



Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>2/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

## APRESENTAÇÃO

Este documento se refere ao **Produto 5** “Relatório técnico de avaliação do potencial de contaminação e possíveis impactos” previsto na **Etapa I** “Avaliação do Potencial de Contaminação das Lagoas Juparanã e Nova”, desenvolvido pela POTAMOS Engenharia e Hidrologia LTDA, no período de dezembro de 2018 à de abril de 2019, e visa atender a Nota Técnica CT-GRSA nº 07/2018, item 3.1 “*Reapresentar análise da qualidade da água no Baixo Doce e nas lagoas em questão, considerando todos os dados validados do PMQQS (período seco e chuvoso), dados históricos do IEMA e outras referências bibliográficas*”, elaborada pela Câmara Técnica de Gestão de Rejeitos e Segurança Ambiental.

Ressalta-se que as conclusões e considerações feitas nesse produto são parciais e serão complementadas posteriormente a partir da análise dos resultados das modelagens numéricas hidrodinâmica e de qualidade de água.

Colocamo-nos à disposição de V.Sas. para prestar quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessários.

Atenciosamente,

### POTAMOS ENGENHARIA E HIDROLOGIA LTDA.

Av. Barão Homem de Melo, 4386 – 14º andar – Estoril  
 30494-270 – Belo Horizonte – MG  
 E-mail: geral@potamos.com.br  
 Tel.: (31) 2534 – 5100

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>3/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

## ÍNDICE

APRESENTAÇÃO.....	2
1 INTRODUÇÃO .....	5
2 OBJETIVOS.....	6
3 ÁREA DE ESTUDO.....	6
4 ACERVO DE DADOS E INFORMAÇÕES .....	10
5 AVALIAÇÃO QUALIDADE DE ÁGUA.....	14
5.1 BASE DE DADOS.....	14
5.1.1 Análise Regional .....	14
5.1.2 Análise Local (porção capixaba) .....	18
5.2 PARÂMETROS ANALISADOS .....	20
5.2.1 Análise Regional .....	21
5.2.2 Análise Local (porção capixaba) .....	24
5.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	27
5.3.1 Análise Regional .....	27
5.3.2 Análise Local (porção capixaba) .....	27
5.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	29
5.4.1 Análise regional dos dados de qualidade de água da calha do rio Doce .....	29
5.4.2 Análise regional da variância dos dados de qualidade de água .....	33

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>4/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

5.4.3	Análise local comparativa dos dados anteriores e posteriores ao rompimento .....	35
5.4.4	Análise local da variação (temporal e espacial) dos dados, no período posterior à passagem da pluma de rejeitos.....	47
6	ANÁLISE DO DESEMPENHO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA .....	63
6.1	PARÂMETROS ANALISADOS .....	66
6.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	67
6.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	68
7	AVALIAÇÃO QUALIDADE DE SEDIMENTOS .....	75
7.1	BASE DE DADOS .....	75
7.2	PARÂMETROS ANALISADOS .....	77
7.3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	78
7.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	80
7.4.1	Caracterização regional da qualidade de sedimentos .....	80
7.4.2	Caracterização local da qualidade de sedimentos.....	81
8	CONCLUSÕES .....	89
8.1	RIO DOCE .....	89
8.2	LAGOA JUPARANÃ.....	90
8.3	LAGOA NOVA.....	90
9	REFERÊNCIAS.....	92
	ANEXO 01.....	95
	ANEXO 02.....	104
	ANEXO 03.....	127

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>5/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O rompimento da barragem de contenção de rejeitos do Fundão, parte da infraestrutura minerária da SAMARCO, no município de Mariana - MG, no dia 05/11/2015, resultou no lançamento de grande volume de rejeitos e sedimentos nos rios Gualaxo do Norte, Carmo, Doce e alguns de seus tributários, atingindo a região de Linhares – ES e as águas oceânicas no dia 21/11/2018. A fim de evitar o contato dos rejeitos com o complexo lacustre do Baixo Rio Doce, foram construídos barramentos de forma emergencial e precaucionária, por determinação de uma liminar judicial objeto da Ação Civil Pública, Processo nº 000257113.2016.4.02.5004, processo este vigente até a presente data.

No intuito de construir o entendimento acerca do potencial de contaminação das águas do rio Doce carregadas com rejeito em caso de contato com os sistemas lacustres da região de Linhares, em especial, as lagoas Juparanã e Nova, o presente relatório constitui o estudo da qualidade das águas e dos sedimentos do rio Doce (e os seus dois formadores, rios Piranga e do Carmo) e das referidas lagoas, contemplando os registros históricos de monitoramento nos períodos anterior e posterior ao rompimento da barragem do Fundão. Adicionalmente, analisa-se de forma expedita o desempenho de dez estações de tratamento de água em Linhares, Governador Valadares (5) e Colatina (4), sendo que o abastecimento das últimas cidades se efetua a partir de captações diretas no rio Doce.

Nesta fase do trabalho foram analisados e compilados os registros de monitoramento acessíveis até janeiro de 2019, com enfoque naqueles obtidos junto ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), Agência Estadual de Recursos Hídricos do Espírito Santo (AGERH), Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA), Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático da Fundação RENOVA (PMQQS), Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Linhares (SAAE Linhares), dentre outros. No âmbito do PMQQS, foram considerados os dados validados em dezembro de 2018, pelo Comitê Interfederativo (CIF), abrangendo o período de agosto de 2017 à julho de 2018.

As considerações e conclusões feitas nesse trabalho serão complementadas posteriormente a partir da análise dos resultados das modelagens numéricas hidrodinâmica e de qualidade da água que estão em desenvolvimento.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>6/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

## 2 OBJETIVOS

O presente estudo visa avaliar o potencial de contaminação das lagoas Juparanã e Nova em caso de contato pelas águas do rio Doce, a partir da análise dos registros de monitoramento de qualidade de água e sedimento antes e após a ruptura da barragem do Fundão, bem como os eventuais comprometimentos quanto aos usos múltiplos das águas na região de interesse.

Para isso, os objetivos específicos do estudo são:

- Comparar os registros históricos de monitoramento de qualidade de água e de sedimentos no rio Doce e nas lagoas Juparanã e Nova posteriores ao rompimento da barragem com os dados referentes às condições pré-rompimento que estão disponíveis em bancos de dados oficiais e na literatura científica;
- Identificar e avaliar não conformidades dos resultados com relação aos padrões de qualidade de água definidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 e em relação aos níveis de classificação e valores orientadores definidos para sedimentos na Resolução CONAMA nº 454/2012;
- Identificar e avaliar padrões de variação espacial e temporal dos parâmetros de qualidade de água e de sedimentos abordados neste estudo;
- Avaliar o eventual comprometimento da qualidade das águas do rio Doce quanto aos usos para abastecimento público (atendimento aos padrões de potabilidade da Portaria nº 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde) para dez estações de tratamento de água localizadas em Governador Valadares (5), Colatina (4), que captam água diretamente no rio Doce, e Linhares, que capta água no rio Pequeno, canal comunicante entre a lagoa Juparanã e rio Doce.

## 3 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende o rio Doce, desde os seus formadores, os rios do Carmo e Piranga, até sua foz no Oceano Atlântico, além das lagoas Nova e Juparanã, pertencentes ao sistema lacustre do Baixo Rio Doce.

A bacia hidrográfica do rio Doce faz parte da região hidrográfica do Atlântico Sudeste e possui área de drenagem de 86.715 km<sup>2</sup>, dos quais 86% pertencem ao estado de Minas Gerais e 14% ao Espírito Santo. As nascentes do rio Doce situam-se no estado de Minas Gerais, nas serras da Mantiqueira e

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>7/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

do Espinhaço, sendo que suas águas percorrem cerca de 850 km, até atingir o oceano Atlântico, no estado do Espírito Santo. Desde a sua nascente, o rio está dividido em Alto Rio Doce, Médio Rio Doce Superior, Médio Rio Doce Inferior e Baixo Rio Doce, sendo esta última região localizada no município de Linhares-ES.

A bacia hidrográfica do rio Doce<sup>i</sup> possui significativa atividade industrial, com foco na produção da celulose, siderurgia, mecânica pesada, produtos alimentícios e reflorestamento, além da extração mineral, que exerce influência na economia regional. Portanto, a região em estudo tem sofrido ao longo de várias décadas uma forte degradação ambiental pelas diversas atividades industriais e agropecuárias praticadas na bacia. O desmatamento e o manejo inadequado do solo favorecem a formação de processos erosivos, acrescidos pelos despejos inadequados advindos da mineração e de resíduos industriais e domésticos, que deram origem ao contínuo processo de assoreamento dos leitos dos cursos d'água da bacia. Ademais, o uso indiscriminado de agrotóxicos nas lavouras e a urbanização, sem planejamento adequado, contribuíram significativamente para os impactos nos cursos d'água.

Em relação ao sistema lacustre do Baixo Rio Doce, o estudo se concentrou nas lagoas Juparanã e Nova. O primeiro corpo hídrico está localizado no município de Linhares-ES dentro de uma área compreendida entre as coordenadas 19° 39' 11" S e 40° 07' 22" W. A lagoa Juparanã é a maior lagoa da região de Linhares e do Espírito Santo e possui área de 52 km<sup>2</sup> e volume de 450 Mm<sup>3</sup>. Em relação à lagoa Nova, esta é classificada como natural tropical, sendo a segunda maior da região do Baixo Rio Doce<sup>ii</sup>. Localiza-se a 18 m acima do nível do mar e apresenta área de superfície de 12 km<sup>2</sup> e volume de aproximadamente 200 Mm<sup>3</sup>.

Contudo, relatam-se expressivas alterações nas características naturais das lagoas do Baixo Rio Doce em consequência de ação antrópica<sup>iii</sup>. A intensificação do uso da terra e da água nas bacias hidrográficas, seja por meio da agricultura, pecuária, silvicultura ou pelo recente processo de industrialização na região, funcionam como indutores das mudanças ambientais das lagoas Juparanã e Nova. São constatados impactos ambientais associados a perdas nos potenciais usos da água das

<sup>i</sup> PIRH DOCE. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce e dos Planos de Ações de Recursos Hídricos para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce. Volume I – Relatório Final. CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME. 2010.

<sup>ii</sup> Gonçalves, M. A. Ecohidrologia e gestão integrada de recursos hídricos em uma bacia lacustre costeira (Lago Nova/Linhares/ES). Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental. 182 f. 2015.

<sup>iii</sup> Bozelli, R. L., Esteves, F. A., Roland, F., Suzuki, M. S. Padrões de funcionamento das lagoas do Baixo Rio Doce: variáveis abióticas e clorofila a (Espírito Santo - Brasil). Acta Limno. Bras. IV, 13–31. 1992

Nº da revisão:	FM-ENG-001	 <b>Potamos</b>		
Elaborador:	00			
Aprovador:	EPC			
Data da aprovação:	Willians de Souza Arruda			
Periodicidade da revisão:	11/12/2017			
Classificação:	Anual			
Abrangência:	Corporativa	<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS  LINHARES – ES  ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE  BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089  RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL  ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE  CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>	Nº CONTRATADA	PÁGINA
Classificação:	Público		<b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	<b>8/149</b>
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
		<b>N024500-B-1RT008</b>	<b>01</b>	

lagoas, incluindo abastecimento doméstico, balneabilidade, produção aquícola e mesmo em relação à estética da paisagem local<sup>iv</sup>.

O conhecimento dos registros de monitoramento da qualidade das águas e sedimentos do rio Doce e das lagoas Juparanã e Nova foi realizado a partir de duas análises: regional e local. A primeira abrangeu a calha do rio Doce, desde os seus formadores, rios do Carmo e Piranga, até a foz. A segunda compreendeu a porção capixaba do rio Doce, denominada também local, desde a divisa entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo até a região de travessia de Linhares - ES, incluindo as lagoas Juparanã e Nova.

<sup>iv</sup> Barroso, G. F.; Garcia, F. C.; Gonçalves, M. A.; Martins F. C. O.; Venturini J. C.; Sabadini, S. C.; Azevedo, A. K.; Freitas, A. C. T.; Delazari-Barroso, A. Estudos Integrados no Sistema Lacustre do Baixo Rio Doce (Espírito Santo). I Seminário Nacional de Gestão Sustentável de Ecossistemas aquáticos: complexidade, interatividade e ecodesenvolvimento – COPPE/UFRJ. 7 p. 2012.



Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA	PÁGINA
		<b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	<b>10/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
		<b>N024500-B-1RT008</b>	<b>01</b>

#### 4 ACERVO DE DADOS E INFORMAÇÕES

Para a realização deste trabalho, foram utilizados documentos disponibilizados pela FUNDAÇÃO RENOVA, monitoramentos ambientais de órgãos públicos e referenciais bibliográficos. Os arquivos estão listados a seguir:

- [1] IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Monitoramento de qualidade de água das estações localizadas na região das bacias hidrográficas de interesse, adquiridas a partir do portal Hidroweb (<http://hidroweb.ana.gov.br/>);
- [2] AGERH. Agência Estadual de Recursos Hídricos. Monitoramento de águas interiores no Espírito Santo de 2006 a 2015;
- [3] Banco de Dados 1\_BD\_PMQQS\_Anuar\_validadores aplicados. Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático (PMQQS) validado pelo Comitê Interfederativo (CIF);
- [4] Banco de Dados “Turbidez Água Bruta e Turbidez Água Tratada”. Elaborado pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Linhares (SAAE Linhares);
- [5] Banco de Dados “Dados Análises de Água - período emergencial atualizado” e “Dados Análises de Sedimento - período emergencial atualizado”. Elaborado pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA);
- [6] Banco de Dados BD Água tratada ETAS Colatina Nov\_15 a Abr\_18. Monitoramento de água bruta e tratada das ETAS de Colatina e Governador Valadares;
- [7] Relatório RT-046\_159-515-2282\_00-B- Avaliação dos Resultados de Qualidade de Água e Sedimento do Rio Doce – Atualização de Julho de 2017. Elaborado por Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda, datado de julho de 2017;
- [8] Relatório Técnico de Diagnostico da ETA de Linhares - PG 32;
- [9] Vigilio, E. P; Da Cunha, F. G. Atlas geoquímico da bacia do rio Doce: Minas Gerais e Espírito Santo. Rio de Janeiro: CPRM, 2016.

Os dados obtidos junto às fontes supracitadas foram compilados e avaliados. Todos os pontos de monitoramento de qualidade de água e sedimentos localizados ao longo do rio Doce, e nas lagoas Nova e Juparanã - Linhares (ES), utilizados no presente relatório, estão descritos na Tabela 4-1 e identificados no mapa da Figura 4-1.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA	PÁGINA
		<b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	<b>11/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
		<b>N024500-B-1RT008</b>	<b>01</b>

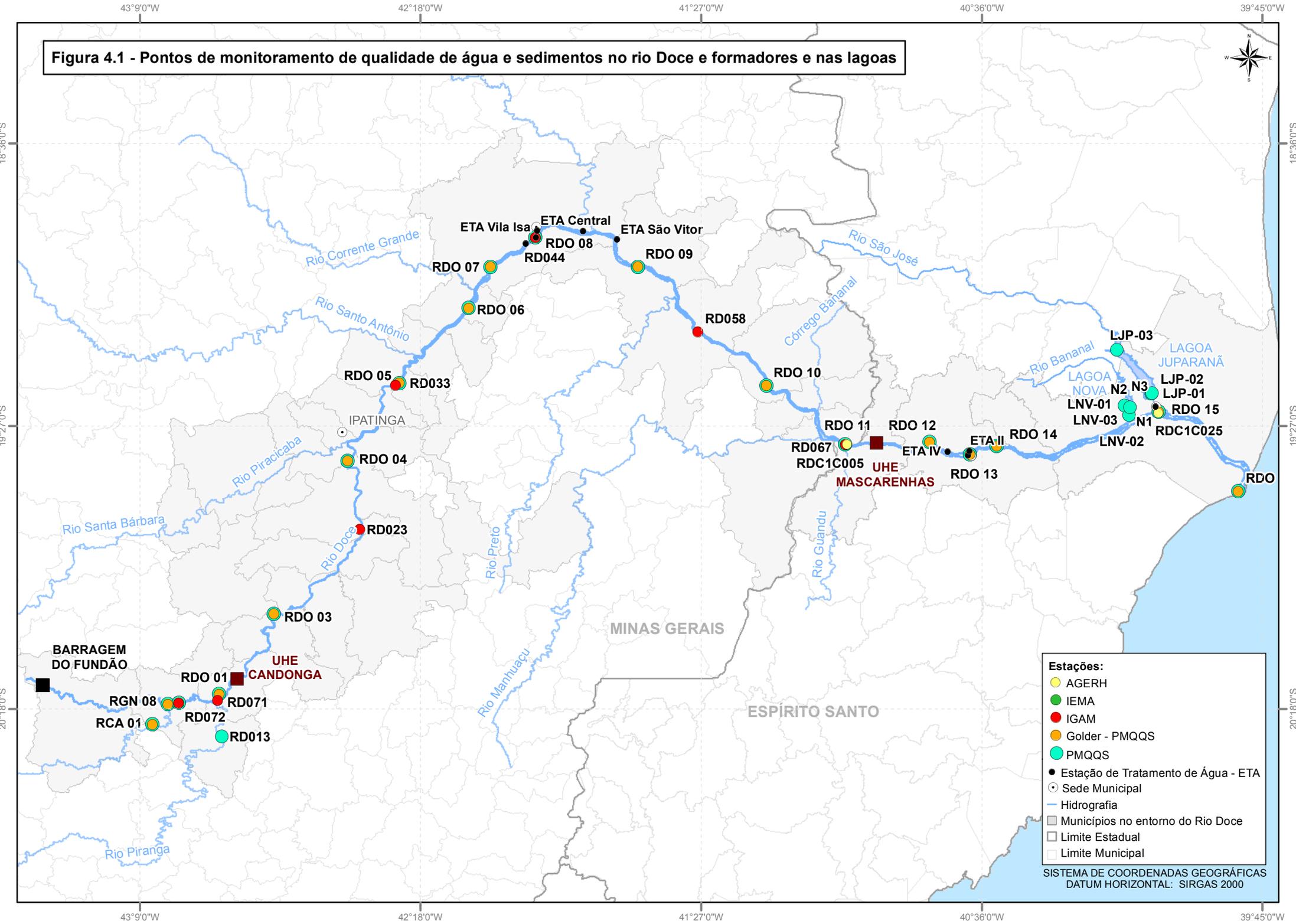
Tabela 4-1 – Pontos de monitoramento de qualidade das águas e sedimentos no rio Doce e nas lagoas Juparanã e Nova, com localidade/corpo hídrico; códigos adotados pelas fontes; tipo de análise e os períodos de amostragem.

Localidade / Corpo hídrico	Pontos	Fonte	Tipo	Período
Acaiaca – Rio Carmo	RCA-01			
Ponte Nova - Rio Piranga	RPG - 01			
Barra Longa - Rio Gualaxo Norte	RGN-08			
Barra Longa – Rio Carmo	RCA-02			Água: Agosto de 2017 a Julho de 2018
Rio Doce – Rio Doce	RDO-01			
São Domingos do Prata - Rio Doce	RDO-03			
Bom Jesus do Galho - Rio Doce	RDO-04			
Belo Oriente - Rio Doce	RDO-05			
Periquito - Rio Doce	RDO-06	PMQQS/GOLDER	Qualidade de Sedimentos/Água	Sedimentos: Outubro de 2017 a Julho de 2018
Governador Valadares - Rio Doce	RDO-07			
	RDO-08			
Tumiritinga - Rio Doce	RDO-09			
Resplendor - Rio Doce	RDO-10			
Baixo Guandu - Rio Doce	RDO-11			
	RDO-12			
Colatina - Rio Doce	RDO-13			Sedimentos Golder: Novembro de 2015 a Março de 2017
	RDO-14			
Linhares - Rio Doce	RDO-15			
	RDO-16			
	LJP-01			
Linhares - Lagoa Juparanã	LJP-02	PMQQS	Qualidade de Sedimentos/Água	Água: Agosto de 2017 a Julho de 2018
	LJP-03			
	LNV-01			
Linhares - Lagoa Nova	LNV-02			Sedimentos: Outubro de 2017 a Julho de 2018
	LNV-03			
Baixo Guandu - Rio Doce	RDC1C005			
	RDC1E010			
Colatina - Rio Doce	RDC1D015	AGERH	Qualidade de Água	Junho de 2006 a Março de 2015
	RDC1D020			
	RDC1C025			
Linhares - Rio Doce	RDC1E030			
	N1			
Linhares - Lagoa Nova	N2	IEMA	Qualidade de Sedimentos/Água	Fevereiro de 2016 a Julho de 2017
	N3			

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>12/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Localidade / Corpo hídrico	Pontos	Fonte	Tipo	Período
Itapina/Colatina – Rio Doce	P02			
Colatina – Rio Doce	P03			
Linhares – Rio Doce	P04			
Barra Longa - Rio Do Carmo	RD071			
Ponte Nova - Rio Piranga	RD013			
Rio Doce – Rio Doce	RD072			
Marliéria e Pingo D'água– Rio Doce	RD023	IGAM	Qualidade de Água	Variável (1997/1998/2000/2008 a 2018)
Belo Oriente – Rio Doce	RD033			
Governador Valadares – Rio Doce	RD044			
Conselheiro Pena – Rio Doce	RD058			
Aimorés – Rio Doce	RD067			
Linhares – Rio Pequeno	ETA Linhares	SAAE Linhares	Qualidade de Água	01 de Novembro de 2015 a 10 de Dezembro de 2015
Colatina – Rio Doce	ETA I	FUNDAÇÃO RENOVA	Qualidade de Água	Novembro de 2015 a Abril de 2018
	ETA Ifes			
	Itapina			
	ETA II			
Governador Valadares - Rio Doce	ETA IV	FUNDAÇÃO RENOVA	Qualidade de Água	Novembro de 2015 a Abril de 2018
	ETA Central			
	ETA Santa Rita			
	ETA Vila Isa			
	ETA Recanto dos Sonhos			
	ETA São Vitor			

Figura 4.1 - Pontos de monitoramento de qualidade de água e sedimentos no rio Doce e formadores e nas lagoas



- Estações:**
- AGERH
  - IEMA
  - IGAM
  - Golder - PMQGS
  - PMQGS
  - Estação de Tratamento de Água - ETA
  - Sede Municipal
  - Hidrografia
  - ▭ Municípios no entorno do Rio Doce
  - ▭ Limite Estadual
  - ▭ Limite Municipal

SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS  
DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA	PÁGINA
		<b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	<b>14/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
		<b>N024500-B-1RT008</b>	<b>01</b>

## 5 AVALIAÇÃO QUALIDADE DE ÁGUA

### 5.1 BASE DE DADOS

#### 5.1.1 Análise Regional

A análise regional da qualidade das águas na calha do rio Doce norteou-se nos registros digitais oriundos do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), da Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH) do Espírito Santo e do Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos (PMQQS) implementado pela Fundação Renova e validado pelo Comitê Interfederativo – CIF.

Do órgão de Minas Gerais (IGAM), utilizou-se dados de oito estações de monitoramento, compreendendo o período de 2000 a 2018, com periodicidade variando de mensal a trimestral para cada estação de monitoramento avaliada. Do órgão do Espírito Santo (AGERH), empregou-se dados trimestrais de duas estações de monitoramento, referentes ao período de junho de 2006 a março de 2015. Do PMQQS utilizou-se dados mensais (agosto de 2017 a julho de 2018) de seis pontos de amostragem. Na Tabela 5-1 listam-se as dezesseis estações de monitoramento de Minas Gerais e Espírito Santo cujos dados de qualidade de água embasaram as análises aqui apresentadas.

Tabela 5-1 - Estações de monitoramento da qualidade de água na calha do rio Doce<sup>v</sup> selecionadas para análise regional.

Estação de monitoramento	Corpos d'água	Município/Estado	Fonte	Período
RD013	Rio Piranga	Ponte Nova/MG	IGAM	Variável (2000/2008 2018)
RD071	Rio do Carmo	Barra Longa/MG		
RD072		Rio Doce/MG		
RD023		Marliéria e Pingo d'Água/MG		
RD033	Rio Doce	Belo Oriente/MG		
RD044		Governador Valadares/MG		
RD058		Conselheiro Pena/MG		

<sup>v</sup> As estações de monitoramento RD013 e RD071 estão localizadas nas calhas do rio Piranga e rio do Carmo, respectivamente, formadores do rio Doce.

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>15/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Estação de monitoramento	Corpos d'água	Município/Estado	Fonte	Período
RD067		Aimorés/MG		
RDC1C005		Baixo Guandu/ES	AGERH	Junho de 2006 a março de 2015
RDC1C025		Linhares/ES		
RPG01	Rio Piranga	Ponte Nova/MG		
RDO 04		Marliéria e Pingo d'Água/MG	PMQQS	Agosto de 2017 a julho de 2018
RDO 05		Belo Oriente/MG		
RDO 08	Rio Doce	Governador Valadares/MG		
RDO 11		Baixo Guandu/ES		
RDO 15		Linhares/ES		

As mencionadas estações de monitoramento de qualidade de água no rio Doce utilizadas no estudo regional estão apresentadas no mapa da Figura 5-1.

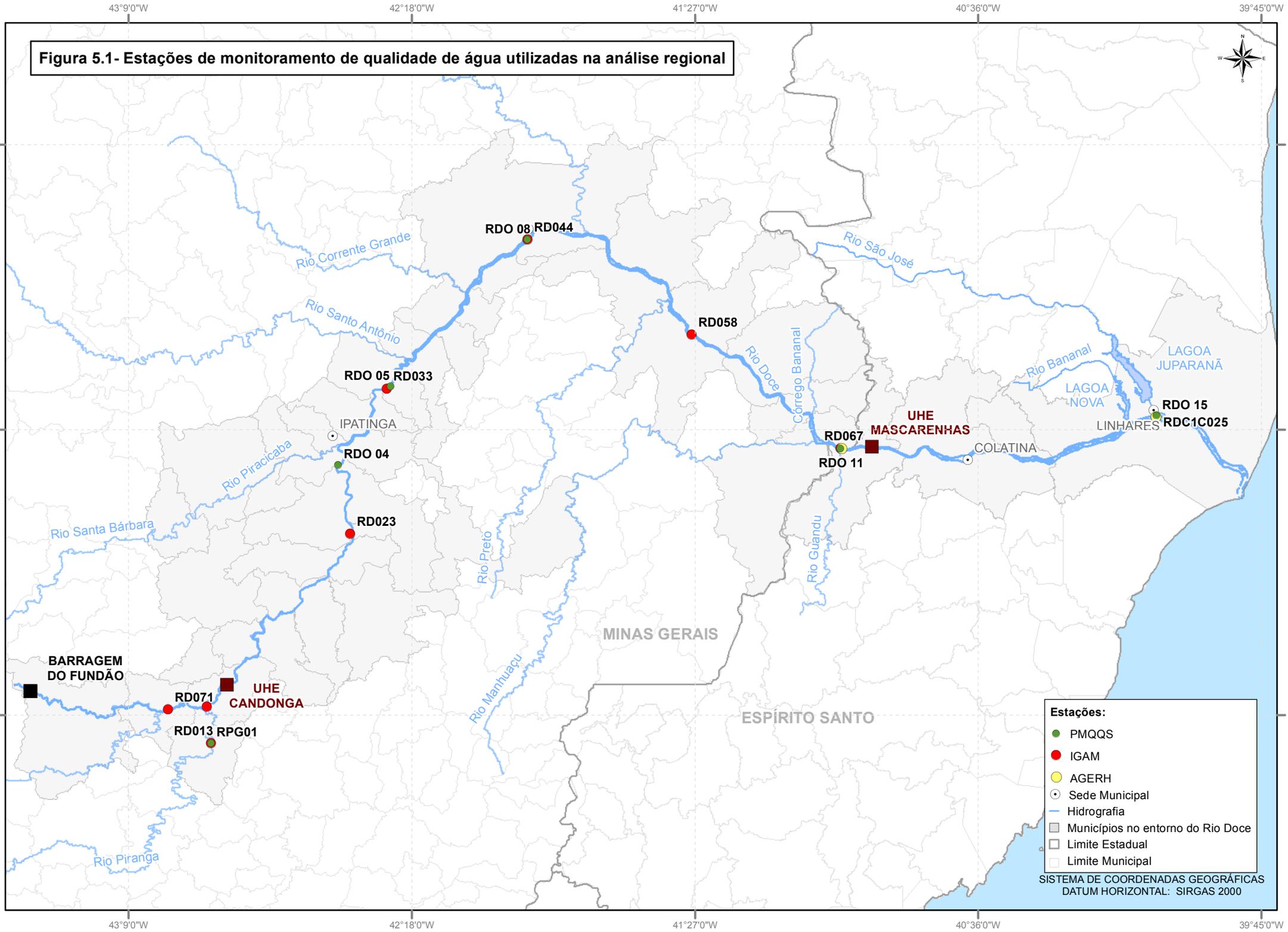
Como as estações selecionadas foram instaladas em anos distintos, escolheu-se inicialmente o período de análise compreendido entre 2000 a 2018, para as estações RD013, RD023, RD033, RD044, RD058 e RDO67, para evitar eventuais alterações nos resultados decorrentes de períodos anteriores à operação de alguma estação. Apenas os dados das estações RD071 e RD072 compreenderam o período de 2008 a 2018, cuja manutenção deveu-se à proximidade da barragem do Fundão. Optou-se por não utilizar todas as demais estações da calha do rio Doce no estado de Minas Gerais pelo menor número de dados quando comparado ao das estações selecionadas.

Em relação às estações de monitoramento do estado do Espírito Santo executado pela AGERH, mesmo com um menor número de dados – conforme mencionado, período compreendido entre junho de 2006 a março de 2015 - e apenas dois parâmetros de qualidade de água (sólidos totais e turbidez), decidiu-se mantê-las dada à proximidade com as lagoas Nova e Juparanã. Como os dados provenientes da AGERH correspondem ao período anterior ao rompimento da barragem, foram utilizados os dados do PMQQS para representar a qualidade da água no período posterior. Vale ressaltar que o estado do Espírito Santo não possui registro de monitoramento de metais e semi-metais para o período anterior ao rompimento. Os órgãos ambientais do referido estado apenas monitoram parâmetros utilizados na determinação do IQA (Índice de Qualidade das Águas). Ademais, o monitoramento de metais no rio Doce (porção capixaba) teve início com o monitoramento emergencial, executado pelo IEMA, e com o PMQQS, ambos monitoramentos correspondem ao período posterior ao rompimento.

	FM-ENG-001	 <b>Potamos</b>	
Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>16/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Por fim, foram descartados os dados de qualidade de água de novembro e dezembro de 2015 e de janeiro e fevereiro de 2016, devido à influência da passagem da pluma de rejeitos oriundos da barragem do Fundão. Como o cerne da análise estatística – com base no teste de hipótese de Levene - consistia em avaliar eventual alteração na variância dos dados de qualidade de água anteriores e posteriores ao rompimento da barragem de Fundão, a inserção dos dados correspondentes a estes quatro meses poderia enviesar a análise.

**Figura 5.1- Estações de monitoramento de qualidade de água utilizadas na análise regional**



**Estações:**

- PMQQS
- IGAM
- AGERH
- Sede Municipal
- Hidrografia
- ▭ Municípios no entorno do Rio Doce
- ▭ Limite Estadual
- ▭ Limite Municipal

SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS  
DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>18/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

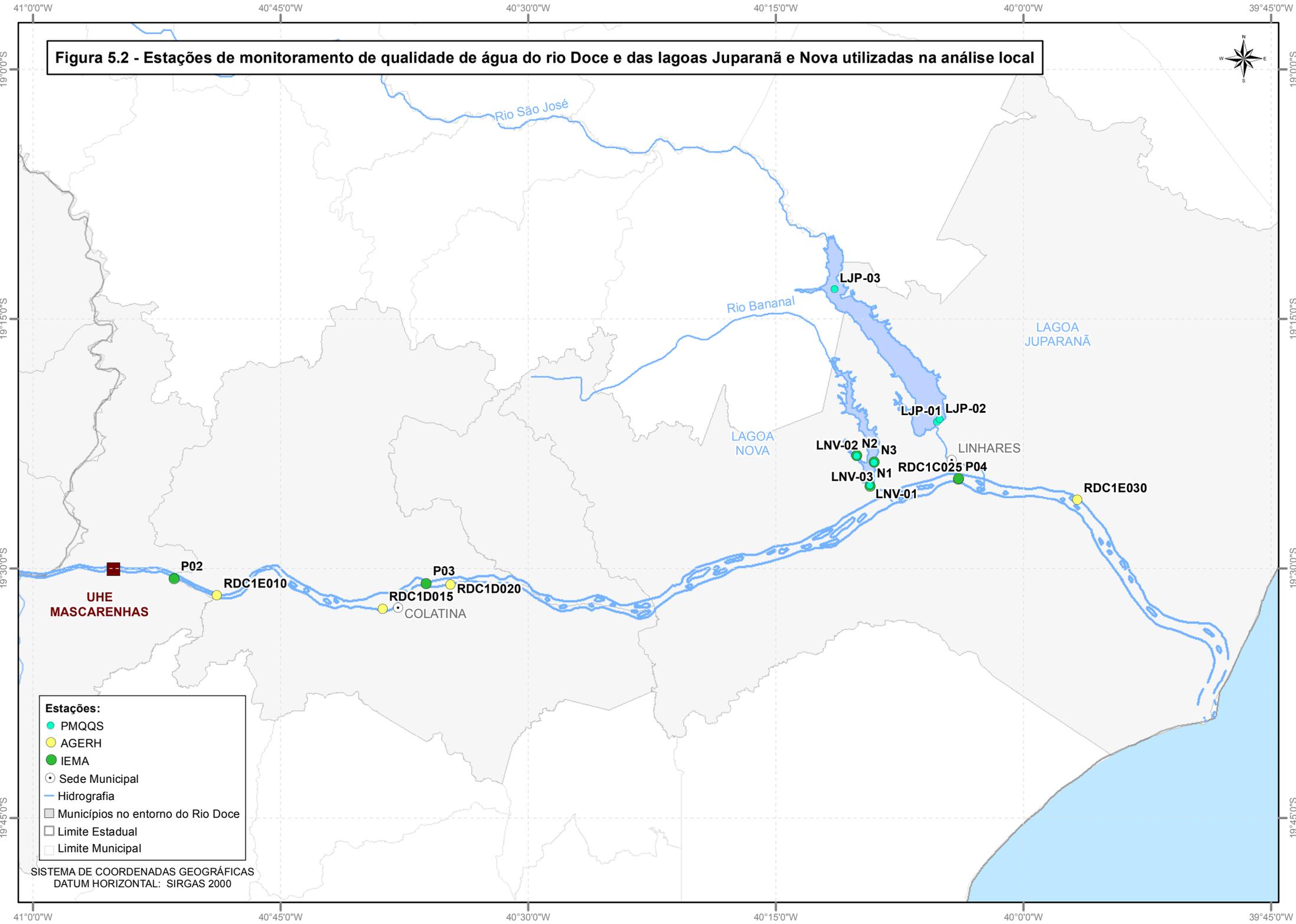
### 5.1.2 Análise Local (porção capixaba)

Em relação à análise de qualidade de água da porção capixaba (rio Doce e lagoas Juparanã e Nova), foram utilizados os dados disponíveis no PMQQS, IEMA e AGERH. A Tabela 5-2 e a Figura 5-2 apresentam os pontos amostrais utilizados na análise local da qualidade da água no rio Doce e nas lagoas Nova e Juparanã.

Tabela 5-2 - Relação de pontos amostrais, corpos d'água, fonte e período utilizados na análise da qualidade da água no rio Doce e nas lagoas Nova e Juparanã.

Ponto amostral	Corpos d'água	Município/Localidade	Fonte	Período
RDC1E010				
RDC1D015		Colatina		
RDC1D020	Rio Doce		AGERH	Junho de 2006 a março de 2015
RDC1C025		Linhares		
RDC1E030				
P02		Itapina		
P03	Rio Doce	Colatina		
P04		Linhares	IEMA	Fevereiro de 2016 a julho de 2017
N1				
N2	Lagoa Nova	Linhares		
N3				
RDO 12		Itapina		
RDO 13				
RDO 14	Rio Doce	Colatina		
RDO 15		Linhares		
RDO 16		Regência		
LJP1			PMQQS	Agosto de 2017 a julho de 2018
LJP2	Lagoa Juparanã			
LJP3				
LVN1		Linhares		
LVN2	Lagoa Nova			
LVN3				

Figura 5.2 - Estações de monitoramento de qualidade de água do rio Doce e das lagoas Juparanã e Nova utilizadas na análise local



- Estações:**
- PMQS
  - AGERH
  - IEMA
  - Sede Municipal
  - Hidrografia
  - Municípios no entorno do Rio Doce
  - ▭ Limite Estadual
  - ▭ Limite Municipal

SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS  
DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>20/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Os pontos amostrais da AGERH e do PMQQS, localizados no rio Doce, na cidade de Baixo Guandu, não foram utilizados por estarem localizados à montante do reservatório da UHE Mascarenhas. Considerando as possíveis alterações nas características limnológicas de um rio, que podem ser provocadas pela presença de um reservatório, por alterar o regime de escoamento e de vazões e, conseqüentemente, as características químicas da água<sup>vi</sup>, somente foram considerados os pontos localizados à jusante da referida usina hidrelétrica.

## 5.2 PARÂMETROS ANALISADOS

O monitoramento da qualidade de águas superficiais realizado pelo IGAM na bacia hidrográfica do rio Doce acontece desde o ano de 1997. Este monitoramento, atualmente, contempla coletas e análises mensais de parâmetros físico-químicos, arsênio total, bem como os metais: alumínio dissolvido, ferro dissolvido, cobre dissolvido, cromo total, cádmio total, chumbo total, manganês total, mercúrio total, níquel total e outros. Em relação ao monitoramento de qualidade de água da AGERH, este segue o padrão de coletas trimestrais desde 2006. A agência realiza somente a análise de parâmetros físico-químicos e biológicos não contemplando a investigação de metais.

Os parâmetros de qualidade de água foram avaliados mediante os limites estabelecidos na legislação pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu Enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Os limites para os parâmetros físico-químicos e metais são definidos segundo um sistema de classificação com base na qualidade da água requerida para os usos prioritários dos recursos hídricos.

Destaca-se o Enquadramento dos corpos d'água como o principal instrumento de planejamento entre o uso da água, o zoneamento de atividades e o estabelecimento de medidas para o controle da poluição. E, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, o Enquadramento pode ser definido como o estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo.

A bacia hidrográfica do rio Doce não possui proposta de enquadramento aprovada. Assim, os corpos hídricos dessa bacia obedecem ao estabelecido no artigo 42 da Resolução CONAMA nº 357/2005:

<sup>vi</sup> Barbosa, F.A.R.; Padisák, J.; Espíndola, E.E.G.; Borics, G.; Rocha, O., 1999. The cascading reservoir continuum concept (CRCC) and its applications to the river Tietê-basin, São Paulo State, Brazil. In TUNDISI, JG. and STRASKABA, M. Theoretical Reservoir Ecology and its Applications. Leiden: Backhuys Publishers. p. 425-438.

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>21/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

“Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas Classe 2...”. Sendo assim, as águas do rio Doce são consideradas Classe 2.

No âmbito do estado de Minas Gerais, a norma correspondente à resolução supracitada é a Deliberação Normativa Conjunta Copam/CERH-MG nº 01, de 5 de maio de 2008. No entanto, o estado do Espírito Santo não possui em seu arcabouço legal uma resolução que corresponda legislação acima. Assim, adotaram-se para fins de citação e referência, os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005.

O Quadro 5-1 apresenta uma síntese dos parâmetros utilizados nas análises (regional e local) de qualidade de água.

Quadro 5-1 – Síntese dos parâmetros utilizados nas análises de qualidade de água.

<b>Análise Regional</b>	<b>Análise Local</b>
Minas Gerais - arsênio total, alumínio, cádmio total, chumbo total, cromo total, ferro dissolvido, manganês total, mercúrio total, níquel total, sólidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos totais, turbidez e zinco total. Espírito Santo - sólidos totais e turbidez.	Condutividade elétrica, turbidez, sólidos dissolvidos totais, fósforo total, pH, alcalinidade, alumínio dissolvido, arsênio total, chumbo total, cromo total, ferro dissolvido, manganês total, cianobactérias.

### 5.2.1 Análise Regional

Na avaliação da qualidade de água regional, as estações de monitoramento de Minas Gerais contemplaram 14 parâmetros, enquanto os dados gerados nas estações do Espírito Santo apenas dois (sólidos totais e turbidez). Os parâmetros de qualidade de água anteriores e posteriores ao rompimento da barragem do Fundão utilizados na análise estatística regional estão listados na Tabela 5-3 e Tabela 5-4.

Cabe destacar que as duas estações de monitoramento (RD013 e RD071) se localizam fora da área impactada pelo rompimento da barragem do Fundão.

Nº da revisão:	00			
Elaborador:	EPC			
Aprovador:	Willians de Souza Arruda			
Data da aprovação:	11/12/2017			
Periodicidade da revisão:	Anual			
Abrangência:	Corporativa			
Classificação:	Público			
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>			Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>22/149</b>
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Tabela 5-3 – Número de registros dos parâmetros de qualidade de água do rio Doce **anteriores** ao rompimento da barragem Fundão utilizados na análise estatística regional.

Parâmetro/Estação	RD013	RD071	RD072	RD023	RD033	RD044	RD058	RD067	RDC1C005	RDC1C025
	Ponte Nova/MG	Barra Longa/MG	Rio Doce/ MG	Marliéria e Pingo D'água/MG	Belo Oriente/MG	Governador Valadares/MG	Conselheiro Pena/MG	Aimorés /MG	Baixo Guandu/ES	Linhares/ES
<b>Alumínio Total</b>	27	-	-	16	16	14	-	-	-	-
<b>Arsênio Total</b>	32	29	29	63	32	32	41	41	-	-
<b>Cádmio</b>	32	29	29	32	32	32	32	32	-	-
<b>Chumbo Total</b>	32	29	29	63	32	32	41	41	-	-
<b>Cromo Total</b>	32	29	29	32	32	32	32	32	-	-
<b>Ferro Dissolvido</b>	32	29	29	63	32	32	50	50	-	-
<b>Manganês Total</b>	33	29	29	63	64	45	32	32	-	-
<b>Mercúrio Total</b>	32	29	29	32	32	32	32	32	-	-
<b>Níquel Total</b>	32	29	29	32	32	32	32	32	-	-
<b>Zinco Total</b>	32	29	29	32	32	32	32	32	-	-
<b>Sólidos Suspensos Totais</b>	79	29	48	82	83	83	83	82	-	-
<b>Sólidos Dissolvidos Totais</b>	72	29	48	75	75	75	76	76	-	-
<b>Sólidos Totais</b>	80	29	48	82	83	83	83	83	33	33
<b>Turbidez</b>	80	29	48	82	83	83	83	83	31	33

Nº da revisão:	00			
Elaborador:	EPC			
Aprovador:	Willians de Souza Arruda			
Data da aprovação:	11/12/2017			
Periodicidade da revisão:	Anual			
Abrangência:	Corporativa			
Classificação:	Público			
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>			Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>23/149</b>
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Tabela 5-4 – Número de registros dos parâmetros de qualidade de água do rio Doce **posteriores** ao rompimento da barragem do Fundão utilizados na análise estatística regional.

Parâmetro/Estação	RD013	RD071	RD072	RD023	RD033	RD044	RD058	RD067	RDO11	RDO15
	Ponte	Barra	Rio Doce/	Marliéria e Pingo	Belo	Governador	Conselheiro	Aimorés/	Baixo	Linhares/
	Nova/MG	Longa/MG	MG	D'água/MG	Oriente/MG	Valadares/MG	Pena/MG	MG	Guandu/ES	ES
<b>Alumínio Total*</b>	12	-	-	12	12	13	-	-	-	-
<b>Arsênio Total</b>	16	33	21	19	20	20	20	20	-	-
<b>Cádmio</b>	4	20	20	18	19	19	19	19	-	-
<b>Chumbo Total</b>	16	33	21	20	20	20	21	21	-	-
<b>Cromo Total</b>	4	20	20	18	19	19	19	19	-	-
<b>Ferro Dissolvido</b>	16	33	21	20	20	20	21	21	-	-
<b>Manganês Total</b>	16	33	21	20	21	20	20	20	-	-
<b>Mercúrio Total</b>	4	20	20	18	19	19	19	19	-	-
<b>Níquel Total</b>	16	33	21	19	20	20	20	20	-	-
<b>Zinco Total</b>	16	33	21	16	17	17	17	17	-	-
<b>Sólidos Suspensos Totais</b>	36	33	26	25	26	26	26	26	-	-
<b>Sólidos Dissolvidos Totais</b>	36	32	26	25	26	26	26	26	-	-
<b>Sólidos Totais</b>	36	33	26	25	26	26	26	26	12	12
<b>Turbidez</b>	80	29	48	82	83	83	83	83	15	15

\*Utilizou-se os registros da concentração de alumínio total gerados pelo PMQQS (estações RPG01, RDO 04, RDO 05, RDO 08), devido à ausência de dados do IGAM nas quatro estações de monitoramento avaliadas (RD071, RD072, RD058 e RD067).

	FM-ENG-001	 <b>Potamos</b>	
Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>24/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

### 5.2.2 Análise Local (porção capixaba)

Os parâmetros de qualidade de água anteriores e posteriores ao rompimento da barragem do Fundão utilizados na análise estatística local (porção capixaba) estão apresentados na Tabela 5-5 e Tabela 5-6.

Para cada parâmetro da Tabela 5-5 e da Tabela 5-6 foi aplicado um filtro, com objetivo de identificar dados inconsistentes como, valores abaixo do limite de quantificação - LQ - e espaços em branco. Muitos parâmetros apresentaram uma grande proporção de dados inconsistentes, o que não possibilitou a sua utilização nas análises.

Nº da revisão:	00			
Elaborador:	EPC			
Aprovador:	Willians de Souza Arruda			
Data da aprovação:	11/12/2017			
Periodicidade da revisão:	Anual			
Abrangência:	Corporativa			
Classificação:	Público			
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>			Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>25/149</b>
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Tabela 5-5 – Número de registros dos parâmetros de qualidade de água do rio Doce **anteriores** ao rompimento da barragem Fundão utilizados na análise estatística local.

Parâmetro/Estação	RDC1E010	RDC1D015	RDC1D020	RDC1C025	RDC1E030
Condutividade elétrica	33	17	29	32	32
Turbidez	32	16	28	33	33
Sólidos dissolvidos totais	34	17	30	33	33
Fósforo total	33	16	29	32	32
pH	34	17	30	33	33

Tabela 5-6 - Número de registros dos parâmetros de qualidade de água do rio Doce e das lagoas Juparanã e Nova **posteriores** ao rompimento da barragem Fundão utilizados na análise estatística local.

Parâmetro/Estação	Fonte: Monitoramento IEMA						Fonte: PMQQS										
	P02	P03	P04	N1	N2	N3	RDO 12	RDO 13	RDO 14	RDO 15	RDO 16	LJP1	LJP2	LJP3	LNV1	LNV2	LNV3
Alcalinidade total	32	35	28	-	-	-	12	12	12	12	11	23	24	30	12	27	30
Condutividade elétrica	69	78	-	38	33	35	18	20	19	21	35	38	38	50	20	49	54
Turbidez	56	62	57	23	28	31	15	15	15	15	55	26	25	32	14	31	36
Sólidos dissolvidos totais	57	50	55	6	5	5	3	4	2	2	1	-	-	-	1	3	2
Fósforo total	67	72	58	24	30	26	6	5	5	5	5	6	3	10	-	-	2

Nº da revisão:	00			
Elaborador:	EPC			
Aprovador:	Willians de Souza Arruda			
Data da aprovação:	11/12/2017			
Periodicidade da revisão:	Anual			
Abrangência:	Corporativa			
Classificação:	Público			
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>			Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>26/149</b>
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Parâmetro/Estação	Fonte: Monitoramento IEMA						Fonte: PMQQS										
	P02	P03	P04	N1	N2	N3	RDO 12	RDO 13	RDO 14	RDO 15	RDO 16	LJP1	LJP2	LJP3	LNV1	LNV2	LNV3
<b>pH</b>	3	4	1	-	-	-	4	6	6	5	4	9	8	9	-	-	-
<b>Alumínio dissolvido</b>	23	24	13	-	-	-	1	1	4	2	1	-	-	-	-	-	-
<b>Arsênio total</b>	30	37	19	-	-	-	3	3	4	2	2	-	-	-	-	-	-
<b>Chumbo total</b>	64	69	59	24	23	18	7	8	6	8	5	4	3	13	-	-	-
<b>Cromo total</b>	62	70	61	14	6	8	11	12	12	12	12	21	20	22	7	11	16
<b>Ferro dissolvido</b>	25	27	26	28	28	26	5	6	2	5	5	20	20	26	11	24	24
<b>Manganês total</b>	32	35	28	-	-	-	12	12	12	12	11	23	24	30	12	27	30
<b>Cianobactérias</b>	69	78	-	38	33	35	18	20	19	21	35	38	38	50	20	49	54

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>27/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

## 5.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 5.3.1 Análise Regional

Em relação ao estudo de qualidade das águas no âmbito regional, as análises estatísticas mais expeditas abrangeram a elaboração de gráficos de *box-plot* comparando os registros apresentados na Tabela 5-3 e na Tabela 5-4 para cada estação de monitoramento e cada parâmetro de qualidade de água. Em uma segunda etapa, realizou-se o teste de hipótese de Levene, ao nível de significância de 5%, visando a comparar as variâncias entre os períodos anterior e posterior ao rompimento da barragem do Fundão. A Hipótese Nula de Igualdade de variâncias entre os períodos foi testada contra a Hipótese Alternativa que as variâncias não são iguais.

Admite-se como hipótese nula quando todas as variáveis em análise apresentam variâncias homogêneas e como hipótese alternativa de que as variáveis em análise apresentam variâncias não homogêneas, ou seja, heterogênea.

### 5.3.2 Análise Local (porção capixaba)

No tocante ao estudo local, realizou-se uma análise crítica dos dados do PMQQS, IEMA e AGERH utilizando duas abordagens, uma quantitativa (análise gráfica) e outra qualitativa, para identificar “outliers”, como demonstrado na Figura 5-3.

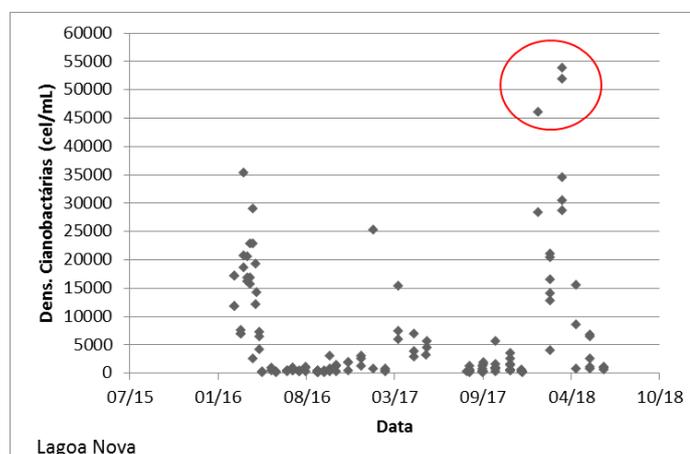


Figura 5-3- Gráficos com valores (absolutos) considerados “outliers”.

A análise quantitativa foi realizada a partir da dispersão de pontos em gráficos de duas dimensões (variável x tempo), já a análise qualitativa, pela avaliação dos valores logaritmizados. Com base

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>28/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

nessas análises verificou-se, apenas a título de exemplo, que os valores da densidade de cianobactérias na lagoa Nova, encontravam-se muito acima dos normalmente registrados para esse corpo d'água, considerado como oligotrófico<sup>vii</sup>. Lagos oligotróficos são corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes<sup>viii</sup>.

A análise temporal foi realizada comparando os dados anteriores e posteriores ao rompimento para a qual foram elaborados gráficos do tipo *box-plot*, considerando duas situações: a primeira avalia um ano hidrológico completo (período de seca e de chuva) e a segunda apenas os períodos de chuva de cada ano, exemplo: 2015/2016: de novembro de 2015 a março de 2016. Para cada situação, foram realizadas análises de Kruskal-Wallis (estatística não-paramétrica) para verificar a ocorrência de diferenças estatísticas significativas entre os anos ou entre os períodos de chuva. Após constatar a existência de diferenças, realizaram-se comparações múltiplas para os valores de  $Z'$  e  $p$ , a fim de verificar quais os anos ou períodos de chuvas que são diferentes ou iguais entre si. Para todas as análises estatísticas o nível de significância adotado foi de 5%.

Considera-se estatística não-paramétrica, ou teste não-paramétrico, um teste que usa o método de distribuição livre, que não depende de suposições extraídas de dados fornecidos por uma distribuição normal de probabilidade. É oposto da estatística paramétrica. As vantagens desse tipo de teste são: desconhecimento da distribuição dos dados na população, distribuição assimétrica, heterogeneidade nas variâncias; testes de aplicações mais amplas que os paramétricos; variável medida em escala ordinal ou não ordenável e quando as exigências das técnicas clássicas não podem ser satisfeitas, como no presente caso.

O teste de Kruskal-Wallis, teste não paramétrico utilizado neste trabalho, é o análogo ao teste F, utilizado na ANOVA de um fator. Enquanto a análise de variância dos testes depende da hipótese de que todas as populações (conjunto de dados) em comparação são independentes e normalmente distribuídas, o teste de Kruskal-Wallis não coloca nenhuma restrição sobre a comparação. Quando se rejeita a hipótese nula ( $H_0$ ), o teste de Kruskal-Wallis indica que ao menos um dos grupos é diferente dos demais. Porém, se tem a informação de quais são diferentes. Sendo assim, um procedimento de comparações múltiplas para os valores de  $Z'$  e  $p$  permite determinar quais grupos são diferentes.

Além das análises supracitadas, verificou-se também o comportamento dos parâmetros relacionados com a passagem da pluma de rejeitos no rio Doce, na porção capixaba, por meio de duas análises

<sup>vii</sup> Gonçalves, M. A. Ecohidrologia e gestão integrada de recursos hídricos em uma bacia lacustre costeira (Lagoa Nova/Linhares/ES). Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental. 182 f. 2015.

<sup>viii</sup> ANA (Agência Nacional de Águas). Indicadores De Qualidade - Índice Do Estado Trófico (IET). 2019.

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>29/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

(temporal e espacial). Para analisar as tendências de variação temporal dos parâmetros, no período posterior à passagem da pluma de rejeitos, foram elaborados gráficos de dispersão (variável x tempo), usando tanto valores absolutos quanto valores logaritmizados (log normal). A partir dos valores logaritmizados foram realizadas análises de regressão linear para avaliar as tendências de variação (melhora ou piora nos valores das concentrações dos parâmetros) dos parâmetros ao longo do tempo. Em relação à análise espacial, esta foi realizada para verificar diferenças entre os locais ao longo da porção capixaba do rio Doce, principalmente se há variações de montante para jusante.

O Quadro 5-2 apresenta uma síntese das metodologias utilizadas nas análises (regional e local) de qualidade de água.

Quadro 5-2 - Síntese das metodologias utilizadas nas análises de qualidade de água.

<b>Análise Regional</b>	<b>Análise Local</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Gráficos de <i>box-plot</i> comparando os registros anteriores e posteriores ao rompimento para cada estação de monitoramento e cada parâmetro de qualidade de água;</li> <li>Teste de hipótese de Levene, nível de significância de 5%, visando comparar as variâncias entre os períodos anterior e posterior ao rompimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gráficos de <i>box-plot</i> comparando os registros anteriores e posteriores ao rompimento para cada estação de monitoramento e cada parâmetro de qualidade de água;</li> <li>Análises estatística não-paramétrica de Kruskal-Wallis, nível de significância de 5%, para os dados anteriores e posteriores ao rompimento.</li> <li>Gráficos de dispersão (variável x tempo), usando valores absolutos e logaritmizados (log normal), para analisar as tendências de variação temporal dos parâmetros o período posterior ao rompimento.</li> </ul>

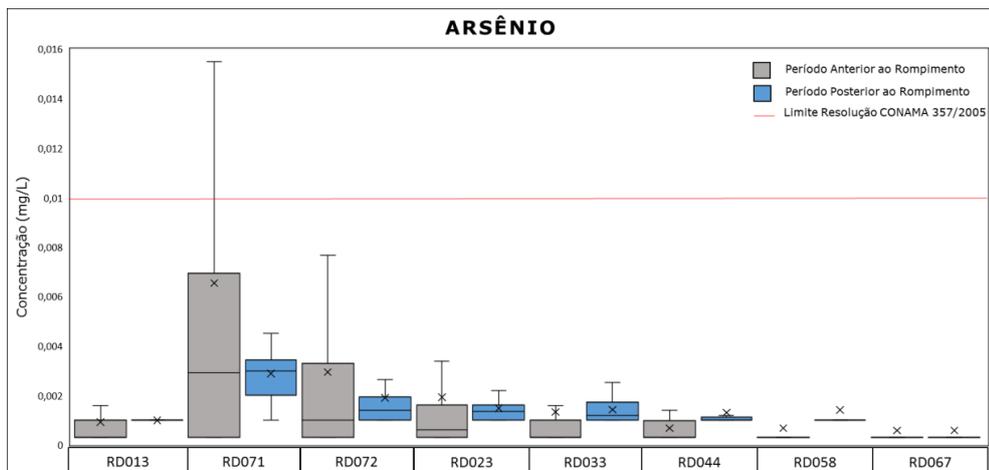
## 5.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.4.1 Análise regional dos dados de qualidade de água da calha do rio Doce

Conforme evidenciado pela Tabela 5-3 e pela Tabela 5-4, as análises dos dados da AGERH no Espírito Santo restringiram-se apenas aos sólidos totais e turbidez, limitando a avaliação dos metais e metais-traço aos dados do IGAM em Minas Gerais. Desta forma, elaboraram-se gráficos *box-plot* para cada parâmetro de qualidade de água e cada estação de monitoramento comparando-se as concentrações anteriores e posteriores ao rompimento da barragem do Fundão, apresentadas em termos de primeiro e terceiro quartis, média e mediana. Para arsênio, cádmio, cromo total, mercúrio total, níquel total e zinco total, praticamente não se registraram desconformidades – com diversos registros inferiores ao limite de detecção - em relação aos limites para cursos d'água classe 2

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>30/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

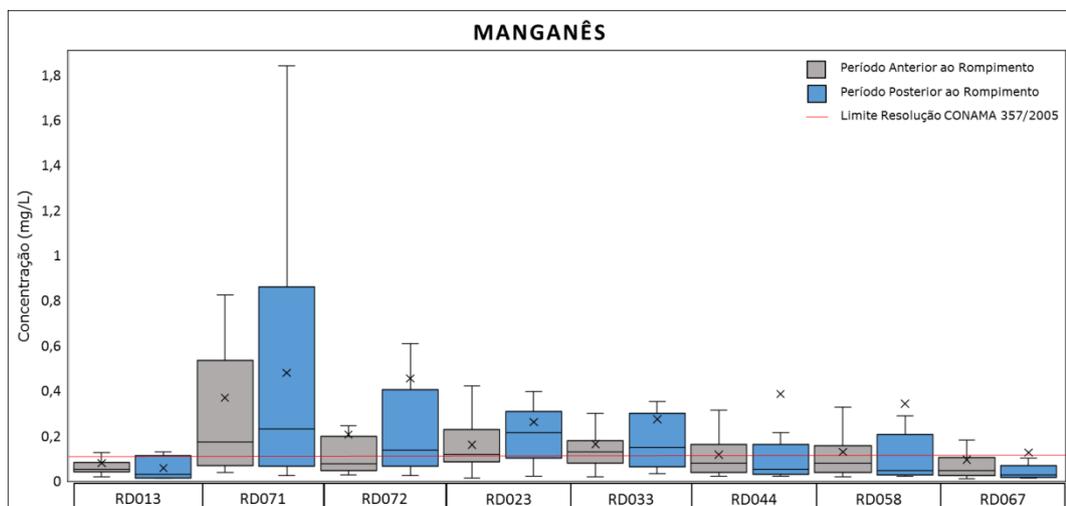
estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Na Figura 5-4 exemplifica-se a assertiva anterior para o arsênio e os demais metais e metais-traço estão apresentados nos anexos.



Período: RD013, RD023, RD033, RD044, RD058 e RD067 → 2000 a 2018 e RD071 e RD072 → 2008 a 2018.

Figura 5-4 - Concentrações de arsênio em cada estação de monitoramento do rio Doce em Minas Gerais anteriores e posteriores ao rompimento da barragem do Fundão. Fonte dos dados: IGAM.

Dos parâmetros de qualidade de água avaliados, coube ao manganês papel de relevância em relação à frequência de desenquadramentos anteriores e posteriores ao rompimento da barragem do Fundão, conforme denota a Figura 5-5.



Período: RD013, RD023, RD033, RD044, RD058 e RD067 → 2000 a 2018 e RD071 e RD072 → 2008 a 2018.

Figura 5-5 - Concentrações de manganês em cada estação de monitoramento do Rio Doce em Minas Gerais anteriores e posteriores ao rompimento da barragem do Fundão. Fonte dos dados: IGAM.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA	PÁGINA
		<b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	<b>31/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
		<b>N024500-B-1RT008</b>	<b>01</b>

Da Figura 5-5 depreende-se que as concentrações tendem a se reduzir de montante para jusante, atingindo os menores valores na divisa de Minas Gerais com o Espírito Santo (RD067). Na realidade, a relevância do manganês tem-se comprovado pelos sucessivos monitoramentos de qualidade de água realizados em todo estado de Minas Gerais<sup>ix</sup>. Em 2017, este metal apresentou-se como terceiro parâmetro mais frequente nas violações de enquadramento registradas para os cursos d'água de classes 1, 2 e 3, com mais 30% (o ferro foi o segundo com 36%), para o qual a mencionada concentração máxima permissível de 0,10 mg/L coincide com a estabelecida pelo padrão de potabilidade vigente. Ou seja, nas desconformidades verificadas em 2017 nas 580 estações de monitoramento do Estado, o manganês fez-se presente em 30% das mesmas. Tal prevalência provavelmente deve-se às formações geológicas naturais do Estado e contínuo processo de intemperismo do solo. Mesmo em São Paulo, cujas atividades de mineração são menos proeminentes, o manganês mostrou-se como o quinto parâmetro mais relevante presente em 31% das violações em 2017, registradas nas 461 estações de monitoramento de qualidade de água no Estado<sup>x</sup>.

O manganês nas concentrações comumente encontradas nas águas do rio Doce não apresenta significado sanitário<sup>xi</sup> e os inconvenientes são de natureza estética e, em concentrações elevadas, de sabor adstringente. Concentrações superiores a 0,05 mg/L na água tratada podem favorecer o aparecimento de manchas em vestes e aparelhos sanitários.

As técnicas de remoção de manganês balizam-se predominantemente na perspectiva de oxidação do metal e posterior precipitação. Neste viés, a oxidação e a clarificação – como junção das etapas de coagulação, floculação e sedimentação ou flotação –, complementadas pela filtração em meio granular, expressam-se como as técnicas mais comumente empregadas para tal fim. Esta tecnologia de potabilização faz-se presente na totalidade das estações de tratamento para as quais aflui água do rio Doce.

O menor número de desconformidades do ferro dissolvido em relação ao manganês evidencia-se na Figura 5-6.

<sup>ix</sup> IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas) – Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais de Minas Gerais em 2017, Resumo Executivo, 190 p., março, 2018.

<sup>x</sup> CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) – *Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo em 2017*, Série Relatórios, 303 p., 2018.

<sup>xi</sup> Concentrações elevadas podem provocar distúrbios de natureza psicológica e neurológica.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>32/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

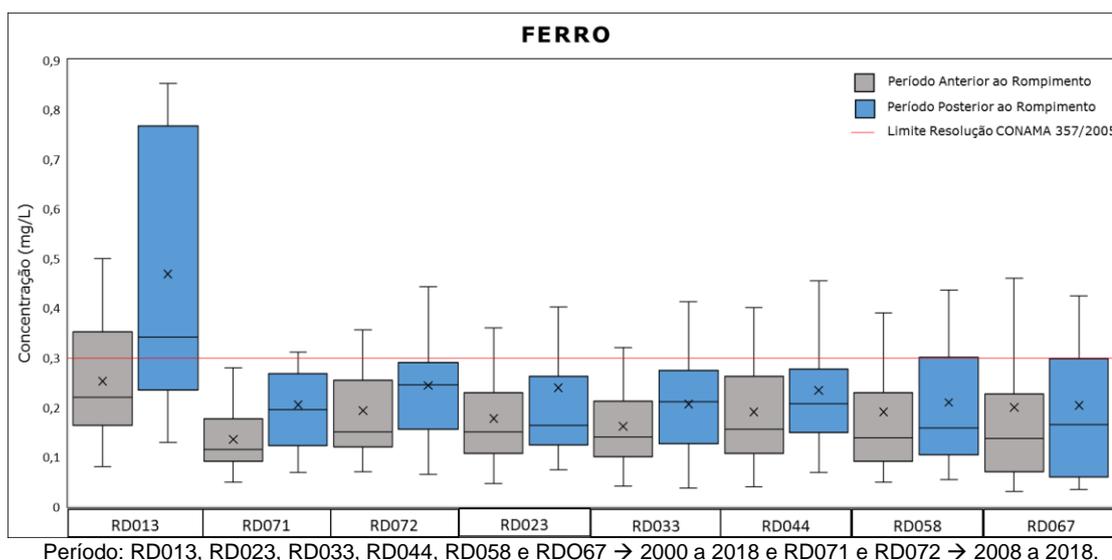


Figura 5-6 - Concentrações de ferro dissolvido em cada estação de monitoramento do Rio Doce em Minas Gerais anteriores e posteriores ao rompimento da barragem do Fundão.

Diferentemente do manganês, pelo exame da Figura 5-6, não se nota redução das concentrações ao longo da porção mineira do rio Doce (de montante para jusante). Em contrapartida, as desconformidades com os limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 são significativamente inferiores.

Cabe mencionar que a remoção de ferro pode se efetuar por aeração, para favorecer a oxidação à forma insolúvel, coagulação ou pré-desinfecção com compostos de cloro. Na estação de tratamento de água, a oxidação do ferro comumente conduz à formação do precipitado de hidróxido de ferro, de fácil sedimentabilidade ou retenção no meio filtrante. Por outro lado, as formas de dióxido de manganês decorrentes da oxidação deste metal apresentam-se como flocos muito pequenos de menor sedimentabilidade e passíveis de mais facilmente não serem retidos no meio filtrante. Atenua esta característica a possibilidade dos flocos de hidróxido de ferro envolverem os flocos de dióxido de manganês favorecendo a remoção dos últimos<sup>xii</sup>.

Para sintetizar algumas das informações apresentadas, elaborou-se a Figura 5-7 na qual se apresentam, para alguns parâmetros de qualidade de água monitorados nas seis estações de monitoramento da calha do rio Doce em Minas Gerais, os percentuais de atendimento aos requisitos da Resolução CONAMA nº 357/2005 nos períodos anterior e posterior ao rompimento da barragem do Fundão.

<sup>xii</sup> Libânio, M. – Características químicas das águas naturais in: Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água, 4ª Ed., Átomo, Campinas, 640 p., 2016.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>33/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

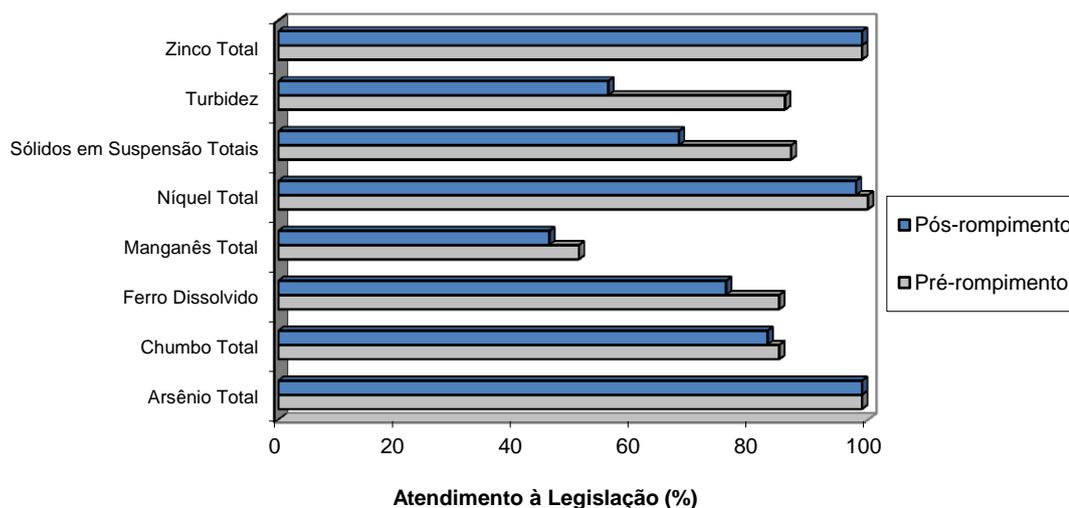


Figura 5-7- Percentuais de atendimento à Resolução CONAMA nº 357 das águas do rio Doce anterior e posteriormente ao rompimento da barragem do Fundão.

Aliada à mencionada frequência de desconformidade do manganês, evidencia-se pela Figura 5-7 o aumento da frequência de violações decorrente da concentração de sólidos suspensos e, conseqüentemente, turbidez. Contudo, além dos aspectos estéticos e de saúde pública<sup>xiii</sup>, a magnitude da turbidez impacta a tratabilidade, menos pela dificuldade de remoção – é relativamente comum a adequação ao padrão de potabilidade de águas naturais com turbidez superior a 2.000 uT<sup>xiv</sup>, em estações de tratamento bem operadas – e mais pelo maior dispêndio de coagulantes e pela produção de lodo.

#### 5.4.2 Análise regional da variância dos dados de qualidade de água

Para os dados gerados em Minas Gerais, realizaram-se testes de hipóteses de Levene para as oito estações de monitoramento (seis da calha do rio Doce e duas nos cursos d'água que o formam). Tais testes contemplaram dez parâmetros: alumínio dissolvido, arsênio total, cádmio, chumbo total, cromo total, ferro dissolvido, manganês total, mercúrio total, níquel total e zinco total. Todavia, para o alumínio não foi possível a aplicação do teste para as estações RD071, RD072, RD058 e RD067 devido à ausência de dados. Para o cádmio (estação RD013), o cromo (estações RD071 e RD072) e o mercúrio (todas estações), não foi possível a aplicação do teste pois todos os resultados se

<sup>xiii</sup> Água filtrada com baixa turbidez (< 1,0 uT) torna desinfecção mais exitosa e favorece também a remoção de cistos e oocistos de protozoários, sabidamente mais resistentes à ação do cloro.

<sup>xiv</sup> Quando a mencionada ETA Central de Governador Valadares voltou a operar em 15/11/2015, após paralisação de oito dias, a turbidez das águas do Rio Doce era da ordem de 2.600 uT.

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>34/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

apresentaram abaixo do limite de detecção e, portanto, iguais. Dessa forma, foram efetuados 63 testes de Levene para os parâmetros supracitados.

Posteriormente, realizaram-se 36 testes de Levene para sólidos dissolvidos totais (SDT), sólidos suspensos totais (SST), sólidos totais (ST) e turbidez para as dez estações de monitoramento, sendo que para as duas no Espírito Santo apenas para os dois últimos parâmetros de qualidade de água. Assim, realizaram-se no total 99 testes, 63 dos quais para os metais e metais-traço mencionados referentes às estações de monitoramento de qualidade de água em Minas Gerais.

Para apenas três dos 63 testes de Levene foi rejeitada a hipótese nula de igualdade da variância entre os dados de qualidade de água anteriores e posteriores ao rompimento da Barragem do Fundão, dois testes para arsênio (nas estações RD013 e RD071) e um para ferro dissolvido (RD013). Para os demais testes, no nível de significância de 5%, não se verificou alteração estatisticamente significativa na variância dos dados de qualidade anteriores e posteriores ao rompimento. Cabe salientar que as duas mencionadas estações de monitoramento (RD013 e RD071) se localizam fora da área impactada pelo rompimento da Barragem do Fundão.

Uma análise mais detalhada dos resultados dos testes de Levene foi realizada visando avaliar eventuais alterações na variância dos parâmetros de qualidade de água ao longo da calha do rio Doce, conforme denotado na Tabela 5-7. Para elaborá-la, dividiu-se o rio Doce em quatro trechos: Alto, dos formadores do rio Doce a Ipatinga (compreendendo as estações de monitoramento RD013, RD071, RD072 e RD023); Intermediário I, de Ipatinga a Governador Valadares (RD33 e RD044); Intermediário II, de Governador Valadares a Usina Hidrelétrica Mascarenhas (RD058 e RD067); e Baixo, de Mascarenhas a Linhares (RDC1C005 e RDC1C025).

Tabela 5-7 - Síntese dos resultados dos testes de hipótese de Levene\* ao longo do rio Doce.

Trecho do Rio Doce	Metais-traço	Ferro, Alumínio e Manganês	Sólidos
Alto	As, Pb, Ni, Zn	Fe, Al, Mn	SDT, SST, ST, Turbidez
Intermediário I	As, Pb, Ni, Zn	Fe, Al, Mn	SDT, SST, ST, Turbidez
Intermediário II	As, Pb, Ni, Zn	Fe, Al, Mn	SDT, SST, ST, Turbidez
Baixo	As, Pb, Ni, Zn	Fe, Al, Mn	ST, Turbidez

Onde: Alumínio (Al), arsênio (As), chumbo total (Pb), ferro dissolvido (Fe), manganês total (Mn), níquel total (Ni) e zinco total (Zn).

\*Em vermelho, os parâmetros para os quais houve alteração na variância; em azul os parâmetros para quais não houve alteração e em preto quando não havia dados disponíveis.

Na Tabela 5-7 evidencia-se a tendência de melhora da qualidade das águas do rio Doce de montante para jusante no que tange às concentrações de metais e metais-traço avaliados. Os efeitos do

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	 <b>FUNDAÇÃO renova</b>
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089 RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>35/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

rompimento da barragem do Fundão parecem ainda se manifestar nas concentrações de sólidos, provavelmente devido ao revolvimento dos sedimentos.

#### 5.4.3 Análise local comparativa dos dados anteriores e posteriores ao rompimento

São apresentados, a seguir, os resultados da porção capixaba ou local obtidos nas análises comparativas dos parâmetros físicos (turbidez e sólidos dissolvidos totais), parâmetros físico-químicos (condutividade elétrica e pH) e para a concentração de fósforo total (P total), entre o período de 2006 a 03/2015, período anterior à passagem da pluma de rejeitos pelo rio Doce, e o período de 11/2015 a 07/2018, posterior à passagem da pluma de rejeitos. Vale ressaltar, como apresentado na Tabela 5-5 e Tabela 5-6, que a AGERH não disponibiliza dados sobre a concentração de metais.

Para cada parâmetro, o gráfico à esquerda (A) representa os anos hidrológicos completos, enquanto o da direita (B) apresenta os períodos de chuva dos anos pareados, que vai de novembro de um ano a março do ano seguinte (exemplo: NOV2011/MAR2012). Para os anos de 2006 a 2008 são apresentados somente dados dos períodos de chuva dentro do ano, uma vez que foram esses os dados disponibilizados. O período 03/2015 foi analisado separadamente do período de chuva de 2015/2016 (novembro de 2015 a março de 2016) com objetivo de separar o período de chuva de 2015 antes da passagem da pluma de rejeito (03/2015) com o período posterior a passagem da pluma (a partir de novembro de 2015).

Para todos os parâmetros a seguir são apresentados dois gráficos do tipo *box-plot*. É apresentado, no canto superior esquerdo de cada gráfico, o resultado da análise estatística de Kruskal-Wallis, que visa identificar possíveis diferenças significativas na variância entre os anos ou entre os períodos de chuva. Quanto maior o valor da análise e quanto menor o valor de p, maior é a diferença entre os conjuntos de dados.

Após a apresentação dos gráficos com a análise de Kruskal-Wallis, são apresentadas figuras com as matrizes de comparações múltiplas entre os valores de Z', obtidos para as comparações caso a caso (ano a ano, período a período). Nas matrizes, os valores em vermelho demonstram que há diferença entre aquele ano ou período.

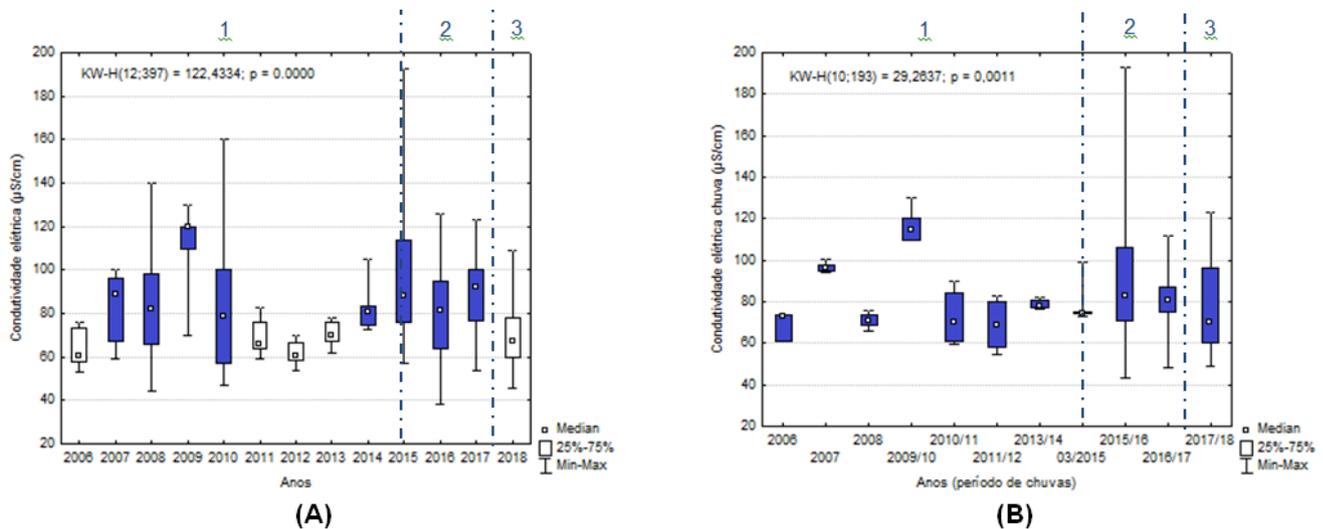
- **Condutividade elétrica**

A condutividade reflete a capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Ela depende de fatores como as concentrações iônicas e a temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, sendo assim uma medida indireta da concentração de poluentes. Valores de

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>36/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

condutividade acima de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam ambientes impactados. A condutividade também indica modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral. Ela aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Altos valores podem indicar características corrosivas da água<sup>xv</sup>.

A Figura 5-8 apresenta os gráficos *box-plot* com valores de condutividade elétrica para os anos completos (A) e para os períodos de chuva (B).



AGERH (06/2006 a 03/2015); (2) IEMA (11/2015 a 07/2017); (3) PMQQS (08/2017 a 07/2018).

Figura 5-8 - Gráficos *box-plot* com os valores de condutividade elétrica para os anos hidrológicos (A) e para os períodos de chuvas de anos subsequentes (B).

As análises demonstraram haver diferenças significativas entre as séries históricas, tanto na comparação entre os anos (Figura 5-8 B), sendo essas diferenças mais fortes entre os anos do que entre os períodos de chuva, como pode ser verificado pelos valores de KW-H. A Figura 5-9 apresenta a matriz de comparação múltipla para os valores de Z', entre cada ano (A) e entre cada período de chuvas (B).

<sup>xv</sup> CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Série Relatórios – Apêndice A. Governo do Estado De São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente. 40 p. 2008.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abstração:	Corporativa		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>37/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Multiple Comparisons z' values; Condutividade (Pretéritos)													
Independent (grouping) variable: Cod Data													
Kruskal-Wallis test: H ( 12, N= 397) =122.4334 p=0,000													
Depend.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Condutividade	R:93,125	R:214,10	R:215,08	R:354,07	R:193,77	R:128,53	R:74,824	R:140,75	R:221,39	R:270,62	R:202,67	R:262,68	R:135,34
1		2,222584	2,501266	<b>5,194263</b>	1,951865	0,719632	0,371997	0,958491	2,630588	<b>3,985263</b>	2,590006	<b>3,917907</b>	0,989816
2			0,021728	2,987818	0,421226	1,871203	3,045609	1,585723	0,161054	1,389488	0,299051	1,236460	2,040354
3				<b>3,464507</b>	0,510326	2,230320	<b>3,614213</b>	1,885360	0,164854	1,698356	0,419604	1,537387	2,651038
4					<b>3,686538</b>	<b>5,548393</b>	<b>6,869600</b>	<b>5,172535</b>	3,307325	2,393690	<b>4,738126</b>	2,749349	<b>6,746571</b>
5						1,543128	2,813443	1,364536	1,649458	<b>3,776695</b>	<b>5,870988</b>	<b>4,220472</b>	<b>5,935950</b>
6							1,364536	0,305755	2,392802	<b>4,260571</b>	2,447586	<b>4,238943</b>	0,221290
7								1,649458	<b>3,776695</b>	<b>5,870988</b>	<b>4,220472</b>	<b>5,935950</b>	1,965768
8									2,045291	<b>3,812047</b>	1,992298	<b>3,762931</b>	0,171338
9										1,505511	0,632815	1,333720	2,860669
10											3,098699	0,333907	<b>5,984888</b>
11												3,119025	<b>3,785473</b>
12													<b>6,364780</b>
13													

(A)

Multiple Comparisons z' values; Cond chuva (Pretéritos)											
Independent (grouping) variable: Cod Chuva											
Kruskal-Wallis test: H ( 10, N= 193) =29,26373 p=,0011											
Depend.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cond chuva	R:58,000	R:145,30	R:61,125	R:174,50	R:76,375	R:63,050	R:96,833	R:86,100	R:107,93	R:92,429	R:82,784
1		2,140060	0,073249	2,949525	0,430705	0,137338	0,983175	0,688840	1,519265	0,998607	0,746856
2			2,246405	0,863293	1,839423	2,688354	1,432909	1,675725	1,450218	1,902130	2,388230
3				3,144373	0,386097	0,058252	0,990345	0,666516	1,634440	1,027246	0,746775
4					2,721425	<b>3,863730</b>	2,408277	2,613531	2,813042	3,173997	<b>3,804328</b>
5							0,403222	0,567397	0,259534	1,101901	0,526808
6								1,171195	0,753393	2,392021	1,368896
7									0,317329	0,468886	0,170348
8										0,847126	0,227680
9											1,128776
10											
11											

(B)

Figura 5-9 - Matriz de comparação múltipla para os valores de Z', para as comparações entre anos (A) e entre períodos de chuva (B), relativa aos valores de condutividade elétrica. Valores em vermelho representam diferenças significativas.

Ao analisar a Figura 5-8 A e a Figura 5-9 A, observa-se que o ano de 2015 apresenta valores de condutividade elétrica estatisticamente semelhantes aos registrados para os anos de 2007 a 2010 e aos anos de 2014, 2016 e 2017, mas diferentes aos anos de 2006, 2011 a 2013 e 2018. Assim, não se verifica uma distinção estatística evidente entre os anos anteriores e posteriores à passagem da pluma de rejeitos. Além disso, o ano de 2018 mostra valores semelhantes aos registrados para os anos de 2011 a 2013 (Tabela 5-8).

Ao comparar os períodos de chuva (Figura 5-8 B e Figura 5-9 B), observa-se que eles são iguais em quase todos os anos, exceto para o período 2009/2010, que apresentou diferenças significativas para os períodos 2011/2012 e 2017/2018. Mesmo o período de chuvas de 2015/2016, referente à passagem da pluma de rejeitos, não apresentou diferenças significativas com os demais períodos, apesar da maior variação nos valores e das maiores máximas registradas.

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>38/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Tabela 5-8 - Estatística descritiva para os valores de condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) na porção capixaba do rio Doce (jusante ao reservatório de Mascarenhas), entre os anos de 2006 a 2018.

Ano	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	Desvio padrão
2006	8,00	63,99	60,60	53,00	76,00	8,85
2007	10,00	82,62	94,60	59,40	100,20	16,08
2008	18,00	87,36	81,80	44,00	140,00	29,26
2009	15,00	115,33	120,00	70,00	130,00	14,07
2010	13,00	83,50	78,50	47,00	160,00	32,55
2011	17,00	69,02	65,80	59,40	82,60	7,14
2012	17,00	61,92	60,20	53,90	69,70	4,89
2013	16,00	70,65	69,80	62,00	77,90	4,92
2014	18,00	81,40	80,60	72,80	105,10	7,94
2015	39,00	98,09	88,00	57,30	192,70	28,75
2016	92,00	80,43	81,50	38,00	126,00	21,51
2017	58,00	91,05	92,50	54,00	123,00	15,64
2018	76,00	70,07	67,50	46,00	109,00	15,76

Para o trecho mineiro do rio Doce, o monitoramento de qualidade das águas superficiais do IGAM analisou o comportamento geral dos trechos impactados pelo rompimento da barragem e observou uma elevação ao longo dos meses imediatamente após o rompimento e uma redução em 2018 considerando os seis primeiros meses dos dados utilizados no presente estudo (base de dados limitada à validação do CIF)<sup>xvi</sup>. Condição esta semelhante à observada para a porção capixaba do rio Doce.

- **Turbidez**

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, pela presença de sólidos em suspensão, como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral, etc. Entre os fatores que promovem o aumento da turbidez está a erosão das margens dos rios em estações chuvosas, além dos esgotos sanitários e diversos efluentes industriais<sup>xvii</sup>.

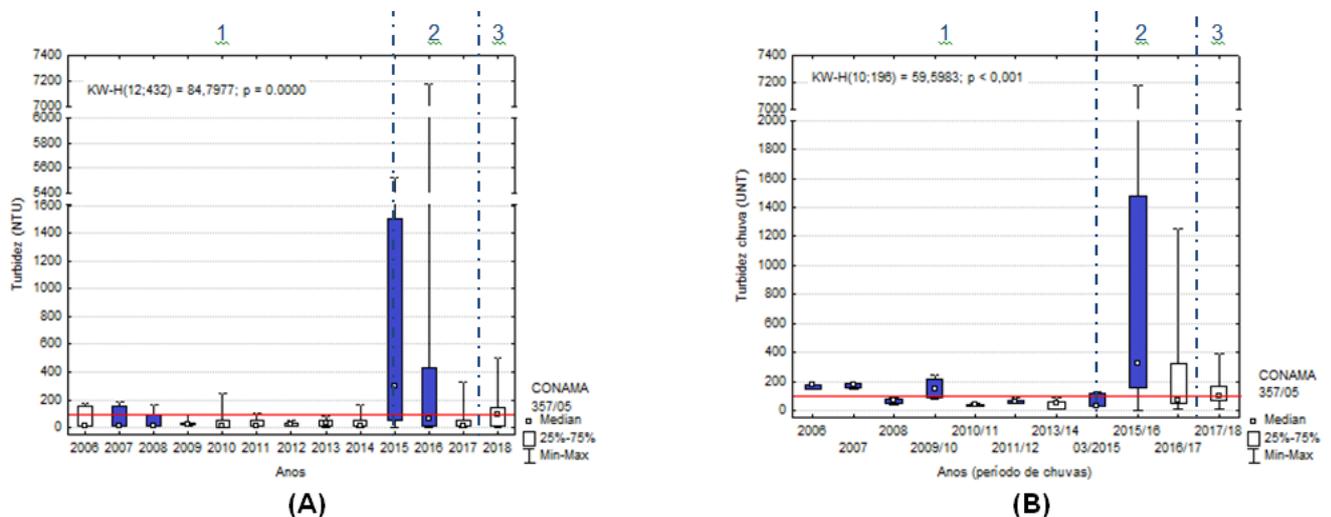
<sup>xvi</sup> IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas). Encarte especial sobre a qualidade das águas do Rio Doce após 3 anos do rompimento da Barragem de Fundão: 2015-2018. 64 p. Belo Horizonte, 2018.

<sup>xvii</sup> CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Série Relatórios – Apêndice A. Governo do Estado De São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente. 40 p. 2008.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>39/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

A turbidez é um parâmetro que a partir do qual se permite avaliar, de forma indireta, a concentração de material particulado em suspensão na água, parâmetro esse diretamente associado à passagem da pluma de rejeitos.

Com relação à turbidez da água (Figura 5-10, Figura 5-11 e Tabela 5-9), os resultados demonstram a passagem da pluma de rejeitos nos anos de 2015 e 2016, e no período de chuvas 2015/2016, com valores muito acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (100 uT). No entanto, tanto para os anos (2017 e 2018), quanto para os períodos de chuvas posteriores ao rompimento (2016/17 e 2017/18), os valores de turbidez são significativamente menores. Esses valores, apesar de ainda estarem elevados e acima do limite aplicável na referida legislação, apresentam uma tendência de redução, sinalizando o retorno às condições anteriores à passagem da pluma de rejeito, principalmente no ano de 2017.



AGERH (06/2006 a 03/2015); (2) IEMA (11/2015 a 07/2017); (3) PMQQS (08/2017 a 07/2018).

Figura 5-10- Gráficos *box-plot* com os valores de turbidez para os anos hidrológicos (A) e para os períodos de chuvas de anos subsequentes (B).

De acordo com o IGAM<sup>xviii</sup>, para o trecho mineiro do rio Doce, no primeiro ano após o rompimento observou-se um aumento expressivo da turbidez, seguido por uma redução em 2017 e um novo aumento em 2018, tanto no período seco, quanto no período chuvoso. Esses resultados em Minas Gerais vão ao encontro dos obtidos para a porção capixaba do rio Doce. Ainda, segundo o referido instituto, aconteceu uma piora no 1º trimestre de 2018 que pode ser explicada pelo comportamento sazonal dos resultados, uma vez que a grande maioria das violações foi registrada no período

<sup>xviii</sup> IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas). Encarte especial sobre a qualidade das águas do Rio Doce após 3 anos do rompimento da Barragem de Fundão: 2015-2018. 64 p. Belo Horizonte, 2018.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>40/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

chuvoso, conforme esperado, para os períodos avaliados<sup>xix</sup>. No período chuvoso, pode haver maior erosão do solo e carreamento de sedimentos para as águas dos rios, oriundos do leito, das margens e da bacia do entorno.

Multiple Comparisons z' values; turbidez (Pretéritos)													
Independent (grouping) variable: Cod													
Kruskal-Wallis test: H ( 12, N= 432) =84,79767 p =.0000													
Depend.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
turbidez	R:153,94	R:205,17	R:193,65	R:205,50	R:135,88	R:173,97	R:158,32	R:169,41	R:140,08	R:320,24	R:255,51	R:163,41	R:239,70
1		0,937236	0,707915	0,963248	0,334104	0,374242	0,081936	0,286127	0,261144	3,497998	2,210672	0,204660	1,839251
2	0,937236		0,243346	0,007537	1,544225	0,705342	1,059122	0,796952	1,491075	3,130786	1,452196	1,188594	0,970980
3	0,707915	0,243346		0,257524	1,239385	0,427895	0,768047	0,520123	1,178848	3,256697	1,676286	0,809993	1,219873
4	0,963248	0,007537	0,257524		1,601023	0,736258	1,101640	0,829974	1,549244	3,273344	1,522092	1,262239	1,011737
5	0,334104	1,544225	1,239385	1,601023		0,876006	0,516203	0,759626	0,098101	5,141103	3,548397	0,805376	2,997050
6	0,374242	0,705342	0,427895	0,736258	0,876006		0,365382	0,104957	0,802542	4,172827	2,481805	0,316646	1,944390
7	0,081936	1,059122	0,768047	1,101640	0,516203	0,365382		0,254846	0,431977	4,619212	2,958081	0,152622	2,407237
8	0,286127	0,796952	0,520123	0,829974	0,759626	0,104957	0,254846		0,683548	4,206069	2,553814	0,175296	2,029152
9	0,261144	1,491075	1,178848	1,549244	0,098101	0,802542	0,431977	0,683548		5,249548	3,599253	0,716263	3,014745
10	3,497998	3,130786	3,256697	3,273344	5,141103	4,172827	4,619212	4,206069	5,249548		2,972944	6,967634	3,473257
11	2,210672	1,452196	1,676286	1,522092	3,548397	2,481805	2,958081	2,553814	3,599253	2,972944		4,872528	0,801943
12	0,204660	1,188594	0,809993	1,262239	0,805376	0,316646	0,152622	0,175296	0,716263	6,967634	4,872528		3,719213
13	1,839251	0,970980	1,219873	1,011737	2,997050	1,944390	2,407237	2,029152	3,014745	3,473257	0,801943	3,719213	

(A)

Multiple Comparisons z' values; Turbidez chuva (Pretéritos)											
Independent (grouping) variable: Cod chuva											
Kruskal-Wallis test: H ( 10, N= 196) =59,59834 p =.0000											
Depend.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Turbidez chuva	R:106,33	R:109,60	R:58,750	R:102,50	R:32,700	R:55,600	R:41,083	R:52,000	R:129,28	R:83,069	R:82,108
1		0,078856	1,186313	0,088481	1,971936	1,224682	1,626766	1,311585	0,688726	0,676247	0,711424
2	0,078856		1,480419	0,186587	2,475114	1,505197	1,994757	1,605543	0,754132	0,965891	1,017174
3	1,186313	1,480419		1,194849	0,889309	0,091707	0,539442	0,196516	2,944615	0,955906	0,935641
4	0,088481	0,186587	1,194849		2,079940	1,232526	1,677341	1,327133	0,922960	0,642240	0,683008
5	1,971936	2,475114	0,889309	2,079940		0,737063	0,286195	0,621192	5,095961	2,421359	2,443879
6	1,224682	1,505197	0,091707	1,232526	0,737063		0,422630	0,100346	2,823496	1,000038	0,980775
7	1,626766	1,994757	0,539442	1,677341	0,286195	0,422630		0,317822	3,682205	1,650330	1,643304
8	1,311585	1,605543	0,196516	1,327133	0,621192	0,100346	0,317822		2,961453	1,131099	1,113972
9	0,688726	0,754132	2,944615	0,922960	5,095961	2,823496	3,682205	2,961453		3,793724	4,229624
10	0,676247	0,965891	0,955906	0,642240	2,421359	1,000038	1,650330	1,131099	3,793724		0,068299
11	0,711424	1,017174	0,935641	0,683008	2,443879	0,980775	1,643304	1,113972	4,229624	0,068299	

(B)

Figura 5-11 - Matriz de comparação múltipla para os valores de Z', para as comparações entre anos (A) e entre períodos de chuva (B), relativa aos valores de turbidez. Valores em vermelho representam diferenças significativas.

Tabela 5-9 - Estatística descritiva para os valores de turbidez (uT) na porção capixaba do rio Doce (jusante ao reservatório de Mascarenhas), entre os anos de 2006 a 2018.

Ano	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	Desvio padrão
2006	8,00	66,59	8,00	7,42	176,00	81,78
2007	10,00	14,70	15,00	9,00	21,00	3,53
2008	18,00	92,00	82,00	8,00	185,00	75,34
2009	17,00	35,24	24,00	13,00	90,00	24,40

<sup>xix</sup> Idem.

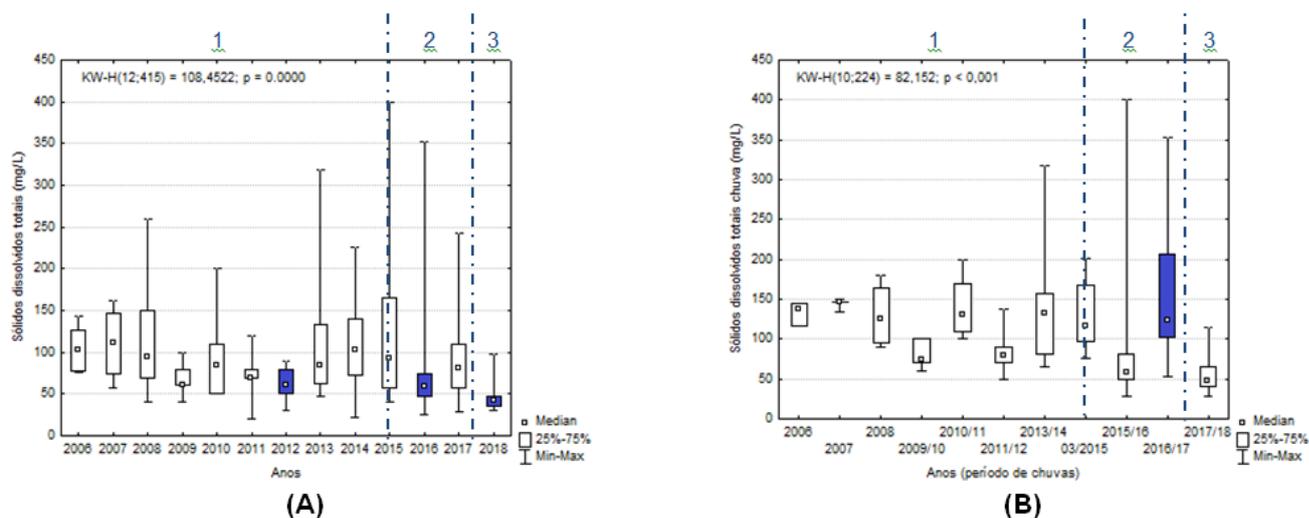
Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>41/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Ano	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	Desvio padrão
2010	16,00	45,06	10,50	4,00	242,00	70,45
2011	17,00	35,24	14,00	7,00	101,00	31,59
2012	17,00	23,29	20,00	8,00	50,00	13,01
2013	16,00	34,81	28,65	5,86	87,30	26,43
2014	18,00	35,74	9,90	4,42	164,00	44,29
2015	50,00	1065,76	299,50	3,75	5520,00	1315,76
2016	96,00	637,75	65,00	5,02	7180,00	1583,84
2017	80,00	39,74	13,00	3,70	326,00	56,30
2018	69,00	111,15	89,90	5,70	504,00	129,28

- **Sólidos dissolvidos totais**

A concentração de sólidos dissolvidos totais é um indicativo direto da presença de partículas na água.

Com relação aos sólidos dissolvidos totais (Figura 5-12, Figura 5-13 e Tabela 5-10), todos os valores permaneceram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (500 mg/L). Para esse parâmetro, não fica evidenciado o efeito da passagem da pluma de rejeitos, uma vez que os valores registrados para o ano de 2015 e para o período de 2015/2016 são estatisticamente semelhantes aos anteriores à passagem da pluma de rejeitos.



AGERH (06/2006 a 03/2015); (2) IEMA (11/2015 a 07/2017); (3) PMQQS (08/2017 a 07/2018).

Figura 5-12 - Gráficos *box-plot* com os valores de sólidos dissolvidos totais para os anos hidrológicos (A) e para os períodos de chuvas de anos subsequentes (B).

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>42/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Depend.:		Multiple Comparisons z' values; Sólidos totais (Pretéritos)												
		Independent (grouping) variable: Código												
		Kruskal-Wallis test: H ( 12, N= 415) =108,4522 p =,0000												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sólidos totais	R:302,44	R:295,43	R:283,42	R:191,91	R:234,53	R:201,74	R:151,71	R:259,84	R:283,39	R:269,11	R:164,72	R:237,32	R:67,196	
1		0,133384	0,373202	2,149229	1,307462	1,958206	2,931053	0,820097	0,373747	0,733422	3,154107	1,439500	4,892218	
2	0,133384		0,286569	2,436385	1,412787	2,205187	3,382632	0,825596	0,287231	0,751901	4,001169	1,672637	5,946976	
3	0,373202	0,286569		2,255750	1,186195	2,013583	3,246893	0,571992	0,000695	0,438219	3,940390	1,424435	5,966953	
4	2,149229	2,436385	2,255750		1,020130	0,238779	0,977280	1,626004	2,255065	2,314332	0,880224	1,372627	3,381715	
5	1,307462	1,412787	1,186195	1,020130		0,784996	1,982489	0,596898	1,185521	1,012864	2,199633	0,082305	4,451628	
6	1,958206	2,205187	2,013583	0,238779	0,784996		1,216059	1,390871	2,012899	2,019836	1,198198	1,075669	3,648085	
7	2,931053	3,382632	3,246893	0,977280	1,982489	1,216059		2,588363	3,246208	3,519650	0,421186	2,588021	2,291514	
8	0,820097	0,825596	0,571992	1,626004	0,596898	1,390871	2,588363		0,571318	0,271446	2,997164	0,665026	5,125020	
9	0,373747	0,287231	0,000695	2,255065	1,185521	2,012899	3,246208	0,571318		0,437368	3,939468	1,423577	5,966186	
10	0,733422	0,751901	0,438219	2,314332	1,012864	2,019836	3,519650	0,271446	0,437368		5,393783	1,401657	7,228643	
11	3,154107	4,001169	3,940390	0,880224	2,199633	1,198198	0,421186	2,997164	3,939468	5,393783		3,846672	3,910324	
12	1,439500	1,672637	1,424435	1,372627	0,082305	1,075669	2,588021	0,665026	1,423577	1,401657	3,846672		6,163474	
13	4,892218	5,946976	5,966953	3,381715	4,451628	3,648085	2,291514	5,125020	5,966186	7,228643	3,910324	6,163474		

(A)

Depend.:		Multiple Comparisons z' values; Sólidos totais chuva (Pretéritos)										
		Independent (grouping) variable: Código chuva										
		Kruskal-Wallis test: H ( 10, N= 224) =82,15195 p =,0000										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Sólidos totais chuva	R:178,33	R:186,50	R:170,13	R:122,17	R:177,63	R:124,07	R:167,58	R:167,40	R:92,500	R:172,09	R:59,571	
1		0,172552	0,165833	1,225657	0,014310	1,323971	0,234584	0,231009	2,264892	0,159453	3,016555	
2	0,172552		0,376661	1,639365	0,204144	1,865553	0,482041	0,465992	3,175591	0,462259	4,034055	
3	0,165833	0,376661		1,146423	0,163663	1,262939	0,060757	0,062681	2,355295	0,057282	3,191407	
4	1,225657	1,639365	1,146423		1,325708	0,060693	1,213811	1,152652	1,093374	1,731691	2,146999	
5	0,014310	0,204144	0,163663	1,325708		1,468592	0,240042	0,235197	2,582860	0,160936	3,407913	
6	1,323971	1,865553	1,262939	0,060693	1,468592		1,390089	1,294831	1,775183	2,368281	3,110237	
7	0,234584	0,482041	0,060757	1,213811	0,240042	1,390089		0,004672	2,767219	0,156441	3,704778	
8	0,231009	0,465992	0,062681	1,152652	0,235197	1,294831	0,004672		2,530338	0,150610	3,427017	
9	2,264892	3,175591	2,355295	1,093374	2,582860	1,775183	2,767219	2,530338		6,150741	2,413098	
10	0,159453	0,462259	0,057282	1,731691	0,160936	2,368281	0,156441	0,150610	6,150741		6,709535	
11	3,016555	4,034055	3,191407	2,146999	3,407913	3,110237	3,704778	3,427017	2,413098	6,709535		

(B)

Figura 5-13. Matriz de comparação múltipla para os valores de Z', para as comparações entre anos (A) e entre períodos de chuva (B), relativa aos valores de sólidos dissolvidos totais. Valores em vermelho representam diferenças significativas.

Tabela 5-10 Estatística descritiva para as concentrações de sólidos dissolvidos totais (mg/L) na porção capixaba do rio Doce (jusante ao reservatório de Mascarenhas), entre os anos de 2006 a 2018.

Ano	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	Desvio padrão
2006	8,00	104,25	103,00	76,00	144,00	27,16
2007	10,00	91,20	93,00	57,00	162,00	31,85
2008	23,00	120,57	100,00	40,00	260,00	52,94
2009	17,00	68,82	60,00	40,00	100,00	16,54
2010	16,00	90,00	85,00	50,00	200,00	41,63
2011	17,00	71,76	70,00	20,00	120,00	25,55
2012	17,00	60,59	60,00	30,00	90,00	18,53
2013	16,00	107,38	84,00	48,00	318,00	69,65
2014	18,00	108,78	103,00	22,00	226,00	48,88
2015	54,00	123,63	93,50	41,00	400,00	83,44

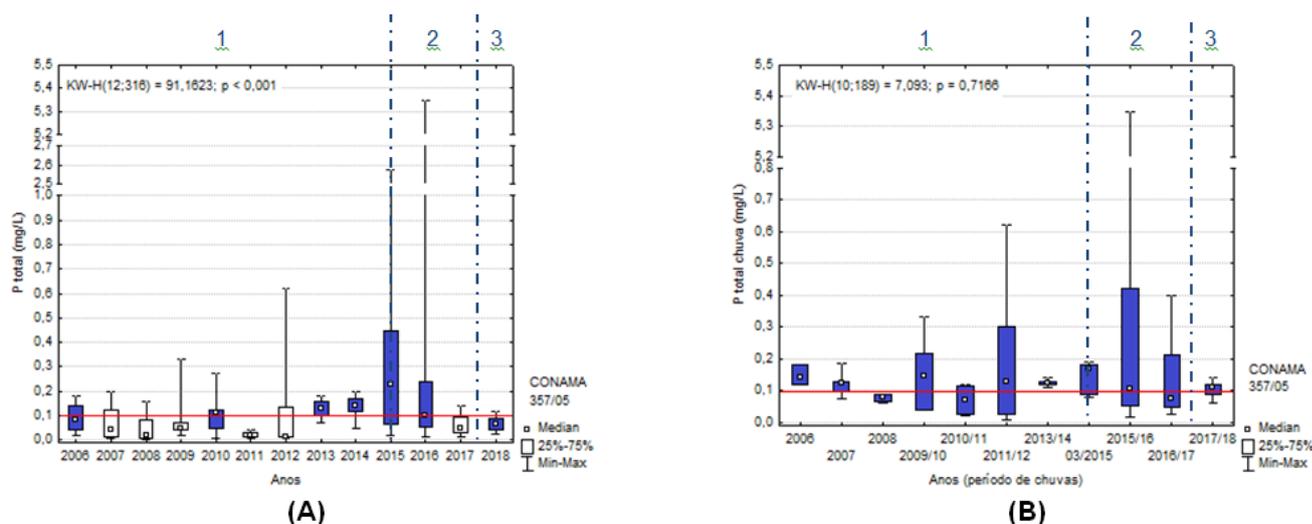
Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>43/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Ano	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	Desvio padrão
2016	133,00	73,80	59,00	25,00	352,40	54,58
2017	58,00	90,98	80,30	29,00	242,00	45,97
2018	28,00	44,32	42,00	31,00	98,00	13,58

- **Fósforo total**

A principal fonte de fósforo em águas naturais é a descarga de esgotos sanitários, devido ao emprego, em grande quantidade, de detergentes superfosfatados nos ambientes domésticos. Além disso, efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios apresentam fósforo em quantidades excessivas. Outras fontes, como as águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais<sup>xx</sup>.

Com relação à concentração de fósforo total foi registrada no período anterior e posterior a passagem da pluma de rejeitos, valores tanto acima quanto abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,1 mg/L) ( Figura 5-14 e Tabela 5-11). Fica evidenciado o efeito da pluma de rejeitos nas concentrações de fósforo total nos anos de 2015 e 2016, assim como no período de chuvas de 2015/16.



AGERH (06/2006 a 03/2015); (2) IEMA (11/2015 a 07/2017); (3) PMQQS (08/2017 a 07/2018).

Figura 5-14 - Gráficos *box-plot* com os valores de fósforo total (P total) para os anos hidrológicos (A) e para os períodos de chuvas de anos subsequentes (B).

<sup>xx</sup> CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Série Relatórios – Apêndice A. Governo do Estado De São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente. 40 p. 2008.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abraçgência:	Corporativa		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>44/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Multiple Comparisons z' values; P total (Pretéritos)													
Independent (grouping) variable: Código													
Kruskal-Wallis test: H ( 12, N= 316) =91,16231 p = 0,000													
Depend.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
P total	R:147,08	R:110,30	R:83,389	R:123,88	R:157,28	R:44,300	R:98,912	R:202,80	R:202,78	R:214,78	R:183,80	R:117,87	R:129,25
1		0,833451	1,478854	0,534761	0,233160	2,328905	1,110310	1,262450	1,293110	1,723409	0,952715	0,708425	0,361415
2			0,842508	0,419650	1,430760	1,978299	0,351859	2,772617	2,895208	<b>3,925872</b>	2,882143	0,257299	0,473755
3				1,310476	2,353823	1,223758	0,502361	<b>3,738411</b>	<b>3,920149</b>	<b>5,295971</b>	<b>4,252349</b>	1,240267	1,181290
4					1,049487	2,458835	0,796812	2,438297	2,553265	<b>3,585241</b>	2,477550	0,212528	0,137025
5						3,440714	1,834133	1,386221	1,449281	2,215653	1,068794	1,367229	0,708532
6							1,687325	<b>4,750916</b>	<b>4,961474</b>	<b>6,405801</b>	<b>5,470268</b>	2,500479	2,123770
7								3,209807	3,361380	<b>4,570126</b>	<b>3,510104</b>	0,670199	0,774475
8									0,000696	0,450213	0,745155	2,886553	1,838768
9										0,483839	0,803810	3,054041	1,893928
10											1,977202	<b>4,513868</b>	2,474009
11													0,309413
12													
13													

Figura 5-15. Matriz de comparação múltipla para os valores de Z', para as comparações entre anos, relativo aos valores de fósforo total (P total). Valores em vermelho representam diferenças significativas.

Ao analisar a Figura 5-14 dois padrões distintos são observados. De acordo com a análise de Kruskal-Wallis, verificam-se diferenças significativas entre os anos, com os anos de 2015 e 2016 apresentando concentrações de fósforo total significativamente maior aos anos anteriores, como 2007, 2008, 2009, 2011 e 2012, mas não aos anos de 2006, 2010, 2013 e 2014 (Figura 5-14 e Figura 5-15). Ao considerar somente os períodos de chuvas, não há diferenças significativas entre eles. Além disso, para ambos os casos, observa-se uma redução nas concentrações de fósforo total nos anos de 2017 – ano estatisticamente diferente aos anos de 2015 e 2016 – e 2018.

Tabela 5-11 - Estatística descritiva para as concentrações de fósforo total (mg/L) na porção capixaba do rio Doce (jusante ao reservatório de Mascarenhas), entre os anos de 2006 a 2018.

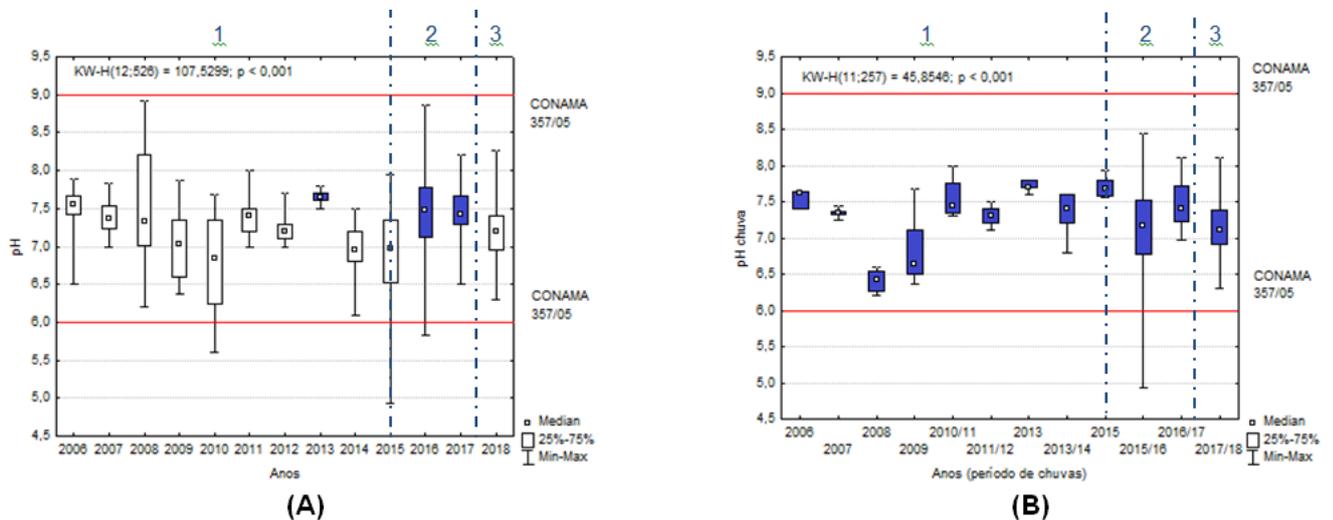
Ano	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	Desvio padrão
2006	8,00	0,07	0,04	0,01	0,18	0,07
2007	10,00	0,06	0,05	0,01	0,20	0,06
2008	21,00	0,06	0,06	0,00	0,19	0,06
2009	17,00	0,08	0,05	0,02	0,33	0,08
2010	16,00	0,10	0,11	0,01	0,27	0,07
2011	15,00	0,02	0,02	0,01	0,04	0,01
2012	17,00	0,13	0,02	0,01	0,62	0,22
2013	15,00	0,13	0,13	0,07	0,18	0,03
2014	18,00	0,14	0,14	0,05	0,20	0,04
2015	55,00	0,38	0,23	0,02	2,58	0,52
2016	89,00	0,41	0,10	0,01	5,35	0,93
2017	27,00	0,06	0,05	0,01	0,14	0,03
2018	8,00	0,07	0,06	0,02	0,12	0,03

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>45/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- **Potencial Hidrogeniônico - pH**

O pH é um parâmetro importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental, por influenciar em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas. Em determinadas condições, o pH pode contribuir para a precipitação de elementos químicos, como metais-traço, ou interferir na solubilidade de nutrientes. Em relação aos padrões legais aplicáveis, a Resolução CONAMA nº 357/05 determina que o valor de pH em águas doces de classe 2 deve estar compreendido no intervalo entre 6 e 9. Dessa forma, verifica-se que, com algumas poucas exceções, os valores permaneceram em acordo com os limites preconizados para o parâmetro avaliado (Figura 5-16 e Tabela 5-12).

O ano de 2015 não apresentou valores significativamente diferentes aos anteriores, exceto 2013. Já os anos de 2016 e 2017 apresentaram valores significativamente maiores aos anteriores, exceto 2013 (Figura 5-16 A e Figura 5-17 A). Com relação aos períodos de chuva, o período 2015/2016 não apresentou valores significativamente diferentes aos demais períodos (Figura 5-16 B e Figura 5-17 B).



AGERH (06/2006 a 03/2015); (2) IEMA (11/2015 a 07/2017); (3) PMQQS (08/2017 a 07/2018).

Figura 5-16 - Gráficos *box-plot* com os valores de pH para os anos hidrológicos (A) e para os períodos de chuvas de anos subsequentes (B).

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>46/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Multiple Comparisons z' values; pH (Pretéritos)													
Independent (grouping) variable: Cod													
Kruskal-Wallis test: H ( 12, N= 526) =107,5299 p =,0000													
Depend.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
pH	R:339,00	R:292,90	R:289,14	R:177,15	R:147,38	R:274,88	R:208,26	R:411,25	R:146,72	R:158,70	R:307,57	R:320,63	R:217,23
1		0,692819	0,772056	2,483776	2,911682	0,983942	2,006249	1,097816	2,977256	3,145425	0,569260	0,329151	2,161767
2	0,692819		0,070784	2,149907	2,664126	0,334646	1,571951	2,166634	2,751051	3,048237	0,355551	0,659830	1,771098
3	0,772056	0,070784		2,178740	2,714656	0,277353	1,573363	2,338323	2,811088	3,180891	0,484787	0,810510	1,815552
4	2,483776	2,149907	2,178740		0,562379	1,874793	0,596910	4,422082	0,591899	0,440117	3,344776	3,603719	0,988679
5	2,911682	2,664126	2,714656	0,562379		2,408547	1,150175	4,910613	0,012500	0,263829	3,998169	4,239388	1,680099
6	0,983942	0,334646	0,277353	1,874793	2,408547		1,277883	2,575913	2,493286	2,771704	0,838226	1,149039	1,421769
7	2,006249	1,571951	1,573363	0,596910	1,150175	1,277883		3,834286	1,197276	1,182464	2,546723	2,822181	0,221224
8	1,097816	2,166634	2,338323	4,422082	4,910613	2,575913	3,834286		5,065479	5,884383	2,587807	2,217299	4,666007
9	2,977256	2,751051	2,811088	0,591899	0,012500	2,493286	1,197276	5,065479		0,292045	4,231450	4,475721	1,780405
10	3,145425	3,048237	3,180891	0,440117	0,263829	2,771704	1,182464	5,884383	0,292045		6,291848	6,478654	2,239065
11	0,569260	0,355551	0,484787	3,344776	3,998169	0,838226	2,546723	2,587807	4,231450	6,291848		0,663311	4,273857
12	0,329151	0,659830	0,810510	3,603719	4,239388	1,149039	2,822181	2,217299	4,475721	6,478654	0,663311		4,571100
13	2,161767	1,771098	1,815552	0,988679	1,680099	1,421769	0,221224	4,666007	1,780405	2,239065	4,273857	4,571100	

(A)

Multiple Comparisons z' values; pH chuva (Pretéritos)												
Independent (grouping) variable: Cod chuva												
Kruskal-Wallis test: H ( 11, N= 257) =45,85458 p =,0000												
Depend.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
pH chuva	R:194,33	R:146,80	R:20,000	R:70,083	R:183,13	R:137,80	R:221,20	R:148,92	R:218,40	R:118,68	R:166,24	R:113,46
1		0,875615	3,070692	2,363881	0,197423	1,155335	0,494913	0,864061	0,443334	1,741284	0,627609	1,834966
2	0,875615		2,542888	1,704387	0,728473	0,221053	1,582549	0,047025	1,522991	0,828948	0,545880	0,960115
3	3,070692	2,542888		1,043790	3,103486	2,678709	4,034929	2,686760	3,978777	2,611747	3,721723	2,427964
4	2,363881	1,704387	1,043790		2,355908	1,764109	3,357305	1,836897	3,295099	1,562633	2,921174	1,357372
5	0,197423	0,728473	3,103486	2,355908		1,030666	0,763568	0,712938	0,707416	1,705874	0,429847	1,809637
6	1,155335	0,221053	2,678709	1,764109	1,030666		2,048423	0,289604	1,979651	0,781690	1,063372	0,952346
7	0,494913	1,582549	4,034929	3,357305	0,763568	2,048423		1,605893	0,059558	3,021792	1,543797	3,102896
8	0,864061	0,047025	2,686760	1,836897	0,712938	0,289604	1,605893		1,543687	0,972525	0,526154	1,109327
9	0,443334	1,522991	3,978777	3,295099	0,707416	1,979651	0,059558	1,543687		2,939266	1,465154	3,022254
10	1,741284	0,828948	2,611747	1,562633	1,705874	0,781690	3,021792	0,972525	2,939266		3,293279	0,430545
11	0,627609	0,545880	3,721723	2,921174	0,429847	1,063372	1,543797	0,526154	1,465154	3,293279		3,254174
12	1,834966	0,960115	2,427964	1,357372	1,809637	0,952346	3,102896	1,109327	3,022254	0,430545	3,254174	

(B)

Figura 5-17 - Matriz de comparação múltipla para os valores de Z', para as comparações entre anos (A) e entre períodos de chuva (B), relativa aos valores de pH. Valores em vermelho representam diferenças significativas.

Tabela 5-12 - Estatística descritiva para os valores de pH na porção capixaba do rio Doce (jusante ao reservatório de Mascarenhas), entre os anos de 2006 a 2018.

Ano	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	Desvio padrão
2006	8,00	7,46	7,56	6,50	7,90	0,42
2007	10,00	7,42	7,35	7,00	7,84	0,24
2008	23,00	7,45	7,34	6,21	8,92	0,72
2009	17,00	7,03	7,03	6,37	7,87	0,45
2010	16,00	6,76	6,85	5,60	7,68	0,69
2011	17,00	7,36	7,40	7,00	8,00	0,25
2012	17,00	7,21	7,20	7,00	7,70	0,18
2013	16,00	7,66	7,65	7,50	7,80	0,08
2014	18,00	6,97	6,95	6,10	7,50	0,38

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>47/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Ano	N amostral	Média	Mediana	Mínima	Máxima	Desvio padrão
2015	58,00	6,77	6,97	4,93	7,95	0,83
2016	143,00	7,44	7,47	5,83	8,87	0,51
2017	102,00	7,48	7,42	6,50	8,21	0,33
2018	81,00	7,21	7,19	6,30	8,26	0,38

Em resumo, ao considerar os resultados das análises estatísticas, verificaram-se diferenças significativas na distribuição de dados antes e após a passagem da pluma de rejeitos para todos os parâmetros, com exceção do fósforo total nos períodos de chuva (Tabela 5-13). Fica evidente a influência da passagem da pluma de rejeitos sobre os parâmetros analisados, que apresentaram valores maiores que ao ano ou período de chuva anterior. As análises estatísticas também mostram que os parâmetros apresentaram variações significativas em seus valores no período anterior à passagem da pluma de rejeito, exceto para o fósforo total no período de chuvas. Contudo, no período posterior a passagem da pluma (2017/2018), os valores dos parâmetros voltaram ou tendem a voltar aos níveis dos registros históricos anteriores ao da passagem da pluma.

Tabela 5-13 - Resultado da análise de Kruskal-Wallis para comparação entre anos e períodos de chuva, antes e após a passagem da pluma de rejeitos ao longo do rio Doce.

Parâmetro	Análise de Kruskal-Wallis	
	Entre anos	Entre períodos de chuva
Condutividade elétrica	KW-H(12;397) = 122,4334; p < 0,0001	KW-H(10;193) = 29,2637; p = 0,0011
Turbidez	KW-H(12;432) = 84,7977; p < 0,0001	KW-H(10;196) = 59,5983; p < 0,0001
Sólidos Dissolvidos Totais	KW-H(12;415) = 108,4522; p < 0,0001	KW-H(10;224) = 82,152; p < 0,0001
Fósforo total	KW-H(12;316) = 91,1623; p < 0,0001	<b>KW-H(10;189) = 7,093; p = 0,7166*</b>
pH	KW-H(12;526) = 107,5299; p < 0,0001	KW-H(11;257) = 45,8546; p < 0,0001

\*Resultado em vermelho significa não existência de diferenças significativas.

#### 5.4.4 Análise local da variação (temporal e espacial) dos dados, no período posterior à passagem da pluma de rejeitos

Para verificar as diferenças espaciais dos parâmetros de qualidade da água (porção capixaba), foram feitas análises de Kruskal-Wallis, considerando os pontos de monitoramento do IEMA (P02, P03 e P04) e do PMQQS (RDO 12, RDO 13, RDO 14, RDO 15 e RDO 16), em Itapina, Colatina, Linhares e Regência.

Os resultados das análises espaciais demonstraram que não houve diferenças significativas, entre esses pontos amostrais, para nenhum dos parâmetros analisados, conforme Tabela 5-14. Os baixos

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>48/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

valores de Kruskal-Wallis e os valores de  $p > 0,05$  atestam a não significância para as diferenças dos parâmetros analisados entre os diferentes pontos amostrais ao longo do rio Doce.

Tabela 5-14 - Resultado da análise de Kruskal-Wallis para variação espacial dos parâmetros ao longo do rio Doce no período posterior à passagem da pluma de rejeitos.

Parâmetro	Análise de Kruskal-Wallis
Condutividade elétrica ( $\mu\text{S/cm}$ )	KW-H(4;260) = 2,0187; $p = 0,7323$
Alcalinidade total ( $\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ )	KW-H(4;154) = 2,9131; $p = 0,5725$
Alumínio dissolvido ( $\text{mg/L}$ )	KW-H(4;223) = 0,2104; $p = 0,9948$
Arsênio total ( $\text{mg/L}$ )	KW-H(4;33) = 3,9141; $p = 0,4178$
Chumbo total ( $\text{mg/L}$ )	KW-H(2;66) = 1,4261; $p = 0,4901$
Cromo total ( $\text{mg/L}$ )	KW-H(3;98) = 1,8522; $p = 0,6036$
Ferro dissolvido ( $\text{mg/L}$ )	KW-H(4;226) = 5,8989; $p = 0,2068$
Manganês total ( $\text{mg/L}$ )	KW-H(4;252) = 3,7672; $p = 0,4384$
Fósforo total ( $\text{mg/L}$ )	KW-H(3;173) = 2,3244; $p = 0,5079$
Densidade de cianobactérias ( $\text{cel/mL}$ )	KW-H(4;101) = 2,2155; $p = 0,6962$

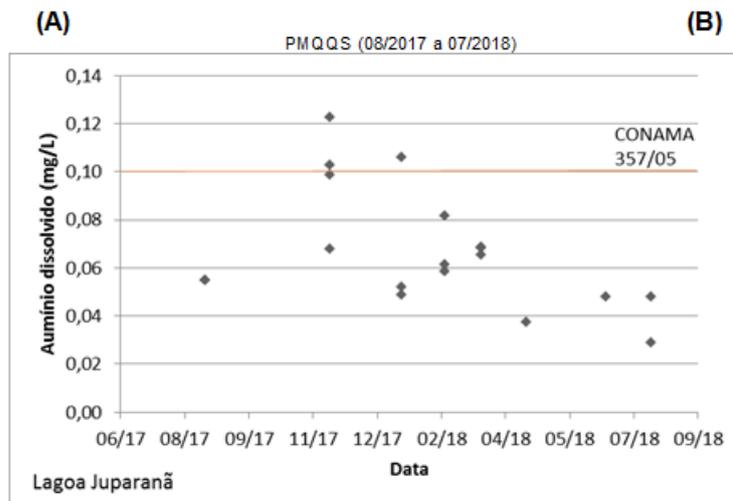
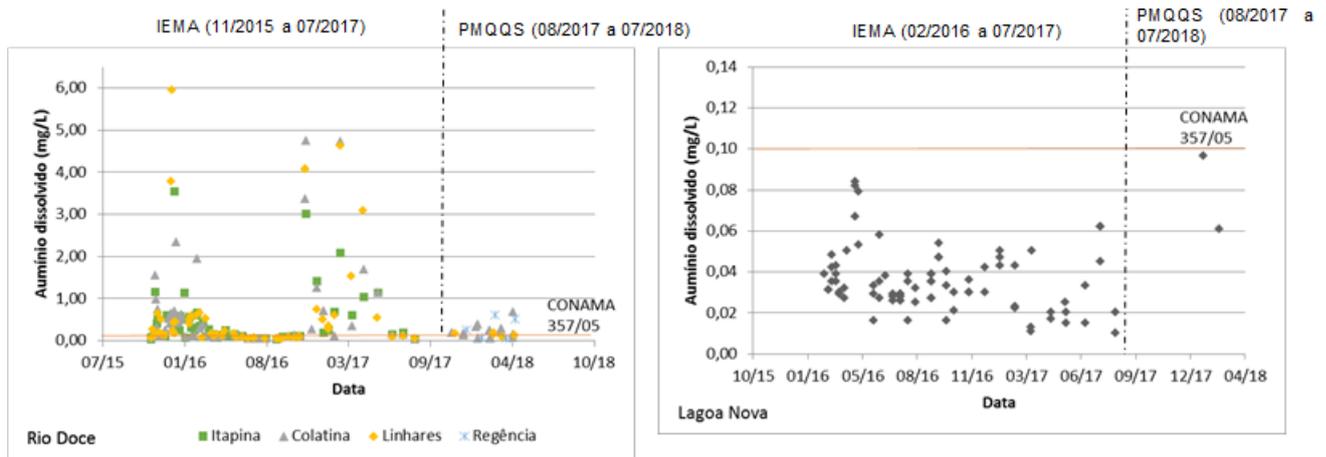
Em relação à análise da variação temporal dos parâmetros no rio Doce e nas lagoas Nova e Juparanã foram utilizados os pontos de monitoramento do IEMA (P02, P03, P04, N1, N2, N3) e do PMQQS (RDO 12, RDO 13, RDO 14, RDO 15, RDO 16, LJP1, LJP2, LJP3, LNV1, LNV2, LNV3). Os resultados dos parâmetros condutividade elétrica, alcalinidade total, alumínio dissolvido, arsênio total, chumbo total, cromo total, ferro dissolvido, manganês total, fósforo total e densidade de cianobactérias estão apresentados a seguir:

- **Alumínio dissolvido**

O alumínio pode ser utilizado no tratamento da água, como aditivo alimentar, na fabricação de latas, telhas, papel alumínio, na indústria farmacêutica, etc. O alumínio atinge a atmosfera como particulado, a partir de poeiras dos solos e por erosão, originado da combustão do carvão<sup>xxi</sup>. As concentrações de alumínio dissolvido (Figura 5-18) variaram entre 0,02 e 5,94 mg/L no rio Doce, entre 0,01 e 0,097 mg/L na lagoa Nova e entre 0,029 e 0,123 mg/L na lagoa Juparanã.

<sup>xxi</sup> CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Série Relatórios – Apêndice A. Governo do Estado De São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente. 40 p. 2008.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>49/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>



(C)

Figura 5-18 - Variação temporal na concentração de alumínio dissolvido no rio Doce (A), na lagoa Nova (B) e na lagoa Juparanã (C).

No rio Doce, as concentrações permaneceram acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,1 mg/L) principalmente nos períodos de chuva, sendo registrados valores abaixo do limite nos períodos de seca. Assim, evidencia-se uma variação sazonal nas concentrações de alumínio dissolvido. Na lagoa Nova, que teve contato com o rejeito carreado pelas águas do rio Doce, as concentrações permaneceram sempre abaixo do limite da referida resolução, sem tendências de aumento ou redução. Já na lagoa Juparanã, que não teve contato com o rejeito carreado pelas águas do rio Doce, foram registradas algumas concentrações acima dos padrões legais aplicáveis, mas com menores concentrações nas últimas campanhas.

Para porção mineira do rio Doce, mesmo antes do rompimento da barragem de Fundão, o monitoramento do IGAM verificou que as concentrações de alumínio registradas já estavam acima do

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>50/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

limite de classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,1 mg/L Al) em todos os pontos avaliados. Sendo que os valores de mediana dos seis primeiros meses de 2018 praticamente se igualaram aos valores da série histórica<sup>xxii</sup>. Corroborando com os resultados encontrados para o parâmetro alumínio na porção capixaba.

- **Ferro dissolvido**

O ferro é encontrado principalmente em águas subterrâneas, devido à sua dissolução pelo gás carbônico da água. Nas águas superficiais, maiores concentrações são registradas nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a erosão das margens<sup>xxiii</sup>.

As concentrações de ferro dissolvido variaram entre 0,035 e 5,39 mg/L no rio Doce, entre 0,06 e 0,23 mg/L na lagoa Juparanã e entre 0,010 e 0,071 mg/L na lagoa Nova (Figura 5-19). Somente no rio Doce foram registradas concentrações de ferro dissolvido acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,30 mg/L), principalmente no período de chuvas.

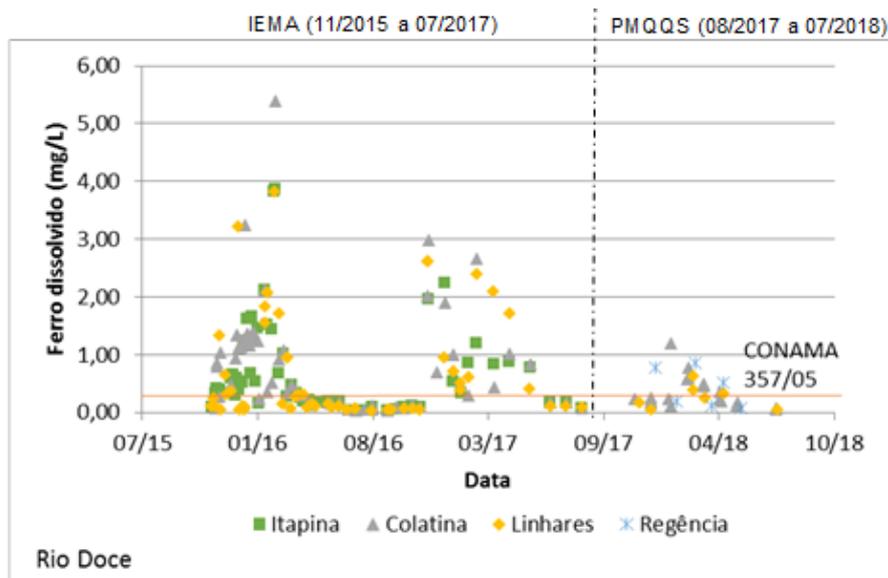
A lagoa Juparanã, que não teve contato com os rejeitos carreados pela água do rio Doce, apresentou maiores concentrações de ferro dissolvido quando comparados com os valores de ferro dissolvido encontrados na lagoa Nova, que teve contato com o rejeito carreado pelas águas do rio Doce (Figura 5-19).

Os resultados obtidos para a lagoa Juparanã, por exemplo, são referentes apenas a um ano hidrológico e apontam para uma condição que pode não se repetir nos anos subsequentes. Os resultados apontam para o aumento na concentração de ferro dissolvido, que pode estar relacionado com a entrada desse elemento a partir da bacia de drenagem, ou pela erosão do solo no entorno da lagoa, devido à elevação do nível d'água e aumento da permanência causados pelo barramento emergencial. Além disso, tal elevação, aliada à ação do vento e pelo efeito do batimento das ondas, pode provocar um maior efeito erosivo nas margens, com consequente carreamento de ferro para a água.

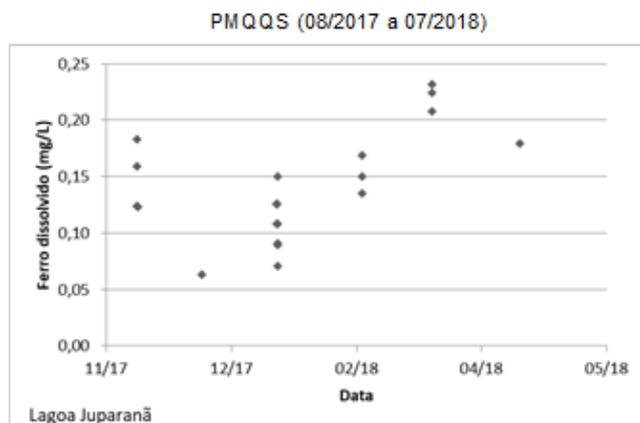
<sup>xxii</sup> IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas). Encarte especial sobre a qualidade das águas do Rio Doce após 3 anos do rompimento da Barragem de Fundão: 2015-2018. 64 p. Belo Horizonte, 2018.

<sup>xxiii</sup> CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Série Relatórios – Apêndice A. Governo do Estado De São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente. 40 p. 2008.

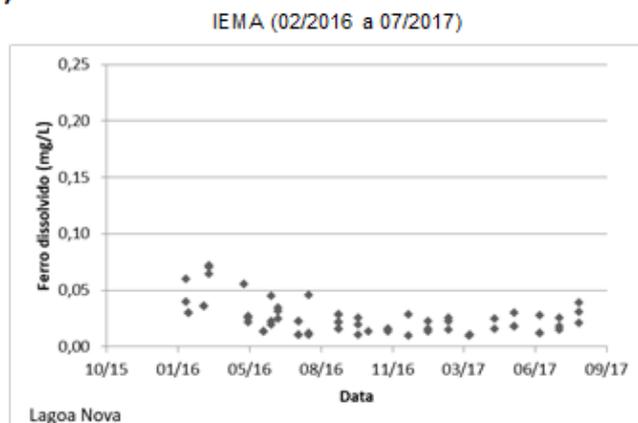
Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>51/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>



(A)



(B)



(C)

Figura 5-19 - Variação temporal na concentração de ferro dissolvido no rio Doce (A); na lagoa Juparanã (B); e na lagoa Nova (C).

Para a porção capixaba do rio Doce, o IGAM, ao comparar as concentrações de ferro dissolvido da série histórica com os dois anos após o rompimento (2016 e 2017), verificou que os valores sofreram pouca variação. Este instituto verificou também uma pequena elevação no 1º ano logo após o rompimento, na comparação com o período pré-rompimento<sup>xxiv</sup>. Já para a porção mineira do rio Doce, o monitoramento de qualidade de água do IGAM apontou que, na série histórica antes do rompimento (entre jan/2010 e out/2015) e nos dois anos após o rompimento, 90% dos resultados de concentração de ferro dissolvido estiveram em conformidade com o limite da Resolução CONAMA nº

<sup>xxiv</sup> IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas). Encarte especial sobre a qualidade das águas do Rio Doce após 3 anos do rompimento da Barragem de Fundão: 2015-2018. 64 p. Belo Horizonte, 2018.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>52/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

357/2005 (0,3 mg/L). Entretanto, no primeiro semestre de 2018 todos os percentis sofreram elevação. Nesse período, 50% das concentrações estiveram acima de 0,30 mg/L, indicando violação em mais de 50% dos resultados. Observa-se que das 83 análises realizadas no 1º semestre de 2018, 42 apresentaram violação do limite de classe, sendo 18 violações na estação chuvosa e 24 na seca<sup>xxv</sup>.

- **Manganês total**

O manganês ocorre naturalmente em águas superficiais e subterrâneas, onde raramente atinge concentrações de 1,0 mg/L, em águas superficiais naturais e, normalmente, está presente em quantidades de 0,2 mg/L ou menos. O manganês e seus compostos são utilizados na indústria do aço, ligas metálicas, baterias, vidros, oxidantes para limpeza, fertilizantes, vernizes, suplementos veterinários e outros<sup>xxvi,xxvii</sup>. Sendo assim, efluentes domésticos e industriais podem conter elevadas concentrações de manganês<sup>xxviii</sup>.

As concentrações de manganês total variaram entre 0,007 e 1,030 mg/L no rio Doce, entre 0,006 e 0,025 mg/L na lagoa Juparanã e entre 0,005 e 0,052 mg/L na lagoa Nova (Figura 5-20). Seguindo a mesma tendência do ferro dissolvido, é observada uma variação sazonal nas concentrações de manganês, com maiores concentrações, acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,1 mg/L), registradas nos períodos de chuva. Nas lagoas Juparanã e Nova as variações não apresentaram tendências de aumento ou redução.

<sup>xxv</sup> IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas). Encarte especial sobre a qualidade das águas do Rio Doce após 3 anos do rompimento da Barragem de Fundão: 2015-2018. 64 p. Belo Horizonte, 2018.

<sup>xxvi</sup> Ayers R. S.; Westcot D. W. A qualidade da água na agricultura. 2. ed. UFPB, Campina Grande, 153 p. 1999.

<sup>xxvii</sup> CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Série Relatórios – Apêndice A. Governo do Estado De São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente. 40 p., 2008.

<sup>xxviii</sup> Santos, L.T.S.O.; Jesus, T.B. Caracterização de metais pesados das águas superficiais da bacia do Rio Subaé (Bahia). Geochimica Brasiliensis, v. 28, n. 2, p. 137-148, 2015.

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>53/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

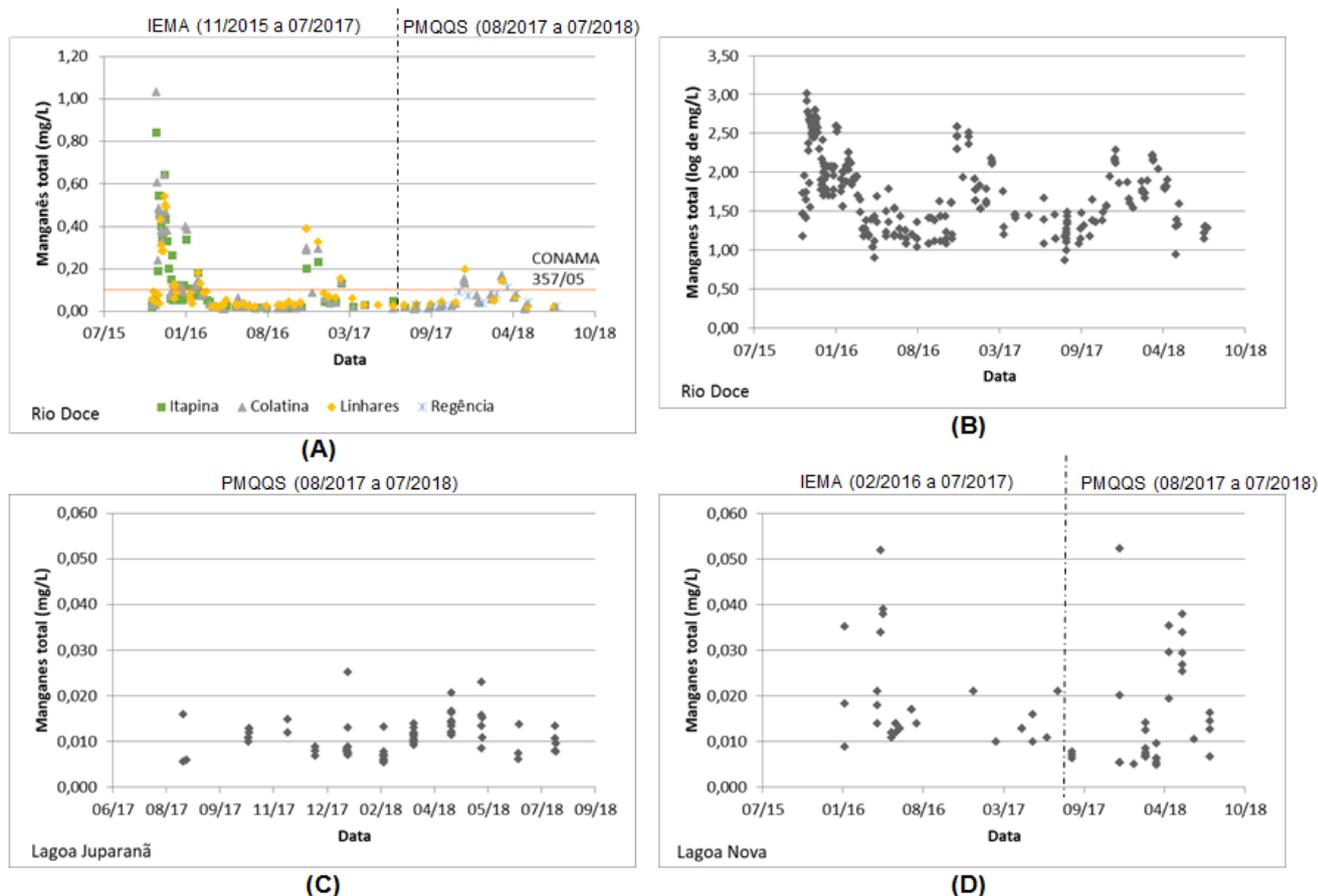


Figura 5-20 - Variação temporal na concentração de manganês total no rio Doce - valores absolutos (A) e logaritmizados (B); na lagoa Juparanã (C); e na lagoa Nova (D).

Para a porção mineira do rio Doce, o monitoramento da qualidade de água do estado de Minas Gerais verificou um aumento expressivo na concentração de manganês total no 1º ano após o rompimento e uma posterior redução, principalmente em 2017, com um novo aumento em 2018. Além disto, este monitoramento observou que os maiores registros de violação, em todos os períodos avaliados, ocorreram no período chuvoso, demonstrando o comportamento sazonal deste parâmetro, assim como observado para turbidez e sólidos<sup>xxix</sup>. Esse comportamento sazonal também é observado para a porção capixaba do rio Doce.

- **Arsênio total**

As concentrações de arsênio total variaram entre 0,0006 e 0,0085 mg/L no rio Doce e entre 0,00053 e 0,00096 mg/L na lagoa Juparanã, em ambos ambientes, abaixo do limite estabelecido pela

<sup>xxix</sup> IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas). Encarte especial sobre a qualidade das águas do Rio Doce após 3 anos do rompimento da Barragem de Fundão: 2015-2018. 64 p. Belo Horizonte, 2018.

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>54/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,01 mg/L). Com relação à lagoa Nova, os valores ficaram abaixo dos limites de detecção, não sendo assim utilizados nesta análise.

No rio Doce, observa-se uma clara tendência de redução nas concentrações de arsênio ao longo do tempo, confirmada pela análise de regressão ( $y = -0,0007x + 32,54$   $R^2 = 0,6886$ ), tendência essa não observada para a lagoa Juparanã (Figura 5-21 C).

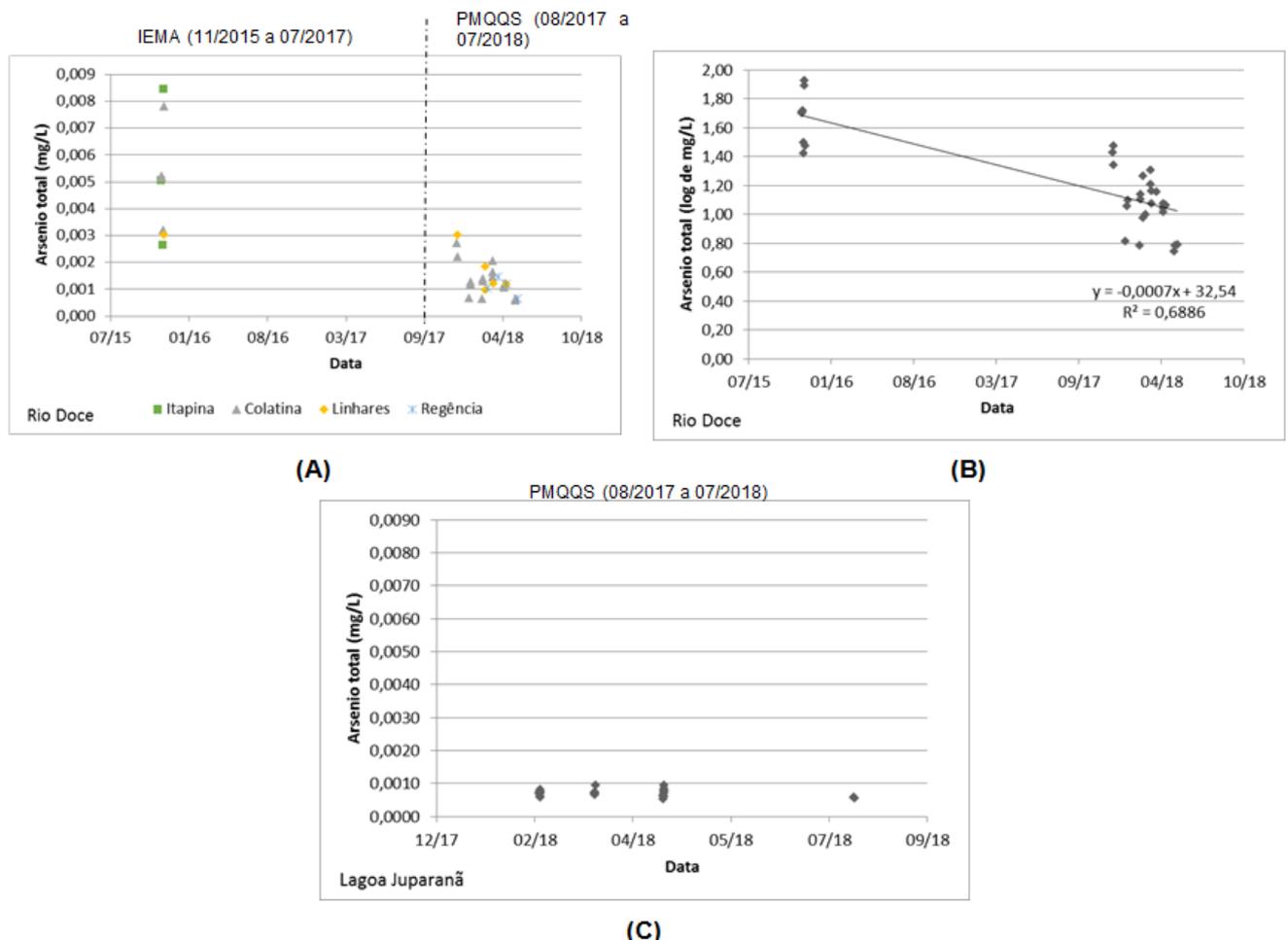


Figura 5-21 - Variação temporal na concentração de alumínio dissolvido no rio Doce - valores absolutos (A) e logaritimizados (B); e lagoa Juparanã (C).

Para a porção mineira do rio Doce, o monitoramento realizado pelo IGAM constatou que, mesmo antes do rompimento da barragem de Fundão, as concentrações de arsênio total se encontravam acima da Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,01 mg/L). Em 2018, verificou-se somente um registro acima do máximo da série histórica de antes do rompimento, permanecendo todos os demais

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>55/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

resultados em conformidade com o limite legal e abaixo do máximo da série histórica<sup>xxx</sup>. Na porção capixaba, os valores registrados a partir de 2018 estiveram sempre em conformidade com os padrões legais aplicáveis.

- **Chumbo total**

O chumbo tem ampla aplicação industrial, como na fabricação de baterias, tintas, esmaltes, inseticidas, vidros, ligas metálicas e outros. A presença do metal na água ocorre por deposição atmosférica ou lixiviação do solo<sup>xxxi</sup>. As principais fontes de chumbo são as emissões atmosféricas da indústria metalúrgica e fábricas de fertilizantes, combustão de carvão e combustíveis fósseis, mineração e incineradores além da aplicação direta no solo de fertilizantes e corretivos agrícolas<sup>xxxii</sup>, atividades desenvolvidas em larga escala na bacia do baixo rio Doce. Sendo assim, o chumbo é um dos contaminantes mais comuns do ambiente, pois pode ser oriundo de várias atividades industriais<sup>xxxiii</sup>.

As concentrações de chumbo total variaram, no rio Doce, entre 0,005 e 0,040 mg/L, com os valores, na maior parte do tempo, acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,01 mg/L). No entanto, apesar de não significativa, observa-se uma tendência de redução das concentrações ao longo do tempo, com menores concentrações registradas em 2018, quando comparadas com 2016 (Figura 5-22).

<sup>xxx</sup> IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas). Encarte especial sobre a qualidade das águas do Rio Doce após 3 anos do rompimento da Barragem de Fundão: 2015-2018. 64 p. Belo Horizonte, 2018.

<sup>xxxi</sup> CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Série Relatórios – Apêndice A. Governo do Estado De São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente. 40 p. 2008.

<sup>xxxii</sup> Azevedo A. A.; Monteiro J. L. G. Análise dos impactos ambientais da atividade agropecuária no cerrado e suas inter-relações com os recursos hídricos na região do Pantanal. Relatório técnico UNB-UFMT. CD-ROM. 2014.

<sup>xxxiii</sup> Moreira C. S. Adsorção competitiva de cádmio, cromo, níquel e zinco em solos. 108 p. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>56/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

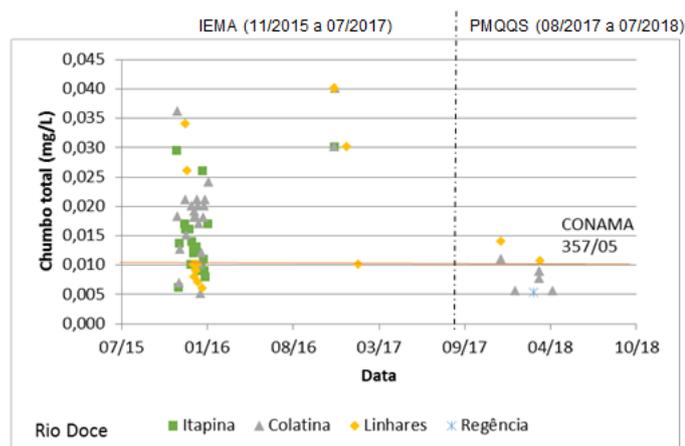


Figura 5-22 - Variação temporal na concentração de chumbo total no rio Doce.

Nas lagoas Juparanã e Nova os valores ficaram abaixo do limite de detecção, não sendo utilizados nesta análise.

Para a porção mineira do rio Doce, o monitoramento de qualidade de água realizado pelo IGAM, constatou que as concentrações de chumbo permanecem acima do máximo da série histórica e acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,01 mg/L) ao longo dos três anos avaliados<sup>xxxiv</sup>. Apesar disso, os testes de Levene, elaborados no presente trabalho, não indicaram mudança de variância entre os dados antes e após o rompimento.

- **Cromo total**

As principais fontes de cromo para os ambientes aquáticos são as operações de galvanoplastia, indústrias de tingimento de couro e manufatura de tecidos<sup>xxxv</sup>. A concentração de cromo encontrado na maioria das águas superficiais varia de 1 e 10 µg/L (0,001 a 0,01 mg/L)<sup>xxxvi</sup>.

As concentrações de cromo total variaram entre 0,005 e 0,220 mg/L no rio Doce (Figura 5-23). Foram registradas, em 2015 e 2016, concentrações acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA

<sup>xxxiv</sup> IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas). Encarte especial sobre a qualidade das águas do Rio Doce após 3 anos do rompimento da Barragem de Fundão: 2015-2018. 64 p. Belo Horizonte, 2018.

<sup>xxxv</sup> Azevedo A. A.; Monteiro J. L. G. Análise dos impactos ambientais da atividade agropecuária no cerrado e suas inter-relações com os recursos hídricos na região do Pantanal. Relatório técnico UNB-UFMT. CD-ROM. 2004.

<sup>xxxvi</sup> CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Série Relatórios – Apêndice A. Governo do Estado De São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente. 40 p. 2008.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>57/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

nº 357/2005 (0,05 mg/L), mas a partir do segundo semestre de 2016 os valores já se apresentaram abaixo do limite da legislação supracitada.

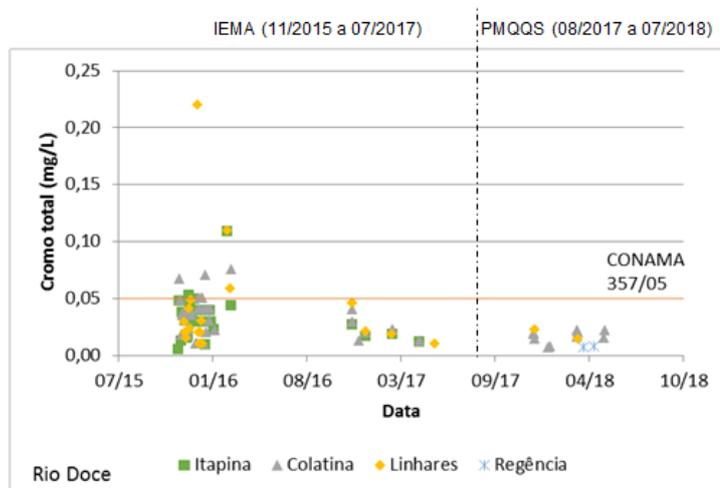


Figura 5-23 - Variação temporal na concentração de cromo total no rio Doce.

Para a porção mineira do rio Doce, o monitoramento de qualidade de água realizado pelo IGAM apontou valores máximos acima do limite legal estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,05 mg/L Cr) e acima do máximo da série histórica, no primeiro ano após o rompimento (2016). Já em 2018, todos os registros foram inferiores ao limite estabelecido pela referida Resolução e ao máximo da série histórica no período anterior ao rompimento.

- **Condutividade elétrica**

Os valores de condutividade elétrica (Figura 5-24) variaram entre 38,0 e 192,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no rio Doce, entre 80,0 e 146,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  na lagoa Juparanã e entre 44,0 e 146,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$  na lagoa Nova, dentro do que é esperado para águas naturais. Tanto no rio Doce quanto nas lagoas Nova e Juparanã não foram registradas tendências significativas de variação ao longo do tempo.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>58/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

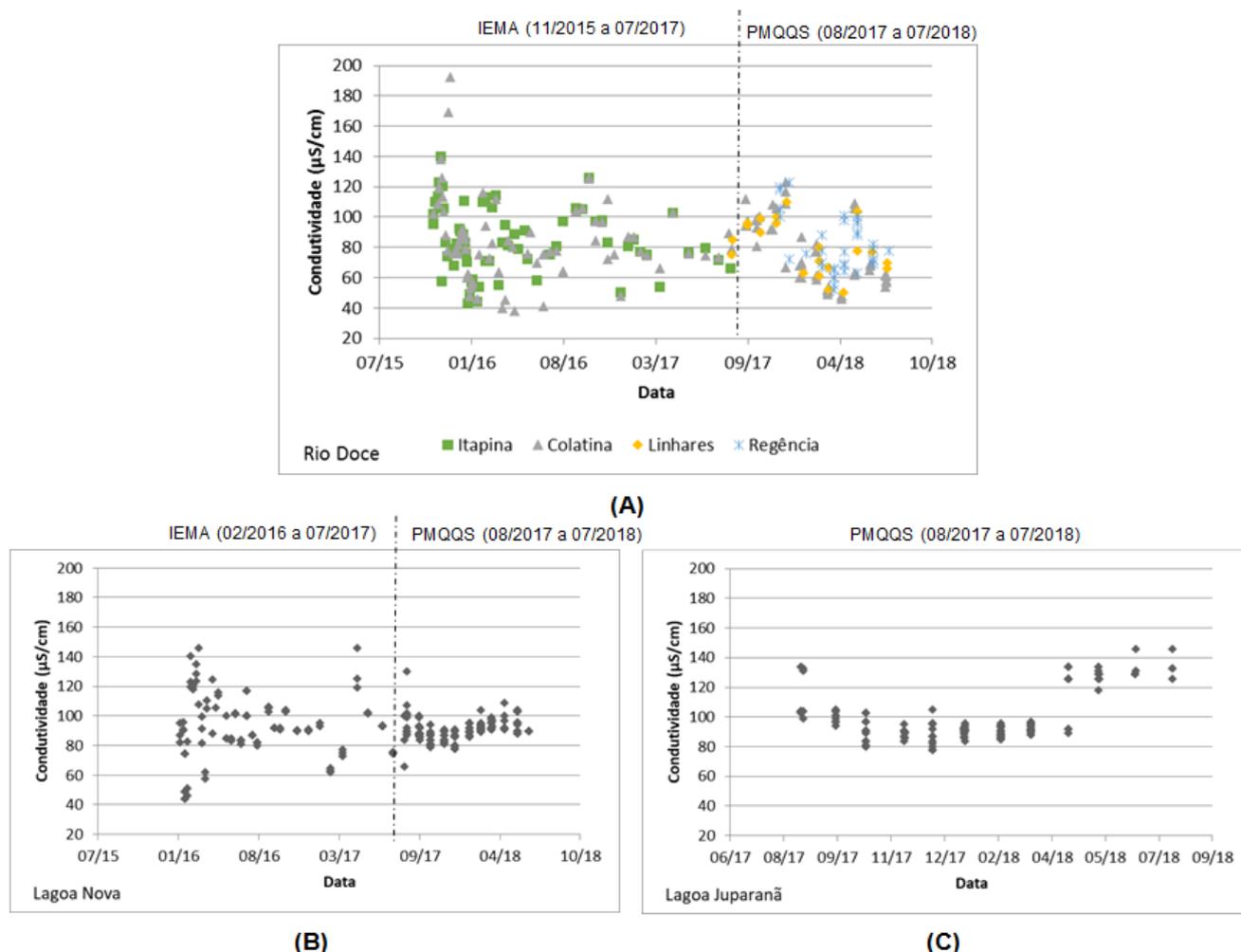


Figura 5-24 - Variação temporal nos valores de condutividade elétrica no rio Doce (A) e nas lagoas Nova (B) e Juparanã (C).

- **Alcalinidade total**

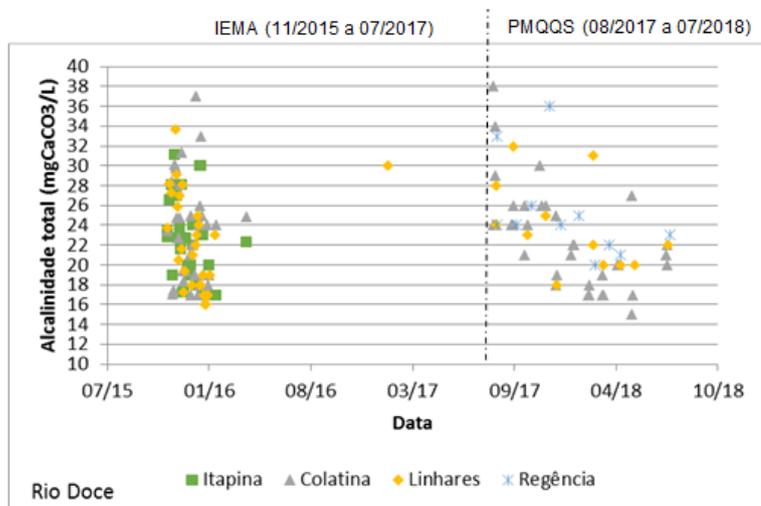
A alcalinidade representa a capacidade que um sistema aquoso tem de neutralizar ácidos, que depende de alguns compostos, principalmente bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Sendo assim, a alcalinidade reflete a capacidade que um ecossistema aquático apresenta em neutralizar (tamponar) ácidos a ele adicionados<sup>xxxvii</sup>.

Os valores de alcalinidade total variaram entre 15,0 e 38,0 mgCaCO<sub>3</sub>/L no rio Doce, entre 14,0 e 24,0 mgCaCO<sub>3</sub>/L na lagoa Juparanã e entre 11,0 e 24,0 mgCaCO<sub>3</sub>/L na lagoa Nova. Os valores obtidos

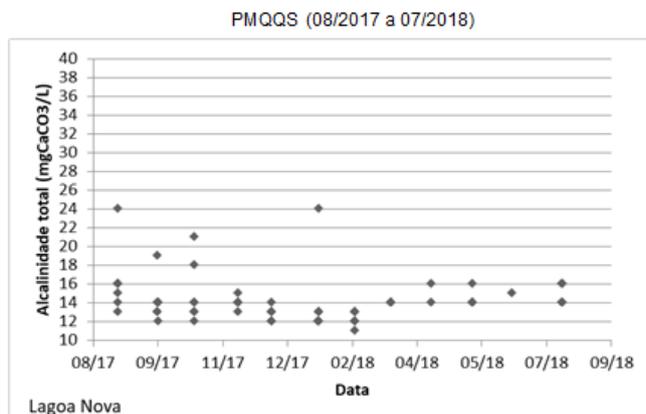
<sup>xxxvii</sup> Esteves, F. A. Fundamentos de Limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 826 p., 2011.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>59/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

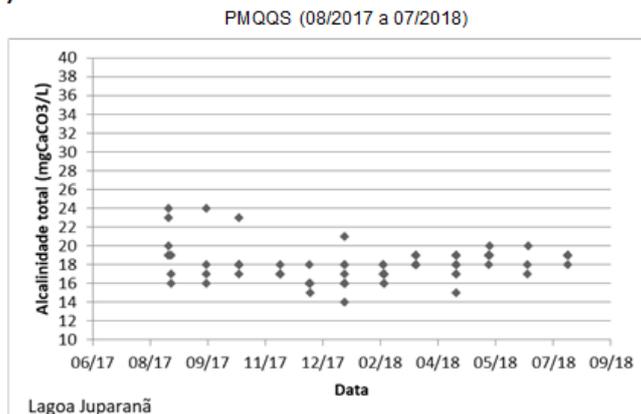
estão dentro do esperado para ambientes naturais e não foram registradas tendências de variação significativas ao longo do tempo para ambos os ambientes.



(A)



(B)



(C)

Figura 5-25 - Variação temporal nos valores de alcalinidade total no rio Doce (A) e nas lagoas Nova (B) e Juparanã (C).

- **Fósforo total**

As concentrações de fósforo total variaram entre 0,014 e 5,350 mg/L no rio Doce e entre 0,010 e 0,274 na lagoa Nova (Figura 5-26). Os dados de fósforo disponibilizados para a lagoa Juparanã estavam abaixo do limite de detecção, não sendo utilizados nesta análise.

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>60/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

No rio Doce as concentrações de fósforo permaneceram acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,1 mg/L) e, apesar de apresentarem uma tendência gráfica de redução ao longo do tempo, essa redução não foi confirmada pelas análises estatísticas. Já na lagoa Nova, apesar de serem registradas concentrações acima do limite estabelecido pela referida resolução para ambientes lênticos (0,03 mg/L), foi observada uma tendência estatística de redução ao longo do tempo ( $y = -0,0015x + 62,595$ ;  $R^2 = 0,4731$ ) (Figura 5-26).

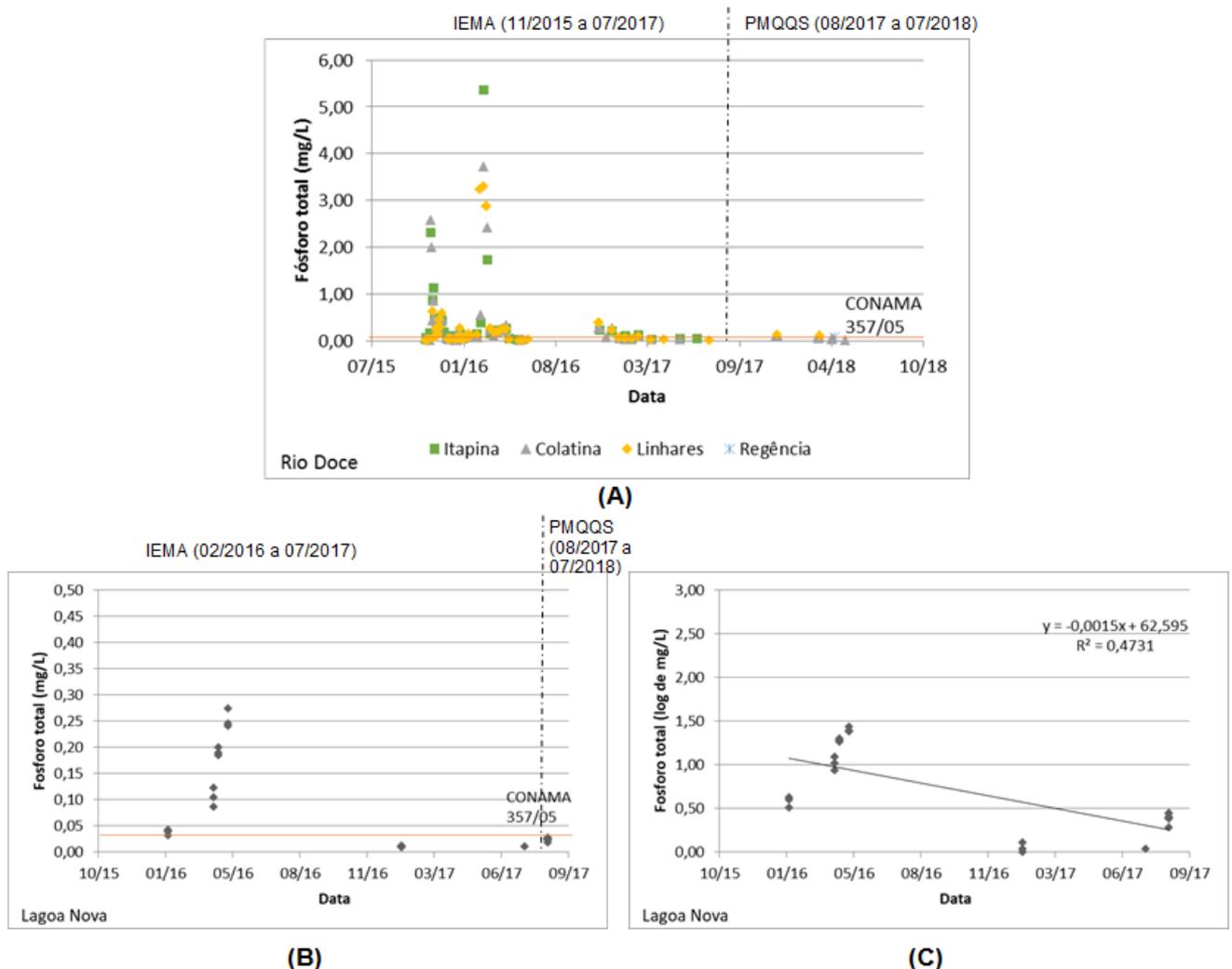


Figura 5-26 - Variação temporal na concentração de fósforo total no rio Doce (A) e na lagoa Nova - valores absolutos (B) e logaritmizados (C).

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>61/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- **Cianobactérias**

A floração de algas e cianobactérias potencialmente produtoras de toxinas é uma das consequências do processo de eutrofização (CETESB, 2013). Florações de cianobactérias nocivas representam uma das maiores ameaças para os ecossistemas de água doce em todo o mundo<sup>xxxviii</sup>.

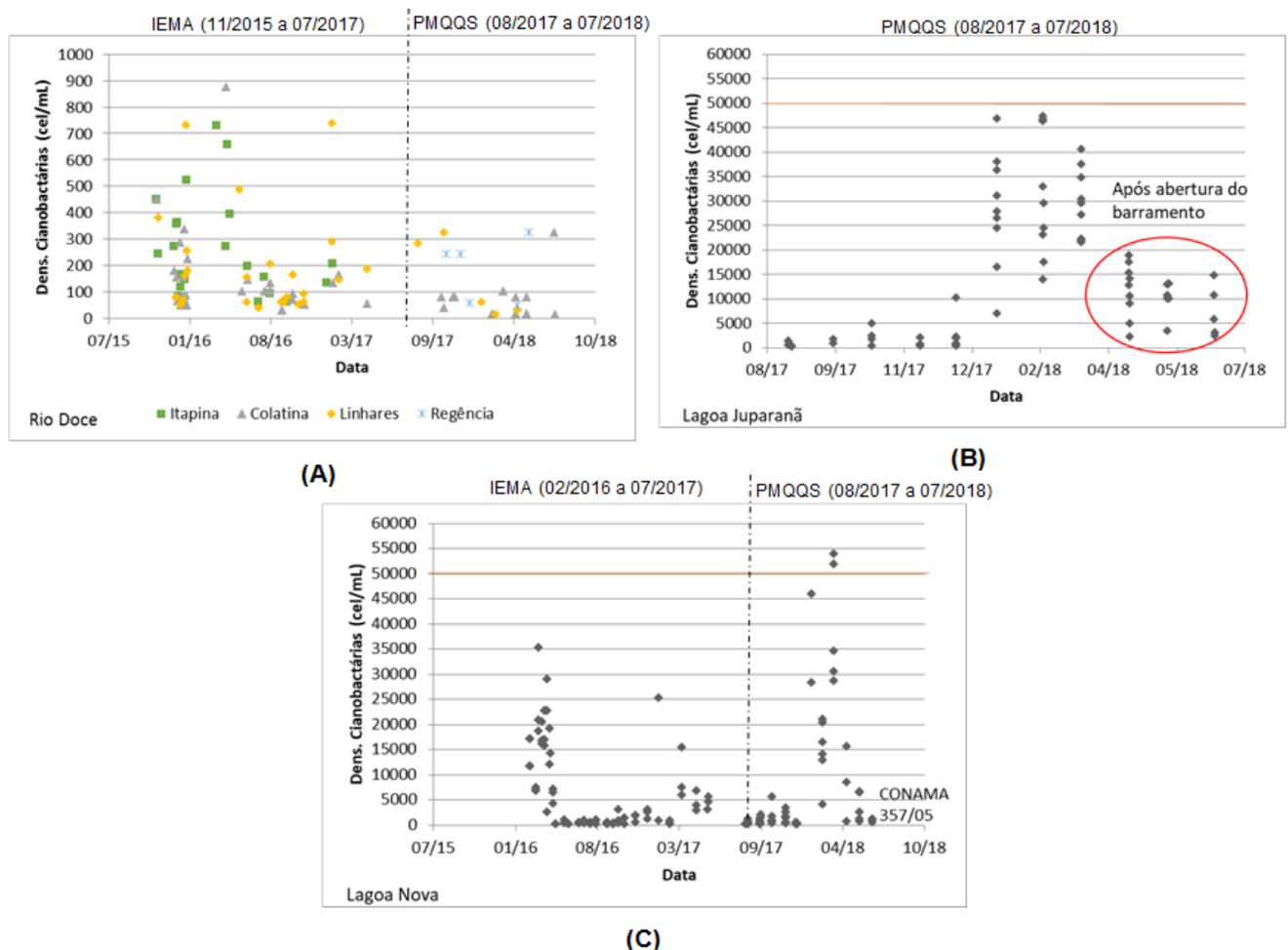


Figura 5-27 - Variação temporal na densidade de cianobactérias no rio Doce (A); na lagoa Juparanã (B); e na lagoa Nova (C).

No rio Doce, a densidade de cianobactérias variou entre 16,33 a 875,17 cel/mL, valores esse abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (50.000 cel/mL) (Figura 5-27 A). Na lagoa Nova (Figura 5-27 C) alguns registros ultrapassaram o limite estabelecido pela referida

<sup>xxxviii</sup> Schindler, D.W.; Vallentyne, J.R. The Algal Bowl: Overfertilization of the World's and Estuaries. Earthscan. London, 334 p., 2008

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>62/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

resolução, mas a maioria dos valores, apesar de elevados, permaneceram abaixo desse limite, sem tendência de aumento ou redução ao longo do tempo.

Na lagoa Juparanã, a densidade variou entre 261,25 e 47.453,25 cel/mL, em conformidade com os padrões legais aplicáveis (Figura 5-27 B). Fica evidente um aumento na densidade de cianobactérias no período em que o barramento emergencial construído no rio Pequeno permaneceu fechado, com os valores chegando próximos ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, com posterior redução, quando ocorre a 1ª abertura do canal extravasor, em abril de 2018.

Os estudos limnológicos nas lagoas do Baixo Rio Doce iniciaram na década de 90 e foram fundamentais para o entendimento das atuais condições desses ecossistemas aquáticos. Na lagoa Juparanã esses estudos<sup>xxxix</sup> já apontavam para o processo de eutrofização desse corpo d'água. A eutrofização é um processo de alteração na produtividade dos corpos d'água baseado no aumento da concentração de fósforo total, redução na penetração de luz e aumento na biomassa do fitoplâncton, a partir da concentração de clorofila a. Isso significa que com o aumento do aporte de fósforo, um nutriente determinante para o crescimento do fitoplâncton, ocorre um aumento da biomassa do fitoplâncton e conseqüente aumento na atenuação de luz.

Os estudos desenvolvidos em lagoas do Baixo Rio Doce (e.g. Palmas, Palminhas e Terra Alta), indicam que, além do aporte de fósforo, o volume e o tempo de retenção dos corpos d'água – determinada pelo balanço entre a vazão afluente e efluente e o volume da lagoa – constituem os fatores determinantes para o processo de eutrofização dos mesmos<sup>xl</sup>.

A tendência de aumento na densidade de cianobactérias na lagoa Juparanã, enquanto o barramento emergencial estava fechado, pode estar relacionada com a entrada de nutrientes, notadamente fósforo, a partir da bacia de drenagem (por exemplo, esgoto doméstico e fertilizantes), com a maior estabilidade da coluna d'água e com um acréscimo do tempo de residência das águas, que promove condições adequadas para o desenvolvimento de cianobactérias.

O comportamento ecológico de um corpo hídrico pode ser indicado pelo seu tempo de residência, ou seja, o tempo aproximado que uma determinada massa de água permanece no lago ou reservatório desde a sua chegada até a sua saída. Do ponto de vista ecológico, ambientes com maiores tempos de residência serão mais impactados do que os com tempos de residência mais curtos, por terem

<sup>xxxix</sup> Martins, F. C. O. Avaliação Ambiental Integrada como subsídio ao manejo lacustre (Estudo de Caso: Lagoa Juparanã, ES). 160 fl. Tese (Doutorado em Oceanografia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, 2013.

<sup>xl</sup> Garcia, F. C., Amorim, M. G., Venturini, J. C., Barroso, G. F. Estado trófico das Lagoas Nova, Juparanã, Palmas, Palminhas e Terra Alta, Baixo Rio Doce, Linhares-Es. In Anais do XIV Congresso Brasileiro de Limnologia. XIV Congresso Brasileiro de Limnologia, 8 a 12 de setembro de 2013, Bonito – Mato Grosso do Sul. 2013.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>63/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

baixas renovações de água<sup>xli</sup>. Essas condições favorecem a proliferação de cianobactérias, entre as quais as espécies potencialmente produtoras de toxinas, como as do gênero *Microcystis*, já identificadas na lagoa Juparanã. Assim, qualquer intervenção estrutural nestes ambientes que promova o aumento do tempo de residência, é de se esperar, como consequência, um aumento na proliferação de cianobactérias.

Vale destacar que, após a abertura do canal (que ficou fechado no período entre dez/2015 a abr/2018) ocorreu uma diminuição na densidade das mesmas, o que reforça o efeito indireto do barramento no aumento da densidade das cianobactérias. Sendo assim, a abertura do canal no rio Pequeno e a tendência de restabelecimento das características hidrológicas naturais da lagoa Juparanã, apresentam-se como uma das prováveis vias para a redução da densidade de cianobactérias na lagoa, assim como o controle das fontes de nutrientes, notadamente fósforo e nitrogênio para o corpo d'água.

## 6 ANÁLISE DO DESEMPENHO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Define-se tratamento de água, um conjunto de procedimentos físicos e químicos que são aplicados na água para que esta fique em condições adequadas para o consumo, ou seja, para que a água se torne potável. O tratamento retira da água microcontaminantes orgânicos, microrganismos patogênicos, sólidos suspensos e coloidais, matéria orgânica e outras substâncias prejudiciais à saúde<sup>xlii</sup>. Para que a água seja considerada potável, não basta que seja isenta de substâncias ou microrganismos patogênicos, também é necessário que não traga consigo substâncias capazes de adicionar cor, turbidez ou gosto desagradável, ainda que essas substâncias sejam inofensivas ao organismo humano<sup>xliii</sup>. Segundo a Portaria nº 2914/2011<sup>xliiv</sup> do Ministério da Saúde, água potável é aquela que atenda ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde.

A análise de desempenho de Estações de Tratamento de Água (ETAs) considerou dez estações, sendo cinco unidades em Governador Valadares/MG, três em Colatina/ES (estações que captam água diretamente do rio Doce) e uma em Linhares/ES (estação que capta água do rio Pequeno, hoje, limitada exclusivamente à água proveniente da lagoa Juparanã, devido ao contexto envolvendo os

<sup>xli</sup> Braunschweig, F.; Martins, F; Chambel, P.; Neves, R. A methodology to estimate renewal time scales in estuaries: The Tagus Estuary case. *Ocean Dynamics*, v. 53, n. 3, p. 137–145, 2003.

<sup>xlii</sup> Libânio, M. – Características químicas das águas naturais in: *Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água*, 4ª Ed., Átomo, Campinas, 640 p., 2016.

<sup>xliii</sup> Vianna, M. R. *Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água*. 3ª edição. Belo Horizonte: Imprimatur, 1997.

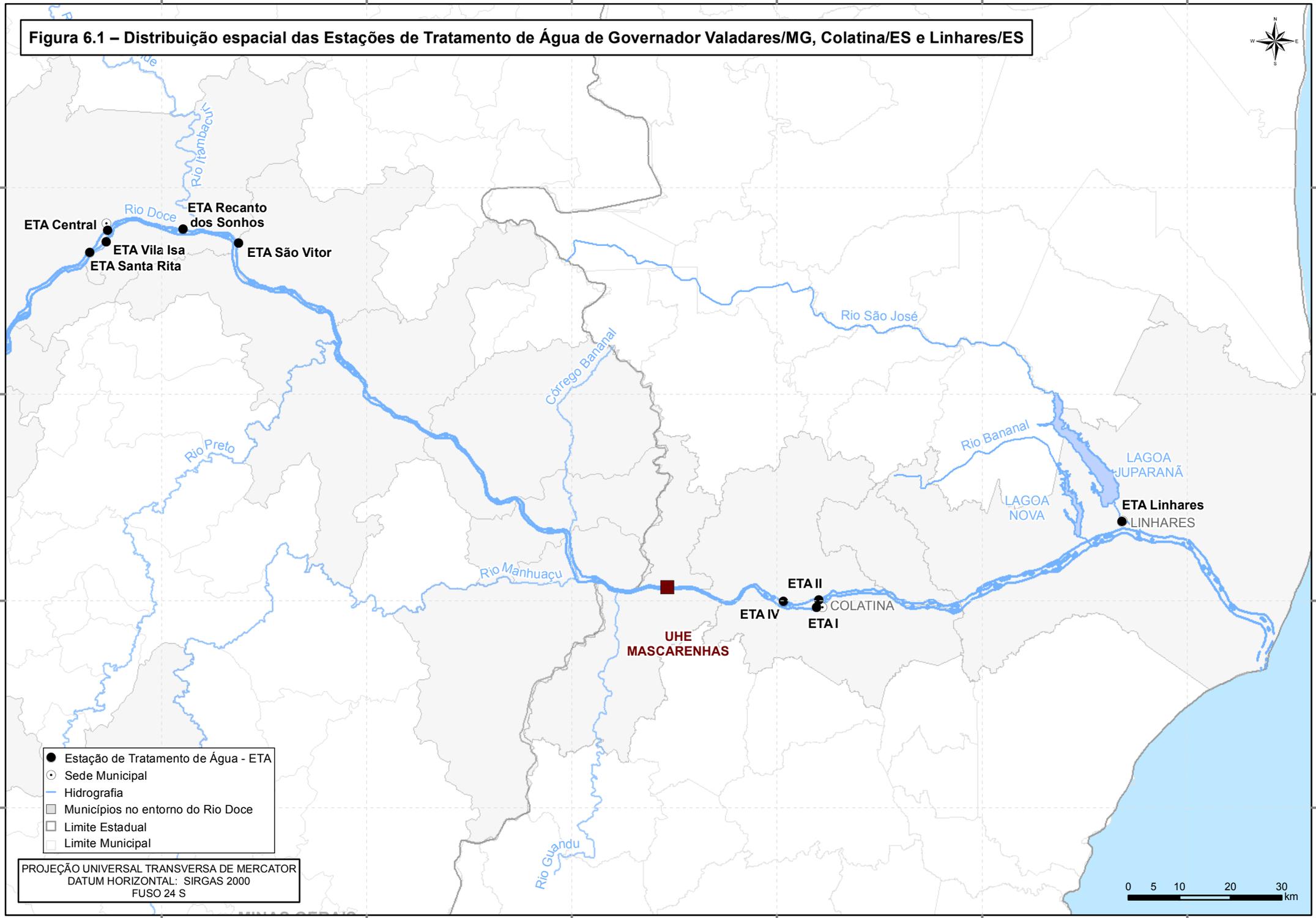
<sup>xliiv</sup> Ministério da Saúde - Portaria 2914: Normas e padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano, Brasília, dezembro, 2011.

	FM-ENG-001		
Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>64/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

barramentos emergenciais em Linhares), e limitou-se na concentração de metais e metais-traço, e na turbidez da água tratada. Os dados da ETA de Linhares foram fornecidos pela concessionária do abastecimento de água da cidade (SAAE Linhares). Já os dados referentes às ETAs de Governador Valadares e Colatina foram provenientes do PMQQS. A distribuição espacial das ETAs utilizadas nessa análise está apresentada na Figura 6-1.

Portanto, esta etapa do estudo objetivou avaliar se há comprometimento para o abastecimento público nas cidades que fazem captação de água do rio Doce, ou seja, se a qualidade de água bruta do rio Doce, atende ou não aos padrões de potabilidade vigente após tratamento convencional. Sabe-se, por exemplo, que a maior unidade vinculada à captação no rio Doce - Estação Central de Governador Valadares que potabiliza vazão da ordem de 830 L/s, respondendo por 90% da população da cidade – permaneceu oito dias sem operar devido à passagem da pluma de rejeitos oriunda do rompimento da barragem do Fundão.

**Figura 6.1 – Distribuição espacial das Estações de Tratamento de Água de Governador Valadares/MG, Colatina/ES e Linhares/ES**



- Estação de Tratamento de Água - ETA
- Sede Municipal
- Hidrografia
- Municípios no entorno do Rio Doce
- Limite Estadual
- Limite Municipal

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000  
FUSO 24 S



Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público	<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>	
		Nº CONTRATADA	PÁGINA
		<b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	<b>66/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
		<b>N024500-B-1RT008</b>	<b>01</b>

## 6.1 PARÂMETROS ANALISADOS

Para a avaliação do desempenho das ETAs, foram selecionados os seguintes parâmetros: turbidez e arsênio total, além dos metais alumínio dissolvido, cromo total, ferro dissolvido, manganês total e zinco total. É relativamente usual o emprego da turbidez da água tratada como balizador do desempenho das estações de tratamento, pois além de ser parâmetro de qualidade rotineiramente monitorado pela quase totalidade das unidades do país, esta escolha fundamenta-se também nas premissas estabelecidas pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, que recomenda limite de 0,5 uT para 95% das amostras com tal intento e de 1,0 uT para o restante dos 5% das amostras. Na rede de distribuição, segundo a referida Portaria, o padrão organoléptico estabelece valor máximo de 5,0 uT.

O emprego da turbidez da água filtrada como balizador da eficiência do tratamento foi adotado também por pesquisadores americanos em amplo estudo abrangendo 75 estações de tratamento de água do estado norte-americano da Pennsylvania, com dez anos de dados operacionais de cada unidade. A avaliação calcou-se nos seguintes parâmetros: magnitude da população abastecida, emprego e tipo de coagulante, taxa de filtração e tipo de meio filtrante, tipo de manancial, tecnologia de tratamento e idade da estação. Concluiu-se que fatores usualmente considerados mais relevantes no desempenho das estações de tratamento – características da água bruta, parâmetros hidráulicos da instalação e tipo de coagulante – adquirem igual relevância quando cotejados a fatores intangíveis, tais como a adequada operação e o comprometimento da equipe de operadores na consecução do objetivo de produzir água de melhor qualidade<sup>45</sup>.

Em outro contexto, provavelmente a maior fragilidade do emprego da turbidez do efluente dos filtros (ou da estação) reside no método de determinação. Pesquisa<sup>46</sup>, enfocando a confiabilidade, em termos de turbidez, dos efluentes de duas unidades de filtração em escala-piloto, confirmou esta assertiva. Para tal foram realizadas determinações deste parâmetro com equipamentos de bancada e de escoamento contínuo de mesmo fabricante. A partir dos resultados experimentais foram efetuados testes de confiabilidade e de validade

<sup>45</sup> Lusardi, P. J. & Consonery, P. J. – Factors affecting filtered water turbidity, JAWWA, v.91, n.12, p.28-40, December 1999.

<sup>46</sup> Teixeira, A. R.; Santos, E. C. P.; Di Bernardo, L.; Heller, L. Pádua, V. L. & Libânio, M. - A confiabilidade analítica dos valores de turbidez da água filtrada e seu efeito no cumprimento do padrão de potabilidade, Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v.9, n.1, p. 66-73, janeiro/março 2004.

	FM-ENG-001		
Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>67/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

– considerando o turbidímetro de bancada como padrão -, com os pontos de corte definidos consoante com as recomendações da Portaria 518<sup>47</sup> (< 0,5 uT) e do padrão americano (< 0,3 uT). Por fim, efetuou-se análise de variância e determinou-se o intervalo de confiança de 95% para a média dos dados amostrais. Os resultados da análise estatística corroboraram a constatação de que as determinações de turbidez estão condicionadas aos distintos princípios de funcionamento dos equipamentos. Se tal fato é de pequena relevância para água bruta afluyente à estação de tratamento, não o é para a água filtrada pela nítida perspectiva da sucessão de padrões de potabilidade progressivamente mais restritivos. As determinações médias de turbidez com o emprego do equipamento de bancada ( $1,0474 \pm 0,3664$  uT) superaram em quase 30% às obtidas com o de escoamento contínuo ( $0,8097 \pm 0,2834$  uT).

A despeito desta limitação, nas dez estações de tratamento de água avaliadas o monitoramento da turbidez da água tratada efetuava-se por meio de turbidímetros de bancada, como de resto na imensa maioria das estações no Brasil, tornando sob este prisma a análise dos registros de turbidez efluente das estações mais fidedigna.

## 6.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para avaliação do desempenho da estação de tratamento de água de Linhares, realizou-se também o teste de hipótese de Levene. A dificuldade de obtenção dos dados em meio digital culminou com o emprego de 400 registros de turbidez da água tratada referentes ao período de 01/11/2015 a 10/12/2015. Separaram-se os registros em dois períodos (antes e após 20 de novembro de 2015) para a aplicação do referido teste. Cabe ressaltar, que no período amostrado como consequência da construção do barramento emergencial no rio Pequeno<sup>48</sup>, não houve contato das águas do rio Doce com a lagoa Juparanã.

Desta forma, o teste de Levene prestou-se a avaliar a uniformidade do desempenho da estação de tratamento de Linhares no início do período chuvoso coincidente com a ruptura da barragem do Fundão. Com tal objetivo, verificou-se que no primeiro período avaliado (01~20/11/2015) praticamente não houve precipitação na bacia da lagoa Juparanã (apenas

<sup>47</sup> Ministério da Saúde - Portaria 518: Normas e padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano, Brasília, março, 2004.

<sup>48</sup> Pequeno curso d'água que conecta a Lagoa Juparanã ao Rio Doce onde se localiza a unidade de captação direta para adução de água bruta à estação de tratamento de Linhares.

	FM-ENG-001		
Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>68/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

4 mm), enquanto no período subsequente (21/11~10/12/2015) registrou-se altura de 43,6 mm.

A avaliação das nove estações de Governador Valadares e Colatina baseou-se na elaboração de gráficos de *box-plot* comparando os registros apresentados com a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde. Esta avaliação fundamentou-se em somatório de 8.092 registros das concentrações afluentes e efluentes de alumínio dissolvido (1454), ferro dissolvido (1349), manganês (1456), arsênio total (1453), cromo total (1455) e zinco total (1450). A dificuldade de obtenção dos registros de turbidez da água tratada anteriores ao rompimento da barragem do Fundão inviabilizou a aplicação do teste de hipótese de Levene.

### 6.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, conforme mencionado, a avaliação da qualidade da água tratada das dez estações de Linhares, Governador Valadares e Colatina considerou-se a turbidez efluente e as concentrações de metais e metais-traço<sup>49</sup>. Em relação à primeira estação, na Figura 6-2 apresenta-se a frequência acumulada da turbidez da água bruta nos dois períodos assinalados.

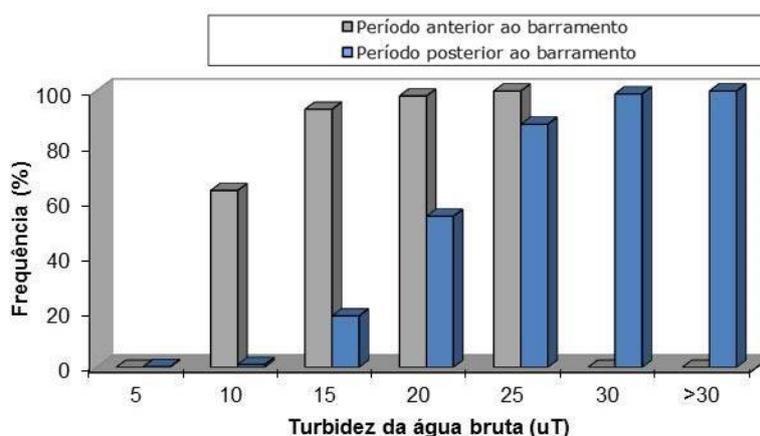


Figura 6-2 - Frequência acumulada dos registros de turbidez da água bruta afluente à estação de tratamento de Linhares.

<sup>49</sup> Utilizaram-se as concentrações de metais e metais-traço para avaliar o desempenho das estações cujas captações efetuavam-se no Rio Doce, à exceção da estação IFES de Colatina.

	FM-ENG-001		
Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS  LINHARES – ES  ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE  BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089  RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL  ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE  CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>69/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Na Figura 6-2 é possível observar a elevação da turbidez afluente à estação no período compreendido entre 21/11/2015 e 10/12/2018, consequência do maior volume de chuva (43,6 mm comparado a 4,0 mm no período anterior). Similarmente, elaborou-se a Figura 6-3 na qual se apresenta a frequência acumulada da turbidez da água tratada nos dois períodos avaliados.

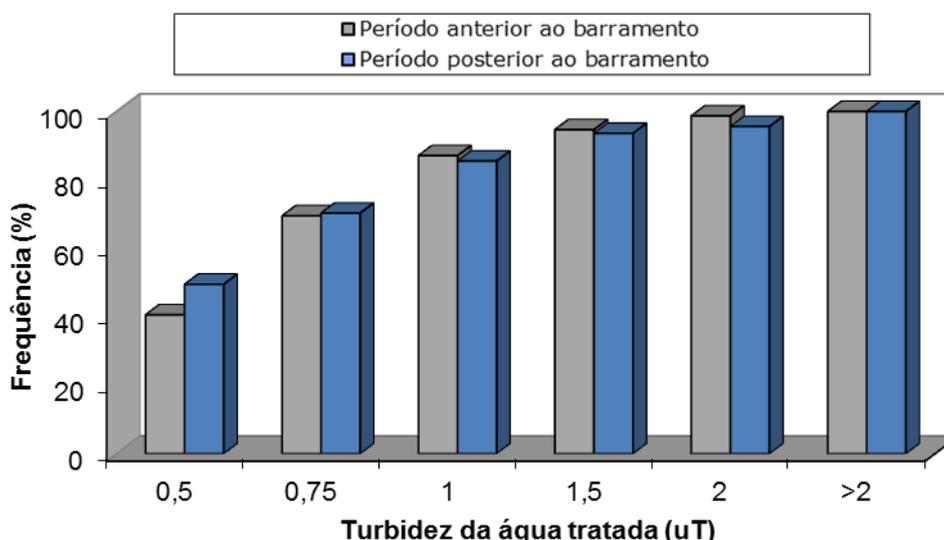


Figura 6-3 - Frequência acumulada dos registros de turbidez da água tratada efluente da estação de tratamento de Linhares.

A partir da Figura 6-3 evidencia-se que não houve elevação da turbidez da água tratada no período com maior volume de chuvas, que culminou com aumento da turbidez da água bruta. Pode-se aludir inclusive à melhoria virtual na qualidade do efluente pelo aumento da porcentagem de amostras com turbidez inferior a 0,5 uT, requisito do padrão de potabilidade que passou a vigor em dezembro de 2015 referindo-se a 95% das amostras de água tratada.

Em segunda etapa, realizou-se o teste de hipótese de Levene que, como esperado, apontou ausência de variância entre os registros de turbidez efluente da estação de Linhares nos dois períodos avaliados. Em outras palavras, considerando-se a turbidez efluente como indicador, não há alteração no desempenho da estação de Linhares no período chuvoso. Tal assertiva permite afirmar que mantidas as condições adequadas de operação da estação, as concentrações dos metais e metais-traço na água tratada devem ser inferiores aos limites

	FM-ENG-001		
Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>70/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

estabelecidos pela mencionada Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, conforme poderá ser visto na análise dos resultados das estações de tratamento de água de Governador Valadares e Colatina.

Analisou-se as concentrações de turbidez e metais na água bruta para as duas estações de Governador Valadares e as três estações de Colatina, a partir de dados do PMQQS, por meio de gráficos *box-plot* apresentados nas figuras (Figura 6-4, Figura 6-5 e Figura 6-6).

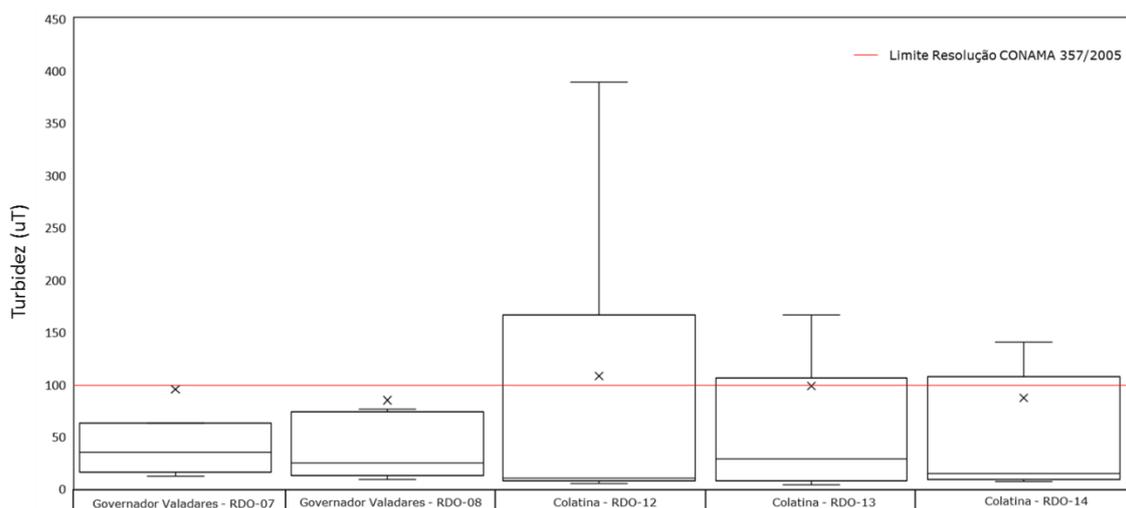


Figura 6-4 - Turbidez na água bruta nas estações de monitoramento em Governador Valadares (RDO 07 e RDO 08) e Colatina (RDO 12, RDO 13 e RDO 14). Fonte dos dados: PMQQS (08/2017 a 07/2018).

Nº da revisão:	00			
Elaborador:	EPC			
Aprovador:	Willians de Souza Arruda			
Data da aprovação:	11/12/2017			
Periodicidade da revisão:	Anual			
Abrangência:	Corporativa			
Classificação:	Público			
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS  LINHARES – ES  ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE  BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089  RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL  ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE  CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>			Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>71/149</b>
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

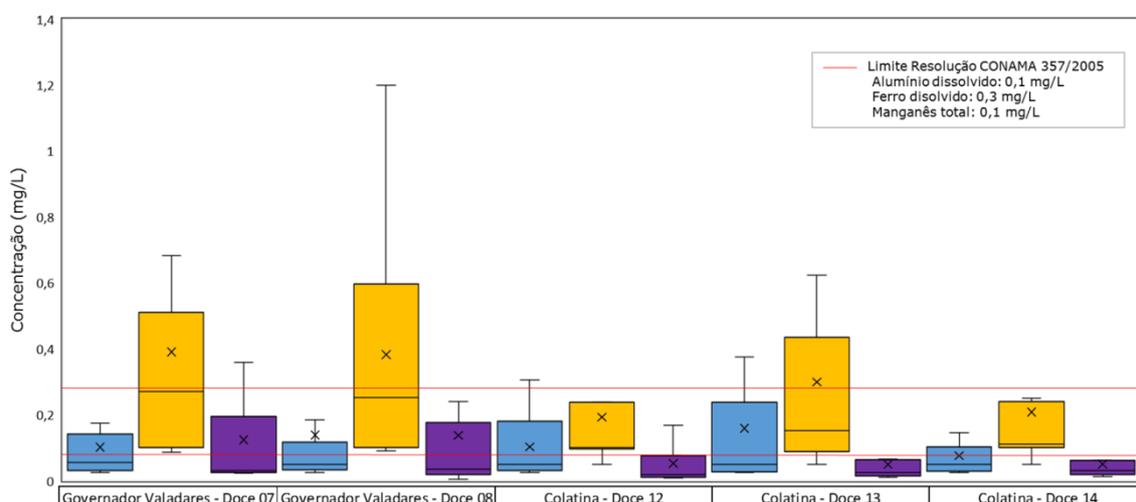


Figura 6-5 – Concentração dos parâmetros alumínio dissolvido, ferro dissolvido e manganês total na água bruta nas estações de monitoramento em Governador Valadares (RDO 07 e RDO 08) e Colatina (RDO 12, RDO 13 e RDO 14). Fonte dos dados: PMQQS (08/2017 a 07/2018).

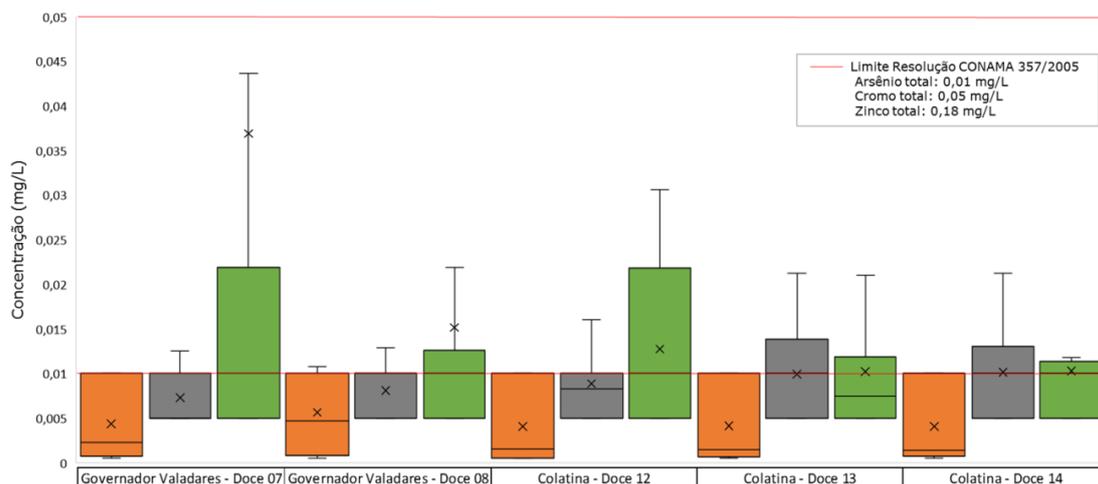


Figura 6-6 - Concentração dos parâmetros arsênio total, cromo total e zinco total na água bruta nas estações de monitoramento em Governador Valadares (RDO 07 e RDO 08) e Colatina (RDO 12, RDO 13 e RDO 14). Fonte dos dados: PMQQS (08/2017 a 07/2018).

Analisou-se também, por meio de gráficos *box-plot*, a turbidez e as concentrações de metais na água tratada de cinco estações em Governador Valadares e de quatro estações em Colatina, a partir de dados de monitoramentos da RENOVA, apresentados nas figuras (Figura 6-7, Figura 6-8, Figura 6-9, Figura 6-10 e Figura 6-11). Cabe salientar que à estação

	FM-ENG-001		
Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>72/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

IFES de Colatina, após o rompimento da barragem do Fundão, passou a afluir água bruta captada no rio São João Pequeno.

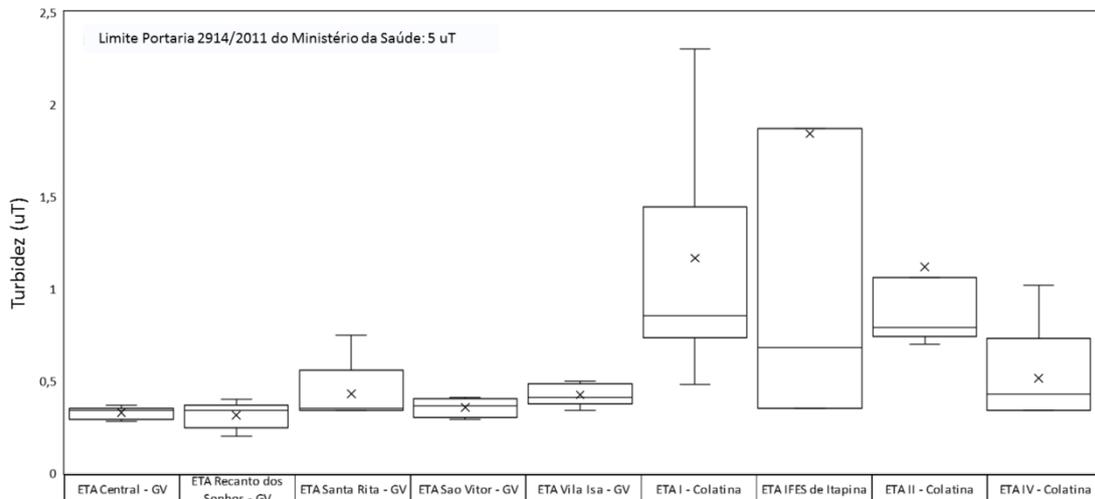


Figura 6-7- Concentrações de turbidez no efluente das cinco estações de tratamento de água de Governador Valadares/MG e das quatro de Colatina/ES. Fonte dos dados: Monitoramento RENOVA (11/2015 a 04/2018).

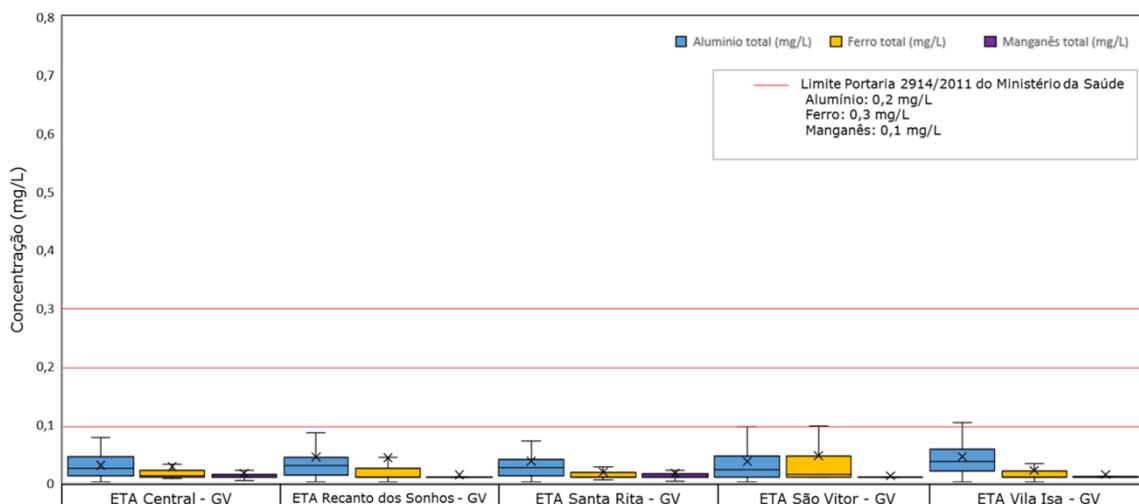


Figura 6-8 - Concentrações de alumínio, ferro e manganês totais no efluente das cinco estações de tratamento de Governador Valadares/MG. Fonte dos dados: Monitoramento RENOVA (11/2015 a 04/2018).

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>73/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

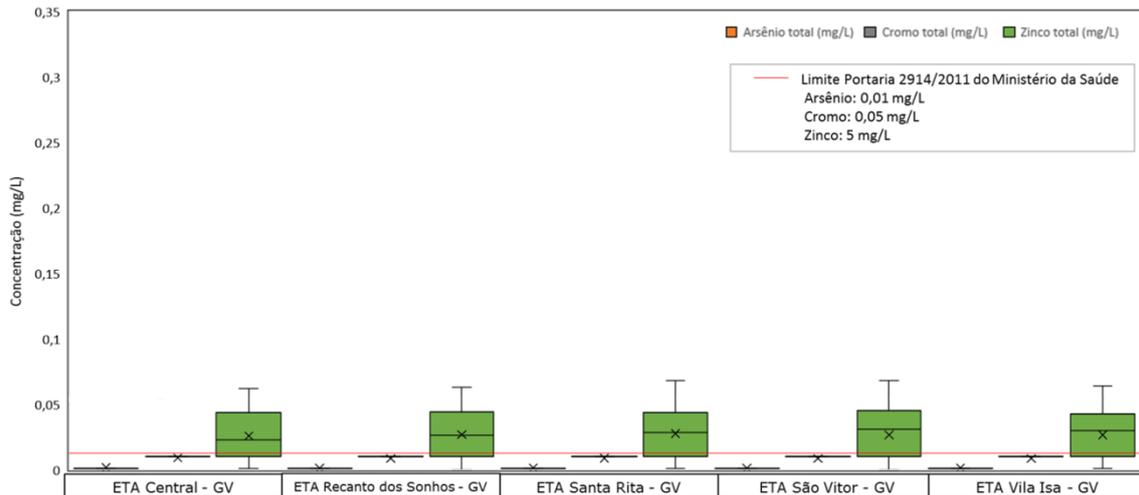


Figura 6-9 - Concentrações de arsênio, cromo e zinco totais no efluente das cinco estações de tratamento de Governador Valadares/MG. Fonte dos dados: Monitoramento RENOVA (11/2015 a 04/2018).

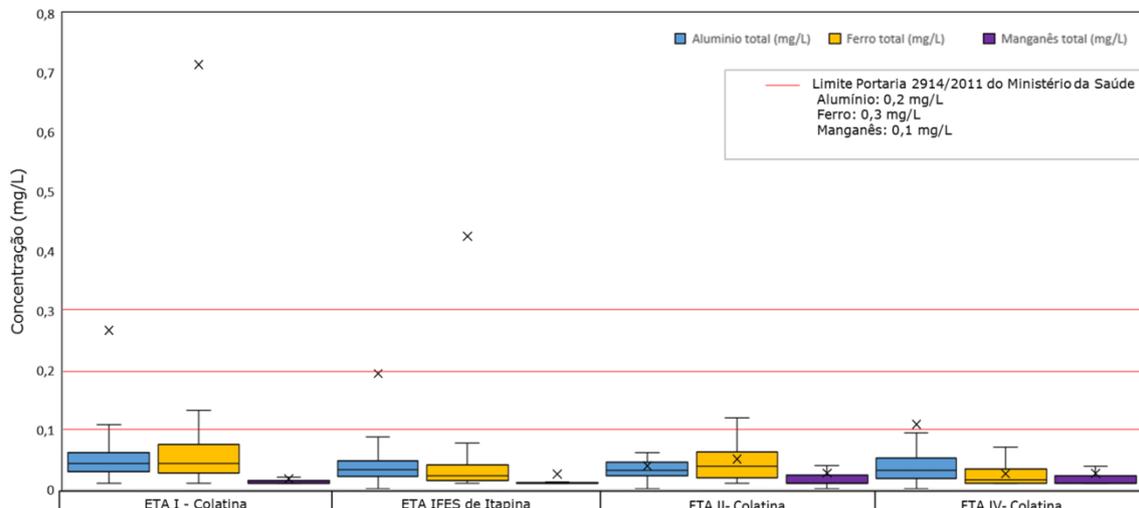


Figura 6-10 - Concentrações de alumínio, ferro e manganês totais no efluente das quatro estações de tratamento de Colatina/ES. Fonte dos dados: Monitoramento RENOVA (11/2015 a 04/2018).

	FM-ENG-001		
Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>74/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

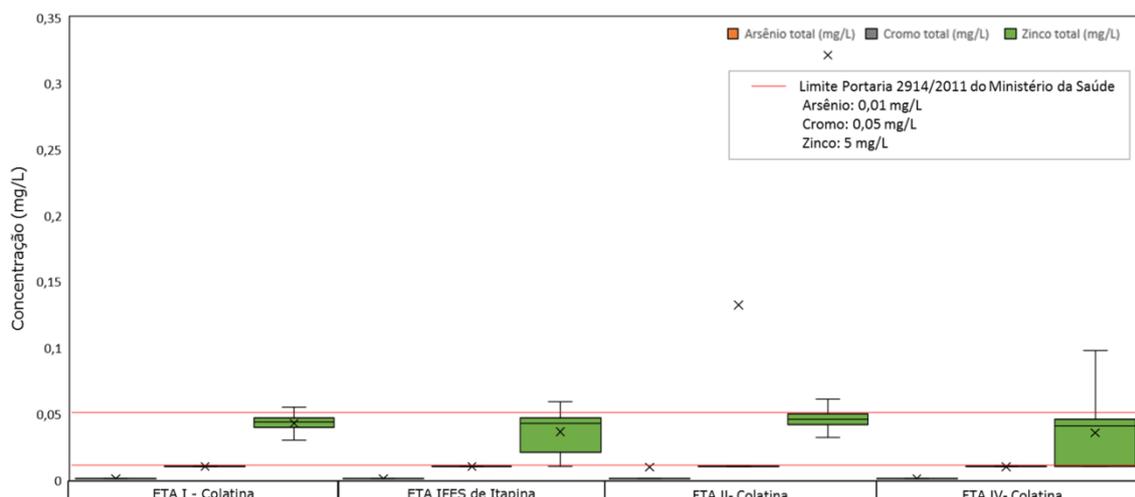


Figura 6-11 - Concentrações de arsênio, cromo e zinco totais no efluente das quatro estações de tratamento de Colatina/ES. Fonte dos dados: Monitoramento RENOVA (11/2015 a 04/2018).

Da análise das figuras (Figura 6-7, Figura 6-8, Figura 6-9, Figura 6-10 e Figura 6-11) infere-se que das nove estações de tratamento efluí água tratada com concentrações consistentemente inferiores aos limites estabelecidos pelo padrão de potabilidade vigente, no que se refere aos metais, metais-traço e turbidez avaliados. Eventuais não atendimentos ao padrão, sobretudo nas ETA's de Colatina, podem estar associados ao período de ajuste operacional das estações, ocorrido nos dias subsequentes após a passagem da pluma de rejeitos.

Por fim, aplicou-se novamente o teste de hipótese de Levene para a estação Central de Governador Valadares. Como não se dispôs dos registros de água tratada anteriores ao rompimento da barragem do Fundão, comparou-se a turbidez efluente imediatamente após o retorno da operação da estação com os dois períodos chuvosos subsequentes. Ou seja, utilizaram-se dados do PMQQS referentes ao período de novembro/2015 a abril/2016, comparando-os aos períodos de novembro/2016 a abril/2017 e ao período de novembro/2017 a abril/2018, totalizando 63 registros de turbidez da água tratada.

As médias da turbidez da água tratada nos três mencionados períodos foram 1,56 uT, 0,35 uT e 0,49 uT, respectivamente. Como seria de se esperar, os dois testes de hipótese de Levene rejeitaram a hipótese da igualdade da variância dos registros de turbidez efluente. Portanto, sabendo-se que a média entre os períodos diminuiu, pode-se afirmar que o

	FM-ENG-001		
Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS  LINHARES – ES  ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE  BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089  RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL  ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE  CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>75/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

desempenho da estação Central de Governador Valadares, calcado na turbidez da água tratada, melhorou nos dois períodos chuvosos subsequentes ao rompimento da barragem do Fundão.

Dessa forma, verifica-se que não há comprometimento para o abastecimento público para os municípios de Colatina e Governador Valadares, que captam água do rio Doce.

## 7 AVALIAÇÃO QUALIDADE DE SEDIMENTOS

### 7.1 BASE DE DADOS

A primeira fonte de dados e informações utilizada na avaliação da qualidade de sedimentos consistiu no Atlas Geoquímico da Bacia do Rio Doce, elaborado pela CPRM (2016), com dados levantados em 2010 e 2011. Os resultados dessas campanhas foram compilados em mapas de contorno dos elementos químicos, dos quais foram elaborados textos com a interpretação desses mapas, com ênfase à calha do rio Doce.

Utilizou-se também os dados compilados e constantes no Relatório Golder (2017), referente ao período emergencial, com levantamentos realizados entre novembro de 2015 e março de 2017. Desse relatório foram considerados 12 pontos de coletas ao longo do rio Doce, em até 16 campanhas (mensais), conforme o ponto e o parâmetro analisado, distribuídos nos seguintes períodos: T1 (06 de novembro de 2015 a 31 de dezembro de 2015), correspondente à passagem da pluma de rejeitos; T2 (01 de janeiro de 2016 a 31 de março de 2016), correspondente ao primeiro período chuvoso; T3 (01 de abril de 2016 a 30 de setembro de 2016), correspondente ao primeiro período de estiagem; e T4 (1 de outubro de 2016 a 31 de março de 2017), corresponde ao segundo período chuvoso. Os dados foram interpretados a partir dos gráficos e textos desse relatório.

Para o período atual foram utilizados os registros digitais do banco de dados do PMQQS, validados pelo CIF, compreendendo os levantamentos realizados entre outubro de 2017 e julho de 2018, em 18 pontos de coletas ao longo da calha do rio Doce; e, de agosto de 2017 a julho de 2018, em 6 pontos de coletas nas lagoas Nova e Juparanã. Para a lagoa Nova ainda foram utilizados os dados digitais do monitoramento do IEMA realizado durante o

Nº da revisão:	00			
Elaborador:	EPC			
Aprovador:	Willians de Souza Arruda			
Data da aprovação:	11/12/2017			
Periodicidade da revisão:	Anual			
Abrangência:	Corporativa			
Classificação:	Público			
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>			Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>76/149</b>
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

período emergencial, compreendendo campanhas mensais entre fevereiro de 2016 e julho de 2017.

Ressalta-se que todos esses levantamentos adotaram a mesma marcha analítica, qual seja, o não fracionamento das amostras de sedimentos, e métodos de determinação por espectrometria de emissão atômica com fonte de plasma - ICP-OES, e espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado - ICP-MS, com ataque com ácido fraco para abertura parcial. Demais trabalhos técnicos e/ou acadêmicos realizados na bacia hidrográfica do rio Doce, ou não adotaram as mesmas marchas analíticas empregadas nesses levantamentos, ou não atenderam critérios de espacialidade, objeto deste relatório.

O Quadro 7-1 apresenta uma síntese dos métodos utilizados na caracterização regional e local da qualidade de sedimentos.

Quadro 7-1 - Síntese dos métodos da caracterização regional e local da qualidade de sedimentos.

Fonte dos dados	Metodologia	Período	Estações	
			Análise Regional	Análise Local
<b>CPRM – Atlas Geoquímico da Bacia do Rio Doce</b>	Interpretações dos mapas de contorno de elementos químicos (parâmetros) e textos conclusivos do atlas geoquímico da CPRM (2016);	2010 e 2011	[1]	[1]
<b>GOLDER – Relatório PMQQS</b>	Interpretações de gráficos e textos do relatório GOLDER.	Período emergencial (novembro 2015 a março 2017)	12 pontos de monitoramento no rio Doce; até 16 campanhas (mensais);	-
<b>PMQQS</b>	Análises de tendências por meio de gráficos bidimensionais das variações das concentrações dos parâmetros no tempo e/ou espaço.	Outubro 2017 a julho 2018 (trimestrais)	18 pontos de monitoramento no rio Doce (4 campanhas);	Lagoa Nova (LNV01, LNV02, LNV03); Lagoa Juparanã (LJP01, LJP02, LJP03);
<b>IEMA</b>	Análises de tendências por meio	Período emergencial (fevereiro 2016 a julho	-	Lagoa Nova (N1, N2, N3)

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público	<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>	
		Nº CONTRATADA	PÁGINA
		<b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	<b>77/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
		<b>N024500-B-1RT008</b>	<b>01</b>

Fonte dos dados	Metodologia	Período	Estações	
			Análise Regional	Análise Local
	de gráficos bidimensionais das variações das concentrações dos parâmetros no tempo e/ou espaço	2017)		

[1] Não se aplica.

## 7.2 PARÂMETROS ANALISADOS

Para a avaliação de qualidade de sedimentos, foram selecionados os seguintes metais e semi-metais: arsênio, cádmio, chumbo, cromo, cobre, mercúrio, níquel, zinco, ferro, manganês e alumínio. Em virtude da ausência de uma legislação específica para determinação de níveis de contaminação em sedimento para fins de monitoramento, foi utilizada como referência a Resolução CONAMA nº 454/2012, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.

Para os parâmetros arsênio, cádmio, chumbo, cromo, cobre, mercúrio, níquel e zinco foram adotados os padrões preconizados pela Resolução CONAMA nº 454/2012, considerando as concentrações de Nível 1, que representa o limiar abaixo do qual **não existem** efeitos adversos à biota, e, as concentrações de Nível 2, limiar acima do qual **existem** efeitos adversos à biota (Tabela 7-1).

Tabela 7-1 - Concentrações preconizadas pela Resolução CONAMA nº 454/2012 para Níveis 1 e 2, para diferentes parâmetros (elementos).

Elemento	Nível 1 (mg/kg)	Nível 2 (mg/kg)
Arsênio	5,9	17
Cádmio	0,6	3,5
Chumbo	35	91,3
Cobre	35,7	197
Cromo	37,3	90
Mercúrio	0,17	0,486
Níquel	18	35,9
Zinco	123	315

Nº da revisão:	00			
Elaborador:	EPC			
Aprovador:	Willians de Souza Arruda			
Data da aprovação:	11/12/2017			
Periodicidade da revisão:	Anual			
Abrangência:	Corporativa			
Classificação:	Público			
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS  LINHARES – ES  ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE  BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089  RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL  ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE  CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>			Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>78/149</b>
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Para ferro, manganês e alumínio a Resolução CONAMA nº 454/2012 não estabelece concentrações limites. De forma a se obter algum tipo de referencial para comparação dos resultados dos levantamentos, adotou-se as maiores concentrações obtidas pelos levantamentos da CPRM (2016), para um referencial máximo; e, a mediana do conjunto de dados obtidos pelo PMQQS do período atual, para um referencial intermediário, a partir de julgamento de engenharia. Essas concentrações são apresentadas na Tabela 7-2.

Tabela 7-2 - Concentrações adotadas para referencial intermediário e máximo, para os parâmetros (ferro, manganês e alumínio).

Elemento	Referencial Intermediário Mediana (mg/kg)	Referencial Máximo CPRM (mg/kg)
Ferro	19.449	96.660
Manganês	297	1.534
Alumínio	2.355	4.920

### 7.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

De forma a sistematizar a busca dos registros históricos sobre sedimentos foram observados aspectos relacionados à espacialidade e à temporalidade dos eventos. A espacialidade considerou toda a extensão do rio Doce, desde os seus formadores, os rios do Carmo e Piranga, até a sua foz, incluindo também as lagoas Nova e Juparanã. Já a temporalidade considerou o período anterior ao rompimento da barragem do Fundão; o período emergencial, ou seja, imediatamente após o rompimento da barragem, caracterizado pela passagem da pluma de rejeitos ao longo do rio Doce até sua foz; e o período após a passagem da pluma até a atualidade.

Além desses aspectos, foram considerados a frequência das coletas, ou seja, o número de campanhas, assim como os procedimentos metodológicos, em especial as marchas analíticas adotadas para preparação das amostras e métodos de análises, de forma a se manter uma mesma base metodológica e permitir a comparação de resultados.

Sobre o recorte espacial, para a caracterização regional foram adotados os trechos Alto, Intermediários 1 e 2, e Baixo Rio Doce, apresentados na

Tabela 7-3, e para a caracterização local o trecho Baixo Rio Doce, as lagoas Nova e Juparanã e o estuário, apresentados na Tabela 7-4.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público	<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>	
		Nº CONTRATADA	PÁGINA
		<b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	<b>79/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
		<b>N024500-B-1RT008</b>	<b>01</b>

Tabela 7-3 - Recorte espacial para a caracterização regional de qualidade de sedimentos.

Recorte Espacial Regional	Caracterização
Alto	Das nascentes até a UHE Candonga
Intermediário 1	Da UHE Candonga até a UHE Baguari
Intermediário 2	Da UHE Baguari até UHE Mascarenhas
Baixo	Da UHE Mascarenhas até Foz

Tabela 7-4 - Recorte espacial para a caracterização local de qualidade de sedimentos.

Recorte Espacial Local	Caracterização
Baixo	Da UHE Mascarenhas até Linhares
Lagoa Nova	
Lagoa Juparanã	
Estuário	Regência

Para ambos os recortes adotaram-se os períodos, anterior ao rompimento, emergencial, e atual, apresentados na Tabela 7-5.

Tabela 7-5 - Períodos considerados nas interpretações dos resultados de qualidade de sedimentos.

Períodos	Caracterização	
Anterior ao rompimento	2010/2011	
Emergencial	T1	6 nov/2015 a 31 dez/2015 – passagem da pluma de rejeitos
	T2	1 jan/2016 a 31 mar/2016 – primeiro período de chuva
	T3	1 abr/2016 a 30 set/2016 - primeiro período de estiagem
	T4	1 out/2016 a 31 mar/2017 - segundo período de chuva
Atual	ago/2017 a jul/2018	

Devido à limitação de fonte de dados digitais e à impossibilidade de gerar um banco de dados único e abrangente que pudessem suportar a aplicação de análises estatísticas, foram realizadas interpretações dos mapas de contorno de elementos químicos (parâmetros), assim como os textos conclusivos do Atlas Geoquímico da CPRM (2016); os gráficos e textos do Relatório Golder - Período Emergencial (2017); e análises de tendências para os dados do PMQQS (período atual), e do monitoramento do IEEMA, para a lagoa Nova (período emergencial), por meio de gráficos bidimensionais das variações das concentrações dos parâmetros no tempo e/ou espaço.

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>		
Elaborador:	EPC			
Aprovador:	Willians de Souza Arruda			
Data da aprovação:	11/12/2017			
Periodicidade da revisão:	Anual			
Abrangência:	Corporativa			
Classificação:	Público			
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>			Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>80/149</b>
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

## 7.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.4.1 Caracterização regional da qualidade de sedimentos

Uma síntese dos resultados considerando-se trechos da caracterização regional e os diferentes períodos para os parâmetros investigados é apresentada no Quadro 7-2. Os resultados e interpretações para cada parâmetro são apresentados no Anexo I.

Quadro 7-2 - Síntese dos resultados da caracterização regional da qualidade de sedimentos.

	Período Pré Rompimento	Período Emergencial				Período Atual
		T1	T2	T3	T4	
<b>Alto</b>	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al
<b>Intermediário 1</b>	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al
<b>Intermediário 2</b>	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al
<b>Baixo</b>	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al

Arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cromo (Cr), cobre (Cu), mercúrio (Hg), níquel (Ni), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn), e alumínio (Al).

Parâmetros preconizados na Resolução CONAMA nº 454/2012, em vermelho, concentrações acima do Nível 2; em amarelo, concentrações entre os Níveis 2 e 1; e, em azul, concentrações abaixo do Nível 1. Para Fe, Mn e Al, nos períodos pré-rompimento e emergencial, em preto, concentrações consideradas elevadas; em branco, concentrações consideradas baixas; e para o período atual, em vermelho, concentrações acima do referencial do CPRM (2016); em amarelo, concentrações entre o referencial CPRM (2016) e a mediana; e azul, abaixo da mediana (vide métodos). Em cinza, sem informação.

Em relação ao período anterior ao rompimento da barragem, ao analisar as informações do Atlas (CPRM, 2016), verificou-se que as concentrações de alguns metais em sedimentos encontravam-se elevadas em alguns trechos da bacia e mesmo no rio Doce, excedendo o Nível 1, e até o Nível 2, em alguns casos, em decorrência de atividades antropogênicas

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público	<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS  LINHARES – ES  ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE  BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089  RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL  ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE  CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>	
		Nº CONTRATADA	PÁGINA
		<b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	<b>81/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
		<b>N024500-B-1RT008</b>	<b>01</b>

históricas e atuais, ou mesmo naturalmente, como é o caso do As, Cd, Pb, Cr, Hg, Fe, Mn, Al, por exemplo. Com relação ao período emergencial, observou-se uma elevação das concentrações desses metais logo após o rompimento da barragem (T1/T2), em decorrência da passagem da pluma de rejeitos, seguida de redução em vários trechos (T3), e uma leve elevação em T4 (Golder, 2017).

Admitindo-se a baixa concentração ou mesmo a ausência dos elementos As, Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Ni e Zn nos rejeitos estocados, hipotetiza-se que a pluma de rejeitos durante sua passagem pela calha do rio Doce, remobilizou esses elementos, tornando-se disponíveis na coluna d'água, redistribuindo os pacotes sedimentares contendo esses elementos nos trechos mais inferiores do rio, e na zona costeira adjacente à foz (Golder, 2017).

Mais recentemente, ao analisar os dados do monitoramento de sedimentos do PMQQS, observa-se que as concentrações de alguns metais nos sedimentos tendem a reduzir com o passar do tempo e/ou no sentido nascente-foz, outros permanecem elevados onde historicamente já se encontravam assim, e outros encontram-se com concentrações que não oferecem riscos à biota.

#### 7.4.2 Caracterização local da qualidade de sedimentos

Analogamente à caracterização regional, uma síntese dos resultados considerando-se a abordagem local, na porção capixaba, e os diferentes períodos para os parâmetros investigados é apresentada no Quadro 7-3, para seu melhor entendimento. Os resultados e interpretações para cada parâmetro são apresentados no Anexo II.

Na lagoa Nova as concentrações de Al nos sedimentos oscilaram acima da mediana, atingindo o referencial CPRM (2016) durante os períodos emergencial e atual, enquanto que, as concentrações dos demais metais encontram-se abaixo do Nível 1 e do referencial intermediário (IEMA; PMQQS). Em relação à lagoa Juparanã, com base nos dados do PMQQS, as concentrações de As e Cr nos sedimentos oscilaram acima do Nível 1, as de Fe e Mn se encontram acima das respectivas medianas, e Al apresentavam acima do referencial da CPRM. Já, no Baixo Rio Doce e no Estuário as concentrações dos parâmetros investigados oscilaram acima dos padrões e referenciais, especialmente durante o período emergencial, e encontram-se atualmente abaixo do Nível 1 e das medianas, exceto o Al no Estuário, segundo dados do PMQQS.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>82/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Os parâmetros As, Cd, Cr, Fe, Mn e Al foram os que apresentaram as maiores oscilações de suas concentrações nos sedimentos, durante os diferentes períodos e nos diferentes locais. Essas oscilações estão apresentadas nas figuras (Figura 7-1 a Figura 7-6), para seu melhor entendimento.

A alteração de Al na lagoa Nova acima do referencial máximo da CPRM, em um primeiro momento, poderia estar associada ao contato temporário das águas do rio Doce com rejeitos, ocorrido antes da construção do barramento emergencial. No entanto, essa mesma alteração é observada na lagoa Juparanã, onde não houve contato com as águas do rio Doce após o rompimento, sugerindo que essa anomalia possa estar associada à gênese geológica de ambas as bacias. Esta hipótese é reforçada a partir da interpretação do Atlas Geoquímico da CPRM, que indica concentrações naturais de Al variado de média a alta na porção dessas bacias hidrográficas, conforme pode ser visto na Figura A2-21 do Anexo 02.

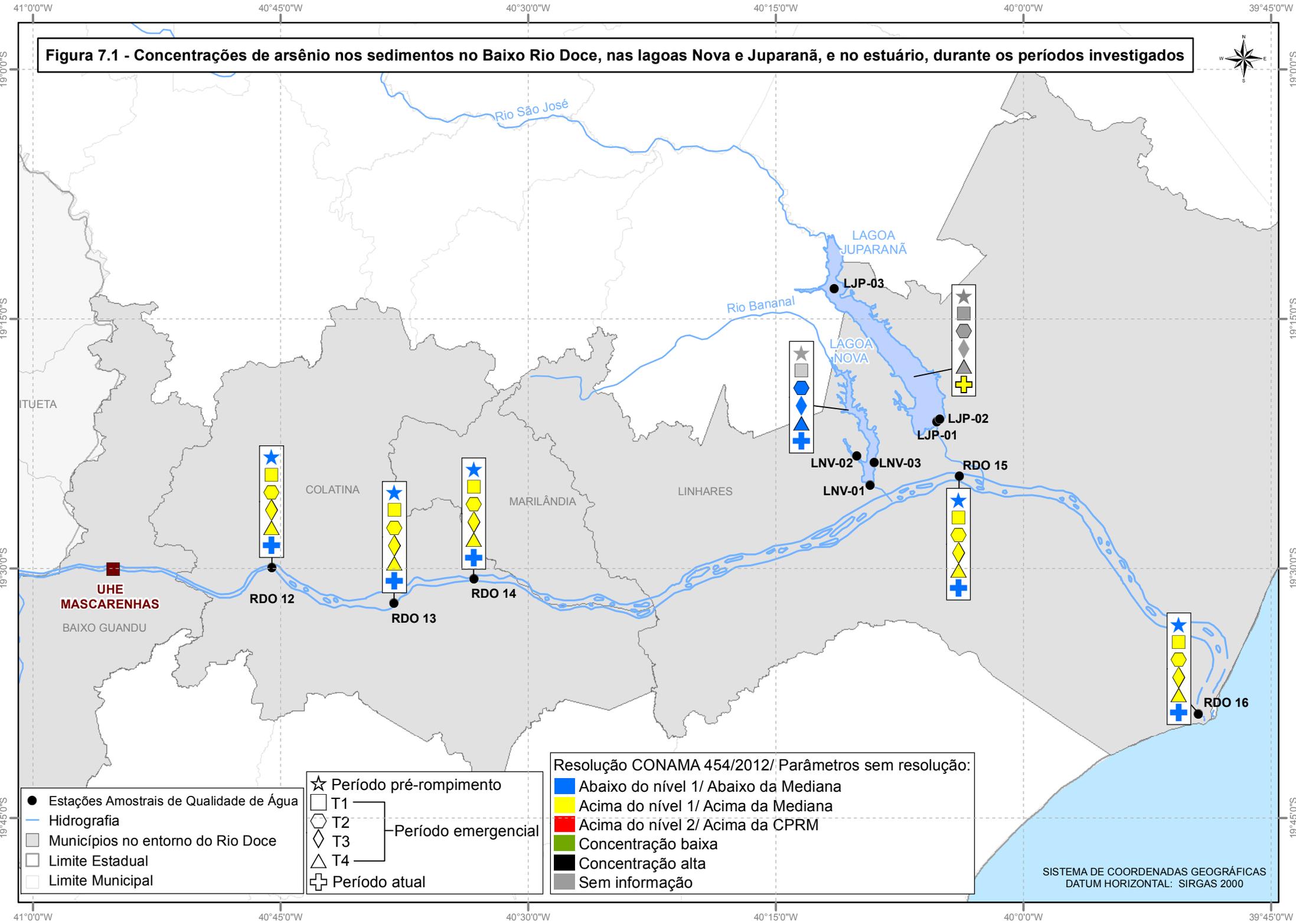
Quadro 7-3 - Síntese dos resultados da caracterização local da qualidade de sedimentos.

	Período Pré Rompimento	Período Emergencial				Período Atual
		T1	T2	T3	T4	
Baixo Rio Doce	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al
Lagoa Nova	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al
Lagoa Juparanã	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al
Estuário	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al	As Cd Pb Cr Cu Hg Ni Zn Fe Mn Al

Arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cromo (Cr), cobre (Cu), mercúrio (Hg), níquel (Ni), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn), e alumínio (Al).

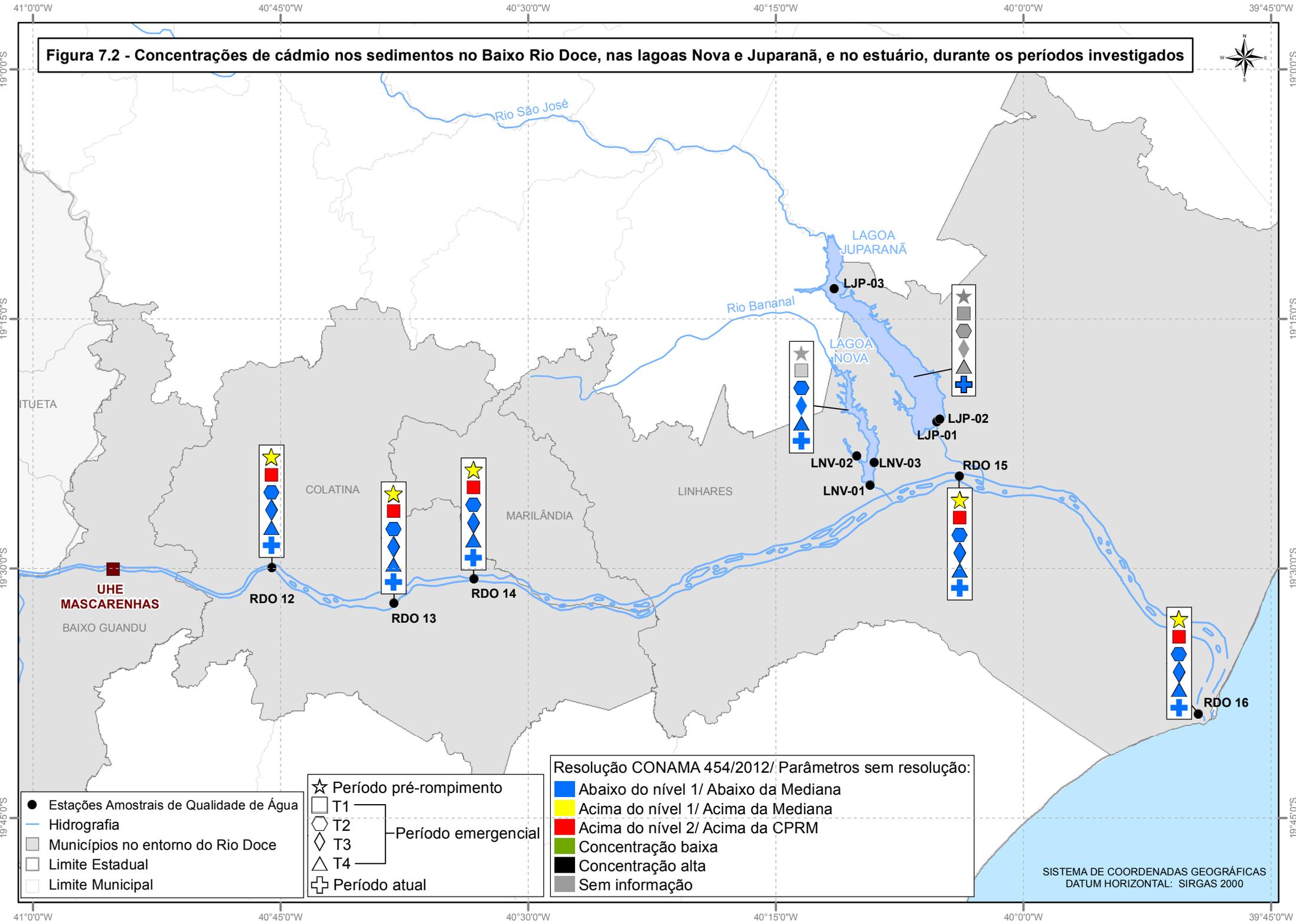
Parâmetros preconizados na Resolução CONAMA nº 454/2012, em vermelho, concentrações acima do Nível 2; em amarelo, concentrações entre os Níveis 2 e 1; e, em azul, concentrações abaixo do Nível 1. Para Fe, Mn e Al, nos períodos pré-rompimento e emergencial, em preto, concentrações consideradas elevadas; em branco, concentrações consideradas baixas, exceto para a lagoa Nova no período emergencial, que adotou o mesmo critério para o período atual, qual seja, em vermelho, concentrações acima do referencial do CPRM (2016); em amarelo, concentrações entre o referencial CPRM (2016) e a mediana; e azul, abaixo da mediana (vide métodos). Em cinza, sem informação.

**Figura 7.1 - Concentrações de arsênio nos sedimentos no Baixo Rio Doce, nas lagoas Nova e Juparanã, e no estuário, durante os períodos investigados**

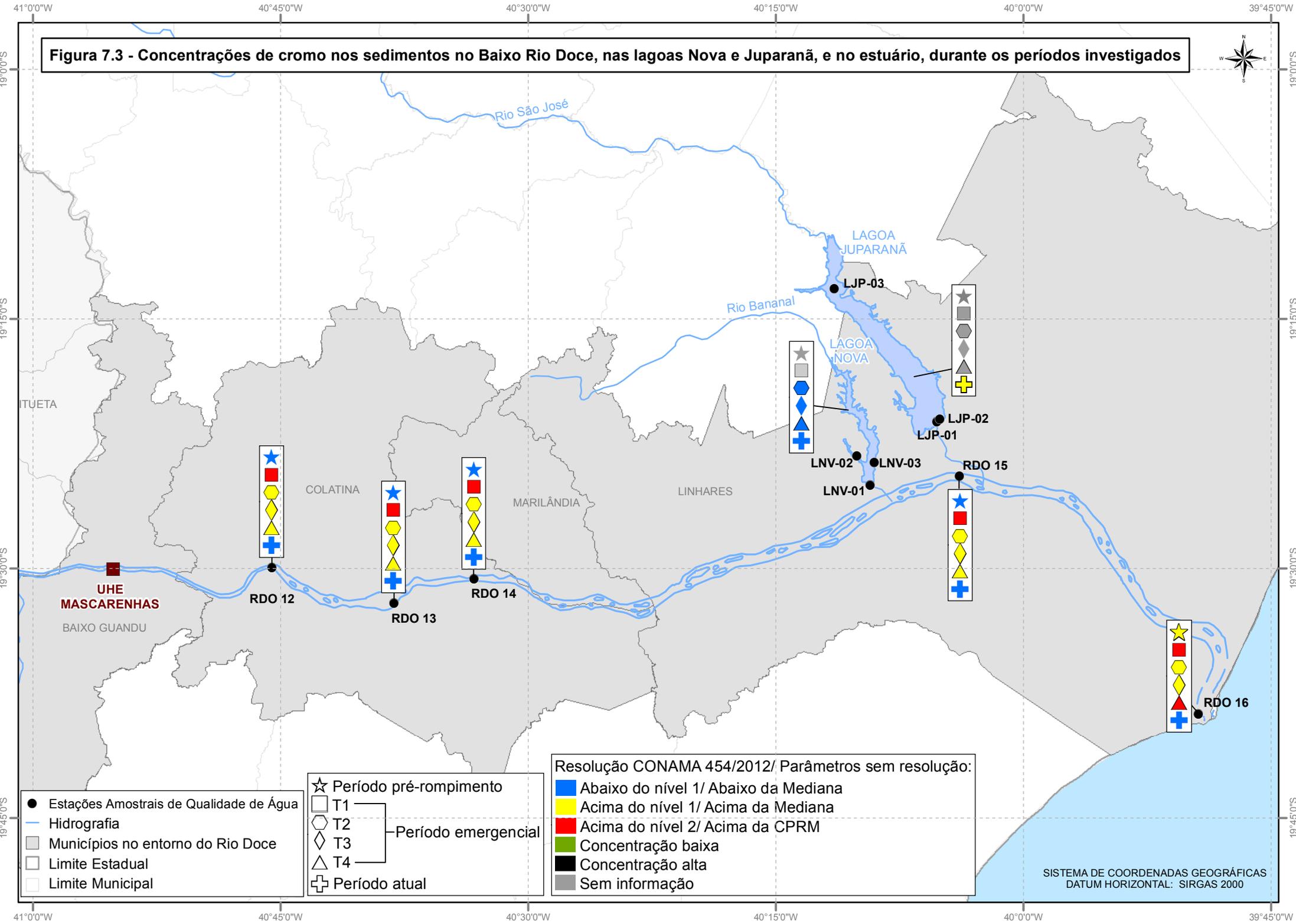


SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS  
DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000

**Figura 7.2 - Concentrações de cádmio nos sedimentos no Baixo Rio Doce, nas lagoas Nova e Juparanã, e no estuário, durante os períodos investigados**



**Figura 7.3 - Concentrações de cromo nos sedimentos no Baixo Rio Doce, nas lagoas Nova e Juparanã, e no estuário, durante os períodos investigados**



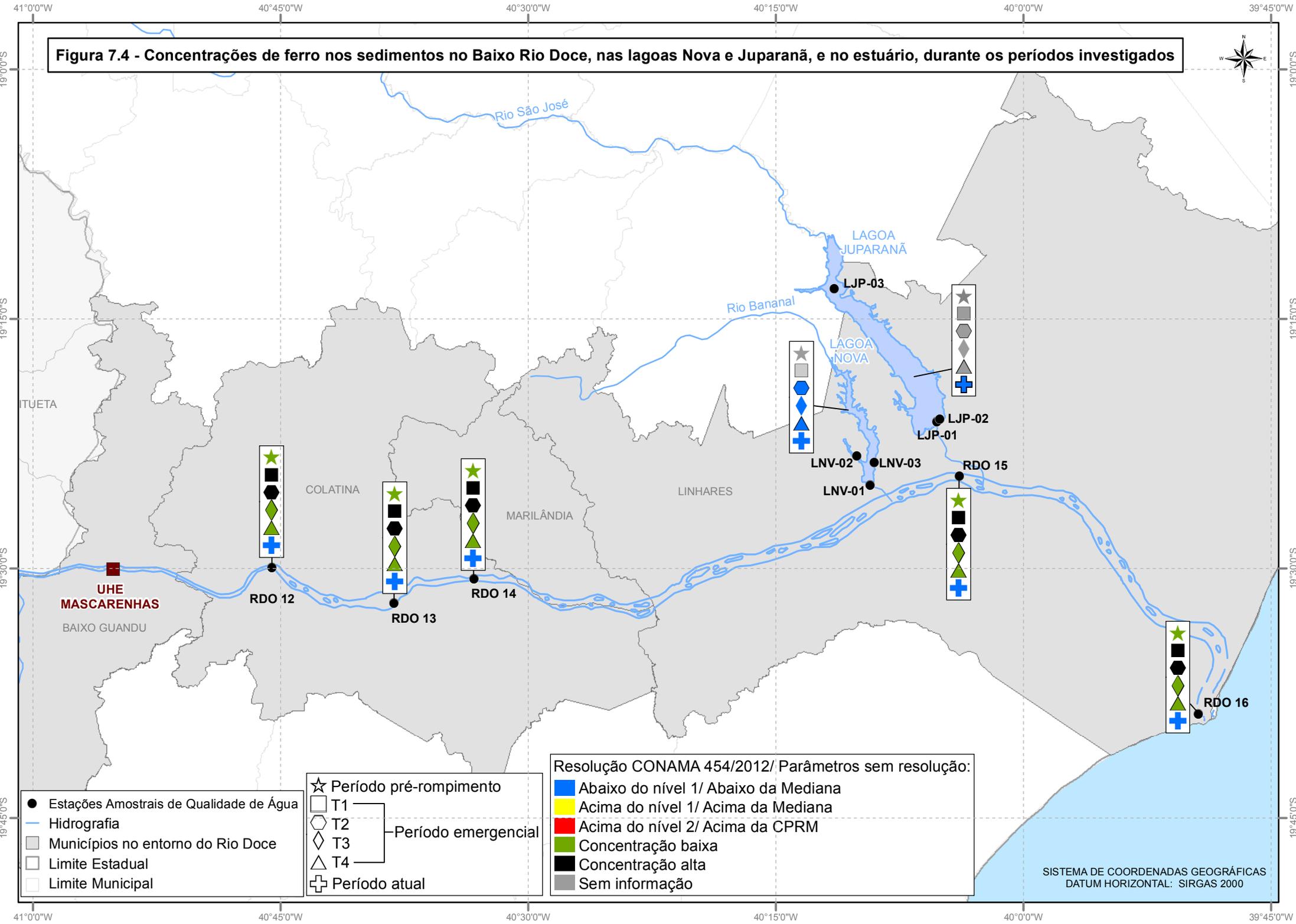
- Estações Amostrais de Qualidade de Água
- Hidrografia
- ▭ Municípios no entorno do Rio Doce
- ▭ Limite Estadual
- ▭ Limite Municipal

- ☆ Período pré-rompimento
  - T1
  - T2
  - ◇ T3
  - △ T4
  - ⊕ Período atual
- Período emergencial

- Resolução CONAMA 454/2012/ Parâmetros sem resolução:
- Abaixo do nível 1/ Abaixo da Mediana
  - Acima do nível 1/ Acima da Mediana
  - Acima do nível 2/ Acima da CPRM
  - Concentração baixa
  - Concentração alta
  - Sem informação

SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS  
DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000

**Figura 7.4 - Concentrações de ferro nos sedimentos no Baixo Rio Doce, nas lagoas Nova e Juparanã, e no estuário, durante os períodos investigados**



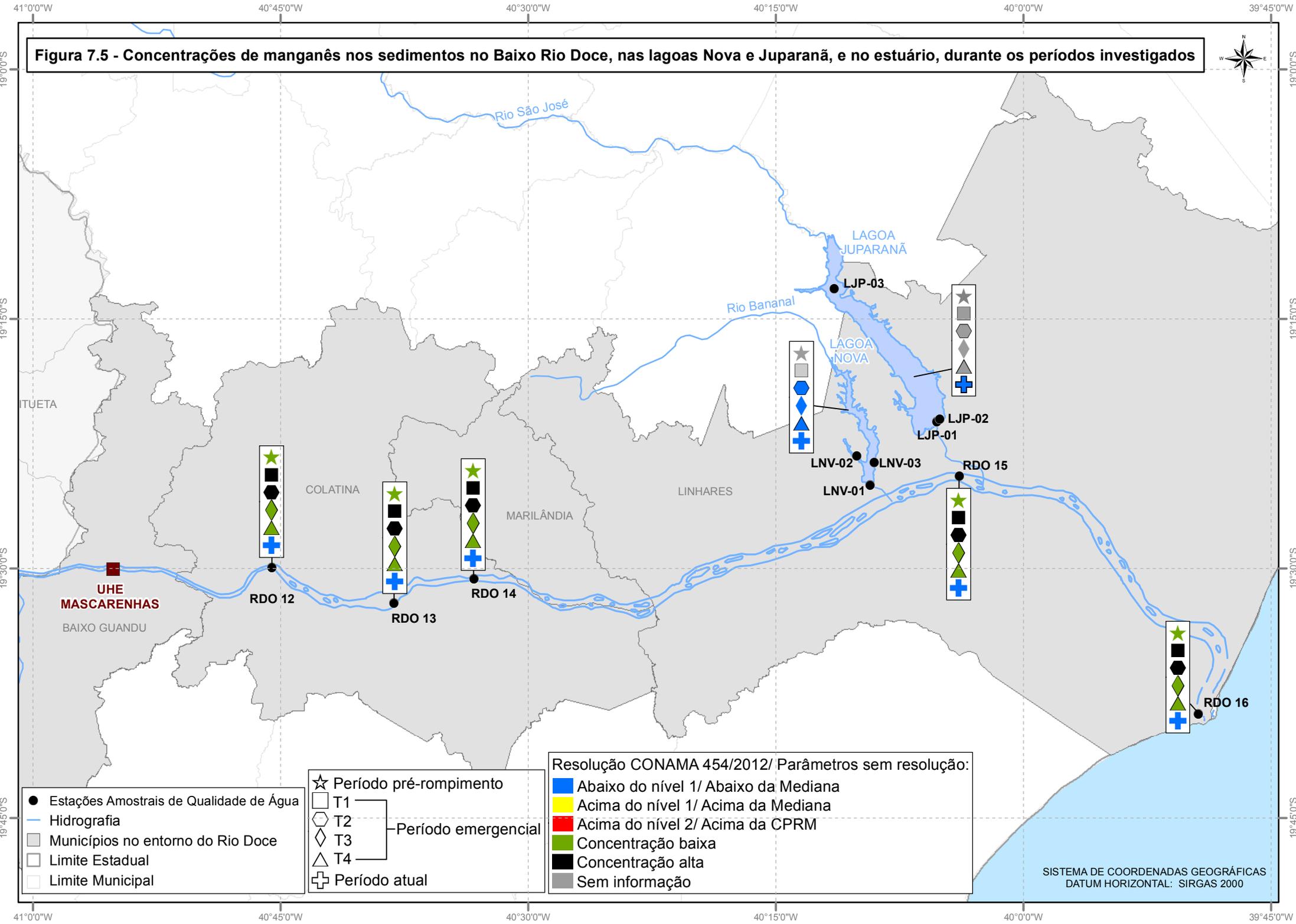
- Estações Amostrais de Qualidade de Água
  - Hidrografia
  - ▭ Municípios no entorno do Rio Doce
  - ▭ Limite Estadual
  - ▭ Limite Municipal
  - ☆ Período pré-rompimento
  - T1
  - T2
  - ◇ T3
  - △ T4
  - ⊕ Período atual
- Período emergencial

Resolução CONAMA 454/2012/ Parâmetros sem resolução:

- Abaixo do nível 1/ Abaixo da Mediana
- Acima do nível 1/ Acima da Mediana
- Acima do nível 2/ Acima da CPRM
- Concentração baixa
- Concentração alta
- Sem informação

SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS  
DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000

**Figura 7.5 - Concentrações de manganês nos sedimentos no Baixo Rio Doce, nas lagoas Nova e Juparanã, e no estuário, durante os períodos investigados**



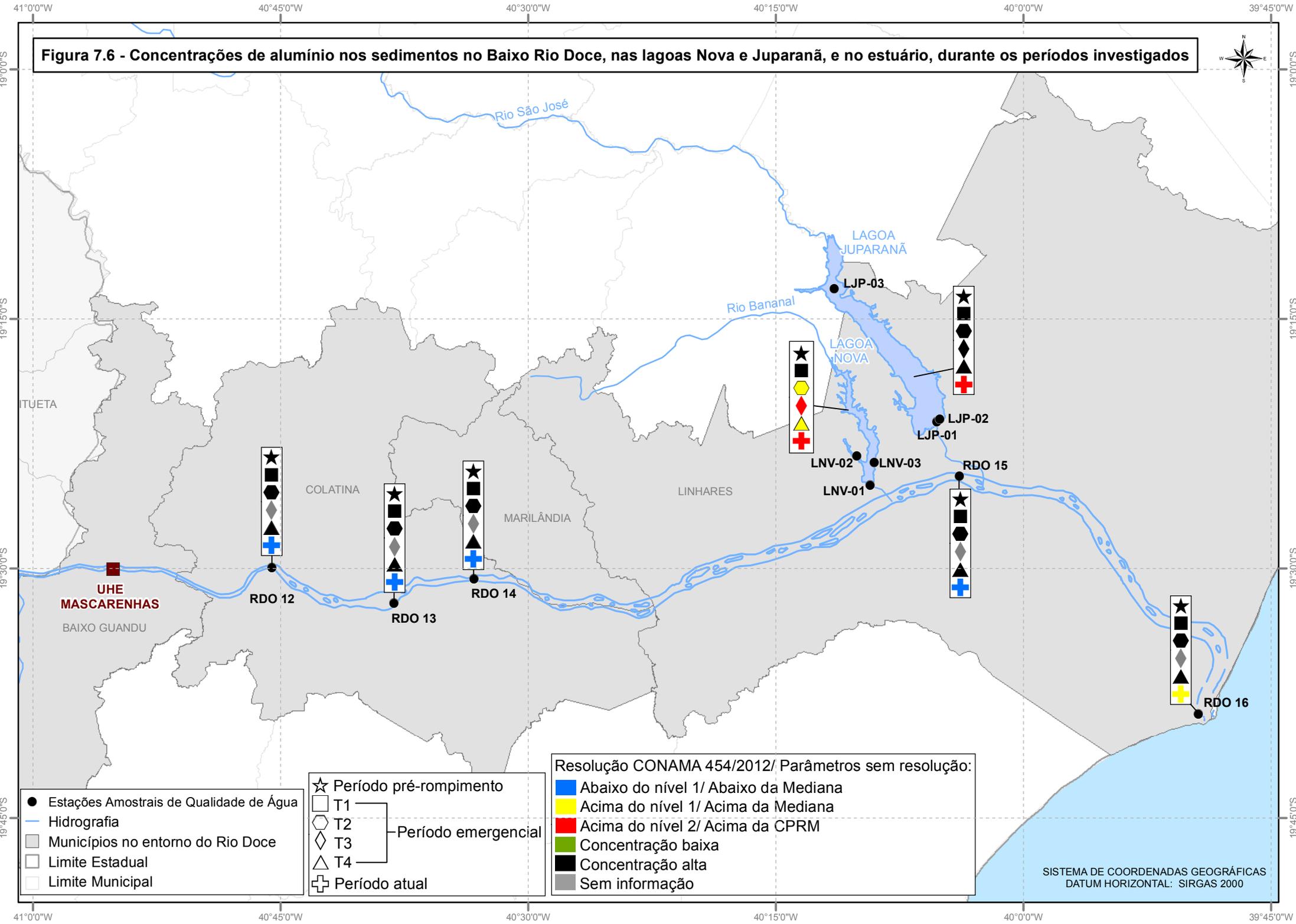
- Estações Amostrais de Qualidade de Água
- Hidrografia
- ▭ Municípios no entorno do Rio Doce
- ▭ Limite Estadual
- ▭ Limite Municipal

- ☆ Período pré-rompimento
  - T1
  - T2
  - ◇ T3
  - △ T4
  - ⊕ Período atual
- Período emergencial

- Resolução CONAMA 454/2012/ Parâmetros sem resolução:
- Abaixo do nível 1/ Abaixo da Mediana
  - Acima do nível 1/ Acima da Mediana
  - Acima do nível 2/ Acima da CPRM
  - Concentração baixa
  - Concentração alta
  - Sem informação

SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS  
DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000

**Figura 7.6 - Concentrações de alumínio nos sedimentos no Baixo Rio Doce, nas lagoas Nova e Juparanã, e no estuário, durante os períodos investigados**



Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>89/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

## 8 CONCLUSÕES

### 8.1 RIO DOCE

A partir das análises e dos testes de hipótese de Levene realizados pode-se concluir que as concentrações dos parâmetros alumínio dissolvido, arsênio total, cádmio, chumbo total, cromo total, ferro dissolvido, manganês total, mercúrio total, níquel total e zinco total nas águas do rio Doce no estado de Minas Gerais, referentes ao período posterior ao rompimento da barragem do Fundão, apresentaram-se consistentemente de mesma magnitude comparada ao período anterior ao rompimento. Desta forma, considerando estes parâmetros, pode-se afirmar que não há comprometimento da qualidade das águas do rio Doce para abastecimento, após tratamento convencional e irrigação.

Os dados do PMQQS e do IEMA permitem a realização de uma análise preliminar da qualidade da água na porção capixaba (local), após a passagem (novembro/2015) até o momento, embora existam lacunas na base de dados do rio Doce e da pequena série temporal para a lagoa Juparanã, principalmente. Em relação aos dados pretéritos (AGERH), estes são limitados aos parâmetros utilizados no cálculo do Índice de Qualidade das Águas (IQA) e, desse modo, limitam as análises comparativas entre dados pretéritos (anteriores ao rompimento) e atuais a poucas variáveis, principalmente físico-químicas, não sendo disponibilizados dados de metais-traços

Os resultados das análises apontam na porção capixaba para o retorno das características físico-químicas e químicas da água do rio Doce para as condições anteriores ao rompimento e a não persistência das condições observadas no período posterior à passagem da pluma de rejeitos (valores em não conformidade com os padrões legislados). Com relação às condições posteriores ao rompimento, os parâmetros não apontam para o comprometimento das condições da lagoa Nova, que recebeu água do rio Doce com rejeitos.

Os efluentes das oito estações de tratamento de Governador Valadares e Colatina apresentaram concentrações dos mencionados metais e metais-traço consistentemente inferiores aos limites de detecção ou aos limites estabelecidos do padrão de potabilidade vigente. Considerando a turbidez e as concentrações de sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais e sólidos totais, verificou-se que houve alteração na variância dos registros ao longo do Rio Doce anteriores e posteriores ao rompimento da barragem. Contudo, tal alteração não compromete o uso das águas como manancial de abastecimento, conforme o desempenho da estação Central de Governador Valadares testificou.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>90/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Em condições otimizadas das etapas de coagulação, floculação, sedimentação e filtração, as concentrações de metais no efluente da ETA Linhares haverão de se manifestar de acordo com o padrão de potabilidade vigente. Nas cidades de Colatina e Governador Valadares, cujas captações de água bruta ocorrem no rio Doce, os laudos de qualidade de água tratada indicam atendimento ao padrão de potabilidade, mesmo quando o rio Doce supera os limites da Resolução CONAMA 357/2005 (classe 2).

Em relação a qualidade de sedimentos, no Baixo Rio Doce e no Estuário as concentrações dos parâmetros investigados oscilaram acima dos padrões e referenciais, especialmente durante o período emergencial, e encontram-se atualmente abaixo do Nível 1 e das medianas, exceto o Al no Estuário, segundo dados do PMQQS

## 8.2 LAGOA JUPARANÃ

Com relação à lagoa Juparanã, que não recebeu água do rio Doce carregada de rejeitos, os resultados de qualidade de água apontam, ao longo de um ano hidrológico, para uma piora nas condições (aumento nas concentrações de ferro solúvel e na densidade de cianobactérias), possivelmente relacionados às atividades antropogênicas e ao efeito negativo da permanência do barramento.

Em relação à lagoa Juparanã, (que não teve contato com os rejeitos provenientes de Fundão) e considerando a base dos dados do PMQQS, as concentrações de As e Cr nos sedimentos oscilaram acima do Nível 1 (limiar abaixo do qual **não existem** efeitos adversos à biota), as de Fe e Mn se encontram acima das respectivas medianas (Referencial Intermediário – mediana dos dados do PMQQS), e Al apresentavam acima do Referencial Máximo adotado com base nos dados da CPRM.

## 8.3 LAGOA NOVA

Em relação à qualidade dos sedimentos, na lagoa Nova, as concentrações de Al nos sedimentos oscilaram acima da mediana, atingindo Referencial Máximo com base nos dados da CPRM (2016) durante os períodos emergencial e atual, enquanto que, as concentrações dos demais metais encontram-se abaixo do Nível 1 e desse referencial (IEMA; PMQQS).

A alteração de Al na lagoa Nova acima do Referencial Máximo da CPRM, em um primeiro momento, poderia estar associada ao contato temporário das águas do rio Doce com rejeitos, ocorrido antes da construção do barramento emergencial. No entanto, essa mesma alteração é observada na lagoa Juparanã, onde não houve contato com as águas do rio Doce após o rompimento, sugerindo que essa anomalia possa estar associada à gênese geológica de ambas as bacias. Esta hipótese é

	FM-ENG-001	 <b>Potamos</b>	
Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>91/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

reforçada a partir da interpretação do Atlas Geoquímico da CPRM, que indica concentrações naturais de Al variado de média a alta na porção dessas bacias hidrográficas, conforme pode ser visto na Figura A2-21 do Anexo 02.

O barramento de um corpo d'água natural, como as lagoas Nova e Juparanã, provoca alterações no regime hídrico, com efeitos diretos e indiretos na estrutura física, nas características químicas e nas comunidades biológicas, podendo levar a alterações expressivas na saúde desses corpos d'água. Até o momento, não existem elementos que deem suporte à manutenção dos barramentos nos moldes atuais das lagoas Nova e Juparanã. Esta situação pode provocar consequências mais adversas que preventivas para esses corpos d'água, e requer uma avaliação socioambiental específica com esta finalidade.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>92/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

## 9 REFERÊNCIAS

AGERH. Agência Estadual de Recursos Hídricos. Monitoramento de águas interiores no Espírito Santo de 2006 a 2015.

Ayers R. S.; Westcot D. W. A qualidade da água na agricultura. 2. ed. UFPB, Campina Grande, 153 p., 1999.

Azevedo A. A.; Monteiro J. L. G. Análise dos impactos ambientais da atividade agropecuária no cerrado e suas inter-relações com os recursos hídricos na região do Pantanal. Relatório técnico UNB-UFMT. CD-ROM, 2004.

Banco de Dados “Dados Análises de Água - período emergencial atualizado” e “Dados Análises de Sedimento - período emergencial atualizado”. Elaborado pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA).

Banco de Dados “Turbidez Água Bruta e Turbidez Água Tratada”. Elaborado pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Linhares (SAAE Linhares).

Banco de Dados 1\_BD\_PMQQS\_Anuual\_validadores aplicados. Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático (PMQQS) validado pelo Comitê Interfederativo (CIF).

Banco de Dados BD Água tratada ETAS Colatina Nov\_15 a Abr\_18. Monitoramento de água bruta e tratada das ETAS de Colatina e Governador Valadares.

Barbosa, F.A.R.; Padisák, J.; Espíndola, E.E.G.; Borics, G.; Rocha, O. The cascading reservoir continuum concept (CRCC) and its applications to the river Tietê-basin, São Paulo State, Brazil. In TUNDISI, JG. and STRASKABA, M. Theoretical Reservoir Ecology and its Applications. Leiden: Backhuys Publishers. p. 425-438, 1999.

Barroso, G. F.; Garcia, F. C.; Gonçalves, M. A.; Martins F. C. O.; Venturini J. C.; Sabadini, S. C.; Azevedo, A. K.; Freitas, A. C. T.; Delazari-Barroso, A. Estudos Integrados no Sistema Lacustre do Baixo Rio Doce (Espírito Santo). I Seminário Nacional de Gestão Sustentável de Ecossistemas aquáticos: complexidade, interatividade e ecodesenvolvimento – COPPE/UFRJ. 7 p. 2012.

Bozelli, R. L., Esteves, F. A., Roland, F., Suzuki, M. S. Padrões de funcionamento das lagoas do Baixo Rio Doce: variáveis abióticas e clorofila a (Espírito Santo - Brasil). Acta Limno. Bras. IV, 13–31. 1992.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2005. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2012. Resolução CONAMA nº 454, de 1 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Brasília: Diário Oficial da União.

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>93/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Braunschweig, F.; Martins, F.; Chambel, P.; Neves, R. A methodology to estimate renewal time scales in estuaries: The Tagus Estuary case. *Ocean Dynamics*, v. 53, n. 3, p. 137–145, 2003.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Série Relatórios – Apêndice A. Governo do Estado De São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente. 40 p., 2008.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Manual de cianobactérias planctônicas: legislação, orientação para o monitoramento e aspectos ambientais / CETESB; Maria do Carmo *et al.* – São Paulo: CETESB. 47 p., 2013.

Esteves, F. A. Fundamentos de Limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 826 p., 2011.

Garcia, F. C., Amorim, M. G., Venturini, J. C., Barroso, G. F. Estado trófico das Lagoas Nova, Juparanã, Palmas, Palminhas e Terra Alta, Baixo Rio Doce, Linhares-Es. In Anais do XIV Congresso Brasileiro de Limnologia. XIV Congresso Brasileiro de Limnologia, 8 a 12 de setembro de 2013, Bonito – Mato Grosso do Sul. 2013.

Gonçalves, M. A. Ecohidrologia e gestão integrada de recursos hídricos em uma bacia lacustre costeira (Lago Nova/Linhares/ES) Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental. 182 f. 2015.

Gonçalves, M. A. Algas fitoplanctônicas na lagoa Juparanã (Linhares-ES): variação espacial, temporal e bioindicadores do estado trófico. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo. 2005.

Gonçalves, M. A.; Garcia, F. C.; Barroso, G. F. Morphometry and mixing regime of a tropical lake : Lake Nova ( Southeastern Brazil ) 88, p.1341–1356, 2016.

IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas) – Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais de Minas Gerais em 2017, Resumo Executivo, 190 p., março 2018.

IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas). Encarte especial sobre a qualidade das águas do Rio Doce após 3 anos do rompimento da Barragem de Fundão: 2015-2018. 64 p. Belo Horizonte, 2018.

Libânio, M. – Características químicas das águas naturais in: Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água, 4ª Ed., Átomo, Campinas, 640 p., 2016.

Lusardi, P. J. & Consonery, P. J. – Factors affecting filtered water turbidity, *JAWWA*, v.91, n.12, p.28-40, December 1999.

Martins, F. C. O. Avaliação Ambiental Integrada como subsídio ao manejo lacustre (Estudo de Caso: Lagoa Juparanã, ES). 160 fl. Tese (Doutorado em Oceanografia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, 2013.

Martins, F. C. O. Avaliação ambiental integrada como subsídio ao manejo da lagoa Juparanã (ES). Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Oceanografia Ambiental, Universidade Federal

	FM-ENG-001		
Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>94/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

do Espírito Santo. 2013.

Ministério da Saúde - Portaria 2914: Normas e padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano, Brasília, dezembro 2011.

Moreira C. S. Adsorção competitiva de cádmio, cromo, níquel e zinco em solos. Piracicaba. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 108 p. 2004.

PIRH DOCE. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce e dos Planos de Ações de Recursos Hídricos para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce. Volume I – Relatório Final. CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME. 2010.

Relatório RT-046\_159-515-2282\_00-B- Avaliação dos Resultados de Qualidade de Água e Sedimento do Rio Doce – Atualização de Julho de 2017. Elaborado por Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda, datado de julho de 2017.

Relatório Técnico de Diagnostico da ETA de Linhares - PG 32.

Santos, A.; Alonso, E.; Callejón, M.; Jiménez, J. C.. Distribution of Zn, Cd, Pb and Cu metals in groundwater of the guadiamar river basin. Water, Air, and Soil Pollution, v. 134, p. 275-286, 2002.

Santos, L.T.S.O; Jesus, T.B. Caracterização de metais pesados das águas superficiais da bacia do Rio Subaé (Bahia). Geochimica Brasiliensis, v. 28, n. 2, p. 137-148, 2015.

Schindler, D.W.; Vallentyne, J.R. The Algal Bowl: Overfertilization of the World's and Estuaries. Earthscan. London, 334 p., 2008.

Teixeira, A. R.; Santos, E. C. P.; Di Bernardo, L.; Heller, L. Pádua, V. L. & Libânio, M. - A confiabilidade analítica dos valores de turbidez da água filtrada e seu efeito no cumprimento do padrão de potabilidade, Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v.9, n.1, p. 66-73, 2004.

Vianna, M. R. Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água. 3ª edição. Belo Horizonte: Imprimatur, 1997.

Vigilio, E. P; Da Cunha, F. G. Atlas Geoquímico DA Bacia do Rio Doce: Minas Gerais e Espírito Santo. Rio de Janeiro: CPRM, 2016.

	FM-ENG-001	 <b>Potamos</b>	 <b>FUNDAÇÃO renova</b>
Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS  LINHARES – ES  ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE  BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089  RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL  ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE  CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA	PÁGINA
		<b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	<b>95/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
		<b>N024500-B-1RT008</b>	<b>01</b>

## ANEXO 01

### Caracterização Regional da Qualidade de Água

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Abrangência:	Corporativa		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>96/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

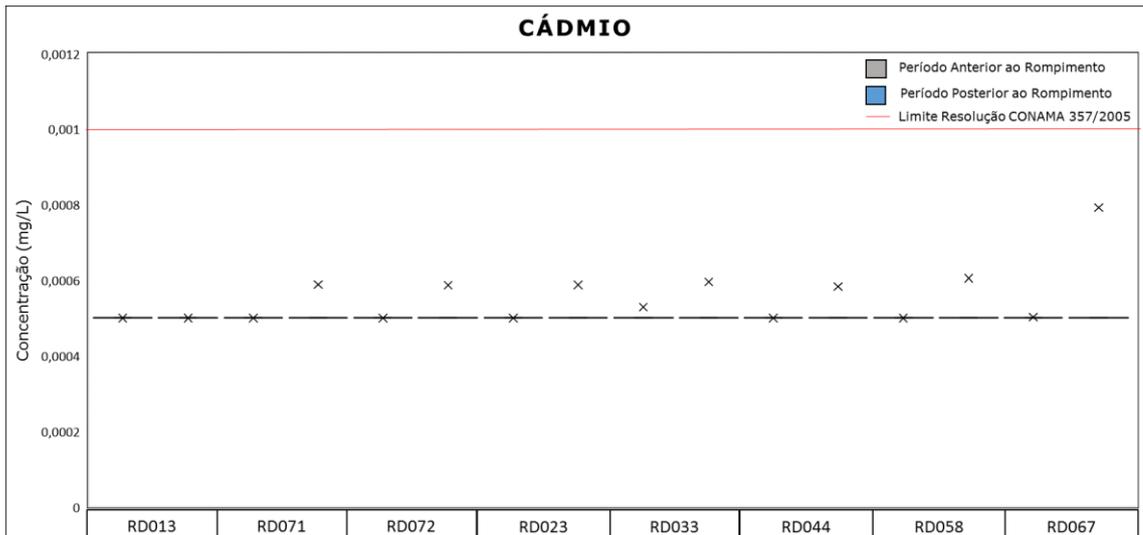


Figura A1- 1- Concentrações de cádmio em cada estação de monitoramento do rio Doce em Minas Gerais anteriores e posteriores ao rompimento da Barragem do Fundão.

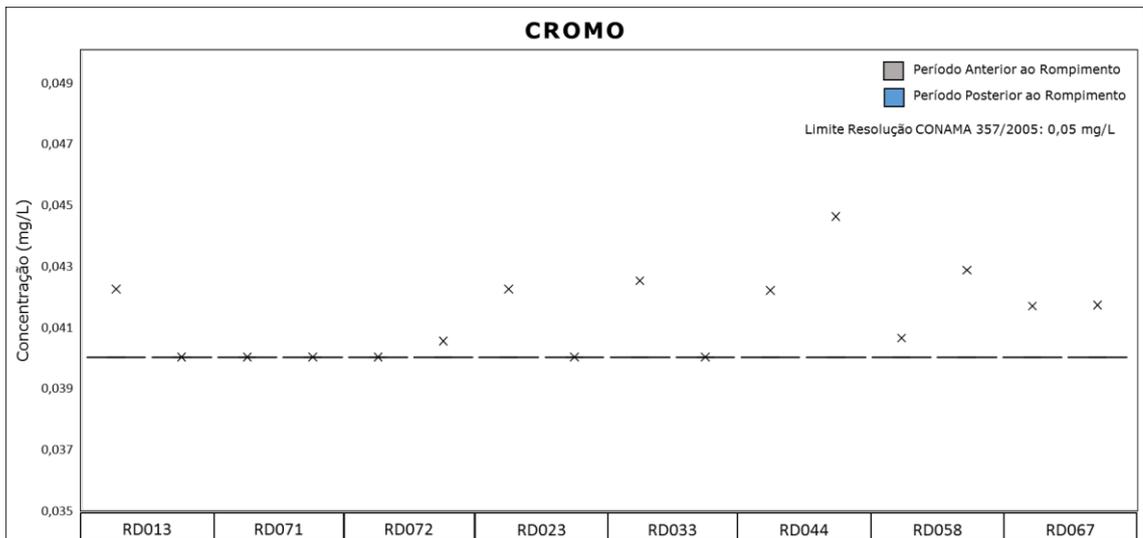


Figura A1- 2- Concentrações de cromo em cada estação de monitoramento do rio Doce em Minas Gerais anteriores e posteriores ao rompimento da barragem do Fundão.

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>97/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

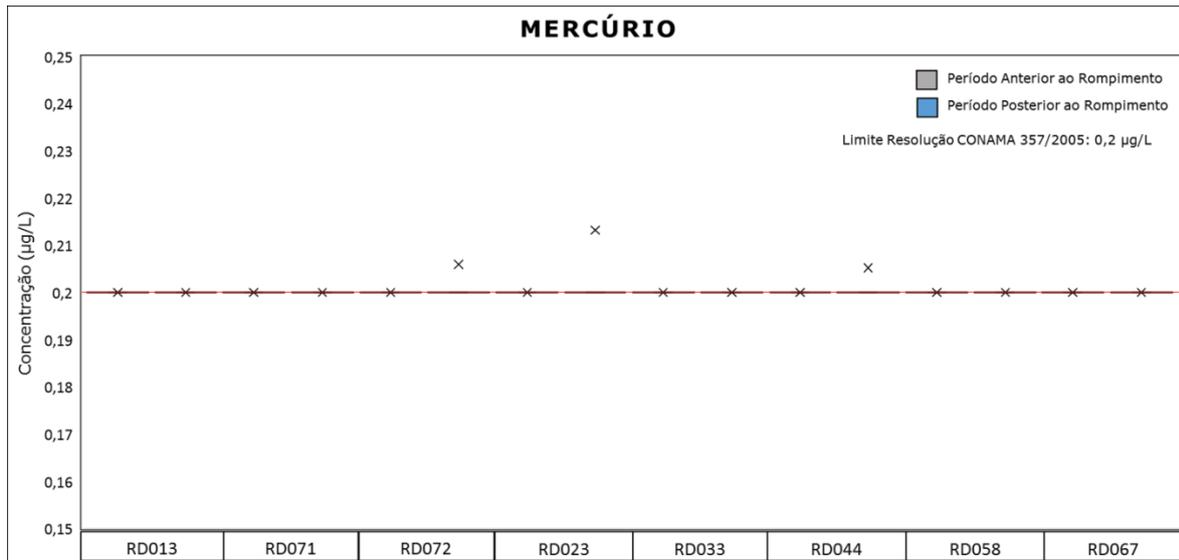
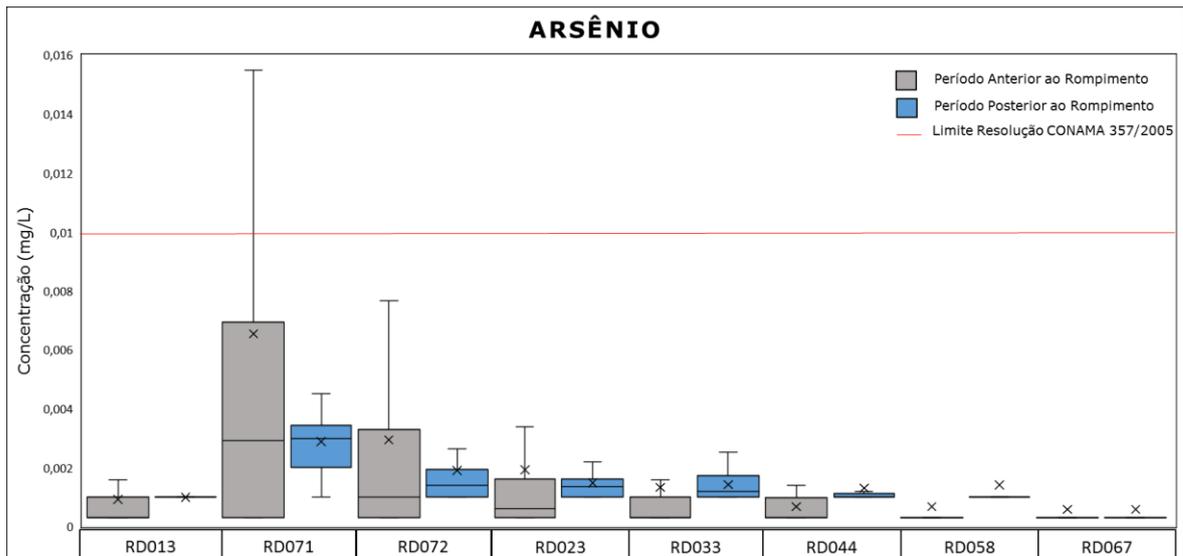
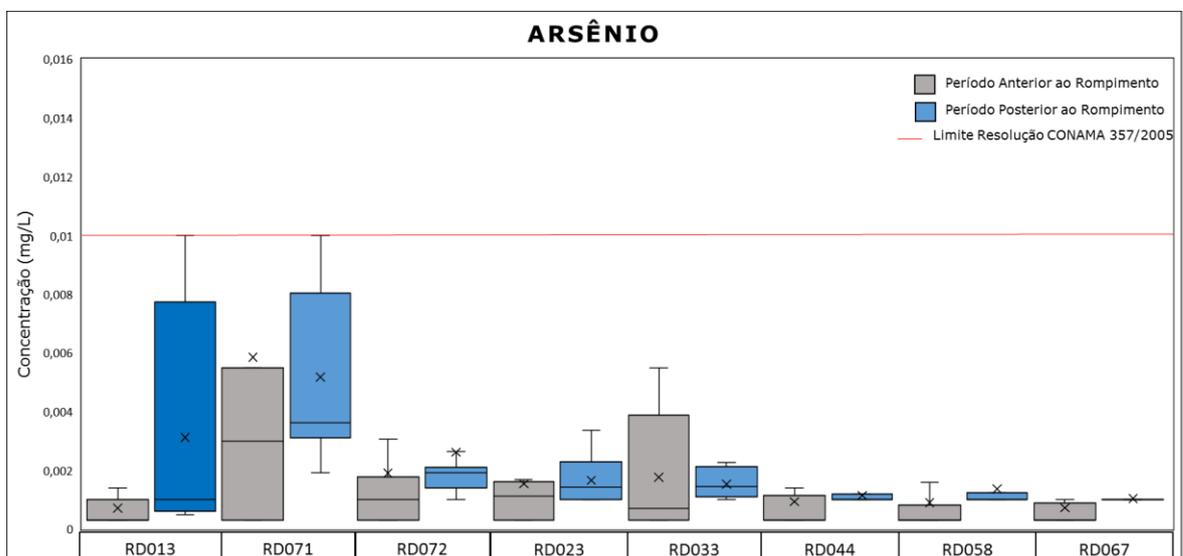


Figura A1- 3- Concentrações de mercúrio em cada estação de monitoramento do rio Doce em Minas Gerais anteriores e posteriores ao rompimento da barragem do Fundão.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>98/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>



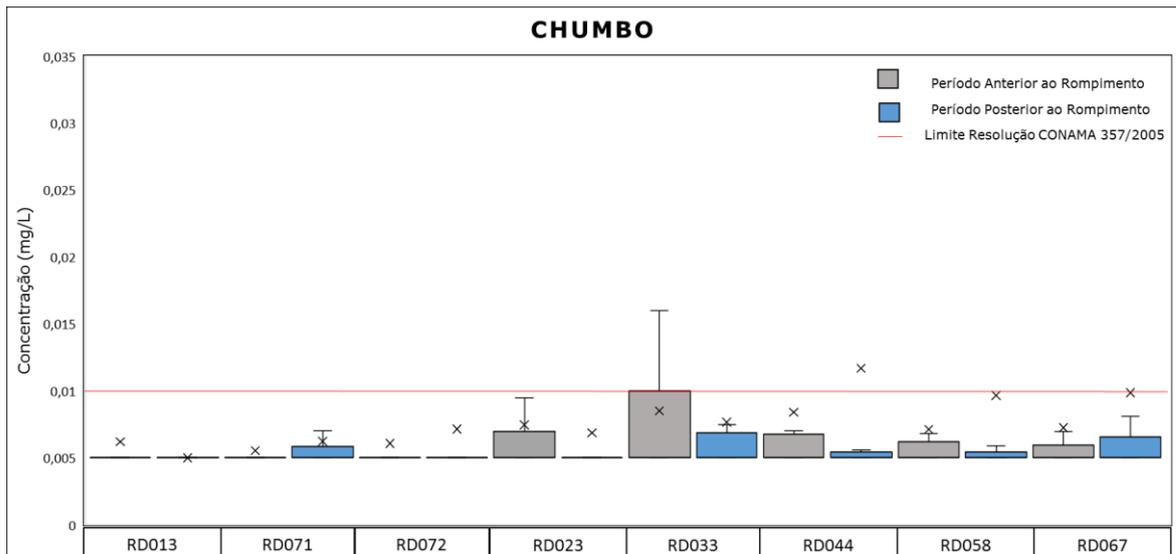
(A)



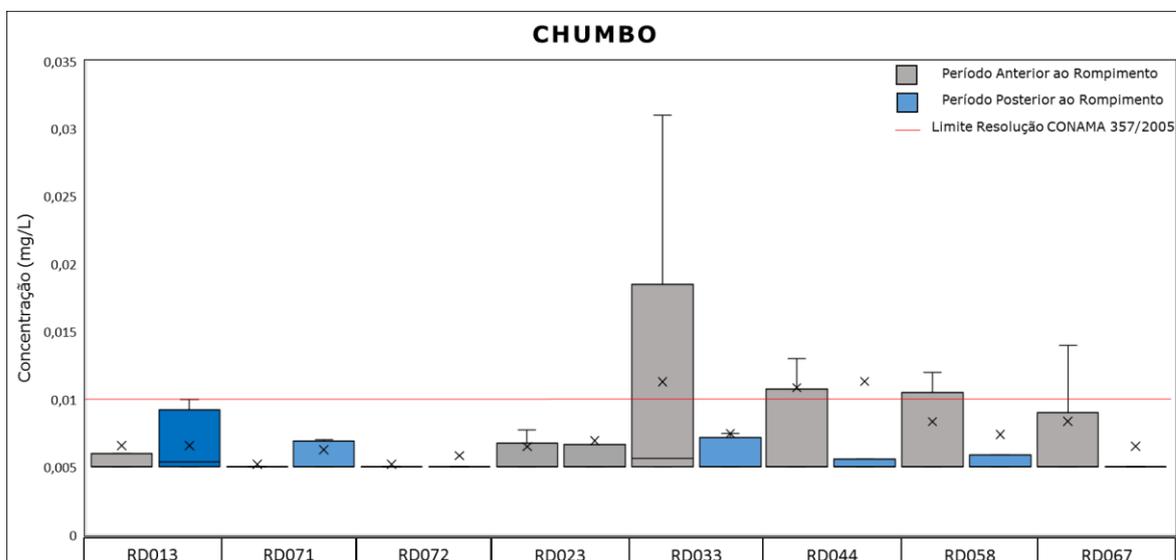
(B)

Figura A1- 4- Concentrações de mercúrio em cada estação de monitoramento do rio Doce em Minas Gerais anteriores e posteriores ao rompimento da barragem do Fundão - (A) ano hidrológico completo e (B) período de chuva.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>99/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>



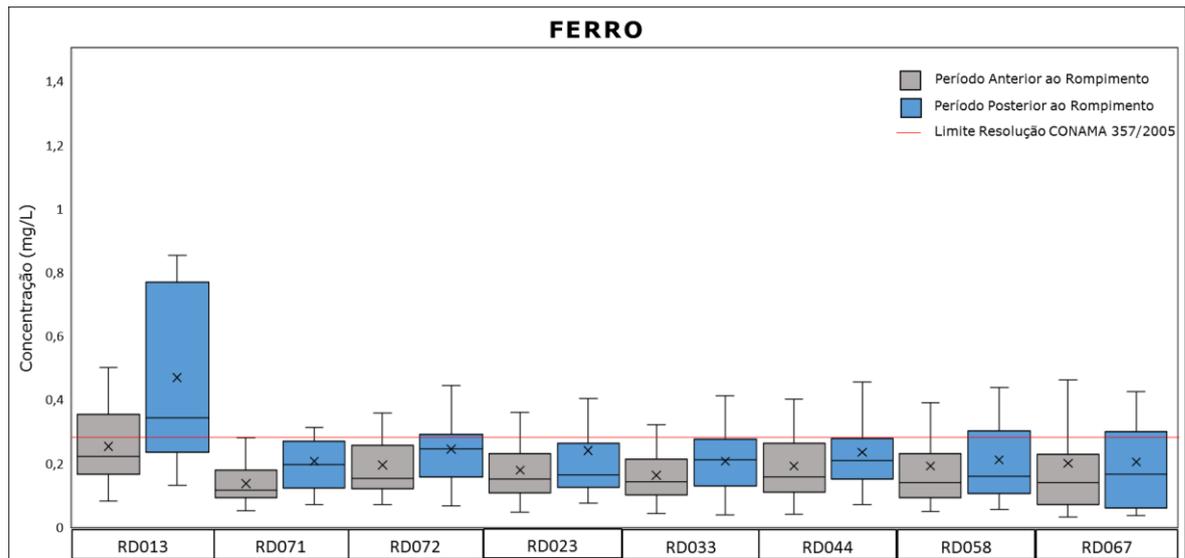
(A)



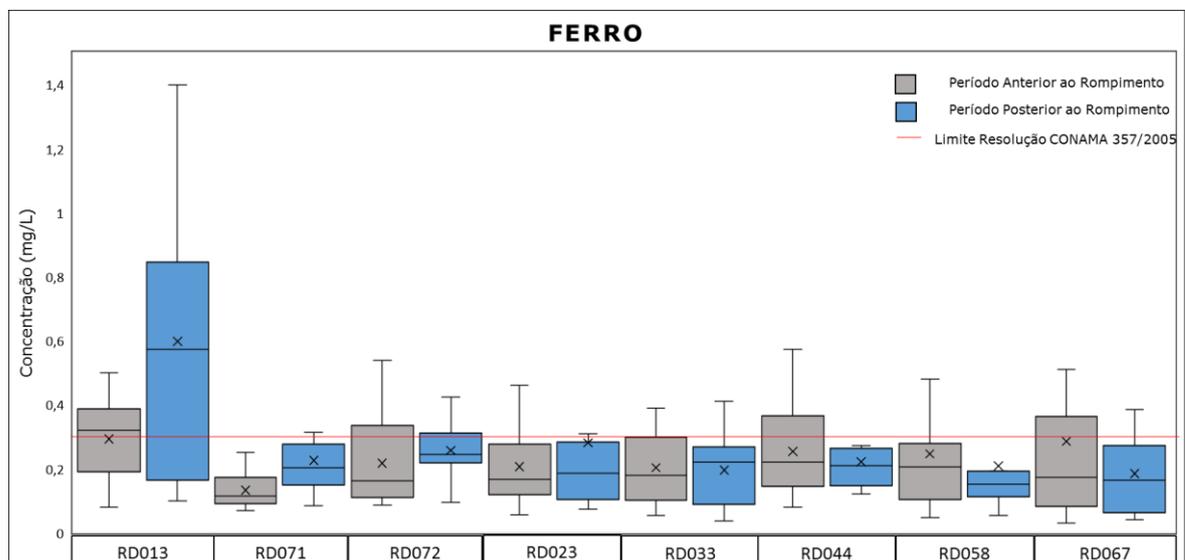
(B)

Figura A1- 5- Concentrações de chumbo em cada estação de monitoramento do rio Doce em Minas Gerais anteriores e posteriores ao rompimento da barragem do Fundão - (A) ano hidrológico completo e (B) período de chuva.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>100/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>



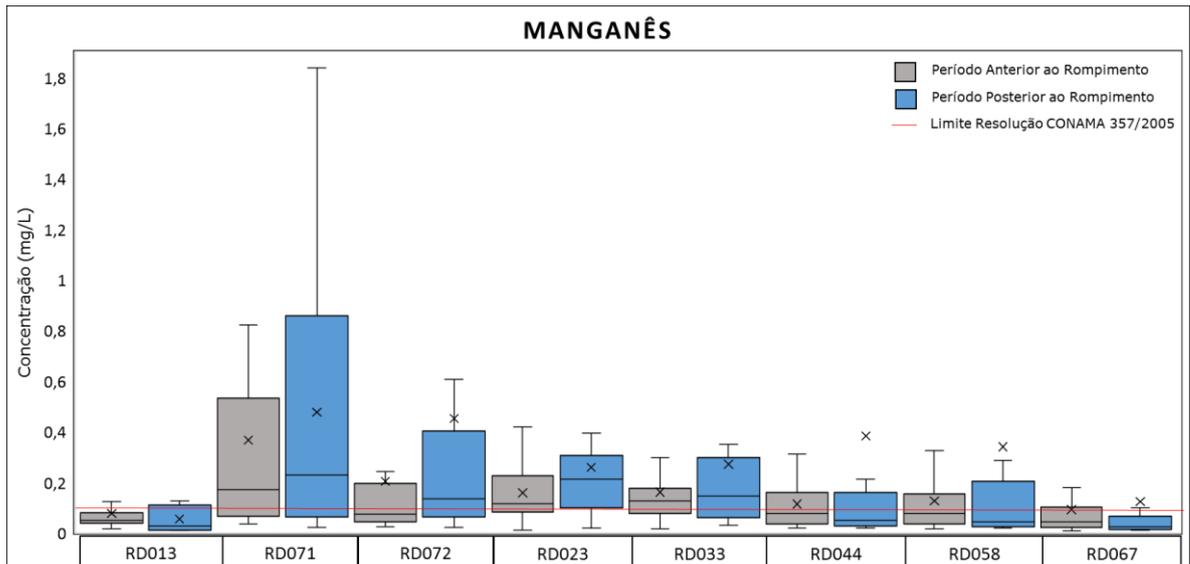
(A)



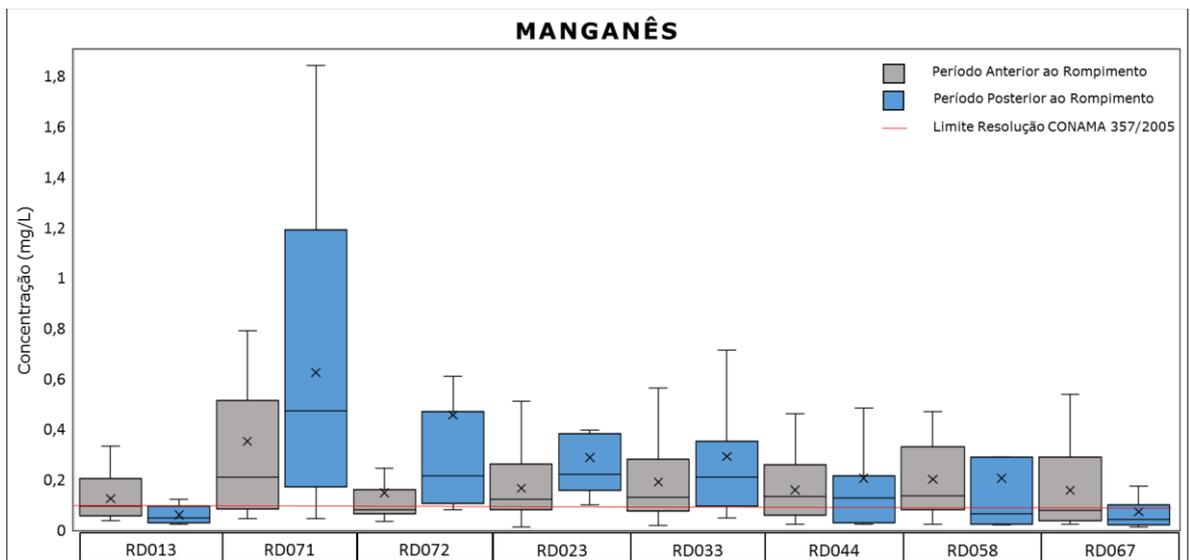
(B)

Figura A1- 6- Concentrações de ferro em cada estação de monitoramento do rio Doce em Minas Gerais anteriores e posteriores ao rompimento da barragem do Fundão - (A) ano hidrológico completo e (B) período de chuva.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>101/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>



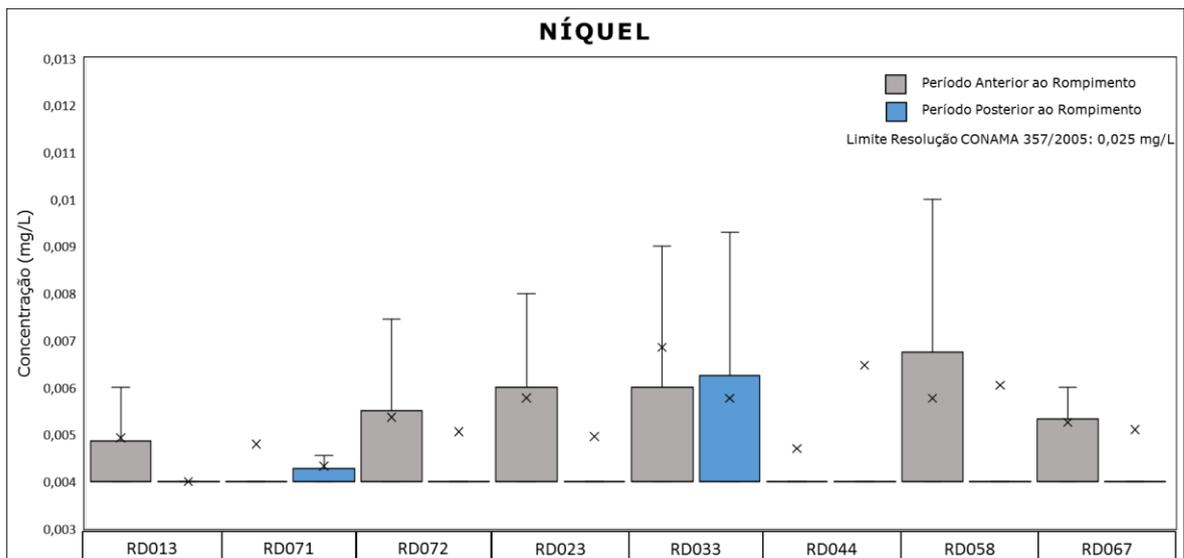
(A)



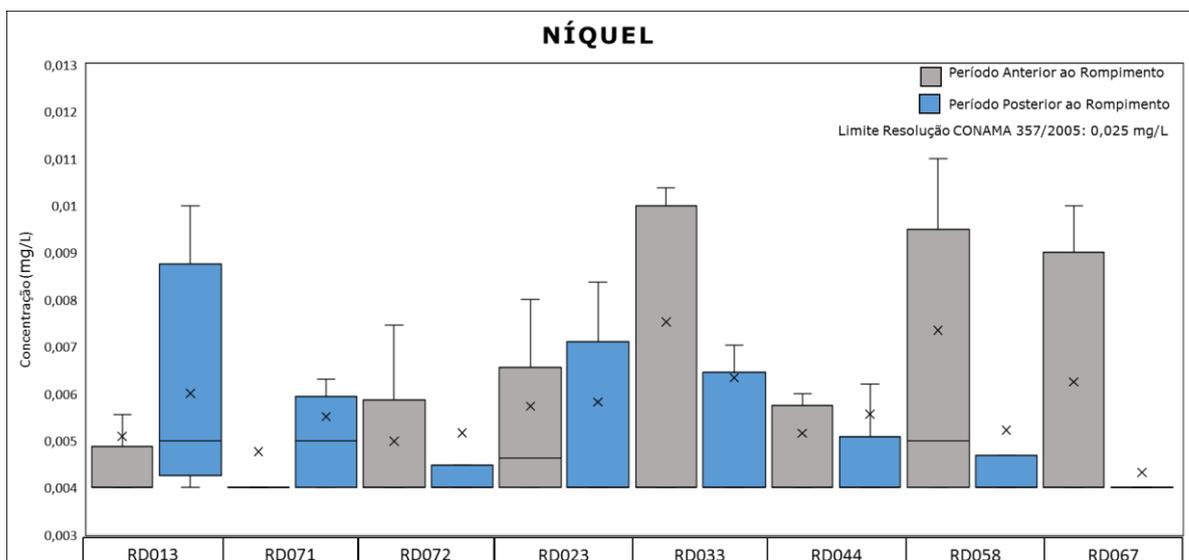
(B)

Figura A1- 7- Concentrações de manganês em cada estação de monitoramento do rio Doce em Minas Gerais anteriores e posteriores ao rompimento da barragem do Fundão - (A) ano hidrológico completo e (B) período de chuva.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>102/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>



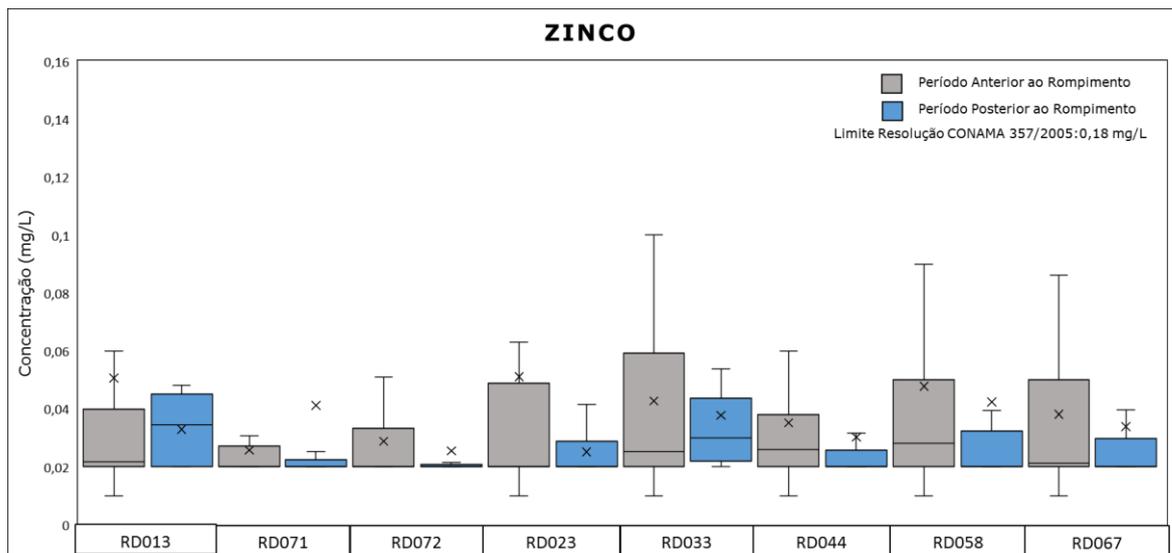
(A)



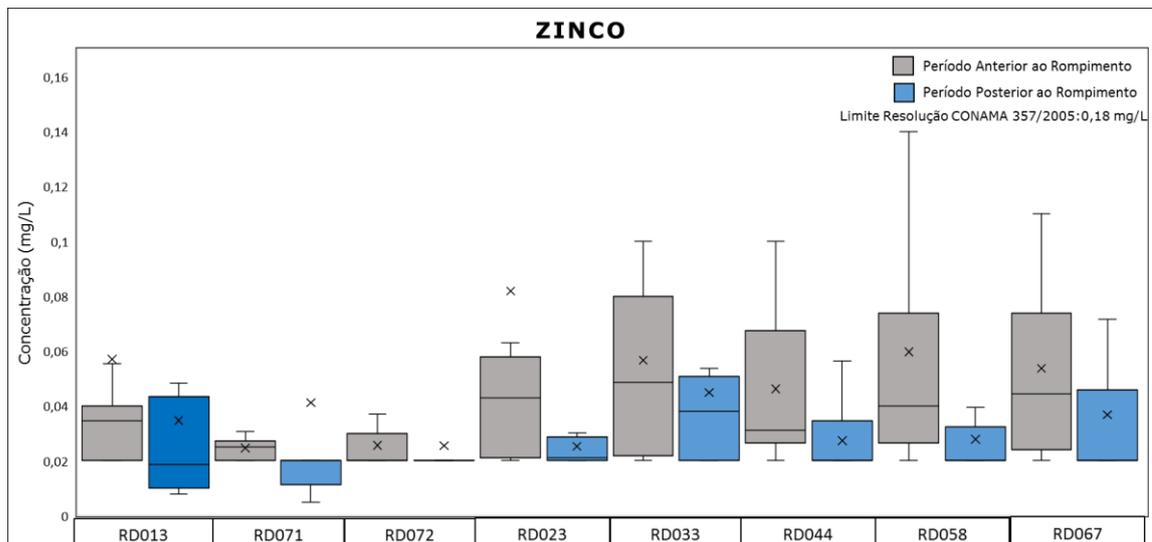
(B)

Figura A1- 8- Concentrações de níquel em cada estação de monitoramento do rio Doce em Minas Gerais anteriores e posteriores ao rompimento da barragem do Fundão - (A) ano hidrológico completo e (B) período de chuva.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>103/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>



(A)



(B)

Figura A1- 9- Concentrações de zinco em cada estação de monitoramento do rio Doce em Minas Gerais anteriores e posteriores ao rompimento da barragem do Fundão - (A) ano hidrológico completo e (B) período de chuva.

	FM-ENG-001			
Nº da revisão:	00			
Elaborador:	EPC			
Aprovador:	Willians de Souza Arruda			
Data da aprovação:	11/12/2017			
Periodicidade da revisão:	Anual			
Abrangência:	Corporativa	<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS  LINHARES – ES  ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE  BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089  RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL  ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE  CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>	Nº CONTRATADA	PÁGINA
Classificação:	Público		<b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	<b>104/149</b>
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.
		<b>N024500-B-1RT008</b>	<b>01</b>	

## ANEXO 02

### Caracterização Regional da Qualidade de Sedimentos

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>105/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- Arsênio

No período anterior ao rompimento, as maiores concentrações de arsênio foram registradas nos trechos alto (nível 2) e intermediário 2 (nível 1), e notada a presença de uma anomalia ao norte de Linhares (Figura A2- 1; CPRM, 2016). Durante o período emergencial, foi observado um padrão de variação temporal bimodal (elevação em T1/T2, seguida de redução em T3, e nova elevação em T4), de forma clara apenas em Linhares e Regência (trecho baixo) (Golder, 2017).

No período atual, as maiores concentrações, continuam sendo registradas no trecho alto, com tendência de redução em direção à foz, a partir do trecho intermediário 2, com valores mais elevados no estuário (Figura A2- 2 e Tabela A2- 1).

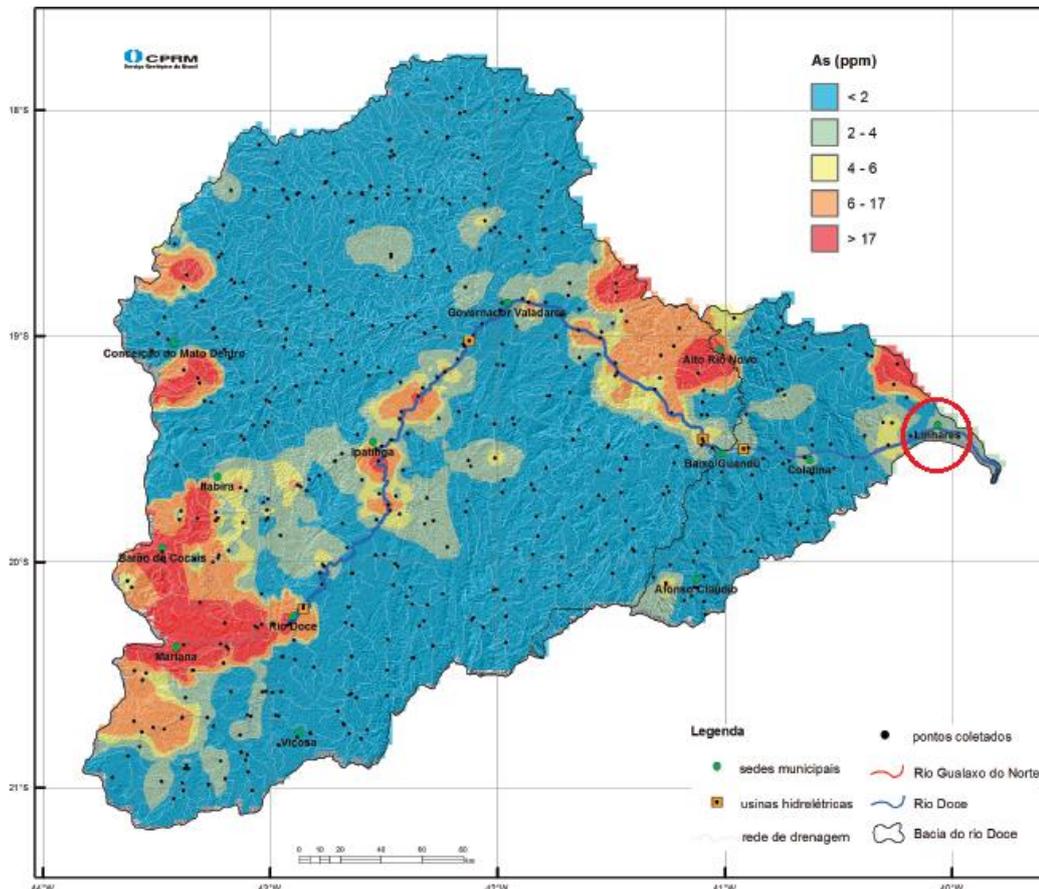


Figura A2- 1 -Concentrações de arsênio em sedimentos na bacia hidrográfica do rio Doce. Fonte: Atlas Geoquímico - CPRM (2016).

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>106/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

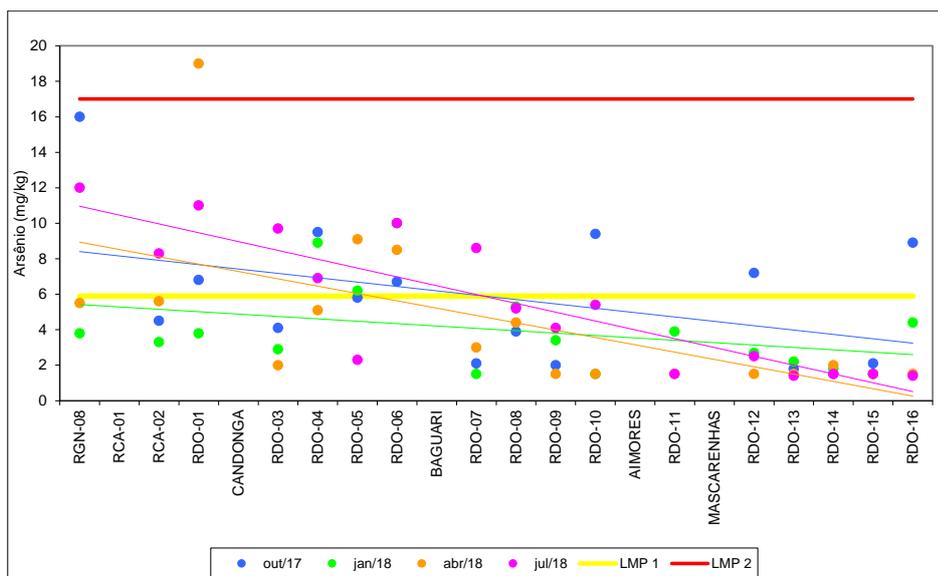


Figura A2- 2 - Variação espacial das concentrações de arsênio ao longo das campanhas no período atual. Linha amarela: nível 1; linha vermelha: nível 2.

Tabela A2- 1 - Percentuais de ocorrências de concentrações de arsênio acima do nível 2, acima do nível 1 e abaixo do nível 1, conforme os trechos do rio Doce.

	Atendimento à Legislação CONAMA nº 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>Alto</b>	8	42	50
<b>Intermediário 1</b>	0	63	38
<b>Intermediário 2</b>	0	11	89
<b>Baixo</b>	0	10	90

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>107/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- Cádmi

As maiores concentrações de cádmio, no período anterior ao rompimento foram registradas no trecho intermediário 1, e pontualmente no trecho intermediário 2. Nos demais trechos, as concentrações encontravam-se abaixo do nível 1 (Figura A2- 3; CPRM, 2016). No período emergencial, as concentrações excederam o nível 2 durante o T1, e o nível 1 nos demais períodos (Golder, 2017). Atualmente, as concentrações encontram-se abaixo do nível 1, ao longo de toda extensão do rio Doce (Figura A2- 4 e Tabela A2- 2).

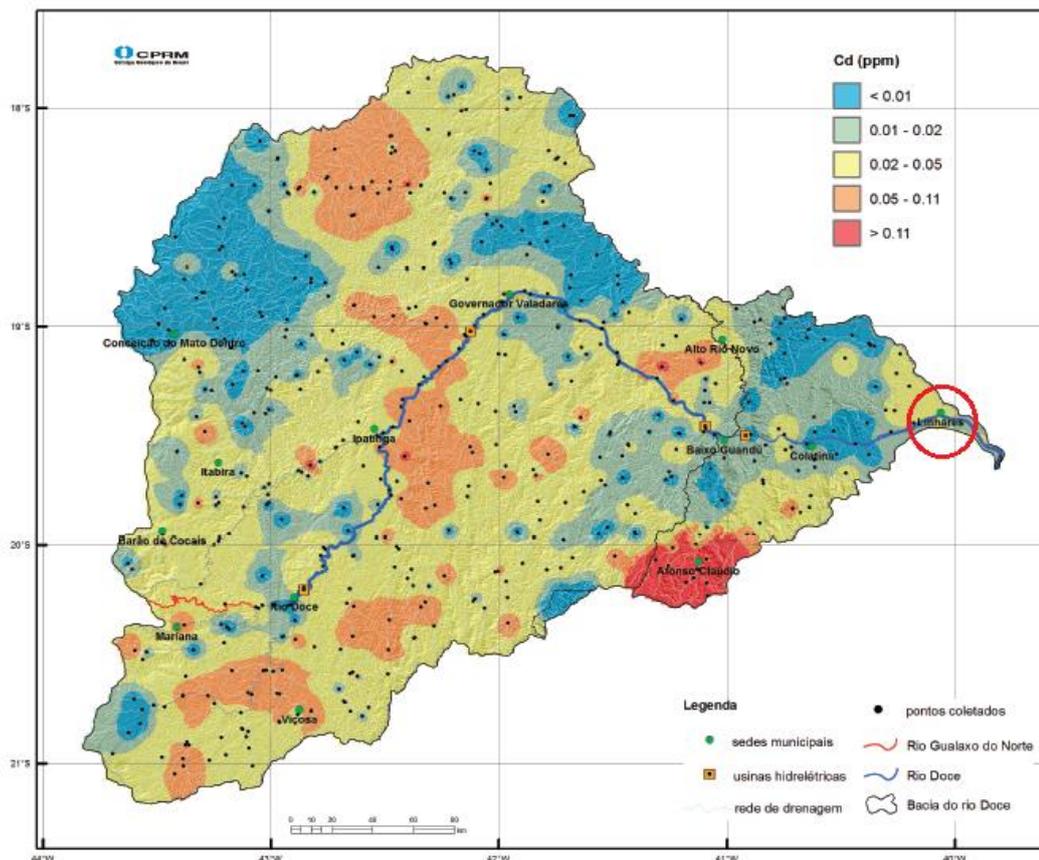


Figura A2- 3 - Concentrações de cádmio em sedimentos na bacia hidrográfica do rio Doce. Fonte: Atlas Geoquímico - CPRM (2016).

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>108/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

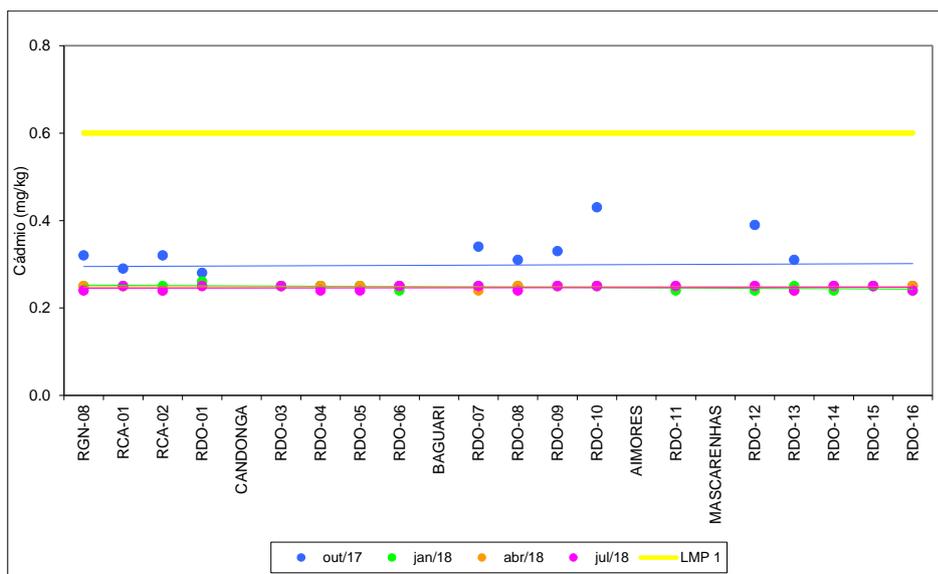


Figura A2- 4 - Variação espacial das concentrações de cádmio ao longo das campanhas no período atual. Linha amarela: nível 1; linha vermelha: nível 2.

Tabela A2- 2 - Percentuais de ocorrências de concentrações de cádmio acima do nível 2, acima do nível 1 e abaixo do nível 2, e abaixo do nível 1, conforme os trechos do rio Doce.

	Atendimento à Legislação CONAMA nº 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>Alto</b>	0	0	100
<b>Intermediário 1</b>	0	0	100
<b>Intermediário 2</b>	0	0	100
<b>Baixo</b>	0	0	100

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>109/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- Chumbo

No período anterior ao rompimento, as maiores concentrações de chumbo foram registradas nos trechos intermediários 1 e 2; enquanto que nos trechos alto e baixo, as concentrações se encontravam abaixo do nível 1 (Figura A2- 5; CPRM, 2016). No período emergencial, foram verificadas concentrações superiores ao nível 1 em T1 e T2, e concentrações inferiores em T3 e T4 (Golder, 2017). No período atual, as concentrações encontram-se abaixo do nível 1, com concentrações mais elevadas nos trechos intermediários 1 e 2. Nos trechos alto e baixo concentrações são mais baixas (Figura A2- 6 e Tabela A2- 3).

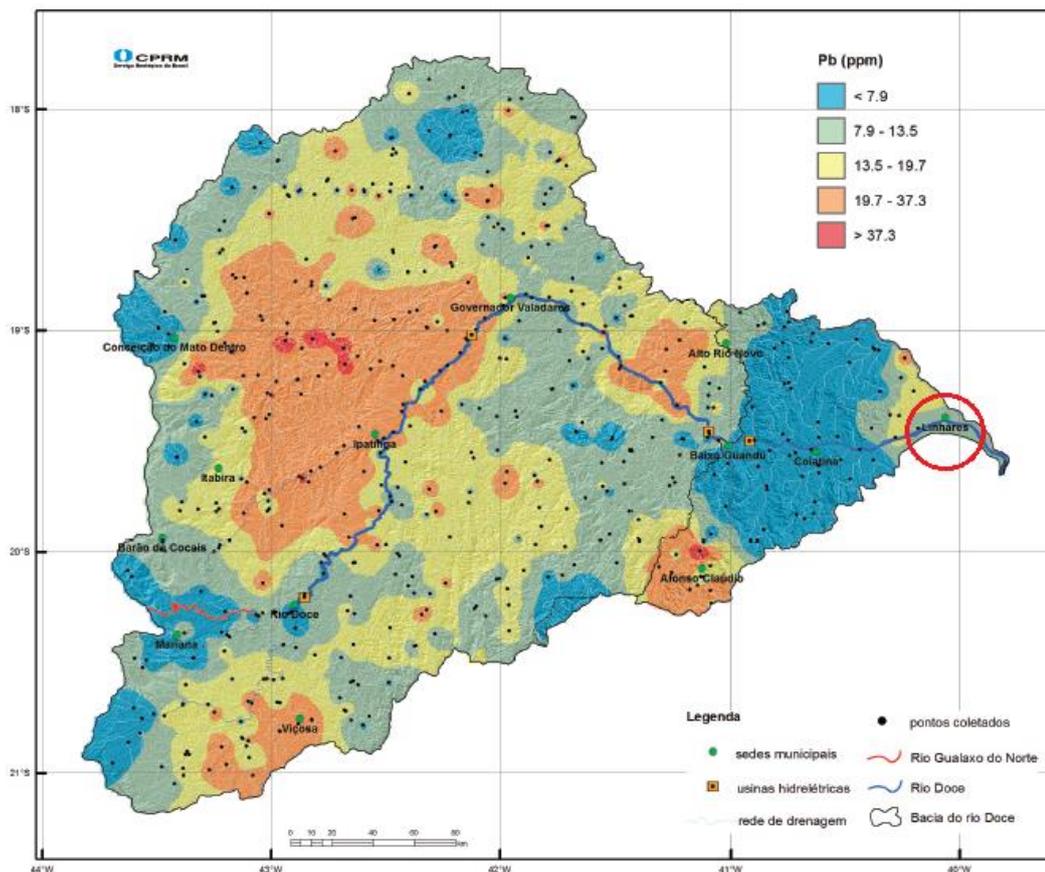


Figura A2- 5 - Concentrações de chumbo em sedimentos na bacia hidrográfica do rio Doce. Fonte: Atlas Geoquímico - CPRM (2016).

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>110/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

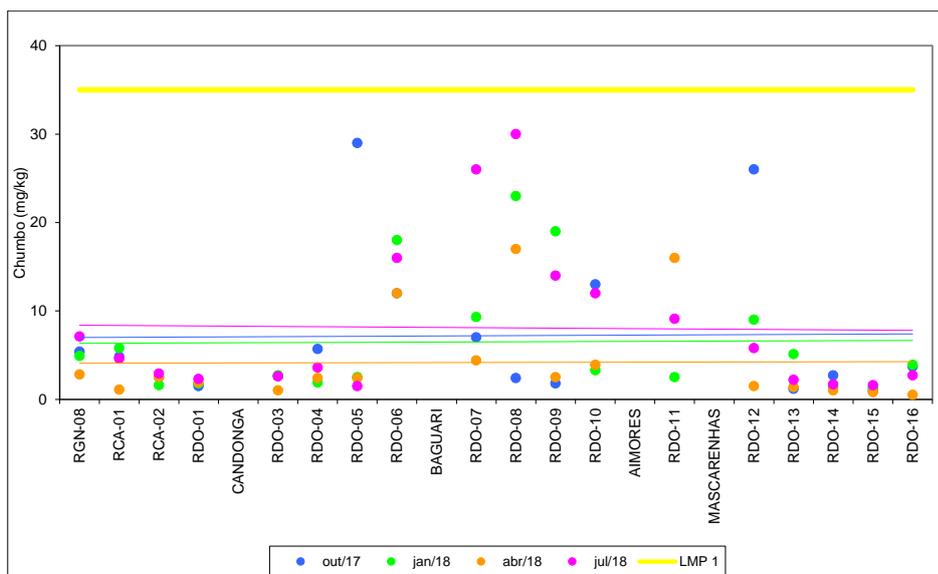


Figura A2- 6 - Variação espacial das concentrações de chumbo ao longo das campanhas no período atual. Linha amarela: nível 1; linha vermelha: nível 2.

Tabela A2- 3 - Percentuais de ocorrências de concentrações de chumbo acima do nível 2, acima do nível 1 e abaixo do nível 2, e abaixo do nível 1, conforme os trechos do rio Doce.

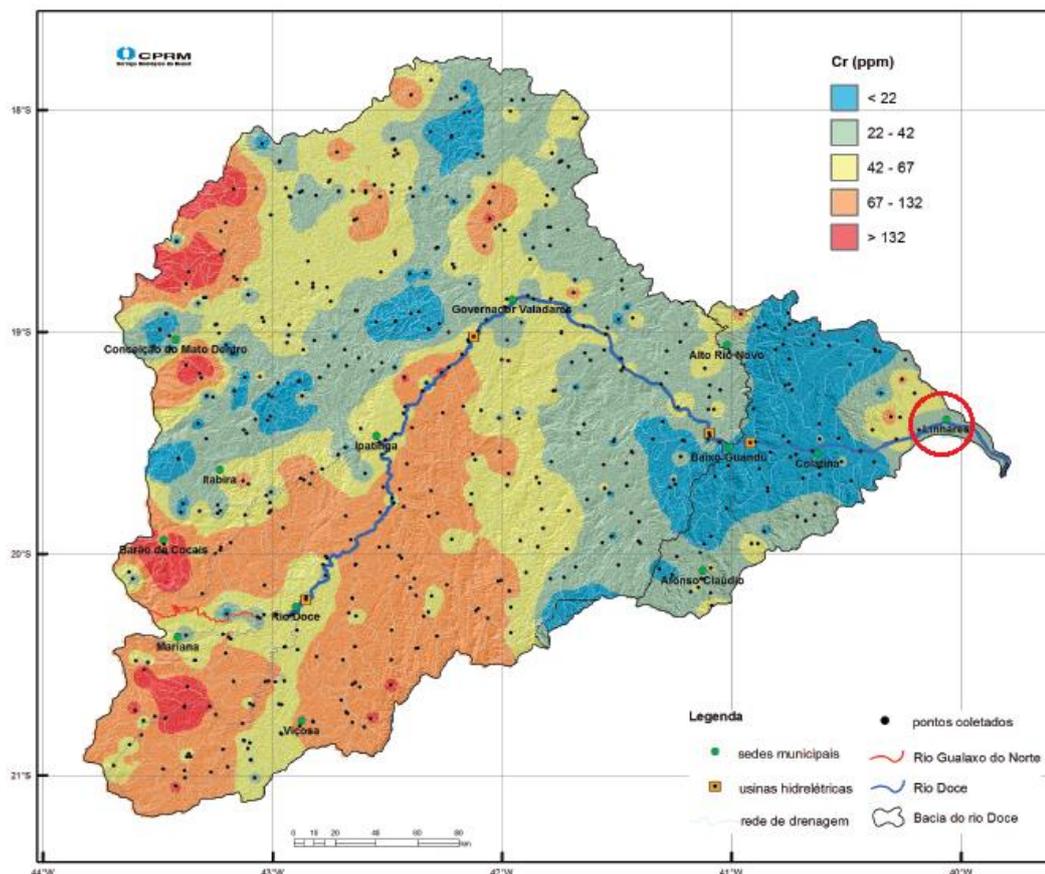
	Atendimento à Legislação CONAMA nº 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>Alto</b>	0	0	100
<b>Intermediário 1</b>	0	0	100
<b>Intermediário 2</b>	0	0	100
<b>Baixo</b>	0	0	100

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>111/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- Cromo

As maiores concentrações de cromo, no período anterior ao rompimento, foram registradas nos trechos alto e intermediário 1, e as menores concentrações no trecho intermediário 2 e no estuário (Figura A2- 7; CPRM, 2016). No período emergencial foram registradas concentrações elevadas em T1/T2 nos trechos alto e intermediários 1 e 2, seguido de redução brusca ou gradativa em T3/T4. No trecho intermediário 2, as concentrações permaneceram no mesmo patamar em T3/T4. No trecho baixo, foi registrado um aumento das concentrações em T1/T2, redução em T3, e um novo aumento em T4, especialmente no estuário. Os resultados acima do nível 1 foram mais frequentes durante o período, enquanto acima do nível 2 foram mais raros (Golder, 2017).

Atualmente, as concentrações encontram-se abaixo do nível 1, com concentrações mais elevadas nos trechos intermediários 1 e 2. Nos trechos alto e baixo concentrações são mais baixas (Figura A2- 8 e Tabela A2- 4).



Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>112/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Figura A2- 7 - Concentrações de cromo em sedimentos na bacia hidrográfica do rio Doce. Fonte: Atlas Geoquímico - CPRM (2016).

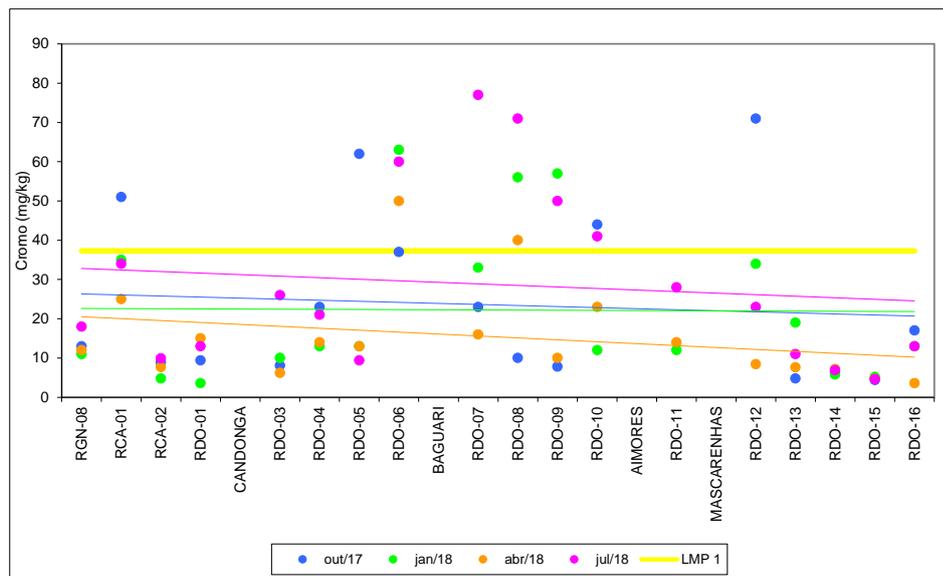


Figura A2- 8 - Variação espacial das concentrações de cromo ao longo das campanhas no período atual. Linha amarela: nível 1; linha vermelha: nível 2.

Tabela A2- 4- Percentuais de ocorrências de concentrações de cromo acima do nível 2, acima do nível 1 e abaixo do nível 1, conforme os trechos do rio Doce.

	Atendimento à Legislação CONAMA nº 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>Alto</b>	0	6	94
<b>Intermediário 1</b>	0	25	75
<b>Intermediário 2</b>	0	42	58
<b>Baixo</b>	0	5	95

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>113/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- Cobre

No período anterior ao rompimento, as maiores concentrações foram registradas no trecho intermediário 1, e menores concentrações nos demais trechos (Figura A2- 9; CPRM, 2016). Durante o período emergencial foram registradas concentrações superiores ao nível 1 em T1 E T2, e concentrações inferiores em T3 e T4 (Golder, 2017).

No período atual as concentrações encontram-se abaixo do nível 1, com concentrações mais elevadas nos trechos intermediários 1 e 2. Nos trechos alto e baixo concentrações são mais baixas (Figura A2- 10 e Tabela A2- 5).

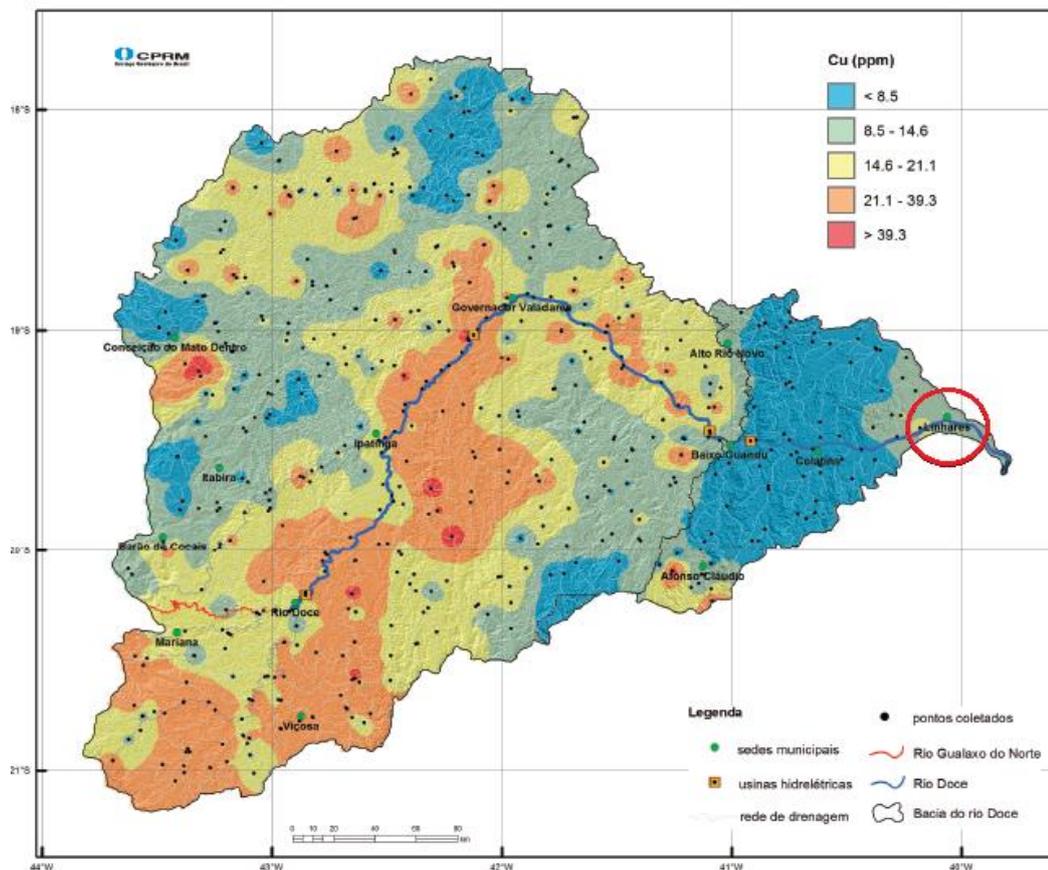


Figura A2- 9 - Concentrações de cobre em sedimentos na bacia hidrográfica do rio Doce. Fonte: Atlas Geoquímico - CPRM (2016).

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>114/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

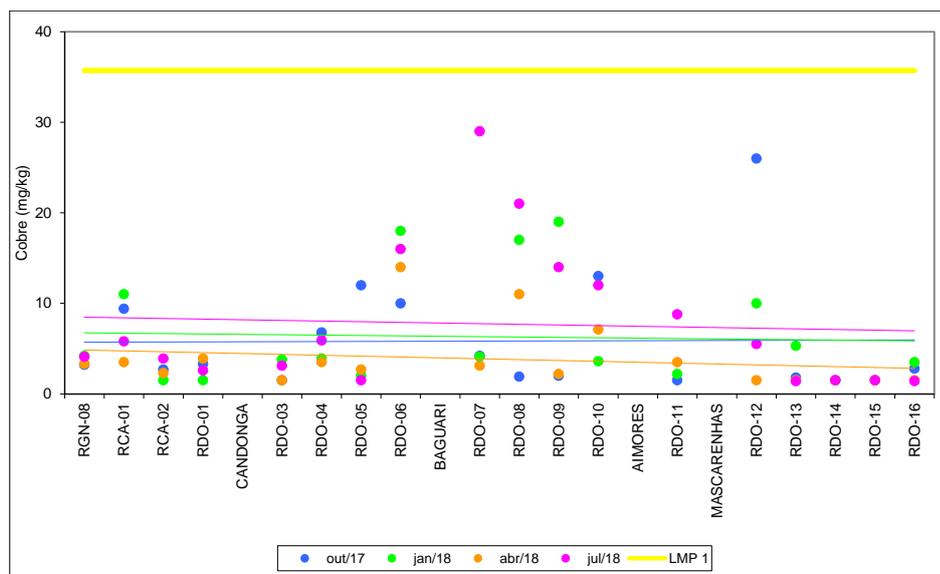


Figura A2- 10 - Variação espacial das concentrações de cobre ao longo das campanhas no período atual. Linha amarela: nível 1; linha vermelha: nível 2.

Tabela A2- 5 - Percentuais de ocorrências de concentrações de cobre acima do nível 2, acima do nível 1 e abaixo do nível 2, e abaixo do nível 1, conforme os trechos do rio Doce.

	Atendimento à Legislação CONAMA nº 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>Alto</b>	0	0	100
<b>Intermediário 1</b>	0	0	100
<b>Intermediário 2</b>	0	0	100
<b>Baixo</b>	0	0	100

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>115/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- Mercúrio

No período anterior ao rompimento as concentrações de mercúrio encontravam-se acima do nível 1 em praticamente ao longo de toda a calha, sendo mais elevadas no trecho baixo (Figura A2- 11; CPRM, 2016). Durante o período emergencial foram registradas concentrações elevadas em T1/T2 nos trechos alto e intermediários 1 e 2, seguido de redução brusca ou gradativa em T3/T4 (Golder, 2017). Atualmente, as concentrações encontram-se abaixo do nível 1, com concentrações mais elevadas nos trechos intermediários 1 e 2 (Figura A2- 12 e Tabela A2- 6).

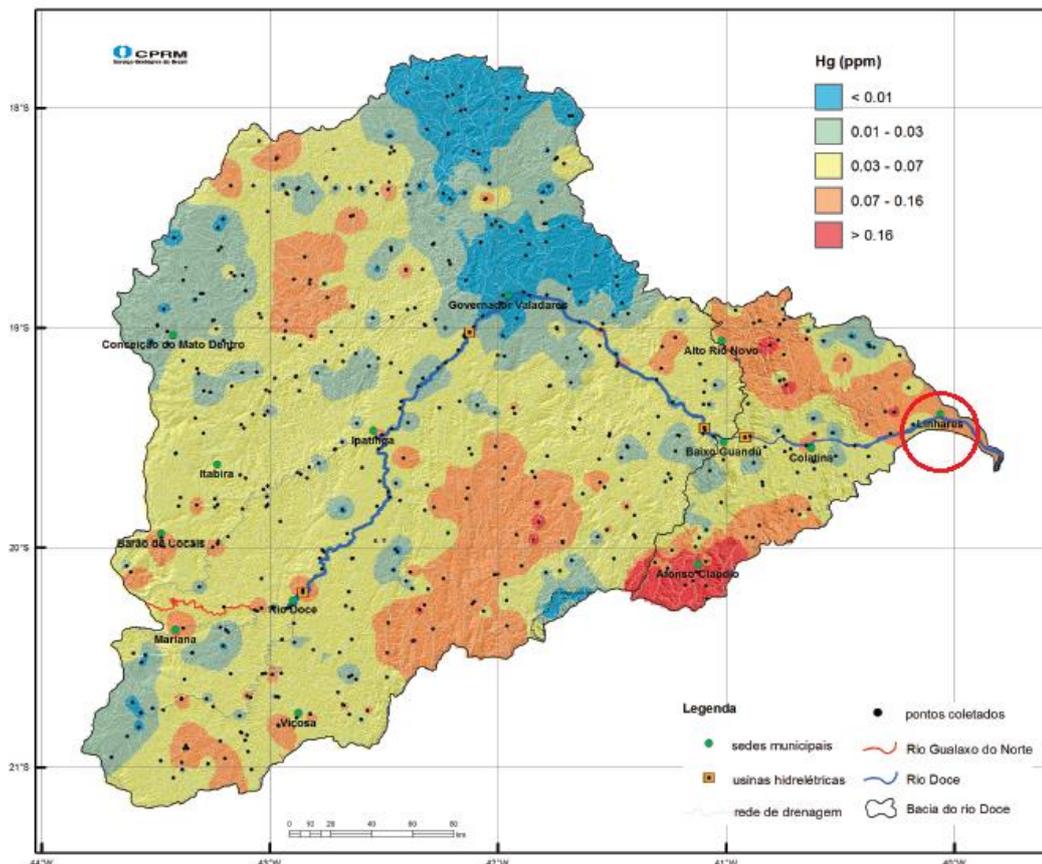


Figura A2- 11 - Concentrações de mercúrio em sedimentos na bacia hidrográfica do rio Doce. Fonte: Atlas Geoquímico - CPRM (2016).

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>116/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

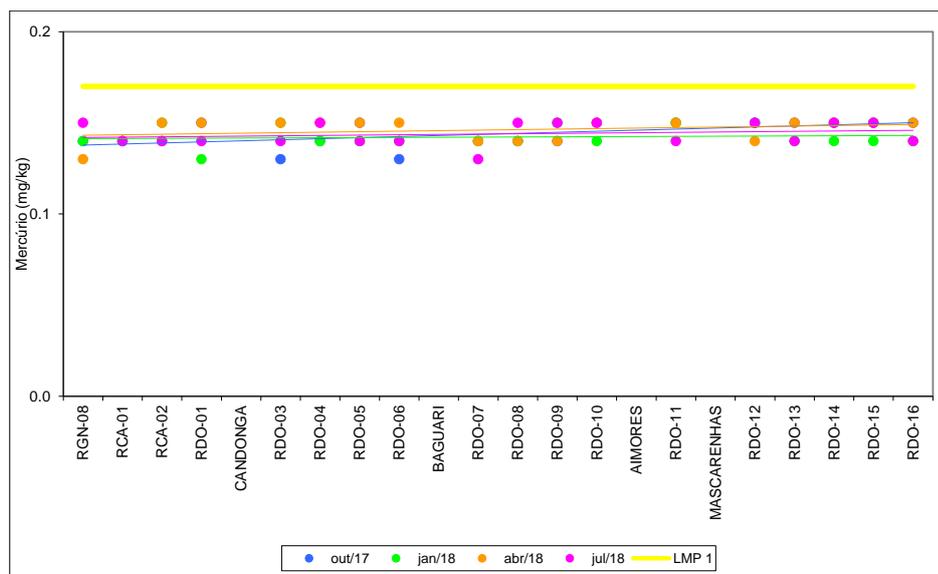


Figura A2- 12 - Variação espacial das concentrações de mercúrio ao longo das campanhas no período atual. Linha amarela: nível 1; linha vermelha: nível 2.

Tabela A2- 6 - Percentuais de ocorrências de concentrações de mercúrio acima do nível 2, acima do nível 1 e abaixo do nível 2, e abaixo do nível 1, conforme os trechos do rio Doce.

	Atendimento à Legislação CONAMA nº 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>Alto</b>	0	0	100
<b>Intermediário 1</b>	0	0	100
<b>Intermediário 2</b>	0	0	100
<b>Baixo</b>	0	0	100

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>117/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- Níquel

As maiores concentrações de níquel no período anterior ao rompimento foram registradas nos trechos alto, intermediários 1 e 2. No trecho baixo, foram registradas concentrações abaixo do nível 1 (Figura A2- 13; CPRM, 2016). No período emergencial foram registradas concentrações superiores ao nível 1 em T1 e T2, e inferiores em T3 e T4 (Golder, 2017).

Atualmente, as concentrações encontram-se abaixo do nível 1 nos trechos alto e baixo, e acima nos trechos intermediários 1 e 2, tendendo à redução em direção à foz (Figura A2- 14 e Tabela A2- 7).

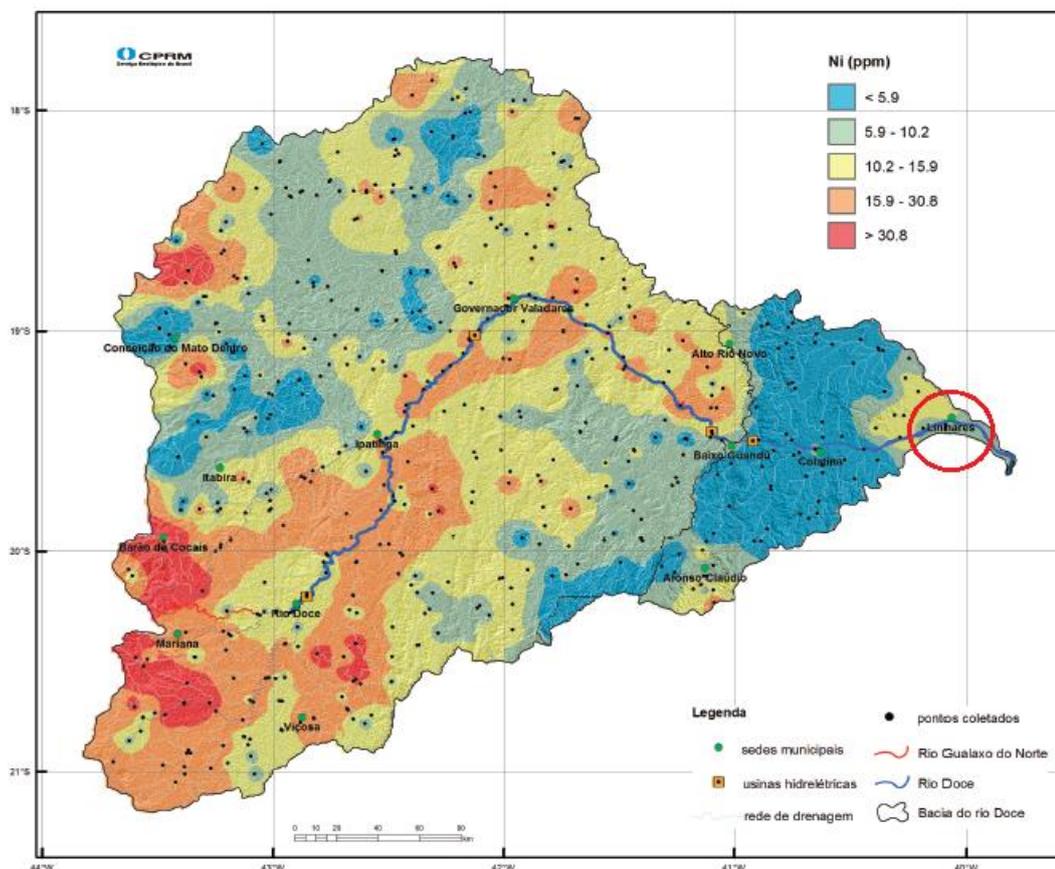


Figura A2- 13 - Concentrações de níquel em sedimentos na bacia hidrográfica do rio Doce. Fonte: Atlas Geoquímico - CPRM (2016).

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>118/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

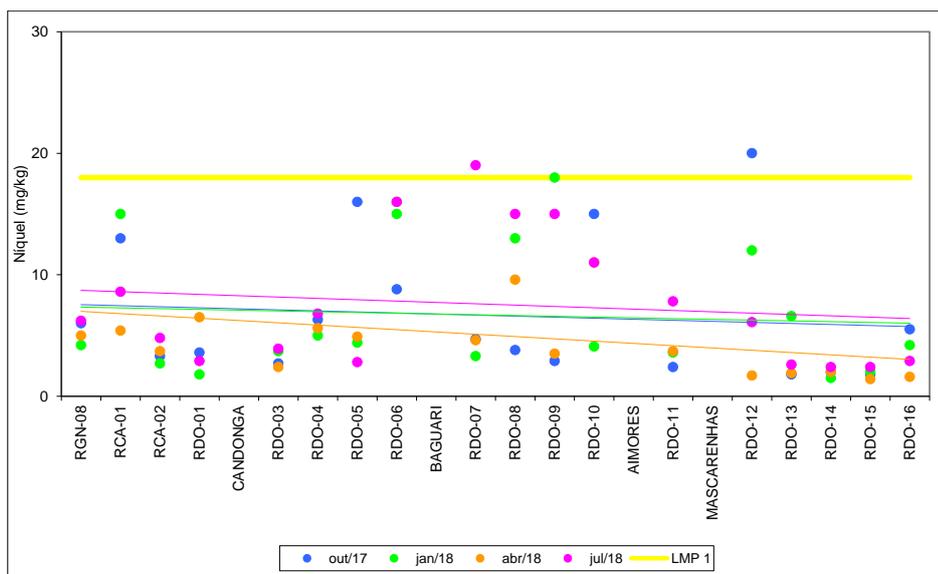


Figura A2- 14 - Variação espacial das concentrações de níquel ao longo das campanhas no período atual. Linha amarela: nível 1; linha vermelha: nível 2.

Tabela A2- 7 - Percentuais de ocorrências de concentrações de níquel acima do nível 2, acima do nível 1 e abaixo do nível 2, e abaixo do nível 1, conforme os trechos do rio Doce.

	Atendimento à Legislação CONAMA nº 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>Alto</b>	0	0	100
<b>Intermediário 1</b>	0	0	100
<b>Intermediário 2</b>	0	5	95
<b>Baixo</b>	0	5	95

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>119/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- Zinco

No período anterior ao rompimento as maiores de zinco concentrações foram registradas nos trechos intermediários 1 e 2, as menores nos trechos alto e baixo, sendo todos abaixo do nível 1 (Figura A2-15; CPRM, 2016). No período emergencial foram registradas concentrações superiores ao nível 1 em T1 e T2, e concentrações inferiores em T3 e T4 (Golder, 2017). Atualmente, as concentrações encontram-se abaixo do nível 1, sendo as mais elevadas encontradas nos trechos intermediários 1 e 2. Nos trechos alto e baixo, as concentrações apresentam-se mais baixas (Figura A2- 16 e Tabela A2- 8).

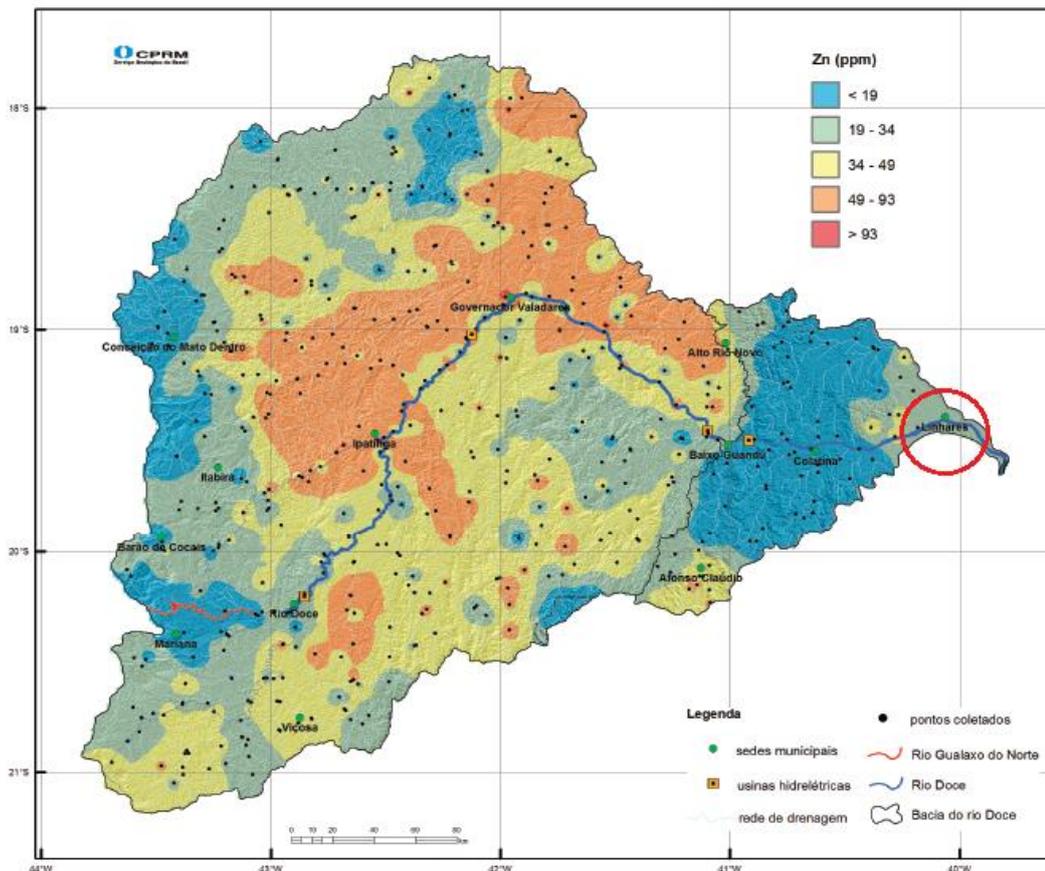


Figura A2- 15 - Concentrações de zinco em sedimentos na bacia hidrográfica do rio Doce. Fonte: Atlas Geoquímico - CPRM (2016).

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>120/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

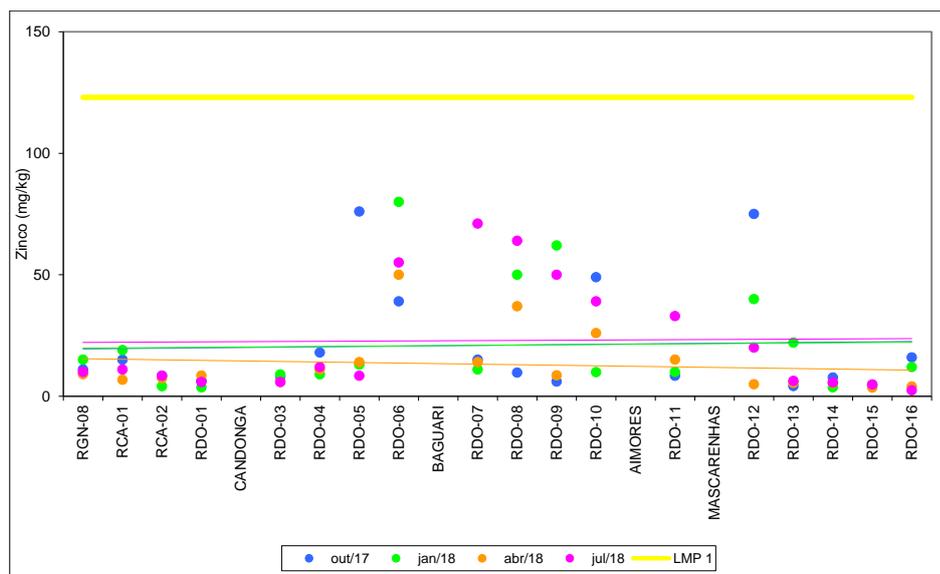


Figura A2- 16 - Variação espacial das concentrações de zinco ao longo das campanhas no período atual. Linha amarela: nível 1; linha vermelha: nível 2.

Tabela A2- 8 - Percentuais de ocorrências de concentrações de zinco acima do nível 2, acima do nível 1 e abaixo do nível 2, e abaixo do nível 1, conforme os trechos do rio Doce.

	Atendimento à Legislação CONAMA nº 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>Alto</b>	0	0	100
<b>Intermediário 1</b>	0	0	100
<b>Intermediário 2</b>	0	0	100
<b>Baixo</b>	0	0	100

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>121/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- Ferro

No período anterior ao rompimento os teores mais elevados de ferro foram registrados no trecho alto, decaindo em direção à foz (Figura A2- 17; CPRM, 2016). Durante o período emergencial, foram registradas concentrações elevadas em T1/T2, que permaneceram elevadas em T3/T4, desde o trecho alto até o trecho intermediário 2. A partir do trecho intermediário 1 houve o aumento das concentrações durante T1/T2, redução em T3, e um relativo aumento em T4, especialmente no estuário. Esse padrão foi também verificado para As, Cr e Mn (Golder, 2017). No período atual, as concentrações apresentam uma forte tendência de redução no sentido nascente – foz, porém, é notável a elevação das concentrações nos trechos intermediários (Figura A2- 18 e Tabela A2- 9).

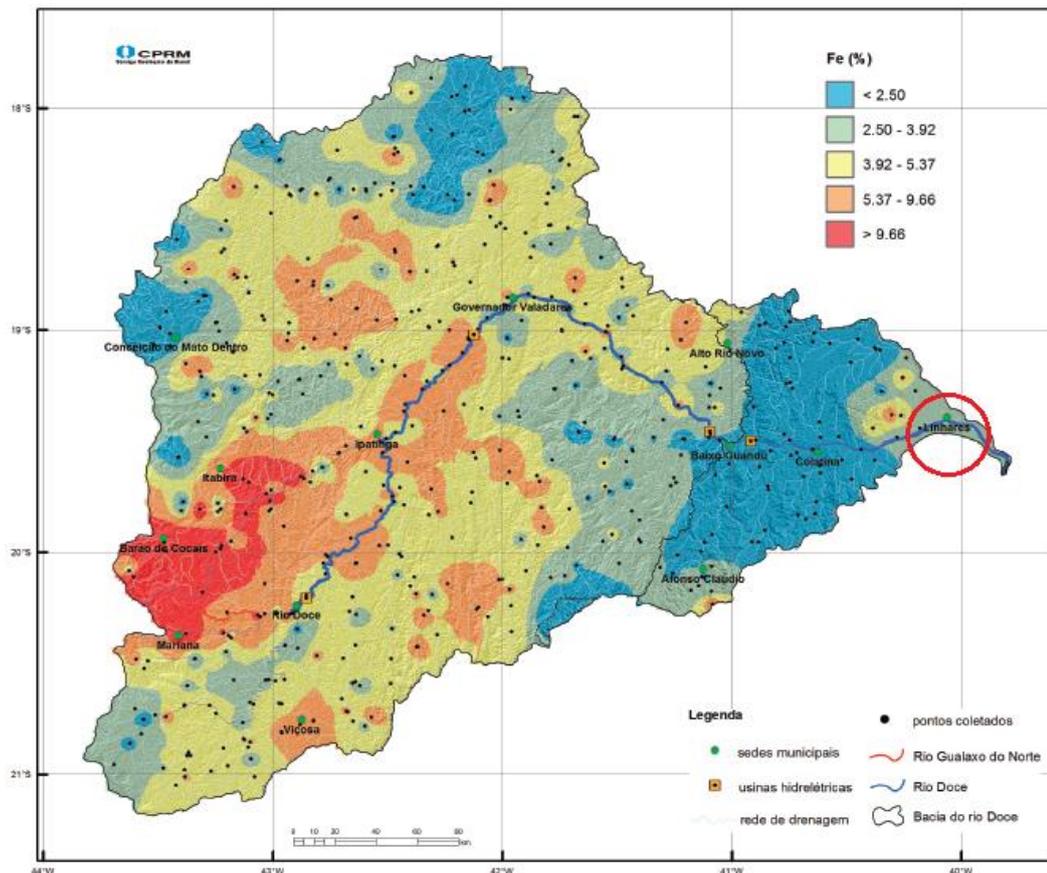


Figura A2- 17 - Teores de ferro em sedimentos na bacia hidrográfica do rio Doce. Fonte: Atlas Geoquímico - CPRM (2016).

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>122/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

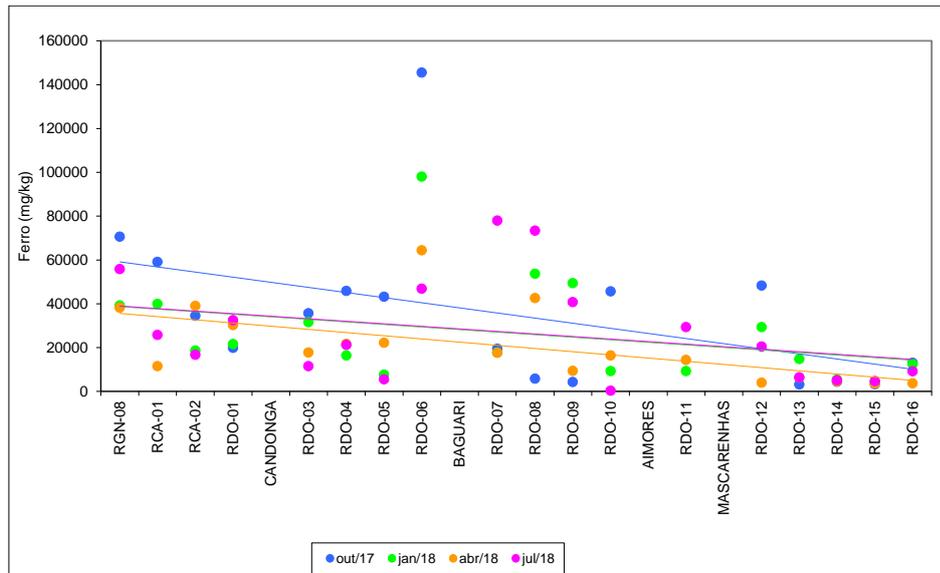


Figura A2- 18 - Variação espacial das concentrações de ferro ao longo das campanhas no período atual.

Tabela A2- 9 - Percentuais de ocorrências de concentrações de ferro acima do nível 2, acima do nível 1 e abaixo do nível 2, e abaixo do nível 1, conforme os trechos do rio Doce.

	( <b>%</b> )		
	<b>&gt; CPRM</b>	<b>&gt; Mediana</b>	<b>&lt; Mediana</b>
<b>Alto</b>	0	81	19
<b>Intermediário 1</b>	13	56	31
<b>Intermediário 2</b>	0	42	58
<b>Baixo</b>	0	15	85

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>123/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- Manganês

Analogamente ao ferro, os teores de manganês encontravam-se mais elevados no trecho alto, decaindo em direção à foz, no período anterior ao rompimento (Figura A2- 19; CPRM, 2016). Durante o período emergencial, as concentrações se apresentaram elevadas em T1/T2, que permaneceram elevadas em T3/T4, desde o trecho alto até o trecho intermediário 2. A partir do trecho intermediário 1 houve o aumento das concentrações durante T1/T2, redução em T3, e um relativo aumento em T4, especialmente no estuário (Golder, 2017). Atualmente, as concentrações apresentam uma forte tendência de redução no sentido nascente – foz, porém, é notável a elevação das concentrações nos trechos intermediários (Figura A2- 20 e Tabela A2- 10).

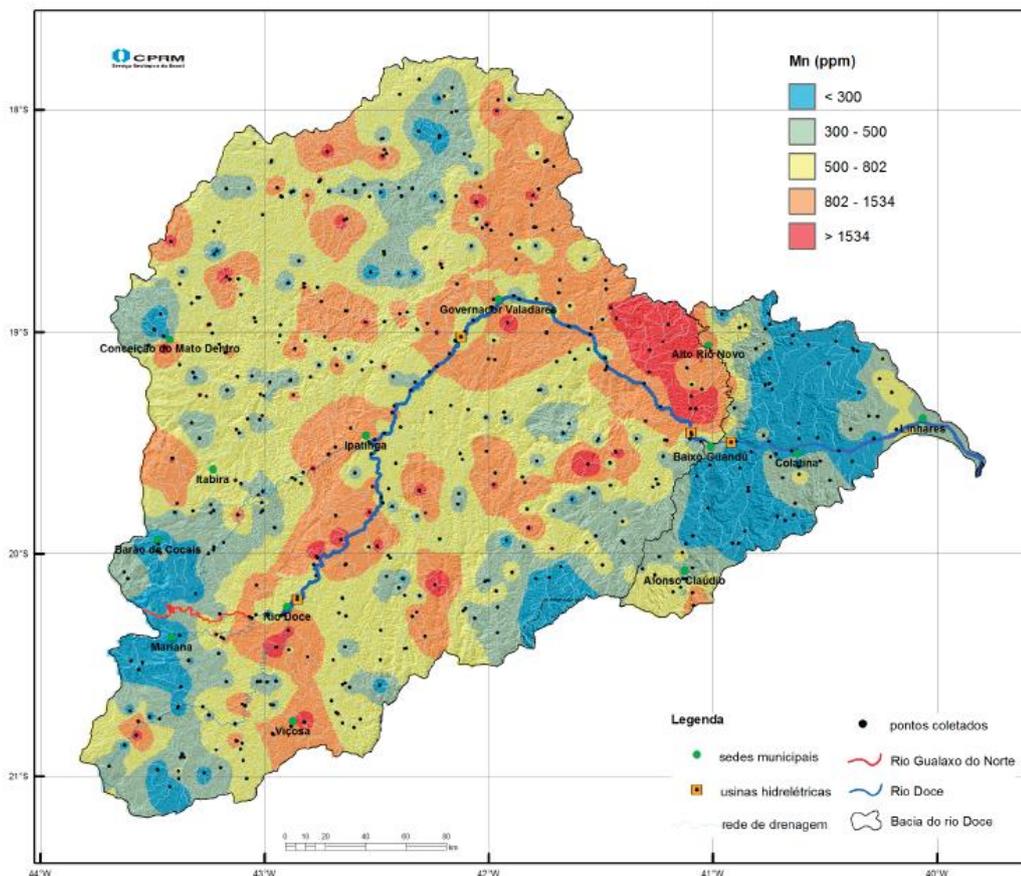


Figura A2- 19 - Concentrações de Manganês em sedimentos na bacia hidrográfica do rio Doce.  
 Fonte: Atlas Geoquímico - CPRM (2016).

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>124/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

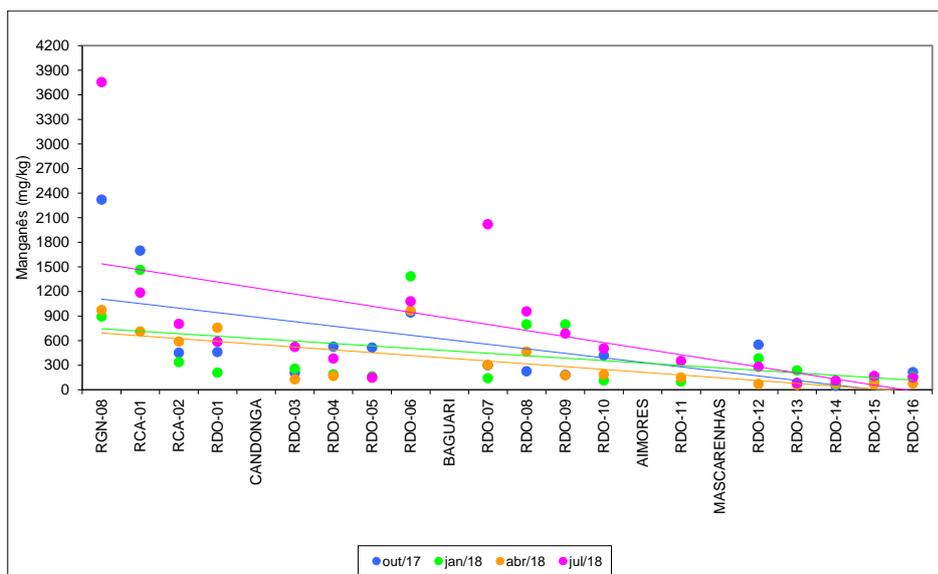


Figura A2- 20 - Variação espacial das concentrações de manganês ao longo das campanhas no período atual.

Tabela A2- 10 - Percentuais de ocorrências de concentrações de manganês acima do nível 2, acima do nível 1 e abaixo do nível 2, e abaixo do nível 1, conforme os trechos do rio Doce.

	(%)		
	> CPRM	> Mediana	< Mediana
<b>Alto</b>	19	75	6
<b>Intermediário 1</b>	0	50	50
<b>Intermediário 2</b>	5	47	47
<b>Baixo</b>	0	10	90

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>125/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- Alumínio

No período anterior ao rompimento, as maiores concentrações de alumínio foram registradas nos trechos intermediários 1 e 2, e as menores no trecho baixo, com leve elevação em direção ao estuário (Figura A2- 21; CPRM, 2016). No período emergencial foram registradas concentrações baixas nos trechos alto e intermediário 1. No trecho baixo observou-se padrão bimodal, com aumento das concentrações durante T1/T2, redução em T3, e novo aumento em T4, com concentrações mais elevadas no estuário (Golder, 2017).

No período atual os maiores teores foram registrados nos trechos intermediários, com alguma elevação no estuário (Tabela A2- 11 e Figura A2- 22), ficando assim evidenciada a entrada de alumínio por fontes antropogênicas locais a partir do rio Santo Antônio.

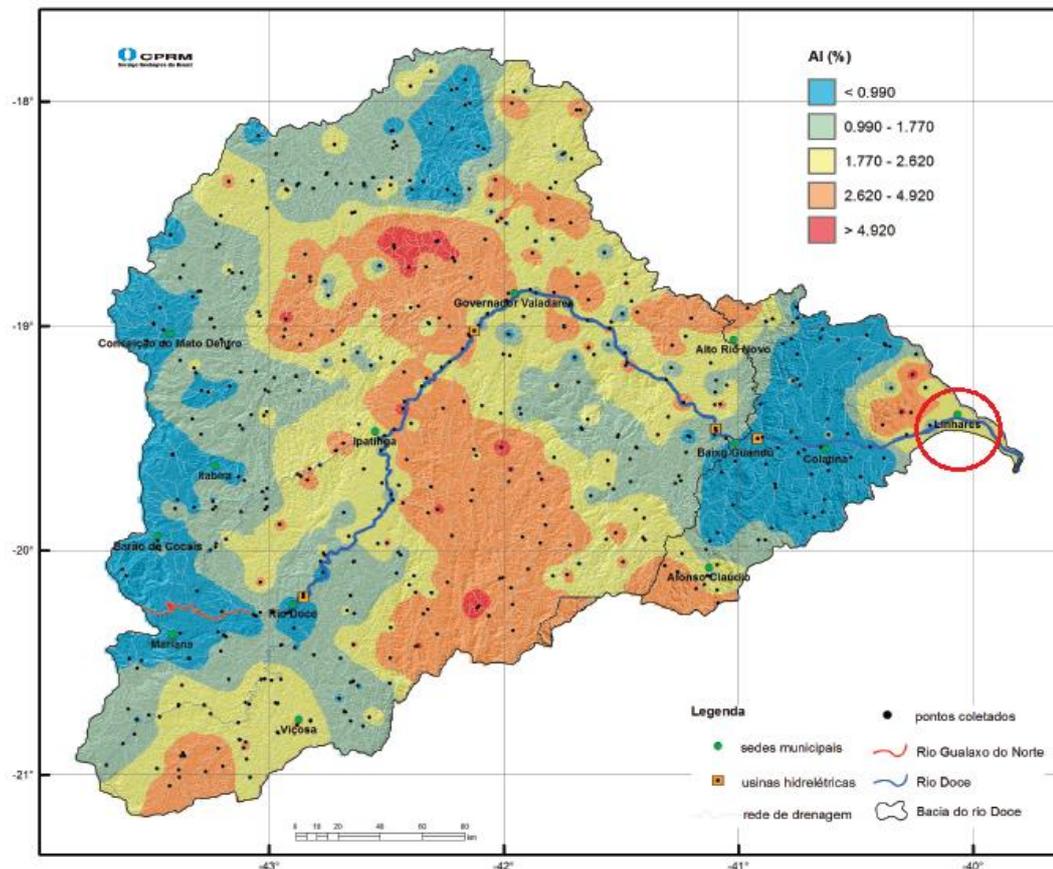


Figura A2- 21 - Teores de alumínio em sedimentos na bacia hidrográfica do rio Doce. Fonte: Atlas Geoquímico - CPRM (2016).

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>126/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

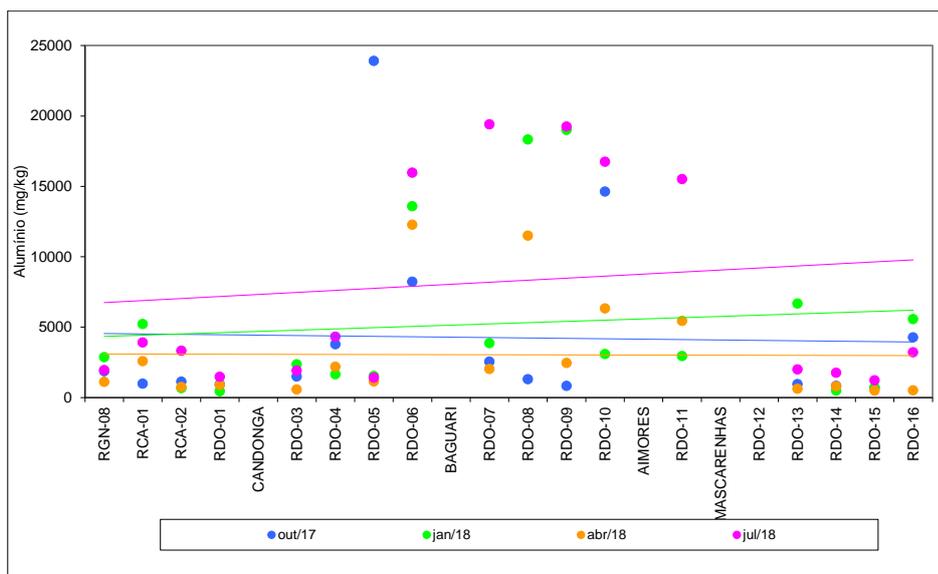


Figura A2- 22 - Variação espacial das concentrações de alumínio ao longo das campanhas no período atual.

Tabela A2- 11 - Percentuais de ocorrências de concentrações de alumínio acima do nível 2, acima do nível 1 e abaixo do nível 2, e abaixo do nível 1, conforme os trechos do rio Doce.

	(%)		
	> CPRM	> Mediana	< Mediana
<b>Alto</b>	8	25	67
<b>Intermediário 1</b>	31	13	56
<b>Intermediário 2</b>	58	26	16
<b>Baixo</b>	13	13	75

	FM-ENG-001			
Nº da revisão:	00			
Elaborador:	EPC			
Aprovador:	Willians de Souza Arruda			
Data da aprovação:	11/12/2017			
Periodicidade da revisão:	Anual			
Abrangência:	Corporativa	<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS  LINHARES – ES  ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE  BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089  RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL  ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE  CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>	Nº CONTRATADA	PÁGINA
Classificação:	Público		<b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	<b>127/149</b>
			Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

## ANEXO 03

### Caracterização Local da Qualidade de Sedimentos

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>128/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- Arsênio

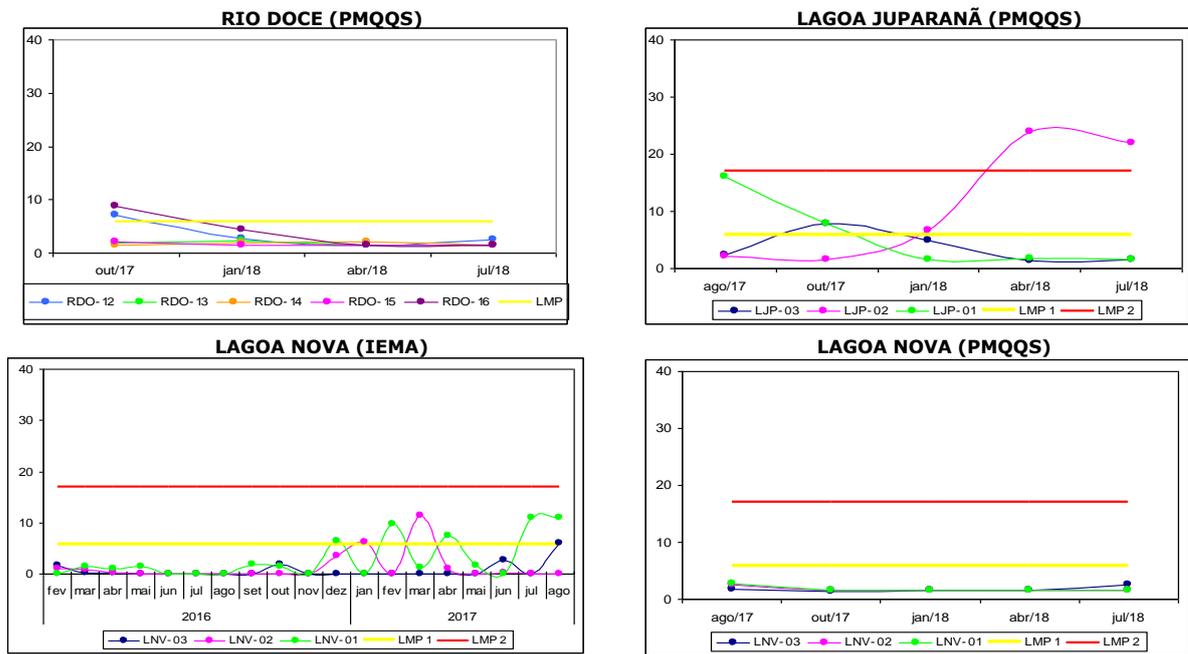


Figura A3- 1- Variação espacial das concentrações de arsênio no rio Doce (porção capixaba), lagoas Juparanã e Nova, posterior ao rompimento. Linha amarela: nível 1; linha vermelha: nível 2.

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>129/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Tabela A3-1- Atendimento à Resolução CONAMA nº 454/2012 para as concentrações de arsênio no rio Doce e nas lagoas Juparanã e Nova, com base nos dados do PMQQS.

PMQQS	Atendimento à Resolução CONAMA 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>Baixo</b>	0	6	94
<b>Nova</b>	0	0	100
<b>Juparanã</b>	13	27	60
<b>Estuário</b>	0	25	75

Tabela A3- 2- Atendimento à Resolução CONAMA nº 454/2012 para as concentrações de arsênio na lagoa Nova, com base nos dados do IEMA.

IEMA	Atendimento à Resolução CONAMA 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>T1 (fev - mar/16)</b>	0	0	100
<b>T2 (abr - set/16)</b>	0	0	100
<b>T3 (out - mar/16)</b>	0	22	78
<b>T4 (abr - ago/17)</b>	0	27	73

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>130/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- Cádmi

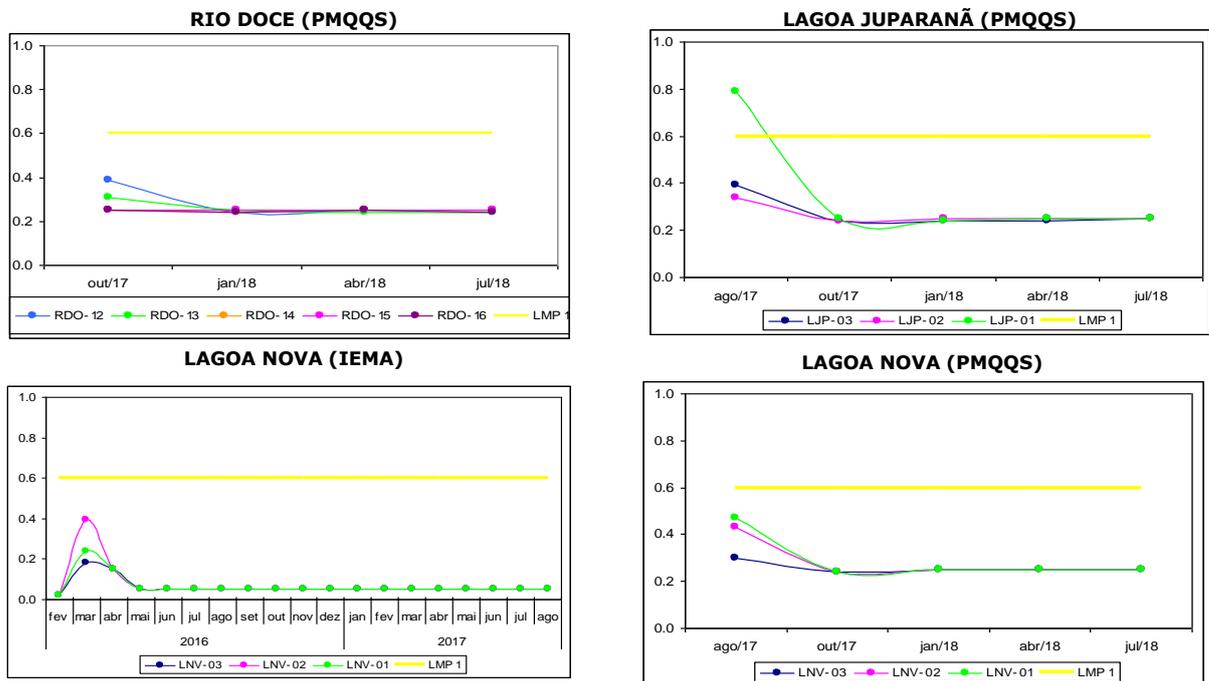


Figura A3- 2- Variação espacial das concentrações de cádmio no rio Doce (porção capixaba), lagoas Juparanã e Nova, posterior ao rompimento. Linha amarela: nível 1; linha vermelha: nível 2.

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>131/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Tabela A3- 3- Atendimento à Resolução CONAMA nº 454/2012 para as concentrações de cádmio no rio Doce e nas lagoas Juparanã e Nova, com base nos dados do PMQQS.

PMQQS	Atendimento à Resolução CONAMA 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>Baixo</b>	0	0	100
<b>Nova</b>	0	0	100
<b>Juparanã</b>	0	7	93
<b>Estuário</b>	0	0	100

Tabela A3- 4- Atendimento à Resolução CONAMA nº 454/2012 para as concentrações de cádmio na lagoa Nova, com base nos dados do IEMA.

IEMA	Atendimento à Resolução CONAMA 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>T1 (fev - mar/16)</b>	0	0	100
<b>T2 (abr - set/16)</b>	0	0	100
<b>T3 (out - mar/16)</b>	0	0	100
<b>T4 (abr - ago/17)</b>	0	0	100

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>132/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- Chumbo

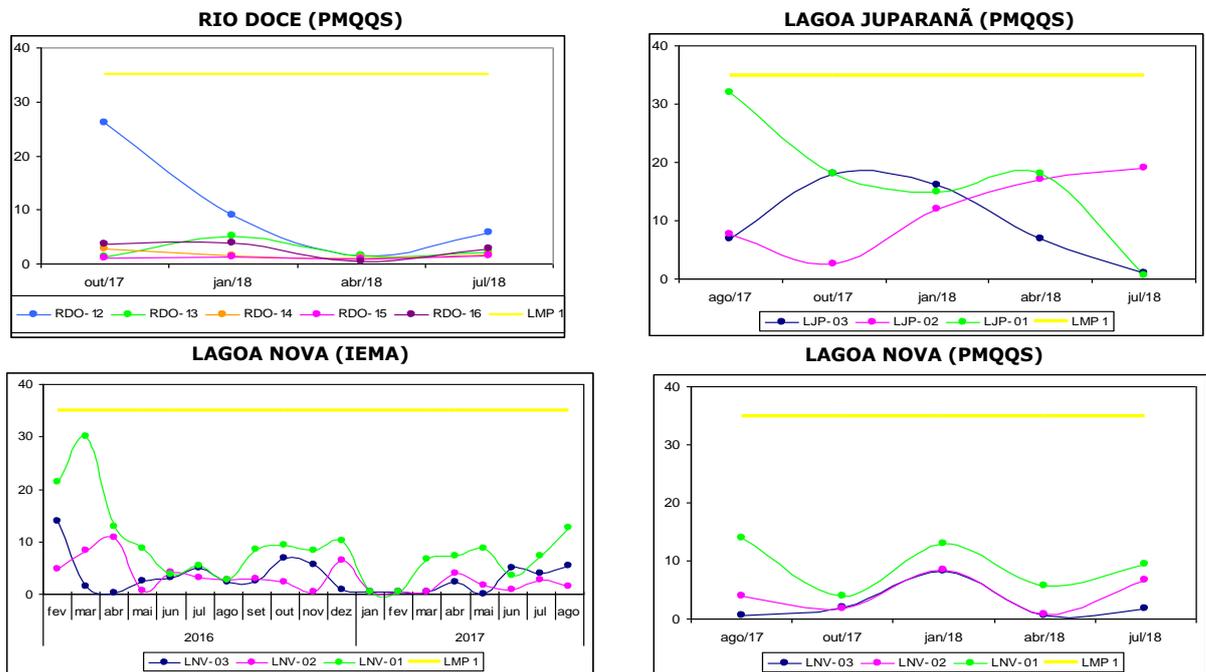


Figura A3- 3- Variação espacial das concentrações de chumbo no rio Doce (porção capixaba) e lagoas Juparanã e Nova, posterior ao rompimento. Linha amarela: nível 1; linha vermelha: nível 2.

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>133/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Tabela A3- 5- Atendimento à Resolução CONAMA nº 454/2012 para as concentrações de chumbo no rio Doce e nas lagoas Juparanã e Nova, com base nos dados do PMQQS.

PMQQS	Atendimento à Resolução CONAMA 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>Baixo</b>	0	0	100
<b>Nova</b>	0	0	100
<b>Juparanã</b>	0	0	100
<b>Estuário</b>	0	0	100

Tabela A3- 6- Atendimento à Resolução CONAMA nº 454/2012 para as concentrações de chumbo na lagoa Nova, com base nos dados do IEMA.

IEMA	Atendimento à Resolução CONAMA 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>T1 (fev - mar/16)</b>	0	0	100
<b>T2 (abr - set/16)</b>	0	0	100
<b>T3 (out - mar/16)</b>	0	0	100
<b>T4 (abr - ago/17)</b>	0	0	100

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>134/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- Cromo

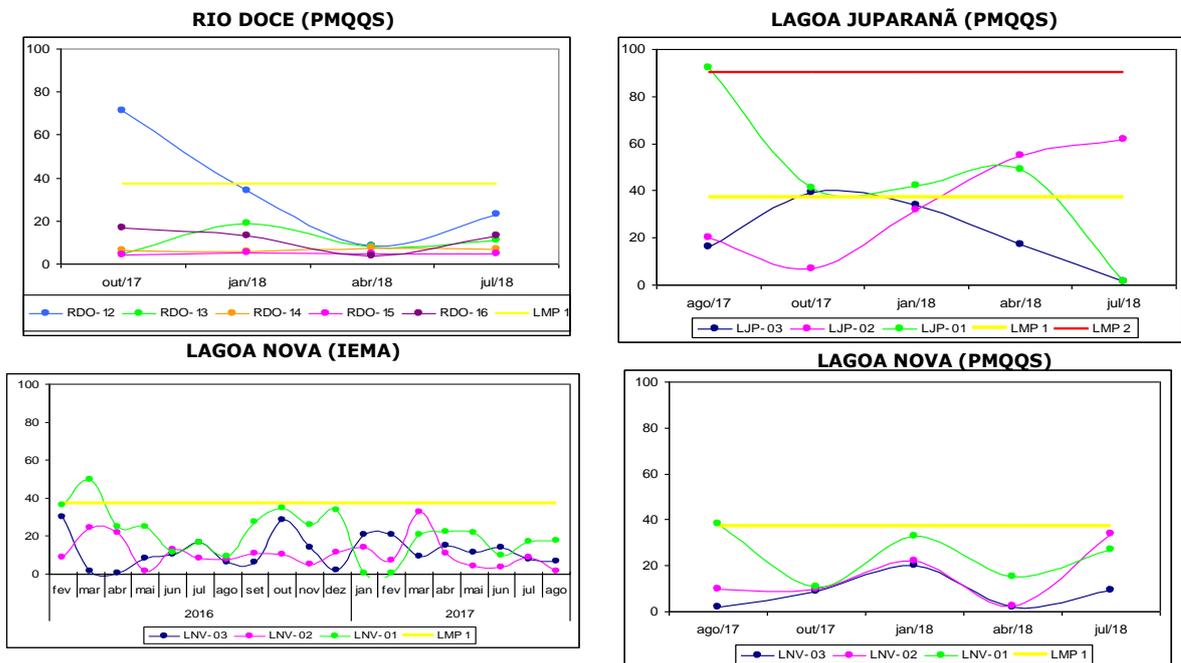


Figura A3- 4- Variação espacial das concentrações de cromo no rio doce (porção capixaba), e nas lagoas Juparanã e Nova, posterior ao rompimento. Linha amarela: nível 1; linha vermelha: nível 2.

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>135/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Tabela A3- 7- Atendimento à Resolução CONAMA nº 454/2012 para as concentrações de cromo no rio Doce e nas lagoas Juparanã e Nova, com base nos dados do PMQQS.

PMQQS	Atendimento à Resolução CONAMA 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>Baixo</b>	0	6	94
<b>Nova</b>	0	7	93
<b>Juparanã</b>	7	40	53
<b>Estuário</b>	0	0	100

Tabela A3- 8- Atendimento à Resolução CONAMA nº 454/2012 para as concentrações de cromo na lagoa Nova, com base nos dados do IEMA.

IEMA	Atendimento à Resolução CONAMA 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>T1 (fev - mar/16)</b>	0	17	83
<b>T2 (abr - set/16)</b>	0	0	100
<b>T3 (out - mar/16)</b>	0	0	100
<b>T4 (abr - ago/17)</b>	0	0	100

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>136/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- Cobre

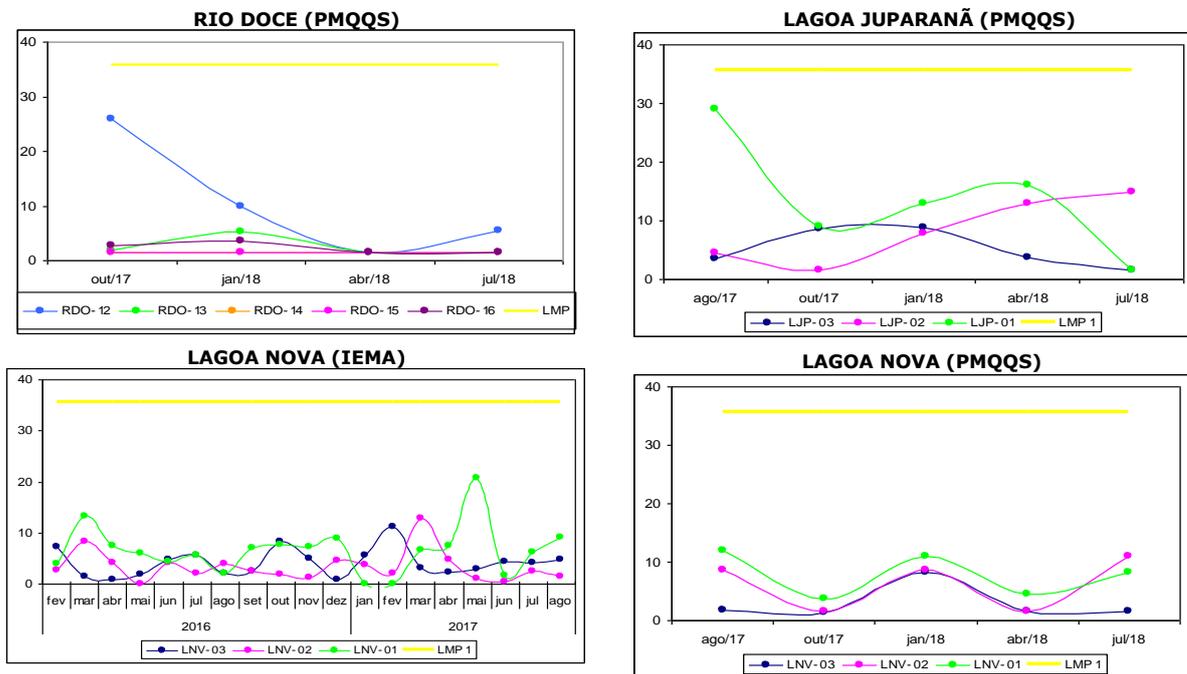


Figura A3- 5- Variação espacial das concentrações de cobre no rio doce (porção capixaba) e nas lagoas Juparanã e Nova, posterior ao rompimento. Linha amarela: nível 1; linha vermelha: nível 2.

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	 <b>FUNDAÇÃO renova</b>
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089 RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>137/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Tabela A3- 9- Atendimento à Resolução CONAMA nº 454/2012 para as concentrações de cobre no rio Doce e nas lagoas Juparanã e Nova, com base nos dados do PMQQS.

PMQQS	Atendimento à Resolução CONAMA 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>Baixo</b>	0	0	100
<b>Nova</b>	0	0	100
<b>Juparanã</b>	0	0	100
<b>Estuário</b>	0	0	100

Tabela A3- 10- Atendimento à Resolução CONAMA nº 454/2012 para as concentrações de cobre na lagoa Nova, com base nos dados do IEMA.

IEMA	Atendimento à Resolução CONAMA 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>T1 (fev - mar/16)</b>	0	0	100
<b>T2 (abr - set/16)</b>	0	0	100
<b>T3 (out - mar/16)</b>	0	0	100
<b>T4 (abr - ago/17)</b>	0	0	100

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>138/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- Mercúrio

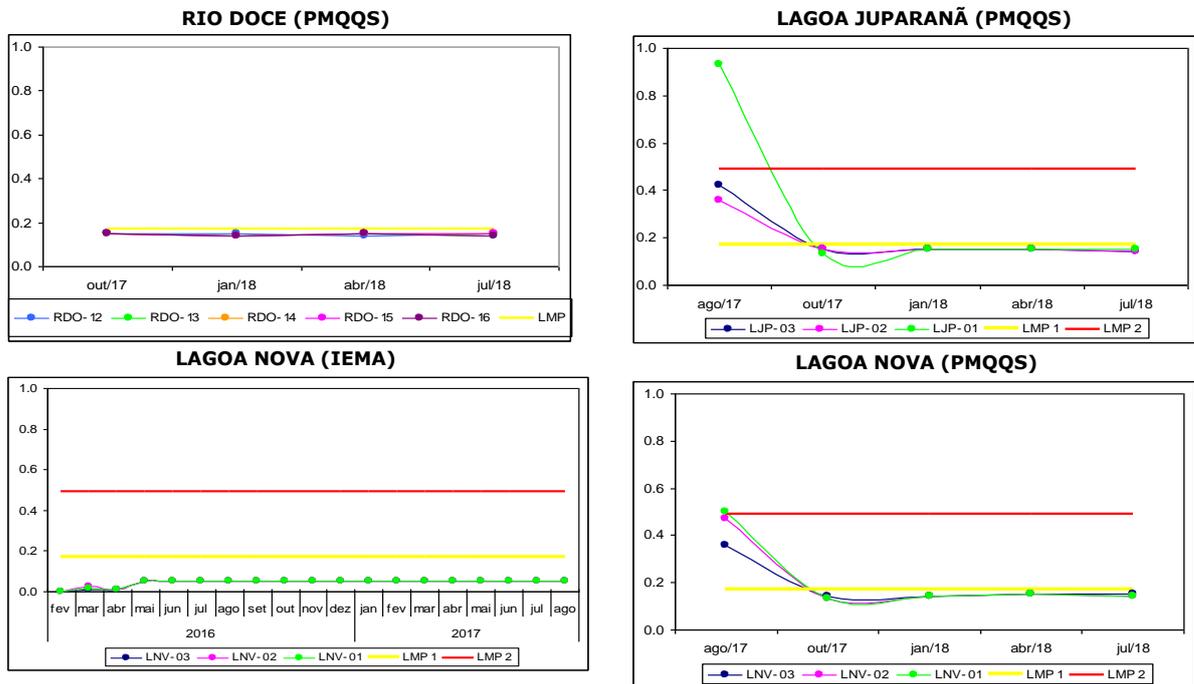


Figura A3- 6- Variação espacial das concentrações de mercúrio no rio doce (porção capixaba) e nas lagoas Juparanã e Nova, posterior ao rompimento. Linha amarela: nível 1; linha vermelha: nível 2.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>139/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Tabela A3- 11- Atendimento à Resolução CONAMA nº 454/2012 para as concentrações de mercúrio no rio Doce e nas lagoas Juparanã e Nova, com base nos dados do PMQQS.

PMQQS	Atendimento à Resolução CONAMA 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
Baixo	0	0	100
Nova	7	13	80
Juparanã	7	13	80
Estuário	0	0	100

Tabela A3- 12- Atendimento à Resolução CONAMA nº 454/2012 para as concentrações de mercúrio na lagoa Nova, com base nos dados do IEMA.

IEMA	Atendimento à Resolução CONAMA 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
T1 (fev - mar/16)	0	0	100
T2 (abr - set/16)	0	0	100
T3 (out - mar/16)	0	0	100
T4 (abr - ago/17)	0	0	100

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>140/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- Níquel

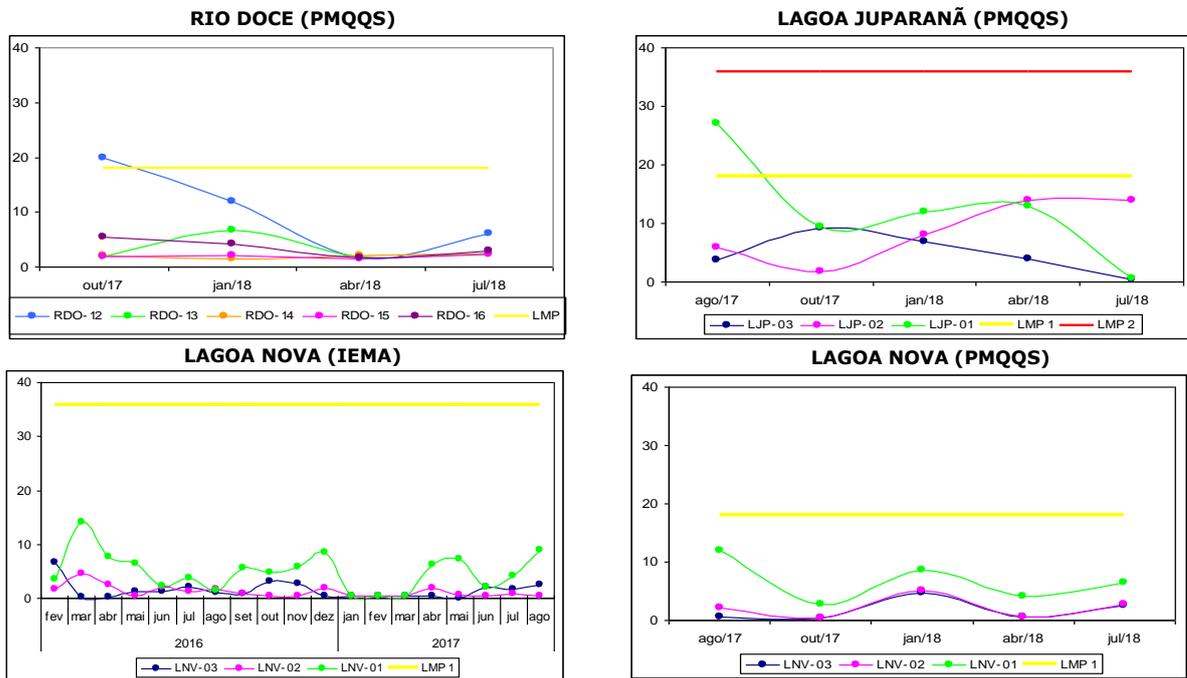


Figura A3- 7- Variação espacial das concentrações de níquel no rio doce (porção capixaba) e nas lagoas Juparanã e Nova, posterior ao rompimento. Linha amarela: nível 1; linha vermelha: nível 2.

Nº da revisão:	00	 <b>Potamos</b>	 <b>FUNDAÇÃO renova</b>
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089 RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>141/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Tabela A3- 13- Atendimento à Resolução CONAMA nº 454/2012 para as concentrações de níquel no rio Doce e nas lagoas Juparanã e Nova, com base nos dados do PMQQS.

PMQQS	Atendimento à Resolução CONAMA 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>Baixo</b>	0	6	94
<b>Nova</b>	0	0	100
<b>Juparanã</b>	0	7	93
<b>Estuário</b>	0	0	100

Tabela A3- 14- Atendimento à Resolução CONAMA nº 454/2012 para as concentrações de níquel na lagoa Nova, com base nos dados do IEMA.

IEMA	Atendimento à Resolução CONAMA 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>T1 (fev - mar/16)</b>	0	0	100
<b>T2 (abr - set/16)</b>	0	0	100
<b>T3 (out - mar/16)</b>	0	0	100
<b>T4 (abr - ago/17)</b>	0	0	100

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>142/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- Zinco

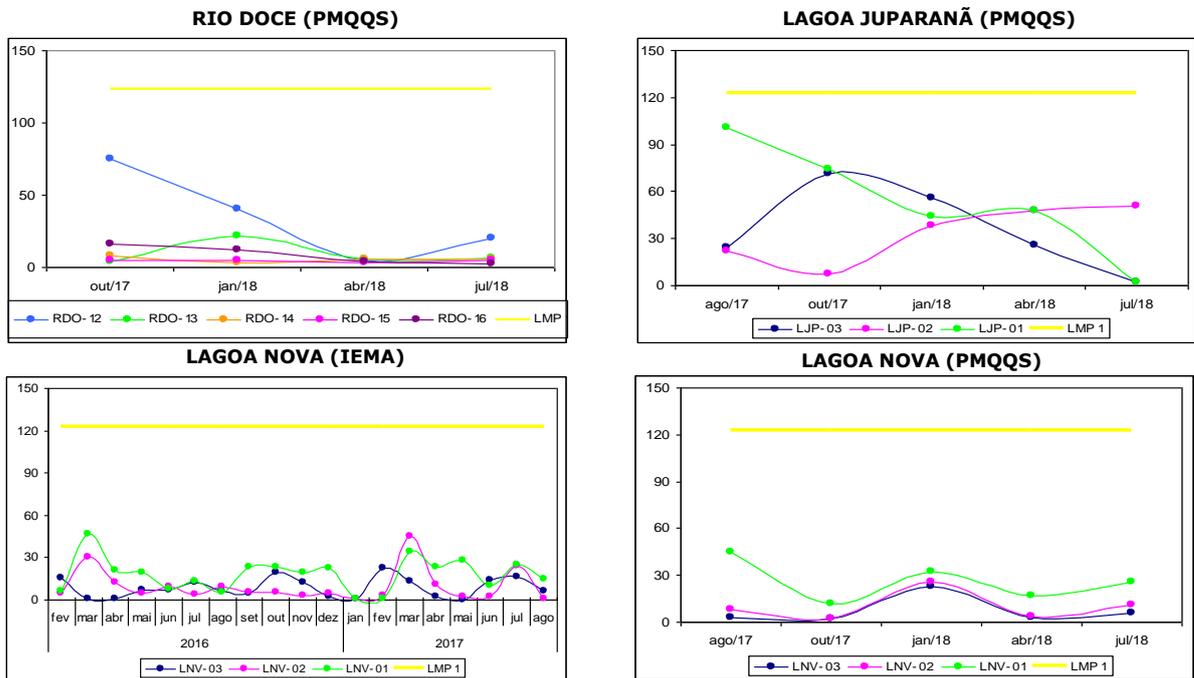


Figura A3- 8- Variação espacial das concentrações de zinco no rio doce (porção capixaba) e nas lagoas Juparanã e Nova, posterior ao rompimento. Linha amarela: nível 1; linha vermelha: nível 2.

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>143/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Tabela A3- 15- Atendimento à Resolução CONAMA nº 454/2012 para as concentrações de zinco no rio Doce e nas lagoas Juparanã e Nova, com base nos dados do PMQQS.

PMQQS	Atendimento à Resolução CONAMA 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>Baixo</b>	0	6	94
<b>Nova</b>	0	0	100
<b>Juparanã</b>	0	7	93
<b>Estuário</b>	0	0	100

Tabela A3- 16- Atendimento à Resolução CONAMA nº 454/2012 para as concentrações de zinco na lagoa Nova, com base nos dados do IEMA.

IEMA	Atendimento à Resolução CONAMA 454/2012 (%)		
	>N2	>N1	<N1
<b>T1 (fev - mar/16)</b>	0	0	100
<b>T2 (abr - set/16)</b>	0	0	100
<b>T3 (out - mar/16)</b>	0	0	100
<b>T4 (abr - ago/17)</b>	0	0	100

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>144/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- Ferro

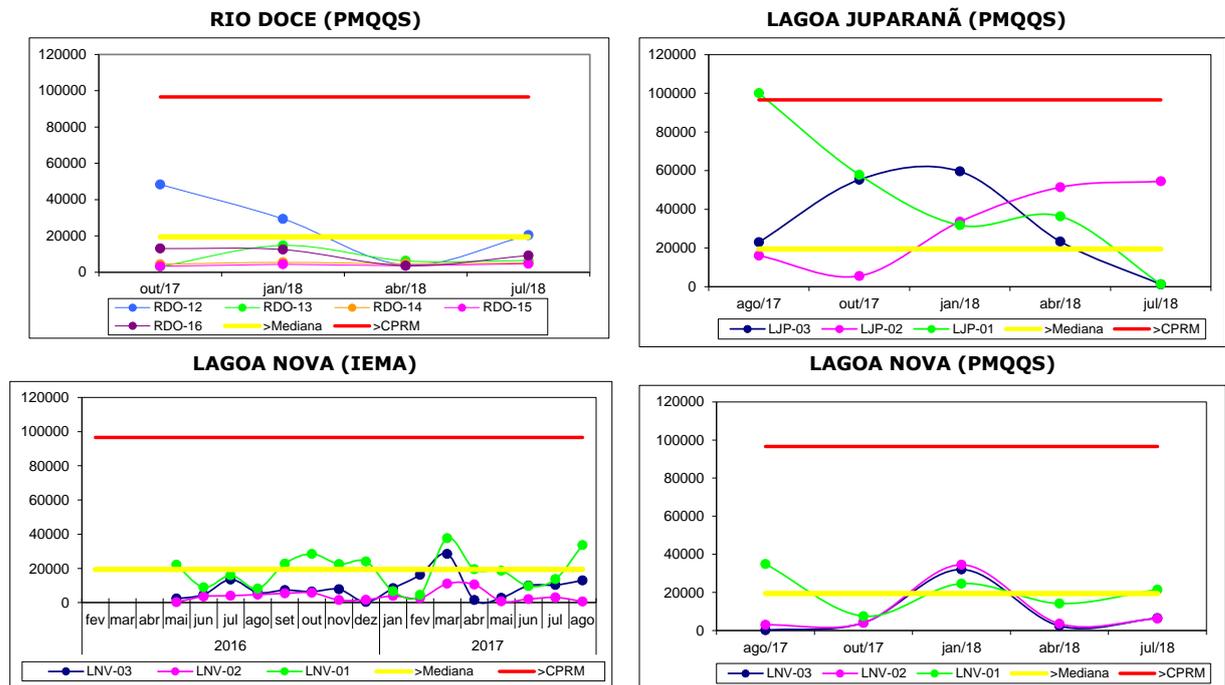


Figura A3- 9- Variação espacial das concentrações de ferro no rio doce (porção capixaba) e nas lagoas Juparanã e Nova, posterior ao rompimento. Linha amarela: mediana; linha vermelha: CPRM.

Nº da revisão:	FM-ENG-001			
Elaborador:	00			
Aprovador:	EPC			
Data da aprovação:	Willians de Souza Arruda			
Periodicidade da revisão:	11/12/2017			
Classificação:	Anual			
Abrangência:	Corporativa	<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089 RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>	Nº CONTRATADA	PÁGINA
Classificação:	Público		<b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	<b>145/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.	
		<b>N024500-B-1RT008</b>	<b>01</b>	

Tabela A3- 17- Percentual de ocorrências de concentrações de manganês acima CPRM, acima mediana e abaixo mediana, no rio Doce e nas lagoas Juparanã e Nova, com base nos dados do PMQQS.

PMQQS	( <b>%</b> )		
	<b>&gt; CPRM</b>	<b>&gt; Mediana</b>	<b>&lt; Mediana</b>
<b>Baixo</b>	0	19	81
<b>Nova</b>	0	33	67
<b>Juparanã</b>	7	67	27
<b>Estuário</b>	0	0	100

Tabela A3- 18- Percentual de ocorrências de concentrações de ferro acima CPRM, acima mediana e abaixo mediana, na lagoa Nova, com base nos dados do IEMA.

IEMA	( <b>%</b> )		
	<b>&gt; CPRM</b>	<b>&gt; Mediana</b>	<b>&lt; Mediana</b>
<b>T1 (fev - mar/16)</b>	-	-	-
<b>T2 (abr - set/16)</b>	0	13	72
<b>T3 (out - mar/16)</b>	0	28	87
<b>T4 (abr - ago/17)</b>	0	13	100

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>146/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

- Manganês

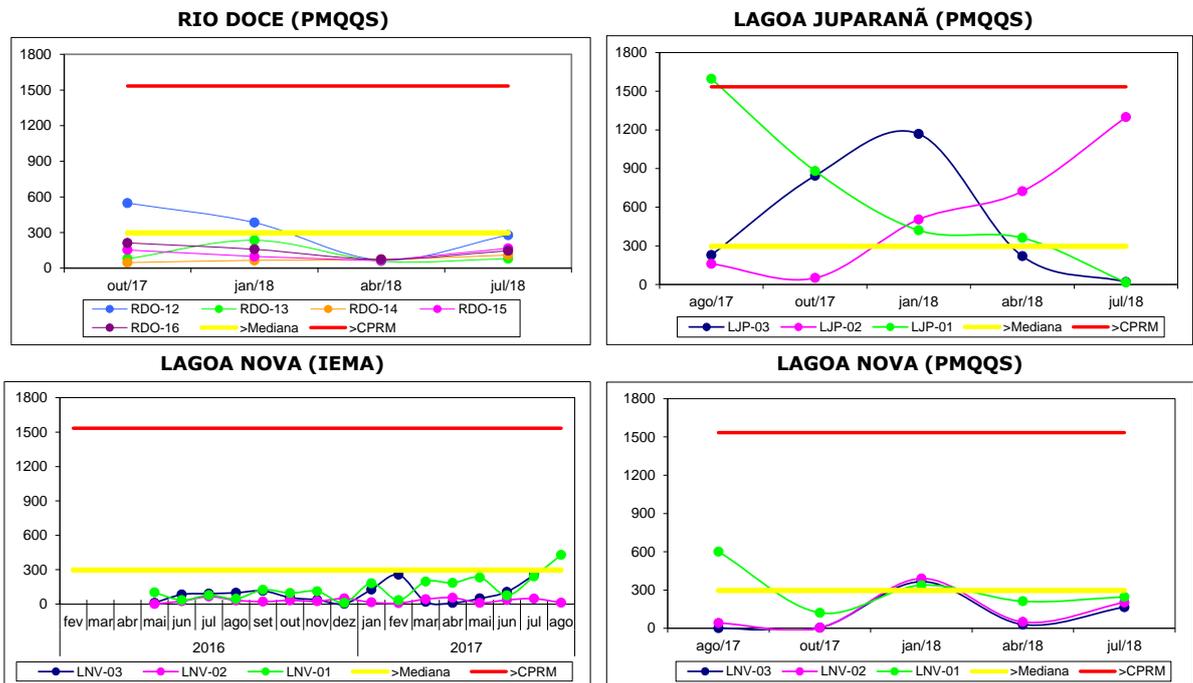


Figura A3- 10- Variação espacial das concentrações de manganês no rio doce (porção capixaba) e nas lagoas Juparanã e Nova, posterior ao rompimento. Linha amarela: mediana; linha vermelha: CPRM.

Nº da revisão:	FM-ENG-001			
Elaborador:	00			
Aprovador:	EPC			
Data da aprovação:	Willians de Souza Arruda			
Periodicidade da revisão:	11/12/2017			
Classificação:	Anual			
Abrangência:	Corporativa	<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089 RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>	Nº CONTRATADA	PÁGINA
Classificação:	Público		<b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	<b>147/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.	
		<b>N024500-B-1RT008</b>	<b>01</b>	

Tabela A3- 19- Percentual de ocorrências de concentrações de manganês acima CPRM, acima mediana e abaixo mediana, no rio Doce e nas lagoas Juparanã e Nova, com base nos dados do PMQQS.

PMQQS	( <b>%</b> )		
	<b>&gt; CPRM</b>	<b>&gt; Mediana</b>	<b>&lt; Mediana</b>
<b>Baixo</b>	0	13	88
<b>Nova</b>	0	27	73
<b>Juparanã</b>	7	53	40
<b>Estuário</b>	0	0	100

Tabela A3- 20- Percentual de ocorrências de concentrações de manganês acima CPRM, acima mediana e abaixo mediana, na lagoa Nova, com base nos dados do IEMA.

IEMA	( <b>%</b> )		
	<b>&gt; CPRM</b>	<b>&gt; Mediana</b>	<b>&lt; Mediana</b>
<b>T1 (fev - mar/16)</b>	-	-	-
<b>T2 (abr - set/16)</b>	-	-	-
<b>T3 (out - mar/16)</b>	0	0	100
<b>T4 (abr - ago/17)</b>	0	0	100

Nº da revisão:	00		
Elaborador:	EPC		
Aprovador:	Willians de Souza Arruda		
Data da aprovação:	11/12/2017		
Periodicidade da revisão:	Anual		
Classificação:	Público		
<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES</b> <b>ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL</b> <b>ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>		Nº CONTRATADA <b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	PÁGINA <b>148/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA <b>N024500-B-1RT008</b>	REV. <b>01</b>

Alumínio

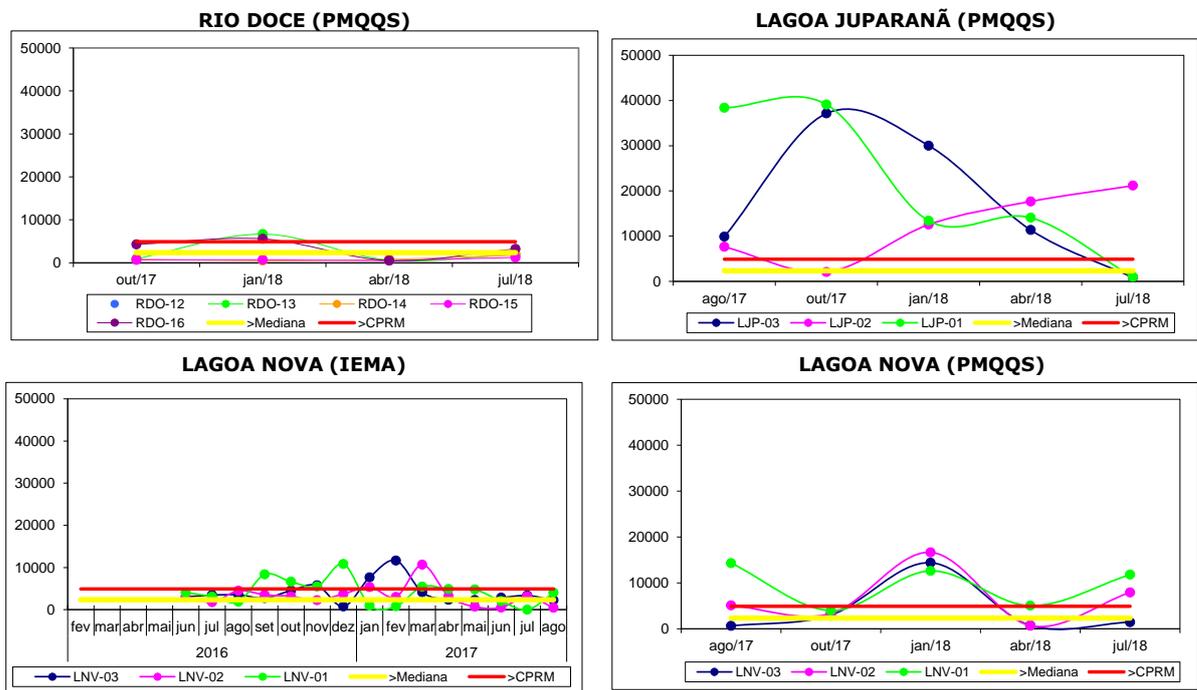


Figura A3- 11- Variação espacial das concentrações de alumínio no rio doce (porção capixaba) e nas lagoas Juparanã e Nova, posterior ao rompimento. Linha amarela: mediana; linha vermelha: CPRM.

Nº da revisão:	FM-ENG-001			
Elaborador:	00			
Aprovador:	EPC			
Data da aprovação:	Willians de Souza Arruda			
Periodicidade da revisão:	11/12/2017			
Classificação:	Anual			
Abrangência:	Corporativa	<b>SOCIOAMBIENTAL 2 – PG23 MANEJO DOS REJEITOS LINHARES – ES ANÁLISE DA VIABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE BARRAMENTOS NOS RIOS PEQUENO E BANANAL - SE23089 RELATÓRIO TÉCNICO – AMBIENTAL ETAPA I – PRODUTO 5: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO E POSSÍVEIS IMPACTOS</b>	Nº CONTRATADA	PÁGINA
Classificação:	Público		<b>POTREN2005-1-TC-RTE-0005</b>	<b>149/149</b>
		Nº FUNDAÇÃO RENOVA	REV.	
		<b>N024500-B-1RT008</b>	<b>01</b>	

Tabela A3- 21- Percentual de ocorrências de concentrações de alumínio acima CPRM, acima mediana e abaixo mediana, no rio Doce e nas lagoas Juparanã e Nova, com base nos dados do PMQQS.

PMQQS	(%)		
	> CPRM	> Mediana	< Mediana
Baixo	8	0	92
Nova	53	20	27
Juparanã	80	0	20
Estuário	25	50	25

Tabela A3- 22- Percentual de ocorrências de concentrações de alumínio acima CPRM, acima mediana e abaixo mediana, na lagoa Nova, com base nos dados do IEMA.

IEMA	(%)		
	> CPRM	> Mediana	< Mediana
T1 (fev - mar/16)	-	-	
T2 (abr - set/16)	8	75	17
T3 (out - mar/16)	50	28	22
T4 (abr - ago/17)	0	47	53