, atualmente, a principal fonte de abastecimento do planeta. Dessa maneira, são as mais adequadas aos processos de beneficiamento, pela sua acessibilidade e por não possuírem, em geral, contaminações significativas, o que afetaria o desempenho dos processos, essencialmente a flotação. Todavia, nos casos em que se tem necessidade de tratamento prévio ou de escassez de água, o custo de obtenção e as restrições ambientais limitam sua utilização, favorecendo a busca por alternativas, particularmente a água de reciclagem.

4.4 Conceitos de *Background* e *Baseline* Geoquímico

Os diferentes conceitos de *Background* e *Baseline* geoquímico aplicados em geoquímica e ciências ambientais têm sido muito discutidos nos últimos anos devido à sua aplicação em proteção ambiental, manejo de terra, ecotoxicologia e geoquímica (GAŁUSZKA, 2007).

O conceito de *background* geoquímico foi criado originalmente para servir de referência para distinção de anomalias geoquímicas de interesse para prospecção de depósitos minerais (HAWKES; WEBB, 1962). De modo genérico, o *background* geoquímico corresponde à concentração normal de um elemento em um meio de investigação, em geral solo, rocha, água ou plantas. Quando empregado de modo mais direcionado para questões ambientais, ele se refere ao intervalo de concentrações de elementos químicos no meio em estudo, sem que este tenha sido afetado por atividades antrópicas (GOUGH; 1993). Dito de outra maneira, ele funciona como indicador das concentrações naturais de um elemento para estabelecer comparações com aquelas resultantes de contaminação por atividade antropogênica (MATSCHULLAT; OTTENSTEIN; REIMANN; 2000).

Gałuszka (2007) apresenta três abordagens (Tabela 1) para a avaliação de *background* geoquímico em resposta a uma forte necessidade de sistematizar os muitos métodos aplicados à avaliação de *background*.

Tabela 1 – Diferentes métodos utilizados na determinação de valores de background geoquímico.

Métodos	Análises de dados	Expressão dos valores de <i>background</i>	Requisitos principais
Direto (geoquímico)	Aspectos históricos/Aspectos Contemporâneos – Requer entendimento sobre o comportamento geoquímico dos elementos estudados	Média ou mediana (valores individuais)	Amostras não influenciadas antropologicamente
Indireto (Estatístico)	ANÁLISE DE REGRESSÃO; MÉTODO FRACTAL; GRÁFICOS DE PROBABILIDADE; TÉCNICAS USADAS PARA ELIMINAR OUTLIERS.	Valores proporcionais	Grande conjunto de dados (> 50)
Integrado	-----	O limite superior de uma gama de Valores.	Amostras em áreas naturais. Conhecimento especializado.

O método integrado de avaliação de *background* geoquímico combina a abordagem direta e indireta. No entanto, o pré-requisito para isso é que as amostras devem ser coletadas em áreas relativamente primitivas (por exemplo, parques nacionais, áreas de preservação da natureza, ecossistemas florestais), restringindo propositadamente a gama de dados obtidos que são submetidos a análises estatísticas (GAŁUSZKA,2007).

O termo *baseline* geoquímico também é bastante utilizado na literatura, embora visto com reservas por alguns autores (REIMANN; GARRETT; 2005). Gałuszka & Migaszewski (2012) definem *baseline* como a concentração atual de uma substância química numa amostra ambiental contemporânea. Muitos autores usam os termos *background* e *baseline* como equivalentes, porém o *baseline* representa as concentrações em um dado momento e, geralmente, não corresponde ao verdadeiro *background* (GOUGH; 1993). Segundo este último autor, os valores de *baseline* se prestam para avaliar o grau de alteração do meio ambiente devido a ações antrópicas. O *baseline* ganha ainda maior relevância no caso de estudos de águas naturais, porque a grande variabilidade espacial e temporal deste meio torna muito complexa a definição de *background* geoquímico (GALUSZKA, 2007).

4.5 Normas legais vigentes

A seguir são identificadas as legislações pertinentes ao enquadramento dos resultados analíticos dos parâmetros avaliados no estudo em questão.

Águas superficiais

As águas superficiais da sub-bacia do igarapé Gelado devem ser enquadradas como estabelecido na Resolução CONAMA Nº 357, de 17.03.2005, a qual dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Considerando-se que as bacias hidrográficas inseridas na área de estudo não possuem classe de enquadramento para os cursos d'água, foram considerados os padrões de qualidade para águas doces classe 2, conforme estabelecido no ART. 42º da Resolução CONAMA Nº 357/2005, que diz:

"Art. 42º. Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente." (CONAMA, 2005)

Efluentes Líquidos

Os efluentes líquidos são enquadrados segundo o estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 430, de 13 de maio de 2011, que dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes.

A Tabela 2 apresenta os valores de padrão de qualidade para águas doces classe 2 e padrões de lançamento de efluentes em corpos receptores para algumas variáveis, conforme definidos nas Resoluções CONAMA supracitadas.

Tabela 2 – Padrões de qualidade para águas superficiais e efluentes.

Parâmetros	Unidade	Limite Máximo - Res. CONAMA Nº 357/2005*	Limite Máximo - Res. CONAMA Nº 430/2011**
Alumínio dissolvido	mg Al/L	0,1	-
Antimônio	mg Sb/l	0,005	-
Arsênio total	mg As/L	0,01	0,5
Bário total	mg Ba/L	0,7	5
Berílio total	mg Be/L	0,04	-
Boro total	mg B/L	0,5	5
Cádmio total	mg Cd/L	0,001	0,2
Chumbo total	mg Pb/L	0,01	0,5
Cobalto total	mg Co/L	0,05	-
Cobre dissolvido	mg Cu/L	0,009	1
Cobre total	mg Cu/L	-	-
Cromo total	mg Cr/L	0,05	-
Ferro dissolvido	mg Fe/L	0,3	15
Ferro total	mg Fe/L	-	-

Parâmetros	Unidade	Limite Máximo - Res. CONAMA Nº 357/2005*	Limite Máximo - Res. CONAMA Nº 430/2011**
Manganês dissolvido	mg Mn/L	-	1
Manganês total	mg Mn/L	0,1	-
Mercúrio total	mg Hg/L	0,0002	0,01
Níquel total	mg Ni/L	0,025	2
Prata total	mg Ag/L	0,01	0,1
Selênio total	mg Se/L	0,01	0,3
Vanádio total	mg V/L	0,1	-
Zinco total	mg Zn/L	0,18	5
pH	-	6,0 – 9,0	5,0 – 9,0
Cor verdadeira	mg PtCo/L	75	-
Turbidez	UNT	100	-

* Padrão de qualidade para águas doces Classe 2, definido na Resolução CONAMA Nº 357/2005.

** Padrão de lançamento de efluentes em corpos receptores, definido na Resolução CONAMA Nº 430/2011.

4.6 Climatologia

O clima e as condições meteorológicas da região em estudo são fortemente condicionados pela latitude, pelo relevo e pelo uso do solo que, em resposta à ação dos grandes sistemas atmosféricos, controlam localmente os elementos climáticos.

A caracterização climática apresenta a dinâmica atmosférica regional, baseada em referencial bibliográfico, na classificação de Köppen e no comportamento dos elementos climáticos a nível local. Para este, foram utilizados dados dos levantamentos históricos, obtidos da estação climatológica operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), acrescidos de informações espacializadas em mapas climáticos disponibilizados pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Pará (SEMA, 2004). A Tabela 3 apresenta as estações com séries históricas utilizadas nesse estudo e suas respectivas coordenadas e altitudes.

Tabela 3 – Localização da Estação Climatológica e Pluviométrica na região.

Descrição do Ponto	Localização	Coordenadas UTM E	Coordenadas UTM N
Estação Meteorológica (INMET)	Localizada na mina de N5W	594960	9328199

4.6.1 Circulação Atmosférica Regional

A nível regional, quatro sistemas de circulação atmosférica definidos por Nimer (1989) são responsáveis pelas condições climáticas ao longo do ano para a região Norte do Brasil:

- Sistema de ventos de nordeste a leste, dos anticiclones subtropicais do Atlântico Sul e dos Açores;

- Sistema de ventos de sudoeste, da massa de ar equatorial continental (mEc) ou linha de instabilidade tropical (IT);
- Sistema de ventos de norte, da convergência intertropical (CIT);
- Sistema de ventos de sul, do anticiclone ou frente polar (FP).

Através do setor oriental da Região Norte, periodicamente sopram ventos de leste (E) a nordeste (NE) do anticiclone subtropical semifixo do Atlântico Sul e do anticiclone subtropical semifixo dos Açores. Tais ventos são acompanhados de tempo estável.

No setor ocidental¹ predomina a massa de ar equatorial continental (mEc), formada pela convecção termodinâmica dos ventos de nordeste do anticiclone dos Açores e da convergência intertropical (CIT). Esta massa de ar, pela forte umidade específica e ausência de subsidência superior, está frequentemente sujeita às instabilidades causadoras de chuvas abundantes. Na Amazônia, ao sul do Equador, tais correntes de perturbação atmosférica, denominadas linhas de instabilidade tropicais (ITs), são comuns durante todo o ano, porém bem mais constantes no verão. Vindas do norte, as invasões da convergência intertropical (CIT) são responsáveis por chuvas fortes. As chuvas provocadas pela convergência intertropical (CIT) são de notável concentração no tempo e no espaço e, geralmente, mais intensas e pesadas que as chuvas de instabilidade tropical (IT).

4.6.2 Classificação de Köppen

Pela classificação de Köppen (1948), a área de estudo está inserida na subclassificação Am, clima tropical úmido de monção, apresentando inverno seco com precipitação pluviométrica do mês mais seco inferior a 60 milímetros (mm). Na estação chuvosa, os volumes mais expressivos concentram-se no período de janeiro a março e a precipitação média mensal desse intervalo é da ordem de 280 mm. O período seco inclui os meses de junho, julho e agosto, cuja média mensal de precipitação é de aproximadamente 25 mm.

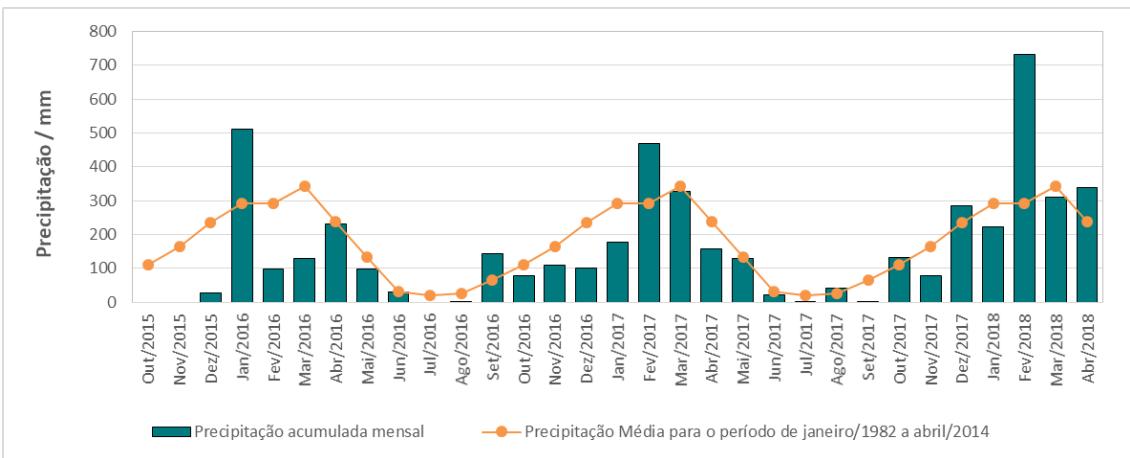
4.6.3 Caracterização da variável climática Precipitação Pluviométrica

De maneira a auxiliar a avaliação dos resultados e verificar a presença de chuva e a sua possível interferência na qualidade das águas, foram analisados os dados

pluviométricos provenientes da estação automática localizada na Serra dos Carajás (Código OMM: 81860), no município de Parauapebas - PA, disponibilizados no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Concernente ao regime pluviométrico da região, os dados locais para o período de janeiro/1982 a abril/2014 indicam que o ano hidrológico se inicia no mês de outubro, quando acontece a transição para o período chuvoso, e estende-se até setembro do ano seguinte. O período chuvoso abrange os meses de novembro a abril e o período de estiagem os meses de maio a outubro. De acordo com o gráfico mostrado na Figura 4, referente aos dados de chuva acumulada nos meses em avaliação e a média da chuva acumulada entre janeiro de 1982 e abril de 2014, verificou-se um desvio no regime de chuvas no ano hidrológico de 2015-2016, quando nos meses de outubro e novembro não foram registradas ocorrências de chuvas e nos meses de fevereiro e março houve baixos volumes de precipitação. Similarmente, no ano de 2016-2017, apenas nos meses de fevereiro e março de 2017 obtiveram-se volumes compatíveis às médias históricas, sendo significativamente superior no caso do volume registrado no mês de fevereiro de 2017. Já para o ano hidrológico de 2017-2018, em geral, observou-se maior incidência de chuvas em relação aos mesmos meses dos anos anteriores, sendo que no mês de fevereiro de 2018 foi registrado valor correspondente a mais que o dobro da média histórica.

Figura 4 – Chuva Acumulada Mensal para o Período de Outubro de 2015 a Abril de 2018 e Média da Chuva Acumulada entre Janeiro de 1982 e Abril de 2014 – Estação Automática Serra dos Carajás.



Fonte: INMET, 2018.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Caracterização da área de estudo

As minas de ferro N4 e N5 situam-se no município de Parauapebas, sudeste do estado do Pará, na Floresta Nacional de Carajás (FLONA Carajás). Relacionadas a essas minas tem-se as barragens Gelado e Geladinho, que operam como reservatório de uso múltiplo e de contenção de sedimentos, respectivamente. Estas barragens estão inseridas nos igarapés Gelado e Geladinho, afluentes do rio Parauapebas, e localizam-se, em sua maior parte, na Área de Proteção Ambiental do Igarapé Gelado (APAIG).

5.1.1 Geologia

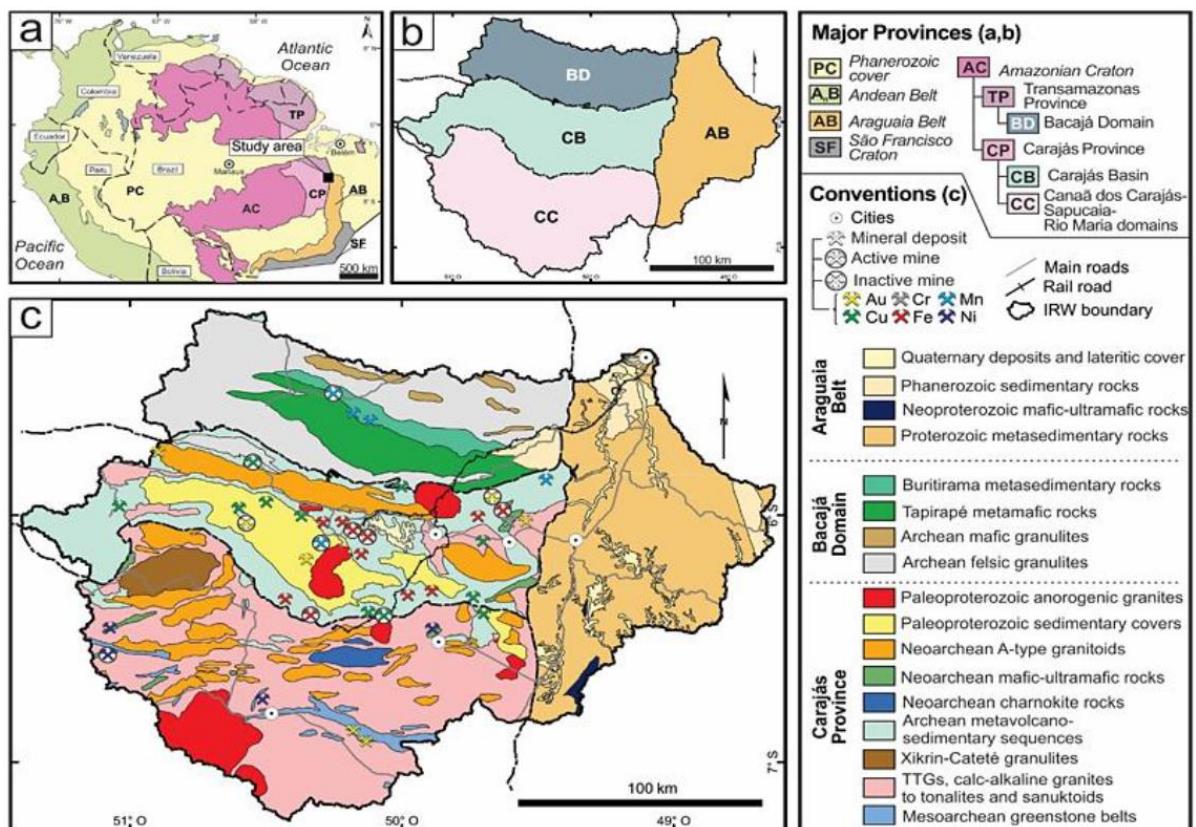
A bacia do rio Itacaiúnas está localizada na porção leste-sudeste do Estado do Pará e inserida na Província Geotectônica de Carajás (VASQUEZ *et al.*, 2008). De modo geral, esta província é formada por unidades arqueanas e proterozóicas, estas subordinadas, parcialmente cobertas por formações lateríticas terciárias e sedimentos aluviais quaternários.

Para fins de mapeamento geoquímico, a área de estudo pode ser dividida em quatro cenários geológicos principais (DALL'AGNOL *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2013; SAHOO, *et al.*, 2019; VASQUEZ *et al.*, 2008) (Figura 5):

- domínios Rio Maria, Sapucaia e Canaã dos Carajás (RM-S-CC), que ocupam a porção sul da bacia do rio Itacaiúnas, formados principalmente por granitóides mesoarqueanos, com composição que varia de tonalito-trondjemito-granodiorito (TTG), granitóides ricos em Mg (sanukitoides) e leucogranodioritos a leucogranitos, bem como unidades granulíticas (Ortogramulito Chikrin-Cateté), e cinturões de rochas metamafico-ultramáficas do tipo *greenstone*;
- Bacia do Carajás (CB), em sua porção central, constituída por sequências neoarqueanas metavulcânicas máficas a intermediárias e formações ferríferas bandadas (BIF), estas últimas responsáveis pelos depósitos de Fe da região de Carajás;

- Domínio Bacajá (BD), ao norte, com dominância ampla de rochas granulíticas félscicas do Complexo de Cajazeiras, com ortogranulitos maficos e rochas de alto grau metassedimentares subordinados, bem como de rochas metamórficas supracrustais (fácies de xisto verde a anfibolito) da Formação Tapirapé e litologias metassedimentares da Formação Buritirama, com xistos ultramáficos e BIFs associados; e
- Cinturão de Araguaia (AB), a leste, composto principalmente por rochas metassedimentares de baixo grau das formações Couto Magalhães e Pequizeiro.

Figura 5 – Mapa geológico simplificado da bacia de Itacaiúnas.



Fonte: Sahoo et al., (2019).

Na área da sub-bacia do igarapé Gelado estão expostas sequências metavulcano-sedimentares neoarqueanas e granitos subalcalinos, como o Granito Igarapé Gelado, neoarqueano, e o Granito Cigano, paleoproterozoico.

5.1.2. Fisiografia

O clima na área de estudo é o tropical úmido de monção, apresentando inverno seco com baixa precipitação pluviométrica. O período chuvoso se estende durante os meses de novembro a abril e concentra, em média, aproximadamente 80% do total anual de precipitação pluviométrica. O volume anual médio de precipitação é de 1.927 mm anuais. O período seco inicia-se em maio e se estende até outubro. O trimestre mais seco, representado pelos meses de junho, julho e agosto, apresenta médias mensais de 23,6 mm.

O mapeamento de solos em pequena escala (EMBRAPA, 2015) indica a ocorrência na APAIG principalmente de argissolos vermelho-amarelos e, em alguns casos, também de latossolos vermelho-amarelos.

Conforme Quaresma (2019), na bacia do rio Parauapebas, a cobertura vegetal pode variar bastante e podem ser encontrados mata de igapó, mata de várzea, mata de terra firme, mata de cipó e mata seca, dependendo das características do solo e de variáveis físicas como umidade, altitude, declividade, pH, permeabilidade, grau de alagamento. Na sub-bacia do igarapé Gelado, além destes tipos de vegetação, estão presentes áreas de pastagens, implantadas em áreas originalmente de floresta tropical.

5.2 Pontos de Monitoramento

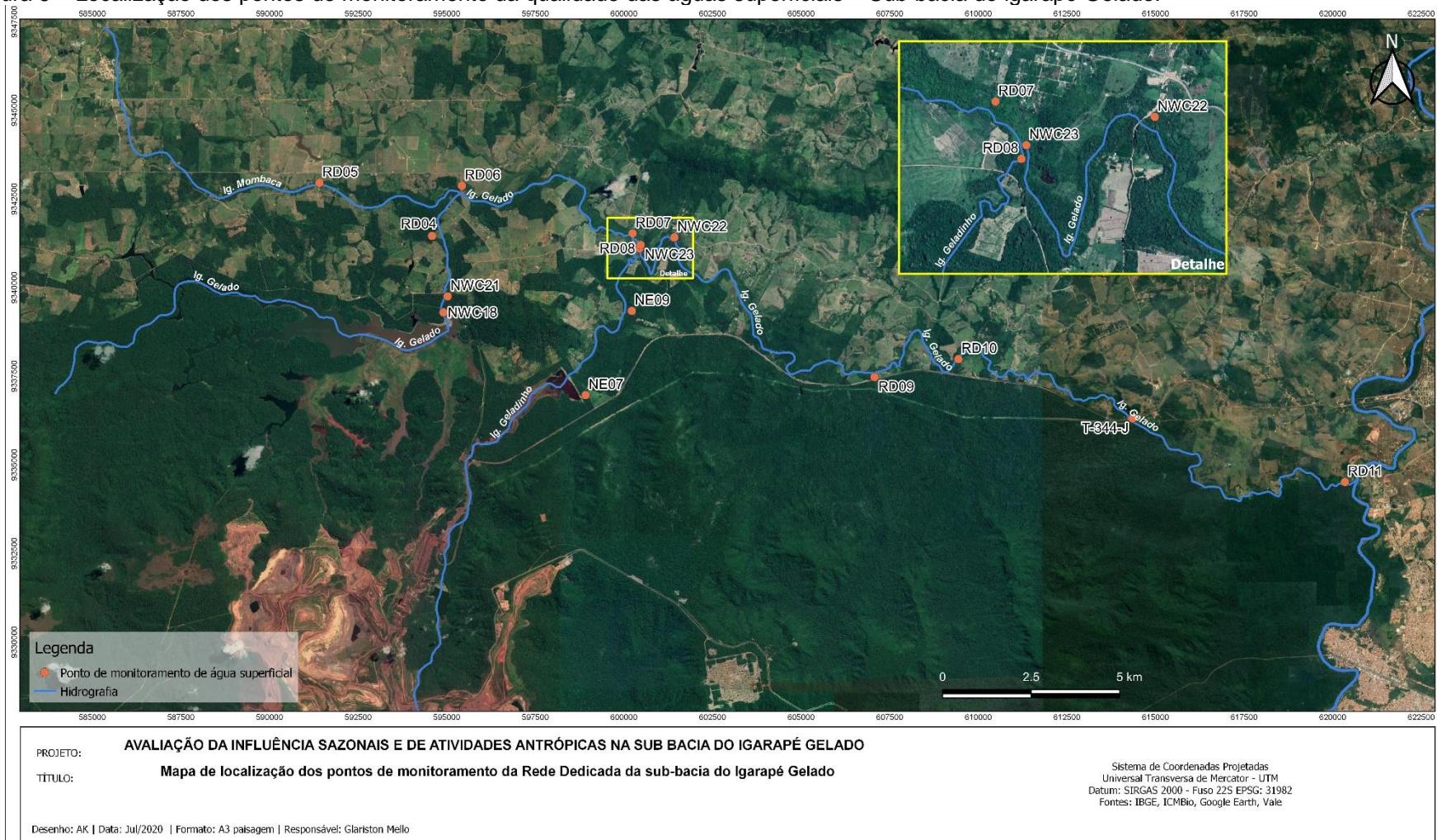
Para este estudo foi estabelecida uma rede de monitoramento composta por 15 pontos inseridos nos cursos de água das sub-bacias dos igarapés Gelado e Geladinho, dos quais 13 são de águas superficiais e 2 de efluentes. A distribuição dos pontos de interesse foi feita em função de possível influência das atividades de lavra e beneficiamento do minério de ferro, bem como de alterações no uso do solo devidas a atividades da comunidade da APAIG. A localização dos pontos de monitoramento é fornecida na Figura 6 e estes são descritos na Tabela 4. Já na Figura 7 é apresentado o diagrama unifilar, que ilustra a disposição dos pontos de monitoramento ao longo da sub-bacia hidrográfica em estudo.

Tabela 4 - Pontos de amostragem nas sub-bacias dos igarapés Gelado e Geladinho.

Código do Ponto	Coordenadas UTM E	Coordenadas UTM N	Descrição	Matriz Original
NWC18	594903	9339296	Vertedouro da Barragem do Gelado	Efluente Industrial
NWC21	595020	9339753	Ponto localizado após o vertedouro da barragem do Gelado	Água Superficial
RD04	594580	9341454	Igarapé Gelado, a jusante de área de pastagem	Água Superficial
RD05	594366	9342472	Igarapé Mombaca, próximo à confluência com o igarapé Gelado	Água Superficial
RD06	595423	9342870	Igarapé Gelado, a jusante da confluência com o igarapé Mombaca	Água Superficial
RD07	600241	9341526	Igarapé Gelado, a jusante da Estação Conhecimento	Água Superficial
NE07	598913	9336965	Ponto no Vertedouro da Barragem do Geladinho	Efluente Industrial
NE09	600217	9339339	Ponto após o vertedouro da barragem do Geladinho e à ponte da via local da APA do Igarapé Gelado	Água Superficial
RD08	600432	9341102	Igarapé Geladinho, próximo à confluência com o igarapé Gelado	Água Superficial
NWC23	600468	9341203	Igarapé Gelado, a montante do igarapé Geladinho	Água Superficial
NWC22	601418	9341412	Igarapé Gelado, a jusante da ponte de via local da APA do Igarapé Gelado	Água Superficial
RD09	607065	9337476	Afluente do igarapé Gelado, próximo ao ponto de monitoramento T-344-J	Água Superficial
RD10	609432	9337979	Igarapé Gelado, a jusante do afluente sem nome onde monitora-se o RD09	Água Superficial
T-344-J	614348	9336308	Igarapé Gelado a jusante da EFC	Água Superficial
RD11	620339	9334517	Igarapé Gelado, próximo à confluência com o rio Parauapebas	Água Superficial

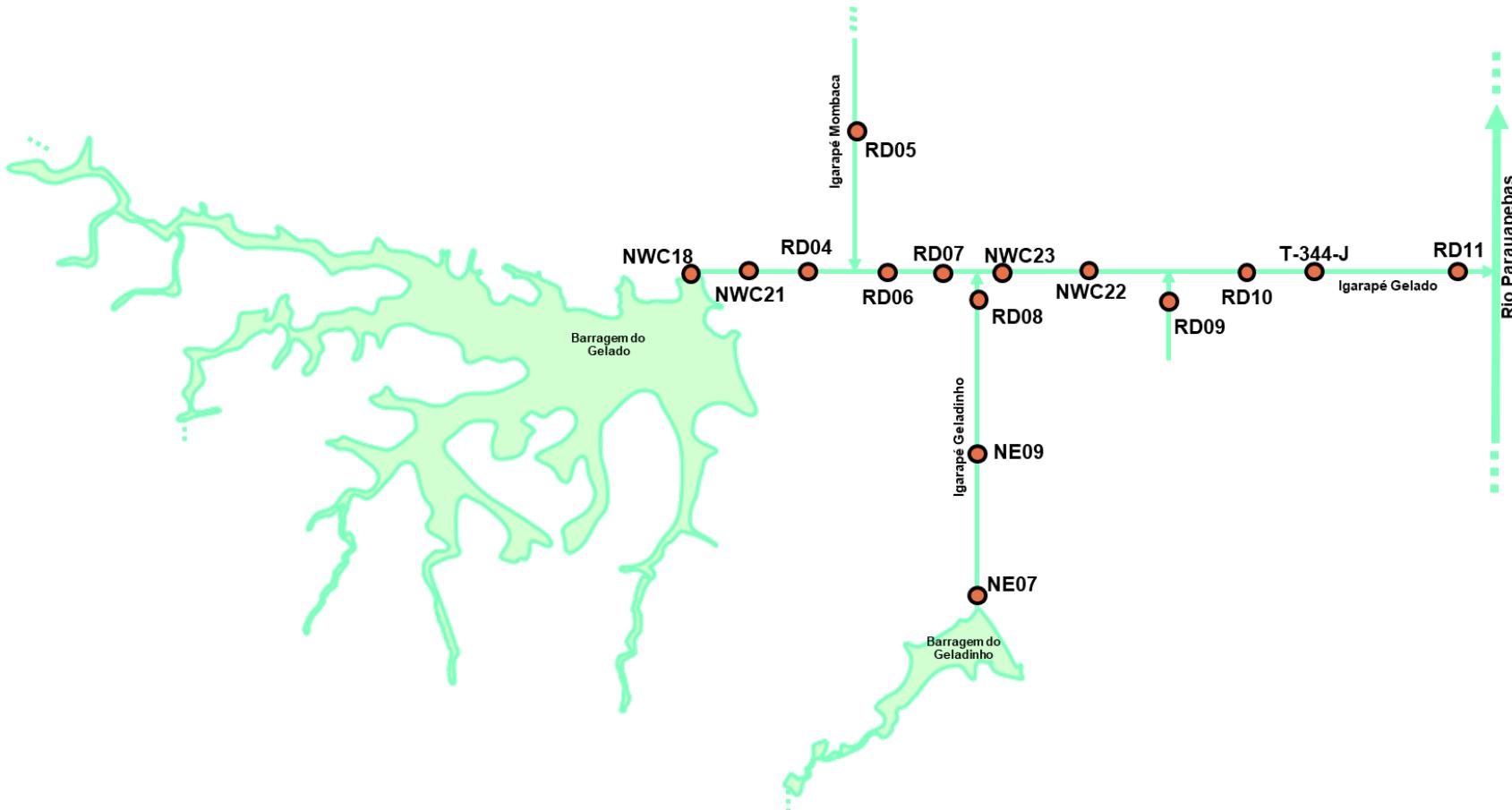
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 6 – Localização dos pontos de monitoramento da qualidade das águas superficiais – Sub-bacia do igarapé Gelado.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 7 – Diagrama unifilar dos pontos de monitoramento da qualidade das águas superficiais – Sub-bacia do igarapé Gelado.



Fonte: Elaborado pelo autor

5.3 Amostragem e Análises Químicas

A coleta das amostras e os ensaios analíticos foram realizados pela empresa SGS Geosol Laboratórios Ltda., que possui acreditação em ensaios e amostragem pela Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios (RBLE), do Instituto Nacional de Metrologia – Inmetro (nº CRL 0561 e nº CRL 0386). Os métodos utilizados para realização dos ensaios analíticos e amostragem estão de acordo com as diretrizes estabelecidas nas seguintes normas e procedimentos:

- Requisitos Gerais de Competência para Laboratórios de Ensaio e Calibração (ISO/IEC 17025:2005);
- Planejamento de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores (NBR 9897/87);
- Preservação e Técnicas de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores (NBR 9898/87);
- Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água (CETESB, 2011);
- *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 22a edição. (APHA, 2012), tópicos 1060A, B e C.

5.4 Seleção dos Parâmetros Físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos selecionados (Tabela 5) buscam atender às condicionantes existentes para a área do empreendimento, bem como se baseiam em normas e publicações que orientam quais são os principais parâmetros a serem monitorados em áreas de projetos minerários e aqueles definidos como elementos traço poluentes prioritários (Figura 8).

Como premissa básica, foram mantidos como parâmetros indicadores os elementos químicos envolvidos diretamente nos processos produtivos, como ferro e manganês, juntamente com informações indispensáveis a qualidade da água, como sólidos totais dissolvidos, Cor verdadeira, Sólidos em suspensão totais e Turbidez.

Tabela 5 - Parâmetros físico-químicos selecionados e respectivos métodos analíticos.

Parâmetros	Método Analítico	LQ	Unidades	Prazo para Análise NBR 9898, ANA/Cetesb e ST	Norma
Arsênio total	ICP/OES	0,004	mg/L	180 dias	[ST] 3030, 3125 B
Cádmio total	ICP/OES	0,001	mg/L	180 dias	[ST] 3030, 3120 B
Chumbo total	ICP/OES	0,01	mg/L	180 dias	[ST] 3030, 3120 B
Cromo total	ICP/OES	0,01	mg/L	180 dias	[ST] 3030, 3120 B
Ferro dissolvido	ICP/OES	0,10	mg/L	180 dias	[ST] 3030, 3120 B
Ferro total	ICP/OES	0,10	mg/L	180 dias	[ST] 3030, 3120 B
Manganês dissolvido	ICP/OES	0,025	mg/L	180 dias	[ST] 3030, 3120 B
Manganês total	ICP/OES	0,025	mg/L	180 dias	[ST] 3030, 3120 B
Mercúrio total	ICP/OES	0,0002	mg/L	24 dias	[ST] 3030, 3125 B
Cor verdadeira	Especrofotometria	10	mg Pt/L	48 h	[ST] 2120 C
Sólidos dissolvidos totais	Gravimetria	11	mg/L	7 dias	[ST] 2540 C
Sólidos em suspensão totais	Gravimetria	11	mg/L	7 dias	[ST] 2540 D
Turbidez	Método Nefolométrico	0,3	UNT	24 h	[ST] 2130 B

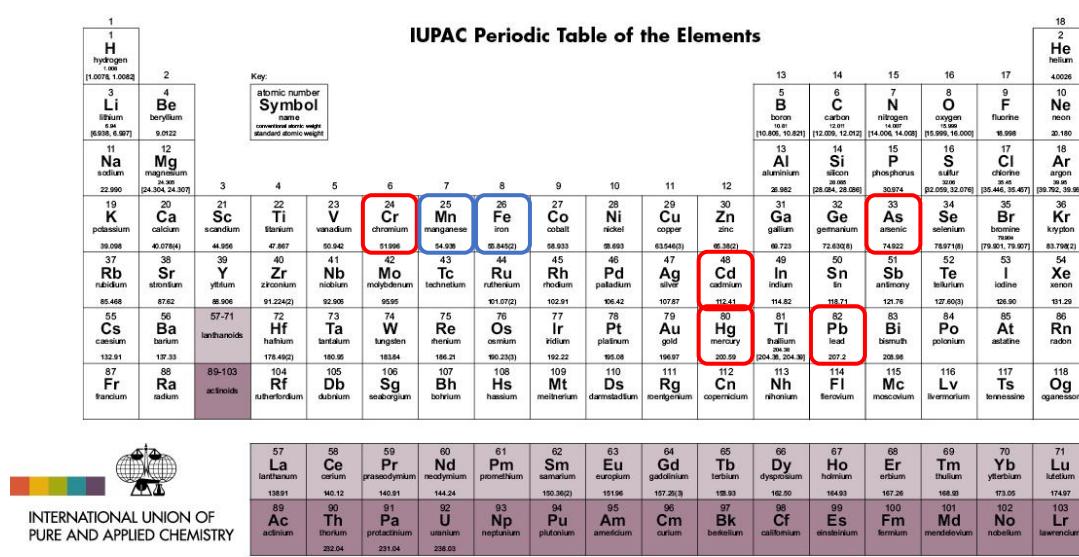
Fonte: Elaborado pelo autor

LQ: Limite de Quantificação

ICP/OES: Espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado

[ST] Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater, 22nd (2012)

Figura 8 – Síntese dos elementos químicos selecionados na avaliação da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do igarapé Gelado.



Fonte: IUPAC, 2018.

5.5 Frequência de Coletas

As amostras foram coletadas no período de 2016 a 2018, tendo sido coberto regularmente o ano de 2017 (janeiro a dezembro) e com cobertura parcial dos anos de 2016 (em geral entre abril a dezembro) e 2018 (somente de janeiro a abril). Houve, portanto, de modo geral, cobertura completa de dois anos (abril de 2016 a abril de 2018) com alguma variação no número de amostras coletadas durante as estações de precipitação máxima (chuvisca) e de estiagem (seca) em cada ponto de monitoramento (Tabela 6). O ponto NWC23 não apresentou resultados anteriores à campanha de dezembro de 2016.

Tabela 6 - Amostragem de água superficial por ponto durante período chuvoso e período seco.

Código do Ponto	Número de Campanhas	
	Estação Chuvosa	Estação Seca
NWC18	13	12
NWC21	13	12
RD04	13	12
RD05	13	12
RD06	13	12
RD07	13	11
NE07	13	12
NE09	13	12
RD08	13	12
NWC23	11	6
NWC22	13	12
RD09	13	12
RD10	11	12
T-344-J	13	12
RD11	12	12

5.6 Processamento dos Dados e Métodos Estatísticos

5.6.1 Estimativa de *baseline* geoquímico

Trabalhos recentes têm empregado métodos estatísticos mais complexos para a definição de os valores de *background* e *baseline*. Quaresma (2019) aplicou as técnicas estatísticas baseada em percentis (75, 95 e 98), *Turkey's inner fence* (TIF), Curva de frequência acumulada, $M_{MAD} - \text{Mediana} \pm 2 \text{ Desvio absoluto da mediana}$, Técnica interativa 2σ , e Função de distribuição calculada para a determinação de valores de *baselines* geoquímicos em águas superficiais na bacia do rio Parauapebas.

Aquele autor e Sahoo *et al.* (2019) consideraram os valores do Percentil 98 como os mais adequados para representar as concentrações de *baseline* (limites superiores dos valores de referência), respectivamente, para as bacia hidrográfica do rio Parauapebas e para a totalidade da bacia do rio Itacaiúnas. Dessa maneira, optou-se por estabelecer o *baseline* das águas superficiais da sub-bacia do igarapé Gelado, pertencente à bacia do rio Parauapebas, por esse método.

Para a determinação do valor de concentração de *baseline* para a sub-bacia do igarapé Gelado a partir do Percentil 98, o conjunto de dados dos metais e semimetais em avaliação foram transformados em logaritmo decimal (\log_{10}). Posteriormente, o percentil 98 dos dados transformados foram convertidos novamente e utilizados como valor de concentração de *baseline* (REIMANN et al., 2018). A equação abaixo ilustra a execução dos cálculos.

$$= 10^{PERCENTIL(\log_{10}(Parametro_1.Resultado\ analítico_1);\log_{10}(Parametro_1.Resultado\ analítico_2);\dots\log_{10}(Parametro_1.Resultado\ analítico_n);0,98)}$$

O software utilizado para o desenvolvimento dessa técnica foi o MS Excel® (versão 2016).

5.6.2 Caracterização físico-química das águas superficiais

Em relação ao tratamento dos dados, inicialmente foi realizado a organização dos resultados analíticos obtidos no período de abril de 2016 a abril de 2018, perfazendo 2 anos de monitoramento.

Para a validação dos dados, verificou-se a consistência em relação aos limites de detecção dos métodos, discrepância de resultados entre parâmetros correlacionáveis e demais erros que possam ter sido identificados nas coletas e análises das amostras.

A avaliação dos dados baseou-se na estatística descritiva corroborada com elaboração de gráficos do tipo boxplot e evolução temporal conjugadas com os dados de precipitação pluviométrica do período.

Os resultados obtidos nas análises das amostras de água superficial foram confrontados aos valores estabelecidos para águas doces classe 2 na Resolução CONAMA nº 357/2005, enquanto os pontos localizados em vertedouros de barragem,

portanto efluentes, foram comparados aos padrões de lançamento em corpos receptores (Resolução CONAMA nº 430/2011).

Ademais são apresentadas tabelas contendo os resultados analíticos obtidos para as amostras de água (Apêndice A) e mapas com a indicação dos valores de *baseline* nos trechos dos cursos de água da sub-bacia do igarapé Gelado monitorados para os parâmetros avaliados (Apêndice B).

Os softwares utilizados para o desenvolvimento dessa técnica foram o MS Excel® (versão 2016) e QGis (versão 3.10.4).

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Valores de *baseline* geoquímico de elementos químicos em águas superficiais da sub-bacia do igarapé Gelado

Na Tabela 7 são apresentados os padrões legais definidos nas Resoluções CONAMA Nº 357/2005 e 430/2011 para os metais e semimetais de interesse, bem como os valores de concentração de *baseline* para o igarapé Gelado e os valores de *baseline* para a bacia do rio Parauapebas, determinados por Quaresma (2019).

Os parâmetros Arsênio total (0,004 mg As/L), Cádmio total (0,001 mg Cd/L) e Chumbo total (0,01 mg Pb/L) apresentaram para ambos os períodos sazonais valores de concentração de *baseline* (P98) coincidentes com o limite mínimo de quantificação dos métodos analíticos (LQ) empregados pelo Laboratório responsável pela realização das análises químicas.

No período de estiagem as variáveis Cromo total e Mercúrio total tiveram as concentrações de *baseline* correspondentes ao próprio LQ, 0,01 mg Cr/L e 0,0002 mg Hg/L, respectivamente. Já em relação ao período chuvoso, o Cromo total apresentou concentração de *baseline* inferior ao padrão legalmente estabelecido, cujo valor é de 0,05 mg/L. Por outro lado, para o Mercúrio total, o Percentil 98 das concentrações obtidas nas amostras de água da sub-bacia do Gelado (0,0003 mg Hg/L) situa-se acima do valor de referência para águas classe 2, porém abaixo do padrão de lançamento de efluentes em corpos receptores da Resolução CONAMA Nº 430/2011.

Concernente aos metais Ferro, considerado em sua fração dissolvida, e Manganês total, os resultados mostraram valores de concentração de *baseline* superiores aos padrões de qualidade para águas doces classe 2, definidos na Resolução CONAMA Nº 357/2005, tanto na estiagem, como no período chuvoso. Condição distinta pode ser observada para a variável Manganês dissolvido, quando comparada ao padrão de lançamento de efluentes determinados na Resolução CONAMA Nº 430/2011 (Tabela 7).

Na comparação entre as estimativas de *baseline* geoquímico em águas superficiais da bacia do rio Parauapebas, efetuadas por Quaresma (2019), e os valores determinados para a sub-bacia do igarapé Gelado, notou-se para os

parâmetros Ferro total e Manganês total valores mais elevados para o Percentil 98 na bacia do Rio Parauapebas (Tabela 7). Um quadro similar foi registrado para a totalidade da bacia do rio Itacaiúnas (SAHOO et al., 2019). Por outro lado, na sub-bacia do igarapé Gelado, os valores de *baseline* de Manganês total são menores no período seco do que no período chuvoso, enquanto nas bacias do Parauapebas e do Itacaiúnas foram observados valores mais elevados de *baseline* de Manganês total no período seco (QUARESMA, 2019; SAHOO et al., 2019).

Quanto à variável Cromo total, os valores de concentração de *baseline* determinados no presente estudo mostraram-se superiores aos estimados por Quaresma (2019), porém é possível que isso se deva mais a diferenças entre os métodos analíticos empregados no presente estudo (ICP-OES) e os utilizados no trabalho citado (espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado - ICP-MS), do que a um contraste real. Essa limitação do método analítico empregado deve ser considerada também nas comparações entre os demais elementos que devem ser relativizadas.

Tabela 7 – Valores de concentração de baseline no período chuvoso e estiagem estimados para a sub-bacia do igarapé Gelado comparados com Padrões legais e valores análogos estimados para a bacia do rio Parauapebas (QUARESMA, 2019).

Parâmetros	Unidade	Limite Máximo - Res. CONAMA Nº 357/2005*	Limite Máximo - Res. CONAMA Nº 430/2011**	P98 – Estiagem Sub-bacia do Igarapé Gelado	P98 – Chuva Sub-bacia do Igarapé Gelado	P98 - Estiagem Bacia do Parauapebas	P98 - Chuva Bacia do Parauapebas
Arsênio total	mg As/L	0,01	0,5	0,004	0,004	-	-
Cádmio total	mg Cd/L	0,001	0,2	0,001	0,001	-	-
Chumbo total	mg Pb/L	0,01	0,5	0,01	0,01	-	-
Cromo total	mg Cr/L	0,05	-	0,01	0,02	0,0038	0,009
Ferro dissolvido	mg Fe/L	0,3	15	1,42	1,76	-	-
Ferro total	mg Fe/L	-	-	3,42	4,90	13,0	14,2
Manganês dissolvido	mg Mn/L	-	1	0,17	0,45	-	-
Manganês total	mg Mn/L	0,1	-	0,27	0,55	4,1	3,4
Mercúrio total	mg Hg/L	0,0002	0,01	0,0002	0,0003	-	-

* Padrão de qualidade para águas doces Classe 2, definido na Resolução CONAMA Nº 357/2005.

** Padrão de lançamento de efluentes em corpos receptores, definido na Resolução CONAMA Nº 430/2011.

6.2 Caracterização físico-química das águas superficiais

6.2.1 Arsênio

O parâmetro Arsênio total apresentou teores não quantificáveis em praticamente a totalidade das amostras analisadas, sendo a exceção relacionada à amostra coletada no ponto RD11, em campanha de fevereiro de 2017, durante o período chuvoso, que apresentou concentração de 0,005 mg As/L. Apesar desta exceção, a totalidade dos resultados se situou abaixo do padrão de qualidade para águas doces classe 2, definido na Resolução CONAMA Nº 357/2005, que é de 0,01 mg As/L (Tabela 7).

A avaliação estatística para este parâmetro ficou prejudicada devido ao fato de apenas uma amostra ter revelado concentração acima do LMD. Fica claro, porém, que não ocorreram grandes oscilações no conjunto de dados analisados e não puderam, tampouco, ser observadas influências sazonais nos resultados das amostras analisadas.

Tabela 8 – Estatística descritiva para o parâmetro Arsênio total (mg/L) no período de estiagem

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	12	12	12	12	12	11	12	12	12	6	12	12	12	12	12	173
% < LMD	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Mínimo	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Máximo	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Média	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Mediana	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Desvio Padrão	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CVar*	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Q1	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Q3	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
P90	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
P98	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004

Figura 9 – Boxplot para o parâmetro Arsênio total no período de Estiagem.

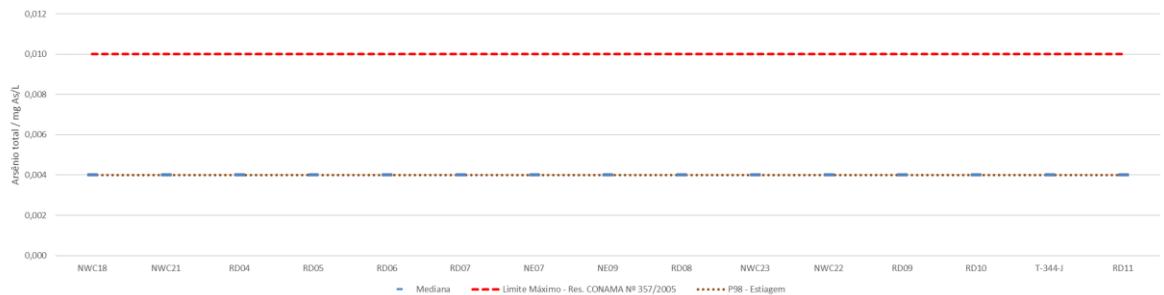


Tabela 9 – Estatística descritiva para o parâmetro Arsênio total (mg/L) no período de Chuva

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	13	13	13	13	13	13	13	13	13	11	13	13	11	13	13	191
% < LMD	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	92%	99%
Mínimo	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Máximo	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005
Média	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Mediana	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Desvio Padrão	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CVar*	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,068	0,018
Q1	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Q3	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
P90	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
P98	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004

Figura 10 – Boxplot para o parâmetro Arsênio total no período de Chuva.

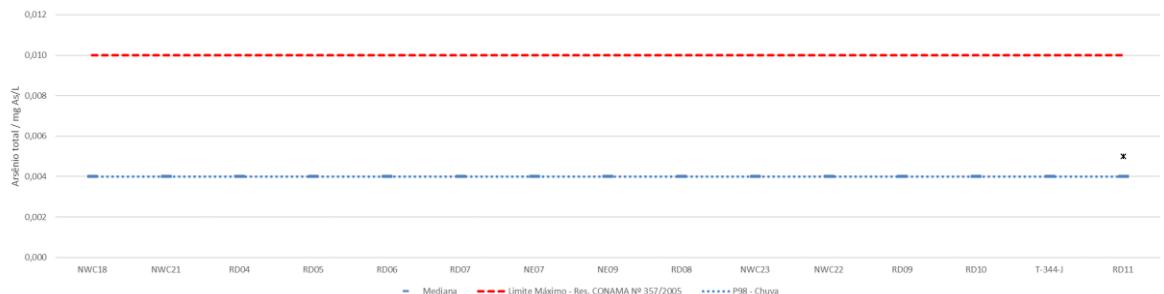


Figura 11 – Evolução temporal para o parâmetro Arsênio total.



6.2.2 Cádmio

Para a variável Cádmio total, as concentrações da quase totalidade das amostras também se situou abaixo do limite mínimo de detecção (0,001 mg/L). De todo conjunto de amostras analisadas, apenas três apresentaram concentrações de Cádmio total acima do LMD (Tabela 10). Duas destas amostras de água foram coletadas na campanha de monitoramento do mês de outubro de 2016 nos pontos NWC18, em que foi obtido teor de 0,003 mg Cd/L, e NE07, com concentração de 0,002 mg Cd/L. Cabe ressaltar, no entanto, que tais pontos correspondem a efluentes das barragens do Gelado e do Geladinho e, sendo assim, tais resultados devem ser confrontados ao padrão para Cádmio total (0,2 mg/L) de lançamento de efluentes em corpos receptores, definidos na Resolução CONAMA Nº 430/2011. Seguindo-se esse critério, tais pontos estão conformes com a legislação vigente. Finalmente, foi observada a concentração de 0,015 mg Cd/L em amostra de água do ponto RD05, localizado no igarapé Mombaca, referente à campanha de maio de 2017. Esse valor representa uma concentração anômala à série de dados deste ponto e para o conjunto de dados da sub-bacia.

Salienta-se que os três resultados quantificáveis para este parâmetro quando comparados ao conjunto de dados, são considerados como *outliers*, como pode ser observado na Figura 12.

Analogamente ao observado para o Arsênio total, a avaliação estatística para Cádmio total foi prejudicada pela total dominância de valores menores que o limite

mínimo de detecção. Em termos das variações sazonais, cabe assinalar que as três amostras com concentrações acima do LMD foram coletadas no período seco. Outro ponto que merece destaque é o fato de a amostra com teor mais elevado de Cádmio total ser proveniente de ponto de amostragem no igarapé Mombaca, antes de sua confluência com o igarapé Gelado (Figura 6). Isso revela que esse valor anômalo não poderia ser devido à influência da Barragem do Gelado.

Tabela 10 – Estatística descritiva para o parâmetro Cádmio total (mg/L) no período de Estiagem

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	12	12	12	12	12	11	12	12	12	6	12	12	12	12	12	173
% < LMD	92%	100%	100%	92%	100%	100%	83%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	98%
Mínimo	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Máximo	0,003	0,001	0,001	0,015	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,015
Média	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Mediana	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Desvio Padrão	0,001	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
CVar*	0,495	0,000	0,000	1,865	0,000	0,000	0,266	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,980
Q1	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Q3	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
P90	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
P98	0,003	0,001	0,001	0,012	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

Figura 12 – Boxplot para o parâmetro Cádmio total no período de Estiagem.

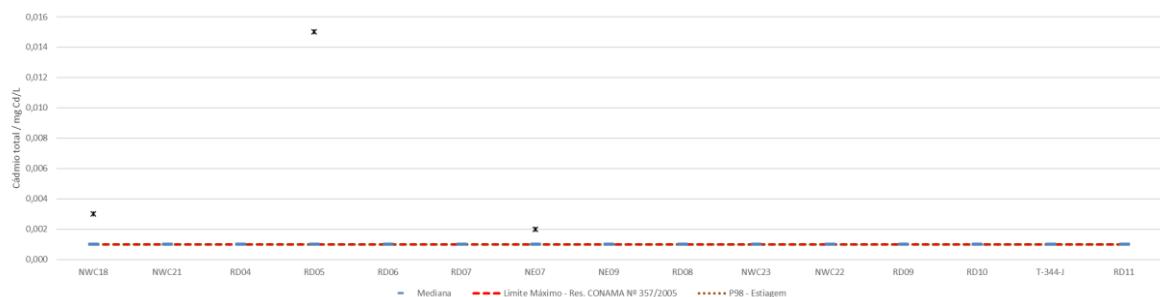


Tabela 11 – Estatística descritiva para o parâmetro Cádmio total (mg/L) no período de Chuva

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	13	13	13	13	13	13	13	13	13	11	13	13	11	13	13	191
% < LMD	100%	100%	92%	100%	100%	100%	92%	92%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	98%
Mínimo	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Máximo	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Média	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Mediana	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Desvio Padrão	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CVar*	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Q1	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Q3	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
P90	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
P98	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

Figura 13 – Boxplot para o parâmetro Cádmio total no período de Chuva.

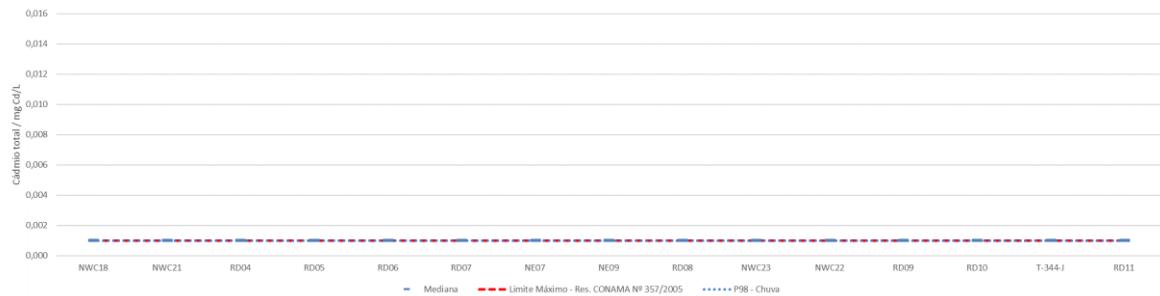
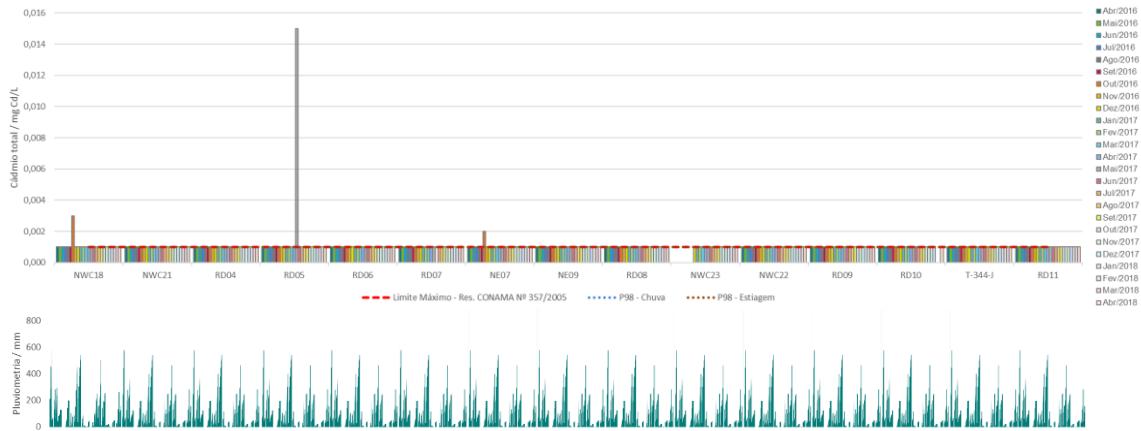


Figura 14 – Evolução temporal para o parâmetro Cádmio total.



6.2.3 Chumbo

O parâmetro Chumbo total apresentou em toda a série de dados apenas quatro resultados quantificáveis. Dentre estas quatro amostras, três apresentaram teores de Chumbo total coincidentes com o valor do limite mínimo de detecção (0,01 mg/L, Tabela 5). Elas foram coletadas nos pontos RD10, em dezembro de 2016, e NE07, em outubro de 2016 e dezembro de 2017. A quarta amostra é proveniente do ponto NWC18, coletada em outubro de 2016, e apresentou concentração de 0,02 mg Pb/L, que corresponde a um *outlier*, conforme pode ser visualizado na Figura 15. Ressalta-

se ainda, que este ponto de monitoramento é do efluente da barragem do Gelado (Figura 6) e o resultado obtido mostra-se em conformidade com o padrão de lançamento de efluentes da Resolução CONAMA Nº 430/2011 (valor máximo de 0,5 mg/L, Tabela 7). O ponto NE07 corresponde, por sua vez, ao efluente da barragem do Geladinho. Portanto, pode-se concluir a partir dos resultados obtidos que não havia evidência de contaminação significativa de Chumbo total na sub-bacia no período amostrado.

A avaliação estatística para este parâmetro ficou prejudicada, tal como aconteceu com Arsênio e Cádmio, pois a quase totalidade dos resultados situa-se abaixo do limite mínimo de detecção (LMD). O valor de *baseline* estimado para este elemento coincide com o valor do LMD e deve ser visto como valor máximo devido às limitações do método analítico empregado. Em termos de influência sazonal muito pouco pode ser dito pela mesma razão. Duas das amostras com teores acima do LMD foram coletadas durante a estação chuvosa e duas no mês de outubro que marca a transição entre a estação seca e a chuvosa.

Tabela 12 – Estatística descritiva para o parâmetro Chumbo total (mg/L) no período de estiagem

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	12	12	12	12	12	11	12	12	12	6	12	12	12	12	12	173
% < LMD	92%	100%	100%	100%	100%	100%	92%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%
Mínimo	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Máximo	0,020	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,020
Média	0,011	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Mediana	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Desvio Padrão	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
CVar*	0,266	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,076
Q1	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Q3	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
P90	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
P98	0,018	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010

Figura 15 – Boxplot para o parâmetro Chumbo total no período de estiagem

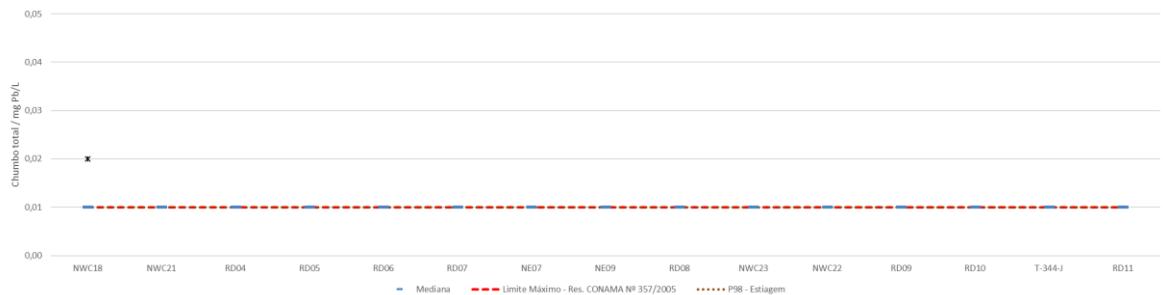


Tabela 13 – Estatística descritiva para o parâmetro Chumbo total (mg/L) no período de Chuva.

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	13	13	13	13	13	13	13	13	13	11	13	13	11	13	13	191
% < LMD	100%	100%	100%	100%	100%	100%	92%	100%	100%	100%	100%	100%	91%	100%	100%	99%
Mínimo	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Máximo	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Média	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Mediana	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Desvio Padrão	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CVar*	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Q1	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Q3	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
P90	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
P98	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010

Figura 16 – Boxplot para o parâmetro Chumbo total no período de Chuva

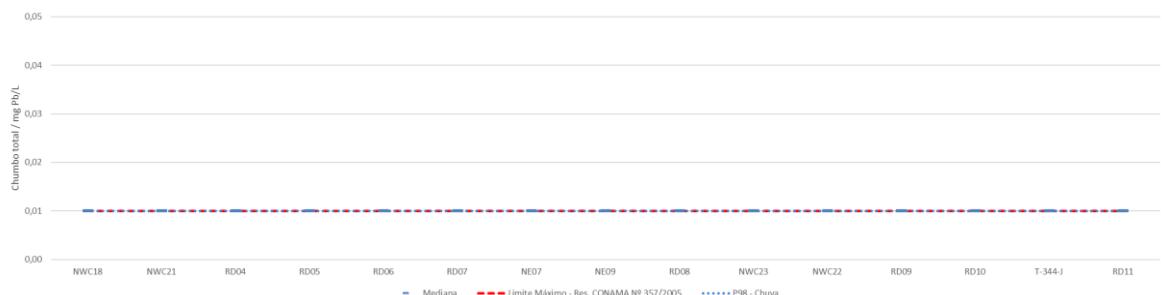
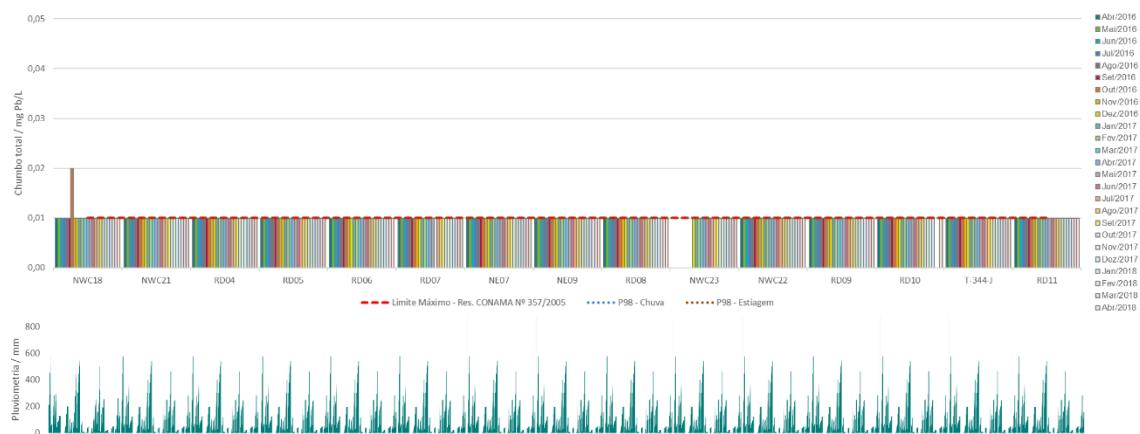


Figura 17 – Evolução temporal para o parâmetro Chumbo total.



6.2.4 Cromo total

Quanto ao parâmetro Cromo total, assim como para as variáveis anteriormente descritas, constatou-se quase totalidade de teores não quantificáveis, porém com vinte e seis amostras apresentando concentrações de Cromo total coincidentes ou acima do limite mínimo de detecção. Destas, dezenove apresentaram teor de Cromo total igual a 0,01 mg Cr/L (=LMD), cinco concentração de 0,02 mg Cr/L, uma de 0,03 mg Cr/L e outra de 0,09 mg Cr/L. Esta última amostra foi coletada em junho de 2017 no ponto RD10 e destoa do conjunto de dados, constituindo um *outlier* (Figura 20). A amostra com conteúdo de Cromo total de 0,03 mg Cr/L foi, por sua vez, coletada no ponto RD11 em maio de 2017. As amostras com concentração de 0,02 mg Cr/L provêm de cinco pontos de amostragem distintos (NWC21, RD06, RD07, NE0,9 e RD08) e foram coincidentemente todas coletadas em dezembro de 2017.

Em termos de sazonalidade, constata-se que as amostras com teores significativos de Cromo total (>LMD) se distribuem de modo equilibrado entre as duas estações, tendo sido 15 coletadas na estação chuvosa e 11 na estação seca. A amostra do ponto RD10 com conteúdo máximo de Cromo total na sub-bacia foi coletada na estação seca, porém todas aquelas com valores entre 0,02 e 0,03 mg Cr/L foram obtidas durante a estação chuvosa. Não há, portanto, evidência clara de influência sazonal a partir dos resultados obtidos.

Os pontos de amostragem com teores de Cromo total maiores que 0,02 mg Cr/L se situam fora da zona de influência direta das barragens e tais valores podem

estar relacionados com presença de rochas maficas no substrato local. Os valores de *baseline* de Cromo total estimados pelo método P98 para a sub-bacia foram 0,01 mg/L para o período de estiagem e 0,02 mg/L para o chuvoso (Tabela 7). Eles são bem superiores aos definidos para a bacia do rio Parauapebas por Quaresma (2019), o que provavelmente é um reflexo da maior resolução analítica do método analítico (ICM-MS (bacia hidrográfico do rio Itacaiúnas) vs. ICP-OES (sub-bacia hidrográfica do igarapé Gelado)), também indicada pela menor proporção de resultados abaixo do LMD obtidos por este último autor, comparado ao presente estudo. Com exceção do teor de Cromo total máximo registrado em uma única amostra no ponto RD10 (Figura 20), todas as demais amostras analisadas apresentam teores de Cromo total abaixo do padrão de qualidade para águas doces classe 2 (0,05 mg/L). Não há, portanto, indícios de contaminação expressiva por Cromo na sub-bacia, mesmo porque esta anomalia não se mostrou constante ao longo do período em que se manteve o monitoramento.

Tabela 14 – Estatística descritiva para o parâmetro Cromo total (mg/L) no período de estiagem

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	12	12	12	12	12	11	12	12	12	6	12	12	12	12	12	173
% < LMD	100%	100%	92%	92%	92%	100%	83%	83%	100%	100%	92%	92%	92%	92%	92%	93%
Mínimo	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Máximo	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,09	0,01	0,01	0,09
Média	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Mediana	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Desvio Padrão	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01
CVar*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,39	0,00	0,00	0,58
Q1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Q3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
P90	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
P98	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,07	0,01	0,01	0,01

Figura 18 – Boxplot para o parâmetro Cromo total no período de estiagem

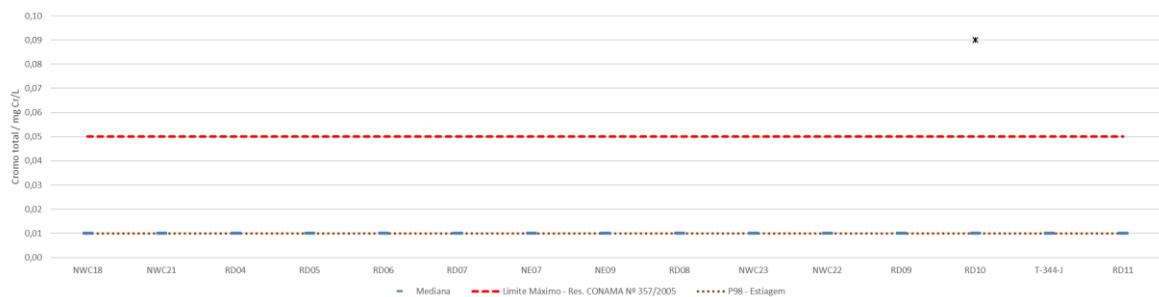


Tabela 15 – Estatística descritiva para o parâmetro Cromo total (mg/L) no período de Chuva

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	13	13	13	13	13	13	13	13	13	11	13	13	11	13	13	191
% < LMD	92%	85%	100%	85%	92%	92%	100%	92%	92%	91%	92%	92%	91%	92%	92%	92%
Mínimo	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Máximo	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03
Média	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mediana	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Desvio Padrão	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
CVar*	0,00	0,26	0,00	0,00	0,26	0,26	0,00	0,26	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,21
Q1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Q3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
P90	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
P98	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02

Figura 19 – Boxplot para o parâmetro Cromo total no período de Chuva

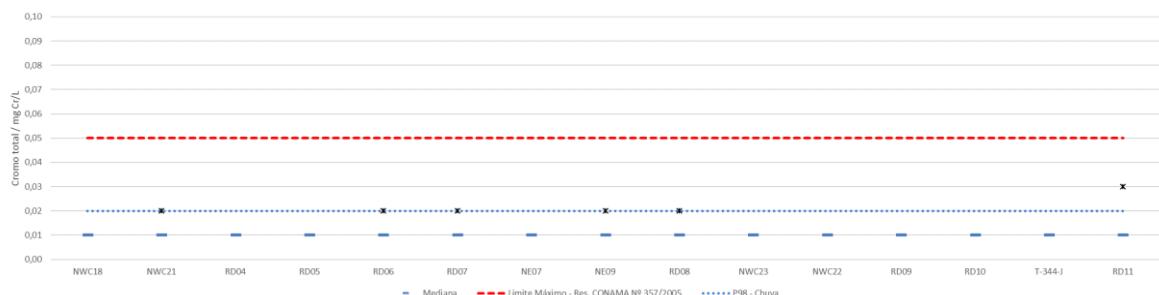
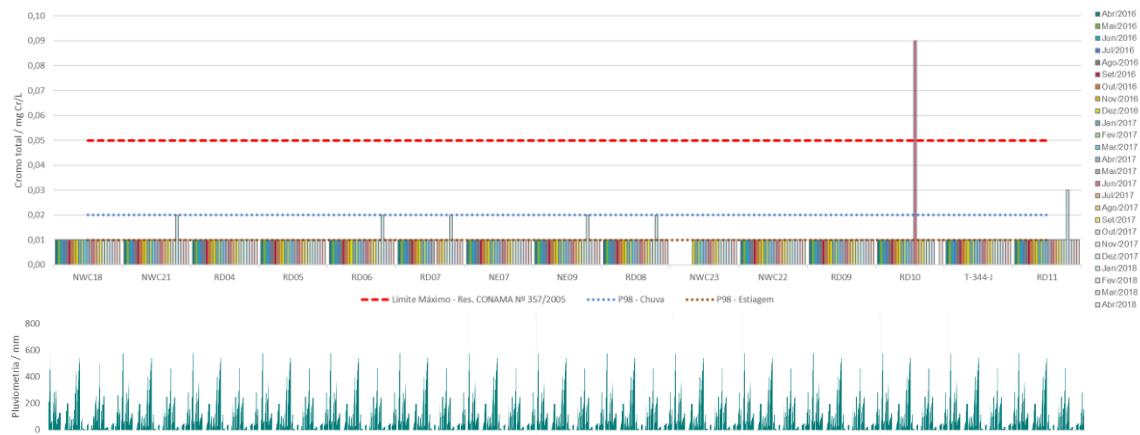


Figura 20 – Evolução temporal para o parâmetro Cromo total.



6.2.5 Ferro

Para a fração dissolvida do elemento Ferro, pode-se observar que as amostras analisadas apresentam sempre concentrações acima do limite mínimo de detecção (LMD) e, em geral, concentrações máximas de Fe superiores aos valores recomendados nas regulações vigentes (0,30 mg Fe/L; Resolução CONAMA 357/2005; Tabela 7) para águas doces classe 2. As exceções são as amostras coletadas nos pontos NWC18, NWC21, NE07 e NE09 (Figura 21), cujos valores máximos não ultrapassam este valor (Tabela 16). Estes quatro pontos situam-se os dois primeiros no igarapé Gelado e os dois últimos no igarapé Geladinho e todos próximos e a jusante das suas respectivas barragens (Figura 6). Percebe-se também que os teores máximos de Ferro total nos pontos RD04, RD08 e RD09 são apenas ligeiramente superiores ao valor mencionado (Figura 21). Por sua vez, no trecho do igarapé Gelado que se estende de suas confluências com os igarapés Mombaca e Geladinho para leste tem-se conteúdos moderados (0,67 a 0,79 mg Fe/L) ou relativamente elevados (1,36 a 1,72 mg Fe/L) de Ferro dissolvido (Figura 21; Apêndice B). O valor máximo de Ferro dissolvido durante o período de estiagem (1,93 mg Fe/L) foi registrado em amostra do ponto RD05 no igarapé Mombaca. Teor próximo, mas um pouco inferior a este, foi fornecido por amostra do ponto RD10 (1,72 mg Fe/L).

Durante a estação chuvosa, os dados obtidos revelam que apenas nos pontos NE07 e NE09, acrescidos do ponto RD08 (Figura 22), foram registrados valores máximos inferiores ao previsto na resolução do CONAMA Nº 357/2005. Estes três

pontos se situam no igarapé Geladinho, a jusante de sua barragem (Figura 6). Nesta estação, os pontos NWC18 e NWC21, juntamente com os pontos RD04, RD06, RD09, NWC23 e T-344-J, mostram conteúdos moderados de Ferro dissolvido. Com exceção dos dois últimos pontos, os demais se situam no trecho superior do igarapé Gelado. Por sua vez, os pontos RD07, NWC22, RD10 e RD11, localizados nos trechos médio e inferior do igarapé Gelado, exibem concentrações relativamente altas de Fe (Figura 22; Tabela 17). Finalmente, no ponto RD-05, situado no igarapé Mombaca, tem-se o conteúdo máximo de Fe (3,84 mg Fe/L).

Em termos do conteúdo de Ferro total, durante o período de estiagem, o comportamento é análogo ao descrito para o Ferro dissolvido, embora as concentrações sejam naturalmente mais elevadas. Seis pontos de amostragem, NWC18, NWC21, RD04, NE07, NE09 e RD08, mostram teores relativamente baixos de Ferro total (Tabela 18; Figura 24), enquanto nos pontos RD06, RD07, NWC23, NWC22, RD09, T-344-J, RD10 e RD11 ocorrem concentrações elevadas e no ponto RD05 o valor máximo de Ferro total. Estes três grupos distinguidos com base no conteúdo de Ferro total mostram valores de mediana bastante próximos (Tabela 18; Figura 24).

Apesar de as concentrações serem comparativamente mais elevadas que no período de estiagem, o comportamento do Ferro total no período chuvoso também mostra acentuada analogia com o observado durante o período de estiagem. Constatase que os pontos de amostragem se agrupam de modo análogo, se considerados os valores de mediana e os *boxplots* (Tabela 19; Figura 25)

Os valores de baseline estimados com o método P98 para o Ferro dissolvido foram 1,41 mg/L e 1,76 mg/L, respectivamente nos períodos de estiagem e chuvoso (Tabela 7). Já aqueles de Ferro total foram iguais a 3,42 mg/L no período de estiagem e 4,90 mg/L no chuvoso.

No igarapé Mombaca e no igarapé Gelado, após sua confluência com o igarapé Mombaca, observou-se, de maneira geral, a elevação das concentrações tanto de Ferro dissolvido como de Ferro total. Este fato pode estar relacionado ao uso do solo na bacia de contribuição do igarapé Mombaca, onde predominam atividades agropecuárias, resultando em supressão vegetal e compactação do solo,

acompanhadas de erosão, remoção da camada orgânica do solo, carreamento de sólidos para os cursos de água e, consequentemente, maior disponibilização dos elementos constituintes dos solos para os cursos de água. Saliente-se que a maior parte da área de contribuição do igarapé Mombaca encontra-se fora da área da APAIG.

Especificamente para os pontos NWC18 (vertedouro da Barragem do Gelado), NWC21 (situado a jusante do vertedouro da Barragem do Gelado) e RD04 (igarapé Gelado, a jusante de área de pastagem; Figura 6) notou-se ligeiro acréscimo das concentrações de ferro, mais perceptível para a forma total do metal, nas amostras das campanhas de fevereiro, março e abril de 2018. Isso provavelmente se deu em decorrência das elevadas taxas de precipitação naquele período, com consequente intensificação da erosão e do transporte superficial, que causa aumento dos teores do Ferro nas águas fluviais, uma vez que é importante constituinte dos solos da região (SAHOO *et al.*, 2019, 2020). Por outro lado, as amostras dos pontos situados no igarapé Geladinho (NE07, NE09 e RD04; Figura 6) apresentaram concentrações pouco expressivas de Ferro dissolvido, inclusive nas campanhas de fevereiro, março e abril de 2018.

As amostras coletadas nos vertedouros das barragens do Gelado (NWC18) e do Geladinho (NE07) apresentaram para o Ferro dissolvido teores mais elevados que o padrão de qualidade para águas doces classe 2 (0,3 mg Fe/L). Porém, em relação ao padrão de lançamento de efluentes estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 430/2011 (15 mg Fe/L), verificou-se pleno atendimento.

O conjunto de dados revela que os rejeitos acumulados nas barragens do Gelado e do Geladinho não devem ter causado enriquecimento excepcional em ferro na água fluvial durante o período monitorado, pois os pontos de maior enriquecimento em ferro, tanto dissolvido, quanto total, se encontram totalmente fora da área de influência direta das barragens, sendo o melhor exemplo disso o ponto de monitoramento no igarapé Mombaca, ponto RD05, que se destaca pelas elevadas concentrações de Ferro total e dissolvido, em ambos os períodos sazonais. Estas concentrações elevadas aparentemente influenciaram negativamente na qualidade das águas do igarapé Gelado nos pontos RD06 e RD07. Por outro lado, observou-se

indicações de melhora da qualidade das águas do igarapé Gelado após sua confluência com o igarapé Geladinho. As águas do ponto RD09, situado no afluente do igarapé Gelado, em área limite entre floresta e pastagens, também aparenta possuir melhores condições que os pontos RD10 e RD11, que se encontram em áreas com maior pressão antrópica. Concernente aos valores de *baseline* para Ferro dissolvido, para as amostras do igarapé Mombaca, 17% dos resultados mostraram-se superiores ao *baseline* (Percentil 98) no período de estiagem (1,415 mg Fe/L) e 31% dos resultados superiores às concentrações de *baseline* no período chuvoso (1,764 mg Fe/L). Já para o Ferro total os percentuais foram de 25% e 23%, respectivamente.

Tabela 16 – Estatística descritiva para o parâmetro Ferro dissolvido (mg/L) no período de estiagem

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	12	12	12	12	12	11	12	12	12	6	12	12	12	12	12	173
% < LMD	92%	25%	0%	0%	0%	0%	100%	50%	42%	0%	0%	0%	0%	0%	8%	22%
Mínimo	0,10	0,10	0,11	0,38	0,22	0,12	0,10	0,10	0,10	0,22	0,17	0,20	0,18	0,28	0,10	0,10
Máximo	0,11	0,20	0,37	1,93	0,79	1,46	0,10	0,24	0,32	1,05	1,04	0,38	1,72	0,67	1,36	1,93
Média	0,10	0,14	0,19	0,91	0,43	0,63	0,10	0,13	0,14	0,45	0,40	0,28	0,53	0,39	0,48	0,35
Mediana	0,10	0,13	0,17	0,82	0,41	0,59	0,10	0,10	0,11	0,36	0,31	0,29	0,33	0,35	0,43	0,27
Desvio Padrão	0,00	0,04	0,08	0,45	0,16	0,34	0,00	0,05	0,07	0,30	0,26	0,06	0,47	0,11	0,31	0,32
CVar*	0,03	0,28	0,43	0,50	0,38	0,53	0,00	0,37	0,47	0,68	0,65	0,23	0,89	0,27	0,65	0,92
Q1	0,10	0,10	0,14	0,54	0,30	0,47	0,10	0,10	0,10	0,31	0,21	0,21	0,27	0,34	0,35	0,11
Q3	0,10	0,17	0,21	1,11	0,51	0,75	0,10	0,13	0,15	0,39	0,50	0,31	0,58	0,40	0,48	0,41
P90	0,10	0,18	0,31	1,43	0,55	0,79	0,10	0,19	0,20	0,73	0,64	0,35	1,18	0,51	0,69	0,72
P98	0,11	0,20	0,36	1,83	0,74	1,33	0,10	0,23	0,29	0,99	0,95	0,37	1,61	0,64	1,21	1,42

Figura 21 – Boxplot para o parâmetro Ferro dissolvido no período de estiagem

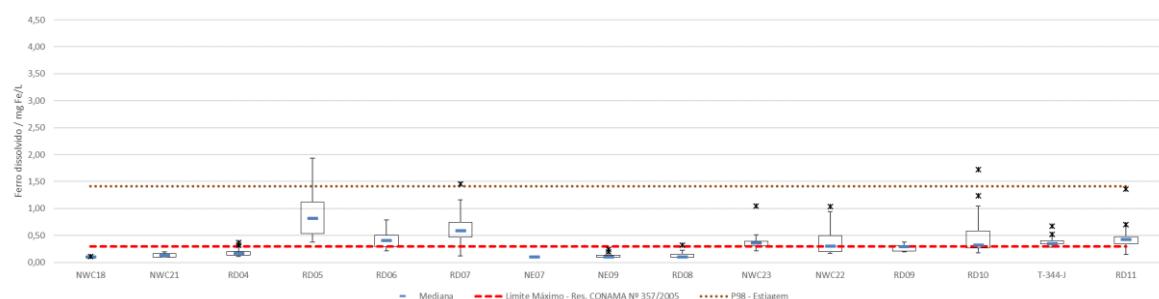


Tabela 17 – Estatística descritiva para o parâmetro Ferro dissolvido (mg/L) no período de Chuva

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total	
Número de amostras	13	13	13	13	13	13	13	13	13	11	13	13	11	13	12	190	
% < LMD	54%	46%	23%	0%	0%	0%	100%	69%	54%	9%	0%	8%	0%	0%	0%	25%	
Mínimo	0,10	0,10	0,10	0,12	0,15	0,34	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,27	0,10	0,33	0,27	0,30	0,10
Máximo	0,70	0,54	0,41	3,84	0,83	1,73	0,10	0,18	0,15	0,75	1,03	0,65	1,66	0,65	1,46	3,84	
Média	0,21	0,17	0,24	1,22	0,42	0,68	0,10	0,11	0,11	0,35	0,51	0,33	0,65	0,46	0,56	0,41	
Mediana	0,10	0,10	0,22	0,85	0,37	0,55	0,10	0,10	0,10	0,34	0,43	0,30	0,58	0,45	0,48	0,33	
Desvio Padrão	0,19	0,13	0,12	1,00	0,19	0,38	0,00	0,03	0,02	0,21	0,25	0,16	0,40	0,12	0,33	0,43	
CVar*	0,88	0,78	0,52	0,82	0,46	0,56	0,00	0,24	0,18	0,61	0,49	0,48	0,61	0,25	0,58	1,06	
Q1	0,10	0,10	0,12	0,69	0,30	0,42	0,10	0,10	0,10	0,17	0,33	0,24	0,36	0,38	0,35	0,10	
Q3	0,33	0,14	0,36	1,89	0,51	0,81	0,10	0,11	0,13	0,44	0,55	0,39	0,72	0,54	0,56	0,51	
P90	0,41	0,30	0,39	2,12	0,71	1,00	0,10	0,16	0,15	0,62	0,91	0,59	1,00	0,61	0,87	0,75	
P98	0,63	0,48	0,41	3,43	0,81	1,56	0,10	0,18	0,15	0,72	1,02	0,65	1,53	0,64	1,34	1,77	

Figura 22 – Boxplot para o parâmetro Ferro dissolvido no período de Chuva.

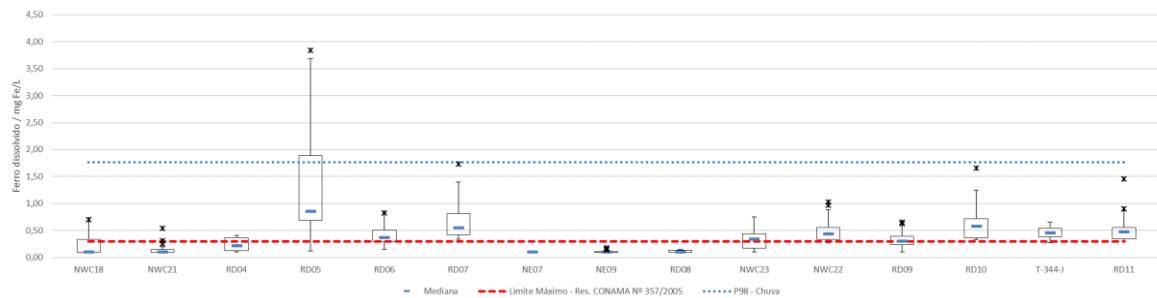


Figura 23 – Evolução temporal para o parâmetro Ferro dissolvido.

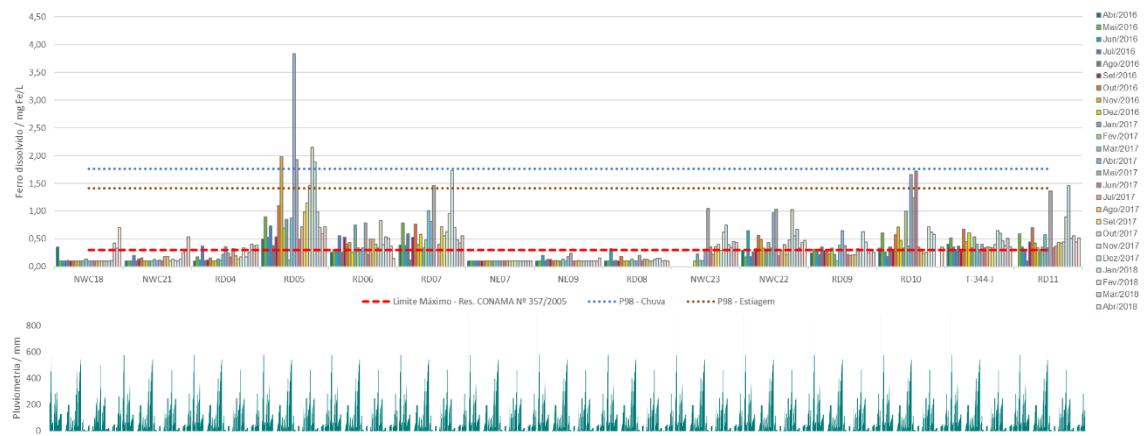


Tabela 18 – Estatística descritiva para o parâmetro Ferro total (mg/L) no período de Estiagem

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	12	12	12	12	12	11	12	12	12	6	12	12	12	12	12	173
% < LMD	42%	0%	0%	0%	0%	0%	67%	8%	8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	9%
Mínimo	0,10	0,14	0,21	0,77	0,56	0,59	0,10	0,10	0,10	0,55	0,44	0,40	0,44	0,32	0,43	0,10
Máximo	0,14	0,35	0,59	6,62	1,28	2,27	0,15	0,32	0,48	2,69	1,54	1,94	3,72	1,89	1,97	6,62
Média	0,11	0,21	0,34	2,88	0,93	1,40	0,11	0,19	0,25	1,24	0,95	0,79	1,15	0,99	0,99	0,82
Mediana	0,10	0,19	0,27	2,62	0,96	1,47	0,10	0,18	0,22	0,99	0,85	0,64	0,83	0,85	0,92	0,58
Desvio Padrão	0,02	0,06	0,14	1,51	0,24	0,47	0,02	0,07	0,12	0,76	0,35	0,41	0,90	0,52	0,50	0,89
CVar*	0,14	0,31	0,41	0,52	0,26	0,34	0,15	0,36	0,50	0,62	0,37	0,52	0,79	0,52	0,50	1,08
Q1	0,10	0,16	0,24	2,23	0,72	1,24	0,10	0,15	0,18	0,85	0,76	0,55	0,61	0,61	0,57	0,20
Q3	0,11	0,24	0,43	3,30	1,10	1,66	0,10	0,21	0,28	1,31	1,22	0,91	1,32	1,45	1,23	1,07
P90	0,14	0,28	0,57	4,13	1,22	1,75	0,13	0,31	0,47	2,04	1,42	0,99	1,73	1,64	1,70	1,75
P98	0,14	0,33	0,59	6,09	1,27	2,17	0,15	0,32	0,48	2,56	1,52	1,73	3,29	1,84	1,92	3,43

Figura 24 – Boxplot para o parâmetro Ferro total no período de Estiagem.

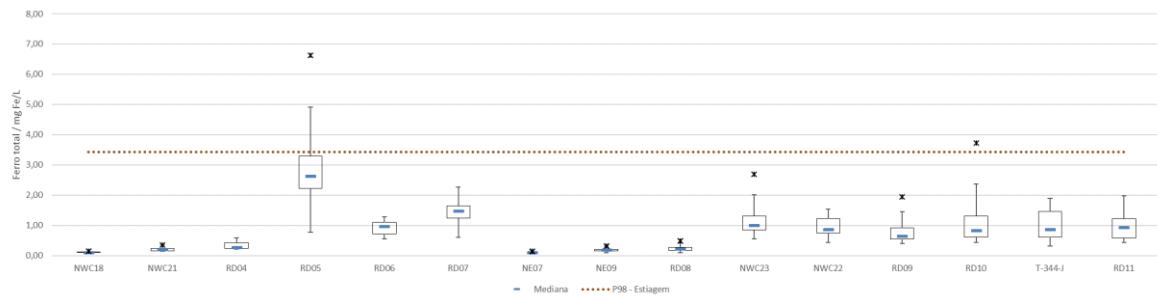


Tabela 19 – Estatística descritiva para o parâmetro Ferro total (mg/L) no período de Chuva

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	13	13	13	13	13	13	13	13	13	11	13	13	11	13	12	190
% < LMD	23%	8%	0%	0%	0%	0%	69%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%
Mínimo	0,10	0,10	0,10	0,32	0,89	1,39	0,10	0,14	0,13	0,16	0,93	0,63	1,35	0,56	1,29	0,10
Máximo	1,99	2,55	2,85	5,96	3,08	2,59	0,20	1,04	2,16	2,03	2,92	2,58	6,79	2,89	3,98	6,79
Média	0,44	0,53	0,62	3,71	1,50	1,93	0,11	0,39	0,55	1,20	1,69	1,53	2,52	1,56	2,13	1,35
Mediana	0,14	0,28	0,37	3,99	1,46	1,93	0,10	0,37	0,31	1,37	1,54	1,58	1,96	1,59	2,04	1,28
Desvio Padrão	0,53	0,69	0,73	1,67	0,58	0,44	0,03	0,27	0,58	0,60	0,56	0,59	1,59	0,56	0,83	1,21
CVar*	1,20	1,28	1,17	0,45	0,39	0,23	0,27	0,70	1,06	0,50	0,33	0,38	0,63	0,36	0,39	0,90
Q1	0,10	0,16	0,24	3,49	1,05	1,57	0,10	0,16	0,16	0,81	1,41	1,01	1,53	1,26	1,49	0,32
Q3	0,65	0,40	0,57	4,89	1,63	2,19	0,10	0,49	0,62	1,53	1,91	1,91	2,81	1,82	2,32	1,91
P90	0,75	1,15	1,04	5,13	1,92	2,54	0,15	0,70	1,16	1,90	2,40	2,12	3,63	1,92	3,35	2,66
P98	1,69	2,23	2,43	5,77	2,81	2,58	0,19	0,96	1,95	2,00	2,82	2,48	6,16	2,66	3,87	4,90

Figura 25 – Boxplot para o parâmetro Ferro total no período de Chuva.

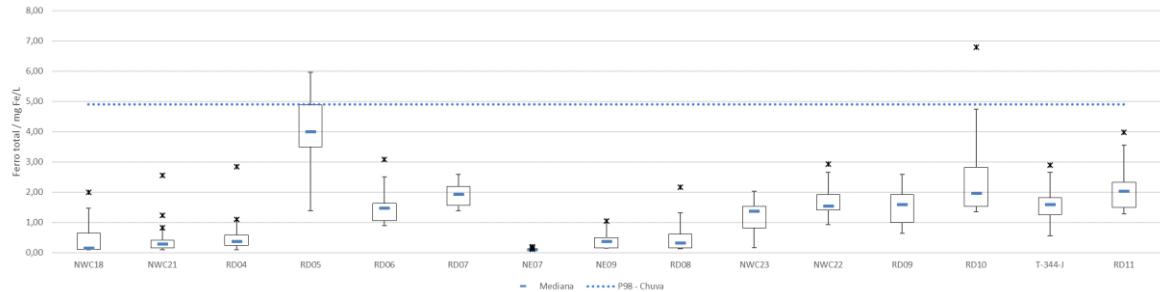
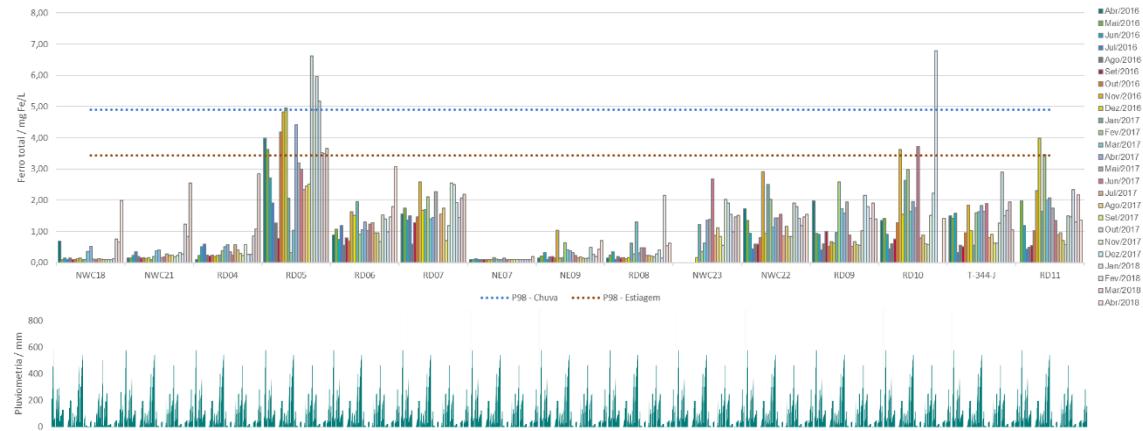


Figura 26 – Evolução temporal para o parâmetro Ferro total.



6.2.6 Manganês

Quanto ao metal Manganês, também analisado nas frações dissolvida e total, observou-se que, de modo geral, as concentrações são elevadas e aumentam de modo acentuado no período chuvoso.

Em termos de Manganês dissolvido, durante o período de estiagem os teores se mantiveram relativamente similares nos diferentes pontos de amostragem, com teores máximos menores ou pouco superiores a 0,1 mg/L, exceto nos pontos RD05, RD07, NE07, RD10 e RD11 onde foram registrados valores máximos iguais ou maiores que 0,15 mg Mn/L, sendo os teores extremos registrados nos pontos RD05 e NE07. As medianas de todos os pontos variam de 0,025 a 0,070 mg Mn/L. O Manganês dissolvido no período chuvoso apresenta comportamento análogo ao observado no período de estiagem, porém os valores máximos e as medianas são comparativamente mais elevadas (Tabela 21).

Quanto ao Manganês total, o quadro é análogo ao descrito para o Manganês dissolvido, sendo os valores da mediana no período de estiagem inferiores ao valor de referência da Resolução CONAMA Nº 357/2005 (Tabela 7), exceto nos pontos RD07 e NE07. No período chuvoso, os dados obtidos revelam crescimento acentuado das concentrações com medianas muito próximas ou superiores ao valor de referência, com valores máximos registrados novamente no ponto NE07, que corresponde ao efluente da barragem do Geladinho.

O conjunto de dados revela que as maiores concentrações ocorreram nas amostras de água dos pontos NE07, em ambas as estações com picos de concentração do metal, possivelmente influenciados pela ocorrência de chuvas mais intensas. Todavia, teores não conformes para a variável Manganês total foram encontrados em toda sub-bacia, principalmente no período chuvoso, como verificado nos meses de janeiro a abril de 2017 e no mesmo período no ano de 2018.

Relativamente ao atendimento dos padrões legais, é importante destacar que o ponto NE07 é classificado como efluente e, quando comparado ao padrão de lançamento de efluentes em corpos receptores, conforme Resolução CONAMA Nº 430/2011, verifica-se total aderência (Tabela 7).

Tabela 20 – Estatística descritiva para o parâmetro Manganês dissolvido (mg/L) no período de Estiagem

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	12	12	12	12	12	11	12	12	12	6	12	12	12	12	12	173
% < LMD	67%	0%	8%	8%	0%	0%	33%	0%	8%	0%	8%	17%	8%	17%	17%	13%
Mínimo	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Máximo	0,06	0,08	0,12	0,35	0,06	0,15	0,36	0,09	0,08	0,11	0,10	0,11	0,27	0,06	0,19	0,36
Média	0,03	0,05	0,05	0,07	0,05	0,08	0,08	0,05	0,05	0,07	0,06	0,04	0,07	0,04	0,06	0,06
Mediana	0,03	0,04	0,05	0,04	0,05	0,07	0,06	0,05	0,05	0,07	0,06	0,03	0,05	0,04	0,04	0,04
Desvio Padrão	0,01	0,02	0,03	0,09	0,01	0,03	0,09	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,07	0,01	0,05	0,04
CVar*	0,34	0,37	0,47	1,28	0,22	0,39	1,11	0,31	0,31	0,33	0,39	0,61	0,93	0,29	0,83	0,80
Q1	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
Q3	0,03	0,06	0,06	0,06	0,05	0,09	0,09	0,06	0,05	0,08	0,08	0,04	0,08	0,04	0,06	0,06
P90	0,03	0,07	0,07	0,07	0,06	0,10	0,13	0,07	0,07	0,10	0,10	0,04	0,11	0,05	0,10	0,09
P98	0,05	0,08	0,11	0,29	0,06	0,14	0,31	0,09	0,08	0,11	0,10	0,09	0,23	0,06	0,17	0,17

Figura 27 – Boxplot para o parâmetro Manganês dissolvido no período de Estiagem.

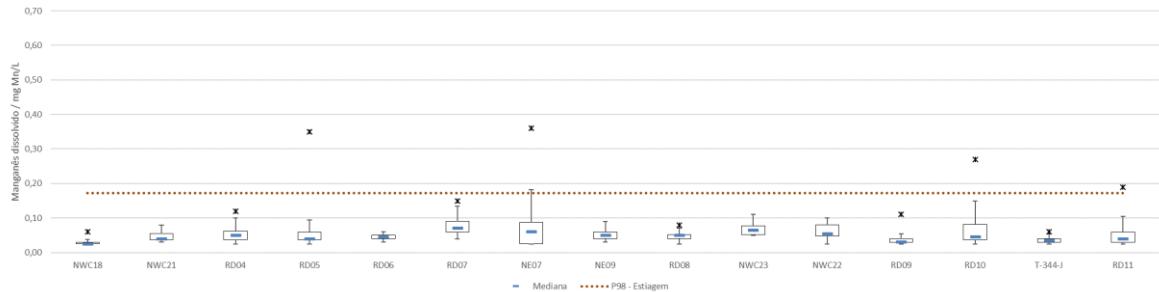


Tabela 21 – Estatística descritiva para o parâmetro Manganês dissolvido (mg/L) no período de Chuva

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	13	13	13	13	13	13	13	13	13	11	13	13	11	13	12	190
% < LMD	38%	15%	0%	0%	0%	8%	23%	0%	0%	0%	0%	8%	0%	31%	17%	9%
Mínimo	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Máximo	0,42	0,57	0,26	0,13	0,12	0,20	0,63	0,28	0,21	0,15	0,19	0,13	0,19	0,10	0,13	0,63
Média	0,10	0,11	0,11	0,08	0,08	0,09	0,24	0,11	0,08	0,09	0,08	0,06	0,09	0,05	0,06	0,09
Mediana	0,03	0,05	0,08	0,07	0,09	0,08	0,11	0,05	0,06	0,10	0,07	0,05	0,08	0,04	0,05	0,06
Desvio Padrão	0,13	0,16	0,07	0,03	0,02	0,06	0,23	0,09	0,06	0,04	0,04	0,03	0,05	0,02	0,03	0,10
CVar*	1,35	1,40	0,63	0,40	0,30	0,63	0,95	0,85	0,72	0,45	0,50	0,49	0,59	0,50	0,55	1,04
Q1	0,03	0,03	0,05	0,05	0,06	0,04	0,04	0,05	0,04	0,06	0,06	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04
Q3	0,05	0,07	0,14	0,10	0,10	0,10	0,44	0,13	0,09	0,12	0,10	0,06	0,12	0,06	0,08	0,10
P90	0,27	0,27	0,19	0,12	0,10	0,18	0,56	0,26	0,15	0,13	0,11	0,08	0,14	0,07	0,11	0,19
P98	0,39	0,50	0,24	0,13	0,12	0,20	0,62	0,28	0,19	0,15	0,17	0,12	0,18	0,09	0,13	0,46

Figura 28 – Boxplot para o parâmetro Manganês dissolvido no período de Chuva.

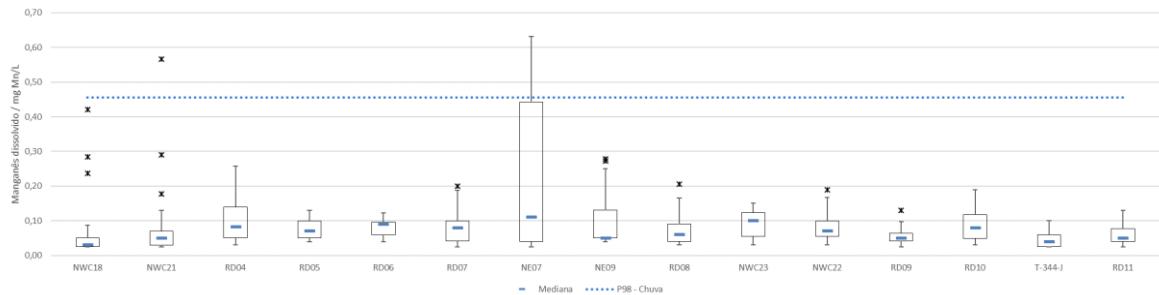


Figura 29 – Evolução temporal para o parâmetro Manganês dissolvido.

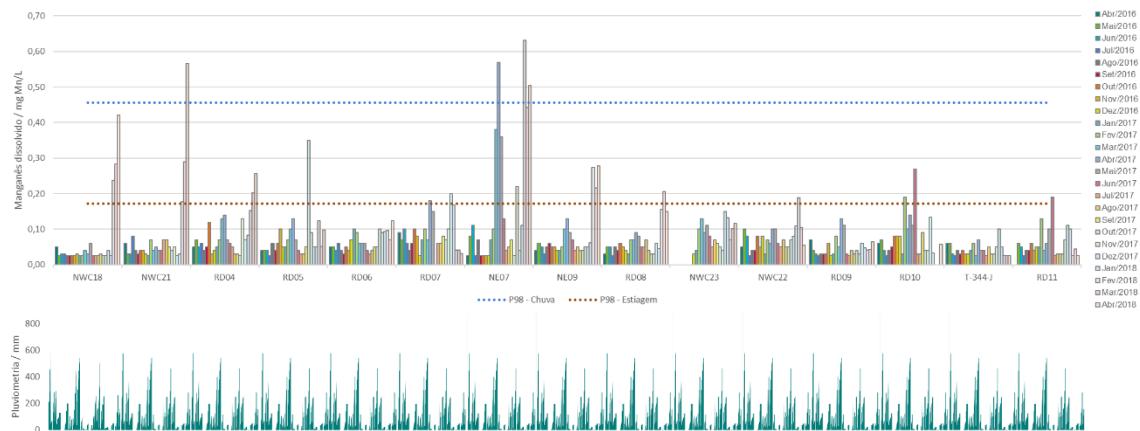


Tabela 22 – Estatística descritiva para o parâmetro Manganês total (mg/L) no período de Estiagem

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	12	12	12	12	12	11	12	12	12	6	12	12	12	12	12	173
% < LMD	17%	0%	8%	8%	0%	0%	8%	0%	8%	0%	8%	17%	8%	0%	8%	6%
Mínimo	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03
Máximo	0,08	0,11	0,12	0,39	0,10	0,17	0,37	0,10	0,09	0,38	0,14	0,14	0,29	0,14	0,19	0,39
Média	0,04	0,06	0,07	0,09	0,06	0,11	0,14	0,06	0,06	0,13	0,08	0,05	0,08	0,07	0,07	0,08
Mediana	0,03	0,05	0,06	0,07	0,05	0,10	0,11	0,06	0,06	0,09	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,06
Desvio Padrão	0,02	0,03	0,03	0,10	0,02	0,04	0,10	0,02	0,02	0,12	0,03	0,03	0,07	0,04	0,05	0,06
CVar*	0,42	0,46	0,41	1,04	0,32	0,35	0,72	0,35	0,34	0,93	0,41	0,63	0,86	0,52	0,74	0,77
Q1	0,03	0,04	0,05	0,06	0,05	0,07	0,07	0,05	0,04	0,07	0,06	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
Q3	0,04	0,07	0,08	0,09	0,07	0,13	0,20	0,08	0,07	0,12	0,09	0,05	0,11	0,10	0,09	0,09
P90	0,06	0,11	0,10	0,10	0,08	0,14	0,24	0,09	0,08	0,26	0,12	0,06	0,12	0,11	0,14	0,13
P98	0,08	0,11	0,12	0,33	0,10	0,16	0,34	0,10	0,09	0,36	0,14	0,12	0,25	0,13	0,18	0,27

Figura 30 – Boxplot para o parâmetro Manganês total no período de Estiagem.

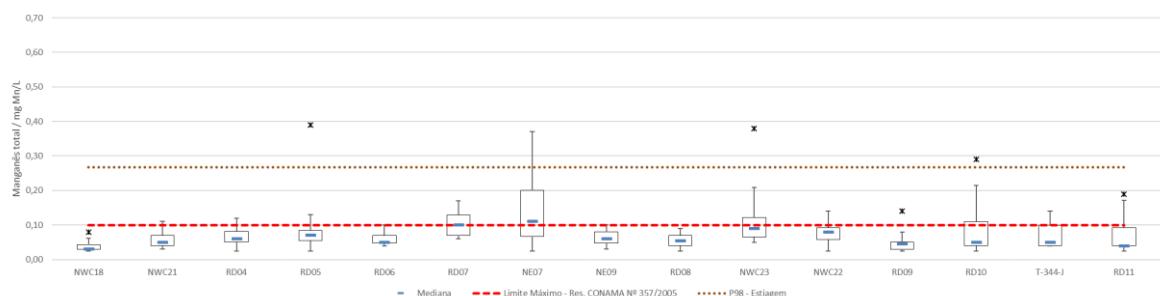


Tabela 23 – Estatística descritiva para o parâmetro Manganês total (mg/L) no período de Chuva

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	13	13	13	13	13	13	13	13	13	11	13	13	11	13	12	190
% < LMD	8%	0%	0%	0%	0%	8%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	0%	8%	8%	3%
Mínimo	0,03	0,03	0,05	0,06	0,07	0,03	0,08	0,04	0,04	0,03	0,06	0,03	0,08	0,03	0,03	0,03
Máximo	0,47	0,57	0,40	0,15	0,27	0,30	0,76	0,40	0,32	0,23	0,19	0,14	0,32	0,22	0,27	0,76
Média	0,12	0,15	0,14	0,11	0,14	0,13	0,33	0,16	0,12	0,12	0,12	0,07	0,16	0,10	0,11	0,14
Mediana	0,04	0,11	0,09	0,12	0,12	0,09	0,23	0,12	0,07	0,11	0,12	0,06	0,14	0,09	0,10	0,11
Desvio Padrão	0,15	0,16	0,11	0,03	0,06	0,08	0,24	0,13	0,10	0,05	0,03	0,04	0,08	0,06	0,07	0,12
CVar*	1,19	1,01	0,76	0,30	0,40	0,59	0,72	0,81	0,80	0,45	0,29	0,55	0,47	0,58	0,65	0,85
Q1	0,03	0,05	0,07	0,08	0,10	0,08	0,12	0,06	0,06	0,09	0,10	0,04	0,10	0,06	0,07	0,07
Q3	0,11	0,16	0,15	0,14	0,18	0,18	0,54	0,17	0,15	0,15	0,14	0,11	0,21	0,12	0,13	0,16
P90	0,33	0,34	0,28	0,15	0,19	0,20	0,63	0,38	0,27	0,17	0,15	0,13	0,24	0,16	0,18	0,27
P98	0,44	0,52	0,37	0,15	0,25	0,28	0,73	0,39	0,31	0,22	0,18	0,14	0,30	0,21	0,25	0,55

Figura 31 – Boxplot para o parâmetro Manganês total no período de Chuva.

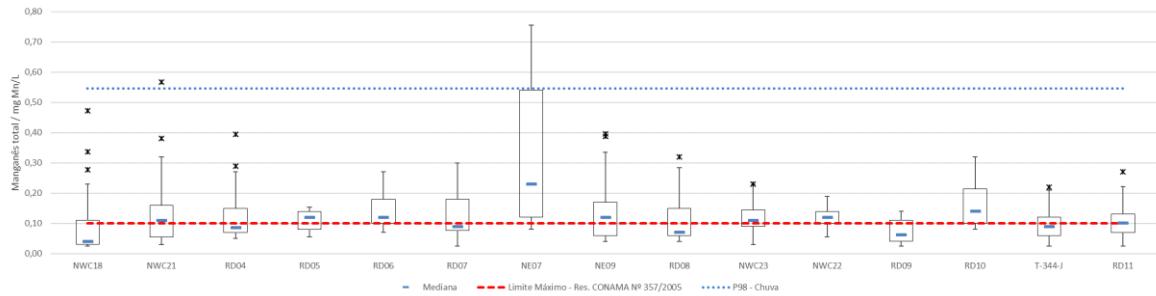
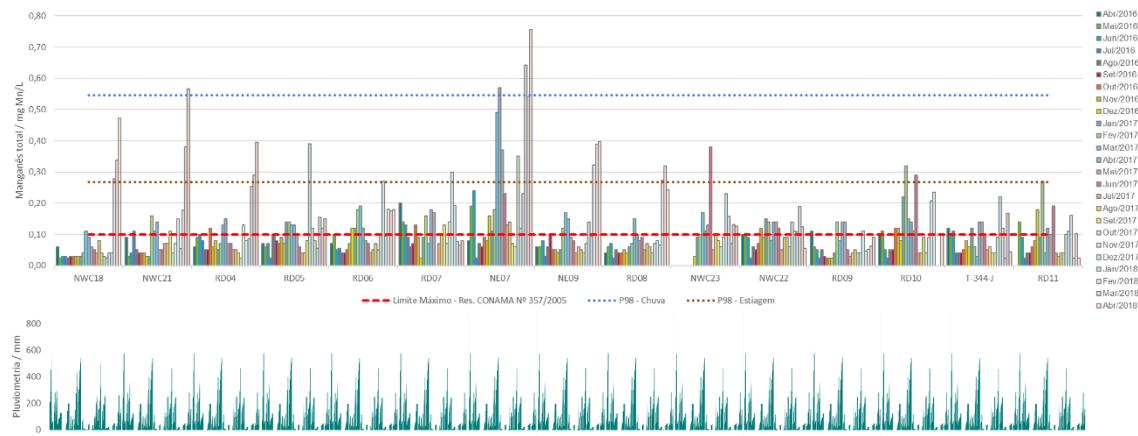


Figura 32 – Evolução temporal para o parâmetro Manganês total.



6.2.7 Mercúrio

O parâmetro Mercúrio total apresentou maioria dos resultados inferiores ao limite de quantificação do método analítico, sendo que todas as amostras analisadas coletadas durante o período de estiagem acusaram concentrações inferiores ao limite mínimo de detecção (LMD; Tabela 24, Figura 33). O quadro é similar no período chuvoso (Tabela 25, Figura 34), porém nele cinco amostras revelaram valores quantificáveis e maiores que o recomendado na Resolução CONAMA Nº 357/2005 (Tabela 7). Dentre estas cinco amostras, a concentração máxima (0,0007 mg Hg/L) foi registrada na amostra de água do ponto RD05, localizado no igarapé Mombaca, e coletada em março de 2017. Já para o ponto T-344-J, situado no igarapé Gelado não muito distante de sua foz no rio Parauapebas (Figura 6), foi reportada concentração de 0,0004 mg Hg/L, referente a amostra de água do mesmo período. Ainda para os pontos NWC18, nas campanhas de dezembro de 2016 e fevereiro de 2017, RD06, de janeiro de 2017, e NE07, de março de 2017, foram obtidos teores de 0,0003 mg Hg/L, valor este coincidente com o valor de concentração de *baseline* (Percentil 98) para o período chuvoso.

A avaliação dos dados obtidos indica que o mercúrio tende a apresentar maiores concentrações em água durante o período chuvoso. Além disso, não há evidências de contaminação por mercúrio na bacia do igarapé Gelado que possa ser atribuída à influência das barragens do Gelado e Geladinho, pois os raros valores anômalos para este elemento potencialmente tóxico foram registrados longe da área de influência direta dessas barragens (Figura 6 e Apêndice B). Tal como já fora registrado para outros elementos analisados, a indicação mais significativa de contaminação foi observada no igarapé Mombaca, que está inteiramente fora da influência das barragens pois deságua no igarapé Gelado sem qualquer ligação possível com as águas provenientes delas (Figura 6). O ponto RD05 e os demais pontos que registraram valores de Mercúrio total acima dos valores recomendados devem ser monitorados para que se possa entender o comportamento deste elemento ao longo do tempo, avaliar de modo mais aprofundado as possíveis causas da contaminação existente neste igarapé e, eventualmente, propor medidas corretivas.

Tabela 24 – Estatística descritiva para o parâmetro Mercúrio total (mg/L) no período de Estiagem.

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	12	12	12	12	12	11	12	12	12	6	12	12	12	12	12	173
% < LMD	100%	100%	92%	100%	92%	91%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	92%	92%	100%	97%
Mínimo	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Máximo	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Média	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Mediana	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Desvio Padrão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
CVar*	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Q1	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Q3	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
P90	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
P98	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002

Figura 33 – Boxplot para o parâmetro Mercúrio total no período de Estiagem.

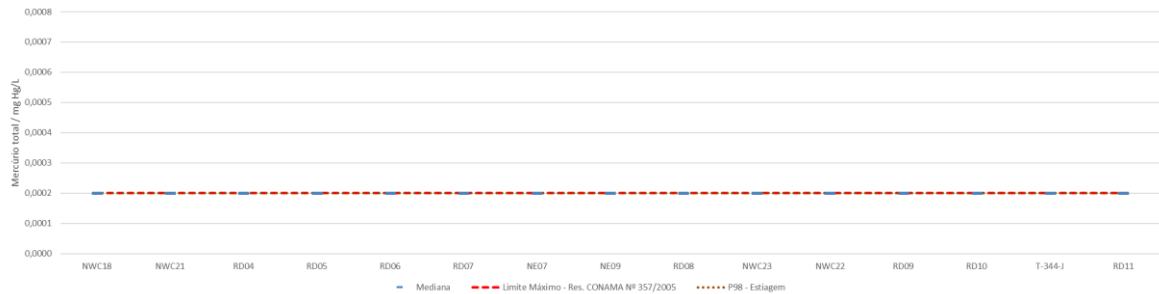


Tabela 25 – Estatística descritiva para o parâmetro Mercúrio total (mg/L) no período de Chuva.

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	13	13	13	13	13	13	13	13	13	11	13	13	11	13	13	191
% < LMD	77%	100%	92%	92%	92%	100%	85%	100%	85%	100%	92%	92%	91%	85%	92%	92%
Mínimo	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Máximo	0,0003	0,0002	0,0002	0,0007	0,0003	0,0002	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0004	0,0002	0,0007
Média	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Mediana	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Desvio Padrão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
CVar*	0,1744	0,0000	0,0000	0,5815	0,1335	0,0000	0,1335	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2575	0,0000	0,2006
Q1	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Q3	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
P90	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
P98	0,0003	0,0002	0,0002	0,0006	0,0003	0,0002	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0004	0,0002	0,0003

Figura 34 – Boxplot para o parâmetro Mercúrio total no período de Chuva.

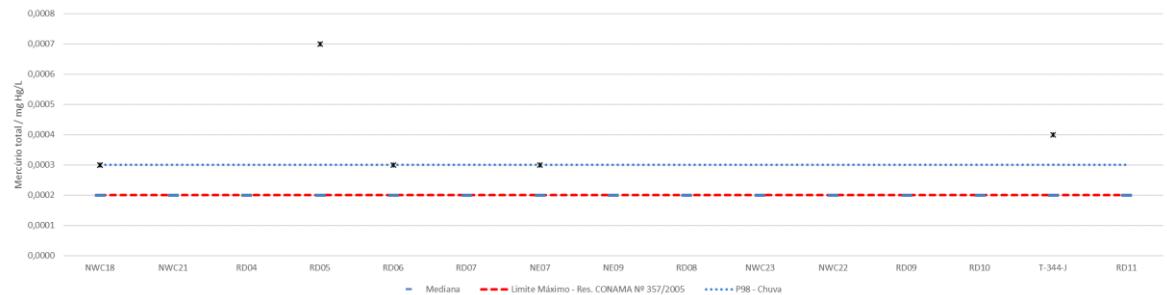
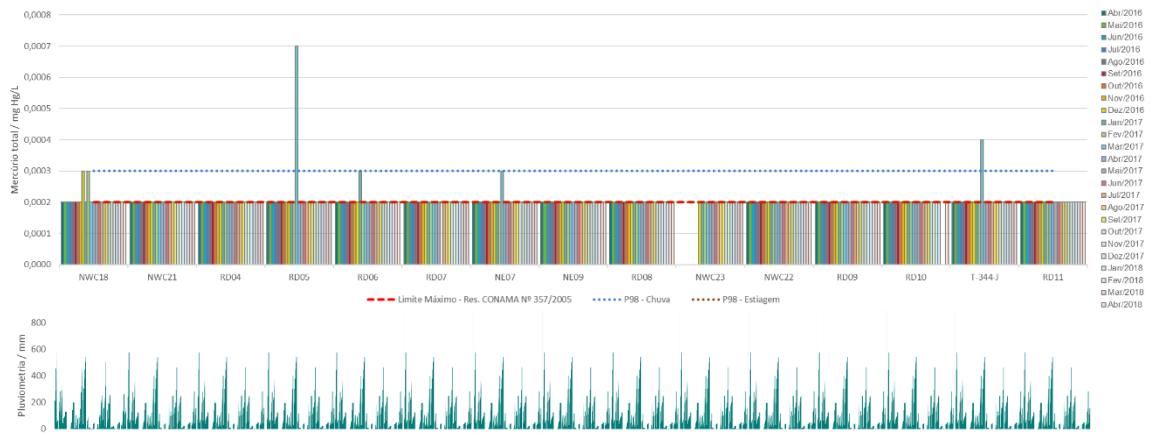


Figura 35 – Gráfico de evolução temporal para o parâmetro Mercúrio total.



6.2.8 Cor verdadeira

Quanto à variável Cor verdadeira, durante a estação de estiagem os valores registrados estão quase todos conformes com as regulações vigentes, ao passo que no período chuvoso há maior incidência de valores acima dos previstos (Tabela 26 e Tabela 27; Figura 36 e Figura 37).

Nos pontos de monitoramento no igarapé Geladinho e no igarapé Gelado, a montante da confluência com o igarapé Mombaca (RD05), prevaleceram resultados não quantificáveis ou pouco relevantes. O igarapé Mombaca destacou-se por apresentar número significativo de resultados acima do padrão de qualidade para águas doces classe 2 durante o período de avaliação. Ressalte-se que foram obtidos valores mais elevados de Turbidez e Cor verdadeira no igarapé Mombaca e no igarapé Gelado, após a confluência com o igarapé Mombaca, que drena áreas onde se tem intensa e diversificada atividade antrópica, conforme já foi destacado. Saliente-se que

as variáveis anteriormente mencionadas, bem como os Sólidos dissolvidos totais e Sólidos em suspensão totais podem ser fortemente influenciados se ocorrerem chuvas intensas em dias anteriores aos das coletas, assim como no momento da amostragem. Essa situação foi observada, especialmente nos meses de fevereiro a abril de 2018. Ainda em relação à variável Cor verdadeira, a presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico, e compostos inorgânicos, como os óxidos de ferro e manganês, podem provocar a elevação dos resultados. Dentre os coloides orgânicos, destacam-se os ácidos húmico e fúlvico, que são substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros materiais, frequentemente encontrados nos cursos de água da região.

Salienta-se que não há padrão de lançamento de efluentes em corpos receptores para este parâmetro na Resolução CONAMA Nº 430/2011.

Tabela 26 – Estatística descritiva para o parâmetro Cor verdadeira no período de Estiagem

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	12	12	12	12	12	11	12	12	12	6	12	12	12	12	12	173
% < LMD	92%	92%	42%	0%	0%	0%	100%	58%	75%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	32%
Mínimo	10	10	10	27	16	15	10	10	10	23	16	16	14	19	17	10
Máximo	10	11	21	80	38	52	10	38	16	37	38	76	49	48	60	80
Média	10	10	12	56	27	40	10	13	11	30	28	32	31	33	33	25
Mediana	10	10	11	56	26	43	10	10	10	29	29	30	31	34	33	21
Desvio Padrão	0	0	3	15	6	11	0	8	2	5	6	15	11	10	12	16
CVar*	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Q1	10	10	10	49	23	34	10	10	10	26	28	25	27	28	28	10
Q3	10	10	14	69	32	49	10	10	10	33	32	34	36	38	38	34
P90	10	10	16	70	33	50	10	13	12	36	35	40	47	46	42	48
P98	10	11	20	78	37	52	10	33	15	37	37	68	49	48	56	69

Figura 36 – Boxplot para o parâmetro Cor verdadeira no período de Estiagem.

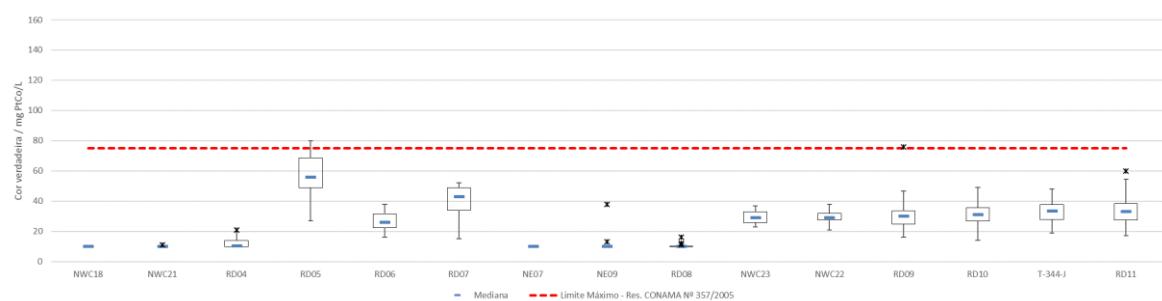


Tabela 27 – Estatística descritiva para o parâmetro Cor verdadeira no período de Chuva

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	13	13	13	13	13	13	13	13	13	11	13	13	11	13	12	190
% < LMD	69%	46%	31%	8%	0%	0%	85%	46%	38%	18%	8%	8%	0%	8%	0%	25%
Mínimo	10	10	10	10	26	20	10	10	10	10	10	10	20	10	30	10
Máximo	80	94	85	136	96	85	13	41	36	69	74	78	88	79	87	136
Média	21	22	25	73	42	55	10	14	16	35	45	43	49	53	60	37
Mediana	10	10	12	76	35	51	10	10	12	40	46	38	49	63	61	35
Desvio Padrão	21	25	24	34	19	20	1	9	8	21	19	20	20	22	16	27
CVar*	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
Q1	10	10	10	49	30	46	10	10	10	17	41	30	43	41	57	10
Q3	33	16	42	88	50	73	10	13	19	51	53	58	57	68	66	56
P90	35	44	54	112	60	79	10	17	25	56	67	70	70	71	77	74
P98	69	82	78	131	88	84	12	35	34	66	72	76	84	77	85	94

Figura 37 – Boxplot para o parâmetro Cor verdadeira no período de Chuva.

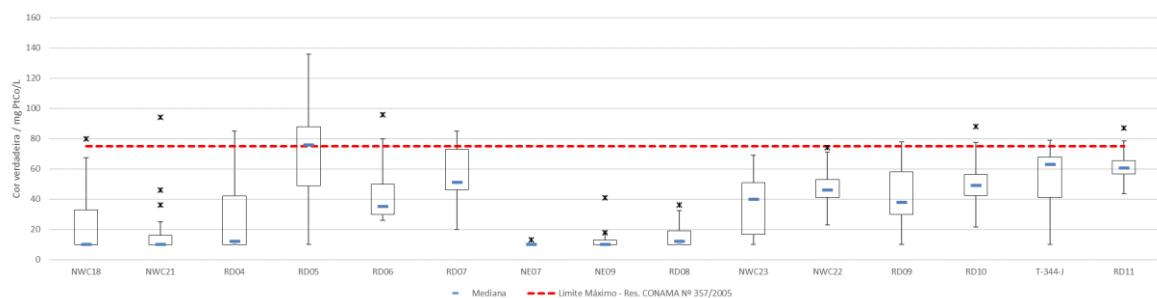
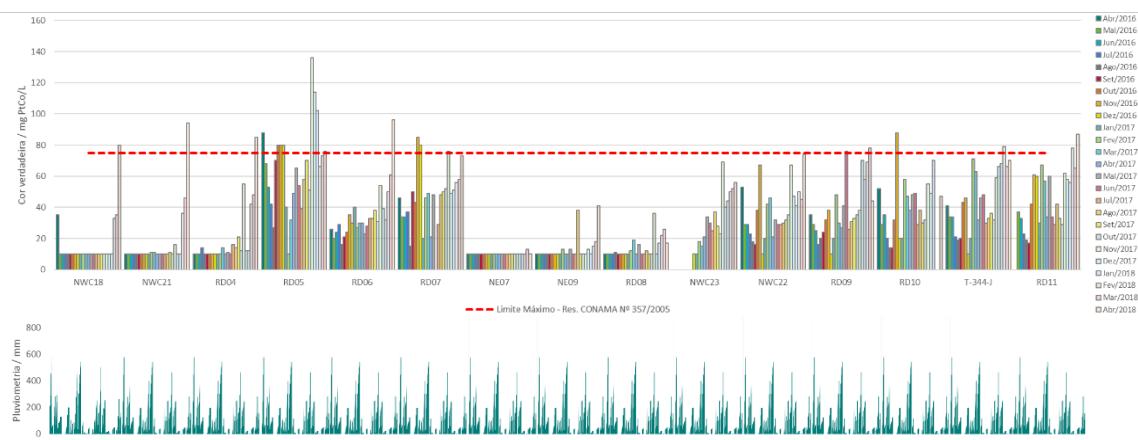


Figura 38 – Evolução temporal para o parâmetro Cor verdadeira.



6.2.9 Sólidos dissolvidos totais

Os teores reportados para a variável Sólidos dissolvidos totais mostraram-se em total conformidade ao padrão de qualidade para águas doces classe 2. No período de estiagem os teores máximos variaram entre 52,0 mg SDT/L (RD05) a 182 mg SDT/L, enquanto no período chuvoso as concentrações máximas estiveram entre 53,0 mg SDT/L (RD07) e 232 mg SDT/L (RD05).

Tabela 28 – Estatística descritiva para o parâmetro Sólidos dissolvidos totais no período de Estiagem

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	12	12	12	12	12	11	12	12	12	6	12	12	12	12	12	173
% < LMD	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Mínimo	33,0	31,0	29,0	16,5	16,5	23,5	37,5	32,5	23,5	15,5	19,5	25,5	27,0	17,5	28,0	15,5
Máximo	110,0	112,0	103,0	52,0	94,0	69,5	152,0	182,0	65,5	114,0	92,5	76,0	61,0	113,0	127,0	182,0
Média	52,8	50,0	48,9	33,3	40,6	37,0	64,2	53,7	40,3	50,8	42,8	41,4	38,1	46,9	46,4	45,7
Mediana	48,5	43,3	47,3	30,8	39,3	33,5	57,0	39,3	36,3	42,3	39,5	35,0	36,8	36,5	35,3	38,5
Desvio Padrão	20,6	24,2	20,4	10,8	19,4	14,9	31,5	41,3	12,5	33,9	18,5	16,3	10,1	28,2	27,9	23,6
CVar*	0,4	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,5	0,8	0,3	0,7	0,4	0,4	0,3	0,6	0,6	0,5
Q1	41,9	33,9	35,9	26,6	29,0	28,8	44,0	36,0	32,4	35,1	35,4	30,0	31,4	33,3	32,0	32,5
Q3	56,8	51,9	49,1	38,3	45,3	37,8	64,0	51,5	45,9	53,9	42,9	48,8	39,4	47,1	45,4	51,5
P90	65,8	79,9	68,6	50,3	48,3	61,0	91,6	58,3	57,8	85,0	58,0	62,0	52,2	89,8	65,6	66,3
P98	100,4	105,5	95,9	51,9	84,0	67,8	139,4	154,8	64,0	108,2	85,1	72,9	59,4	108,8	113,7	113,6

Figura 39 – Boxplot para o parâmetro Sólidos dissolvidos totais no período de Estiagem.

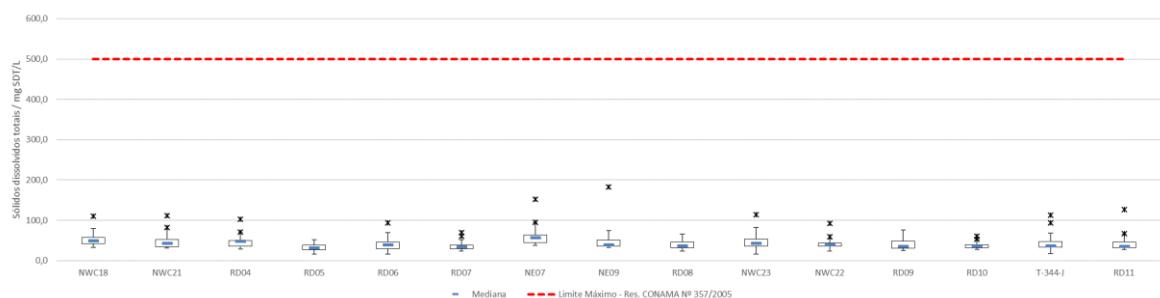


Tabela 29 – Estatística descritiva para o parâmetro Sólidos dissolvidos totais no período de Chuva

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	13	13	13	13	13	13	13	13	13	11	13	13	11	13	12	190
% < LMD	0%	0%	0%	0%	8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
Mínimo	31,0	30,0	33,0	23,5	11,0	27,0	38,0	36,0	17,1	33,0	23,5	27,0	17,0	22,0	26,0	11,0

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Média	55,7	43,8	48,5	54,9	39,2	38,4	62,5	45,7	41,7	58,3	36,7	40,8	51,5	39,3	41,5	46,4
Mediana	53,5	44,0	44,5	33,0	33,0	36,5	63,0	44,0	40,0	40,5	37,5	36,0	44,0	33,0	38,5	40,4
Desvio Padrão	19,3	10,0	13,6	56,8	19,3	8,1	16,6	6,5	17,3	38,7	9,9	16,7	27,8	18,0	14,9	23,5
CVar*	0,3	0,2	0,3	1,0	0,5	0,2	0,3	0,1	0,4	0,7	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5
Q1	35,0	35,0	41,0	31,0	31,0	34,5	50,0	41,5	33,5	38,3	29,0	32,0	35,5	28,0	34,8	33,0
Q3	68,0	47,0	52,0	37,5	39,0	45,0	70,5	50,0	43,5	55,0	41,5	42,5	58,8	46,0	42,9	50,4
P90	82,0	57,5	65,3	87,5	56,9	48,8	82,8	54,3	51,4	108,0	47,1	48,3	84,0	48,2	47,5	70,9
P98	82,0	61,7	79,9	198,0	83,6	52,0	93,7	56,1	81,3	146,4	54,7	82,2	109,6	80,8	76,0	99,0

Figura 40 – Boxplot para o parâmetro Sólidos dissolvidos totais no período de Chuva.

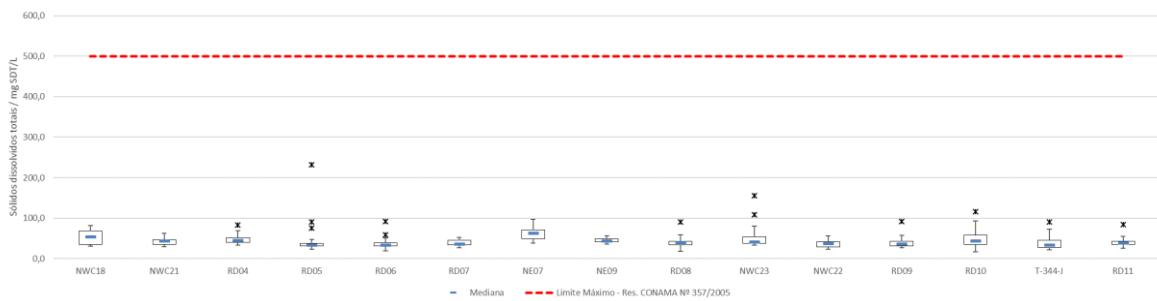
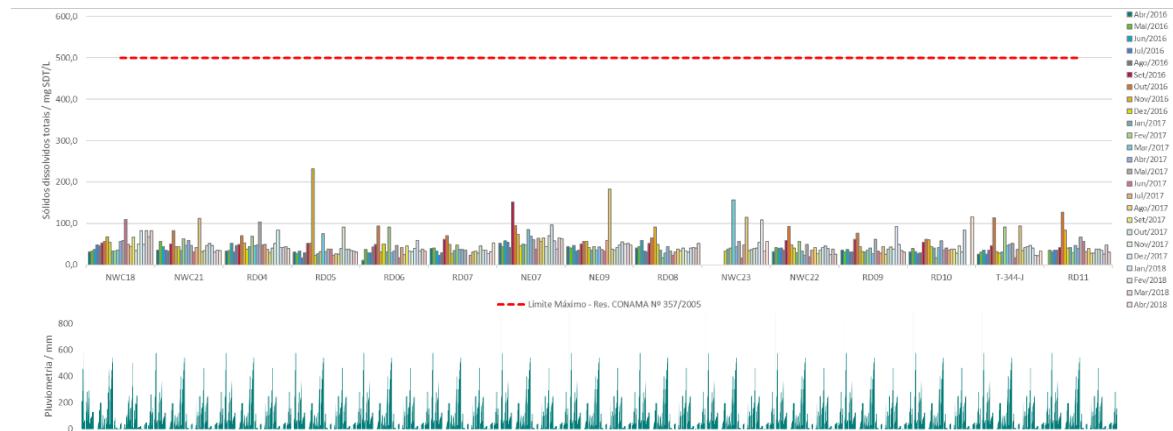


Figura 41 – Evolução temporal para o parâmetro Sólidos dissolvidos totais.



6.2.10 Turbidez

Em relação aos resultados para o parâmetro Turbidez, todas as amostras dos pontos de monitoramento apresentaram resultados em conformidade com o padrão de qualidade para águas doces classe 2. Apesar de se esperar correlação positiva entre os resultados de Turbidez e Sólidos em suspensão totais, isto não foi observado. Em parte, isso pode estar relacionado aos diferentes métodos de análise empregados,

em que para a determinação da Turbidez utiliza-se o método nefelométrico, que se baseia na diminuição da intensidade pela difração de um feixe de luz, ao passo que a determinação de Sólidos em suspensão totais envolve método gravimétrico. Sendo assim, partículas finamente divididas proporcionam um elevado grau de difração do feixe de luz, ou seja, uma elevada turbidez, enquanto sua massa específica é pouco significativa.

Tabela 30 – Estatística descritiva para o parâmetro Turbidez no período de Estiagem

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	12	12	12	12	12	11	12	12	12	6	12	12	12	12	12	173
% < LMD	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Mínimo	3,05	1,59	2,31	6,58	5,78	5,56	6,91	1,49	2,85	7,46	3,14	5,61	5,66	6,33	6,43	1,49
Máximo	43,10	3,94	13,10	32,20	11,60	18,10	18,60	19,20	8,69	23,60	13,60	17,90	27,00	32,40	23,60	43,10
Média	7,53	2,98	4,69	15,31	7,02	13,06	11,13	4,85	4,64	11,17	9,17	10,41	12,16	13,10	12,06	9,20
Mediana	4,45	2,76	4,02	12,80	6,42	13,30	10,85	2,90	4,39	8,31	9,38	9,13	9,02	9,46	10,02	7,97
Desvio Padrão	11,23	0,67	3,04	7,60	1,70	3,33	3,13	4,85	1,58	6,23	2,52	3,81	6,69	7,61	6,03	6,37
CVar*	1,49	0,23	0,65	0,50	0,24	0,26	0,28	1,00	0,34	0,56	0,27	0,37	0,55	0,58	0,50	0,69
Q1	3,75	2,67	2,66	11,00	5,89	11,70	9,43	2,65	3,74	8,16	8,81	8,08	7,21	8,11	7,93	4,56
Q3	5,16	3,57	4,68	15,28	7,52	14,95	12,73	4,73	5,29	10,51	9,94	11,70	15,13	17,20	13,50	11,60
P90	5,43	3,64	7,49	27,59	8,54	16,20	13,34	7,31	5,55	17,40	11,54	16,50	20,87	19,84	22,86	16,88
P98	34,82	3,88	11,93	31,43	10,95	17,72	17,46	16,60	8,01	22,36	13,18	17,68	25,75	29,67	23,60	27,95

Figura 42 – Boxplot para o parâmetro Turbidez no período de Estiagem.

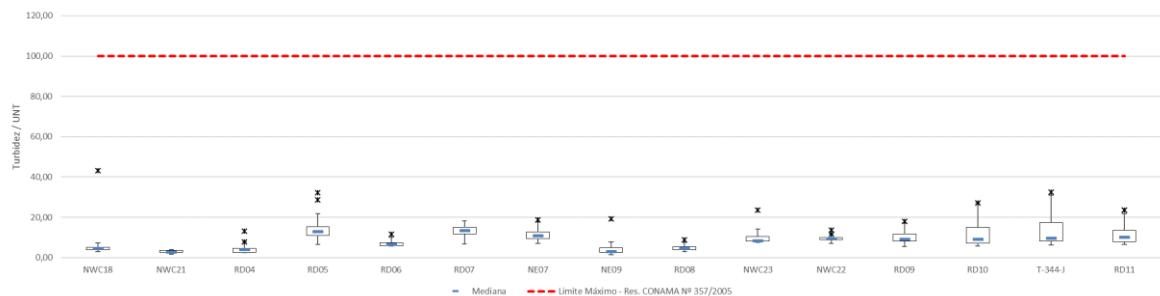


Tabela 31 – Estatística descritiva para o parâmetro Turbidez no período de Chuva

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	13	13	13	13	13	13	13	13	13	11	13	13	11	13	12	190
% < LMD	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Mínimo	2,70	2,91	2,48	9,21	7,36	5,82	8,49	2,95	4,57	4,48	9,82	10,20	12,00	11,90	14,90	2,48
Máximo	20,00	27,40	26,30	66,90	34,40	89,80	26,30	35,00	37,40	29,50	44,10	49,90	76,00	36,40	78,00	89,80

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Média	7,46	8,45	9,75	29,48	17,92	25,40	13,69	12,89	16,48	14,34	23,91	19,71	25,70	21,64	26,73	18,15
Mediana	4,78	5,86	7,24	22,20	14,10	14,10	13,10	11,80	13,00	13,50	18,50	16,20	18,10	18,90	21,55	14,75
Desvio Padrão	5,71	6,76	7,08	18,14	9,51	23,29	5,19	9,48	10,47	6,22	11,93	10,71	18,13	7,18	17,57	13,70
CVar*	0,77	0,80	0,73	0,62	0,53	0,92	0,38	0,74	0,64	0,43	0,50	0,54	0,71	0,33	0,66	0,75
Q1	3,62	4,94	5,40	18,00	10,20	11,40	9,86	6,19	8,95	11,95	14,80	14,70	17,35	16,40	18,13	9,75
Q3	12,50	8,82	11,50	42,80	26,20	25,70	14,20	14,50	22,80	16,45	34,80	23,90	26,30	24,90	23,33	22,53
P90	14,46	14,78	19,38	52,68	31,78	46,40	19,38	25,96	31,52	17,60	38,96	28,64	35,80	30,22	40,35	34,44
P98	18,70	24,45	24,93	63,76	33,87	79,43	24,64	33,39	36,32	27,12	43,02	45,00	67,96	34,96	70,08	56,68

Figura 43 – Boxplot para o parâmetro Turbidez no período de Chuva.

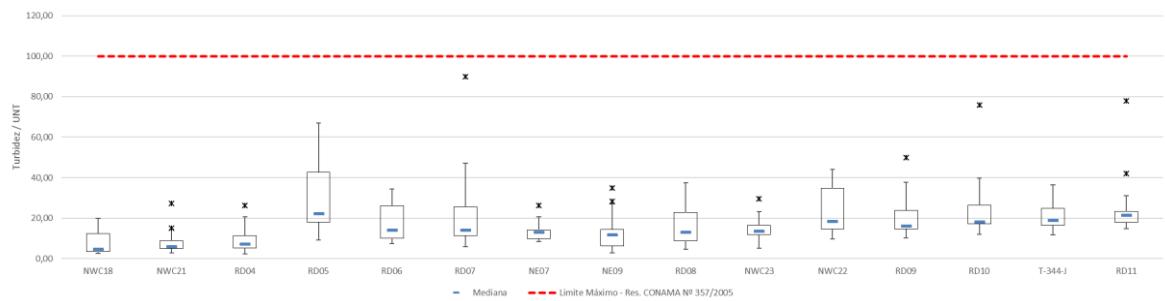
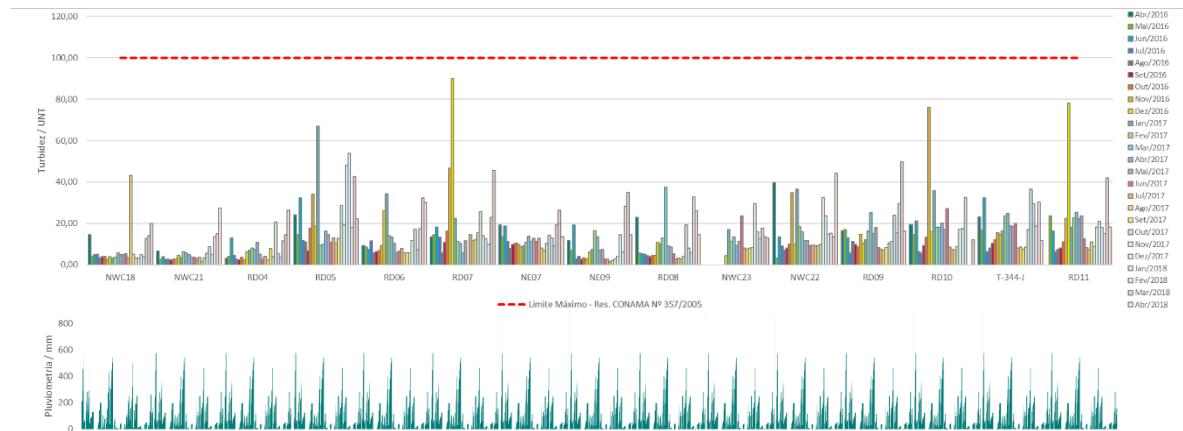


Figura 44 – Evolução temporal para o parâmetro Turbidez.



6.2.11 Sólidos em suspensão totais

Para a variável Sólidos em suspensão totais no período de estiagem foi observada variação de concentrações máximas entre 11,0 mg SST/L (NE09) e 66,5 mg SST/L (NWC22) (Tabela 32). Da mesma maneira, no período chuvoso os teores máximos variaram entre 19,0 mg SST/L (NWC18) e 96,0 mg SST/L (RD05). Há, portanto, um nítido crescimento nas concentrações durante o período chuvoso, o que

também pode ser observados pelos valores das medianas (Tabela 32 e Tabela 33). Ressalta-se que não há um padrão de qualidade legalmente estabelecido para este parâmetro.

Tabela 32 – Estatística descritiva para o parâmetro Sólidos em suspensão totais no período de Estiagem

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	11	12	12	12	12	11	12	12	12	6	12	12	12	12	12	172
% < LMD	82%	83%	75%	58%	92%	64%	100%	92%	92%	83%	67%	83%	67%	75%	58%	78%
Mínimo	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Máximo	50,0	15,0	15,5	19,0	11,0	24,0	11,0	12,0	21,0	26,0	66,5	28,5	16,5	18,5	24,5	66,5
Média	14,9	11,4	11,6	12,9	11,0	12,8	11,0	11,1	11,8	13,5	16,2	12,5	11,8	12,0	13,9	12,5
Mediana	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Desvio Padrão	11,7	1,2	1,4	3,2	0,0	4,0	0,0	0,3	2,9	6,1	15,9	5,1	1,6	2,2	5,1	5,8
CVar*	0,8	0,1	0,1	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,2	0,5	1,0	0,4	0,1	0,2	0,4	0,5
Q1	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Q3	11,0	11,0	11,1	13,1	11,0	12,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,9	11,0	12,0	11,5	15,1	11,0
P90	14,5	11,9	12,9	18,8	11,0	15,5	11,0	11,0	11,0	18,5	14,8	11,0	12,9	13,5	23,2	15,0
P98	42,9	14,3	15,0	19,0	11,0	22,3	11,0	11,8	18,8	24,5	55,2	24,7	15,7	17,4	24,4	25,4

Figura 45 – Boxplot para o parâmetro Sólidos em suspensão totais no período de Estiagem.

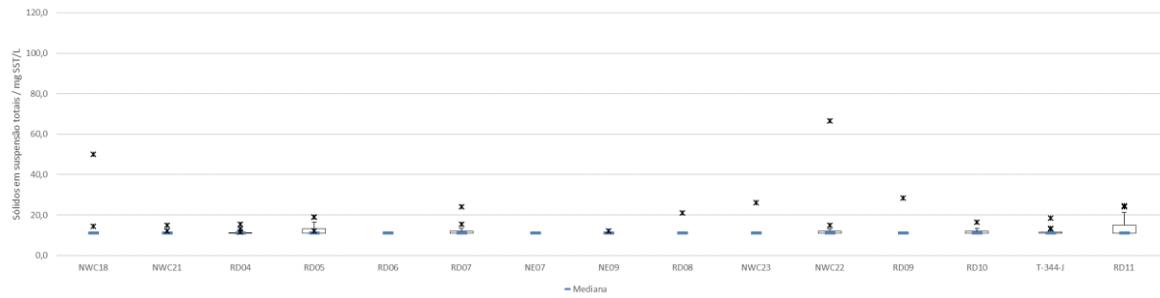


Tabela 33 – Estatística descritiva para o parâmetro Sólidos em suspensão totais no período de Chuva

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Número de amostras	13	13	13	13	13	13	13	13	13	11	13	13	11	13	12	190
% < LMD	77%	54%	54%	15%	38%	38%	46%	54%	46%	55%	31%	23%	27%	54%	58%	45%
Mínimo	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Máximo	19,0	29,5	39,5	96,0	59,5	95,5	26,0	58,5	23,0	46,5	37,0	64,0	68,0	43,0	86,0	96,0
Média	11,7	14,4	15,9	32,5	18,3	25,6	14,4	19,1	14,0	16,5	20,7	21,2	24,4	18,7	19,0	19,1
Mediana	11,0	11,0	11,0	25,0	13,0	15,0	11,5	11,0	11,5	11,0	20,0	14,5	22,0	11,0	11,0	12,0
Desvio Padrão	2,2	5,5	8,4	25,3	13,4	24,1	5,2	13,7	4,1	10,6	9,6	15,8	17,4	11,8	21,3	14,7
CVar*	0,2	0,4	0,5	0,8	0,7	0,9	0,4	0,7	0,3	0,6	0,5	0,7	0,7	0,6	1,1	0,8

	NWC18	NWC21	RD04	RD05	RD06	RD07	NE07	NE09	RD08	NWC23	NWC22	RD09	RD10	T-344-J	RD11	Total
Q1	11,0	11,0	11,0	16,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	12,0	11,5	11,0	11,0	11,0
Q3	11,0	17,0	18,0	37,0	20,0	35,0	14,5	20,0	16,5	16,3	27,0	18,5	24,5	24,5	15,5	20,0
P90	11,4	19,4	24,1	65,9	26,8	44,4	22,4	31,6	19,5	22,0	34,8	38,2	43,5	36,8	20,6	36,6
P98	17,2	27,1	36,1	90,2	52,1	83,7	25,3	52,5	22,3	41,6	36,9	57,9	63,1	41,7	71,7	68,8

Figura 46 – Boxplot para o parâmetro Sólidos em suspensão totais no período de Chuva.

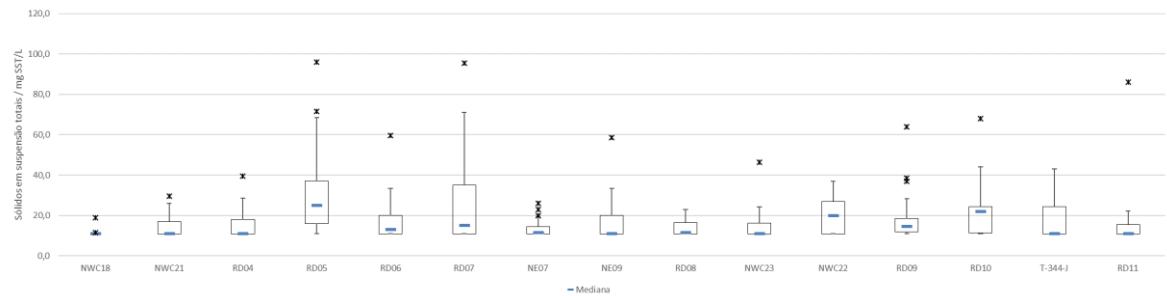
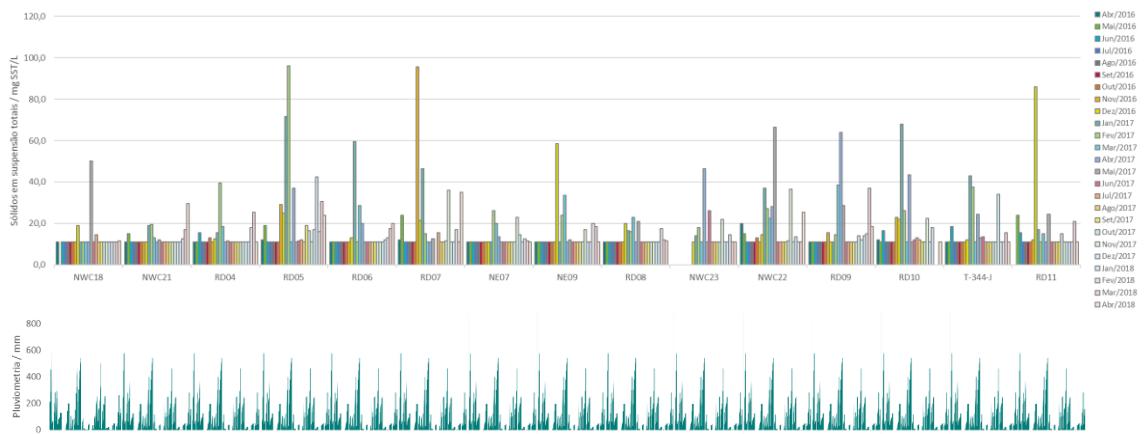


Figura 47 – Evolução temporal para o parâmetro Sólidos em suspensão totais.



7 CONCLUSÃO

Tal como observado em outros estudos de águas superficiais da bacia do rio Itacaiúnas, os valores de concentração *baseline* na sub-bacia do igarapé Gelado para os metais Ferro e Manganês são superiores aos padrões de qualidade para águas doces classe 2 estabelecidos na Resolução CONAMA Nº 357/2005 para ambos os períodos sazonais. Deve ser ressaltado, porém, que esses metais são constituintes importantes das formações geológicas da área de estudo, sendo sua disponibilidade potencializada, principalmente em período de chuvas, devido à remoção da cobertura vegetal, relacionada com o manejo do solo na atividade de agropecuária e, em grau bem menor, com infraestrutura relacionada com as atividades minerárias. Para os demais parâmetros avaliados, quais sejam Arsênio total, Cádmio total, Chumbo total, Cromo total, Mercúrio total, os valores de concentração são geralmente inferiores ao limite mínimo de detecção do método analítico empregado e aqueles de *baseline* mostraram-se inferiores aos padrões de qualidade para águas doces classe 2, a exceção do Mercúrio total no período chuvoso. Cádmio, Chumbo, Cromo e Mercúrio apresentaram localmente e em casos esporádicos teores não conformes, devendo os pontos onde isso foi verificado ser monitorados ao longo do tempo.

Quanto à qualidade das águas na área de estudo, as amostras de águas do igarapé Mombaca, ponto RD05, destacaram-se pelas elevadas concentrações de Ferro total e dissolvido, em ambos os períodos sazonais, bem como por apresentarem anomalias eventuais de diversos outros elementos. Ressalta- se que esta drenagem não sofre influência direta dos igarapés Gelado, no qual deságua, e Geladinho e, portanto, as anomalias registradas não podem ser atribuídas a influência das barragens e dos projetos minerais ativos na sub-bacia. Também foram observadas anomalias no trecho inferior do igarapé Gelado (pontos RD10, T344J e RD11). Estas anomalias, assim como àquelas registradas no igarapé Mombaca, são muito possivelmente relacionadas com o uso e ocupação do solo nestas áreas, com intensa atividade antrópica, em particular relacionada com agropecuária.

De modo geral, há aumento das concentrações dos diferentes elementos analisados durante a estação chuvosa, embora no caso dos elementos potencialmente tóxicos considerados (As, Cd, Cr, Pb e Hg) as diferenças não sejam

tão marcantes devido ao grande número de resultados abaixo do limite mínimo de detecção.

Por fim, diante dos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que as maiores pressões sobre a qualidade das águas da sub-bacia do igarapé Gelado advêm das atividades agropecuária desenvolvidas na área de estudo.

REFERÊNCIAS

ABREU, G. Pará é o estado brasileiro que mais exporta produtos minerais. Disponível em: <https://agenciapara.com.br/noticia/20707/>. Acesso em 10 Dez. de 2020

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Resolução Nº 357, de 17 de Março de 2005.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.** Resolução Nº 430, de 13 de Maio de 2011.

FERREIRA, R. Conheça os diferentes tipos de água. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/blog/2017/03/20/conheca-os-diferentes-tipos-de-agua/>. Acesso em: 05 Dez. de 2020.

GALUSZKA, A. **Different approaches in using and understanding the term "Geochemical Backgroun"- practical implications for environmental studies.** Polish Journal of Environmental Studies, v. 16, n. 3, 2007b, p. 389-395.

GAŁUSZKA, A.; MIGASZEWSKI, Z. M. Geochemical Background – An Environmental Perspective. Mineralogical Society Of Poland, **Mineralogia**, 42, No 1: 7-17 (2011) DOI: 10.2478/v10002-011-0002-y, 2012.

KELLEY, K.D.; TAYLOR, C.D. **Environmental geochemistry of shale-hosted Ag-Pb-Zn massive sulfide deposits in northwest Alaska: natural background 107 concentrations of metals in water from mineralized areas.** Applied Geochemistry, v. 12, p. 397-409, 1997.

MELLO-THÉRY, N. A.; THÉRY, H. Amadurecimento das experiências de desenvolvimento sustentável: transformações recentes na APA Igarapé Gelado/Pará **Revista NERA**, ano 21, n. 41, p. 331-352, Dossiê, 2018.

Quaresma, L. S. **Qualidade química da água e valores de baseline geoquímico na bacia do rio Parauapebas, Carajás, sudeste da Amazônia.** Dissertação (Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Tropicais) - Instituto Tecnológico Vale, Belém, 2019.

REIMANN, C. et al. GEMAS: **Establishing geochemical background and threshold for 53 chemical elements in European agricultural soil.** Applied Geochemistry, v. 88, p. 302–318. 2018.

REIMANN, C.; FILZMOSER, P.; GARRETT, R. G. Background and threshold: Critical comparison of methods of determination. **Science of the Total Environment**, v. 346, n. 1–3, p. 1–16. 2005.

REIMANN, C.; GARRETT, R. G. Geochemical background - Concept and reality. **Science of the Total Environment**, v. 350, n. 1–3, p. 12–27. 2005.

RODRIGUES, A. S. L.; NALINI, J. H. A. **Valores de Background Geoquímico e suas Implicações em Estudos Ambientais**. Rem: Rev. Esc. Minas [online]. v. 62, n.2, pp. 155-165. ISSN 0370-4467, 2009.

SAHOO, Prafulla Kumar et al. High resolution hydrogeochemical survey and estimation of baseline concentrations of trace elements in surface water of the Itacaiúnas River Basin, southeastern Amazonia: Implication for environmental studies. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 205, p. 106321, 2019.

SALOMÃO, G. N. et al. Geochemical distribution and thresholds values determination of heavy metals in stream water in the sub-basins of Vermelho and Sororó rivers, Itacaiúnas River watershed, Eastern Amazon, Brazil. **Geochim. Bras.** v. 32. p. 179-197, 2018. DOI 10.21715/gb2358-2812.2018322180

SARRACINI, F. **Determinação do baseline geoquímico do solo nas minas de ferro de Carajás, sudeste da Amazônia**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Tropicais) - Instituto Tecnológico Vale, Belém, 2019.

SILVA, G. S. **Baselines geoquímicos e avaliação da qualidade química da água superficial na sub-bacia do médio rio Itacaiúnas, região de Carajás - PA**. Dissertação (Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Tropicais) - Instituto Tecnológico Vale, Belém, 2019.

TEIXEIRA, S. S. **Estudo da qualidade das águas superficiais e estimativa de background na área de influência das minas de ferro da Serra Norte, Carajás**. 2016. 128 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Tropicais) - Instituto Tecnológico Vale, Belém, 2015.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Tabela de resultados analíticos.

APÊNDICE B – Mapas com a indicação dos valores de baseline nos trechos dos cursos de água da sub-bacia do igarapé Gelado.

APÊNDICE A
Tabela de resultados analíticos

Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 357/05		Resolução CONAMA nº 430/11 Padrão de Lançamento de Efluentes		RD06																									
		Limite Mínimo	Limite Máximo	Limite Mínimo	Limite Máximo	08/04/16	16/05/16	14/06/16	03/08/16	22/08/16	19/09/16	18/10/16	18/11/16	19/12/16	18/01/17	17/02/17	24/03/17	25/04/2017	22/05/17	23/06/17	26/07/17	28/08/17	12/09/17	16/10/17	14/11/17	18/12/17	24/01/18	28/02/18	09/03/18	11/04/18	
Data de Amostragem	dd/mm/aa	-	-	-	-	08/04/16	16/05/16	14/06/16	03/08/16	22/08/16	19/09/16	18/10/16	18/11/16	19/12/16	18/01/17	17/02/17	24/03/17	25/04/2017	22/05/17	23/06/17	26/07/17	28/08/17	12/09/17	16/10/17	14/11/17	18/12/17	24/01/18	28/02/18	09/03/18	11/04/18	
Alcalinidade total	mg CaCO ₃ /L	-	-	-	-	14,6	22,1	15,5	< 6	19,7	19,5	22,7	16,6	13,5	16,1	15,0	17,2	16,5	17,0	16,0	15,9	19,9	17,0	16,1	9,7	15,1	18,4	15,8	13,7	16,6	
Alumínio dissolvido	mg Al/L	-	0,1	-	-	< 0,05	< 0,05	0,06	0,12	0,08	0,12	0,05	0,08	0,13	0,05	< 0,05	0,06	< 0,05	0,12	< 0,05	0,09	< 0,05	0,08	< 0,05	< 0,05	0,22	0,16	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Antimônio	mg Sb/L	-	0,005	-	-	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Arsênio total	mg As/L	-	0,01	-	0,5	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Bário total	mg Ba/L	-	0,7	-	5,0	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,06	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,04	0,05	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03
Berílio total	mg Be/L	-	0,04	-	-	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Boro total	mg B/L	-	0,5	-	5,0	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cádmio total	mg Cd/L	-	0,001	-	0,2	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Chumbo total	mg Pb/L	-	0,01	-	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cianeto Livre	mg CN-/L	-	0,005	-	0,2	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cloreto total	mg Cl-/L	-	250	-	-	1,56	1,31	1,96	1,97	1,65	1,49	1,69	1,64	1,34	1,38	2,17	1,09	2,75	1,46	1,60	1,28	3,10	1,53	1,61	2,10	1,81	1,39	2,18	1,29	1,79	
Cobalto total	mg Co/L	-	0,05	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cobre dissolvido	mg Cu/L	-	0,009	-	1,0	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Cobre total	mg Cu/L	-	-	-	-	0,01	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Condutividade elétrica	µS/cm	-	-	-	-	5,70	51,7	48,5	39,0	24,0	69,0	103	44,0	44,7	49,3	110	89,4	42,5	66,0	28,1	50,3	42,4	66,3	44,7	58,2	57,9	69,2	45,1	46,1		
Cor verdadeira	mg Pt/L	-	75	-	-	26	20	24	29	16	21	24	35	30	40	27	30	30	23	28	33	33	38	31	54	39	32	50	61	96	
Cromo total	mg Cr/L	-	0,05	-	-	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
DBO	mg O ₂ /L	-	5	-	-	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
DQO	mg O ₂ /L	-	-	-	-	< 26	< 26	<																							

Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 357/05 Água Superficial Classe 2		Resolução CONAMA nº 430/11 Padrão de Lançamento de Efluentes		RD07																								
		Limite Mínimo	Limite Máximo	Limite Mínimo	Limite Máximo	08/04/16	16/05/16	14/06/16	02/08/16	22/08/16	19/09/16	24/10/16	22/11/16	19/12/16	17/01/17	17/02/17	28/03/17	25/04/17	30/05/17	NC	26/07/17	28/08/17	19/09/17	23/10/17	24/11/17	22/12/17	24/01/18	28/02/18	09/03/18	10/04/18
Data de Amostragem	dd/mm/aa	-	-	-	-	08/04/16	16/05/16	14/06/16	02/08/16	22/08/16	19/09/16	24/10/16	22/11/16	19/12/16	17/01/17	17/02/17	28/03/17	25/04/17	30/05/17	NC	26/07/17	28/08/17	19/09/17	23/10/17	24/11/17	22/12/17	24/01/18	28/02/18	09/03/18	10/04/18
Alcalinidade total	mg CaCO ₃ /L	-	-	-	-	14,6	25,4	14,4	17,3	17,6	20,5	23,8	16,6	8,3	13,0	12,4	19,2	16,5	15,5	14,2	21,0	12,8	16,1	15,1	15,3	14,8	14,8	14,2	13,4	
Alumínio dissolvido	mg Al/L	-	0,1	-	-	0,05	0,06	0,06	0,21	< 0,05	0,07	0,12	< 0,05	0,11	< 0,05	0,06	< 0,05	< 0,05	0,15	0,10	< 0,05	< 0,05	0,12	< 0,05	0,18	0,19	< 0,05	< 0,05	0,19	
Antimônio	mg Sb/L	-	0,005	-	-	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	
Arsênio total	mg As/L	-	0,01	-	0,5	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Bárho total	mg Ba/L	-	0,7	-	5,0	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03	0,02	0,08	0,03	0,07	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,06	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	
Berílio total	mg Be/L	-	0,04	-	-	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Boro total	mg B/L	-	0,5	-	5,0	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	
Cádmio total	mg Cd/L	-	0,001	-	0,2	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Chumbo total	mg Pb/L	-	0,01	-	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Cianeto Livre	mg CN-/L	-	0,005	-	0,2	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005		
Cloreto total	mg Cl-/L	-	250	-	-	1,50	1,32	1,82	1,85	1,65	1,73	1,60	1,72	1,63	1,14	2,08	1,02	2,83	1,17	1,29	3,34	1,47	1,65	1,92	2,47	1,38	2,12	1,38	1,80	
Cobalto total	mg Co/L	-	0,05	-	-	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Cobre dissolvido	mg Cu/L	-	0,009	-	1,0	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009		
Cobre total	mg Cu/L	-	-	-	-	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009		
Condutividade elétrica	µS/cm	-	-	-	-	45,5	46,3	42,1	36,0	21,0	88,0	85,0	60,0	33,4	64,0	54,0	44,4	66,0	46,3	38,4	37,0	39,8	37,9	54,3	64,3	63,5	39,4	41,4	70,0	
Cor verdadeira	mg Pt/L	-	75	-	-	46	34	34	37	15	50	43	85	80	20	46	49	21	48	29	48	50	52	76	49	51	56	58	73	
Cromo total	mg Cr/L	-	0,05	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
DBO	mg O ₂ /L	-	5	-	-	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	
DQO	mg O ₂ /L	-	-	-	-	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	-	-	-	-	15,7	14,1	10,0	20,6	16,2	20,0	9,90	7,23	13,4	18,4	11,7	16,9</													

Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 357/05 Água Superficial Classe 2		Resolução CONAMA nº 430/11 Padrão de Lançamento de Efluentes		NE09																									
		Límite Mínimo	Límite Máximo	Límite Mínimo	Límite Máximo																										
Data de Amostragem	dd/mm/aa	-	-	-	-	05/04/16	16/05/16	14/06/16	28/07/16	19/08/16	16/09/16	17/10/16	17/11/16	19/12/16	23/01/17	08/02/17	24/03/17	25/04/17	29/05/17	28/06/17	27/07/17	28/08/17	12/09/17	18/10/17	13/11/17	18/12/17	10/01/18	26/02/18	09/03/18	11/04/18	
Alcalinidade total	mg CaCO ₃ /L	-	-	-	-	10,4	13,3	7,7	15,8	31,1	14,1	15,1	12,4	15,5	10,4	9,8	10,3	10,9	9,0	10,0	9,1	11,4	11,4	10,7	11,9	11,4	9,0	13,2	12,1	12,0	
Alumínio dissolvido	mg Al/L	-	0,1	-	-	< 0,05	0,21	0,07	< 0,05	0,06	0,10	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Antimônio	mg Sb/L	-	0,005	-	-	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	
Arsênio total	mg As/L	-	0,01	-	0,5	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Bário total	mg Ba/L	-	0,7	-	5,0	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,09	0,03	0,02	0,04	0,04	0,06	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,05	0,04	0,03	0,05	0,05	0,05	
Berílio total	mg Be/L	-	0,04	-	-	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Boro total	mg B/L	-	0,5	-	5,0	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	
Cádmio total	mg Cd/L	-	0,001	-	0,2	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Chumbo total	mg Pb/L	-	0,01	-	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Cianeto Livre	mg CN/L	-	0,005	-	0,2	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005		
Cloreto total	mg Cl/L	-	250	-	-	1,73	1,72	2,42	1,53	1,91	1,78	1,86	1,53	1,43	1,69	3,88	1,99	3,12	3,24	1,82	1,66	3,38	2,02	2,00	1,99	1,79	2,00	1,51	1,62	1,28	
Cobalto total	mg Co/L	-	0,05	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Cobre dissolvido	mg Cu/L	-	0,009	-	1,0	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009		
Cobre total	mg Cu/L	-	-	-	-	< 0,0090	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009		
Condutividade elétrica	µS/cm	-	-	-	-	49,5	53,9	54,3	49,0	47,5	84,0	123	78,0	49,3	48,5	77,0	52,6	66,0	59,5	50,7	73,5	326	50,9	62,1	63,9	61,4	60,9	58,6	68,7	56,6	
Cor verdadeira	mg Pt/L	-	75	-	-	< 10	< 10	10	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10	13	10	< 10	13	10	< 10	38	< 10	< 10	< 10	13	< 10	15	18	41
Cromo total	mg Cr/L	-	0,05	-	-	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
DBO	mg O ₂ /L	-	5	-	-	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	
DQO	mg O ₂ /L	-	-	-	-	< 26	< 26	< 26	0	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	-	-	-	-	17,7	15,3	16,5	18,2	15,4	14,4	93,5	16,7	10,4	18,1	15,1	16,6	13,9	17,5	12,4	12,5	15,0	15,7	14,4	28,7	24,6	14,2	21,3	18,2		
Fenóis totais	mg g/L	-	0,003	-	-	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002		
Ferro dissolvido	mg Fe/L	-	0,3	-	15,0	< 0,1	0,10	0,20	< 0,1	0,13	0,13	< 0,1	0,11	< 0,1	< 0,1	0,14	< 0,1	0,18	0,24	< 0,1	< 0,1	0,11	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,16	
Ferro total	mg Fe/L	-	-	-	-	0,14	0,21	0,32	< 0,1	0,18	0,19	0,15	1,04	0,14	0,16	0,64	0,40	0,37	0,32	0,22	0,16	0,18	0,14	0,13	0,14	0,49	0,26	0,19	0,43	0,71	
Fluoreto total	mg F/L	-	1,4	-	10,0	< 0,05	0,16	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05		
Fósforo total	mg P/L	-	[2]	-	-	0,05	< 0,02	0,10	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02		
Lítio total	mg Li/L	-	2,5	-	-	< 0,1	< 0,1																								

Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 357/05 Água Superficial Classe 2		Resolução CONAMA nº 430/11 Padrão de Lançamento de Efluentes		NWC23																								
		Limite Mínimo	Limite Máximo	Limite Mínimo	Limite Máximo																									
Data de Amostragem	dd/mm/aa	-	-	-	-	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	23/12/16	23/01/17	20/02/17	30/03/17	25/04/17	29/05/17	23/06/17	25/07/17	28/08/17	12/09/17	23/10/17	15/11/17	22/12/17	25/01/18	24/02/18	28/03/18	23/04/	
Alcalinidade total	mg CaCO ₃ /L	-	-	-	-								15,5	14,5	9,8	9,8	20,2	12,5	15,0	12,5	13,6	13,1	10,7	14,1	15,3	15,8	13,7	19,0	13,1	
Alumínio dissolvido	mg Al/L	-	0,1	-	-								< 0,05	0,06	0,16	< 0,05	< 0,05	0,11	< 0,05	0,07	0,13	< 0,05	0,10	< 0,05	0,67	< 0,05	< 0,05	0,09	< 0,05	
Antimônio	mg Sb/L	-	0,005	-	-								< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	
Arsênio total	mg As/L	-	0,01	-	0,5								< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Bártio total	mg Ba/L	-	0,7	-	5,0								0,03	0,03	0,03	0,06	0,06	0,02	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,05	0,04	0,03	0,03	0,06		
Berílio total	mg Be/L	-	0,04	-	-								< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,006	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004
Boro total	mg B/L	-	0,5	-	5,0								< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,05	
Cádmio total	mg Cd/L	-	0,001	-	0,2								< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Chumbo total	mg Pb/L	-	0,01	-	0,5								< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Cianeto Livre	mg CN-/L	-	0,005	-	0,2								< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	
Cloreto total	mg Cl-/L	-	250	-	-								1,47	1,54	1,13	1,61	2,89	2,93	1,72	1,51	3,29	1,74	1,82	2,25	2,37	1,48	2,41	1,33	1,36	
Cobalto total	mg Co/L	-	0,05	-	-								0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,005	
Cobre dissolvido	mg Cu/L	-	0,009	-	1,0								< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Cobre total	mg Cu/L	-	-	-	-								< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009		
Condutividade elétrica	µS/cm	-	-	-	-								60,0	47,2	77,2	262	68,0	91,2	24,6	65,0	177	40,6	45,5	57,1	50,0	59,6	129	43,4	72,6	
Cor verdadeira	mg Pt/L	-	75	-	-								< 10	< 10	18	15	21	34	30	25	37	28	23	69	40	44	50	52	56	
Cromo total	mg Cr/L	-	0,05	-	-								< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
DBO	mg O ₂ /L	-	5	-	-								< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	
DQO	mg O ₂ /L	-	-	-	-								< 26	< 26	< 26	26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	-	-	-	-								14,1	14,3	14,8	13,2	16,0	13,3	14,1	9,36	11,3	13,1	11,8	11,7	27,0	19,4	13,4	14,7	14,4	
Fenóis totais	mg/L	-	0,003	-	-								< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	
Ferro dissolvido	mg Fe/L	-	0,3	-	15,0								< 0,1	0,23	0,11	0,11	0,30	1,05	0,36	0,22	0,36	0,40	0,29	0,62	0,75	0,40	0,34	0,45	0,43	
Ferro total	mg Fe/L	-	-	-	-								0,16	1,21	0,36	0,63	1,37	1,38	2,69	0,87	1,11	0,84	0,55	2,03	1,90	1,54	0,99	1,46	1,51	
Fluoreto total	mg F-/L	-	1,4	-	10,0								< 0,05	< 0,05	0,49	0,43	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fósforo total	mg P/L	-	[2]	-	-								< 0,02	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,09	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,09	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	
Lítio total	mg Li/L	-	2,5	-	-								< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
Manganês dissolvido	mg Mn/L	-	-	-	1,0								0,03	0,04	0,10	0,13	0,09	0,11	0,08	0,05	0,07	0,06	0,05	0,04	0,15	0,133	0,070	0,102	0,117	
Manganês total	mg Mn/L	-	0,1	-	-								0,03	0,09	0,10	0,17	0,11	0,13	0,38	0,05	0,10	0,08	0,06	0,09	0,23	0,158	0,070	0,132	0,126	
Mercúrio total	mg Hg/L	-	0,0002	-	0,01								< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	
Níquel total	mg Ni/L	-	0,025	-	2,0								< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Nitratô	mg NO ₃ /L	-	10,0	-	-								6,86	0,18	1,01	0,91	0,28	0,37	0,36	0,63	0,51	0,67	0,68	0,54	0,31	0,49	0,37	0,30	0,38	
Nitrito	mg NO ₂ /L	-	1																											

Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 357/05 Água Superficial Classe 2		Resolução CONAMA nº 430/11 Padrão de Lançamento de Efluentes		NWC22																								
		Límite Mínimo	Límite Máximo	Límite Mínimo	Límite Máximo																									
Data de Amostragem	dd/mm/aa	-	-	-	-	11/04/16	16/05/16	14/06/16	26/07/16	19/08/16	19/09/16	17/10/16	18/11/16	12/12/16	24/01/17	17/02/17	24/03/17	24/04/17	22/05/17	23/06/17	25/07/17	21/08/17	12/09/17	18/10/17	15/11/17	29/12/17	24/01/18	24/02/18	28/03/18	10/04/18
Alcalinidade total	mg CaCO ₃ /L	-	-	-	-	11,5	14,4	12,2	15,2	13,5	13,0	18,4	15,5	13,5	16,1	11,4	14,3	15,5	16,0	11,5	13,6	11,5	14,8	13,4	16,2	14,8	15,8	13,2	17,4	11,5
Alumínio dissolvido	mg Al/L	-	0,1	-	-	0,06	0,52	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Antimônio	mg Sb/L	-	0,005	-	-	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	
Arsênio total	mg As/L	-	0,01	-	0,5	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004		
Bártio total	mg Ba/L	-	0,7	-	5,0	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,06	0,04	0,06	0,03	0,04	0,03	0,07	0,03	0,02	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	
Berílio total	mg Be/L	-	0,04	-	-	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Boro total	mg B/L	-	0,5	-	5,0	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2		
Cádmio total	mg Cd/L	-	0,001	-	0,2	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001		
Chumbo total	mg Pb/L	-	0,01	-	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01		
Cianeto Livre	mg CN/L	-	0,005	-	0,2	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005		
Cloreto total	mg Cl/L	-	250	-	-	1,18	1,45	2,11	1,76	1,72	1,62	1,73	1,80	1,44	1,49	2,18	1,11	2,75	1,52	1,74	1,53	1,77	1,77	1,93	2,31	1,74	1,47	2,27	1,35	1,19
Cobalto total	mg Co/L	-	0,05	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01		
Cobre dissolvido	mg Cu/L	-	0,009	-	1,0	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009		
Cobre total	mg Cu/L	-	-	-	-	< 0,0090	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009		
Condutividade elétrica	µS/cm	-	-	-	-	42,9	48,1	44,7	45,0	46,3	84,0	104	56,0	51,0	65,0	88,0	45,0	38,9	74,0	29,9	41,7	51,7	44,1	52,1	54,7	57,6	64,1	41,7	53,3	44,4
Cor verdadeira	mg Pt/L	-	75	-	-	53	29	29	23	18	16	38	67	< 10	20	42	46	21	32	29	29	30	32	35	67	47	41	50	45	74
Cromo total	mg Cr/L	-	0,05	-	-	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
DBO	mg O ₂ /L	-	5	-	-	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3		
DQO	mg O ₂ /L	-	-	-	-	< 26	< 26	< 26	13,82	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26		
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	-	-	-	-	15,9	14,0	14,2	16,0	17,8	14,9	13,2	12,6	12,7	20,8	14,7	16,1	15,7	13,6	9,04	13,7	12,6	13,5	12,2	10,6	18,5	17,1	14,5	12,2	
Fenóis totais	mg g/L	-	0,003	-	-	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002		
Ferro dissolvido	mg Fe/L	-	0,3	-	15,0	0,29	0,17	0,65	0,18	0,27	0,32	0,56	0,49	0,33	0,27	0,43	0,33	0,97	1,04	0,19	0,29	0,40	0,21	0,48	1,03	0,55	0,67	0,33	0,43	0,47
Ferro total	mg Fe/L	-	-	-	-	1,73	1,35	0,93	0,44	0,59	0,59	0,81	2,92	0,93	2,50	2,02	1,13	1,43	1,43	1,54	0,86	1,17	0,84	0,83	1,91	1,80	1,41	1,19	1,46	1,54
Fluoreto total	mg F/L	-	1,4	-	10,0	< 0,05	0,16	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Fósforo total	mg P/L	-	[2]	-	-	0,04	0,02	0,27	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Lítio total	mg Li/L	-	2,5	-	-	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
Manganês dissolvido	mg Mn/L	-	-	-	-	1,0	0,05	0,10	0,08	< 0,03	0,04	0,04</																		

Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 357/05 Água Superficial Classe 2		Resolução CONAMA nº 430/11 Padrão de Lançamento de Efluentes		RD09																								
		Limite Mínimo	Limite Máximo	Limite Mínimo	Limite Máximo	07/04/16	18/05/16	21/06/16	29/07/16	22/08/16	19/09/16	17/10/16	22/11/16	14/12/16	17/01/17	24/02/17	21/03/17	24/04/17	27/05/17	28/06/17	25/07/17	21/08/17	20/09/17	25/10/17	13/11/17	18/12/17	10/01/18	24/02/18	20/03/18	18/04/18
Data de Amostragem	dd/mm/aa	-	-	-	-	07/04/16	18/05/16	21/06/16	29/07/16	22/08/16	19/09/16	17/10/16	22/11/16	14/12/16	17/01/17	24/02/17	21/03/17	24/04/17	27/05/17	28/06/17	25/07/17	21/08/17	20/09/17	25/10/17	13/11/17	18/12/17	10/01/18	24/02/18	20/03/18	18/04/18
Alcalinidade total	mg CaCO ₃ /L	-	-	-	-	13,6	15,5	16,2	22,3	19,7	17,3	17,3	14,5	20,7	15,0	13,8	11,8	15,5	14,0	13,0	15,3	14,8	13,9	16,1	15,7	11,9	14,2	12,6	10,0	15,7
Alumínio dissolvido	mg Al/L	-	0,1	-	-	< 0,05	0,05	< 0,05	< 0,05	0,20	0,07	0,09	0,17	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,06	< 0,05	0,19	0,11	0,10	0,08	< 0,05	0,11	< 0,05	0,25	0,15	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Antimônio	mg Sb/L	-	0,005	-	-	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Arsênio total	mg As/L	-	0,01	-	0,5	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Bárho total	mg Ba/L	-	0,7	-	5,0	0,05	0,04	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,03	0,04	0,06	0,06	0,08	0,04	0,04	0,05	0,04	0,06	0,04	0,05	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05	
Berilio total	mg Be/L	-	0,04	-	-	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Boro total	mg B/L	-	0,5	-	5,0	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	
Cádmio total	mg Cd/L	-	0,001	-	0,2	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Chumbo total	mg Pb/L	-	0,01	-	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Cianeto Livre	mg CN-/L	-	0,005	-	0,2	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005		
Cloreto total	mg Cl-/L	-	250	-	-	3,00	2,97	3,13	2,68	3,37	2,62	3,06	2,79	2,55	2,31	3,05	2,01	3,92	4,26	2,75	2,92	2,95	2,96	3,29	3,41	3,54	3,45	3,98	2,39	2,50
Cobalto total	mg Co/L	-	0,05	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Cobre dissolvido	mg Cu/L	-	0,009	-	1,0	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009		
Cobre total	mg Cu/L	-	-	-	-	< 0,0090	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009		
Condutividade elétrica	µS/cm	-	-	-	-	41,9	45,4	45,3	42,0	48,0	72,0	96,0	66,0	36,6	42,0	50,0	48,6	30,3	83,0	38,0	46,0	55,5	38,0	53,6	54,5	54,0	165	80,4	40,0	41,9
Cor verdadeira	mg Pt/L	-	75	-	-	35	29	25	16	20	24	32	38	< 10	20	48	30	27	41	76	26	31	33	35	38	70	58	69	78	44
Cromo total	mg Cr/L	-	0,05	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
DBO	mg O ₂ /L	-	5	-	-	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	
DQO	mg O ₂ /L	-	-	-	-	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	-	-	-	-	9,81	11,0</td																							

Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 357/05 Água Superficial Classe 2		Resolução CONAMA nº 430/11 Padrão de Lançamento de Efluentes		RD10																											
		Limite Mínimo	Limite Máximo	Limite Mínimo	Limite Máximo	08/04/16	23/05/16	13/06/16	29/07/16	22/08/16	19/09/16	24/10/16	22/11/16	14/12/16	18/01/17	21/02/17	30/03/17	28/04/17	29/05/17	30/06/17	25/07/17	29/08/17	29/09/17	23/10/17	15/11/17	22/12/17	10/01/18	NC	NC	28/04/			
Data de Amostragem	dd/mm/aa	-	-	-	-	08/04/16	23/05/16	13/06/16	29/07/16	22/08/16	19/09/16	24/10/16	22/11/16	14/12/16	18/01/17	21/02/17	30/03/17	28/04/17	29/05/17	30/06/17	25/07/17	29/08/17	29/09/17	23/10/17	15/11/17	22/12/17	10/01/18	NC	NC	28/04/			
Alcalinidade total	mg CaCO ₃ /L	-	-	-	-	13,6	15,5	12,2	16,2	11,4	19,5	16,2	17,6	< 6	24,9	11,4	15,7	15,5	13,5	15,0	14,2	16,5	11,1	15,0	14,6	15,8	13,2	< 16,8					
Alumínio dissolvido	mg Al/L	-	0,1	-	-	< 0,05	0,05	< 0,05	< 0,05	0,14	0,09	< 0,05	0,06	< 0,05	< 0,05	0,08	< 0,05	0,07	0,11	0,07	0,12	0,08	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Antimônio	mg Sb/L	-	0,005	-	-	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005		
Arsênio total	mg As/L	-	0,01	-	0,5	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004		
Bártio total	mg Ba/L	-	0,7	-	5,0	0,04	0,04	0,03	0,02	0,04	0,04	0,05	0,05	0,03	0,04	0,04	0,06	0,07	0,03	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,06	0,02				
Berílio total	mg Be/L	-	0,04	-	-	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004		
Boro total	mg B/L	-	0,5	-	5,0	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,05		
Cádmio total	mg Cd/L	-	0,001	-	0,2	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001		
Chumbo total	mg Pb/L	-	0,01	-	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01		
Cianeto Livre	mg CN-/L	-	0,005	-	0,2	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005			
Cloreto total	mg Cl-/L	-	250	-	-	1,65	2,19	3,37	1,16	5,83	1,95	1,95	2,61	7,64	1,54	3,96	1,08	3,02	2,98	1,71	1,73	2,56	2,49	2,05	2,54	2,62	2,01	1,55					
Cobalto total	mg Co/L	-	0,05	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01		
Cobre dissolvido	mg Cu/L	-	0,009	-	1,0	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009		
Cobre total	mg Cu/L	-	-	-	-	< 0,0090	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009		
Condutividade elétrica	µS/cm	-	-	-	-	43,8	46,3	41,3	48,0	129	74,0	87,0	81,0	45,7	46,5	22,0	48,0	76,0	46,8	51,0	49,7	52,3	43,5	46,0	55,4	51,8	93,4	202					
Cor verdadeira	mg Pt/L	-	75	-	-	52	29	35	20	14	14	32	88	20	20	58	47	38	48	49	29	38	30	32	55	49	70	47					
Cromo total	mg Cr/L	-	0,05	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01		
DBO	mg O ₂ /L	-	5	-	-	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
DQO	mg O ₂ /L	-	-	-	-	< 26	< 26	< 26	< 26	30	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	-	-	-	-	13,8	9,17	12,1	15,3	19,4	19,2	13,5	13,7	12,1	27,3	13,2	14,5	11,7	12,5	8,96	10,8	12,0	11,9	14,6	22,4	16,7	11,4						
Fenóis totais	mg/g/L	-	0,003	-	-	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002		
Ferro dissolvido	mg Fe/L	-	0,3	-	15,0	0,33	0,61	0,27	0,18	0,35	0,29	0,57	0,71	0,47	0,33	1,00	0,37	1,66	1,24	1,72	0,35	0,30	0,24	0,26	0,72	0,62	0,58	0,35					
Ferro total	mg Fe/L	-	-	-	-	1,35	1,42	0,91	0,44	0,61	0,76	1,28	3,63	1,54	2,64	2,98	1,64	1,96	1,76	3,72	0,78	0,88	0,60	0,58	1,51	2,22	6,79	1,42					
Fluoreto total	mg F-/L	-	1,4	-	10,0	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05		
Fósforo total	mg P/L	-	[2]	-																													

Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 357/05 Água Superficial Classe 2		Resolução CONAMA nº 430/11 Padrão de Lançamento de Efluentes		T-344-J																								
		Limite Mínimo	Limite Máximo	Limite Mínimo	Limite Máximo	07/04/16	23/05/16	13/06/16	29/07/16	22/08/16	19/09/16	17/10/16	18/11/16	15/12/16	17/01/17	17/02/17	21/03/17	25/04/17	26/05/17	23/06/17	25/07/17	21/08/17	20/09/17	16/10/17	14/11/17	15/12/18	08/01/18	24/02/18	09/03/18	18/04/18
Data de Amostragem	dd/mm/aa	-	-	-	-	07/04/16	23/05/16	13/06/16	29/07/16	22/08/16	19/09/16	17/10/16	18/11/16	15/12/16	17/01/17	17/02/17	21/03/17	25/04/17	26/05/17	23/06/17	25/07/17	21/08/17	20/09/17	16/10/17	14/11/17	15/12/18	08/01/18	24/02/18	09/03/18	18/04/18
Alcalinidade total	mg CaCO ₃ /L	-	-	-	-	13,6	15,5	12,2	14,2	15,5	20,5	16,2	12,4	15,0	14,0	11,9	11,3	15,0	13,0	15,0	14,2	11,5	13,9	14,0	10,8	10,8	12,6	12,1	14,2	13,1
Alumínio dissolvido	mg Al/L	-	0,1	-	-	< 0,05	< 0,05	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,17	0,08	< 0,05	0,10	< 0,05	0,08	0,10	< 0,05	0,05	< 0,05	0,26	0,23	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Antimônio	mg Sb/L	-	0,005	-	-	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,014	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Arsênio total	mg As/L	-	0,01	-	0,5	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Bárho total	mg Ba/L	-	0,7	-	5,0	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	
Berilio total	mg Be/L	-	0,04	-	-	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Boro total	mg B/L	-	0,5	-	5,0	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	
Cádmio total	mg Cd/L	-	0,001	-	0,2	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Chumbo total	mg Pb/L	-	0,01	-	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Cianeto Livre	mg CN-/L	-	0,005	-	0,2	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	
Cloreto total	mg Cl-/L	-	250	-	-	1,58	2,20	2,42	2,32	1,95	2,40	2,03	2,13	1,67	1,59	2,34	1,11	3,05	3,04	1,85	1,75	1,96	2,16	2,32	2,54	2,14	1,52	2,42	1,53	1,44
Cobalto total	mg Co/L	-	0,05	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Cobre dissolvido	mg Cu/L	-	0,009	-	1,0	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009		
Cobre total	mg Cu/L	-	-	-	-	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,01	< 0,009	< 0,009	0,01	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009		
Condutividade elétrica	µS/cm	-	-	-	-	40,9	46,8	42,7	42,0	47,0	68,0	204	54,0	39,2	63,0	107	54,6	62,0	80,0	26,7	51,3	106	38,3	52,0	57,3	65,6	45,8	40,6	37,2	42,7
Cor verdadeira	mg Pt/L	-	75	-	-	41	34	34	21	19	20	43	46	< 10	20	71	63	32	46	48	30	33	36	32	59	66	68	79	66	70
Cromo total	mg Cr/L	-	0,05	-	-	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
DBO	mg O ₂ /L	-	5	-	-	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	
DQO	mg O ₂ /L	-	-	-	-	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	-	-	-	-	13,8	11,3																							

Parâmetro	Unidade	Resolução CONAMA nº 357/05 Água Superficial Classe 2		Resolução CONAMA nº 430/11 Padrão de Lançamento de Efluentes		RD11																								
		Limite Mínimo	Limite Máximo	Limite Mínimo	Limite Máximo	07/04/16	16/05/16	14/06/16	29/07/16	19/08/16	19/09/16	17/10/16	18/11/16	19/12/16	18/01/17	21/02/17	21/03/17	25/04/17	29/05/17	28/06/17	26/07/17	29/08/17	29/09/17	23/10/17	14/11/17	22/12/17	24/01/18	28/02/18	09/03/18	11/04/18
Data de Amostragem	dd/mm/aa	-	-	-	-	07/04/16	16/05/16	14/06/16	29/07/16	19/08/16	19/09/16	17/10/16	18/11/16	19/12/16	18/01/17	21/02/17	21/03/17	25/04/17	29/05/17	28/06/17	26/07/17	29/08/17	29/09/17	23/10/17	14/11/17	22/12/17	24/01/18	28/02/18	09/03/18	11/04/18
Alcalinidade total	mg CaCO ₃ /L	-	-	-	-	21,0	12,2	16,2	15,5	19,5	18,4	14,5	9,3	17,1	15,0	10,8	17,1	14,0	13,5	14,8	17,0	20,0	15,6	15,1	10,9	15,3	13,7	13,2	11,5	
Alumínio dissolvido	mg Al/L	-	0,1	-	-	0,18	< 0,05	< 0,05	0,08	0,16	0,11	< 0,05	0,05	< 0,05	0,07	0,10	< 0,05	0,27	0,06	0,07	0,10	0,05	0,12	< 0,05	0,21	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Antimônio	mg Sb/L	-	0,005	-	-	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Arsênio total	mg As/L	-	0,01	-	0,5	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Bárho total	mg Ba/L	-	0,7	-	5,0	0,04	0,03	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	
Berilio total	mg Be/L	-	0,04	-	-	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	
Boro total	mg B/L	-	0,5	-	5,0	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	
Cádmio total	mg Cd/L	-	0,001	-	0,2	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	
Chumbo total	mg Pb/L	-	0,01	-	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Cianeto Livre	mg CN-/L	-	0,005	-	0,2	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	
Cloreto total	mg Cl-/L	-	250	-	-	1,68	2,52	1,30	1,91	2,12	2,15	2,17	1,75	1,65	3,91	1,17	3,12	1,63	2,15	2,07	2,21	2,63	2,72	1,77	1,42	1,66	1,41			
Cobalto total	mg Co/L	-	0,05	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cobre dissolvido	mg Cu/L	-	0,009	-	1,0	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Cobre total	mg Cu/L	-	-	-	-	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	
Condutividade elétrica	µS/cm	-	-	-	-	44,9	10,5	57,0	48,1	66,0	231	103	34,0	53,0	58,3	64,0	118	71,6	40,3	64,4	43,5	48,5	66,7	54,8	64,1	39,4	54,9	40,5		
Cor verdadeira	mg Pt/L	-	75	-	-	37	33	23	19	17	42	61	60	30	67	57	34	60	34	29	42	33	29	62	58	56	78	65	87	
Cromo total	mg Cr/L	-	0,05	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
DBO	mg O ₂ /L	-	5	-	-	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
DQO	mg O ₂ /L	-	-	-	-	< 26	< 26	50	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	-	-	-	-																									

APÊNDICE B

**Mapas com a indicação dos valores de baseline nos trechos dos cursos de
água da sub-bacia do igarapé Gelado**



PROJETO:

AVALIAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS SAZONAS E DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA SUB-BACIA DO IGARAPÉ GELADO

TÍTULO:

Mapa de Percentil 98 das concentrações dos trechos dos cursos d'água avaliados na Rede Dedicada da sub-bacia do Igapó Gelado

Sistema de Coordenadas Projeto
Universal Transversa de Mercator
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S EF
Fontes: IBGE, ICMBio, Google Ea



PROJETO:

AVALIAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS SAZONAS E DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA SUB-BACIA DO IGARAPÉ GELADO

TÍTULO:

Mapa de Percentil 98 das concentrações dos trechos dos cursos d'água avaliados na Rede Dedicada da sub-bacia do Igapó Gelado

Sistema de Coordenadas Projeto
Universal Transversa de Mercator
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S EF
Fontes: IBGE, ICMBio, Google Ea



PROJETO:

AVALIAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS SAZONAS E DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA SUB-BACIA DO IGARAPÉ GELADO

TÍTULO:

Mapa de Percentil 98 das concentrações dos trechos dos cursos d'água avaliados na Rede Dedicada da sub-bacia do Igapó Gelado

Sistema de Coordenadas Projeto
Universal Transversa de Mercator
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S EF
Fontes: IBGE, ICMBio, Google Ea



PROJETO:

AVALIAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS SAZONAS E DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA SUB-BACIA DO IGARAPÉ GELADO

TÍTULO:

Mapa de Percentil 98 das concentrações dos trechos dos cursos d'água avaliados na Rede Dedicada da sub-bacia do Igapó Gelado

Sistema de Coordenadas Projeto
Universal Transversa de Mercator
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S EF
Fontes: IBGE, ICMBio, Google Ea



PROJETO:

AVALIAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS SAZONAS E DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA SUB-BACIA DO IGARAPÉ GELADO

TÍTULO:

Mapa de Percentil 98 das concentrações dos trechos dos cursos d'água avaliados na Rede Dedicada da sub-bacia do Igapó Gelado

Sistema de Coordenadas Projeto
Universal Transversa de Mercator
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S EF
Fontes: IBGE, ICMBio, Google Ea



PROJETO:

AVALIAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS SAZONAS E DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA SUB-BACIA DO IGARAPÉ GELADO

TÍTULO:

Mapa de Percentil 98 das concentrações dos trechos dos cursos d'água avaliados na Rede Dedicada da sub-bacia do Igapó Gelado

Sistema de Coordenadas Projeto
Universal Transversa de Mercator
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S EF
Fontes: IBGE, ICMBio, Google Ea



PROJETO:

AVALIAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS SAZONAS E DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA SUB-BACIA DO IGARAPÉ GELADO

TÍTULO:

Mapa de Percentil 98 das concentrações dos trechos dos cursos d'água avaliados na Rede Dedicada da sub-bacia do Igapó Gelado

Sistema de Coordenadas Projeto
Universal Transversa de Mercato
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S EF
Fontes: IBGE, ICMBio, Google Ea



PROJETO:

AVALIAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS SAZONAS E DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA SUB-BACIA DO IGARAPÉ GELADO

TÍTULO:

Mapa de Percentil 98 das concentrações dos trechos dos cursos d'água avaliados na Rede Dedicada da sub-bacia do Igapó Gelado

Sistema de Coordenadas Projeto
Universal Transversa de Mercato
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S EF
Fontes: IBGE, ICMBio, Google Ea



PROJETO:

AVALIAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS SAZONAS E DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA SUB-BACIA DO IGARAPÉ GELADO

TÍTULO:

Mapa de Percentil 98 das concentrações dos trechos dos cursos d'água avaliados na Rede Dedicada da sub-bacia do Igapó Gelado

Sistema de Coordenadas Projeto
Universal Transversa de Mercato
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S EF
Fontes: IBGE, ICMBio, Google Ea



PROJETO:

AVALIAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS SAZONAS E DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA SUB-BACIA DO IGARAPÉ GELADO

TÍTULO:

Mapa de Percentil 98 das concentrações dos trechos dos cursos d'água avaliados na Rede Dedicada da sub-bacia do Igapó Gelado

Sistema de Coordenadas Projeto
Universal Transversa de Mercato
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S EF
Fontes: IBGE, ICMBio, Google Ea



PROJETO:

AVALIAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS SAZONAS E DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA SUB-BACIA DO IGARAPÉ GELADO

TÍTULO:

Mapa de Percentil 98 das concentrações dos trechos dos cursos d'água avaliados na Rede Dedicada da sub-bacia do Igapó Gelado

Sistema de Coordenadas Projeto
Universal Transversa de Mercato
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S EF
Fontes: IBGE, ICMBio, Google Ea



PROJETO:

AVALIAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS SAZONAS E DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA SUB-BACIA DO IGARAPÉ GELADO

TÍTULO:

Mapa de Percentil 98 das concentrações dos trechos dos cursos d'água avaliados na Rede Dedicada da sub-bacia do Igapó Gelado

Sistema de Coordenadas Projeto
Universal Transversa de Mercator
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S EF
Fontes: IBGE, ICMBio, Google Ea



PROJETO:

AVALIAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS SAZONAS E DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA SUB-BACIA DO IGARAPÉ GELADO

TÍTULO:

Mapa de Percentil 98 das concentrações dos trechos dos cursos d'água avaliados na Rede Dedicada da sub-bacia do Igapó Gelado

Sistema de Coordenadas Projeto
Universal Transversa de Mercator
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S EF
Fontes: IBGE, ICMBio, Google Ea



PROJETO:

AVALIAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS SAZONAS E DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA SUB-BACIA DO IGARAPÉ GELADO

TÍTULO:

Mapa de Percentil 98 das concentrações dos trechos dos cursos d'água avaliados na Rede Dedicada da sub-bacia do Igapó Gelado

Sistema de Coordenadas Projeto
Universal Transversa de Mercator
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S EF
Fontes: IBGE, ICMBio, Google Ea



PROJETO:

AVALIAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS SAZONAS E DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA SUB-BACIA DO IGARAPÉ GELADO

TÍTULO:

Mapa de Percentil 98 das concentrações dos trechos dos cursos d'água avaliados na Rede Dedicada da sub-bacia do Igapó Gelado

Sistema de Coordenadas Projeto
Universal Transversa de Mercato
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S EF
Fontes: IBGE, ICMBio, Google Ea



PROJETO:

AVALIAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS SAZONAS E DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA SUB-BACIA DO IGARAPÉ GELADO

TÍTULO:

Mapa de Percentil 98 das concentrações dos trechos dos cursos d'água avaliados na Rede Dedicada da sub-bacia do Igapó Gelado

Sistema de Coordenadas Projeto
Universal Transversa de Mercator
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S EF
Fontes: IBGE, ICMBio, Google Ea



PROJETO:

AVALIAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS SAZONALIS E DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA SUB-BACIA DO IGARAPÉ GELADO

TÍTULO:

Mapa de Percentil 98 das concentrações dos trechos dos cursos d'água avaliados na Rede Dedicada da sub-bacia do Igapó Gelado

Sistema de Coordenadas Projeto
Universal Transversa de Mercator
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S EF
Fontes: IBGE, ICMBio, Google Ea



PROJETO:

AVALIAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS SAZONAS E DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA SUB-BACIA DO IGARAPÉ GELADO

TÍTULO:

Mapa de Percentil 98 das concentrações dos trechos dos cursos d'água avaliados na Rede Dedicada da sub-bacia do Igapó Gelado

Sistema de Coordenadas Projeto
Universal Transversa de Mercato
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S EF
Fontes: IBGE, ICMBio, Google Ea