

FUNDAÇÃO
renova

Sumário Executivo

**ESTUDO DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS REALIZADAS NO
MONITORAMENTO DAS LAGOAS NOVA, MONSARÁS, AREAL E
PANDOLFI.**

1. Sumário executivo

Os documentos “Estudo das análises físico-químicas realizadas no monitoramento das lagoas Nova, Monsarás, Areal e Pandolfi” e “ANEXO 1 – Uso e Ocupação do Solo” têm por finalidade apresentar os resultados das análises físico-químicas do monitoramento de água nas lagoas Nova, Monsarás, Areal e Pandolfi, e seus respectivos canais, após o rompimento da Barragem de Fundão de propriedade da Samarco, localizada em Mariana-MG. Além disso, foi avaliada a presença nestes locais de contribuição da pluma de rejeitos liberada pelo rompimento da barragem.

Ao final do estudo é apresentada a análise comparativa preliminar de impactos entre os cenários de remoção e não remoção dos rejeitos, baseando-se em resultados de análises fornecidos pela Fundação Renova e em dados levantados em literatura. Este estudo também contemplou informações sobre o uso e ocupação do solo no entorno das lagoas objeto da análise.

O método de trabalho utilizado para elaboração deste estudo consistiu na análise dos documentos elaborados anteriormente pela Fundação Renova acerca deste tema e compartilhados com o IEMA e com demais órgãos membros do Sistema CIF, em visitas técnicas de campo realizadas em maio de 2017 e em análises comparativas dos resultados deste monitoramento, no período compreendido entre 31/01/2016 e 16/05/2017, com as lagoas próximas que não foram impactadas pelo evento.

Como resultado das observações de campo e das análises dos resultados do monitoramento realizado, o presente estudo permite conclusões sobre (i) Caracterização dos canais das lagoas; (ii) Análise do uso e ocupação do solo do entorno das lagoas; (iii) Análise estatísticas dos dados de monitoramento das águas das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal e seus respectivos canais; (iv) Análises comparativas entre os dados de monitoramento dos canais, lagoas e pontos do Rio Doce em Linhares-ES; (v) Análise de impactos ambientais positivos e negativos da remoção por dragagem e por escavação mecânica para o cenário de remoção de rejeito dos canais

e (vi) Comparação dos impactos do cenário remoção x cenário de não remoção dos rejeitos dos canais.

A caracterização do canal da Lagoa Nova foi dividida em três trechos e a do canal da Lagoa Monsarás considerou o braço norte, denominado rio do Norte, o qual liga a Lagoa do Doutor à Lagoa Monsarás, e o braço sul, o qual recebe águas do chamado canal DNOS, localmente chamado de rio Monsarás. Pelos dados da caracterização realizada, pode-se concluir que, dos três trechos do canal da Lagoa Nova, apenas o trecho 3, ainda se encontra com fundo e massa d'água com acúmulo de sólidos sedimentados, sendo que, nos trechos 1 e 2, os sólidos levados pelas águas do rio Doce se sedimentaram e se misturaram com a lama de fundo, sob uma camada de matéria orgânica advinda da vegetação ciliar ou de macrófitas que tomaram a massa d'água, fazendo com que estes não apresentassem, nos dias da visita de campo, sinais significativos de impacto que justifiquem ações de limpeza do canal. Já o canal de ligação entre o rio e a Lagoa Monsarás, assim como o Braço Sul da mesma não apresentavam, no dia da visita de campo, sinais visíveis de presença de lama de sedimentos, fazendo com que a implementação de práticas mecânicas para promover a limpeza do canal não seja justificável.

A análise do uso e ocupação do solo permite concluir que a Lagoa Nova se insere numa área de intenso uso do solo para atividades de silvicultura, com o plantio de eucalipto, de culturas permanentes e temporárias, sobretudo café, cacau, frutas e cana-de-açúcar. Além dessas, encontra-se no seu entorno a ocupação de vasta área ao norte e sul da lagoa com pastagem, sendo desenvolvida a pecuária com criação de bovinos. A Lagoa Monsarás fica em meio a área de remanescente florestal, pastagens e culturas. Ressalta-se que parte do trecho de remanescente florestal é ocupado com plantações de cacau. Já as áreas lindeiras das Lagoas Pandolfi e Areal são ocupadas por pastagens, remanescente florestal e restinga. Destaca-se que, nesta última, há plantação de cacau sob a área de remanescente florestal e construções esparsas da Vila de Areal. Nessa localidade, identificouse em algumas casas indícios de tratamento de efluente sanitários por meio de fossas negras e/ou fossas filtro sumidouro. A área adjacente às lagoas Areal, Monsarás, Pandolfi e Nova apresentaram pequenos indícios de controle químico nas pastagens por meio de herbicidas e adubação química em cultivos de cacau.

A análise estatística dos dados de monitoramento objetivou verificar a qualidade da água das referidas lagoas e respectivos canais considerando os parâmetros físico-químicos dentre os quais se encontram aqueles marcadores da presença ou impacto da pluma de rejeitos originada do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, no município de Mariana. Assim, foram escolhidos, para esta análise, os seguintes parâmetros: alumínio dissolvido, boro total, chumbo total, cloro residual, cobre dissolvido, coliformes termotolerantes, cor verdadeira, cromo total, ferro dissolvido, fósforo total, manganês total, níquel total, oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais dissolvidos, sulfeto não dissociado, turbidez, vanádio total e zinco total. Os resultados estatísticos para cada um dos parâmetros analisados estão disponíveis no estudo.

A análise comparativa objetivou verificar o comportamento da qualidade da água das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal, e seus respectivos canais, ao longo do tempo, com o da qualidade da água do rio Doce, considerando os mesmos parâmetros da análise estatística. Os resultados desta análise comparativa também estão detalhados no referido estudo.

A análise de impactos ambientais positivos e negativos da remoção por dragagem e por escavação mecânica para o cenário de remoção de rejeito dos canais considerou seis principais impactos ambientais, sendo dois sobre o meio físico e quatro sobre o meio biótico. Sobre o meio físico, preconiza-se a ocorrência de um impacto sobre os recursos hídricos locais – depleção da qualidade da água – e um sobre o solo – alteração de características físicas e químicas do solo. Sobre o meio biótico, preconiza-se a ocorrência de três impactos sobre a fauna – morte de indivíduos, distúrbios na fauna aquática e aumento da diversidade faunística – e um impacto sobre a flora – retirada de vegetação nativa. Destes impactos, somente o aumento da diversidade faunística foi considerado positivo, enquanto o restante foi considerado negativo.

O resultado da comparação dos impactos do cenário remoção x cenário de não remoção dos rejeitos dos canais preconiza-se que, com o cenário de não execução da dragagem, não ocorrerá nenhum impacto sobre os recursos hídricos, solo, fauna e flora locais, enquanto que, com a ocorrência da dragagem, conforme já discutido no parágrafo anterior, prevê-se a ocorrência de

um impacto positivo sobre a fauna e cinco impactos negativos que recairão sobre os recursos hídricos, solo, fauna e flora locais.



**Estudo das análises físico-químicas
realizadas no monitoramento das lagoas
Nova, Monsarás, Areal e Pandolfi**

- Relatório Técnico -

CTA – Serviços em Meio Ambiente LTDA

C755-DT01

Julho/2017

APRESENTAÇÃO

Este documento tem por finalidade apresentar os resultados das análises físico-químicas do monitoramento de água nas lagoas Nova, Monsarás, Areal e Pandolfi, e seus respectivos canais, após o rompimento da Barragem de Fundão de propriedade da Samarco, localizada em Mariana-MG, bem como avaliar a presença nestes locais de contribuição da pluma de rejeitos liberada pelo rompimento da barragem e apresentar a análise comparativa de impactos entre os cenários de remoção e não remoção dos rejeitos, baseando-se em resultados de análises fornecidos pelo cliente e em dados levantados em literatura.

A amostragem e as análises laboratoriais são de responsabilidade da Fundação Renova, sendo os resultados das análises físico-químicas repassados ao CTA – Serviços em Meio Ambiente Ltda., empresa contratada para fazer este documento técnico.

O presente documento foi impresso em papel certificado pelo FSC (Conselho Brasileiro de Manejo Florestal – Brasil) e em frente e verso contribuindo com o meio ambiente, a partir da redução no consumo de papel e otimização de espaço no arquivamento de relatórios, tanto nos órgãos ambientais quanto nas instituições envolvidas.

INDICE GERAL

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS.....	15
3	METODOLOGIA	16
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1	CARACTERIZAÇÃO DOS CANAIS.....	18
4.1.1	Canal Lagoa Nova.....	20
4.1.2	Canal Lagoa Monsarás.....	32
4.2	ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DO ENTORNO DAS LAGOAS	45
4.3	ANÁLISE ESTATÍSTICAS DOS DADOS DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS	46
	DAS LAGOAS NOVA, MONSARÁS, PANDOLFI E AREAL E SEUS RESPECTIVOS	
	CANAIS	46
4.3.1	Alumínio dissolvido.....	48
4.3.2	Boro total.....	50
4.3.3	Chumbo total.....	53
4.3.4	Cloro residual total	54
4.3.5	Cobre dissolvido.....	56
4.3.6	Coliformes termotolerantes	58
4.3.7	Cor verdadeira	60
4.3.8	Cromo total	63
4.3.9	Ferro dissolvido.....	64
4.3.10	Fósforo total.....	67
4.3.11	Manganês total.....	70
4.3.12	Níquel total	73
4.3.13	Oxigênio dissolvido.....	74
4.3.14	Potencial Hidrogeniônico - pH.....	78
4.3.15	Sólidos dissolvidos totais.....	80
4.3.16	Sulfeto não dissociado.....	82
4.3.17	Turbidez.....	84
4.3.18	Vanádio Total	87
4.3.19	Zinco Total	89
4.4	ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS DADOS DO MONITORAMENTO DAS	
	ÁGUAS DAS LAGOAS NOVA, MONSARÁS, PANDOLFI E AREAL, E SEUS	
	RESPECTIVOS CANAIS	91
4.4.1	Alumínio dissolvido.....	93
4.4.2	Boro total.....	96
4.4.3	Chumbo total.....	99
4.4.4	Cloro residual total	102
4.4.5	Cobre dissolvido.....	105
4.4.6	Coliformes termotolerantes	108

4.4.7	Cor verdadeira.....	111
4.4.8	Cromo total.....	114
4.4.9	Ferro dissolvido	117
4.4.10	Fósforo total	120
4.4.11	Manganês total.....	123
4.4.12	Níquel total	126
4.4.13	Oxigênio Dissolvido.....	129
4.4.14	Potencial Hidrogeniônico - pH	132
4.4.15	Sólidos dissolvidos totais	135
4.4.16	Sulfeto não dissociado	138
4.4.17	Turbidez.....	141
4.4.18	Vanádio total	144
4.4.19	Zinco total.....	147
4.5	ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS POSITIVOS E NEGATIVOS DA REMOÇÃO POR DRAGAGEM E POR ESCAVAÇÃO MECÂNICA PARA O CENÁRIO DE REMOÇÃO DE REJEITO DOS CANAIS.....	150
4.5.1	Crítérios estabelecidos para a análise	150
4.5.2	Discussão dos impactos	151
4.5.3	Impactos sobre a qualidade da água do canal e do rio Doce	152
4.5.4	Impactos sobre a fauna aquática	152
4.5.5	Impactos sobre a vegetação ribeirinha	153
4.5.6	Impactos sobre o solo	154
4.6	COMPARAÇÃO DOS IMPACTOS DO CENÁRIO REMOÇÃO X CENÁRIO DE NÃO REMOÇÃO DOS REJEITOS DOS CANAIS.	154
4.6.1	Qualidade das águas	156
4.6.2	Fauna aquática.....	157
4.6.3	Vegetação ribeirinha.....	157
4.6.4	Solo.....	158
4.7	INDICADORES AMBIENTAIS EM CASO DE REMOÇÃO	158
5	CONCLUSÕES	160
6	RECOMENDAÇÕES	163
7	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	164
8	EQUIPE TÉCNICA	166
9	ANEXOS	169

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1: Pontos de observação e caminho percorrido durante visita de campo.....	17
Figura 4-1: Corpos d'água e altimetria regional.....	19
Figura 4-2: Detalhes do canal de ligação da lagoa Nova com o rio Doce.....	21
Figura 4-3: Mapa da bacia hidrográfica da lagoa Nova.....	23
Figura 4-4: Canal original e retificado da lagoa Nova.....	24
Figura 4-5: Aspecto da Barragem 2.....	25
Figura 4-6: Canal a jusante da Barragem 1.....	26
Figura 4-7: Folhas sujas por material argiloso a 3 m acima da lâmina d'água atual.....	26
Figura 4-8: Água muito amarela a montante do ponto 550.....	27
Figura 4-9: Água turva no entorno do ponto 551.....	27
Figura 4-10: Água turva no ponto 555.....	28
Figura 4-11: Água turva imediatamente a montante da Barragem 3.....	28
Figura 4-12: Fundo do canal imediatamente a montante da Barragem 3.....	29
Figura 4-13: Amostra do material do fundo do canal imediatamente a montante da Barragem 3.....	29
Figura 4-14: Água avermelhada do canal imediatamente a jusante da Barragem 3.....	30
Figura 4-15: Água avermelhada do canal no ponto 553.....	30
Figura 4-16: Camada de lama avermelhada no fundo do canal, no trecho 3.....	31
Figura 4-17: Fina camada de material avermelhado sedimentado sobre folhas em decomposição no ponto 557.....	31
Figura 4-18: Material do fundo do canal nas proximidades de sua junção com o rio Doce.....	32
Figura 4-19: Lagoa Monsarás e o seu canal de ligação com o rio Doce.....	34
Figura 4-20: Pontos de observação do canal de ligação da lagoa Monsarás com o rio Doce.....	35
Figura 4-21: Canal DNOS a jusante da ES 248.....	36
Figura 4-22: Marca de enchente em uma casa próxima ao canal.....	37
Figura 4-23: Sistema de comportas no Canal DNOS.....	37
Figura 4-24: Superfície arenosa no canal DNOS, sem sinais de presença da lama de sedimentos da barragem rompida.....	38
Figura 4-25: Perfil do solo do canal DNOS no ponto 529.....	39
Figura 4-26: Superfície arenosa no canal DNOS, sem sinais de presença de lama de sedimentos da barragem rompida.....	39
Figura 4-27: Areia sob serapilheira no ponto 541.....	40
Figura 4-28: Início da lâmina d'água no ponto 545.....	40
Figura 4-29: Aspecto da água do Braço Sul no ponto 533.....	41
Figura 4-30: Aspecto da água do Braço Sul no ponto 534.....	42
Figura 4-31: Aspecto da água do Braço Sul no ponto 540.....	42
Figura 4-32: Aspecto da água da lagoa Monsarás no ponto 456.....	43
Figura 4-33: Banco de areia no ponto 535.....	43
Figura 4-34: Banco de areia no ponto 537.....	44
Figura 4-35: Amostra de material de fundo no ponto 539.....	44
Figura 4-36: Pontos de monitoramento das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.....	47
Figura 4-37: Posição das lagoas cujas águas foram discutidas na análise comparativa.....	92

INDICE DE TABELAS

Tabela 1-1: Resumo das estimativas de volumes de rejeitos das barragens de Fundão.	12
Tabela 4-1: Características e as coordenadas dos pontos de monitoramento nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	46
Tabela 4-5: Recomendações para o monitoramento de corpos d'água a serem dragados	159

INDICE DE QUADROS

Quadro 4-1: Matriz de impactos ambientais	151
Quadro4-2: Matriz de impactos positivos x negativos para os cenários de execução da dragagem e de não execução da dragagem	155
Quadro4-3: Matriz comparando cenários dois a dois.....	155

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4-1: Concentrações de alumínio dissolvido na lagoa Nova.....	48
Gráfico 4-2: Concentrações de alumínio dissolvido na lagoa Monsarás.....	49
Gráfico 4-3: Concentrações de alumínio dissolvido na lagoa Pandolfi.....	49
Gráfico 4-4: Concentrações de alumínio dissolvido na lagoa Areal.....	49
Gráfico 4-5: Concentrações de boro total na lagoa Nova.....	51
Gráfico 4-6: Concentrações de boro total na lagoa Monsarás.....	51
Gráfico 4-7: Concentrações de boro total na lagoa Pandolfi.....	52
Gráfico 4-8: Concentrações de boro total na lagoa Areal.....	52
Gráfico 4-9: Concentrações de chumbo total na lagoa Nova.....	53
Gráfico 4-10: Concentrações de chumbo total na lagoa Monsarás.....	53
Gráfico 4-11: Concentrações de chumbo total na lagoa Pandolfi.....	54
Gráfico 4-12: Concentrações de chumbo total na lagoa Areal.....	54
Gráfico 4-13: Concentrações de cloro residual total na lagoa Nova.....	55
Gráfico 4-14: Concentrações de cloro residual total na lagoa Monsarás.....	55
Gráfico 4-15: Concentrações de cloro residual total na lagoa Pandolfi.....	55
Gráfico 4-16: Concentrações de cloro residual total na lagoa Areal.....	56
Gráfico 4-17: Concentrações de cobre dissolvido na lagoa Nova.....	56
Gráfico 4-18: Concentrações de cobre dissolvido na lagoa Monsarás.....	57
Gráfico 4-19: Concentrações de cobre dissolvido na lagoa Pandolfi.....	57
Gráfico 4-20: Concentrações de cobre dissolvido na lagoa Areal.....	57
Gráfico 4-21: Coliformes termotolerantes na lagoa Nova.....	58
Gráfico 4-22: Coliformes termotolerantes na lagoa Monsarás.....	59
Gráfico 4-23: Coliformes termotolerantes na lagoa Pandolfi.....	59
Gráfico 4-24: Coliformes termotolerantes na lagoa Areal.....	59
Gráfico 4-25: Valores de cor verdadeira na lagoa Nova.....	61
Gráfico 4-26: Valores de cor verdadeira na lagoa Monsarás.....	61
Gráfico 4-27: Valores de cor verdadeira na lagoa Pandolfi.....	62
Gráfico 4-28: Valores de cor verdadeira na lagoa Areal.....	62
Gráfico 4-29: Concentrações de cromo total na lagoa Nova.....	63
Gráfico 4-30: Concentrações de cromo total na lagoa Monsarás.....	63
Gráfico 4-31: Concentrações de cromo total na lagoa Pandolfi.....	64
Gráfico 4-32: Concentrações de cromo total na lagoa Areal.....	64
Gráfico 4-33: Concentrações de ferro dissolvido na lagoa Nova.....	65
Gráfico 4-34: Concentrações de ferro dissolvido na lagoa Monsarás.....	65
Gráfico 4-35: Concentrações de ferro dissolvido na lagoa Pandolfi.....	66
Gráfico 4-36: Concentrações de ferro dissolvido na lagoa Areal.....	66
Gráfico 4-37: Concentrações de fósforo total na lagoa Nova.....	68
Gráfico 4-38: Concentrações de fósforo total na lagoa Monsarás.....	68
Gráfico 4-39: Concentrações de fósforo total na lagoa Pandolfi.....	69
Gráfico 4-40: Concentrações de fósforo total na lagoa Areal.....	69
Gráfico 4-41: Concentrações de manganês total na lagoa Nova.....	71
Gráfico 4-42: Concentrações de manganês total na lagoa Monsarás.....	71
Gráfico 4-43: Concentrações de manganês total na lagoa Pandolfi.....	72
Gráfico 4-44: Concentrações de manganês total na lagoa Areal.....	72
Gráfico 4-45: Concentrações de níquel total na lagoa Nova.....	73
Gráfico 4-46: Concentrações de níquel total na lagoa Monsarás.....	73
Gráfico 4-47: Concentrações de níquel total na lagoa Pandolfi.....	74
Gráfico 4-48: Concentrações de níquel total na lagoa Areal.....	74
Gráfico 4-49: Concentrações de oxigênio dissolvido na lagoa Nova.....	75
Gráfico 4-50: Concentrações de oxigênio dissolvido na lagoa Monsarás.....	76
Gráfico 4-51: Concentrações de oxigênio dissolvido na lagoa Pandolfi.....	76
Gráfico 4-52: Concentrações de oxigênio dissolvido na lagoa Areal.....	77
Gráfico 4-53: pH em amostras coletadas na lagoa Nova.....	78

Gráfico 4-54: pH em amostras coletadas na lagoa Monsarás.	79
Gráfico 4-55: pH em amostras coletadas na lagoa Pandolfi.	79
Gráfico 4-56: pH em amostras coletadas na lagoa Areal.	80
Gráfico 4-57: Concentrações de sólidos dissolvidos totais em amostras coletadas na lagoa Nova.	80
Gráfico 4-58: Concentrações de sólidos dissolvidos totais em amostras coletadas na lagoa Monsarás.	81
Gráfico 4-59: Concentrações de sólidos dissolvidos totais em amostras coletadas na lagoa Pandolfi.	81
Gráfico 4-60: Concentrações de sólidos dissolvidos totais em amostras coletadas na lagoa Areal.	82
Gráfico 4-61: Concentrações de sulfeto não dissociado em amostras coletadas na lagoa Nova.	83
Gráfico 4-62: Concentrações de sulfeto não dissociado em amostras coletadas na lagoa Monsarás.	83
Gráfico 4-63: Concentrações de sulfeto não dissociado em amostras coletadas na lagoa Pandolfi.	83
Gráfico 4-64: Concentrações de sulfeto não dissociado em amostras coletadas na lagoa Areal.	84
Gráfico 4-65: Valores de turbidez em amostras coletadas na lagoa Nova.	85
Gráfico 4-66: Valores de turbidez em amostras coletadas na lagoa Monsarás.	85
Gráfico 4-67: Valores de turbidez em amostras coletadas na lagoa Pandolfi.	86
Gráfico 4-68: Valores de turbidez em amostras coletadas na lagoa Areal.	86
Gráfico 4-69: Concentrações de vanádio total em amostras coletadas na lagoa Nova. .	87
Gráfico 4-70: Concentrações de vanádio total em amostras coletadas na lagoa Monsarás.	88
Gráfico 4-71: Concentrações de vanádio total em amostras coletadas na lagoa Pandolfi.	88
Gráfico 4-72: Concentrações de vanádio total em amostras coletadas na lagoa Areal. .	88
Gráfico 4-73: Concentrações de zinco total em amostras coletadas na lagoa Nova.	89
Gráfico 4-74: Concentrações de zinco total em amostras coletadas na lagoa Monsarás.	89
Gráfico 4-75: Concentrações de zinco total em amostras coletadas na lagoa Pandolfi. .	90
Gráfico 4-76: Concentrações de zinco total em amostras coletadas na lagoa Areal.	90
Gráfico 4-77: Concentrações de alumínio dissolvido nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	94
Gráfico 4-78: Concentrações de alumínio dissolvido nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	95
Gráfico 4-79: Concentrações de boro total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	97
Gráfico 4-80: Concentrações de boro total nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	98
Gráfico 4-81: Concentrações de chumbo total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	100
Gráfico 4-82: Concentrações de chumbo total nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	101
Gráfico 4-83: Concentrações de cloro residual total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	103
Gráfico 4-84: Concentrações de cloro residual total nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	104
Gráfico 4-85: Concentrações de cobre dissolvido nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	106
Gráfico 4-86: Concentrações de cobre dissolvido nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	107

Gráfico 4-87: Valores de coliformes termotolerantes nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	109
Gráfico 4-88: Valores de coliforme termotolerantes nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	110
Gráfico 4-89: Valores de cor verdadeira nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	112
Gráfico 4-90: Valores de cor verdadeira nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	113
Gráfico 4-91: Concentrações de cromo total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	115
Gráfico 4-92: Concentrações de cromo total nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	116
Gráfico 4-93: Concentrações de ferro dissolvido nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	118
Gráfico 4-94: Concentrações de ferro dissolvido nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	119
Gráfico 4-95: Concentrações de fósforo total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	121
Gráfico 4-96: Concentrações de fósforo total nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	122
Gráfico 4-97: Concentrações de manganês total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	124
Gráfico 4-98: Concentrações de manganês total nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	125
Gráfico 4-99: Concentrações de níquel total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	127
Gráfico 4-100: Concentrações de níquel total nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	128
Gráfico 4-101: Valores de oxigênio dissolvido nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	130
Gráfico 4-102: Valores de oxigênio dissolvido nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	131
Gráfico 4-103: Valores de pH nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	133
Gráfico 4-104: Valores de pH nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	134
Gráfico 4-105: Valores de sólidos dissolvidos totais nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	136
Gráfico 4-106: Valores de sólidos dissolvidos totais nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	137
Gráfico 4-107: Concentrações de sulfeto não dissociado nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	139
Gráfico 4-108: Concentrações de sulfeto não dissociado nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	140
Gráfico 4-109: Valores de turbidez nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	142
Gráfico 4-110: Valores de turbidez nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	143
Gráfico 4-111: Concentrações de vanádio total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	145
Gráfico 4-112: Concentrações de vanádio total nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	146
Gráfico 4-113: Concentrações de zinco total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	148
Gráfico 4-114: Concentrações de zinco total nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.	149



LISTA DE ANEXO

ANEXO I: Mapa de uso de solo do entorno das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

1 INTRODUÇÃO

No dia 5 de novembro de 2015, a barragem de rejeitos de Fundão, de propriedade da Samarco Mineração S/A, da Unidade Industrial de Germano (localizada no Município de Mariana no Estado de Minas Gerais), rompeu-se e os rejeitos foram extravasados para o sistema hídrico de jusante. A **Tabela 1-1** apresenta o resumo das estimativas de volume de rejeitos das barragens em Fundão. Embora grande parte do volume da barragem tenha ficado retido nos reservatórios das hidrelétricas situadas em Minas Gerais, especialmente na UHE Risoleta Neves (região de Candonga), parte alcançou o território do Espírito Santo, atingindo o baixo curso do rio Doce, sua zona estuarina e costeira/marinha.

Tabela 1-1: Resumo das estimativas de volumes de rejeitos das barragens de Fundão.

Componente	Volumes (Mm ³)			Descrição	Fonte de informação
	Antes do rompimento	Depois do rompimento	Diferença (liberado ou acumulado)		
Barragem do Fundão	56,6	12,9	-43,7	Material perdido pelo rompimento e perdas subsequentes	Samarco (batimetria)
Barragem de Santarém	7,8	10,8	3,0	Deposição	Samarco (batimetria)
Reservatório de Candonga	0,0	10,5	10,5	Deposição atrás do barramento	Samarco (batimetria)

Fonte: GOLDER ASSOCIATES - RT-023_159-515-2282_01-J (2016).

Com as altas pluviosidades ocorridas no mês de janeiro de 2016, as águas do rio Doce extravasaram sua calha principal, adentrando nos canais tributários das lagoas Monsarás, Nova, Pandolfi e Areal, impactando as mesmas (NT CAIA N°049-2016). Em resposta aos impactos, o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) emitiu três notas técnicas: **NT CAIA N°049-2016**, de 22 de junho de 2016, **NT CAIA N°051-2016**, de 06 de julho de 2016, e **NT conjunta GTECAD/GQA-GCA/CAIA 13/2016**, de 11 de agosto de 2016.

A **NT CAIA N°049-2016** teve o objetivo de discutir os parâmetros físico-químicos de análises realizadas na Lagoa do Pandolfi. A partir das análises laboratoriais realizadas nessa lagoa, foi evidenciada a contaminação e observada a potencial contaminação da lagoa do Areal, conforme a análise feita pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) sobre os resultados obtidos. Vale ressaltar que, de acordo com o Art. 6° da Resolução CONAMA 420, contaminação é definida por:

“Art. 6° Para efeito desta Resolução são adotados os seguintes termos e definições:

[...]

V - Contaminação: presença de substância (s) química (s) no ar, água ou solo, decorrentes de atividades antrópicas, em concentrações tais que restrinjam a utilização desse recurso ambiental para os usos atual ou pretendido, definidas com base em avaliação de risco à saúde humana, assim como aos bens a proteger, em cenário de exposição padronizado ou específico;

[...]”

A nota técnica finaliza recomendando o monitoramento mensal da qualidade da água e do sedimento nestas lagoas em pelo menos mais quatro meses.

A **NT CAIA Nº051-2016** teve o objetivo de discutir os parâmetros físico-químicos de monitoramento das águas das lagoas Monsarás e Nova. A citada nota relata que alguns parâmetros, dentre eles podemos citar o Alumínio Dissolvido, Boro Total, Chumbo Total, Cloro Residual Total, Coliformes Termotolerantes, DBO, Ferro Dissolvido, Fósforo Total, Manganês Total, OD, pH, Sólidos Dissolvidos Totais e Sulfeto Não Dissociado para a lagoa Monsarás, e Chumbo Total, Cloro Residual Total, Coliformes Termotolerantes, OD e Sulfeto Não Dissociado para a lagoa Nova, não atenderam ao limite máximo, limite mínimo ou faixa, preconizado na legislação para qualidade da água e ressalta que não foram realizadas coletas de água e sedimento das lagoas supracitadas antes da intrusão da "lama" do rio Doce, não sendo possível a comparação direta com a condição anterior ao evento supracitado. Essa nota recomenda a manutenção do monitoramento e sugere a alteração da frequência para mensal por, pelo menos, quatro meses, bem como a exclusão de alguns parâmetros monitorados.

A **NT conjunta GTECAD/GQA-GCA/CAIA Nº 13/2016** teve o objetivo de descrever, de forma sucinta, as condições dos canais que ligam as lagoas Nova e Monsarás ao rio Doce. Foi relatado nessa NT que o monitoramento da qualidade das águas das lagoas foi iniciado em 03 de fevereiro de 2016 e que, mesmo obtendo resultados acima dos limites preconizados pela Resolução CONAMA 357/05 para alguns parâmetros analisados, conforme a relação supracitada acima e apresentada na **NT CAIA Nº051-2016**, a qualidade da água das lagoas Monsarás e Nova, de uma forma geral melhoraram, sendo possível observar uma tendência de atendimento à referida Resolução. Por outro lado, na nota técnica é recomendada a limpeza e/ou monitoramento dos canais de ligação das lagoas ao rio Doce.

Diante do exposto, em agosto de 2016, a Fundação Renova elaborou um Memorando Técnico (**MT-042_159-515-2282_01-J**) explicitando medidas preventivas tomadas pela empresa Samarco nas áreas das lagoas Nova e Monsarás em resposta ao Auto de Intimação 12.372 emitido pelo IEMA em 29 de março de 2016. Este memorando também contemplou as solicitações do auto de intimação que foram revisadas através de Ofício de número **333-2016**, em 15 de junho de 2016.

Por meio do **Ofício Nº-693-2016-DP-IEMA**, emitido no dia 11 de novembro de 2016, que levou em consideração o **Auto de Intimação nº 12.372/2016**, tendo por base as Normas Técnicas **NT GTECAD-CAIA Nº 049- 2016**, **NT GTECAD-CAIA Nº 051-2016** e **NT CONJUNTA GTECAD-CAIA Nº 013- 2016**, o IEMA solicitou a execução de algumas ações que deveriam ser tomadas, dentre elas, a apresentação de plano/projeto de ação e comprovação da execução da limpeza de todo o canal que liga o rio Doce às lagoas Nova e Monsarás, bem como a apresentação de uma avaliação técnica completa das condições dos canais que ligam o rio Doce às lagoas Areal e Pandolfi, em um prazo de cem dias contados a partir da data de recebimento do referido ofício.

Contudo, a empresa também foi autuada pelo IEMA por meio de um Auto de Multa emitido no dia 19 de janeiro de 2017, em função da contaminação da lagoa Monsarás, proveniente do material do acidente ambiental de rompimento da barragem de Fundão.

Em resposta, a Fundação Renova apresentou ao IEMA, em fevereiro de 2017, o relatório de monitoramento da lagoa Monsarás, contemplando os laudos emitidos através do monitoramento realizado periodicamente. De acordo com esse relatório, as análises atuais do monitoramento de água e sedimento mostram que a qualidade da água do rio Doce, em Linhares, já atende às condições estabelecidas na resolução CONAMA 357/2005 e também que as características atuais da água não podem impactar negativamente os outros mananciais, no caso de cheias e mistura das águas. Além disso, os resultados monitorados na Lagoa Monsarás mostram que a mesma não apresenta sinais de contaminação proveniente dos rejeitos de minério de ferro e que outros parâmetros, como

o Manganês Total e o Boro Total, que não estejam em conformidade com a resolução Conama podem ter sido influenciados por outra fonte contaminante.

De forma simultânea à apresentação do citado relatório, também no mês de fevereiro de 2017, o Engenheiro Químico Gandhi Giordano, professor associado do departamento de Engenharia e Sanitária e Meio Ambiente da UERJ, emitiu uma avaliação técnica sobre a análise dos resultados do histórico de monitoramento da qualidade da água e dos sedimentos nas Lagoas Monsarás para avaliação da possível contaminação pela água do rio Doce. A avaliação técnica indica que, apesar do aumento pontual dos parâmetros ferro dissolvido e alumínio dissolvido na lagoa Monsarás em março de 2016, estes parâmetros apresentaram, nos demais meses, valores abaixo do limite da Resolução Conama 357/2005 para classe 2, não oferecendo risco à sua biodiversidade. Indica também que resultados de Manganês Total e Boro Total, no rio Doce, apresentaram, nos meses de janeiro e fevereiro de 2016, valores abaixo do limite; entretanto, na lagoa Monsarás, foram evidenciados valores maiores destes parâmetros, corroborando com a hipótese de haver outra fonte contaminante influenciando a qualidade da água da lagoa. Para o sedimento, a avaliação mostra que os resultados obtidos na lagoa Monsarás para os parâmetros ferro e manganês são similares aos valores monitorados na lagoa Nova, a qual não foi considerada impactada pelos rejeitos provenientes da barragem de Fundão.

Além disso, a Fundação Renova, em resposta ao **Ofício nº 693-2016-IEMA** (Complementação das exigências contidas no **Auto de Intimação nº 12.372/2016** – Processo Administrativo nº 73833177), enviou ao Instituto estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo – IEMA, no dia 6 de março de 2017, um **Ofício SEQ0427/2017/GJU** solicitando a revisão do prazo de 100 (cem) dias para o atendimento das medidas e ações determinadas no âmbito do ofício nº 693-2016-IEMA devido à complexidade das ações solicitadas.

No dia subsequente ao envio do supracitado ofício (**SEQ0427/2017/GJU**), foi realizado no IEMA uma apresentação com a atualização dos resultados da qualidade de água e sedimento das Lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

2 OBJETIVOS

Este documento apresenta os seguintes objetivos:

- Estudar o uso e ocupação do solo do entorno das lagoas;
- Realizar análise estatísticas dos dados de monitoramento das águas das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal e seus respectivos canais;
- Fazer análises comparativas entre os dados de monitoramento dos canais, lagoas e pontos do Rio Doce em Linhares-ES.
- Realizar uma análise de impactos ambientais positivos e negativos da remoção por dragagem e por escavação mecânica para o cenário de remoção de rejeito dos canais;
- Comparar impactos do cenário remoção x cenário de não remoção dos rejeitos dos canais.



3 METODOLOGIA

Para a elaboração deste relatório, inicialmente foi realizado uma análise dos documentos discutidos no Item 01 do presente relatório, dos resultados de análises de água das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal e dos canais que as ligam ao rio Doce, assim como de mapas, fotos e imagens aéreas que encobrem a região.

Em seguida, foi realizada visita de campo durante os dias 10, 11 e 12 de maio de 2017 com objetivo de percorrer as quatro lagoas e os canais que as ligam ao rio Doce. A **Figura 3-1** apresenta pontos notáveis de observação e o caminho percorrido durante a visita de campo.

Os resultados de monitoramento, entre 31/01/2016 e 16/05/2017, das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal e dos canais que as ligam ao rio Doce, além de algumas lagoas próximas que não foram impactadas, foram compilados em planilha eletrônica e elaborados gráficos, os quais foram utilizados para analisar o comportamento da qualidade das águas no decorrer do período estudado e comparar os dados entre as lagoas impactadas e a qualidade das águas do rio Doce e de lagoas não impactadas.

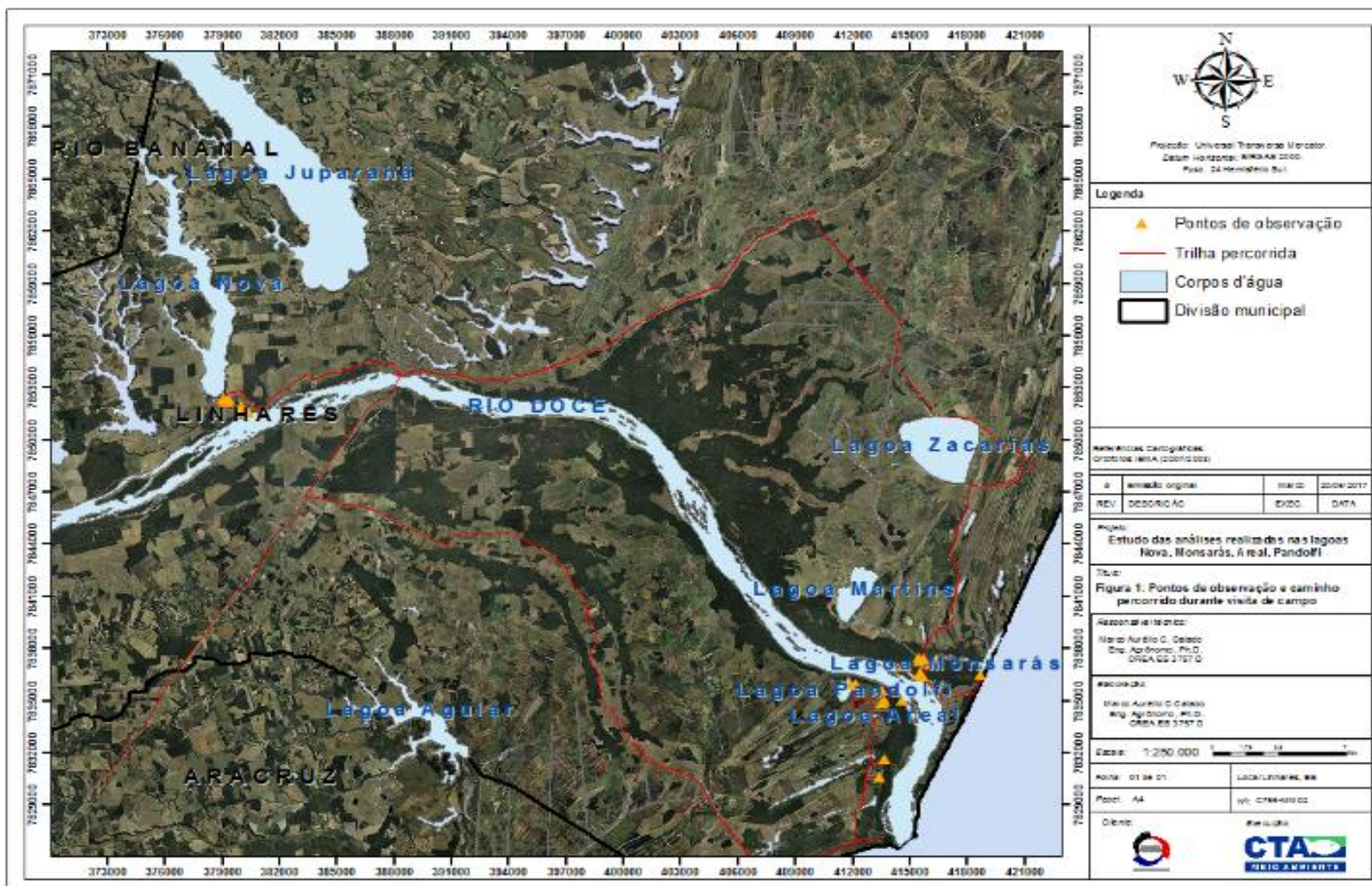


Figura 3-1: Pontos de observação e caminho percorrido durante visita de campo.



4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item são apresentados e discutidos os resultados das observações de campo e das análises dos resultados do monitoramento realizado. Este item está organizado em cinco subitens:

- Caracterização dos canais das lagoas
- Análise do uso e ocupação do solo do entorno das lagoas;
- Análise estatísticas dos dados de monitoramento das águas das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal e seus respectivos canais;
- Análises comparativas entre os dados de monitoramento dos canais, lagoas e pontos do Rio Doce em Linhares-ES;
- Análise de impactos ambientais positivos e negativos da remoção por dragagem e por escavação mecânica para o cenário de remoção de rejeito dos canais;
- Comparação dos impactos do cenário remoção x cenário de não remoção dos rejeitos dos canais.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS CANAIS

Segundo Suguio e Kohler (1992), a formação do sistema de lagos da região do baixo vale do rio Doce está relacionada às variações climáticas e flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário. Durante o final do Pleistoceno (15.000-18.000 anos AP), quando o nível do mar se encontrava a 100 m abaixo do atual, os vales fluviais atualmente ocupados pelos lagos foram escavados, sendo posteriormente afogados durante o último período transgressivo, há cerca de 5.100 anos AP. A **Figura 4-1** apresenta a altimetria da região, baseada em modelo digital de terreno (MDT) SRTM com dimensões de células de 30 metros, sob shapefile representando o sistema de corpos d'água da região. Podem ser observados três sistemas lacustres, dependendo da altimetria da área onde estes se inserem. O primeiro sistema apresenta cerca de 10 corpos lacustres que se localizam entre o platô terciário e o domínio do rio Doce, com maior ocorrência na margem esquerda deste rio. Destes corpos maiores, destacam-se a lagoa Juparanã, com 62.056.573 m² e a lagoa Nova, com 15.537.429 m², ambas ligadas ao rio Doce por canais naturais de comprimento variável e uma diferença altimétrica considerável (5 e 7 metros, respectivamente) entre o leito normal do rio Doce e o nível das lagoas.

O segundo sistema de lagoas se situa no limite entre os tabuleiros terciários e a planície costeira quaternária, possuem cerca de 1 a 10 km de extensão e a mais destacada é a lagoa Aguiar, situada ao sul do rio Doce.

O terceiro sistema de lagoas se situa na planície costeira e apresenta cotas muito próximas às do leito normal do rio Doce. Dentre as lagoas que compõem este sistema, destacam-se, em área, as lagoas Zacarias, Suruaca e Monsarás. As lagoas Pandolfi e Areal integram este sistema.

Foi dada especial atenção aos canais das lagoas Nova e Monsarás, pelo fato de, por meio do Ofício 693-2016/DP-IEMA, ter sido solicitada pelo IEEMA a remoção do rejeito de minério de ferro proveniente da barragem de Fundão da empresa Samarco Mineração S.A., localizado nos canais que ligam o rio Doce às lagoas Nove e Monsarás no município de Linhares/ES.

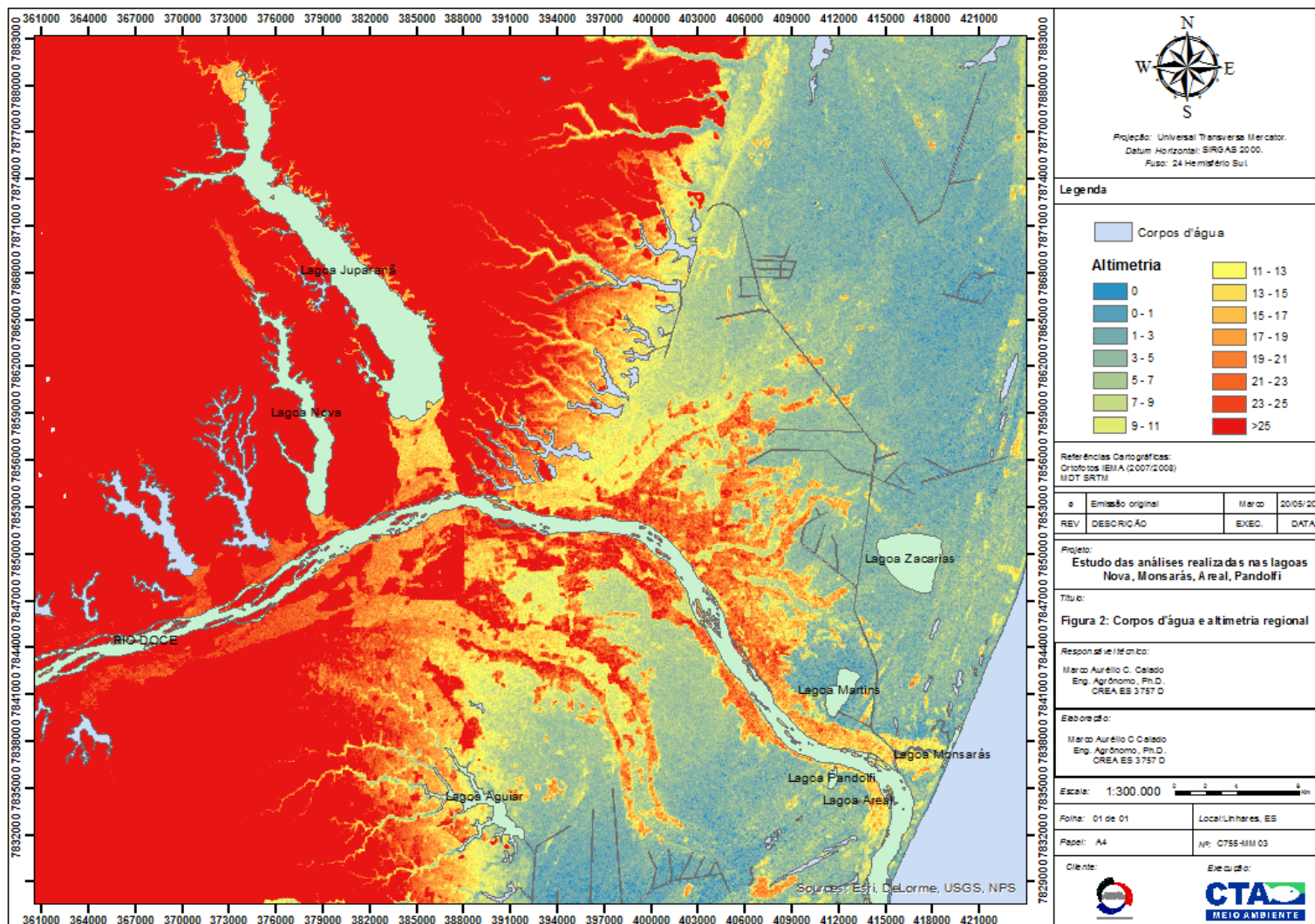


Figura 4-1: Corpos d'água e altimetria regional



O DEM SRTM é um conjunto de dados que representa a altimetria da superfície terrestre em células de 30x30 m, cada qual com uma elevação. A missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) coletou dados topográficos de aproximadamente 80% da superfície terrestre a bordo da nave Endeavour, lançada no espaço em fevereiro de 2000 (Jet Propulsion Laboratory, 2017). Seus resultados foram inicialmente liberados para o Brasil em células de 3-Arc sec (aproximadamente 90 m) e agora se encontram disponíveis em células de 1-arc sec (aproximadamente 30m).

Com as limitações inerentes ao conjunto de dados topográficos de escala global que foi utilizado na presente discussão, dada principalmente pela altura da vegetação à época da coleta de dados e cuja acurácia pode ser melhorada no futuro por meio do uso de tecnologias de custos superiores como levantamento topográfico ou LIDAR, pode-se verificar que a diferença altimétrica entre o rio Doce e a lagoa Nova é significativamente superior que entre este e as demais lagoas. A Lagoa Nova se liga ao rio Doce por meio de um canal profundo e entre os dois corpos hídricos há uma diferença altimétrica de cerca de 7 metros, enquanto a diferença altimétrica entre o rio Doce e as lagoas Monsarás, Pandolfi e Areal não é bem definida quando a base topográfica é o DEM SRTM.

4.1.1 Canal Lagoa Nova

O Canal que liga a Lagoa Nova ao rio Doce foi percorrido nos dias 11 e 12 de maio de 2017 para observações de campo, coleta de material de fundo e medições de oxigênio dissolvido em suas águas. Além disso, foram entrevistados dois moradores locais que conhecem a dinâmica da lagoa Nova com o rio Doce e o canal de ligação com ele, o histórico das ações desenvolvidas no canal e os impactos por ele sofridos. A **Figura 4-2** apresenta detalhes do canal que liga a lagoa Nova com o rio Doce, como estavam nos dias dos trabalhos de campo.

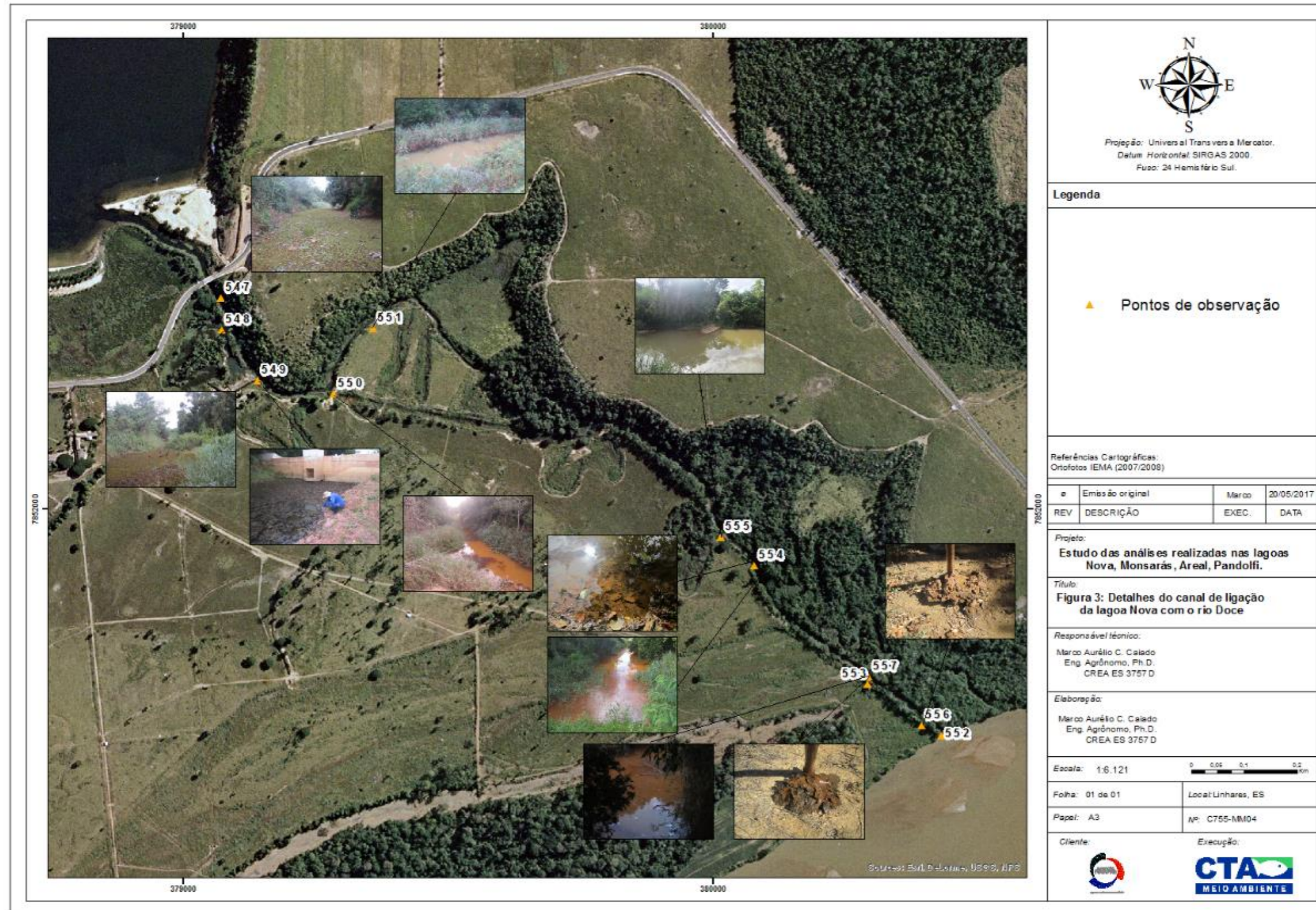


Figura 4-2: Detalhes do canal de ligação da lagoa Nova com o rio Doce



A Lagoa Nova é alimentada principalmente pelas vazões do rio Bananal, cuja bacia apresenta área de 174 km², cerca de 8% da área da bacia do rio São José, principal formador da lagoa Juparanã. Conforme pode ser observado na **Figura 4-3**, o principal contribuinte da lagoa Nova é o rio Bananal. Além dele, pequenos cursos d'água como o córrego São Bento e o córrego Independência e algumas nascentes ajudam a alimentar a lagoa. Em épocas de cheias, as águas do rio Doce adentram na lagoa Nova a alimentando também. A bacia da lagoa possui atividade agrícola intensa e o núcleo urbano de Rio Bananal está localizado no interior da mesma, certamente contribuindo com carga orgânica que vem a deplecionar a qualidade de suas águas

O canal que liga a lagoa Nova ao rio Doce foi retificado no passado, compondo o conjunto de obras de drenagem executadas pelo extinto Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) na região. A **Figura 4-4** apresenta o canal original e o canal retificado, assim como os pontos em que estes foram visualizados.

O nível de base do canal retificado é cerca de 1,2 m abaixo do nível do canal original e isso provocou, segundo moradores entrevistados, o rebaixamento da lâmina d'água da lagoa Nova, obrigando os proprietários locais a construir uma barragem, no interior do canal, para regularização do nível da lagoa. A barragem original ruiu e, em suas proximidades (ponto 549 da **Figura 4-4** – Coordenadas 379147/7852259 UTM SIRGAS 2000) proprietários e prefeitura de Linhares construíram uma nova barragem. No presente trabalho, esta barragem é denominada Barragem 2 e seu aspecto está apresentado na **Figura 4-5**.

Após o rompimento da barragem de Fundão, com o objetivo de impedir a entrada de águas contaminadas do rio Doce na lagoa Nova, a Samarco determinou a construção, em caráter emergencial, de uma barragem de terra no ponto 554 (**Figura 4-4**), coordenadas 380073/7851889, UTM SIRGAS 2000, denominada, neste trabalho, de Barragem 3.

Finalmente, foi realizado pela Samarco um enrocamento imediatamente a jusante da rodovia ES 248, coordenadas 379054/7852425, UTM SIRGAS 2000, também com a finalidade de impedir a entrada de águas do rio Doce na lagoa. Esta foi denominada, neste trabalho, Barragem 1.

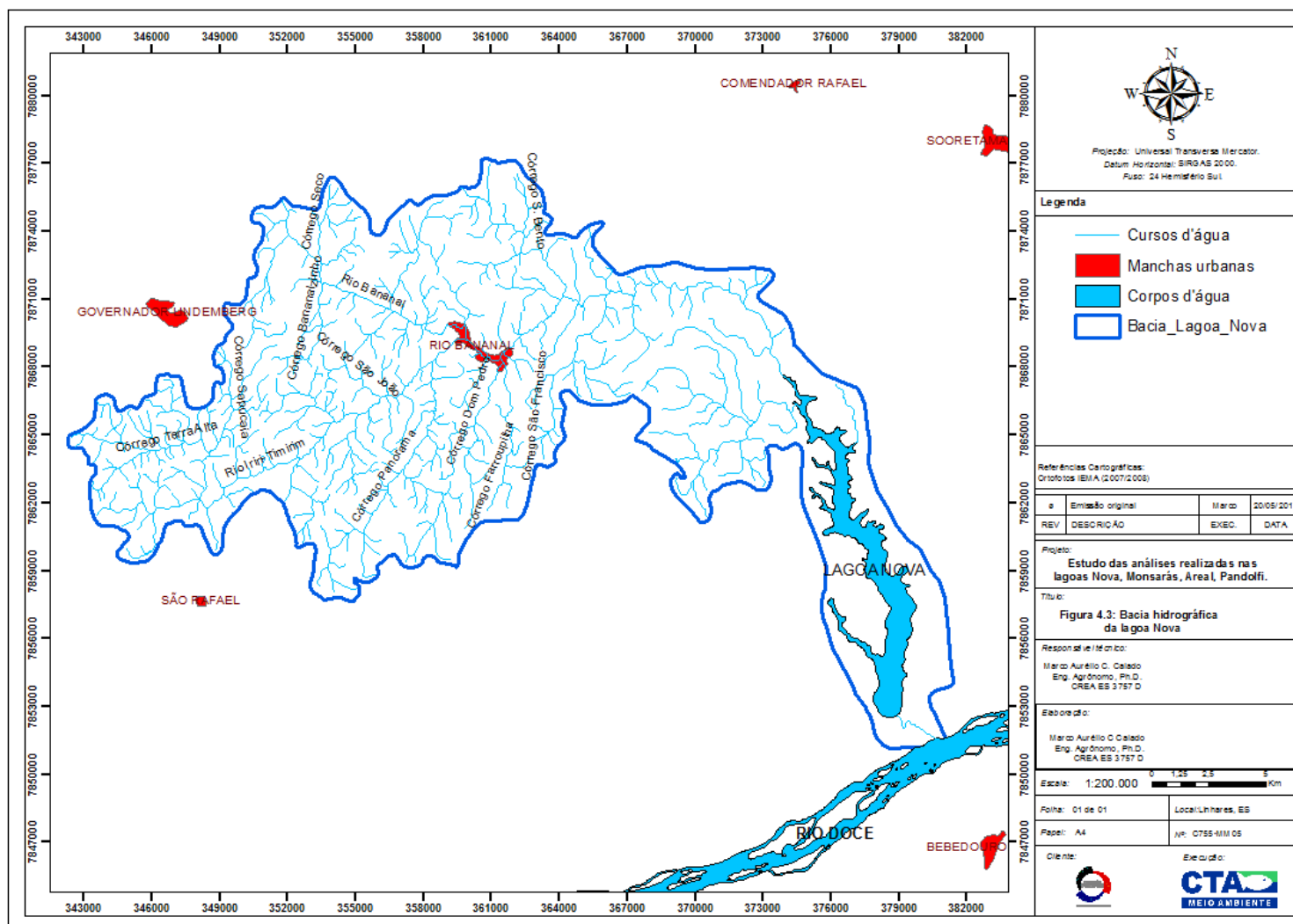


Figura 4-3: Mapa da bacia hidrográfica da lagoa Nova

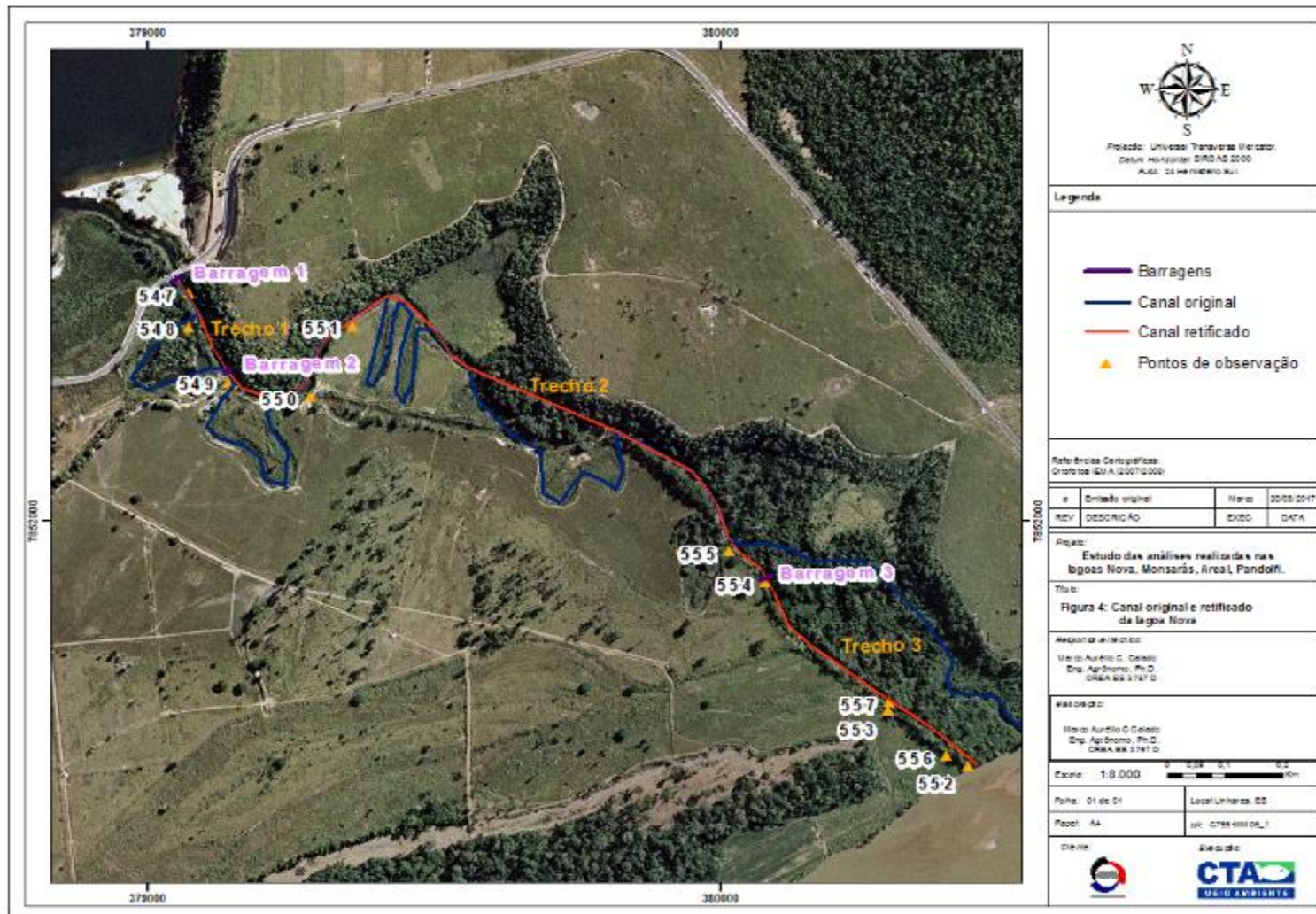


Figura 4-4: Canal original e retificado da lagoa Nova.



Figura 4-5: Aspecto da Barragem 2

Para este trabalho, o canal foi dividido em três trechos:

- Trecho 1: entre a Barragem 1 e a Barragem 2;
- Trecho 2: entre a Barragem 2 e a Barragem 3;
- Trecho 3: a jusante da Barragem 3, entre esta e o rio Doce.

4.1.1.1 Trecho 1

Imediatamente a jusante da Barragem 1, a lâmina de água se encontra encoberta por macrófitas por cerca de 30 metros (**Figura 4-6**) e por gramíneas de grande porte a jusante deste. A cerca de 3 m acima da superfície da lâmina d'água, foram observadas folhas sujas por material argiloso (**Figura 4-7**). Entretanto, nos dias das visitas de campo, a coloração da água se encontrava escurecida devido ao grande aporte de matéria orgânica, mas sem sinais de contaminação pela lama proveniente do rompimento da barragem de Fundão.

Medições de oxigênio dissolvido (OD) na massa d'água resultaram em valores entre 2,8 e 3,10 mgOD/L, abaixo do limite de 5 mg/L preconizado pela resolução Conama 357 para corpos d'água de água doce de classe 2, o que pode ser explicado pelo alto aporte de matéria orgânica na massa d'água



Figura 4-6: Canal a jusante da Barragem 1



Figura 4-7: Folhas sujas por material argiloso a 3 m acima da lâmina d'água atual.

4.1.1.2 Trecho 2

Este trecho abrange 1,2 km do canal e seus teores de OD, nos dias da visita de campo, variaram em torno de 6,22 mgOD/L, com alguns trechos com ausência de lâmina d'água.

A coloração da água neste trecho variou entre muito amarela, como a montante do ponto 550 (**Figura 4-8**) e turva, pouco amarela, como nos pontos 551 (**Figura 4-9**), ponto 555 (**Figura 4-10**) e imediatamente a montante da Barragem 3 (**Figura 4-11**).



Figura 4-8: Água muito amarela a montante do ponto 550.



Figura 4-9: Água turva no entorno do ponto 551.



Figura 4-10: Água turva no ponto 555



Figura 4-11: Água turva imediatamente a montante da Barragem 3

Durante as cheias de janeiro de 2016, a Samarco já havia construído a Barragem 3, mas as águas do rio Doce atingiram cotas superiores às da crista da mesma, chegando água com sedimentos da barragem rompida em toda a extensão do canal, atingindo a lagoa Nova. Com o rebaixamento das águas do rio Doce, a água vermelha ficou acumulada acima da barragem, sem contato com as águas do Doce. Com o tempo, o material em suspensão sedimentou, ficando uma fina película de coloração avermelhada em alguns pontos no trecho 2 do canal. No ponto 550, foi observada, na margem esquerda do canal, uma camada de cerca de 1 mm de material argiloso avermelhado, em contraposição à coloração amarela que predomina no canal a montante deste ponto. Imediatamente a montante da Barragem 3, pode ser observada uma camada de 1-2 mm de lama avermelhada sobre o fundo de cor acinzentada normal do canal. Cobrindo a lama, há uma camada de folhas advindas do aporte natural da vegetação.

A **Figura 4-12** apresenta o fundo do canal, enquanto a **Figura 4-13** apresenta amostra do material de fundo do mesmo.



Figura 4-12: Fundo do canal imediatamente a montante da Barragem 3



Figura 4-13: Amostra do material do fundo do canal imediatamente a montante da Barragem 3.

4.1.1.3 Trecho 3

Este trecho possui cerca de 500 metros e suas águas estão em constante contato com as águas do rio Doce. Com a descida das águas do rio Doce após as cheias de janeiro de 2016, o contato com as águas do mesmo continuou alimentando este trecho com água com altas concentrações de sólidos, de forma que esta ainda se mantém com coloração avermelhada, conforme pode ser visualizado imediatamente a jusante da Barragem 3 (**Figura 4-14**) e no ponto 553 (**Figura 4-15**).



Figura 4-14: Água avermelhada do canal imediatamente a jusante da Barragem 3



Figura 4-15: Água avermelhada do canal no ponto 553

Neste trecho, imediatamente a jusante da Barragem 3, foi observada uma camada de cerca de 2 mm de espessura nas margens do canal sobre lama de coloração cinza (**Figura 4-16**). No ponto 557, sobre um fundo de coloração cinza típico do fundo dos rios da região, ocorre uma camada de folhas em decomposição e, sobre ela, observa-se uma fina camada de material avermelhado sedimentado (**Figura 4-17**).



Figura 4-16: Camada de lama avermelhada no fundo do canal, no trecho 3



Figura 4-17: Fina camada de material avermelhado sedimentado sobre folhas em decomposição no ponto 557

Nas proximidades da foz do canal, a influência da corrente do rio Doce promove maior turbulência nas águas do canal dificultando a sedimentação ou promovendo o carreamento do material avermelhado sedimentado, de forma que, nos dias de campanha, a camada de lama avermelhada observada no Trecho 3, mais para o interior do canal, não foi observada (**Figura 4-18**).



Figura 4-18: Material do fundo do canal nas proximidades de sua junção com o rio Doce.

Diante do que foi observado, conclui-se que, dos três trechos do canal, apenas o trecho 3, a jusante da barragem de terra, ainda se encontra com fundo e massa d'água com acúmulo de sólidos sedimentados, sendo que, nos trechos 1 e 2, os sólidos levados pelas águas do rio Doce se sedimentaram e se misturaram com a lama de fundo, sob uma camada de matéria orgânica advinda da vegetação ciliar ou de macrófitas que tomaram a massa d'água, fazendo com que estes não apresentassem, nos dias da visita de campo, sinais significativos de impacto que justifiquem ações de limpeza do canal.

Deve-se atentar que a água estagnada em um canal com grande quantidade de matéria orgânica em decomposição no fundo cria um ambiente redutor que pode modificar o estado de oxidação dos íons ali presentes, principalmente o Fe^{+++} , de coloração vermelha, transformando-o em Fe^{++} , de coloração cinzenta. Entretanto, o processo de redução na natureza é lento, o que nos leva a crer que a ausência de lama vermelha no fundo do canal nos trechos 1 e 2 é uma forte evidência de ausência de contaminação (RESENDE et al., 2007; SAWYER e McCARTHY, 1978).

4.1.2 Canal Lagoa Monsarás

O corpo principal da lagoa Monsarás se posiciona paralelo à linha de costa, ao norte da foz do rio Doce, separado do mar por uma faixa de terra que, em alguns trechos, apresenta dimensões laterais menores que 100 metros. Possui cerca de 3.000 m de comprimento e 230 m de largura e apresenta dois braços que adentram para o interior. O primeiro, situado ao

norte, é denominado rio do Norte, e liga a lagoa do Doutor à lagoa Monsarás, num percurso de cerca de 9.000 metros.

O Braço Sul apresenta dimensões laterais consideravelmente maiores. Possui cerca de 3500 metros e recebe águas do chamado Canal DNOS, canal de drenagem que faz parte do complexo sistema de drenagem construído pelo DNOS na região e que localmente é chamado de rio Monsarás. Este canal se estende desde os exutório das lagoas Sabiá, Bacia, de Dentro, Durão, Lagoinha, do Compadre, Ramos, Delfino, Piabanha, do Brás, dos Campos e da Testa, entre outras, passando pela planície quaternária onde recebe águas da lagoa Martins. Após se juntar ao Braço Sul da lagoa Monsarás, este canal percorre cerca de 1.400 metros até se juntar ao rio Doce. No presente estudo, o trecho do canal DNOS a montante da junção com o Braço Sul da Lagoa Monsarás é chamado de Canal DNOS-Rio Monsarás, enquanto o trecho a jusante da junção com o Braço Sul é chamado de Canal DNOS. Este último possui cerca de 1.500 m e é o canal de ligação entre o rio Doce e a lagoa Monsarás.

Na porção mediana do Canal DNOS, foi construído um sistema de comportas, possivelmente projetado para controlar os níveis dos corpos d'água locais e a entrada de água do rio Doce na planície quaternária e na lagoa Monsarás.

O canal de ligação entre o rio Doce e a lagoa Monsarás foi percorrido no dia 11 de maio de 2017 para observações de campo, coleta de material de fundo e medições de oxigênio dissolvido em suas águas. Além disso, foram entrevistados moradores locais que conhecem a dinâmica da lagoa com o rio Doce e o canal de ligação com ele, o histórico das ações desenvolvidas no canal e os impactos por ele sofridos.

A **Figura 4-19** apresenta aspectos da água e do fundo do canal e da lagoa Monsarás, como estavam no dia dos trabalhos de campo, enquanto a **Figura 4-20** mostra a espacialização dos pontos de observação na área em estudo.

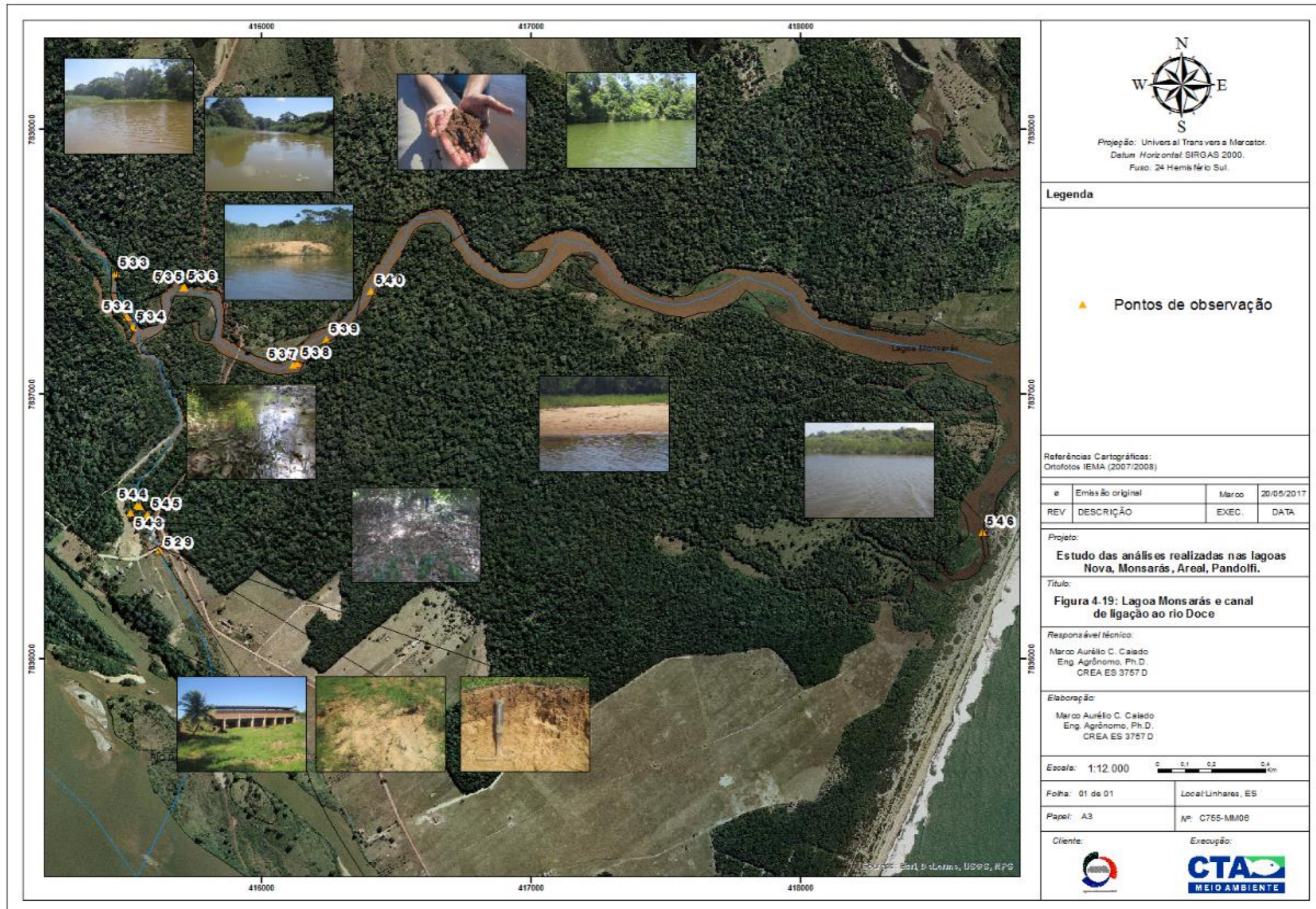


Figura 4-19: Lagoa Monsarás e o seu canal de ligação com o rio Doce.

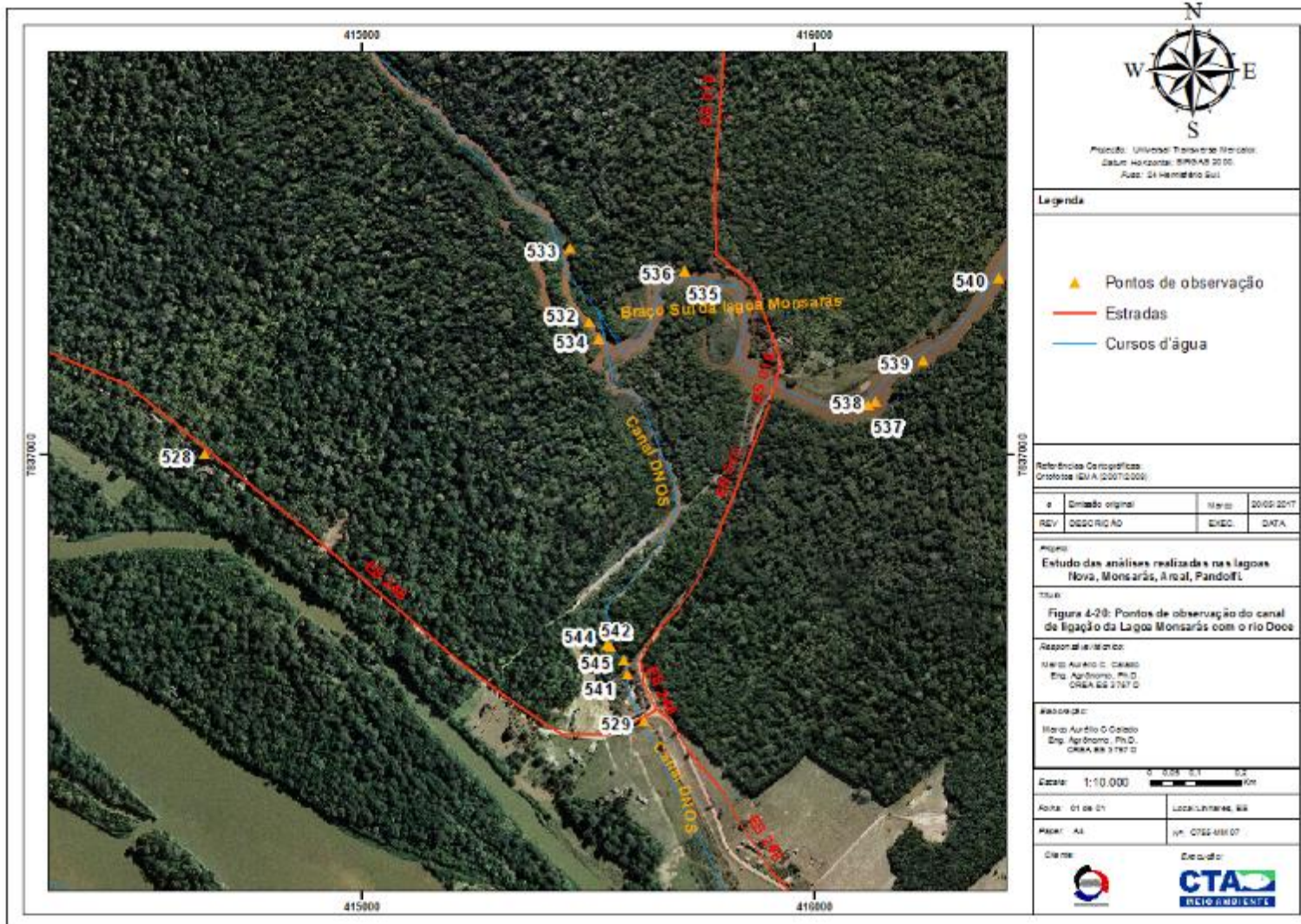


Figura 4-20: Pontos de observação do canal de ligação da lagoa Monsarás com o rio Doce.

Durante as cheias de janeiro de 2016, águas do rio Doce contendo sedimentos da barragem rompida adentraram no canal DNOS atingindo a lagoa Monsarás, a qual passou a apresentar uma coloração avermelhada. Através da estreita faixa de terra que separa a lagoa do mar, águas contaminadas do mar, contendo sedimentos da barragem rompida, também adentraram diretamente no corpo principal da lagoa. Neste item serão apresentados os aspectos do canal de ligação entre a lagoa Monsarás e o rio Doce, diante da exigência do IEMA de se proceder à limpeza do mesmo. Esta caracterização foi dividida em duas partes: Canal DNOS e Braço Sul da lagoa Monsarás.

4.1.2.1 Canal DNOS

Conforme citado, o canal DNOS, a jusante da sua ligação com o Braço Sul da lagoa Monsarás, possui cerca de 1.500 m de comprimento, e tem largura e profundidade variáveis; enquanto no entorno da BR 248 possui aproximadamente 40 metros de largura e 3 m de profundidade, ao se aproximar do Braço Sul, tem cerca de 4 m de largura e 0,6 m de profundidade. A **Figura 4-21** apresenta o Canal DNOS a jusante da BR 248.

Durante cheias, as águas do rio Doce atingem a lagoa Monsarás através do Canal DNOS; entretanto, cheias de maior tempo de retorno suplantam o canal, atingindo a planície quaternária, podendo chegar na lagoa de forma difusa, fora do canal. A **Figura 4-22** mostra marca de cheia em uma casa situada no ponto 528, próximo ao canal DNOS.



Figura 4-21: Canal DNOS a jusante da ES 248



Figura 4-22: Marca de enchente em uma casa próxima ao canal

Na porção mediana do Canal DNOS, a montante da ES 248, o DNOS construiu um sistema de comportas que se encontra abandonado (**Figura 4-23**). A montante das comportas, o canal tem cerca de 40 metros de largura e cerca de 3 m de profundidade, mantendo estas dimensões até adentrar em uma mata nativa. Neste trecho, o solo apresenta superfície arenosa, sem indícios de presença da lama de sedimentos (**Figura 4-24**). Foi feita uma trincheira no solo para expor as camadas mais superficiais do mesmo, o que possibilitou observar que, na área, o solo é composto por uma camada superficial arenosa com 5 cm de espessura, seguida de camada argilosa de 5 cm, sobre espessa camada de areia (**Figura 4-25**).



Figura 4-23: Sistema de comportas no Canal DNOS



Figura 4-24: Superfície arenosa no canal DNOS, sem sinais de presença da lama de sedimentos da barragem rompida.

Ao adentrar na mata, no ponto 541, o canal se encontrava seco e encoberto por uma espessa camada de serapilheira formada principalmente por folhas advindas da vegetação arbórea que encobre a área (**Figura 4-26**), não apresentando sinais de aporte significativo de sólidos advindos das águas do rio Doce. Neste ponto, a camada de folhas foi retirada com finalidade de expor possível camada de lama sob a serapilheira, entretanto, conforme pode ser observado na **Figura 4-27** sob a camada de folhas, evidenciou-se um solo arenoso, sem a presença de camada de material que indicasse presença da lama.

No ponto 545, o canal passa a apresentar lâmina d'água (**Figura 4-28**), a qual se encontra estagnada, com coloração escura advinda do aporte de matéria orgânica da vegetação arbórea circundante e do crescimento de macrófitas em seu leito. A 50 m adiante, o canal apresenta largura de cerca de 4 metros de largura e profundidade de 60 cm, com características visuais semelhantes à do ponto anterior. O fundo do canal se encontra com uma espessa camada de matéria orgânica em decomposição, não havendo sinais de significativo aporte de sólidos.



Figura 4-25: Perfil do solo do canal DNOS no ponto 529



Figura 4-26: Superfície arenosa no canal DNOS, sem sinais de presença de lama de sedimentos da barragem rompida.



Figura 4-27: Areia sob serapilheira no ponto 541



Figura 4-28: Início da lâmina d'água no ponto 545

4.1.2.2 Braço Sul da lagoa Monsarás

O Braço Sul da lagoa Monsarás foi percorrido por 1500 metros utilizando embarcação. Neste percurso, foram realizadas medidas de oxigênio dissolvido e feitas observações sobre a coloração da água e o estado do fundo do canal.

Quanto aos teores de oxigênio dissolvido, foram observados valores crescentes de oeste (águas sob influência do canal DNOS-Rio Monsarás) para leste (mais próximo ao corpo principal da lagoa Monsarás). No ponto 533, a lâmina d'água apresenta profundidade em torno de 1,5 m e, a partir desse ponto para oeste, estava tomada por macrófitas que impediam a navegação. Seus teores de OD variaram entre 2,7 e 3,3 mgOD/L, abaixo do valor limite para

águas doces de classe 2. Esses baixos valores estão diretamente relacionados com o aporte de matéria orgânica advinda dos solos orgânicos da planície quaternária cortada pelo rio Monsarás e da vegetação presente no leito do canal, assim como da baixa velocidade da água, que dificulta a entrada de oxigênio atmosférico.

No ponto 534, cerca de 220 m do ponto anterior, as concentrações de OD subiram para valores entre 4,4 e 4,7 mgOD/L, enquanto que, no ponto 540, a cerca de 1500 m de distância do ponto 533, o Braço Sul apresenta largura de cerca de 50 m, profundidade acima de 2 m e água sem indícios de grande aporte de matéria orgânica. Os teores de oxigênio dissolvido estavam entre 5,8 e 6,2 mgDO/L.

Quanto à coloração da água, no ponto 533, a lâmina d'água apresentava coloração mais amarela que no restante do Braço Sul (**Figura 4-29**). Deve-se observar que, no dia 7 de maio, quatro dias antes da visita de campo, havia chovido em Linhares 56,6 mm (INMET, 2017). Como a água da bacia chega à lagoa Monsarás pelo canal DNOS-rio Monsarás e o ponto 533 é o que se localiza mais próximo ao mesmo, pode-se supor que a coloração amarela seja devido ao aporte de sólidos advindos de erosão na bacia causada pelas chuvas.

No ponto 534, a água apresentou uma significativa mudança de coloração. A partir desse ponto, a cor da água era mais clara, sem os tons amarelados do trecho anterior (**Figura 4-30**). A **Figura 4-29** e a **Figura 4-30** apresentam o aspecto da água, respectivamente, no ponto 540, no Braço Sul, e no corpo principal da lagoa Monsarás, em sua extremidade sul. Conforme pode ser observado, no dia da visita de campo, a massa d'água da lagoa Monsarás já não apresentava indícios visuais de presença da lama de sedimentos advinda do rio Doce.



Figura 4-29: Aspecto da água do Braço Sul no ponto 533



Figura 4-30: Aspecto da água do Braço Sul no ponto 534



Figura 4-31: Aspecto da água do Braço Sul no ponto 540



Figura 4-32: Aspecto da água da lagoa Monsarás no ponto 456

Em todo o percurso percorrido no interior do Braço Sul, foram feitas visualizações nos bancos de areia do fundo e das margens do canal e tomadas amostras para verificação do estado dos mesmos. Nos bancos de areia formados nas margens do canal não foram observados sinais de aporte significativo de sólidos, já que a superfície destes estava encoberta por material arenoso, conforme pode ser observado nas **Figura 4-33** e **Figura 4-34**.



Figura 4-33: Banco de areia no ponto 535.



Figura 4-34: Banco de areia no ponto 537.

No fundo do canal, observou-se uma fina camada de material argiloso sobre o fundo arenoso, que entrava em suspensão ao ser tocada. A coloração deste material argiloso é amarela escura, originada da mistura de argila com matéria orgânica, o que é típico dos ambientes lacustres da região. Parte desse material argiloso poderá ter sido originado da entrada de lama de sedimentos da barragem rompida do rio Doce; entretanto, a pequena espessura do mesmo indica que o aporte de sedimentos não foi expressivo a ponto de demandar a limpeza do canal. A **Figura 4-35** apresenta amostra do fundo do Braço Sul no ponto 539, nas quais pode ser observada a textura eminentemente arenosa do material de fundo, sem significativos indícios de aporte de lama.



Figura 4-35: Amostra de material de fundo no ponto 539.

Pode-se concluir que a alteração da qualidade da lagoa Monsarás e respectivo canal pelas águas do rio Doce foi ocasionada por material carreado em suspensão pelo rio e não por lama carreada pelo mesmo. Deve-se ressaltar que a amostra coletada no rio Doce em 25/01/2016, no ponto Linhares Montante, apresentou concentração de 215 mg/L de sólidos suspensos. Assim, o canal de ligação entre o rio e a lagoa, assim como o Braço Sul da lagoa Monsarás não apresentavam, no dia da visita de campo, sinais visíveis de presença de lama de sedimentos, fazendo com que a implementação de práticas mecânicas para promover a limpeza do canal não seja justificável.

4.2 ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DO ENTORNO DAS LAGOAS

O município de Linhares possui um dos mais representativos sistemas lacustres do Espírito Santo, com várias lagoas inseridas na porção hidrográfica da foz do rio Doce. As lagoas Juparanã, Nova, Aguiar, Durão e Juparanã são as principais e são usadas como pontos turísticos, lazer, pesca, irrigação, entre outros usos.

O **ANEXO I** apresenta o mapa de uso de solo do entorno das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal. A partir da análise dos mapas, nota-se que as lagoas Monsarás, Padolfi e Areal situam-se na porção sudeste do município e na proximidade da calha do Rio Doce, áreas que ainda possuem restinga e remanescentes florestais. Entretanto, percebe-se também áreas de pastagens para a pecuária bovina e implantação de algumas culturas agrícolas.

Na porção oeste, a lagoa Nova se insere numa área de intenso uso do solo para atividades de silvicultura, com o plantio de eucalipto, de culturas permanentes e temporárias, sobretudo café, cacau, frutas e cana-de-açúcar. Além dessas, encontra-se no seu entorno a ocupação de vasta área ao norte e sul da lagoa com pastagem, sendo desenvolvida a pecuária com criação de bovinos.

A lagoa Monsarás fica em meio a área de remanescente florestal, pastagens e culturas. Ressalta-se que parte do trecho de remanescente florestal é ocupado com plantações de cacau.

As áreas lindeiras as lagoas Pandolfi e Areal são ocupadas por pastagens, remanescente florestal e restinga. Destaca-se que, nesta última, há plantação de cacau sob a área de remanescente florestal e construções esparsas da Vila de Areal. Nessa localidade, identificou-se em algumas casas indícios de tratamento de efluente sanitários por meio de fossas negras e/ou fossas filtro sumidouro.

A área adjacente às lagoas Areal, Monsarás, Pandolfi e Nova apresentaram pequenos indícios de controle químico nas pastagens por meio de herbicidas e adubação química em cultivos de cacau.



4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICAS DOS DADOS DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS DAS LAGOAS NOVA, MONSARÁS, PANDOLFI E AREAL E SEUS RESPECTIVOS CANAIS

Neste item, é feita uma análise da qualidade da água das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal e respectivos canais, os quais foram monitoradas entre 03/02/2016 e 10/04/2017 (lagoa Monsarás), 20/07/2016 e 11/04/2017 (lagoa Pandolfi), 31/01/2016 e 11/04/2017 (lagoa Areal) e 03/02/2016 e 19/04/2017 (lagoa Nova). Dentre os parâmetros analisados, foram escolhidos para discussão os que integram a Nota Técnica CAIA 051/2016, que tem o objetivo de discutir os parâmetros físico químicos de monitoramento das lagoas Nova a Monsarás, dentre os quais se encontram os parâmetros marcadores da presença ou impacto da pluma de rejeitos originada do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, no município de Mariana.

Assim, foram escolhidos, para esta análise, os seguintes parâmetros: Alumínio dissolvido, boro total, chumbo total, cloro residual, cobre dissolvido, coliformes termotolerantes, cor verdadeira, cromo total, ferro dissolvido, fósforo total, manganês total, níquel total, oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais dissolvidos, sulfeto não dissociado, turbidez, vanádio total e zinco total.

A **Tabela 4-1** apresenta características e as coordenadas dos pontos de monitoramento, enquanto a **Figura 4-36** apresenta a espacialização dos pontos.

Tabela 4-1: Características e as coordenadas dos pontos de monitoramento nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

Identificação	Coordenadas		Ambiente
	X	Y	
Lagoa Nova - ES - N1	378738	7852585	Água Doce Lântico
Lagoa Nova - ES - N2	377312	7855922	Água Doce Lântico
Lagoa Nova - ES - N3	379171	7855205	Água Doce Lântico
Canal de Lagoa Nova	379003	7852508	Água Doce Lântico
Lagoa do Monsarás - ES - M1	415914	7837148	Água Salobra Lântico
Lagoa do Monsarás - ES - M2	419208	7837642	Água Salobra Lântico
Canal da Lagoa do Monsarás	415497	7837294	Água Salobra Lântico
Lagoa Areal - ES - A1	413140	7834192	Água Doce Lântico
Canal da Lagoa Areal	413459	7834230	Água Doce Lântico
Lagoa do Pandolfi 1	411767	7835202	Água Doce Lântico
Lagoa do Pandolfi 2	411649	7835945	Água Doce Lântico
Canal da Lagoa do Pandolfi	411685	7836038	Água Doce Lântico

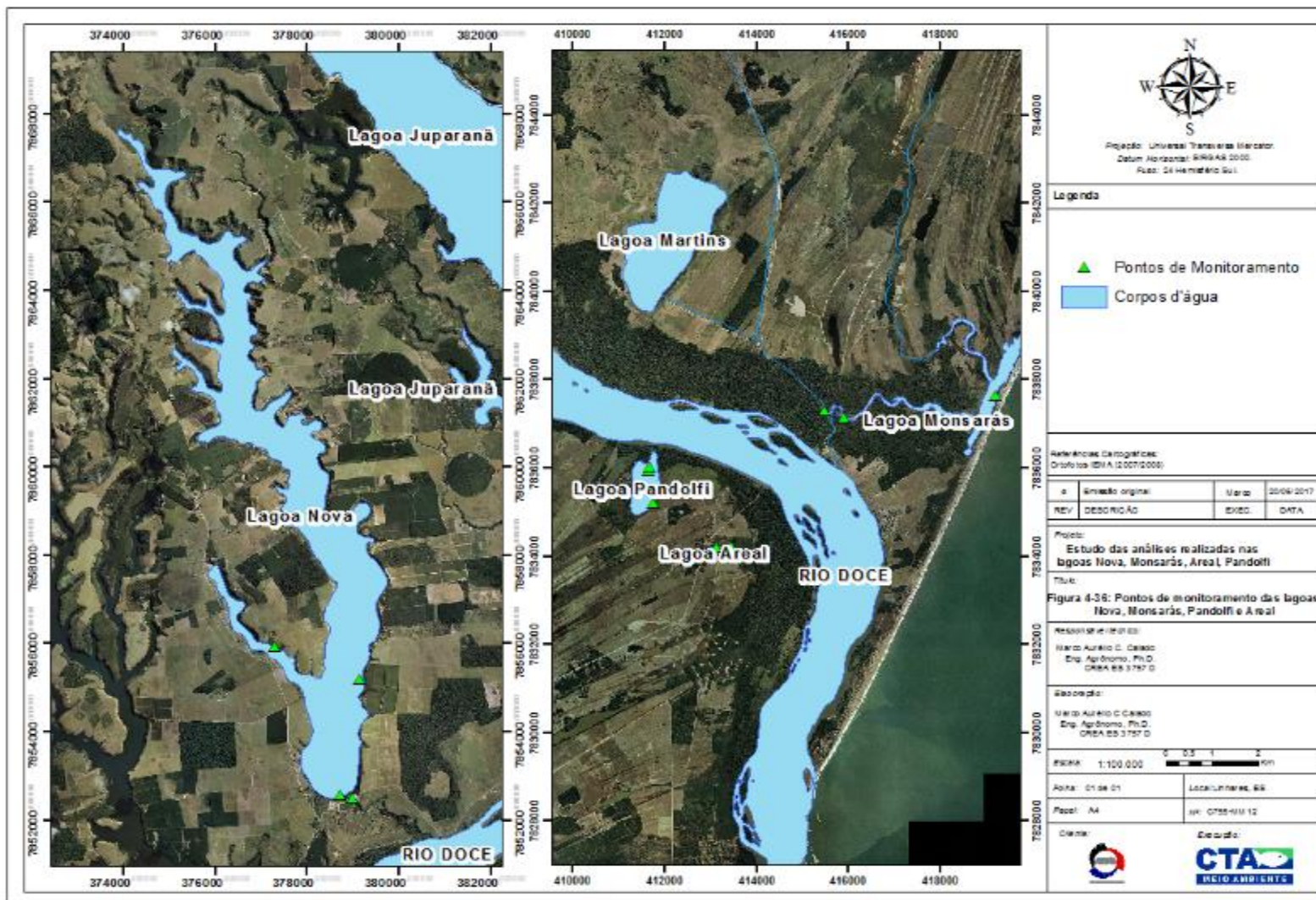


Figura 4-36: Pontos de monitoramento das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.



Objetivando facilitar a discussão dos resultados, esta foi dividida por parâmetros. A realização de testes estatísticos e o cálculo de estatísticas usualmente utilizadas em análises deste tipo, como média, mediana e desvio padrão não foi possível para a maioria dos parâmetros devido à incerteza dos reais valores, já que muitos dos resultados foram liberados pelos laboratórios responsáveis pelas análises laboratoriais em valores menores que o limite do método utilizado. Desta forma, esta discussão se atém à comparação entre as concentrações e os limites preconizados pela resolução Conama 357/2005 para cada parâmetro para corpos de água doce de classe 2, assim como comparações entre as campanhas e entre as lagoas.

4.3.1 Alumínio dissolvido

O **Gráfico 4-1**, **Gráfico 4-2**, **Gráfico 4-3** e **Gráfico 4-4** apresentam as concentrações de alumínio dissolvido, respectivamente, nos pontos de monitoramento das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

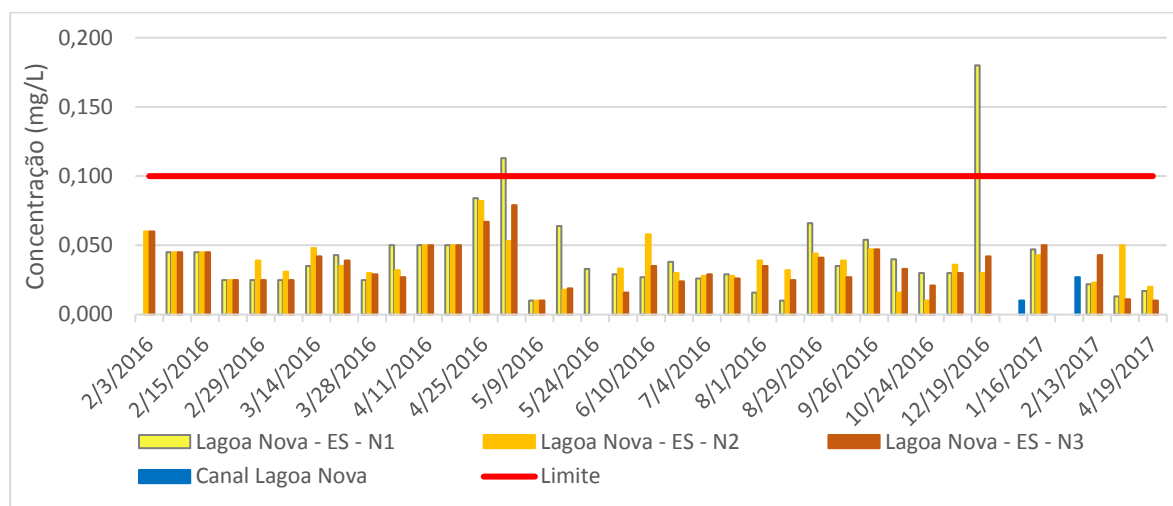


Gráfico 4-1: Concentrações de alumínio dissolvido na lagoa Nova.

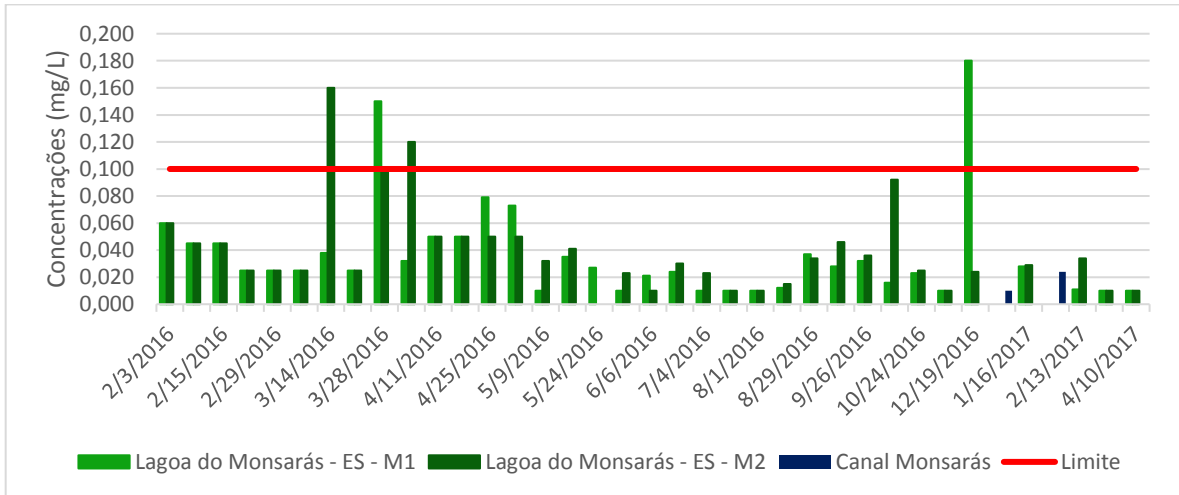


Gráfico 4-2: Concentrações de alumínio dissolvido na lagoa Monsarás.

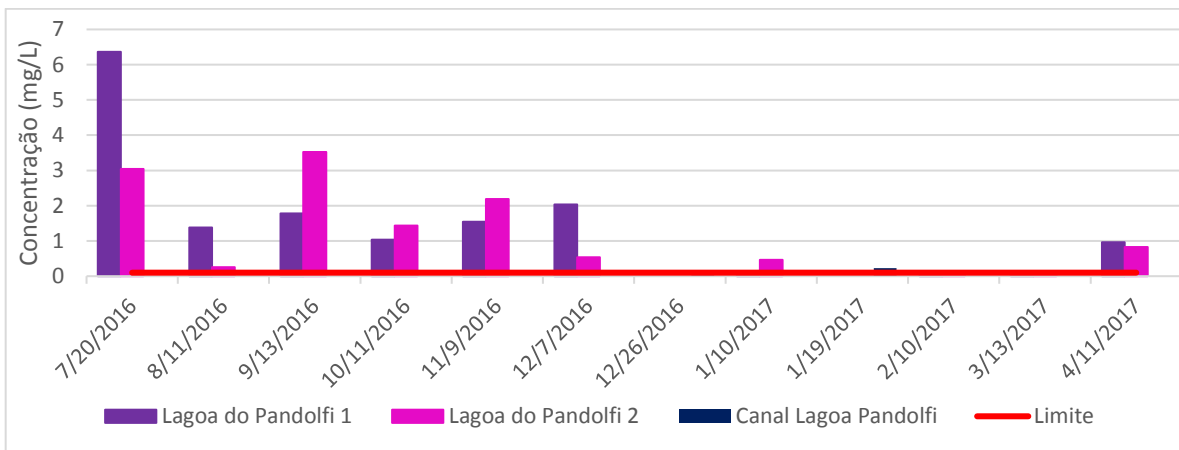


Gráfico 4-3: Concentrações de alumínio dissolvido na lagoa Pandolfi.

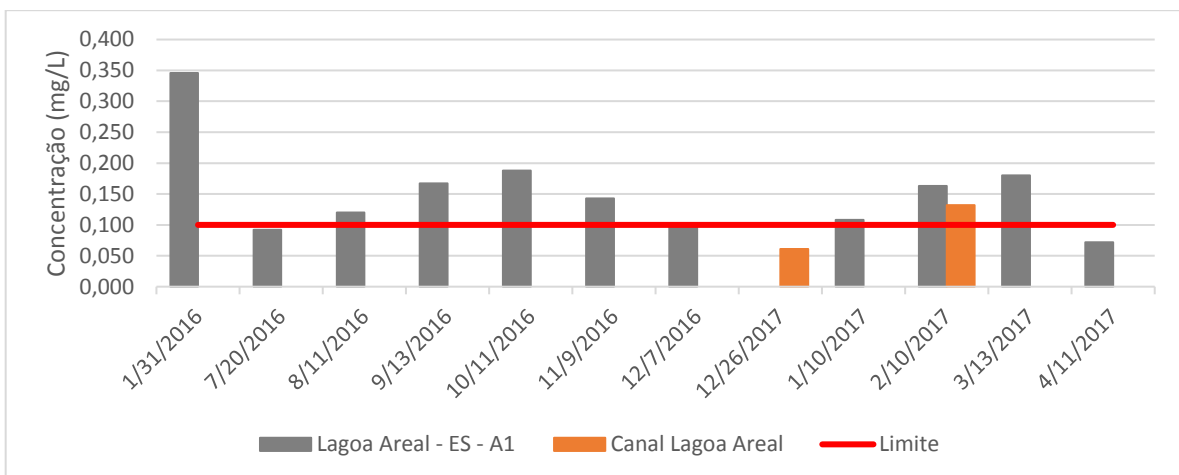


Gráfico 4-4: Concentrações de alumínio dissolvido na lagoa Areal.



Das 37 campanhas nas lagoas Nova e Monsarás, na Nova, em apenas duas campanhas (2% do total), o ponto N1 apresentou valores superiores ao limite de 0,1 mg/L para rios de classe 2, estes eventos foram observados a quatro meses e onze meses após as cheias de janeiro. Na Monsarás, o limite foi extrapolado quatro vezes (6% do total), após dois, três e onze meses das cheias. Nas lagoas Pandolfi, somente em duas campanhas houve resultados inferiores ao limite de 0,1 mg/L. Já na lagoa Areal, todos os resultados foram superiores ao limite para rios classe 2, exceto em duas campanhas, uma realizada em 20/07/2016 que registrou 0,092 mg/L e outra em 11/04/2017, com 0,072 mg/L e em uma das duas campanhas em que foram feitas coletas nos canais que as ligam ao rio Doce, quando, em 26/12/2016, o canal Pandolfi apresentou concentração de 0,097 mg/L e o canal Areal, 0,061 mg/L.

A concentração média de Al na lagoa Pandolfi em julho de 2016 foi de 4,704 mg/L, caindo para 0,894 mg/L em abril de 2017, mas ainda acima do máximo preconizado pela legislação.

Durante os devidos períodos de monitoramento, a concentração média na Pandolfi foi de 1,277 mg/L e a da Areal foi de 0,144 mg/L, sendo que a primeira apresentou declínio de 4,704 mg/L, em média, em julho de 2016, para 0,075 mg/L em fevereiro de 2017, voltando a subir para 0,894 em abril do mesmo ano, ainda acima do preconizado pela CONAMA 357/2005. Já a segunda lagoa, apresentou concentração que variou de 0,346 mg/L em janeiro de 2016 e 0,072 mg/L em abril de 2017, e, portanto, abaixo do limite preconizado pela legislação.

4.3.2 Boro total

Na natureza, as maiores concentrações de boro são encontradas em sedimentos e rochas sedimentares, particularmente em sedimentos marinhos ricos em argila. A alta concentração de boro na água do mar (4,5 mgB/L), garante que as argilas marinhas sejam mais ricas em boro que outras rochas (BUTTERWICK et al., 1989). Segundo Park e Schlesinger (2002), a fonte primária mais significativa de boro são os aerossóis de águas do mar, sabendo-se que a entrada de boro para a atmosfera é estimada em $1,44 \times 10^{12}$ gramas de boro por ano. Além da deposição atmosférica, o boro também é liberado para o ambiente muito lentamente, e em baixas concentrações, por processos naturais de intemperismo. Devido à grande ocorrência de rochas sedimentares ricas em argila na superfície, a maioria do boro mobilizado para o solo e ambientes aquáticos provém provavelmente dessa fonte. Estima-se que o intemperismo natural libere mais boro para o ambiente que as fontes industriais (Butterwick et al., 1989).

A **Gráfico 4-5**, **Gráfico 4-6**, **Gráfico 4-7** e **Gráfico 4-8** apresentam as concentrações de boro total, respectivamente, nos pontos de monitoramento das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

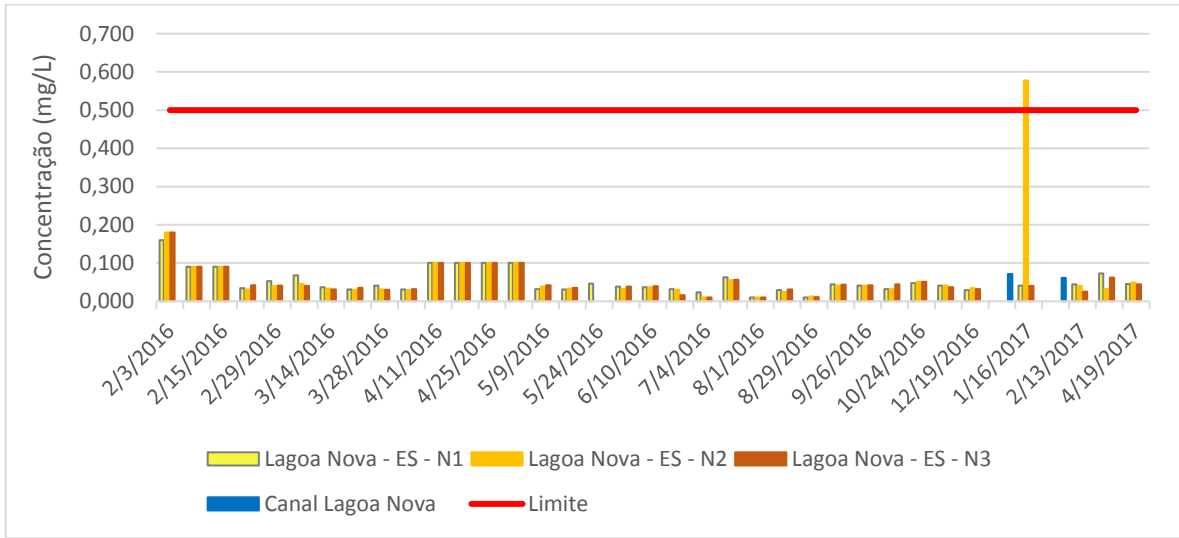


Gráfico 4-5: Concentrações de boro total na lagoa Nova.

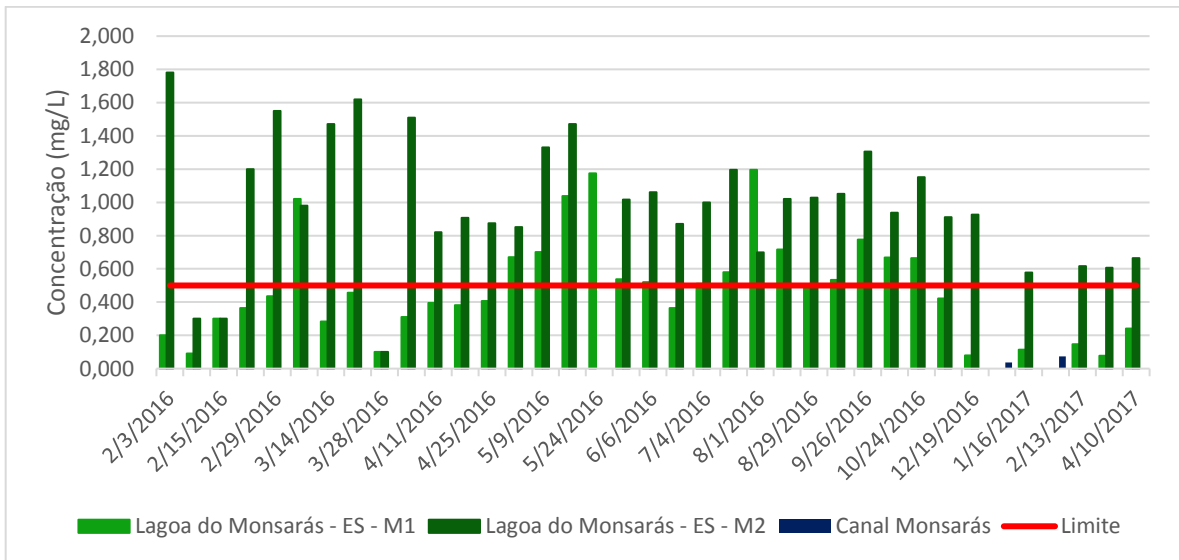


Gráfico 4-6: Concentrações de boro total na lagoa Monsarás.

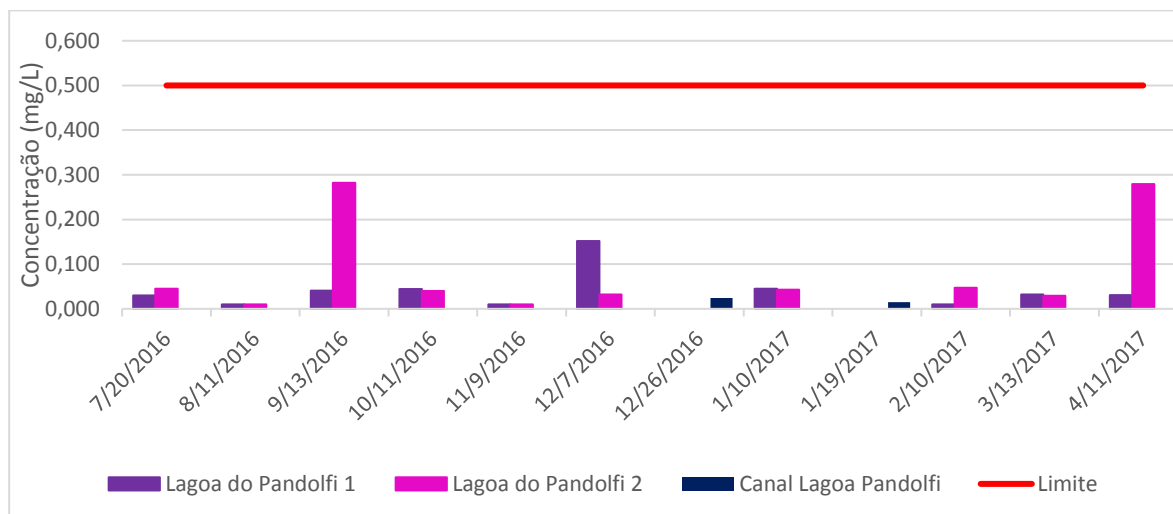


Gráfico 4-7: Concentrações de boro total na lagoa Pandolfi.

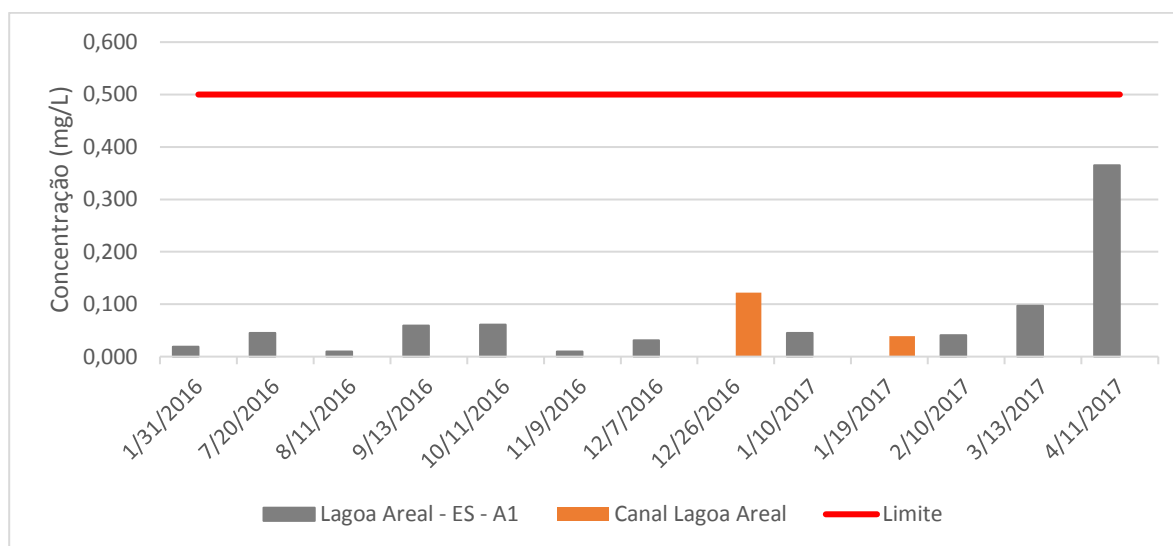


Gráfico 4-8: Concentrações de boro total na lagoa Areal.

As lagoas Nova, Pandolfi e Areal apresentaram valores significativamente menores que a lagoa Monsarás. O valor limite para corpos d'água de classe 2 é de 0,5 mg/L e os maiores valores apresentados pelas lagoas Areal e Pandolfi foram, respectivamente, 0,059 mg/L e 0,282 mg/L. De todos os 105 valores da lagoa Nova, 24 foram abaixo do limite do método de análise utilizado e somente um extrapolou o valor limite para águas de classe 2, em janeiro de 2017, indicando que a mais elevada concentração não tem relação com a entrada de águas do rio Doce na lagoa.

Quanto à lagoa Monsarás, o ponto de Monitoramento M2, situado no corpo principal da mesma, apresentou valores superiores aos do ponto M1 e ao ponto situado no canal DNOS. Conforme pode ser observado no **Anexo I**, o entorno da lagoa Monsarás é encoberto predominantemente por pastagens, assim como as demais lagoas. Assim, existe forte evidência de que os altos valores de boro na lagoa do Monsarás se devem a fatores geológicos presentes no entorno ou no interior do corpo principal da mesma.

4.3.3 Chumbo total

O Gráfico 4-9, Gráfico 4-10, Gráfico 4-11 e Gráfico 4-12 apresentam valores de chumbo total nas águas, respectivamente, das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

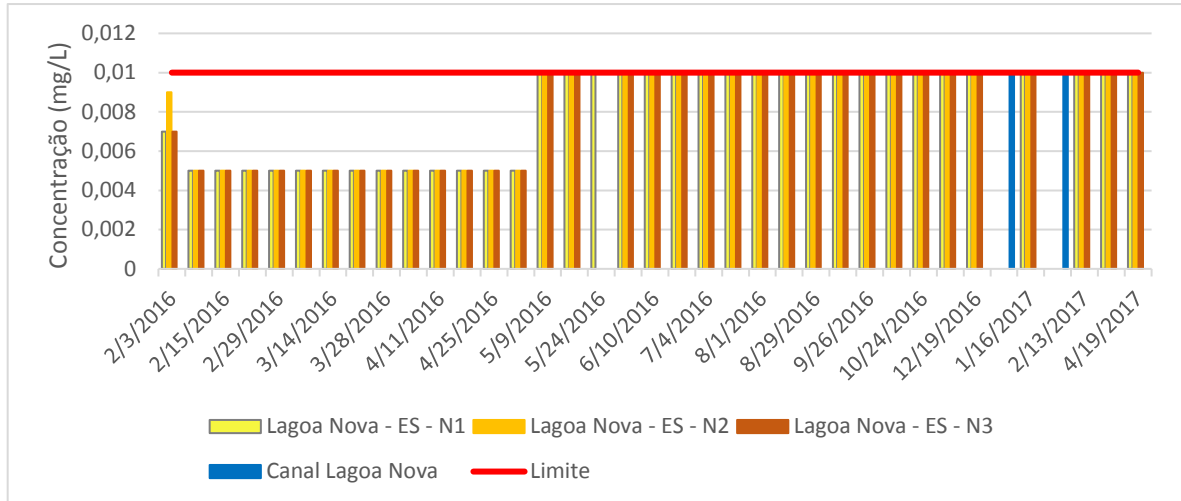


Gráfico 4-9: Concentrações de chumbo total na lagoa Nova.

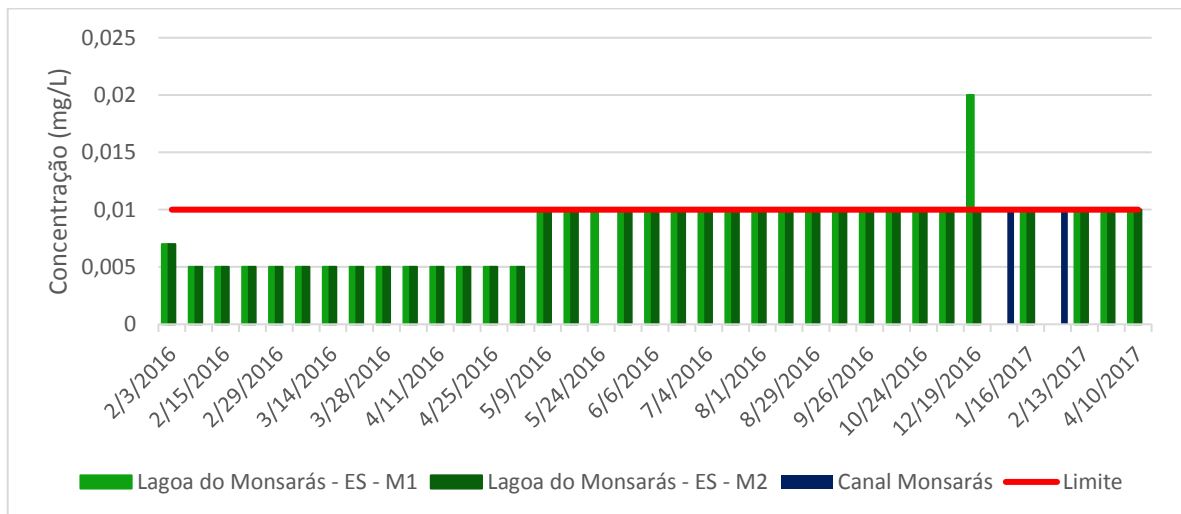


Gráfico 4-10: Concentrações de chumbo total na lagoa Monsarás.

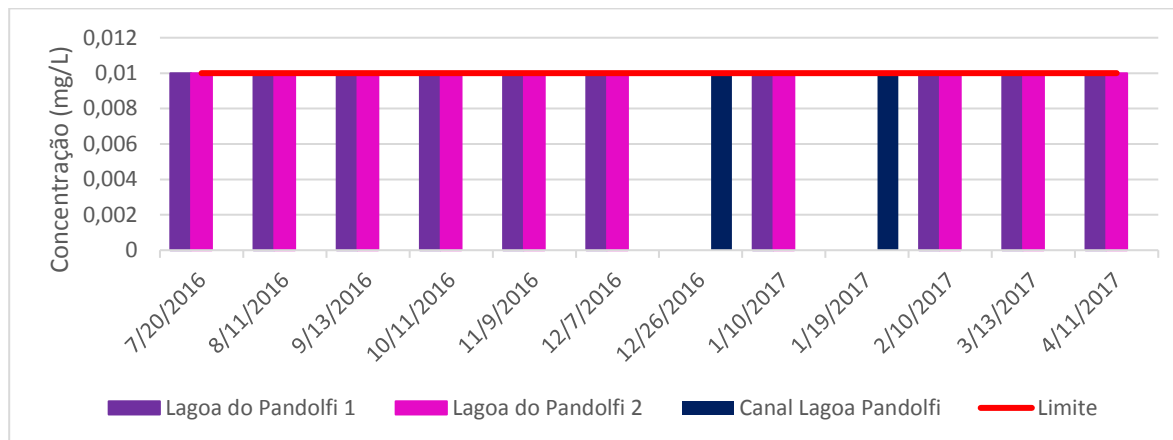


Gráfico 4-11: Concentrações de chumbo total na lagoa Pandolfi.

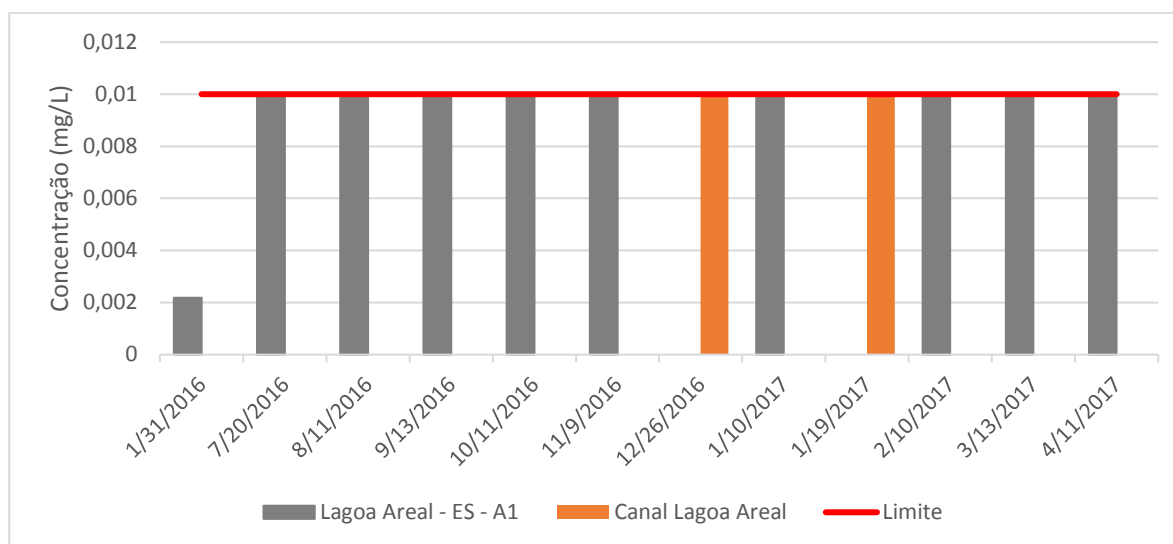


Gráfico 4-12: Concentrações de chumbo total na lagoa Areal.

Conforme pode ser observado, todas as amostras analisadas nas lagoas Nova, Pandolfi e Areal resultaram em valores menores que o limite de 0,01 mg/L preconizado pela resolução Conama 357 para águas de classe 2. A lagoa Monsarás apresentou valor de 0,02 mg/L no ponto M1 em dezembro de 2016. Como nas 30 campanhas anteriores todos os valores estiveram abaixo de 0,01 mg/L, pode-se afirmar que a mais elevada concentração observada em dezembro de 2016 não está ligada à entrada de águas do rio Doce na lagoa.

4.3.4 Cloro residual total

A **Gráfico 4-13**, **Gráfico 4-14**, **Gráfico 4-15** e **Gráfico 4-15** apresentam valores de cloro residual total nas águas, respectivamente, das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

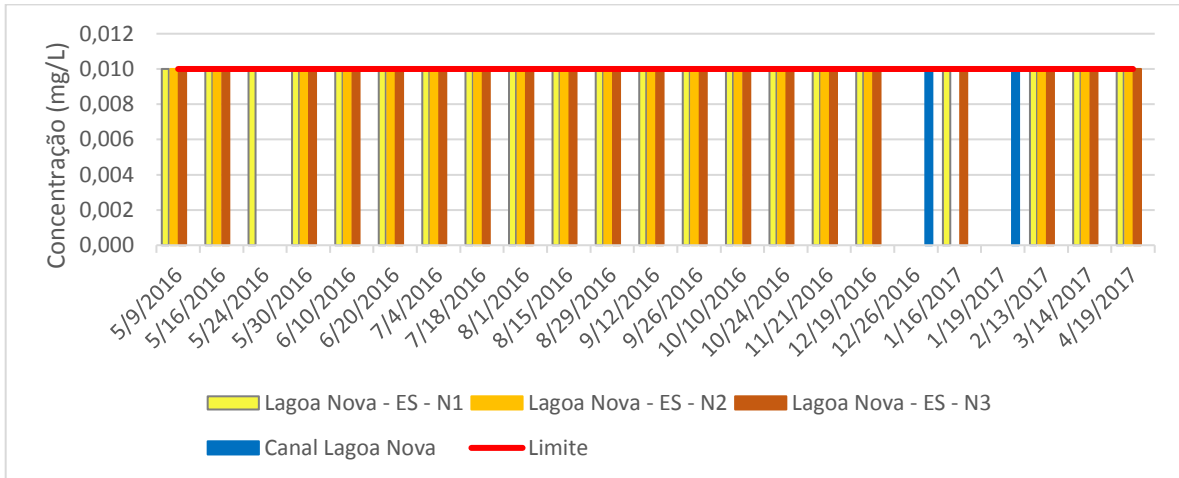


Gráfico 4-13: Concentrações de cloro residual total na lagoa Nova.

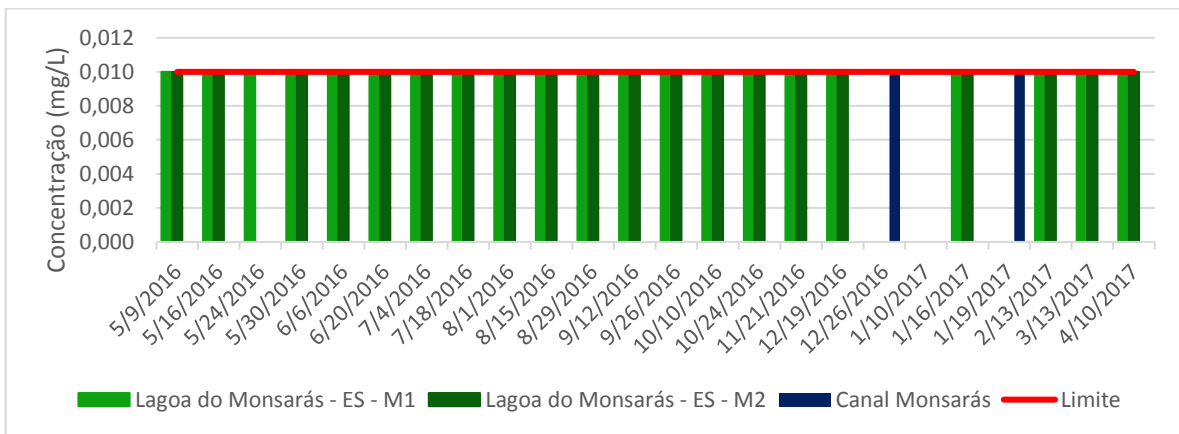


Gráfico 4-14: Concentrações de cloro residual total na lagoa Monsarás.

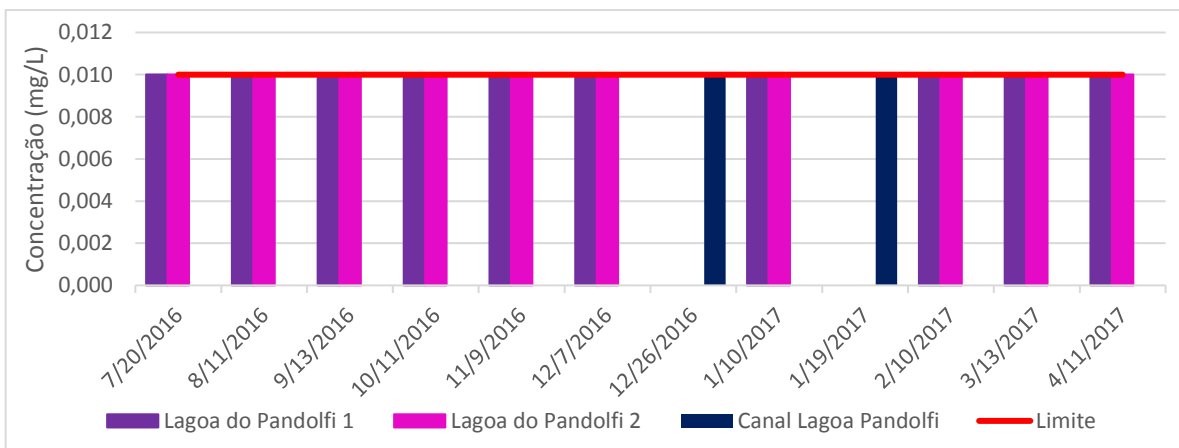


Gráfico 4-15: Concentrações de cloro residual total na lagoa Pandolfi.

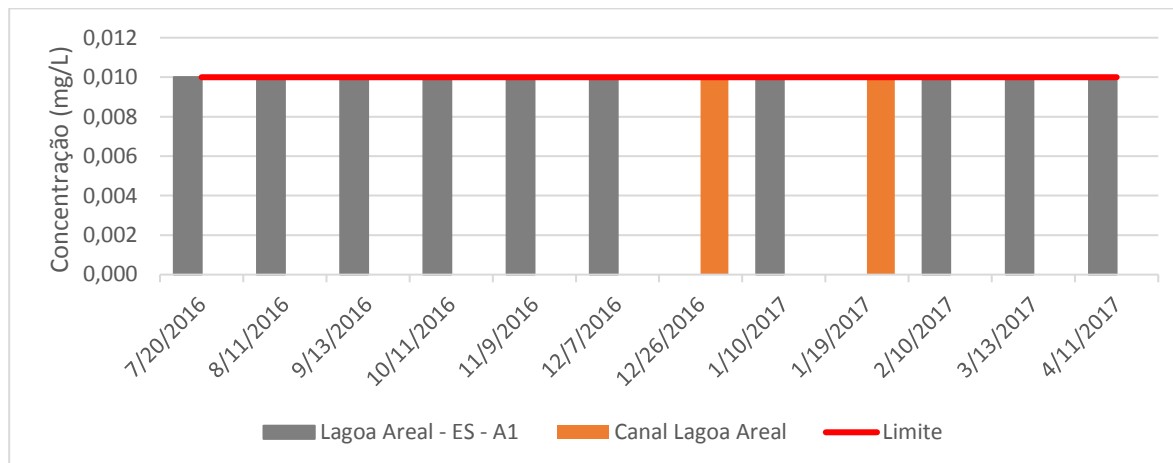


Gráfico 4-16: Concentrações de cloro residual total na lagoa Areal.

Conforme pode ser observado, todas as amostras analisadas nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal resultaram em valores menores que o limite de 0,01 mg/L preconizado pela resolução Conama 357/05 para água doce de classe 2.

Pode-se afirmar, desta forma, que o aporte dos sedimentos oriundos da barragem rompida nas lagoas pela água do rio Doce não resultou na elevação de suas concentrações de cloro residual total a ponto de extrapolar o valor limite para águas doce de classe 2.

4.3.5 Cobre dissolvido

A **Gráfico 4-17**, **Gráfico 4-18**, **Gráfico 4-19** e **Gráfico 4-20** apresentam valores de cobre dissolvido nas águas, respectivamente, das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

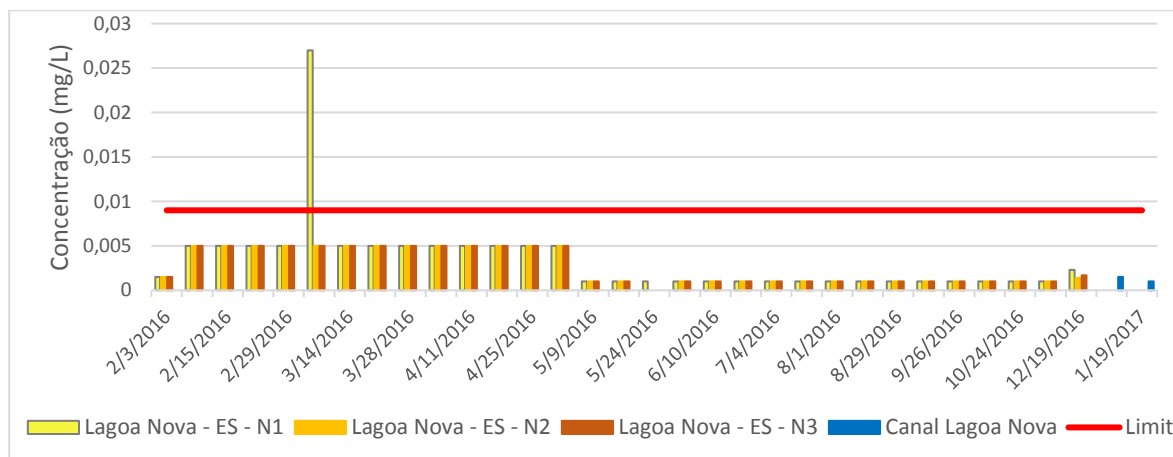


Gráfico 4-17: Concentrações de cobre dissolvido na lagoa Nova.

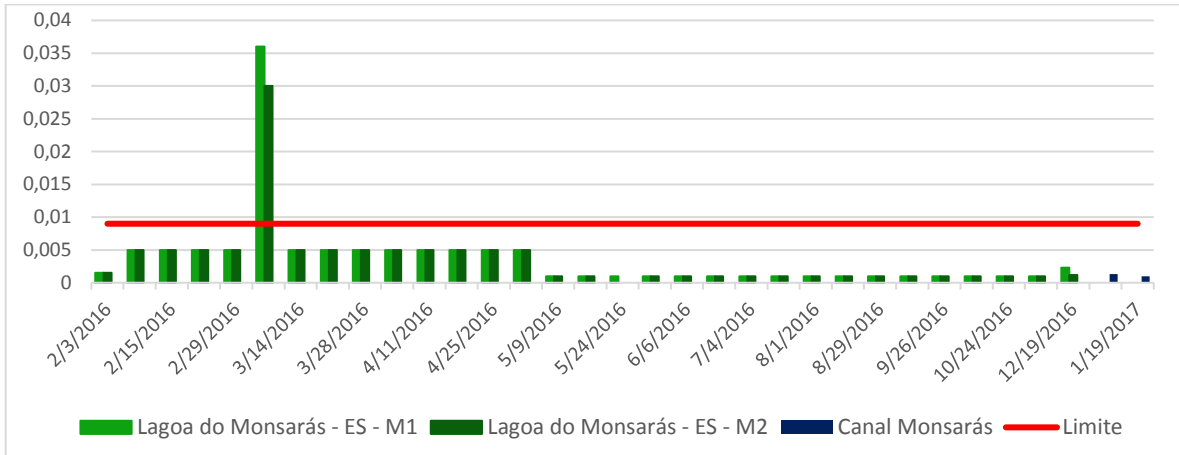


Gráfico 4-18: Concentrações de cobre dissolvido na lagoa Monsarás.

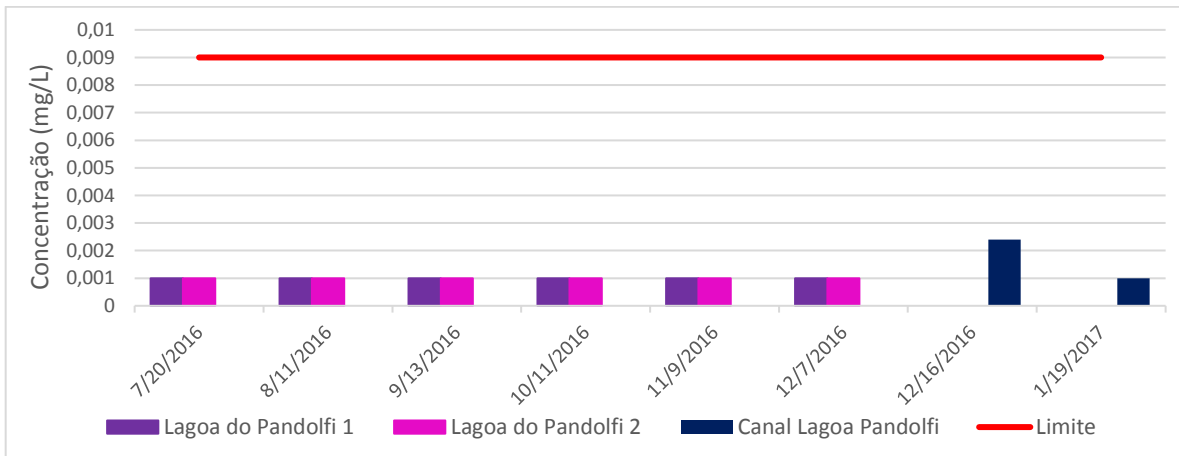


Gráfico 4-19: Concentrações de cobre dissolvido na lagoa Pandolfi.

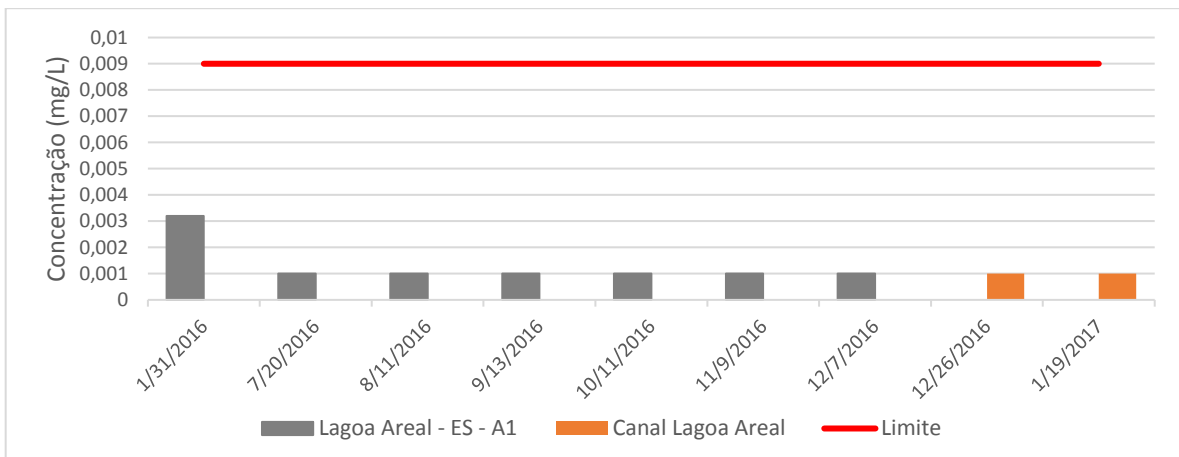


Gráfico 4-20: Concentrações de cobre dissolvido na lagoa Areal.



Conforme pode ser observado, de todas as amostras analisadas nas lagoas Pandolfi e Areal a máxima concentração de cobre dissolvido foi 0,0032 mg/L, bem abaixo do limite de 0,009 mg/L preconizado pela resolução Conama 357/05 como padrão para água doce de classe 2.

Dos 93 resultados de análise da água da lagoa Nova, apenas a amostra do ponto N1, de 07/03/2016, resultou em valor maior que o padrão de águas de classe 2, enquanto que 93% apresentaram valores menores que o limite do método de análise. Dos 63 resultados da lagoa Monsarás, apenas no dia 07/03/2016, os dois pontos de monitoramento apresentaram valores maiores que o padrão de classe 2, sendo que 79% das amostras apresentaram valores menores que o limite do método de análise.

É relevante notar que os altos valores nas lagoas Nova e Monsarás foram observados em março, podendo ter relação com a entrada de águas do rio Doce ocorrida em final de janeiro, entretanto, nas amostras coletadas em fevereiro, as concentrações de cobre dissolvido estavam abaixo dos limites dos métodos de análise utilizados e, obviamente, bem abaixo dos valores apresentados pelas amostras coletadas em 07/03/2016, podendo, desta forma, os altos valores de 07/03/2016 estarem ligados a fatores outros que não sejam a entrada de água do rio Doce nas lagoas. Cabe observar, também, que as concentrações atuais de cobre dissolvido em todas as lagoas estão abaixo do limite dos métodos de análise utilizados pelos laboratórios responsáveis por elas.

4.3.6 Coliformes termotolerantes

O **Gráfico 4-21**, **Gráfico 4-22**, **Gráfico 4-23** e **Gráfico 4-24** apresentam valores de coliformes termotolerantes nas águas, respectivamente, das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

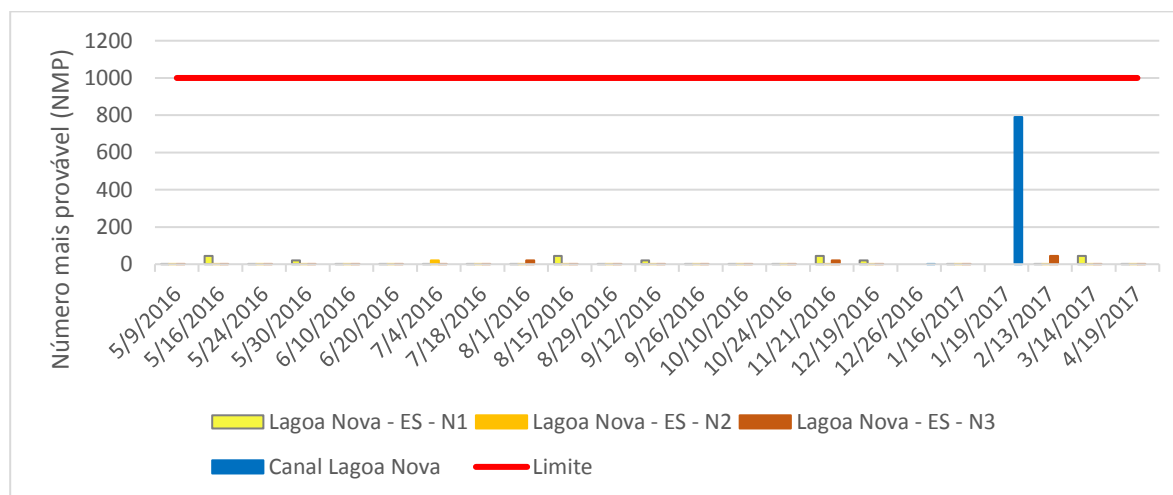


Gráfico 4-21: Coliformes termotolerantes na lagoa Nova.

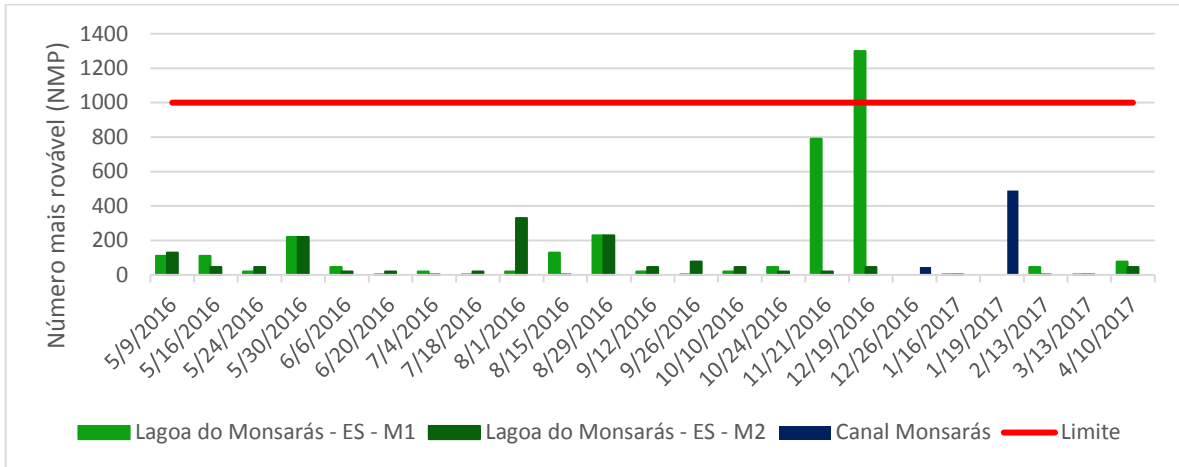


Gráfico 4-22: Coliformes termotolerantes na lagoa Monsarás.

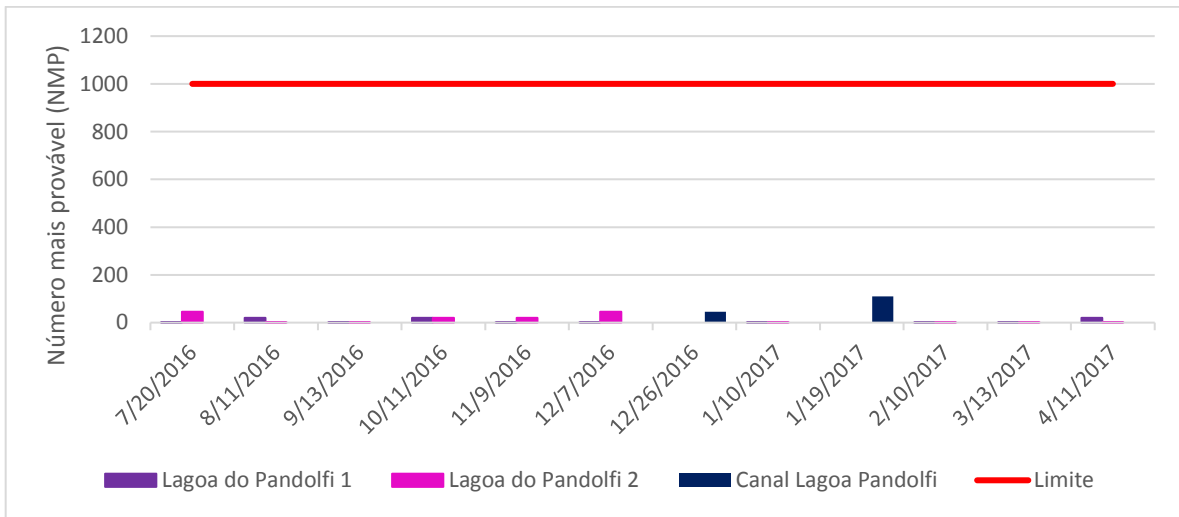


Gráfico 4-23: Coliformes termotolerantes na lagoa Pandolfi.

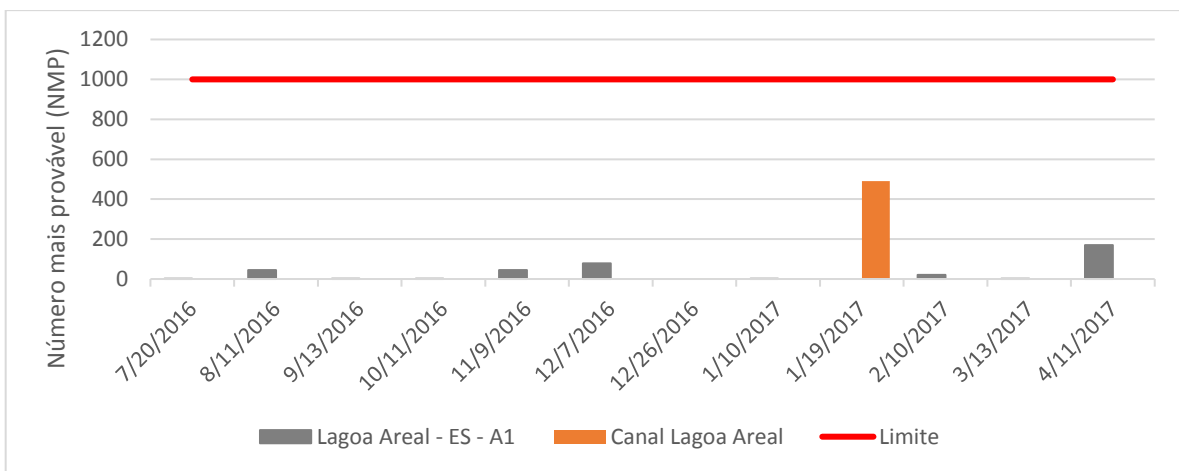


Gráfico 4-24: Coliformes termotolerantes na lagoa Areal.



Das 65 análises de água na lagoa Nova, entre 9/05/2016 e 19/04/2017, 53 resultaram em 1,8 NMP de coliformes termotolerantes. O maior valor foi de 790 NMP, observado no canal, em 19/01/2017, enquanto que, no corpo principal da lagoa, o maior valor foi de 45 NMP. Durante a visita de campo, observou-se que, no pondo de monitoramento, a água do canal está sem contato com as da lagoa Nova, separada por esta por uma barragem de pedra, e sem contato com o rio Doce, constituindo-se um corpo de água parada, encoberto por macrófitas, sem possibilidade de contaminar as águas da lagoa, exceto em épocas de grandes cheias do rio Doce.

Das 44 análises de água da lagoa Monsarás, entre 9/05/2016 e 10/04/2017, os resultados variaram entre 1,8 e 1300 NMP, com média de 116 NMP e mediana de 45 NMP. A média dos valores do ponto M1, localizado no Braço Sul, próximo à junção do rio Monsarás (canal DNOS), foi de 153 NMP, enquanto a média dos valores no corpo principal da barragem foi de 65 NMP. Isso indica que a água do principal contribuinte da lagoa penetra nela com uma carga de coliformes, que sofre um significativo declínio no interior do corpo principal da lagoa.

Das 22 análises na lagoa Pandolfi, entre 20/07/2016 e 11/04/2017, os resultados variaram entre 1,8 NMP e 110 NMP, com média de 17 NMP, o que indica que as águas da lagoa se encontram em muito boas condições no que tange a coliformes termotolerantes.

A lagoa Areal foi monitorada 12 vezes entre 20/07/2016 e 11/04/2017. Os valores de coliformes termotolerantes também indicam que as águas da mesma se encontram em muito boas condições no que tange a esse parâmetro. O máximo valor foi de 490 NMP, observado no canal da lagoa. A média dos valores no corpo da lagoa foi de 37, sendo que 50% das amostras apresentaram resultados com valor <1,8 NMP.

Os resultados das medições de coliformes termotolerantes nas quatro lagoas indicam que a entrada de água do rio Doce nas mesmas não promoveu alteração dos valores de coliformes termotolerantes nas mesmas.

4.3.7 Cor verdadeira

Cor de uma amostra de água é o grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la e esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética. Denomina-se cor verdadeira a cor da água causada pelo contato desta com substâncias corantes solubilizadas. Na natureza, a cor resulta da presença íons metálicos ferro e manganês, assim como de substâncias advindas da decomposição de material vegetal, tais como taninos, ácidos húmicos e humatos. O ferro está sempre presente na forma de humatos de ferro, produzindo cor de alta potência (SAWYER et al, 2003, APHA et al, 2005). Plâncton e resíduos industriais também são causadores de cor em águas (APHA et al, 2005).

Denomina-se cor aparente aquela causada por material carregado em suspensão pelas águas. Rios que drenam regiões de solos mais avermelhados experimentam, em épocas chuvosas, uma alteração significativa na sua cor. Em laboratório, a cor aparente da água é medida na amostra bruta, enquanto a cor real é medida após a filtragem da mesma, quando a influência dos sólidos suspensos é anulada (SAWYER et al, 2003).

Águas contendo material corante derivado do decaimento natural de substâncias orgânicas em regiões pantanosas e florestas são geralmente consideradas sem risco para contato ou consumo humano. Entretanto, os corantes orgânicos naturais, especialmente os ácidos fúlvicos, dão uma coloração acobreada à água, provocando relutância em seu uso (SAWYER

et al, 2003). Certamente que a cor da água sofre grande alteração no decorrer do ano, ocasionada pelo aporte de material advindo da bacia de drenagem nos períodos chuvosos.

O método platina-cobalto é o método padrão de se medir cor em uma amostra de água, sendo a unidade de cor aquela produzida por 1 mg platina/L na forma de cloroplatinato (APHA et al, 2005).

Os **Gráfico 4-25**, **Gráfico 4-26**, **Gráfico 4-27** e **Gráfico 4-28** apresentam valores de cor verdadeira nas águas, respectivamente, das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

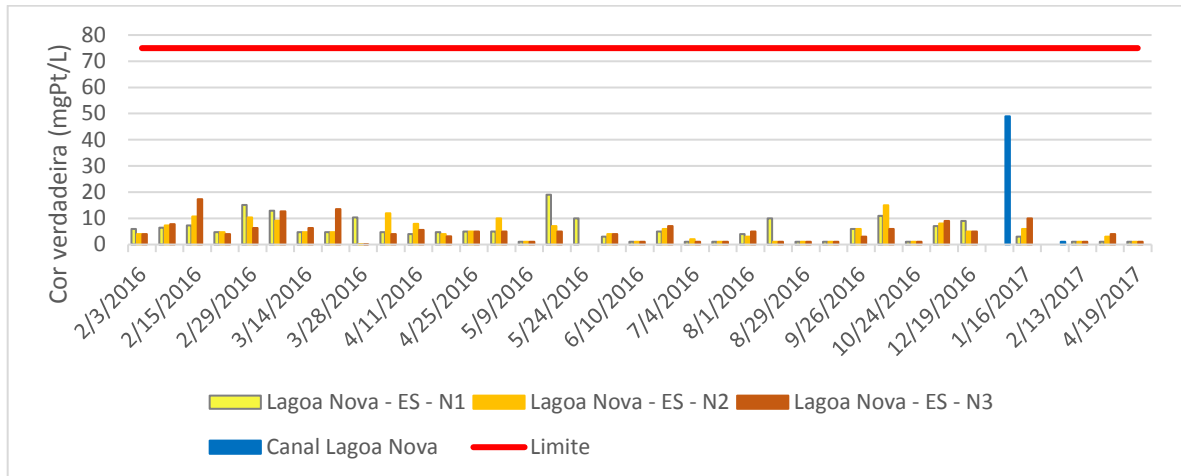


Gráfico 4-25: Valores de cor verdadeira na lagoa Nova.

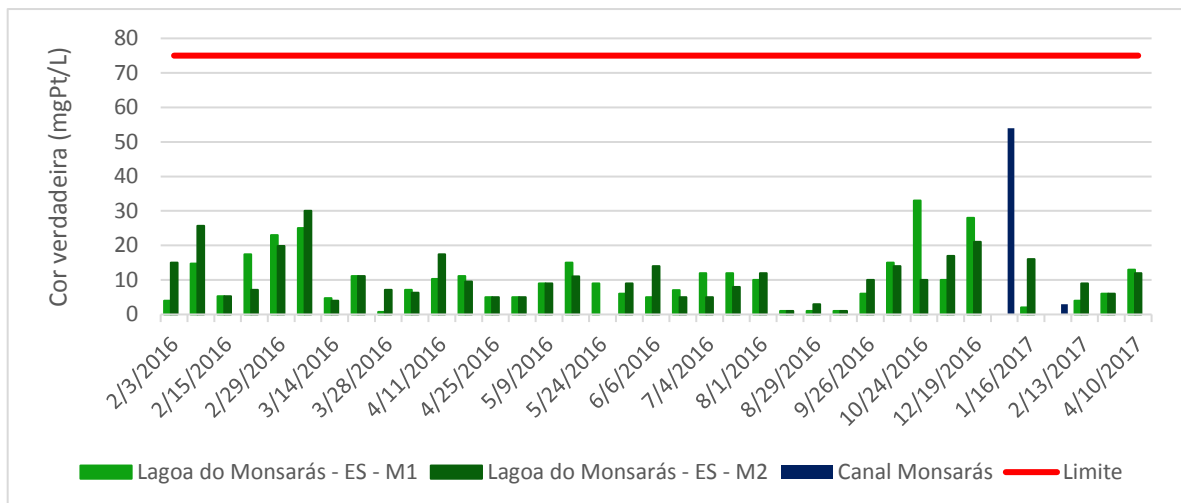


Gráfico 4-26: Valores de cor verdadeira na lagoa Monsarás.

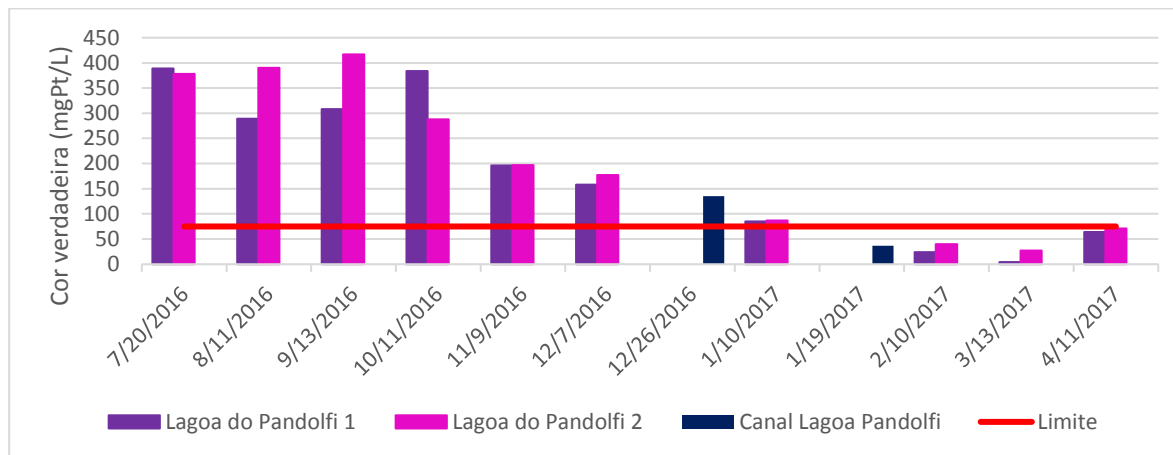


Gráfico 4-27: Valores de cor verdadeira na lagoa Pandolfi.

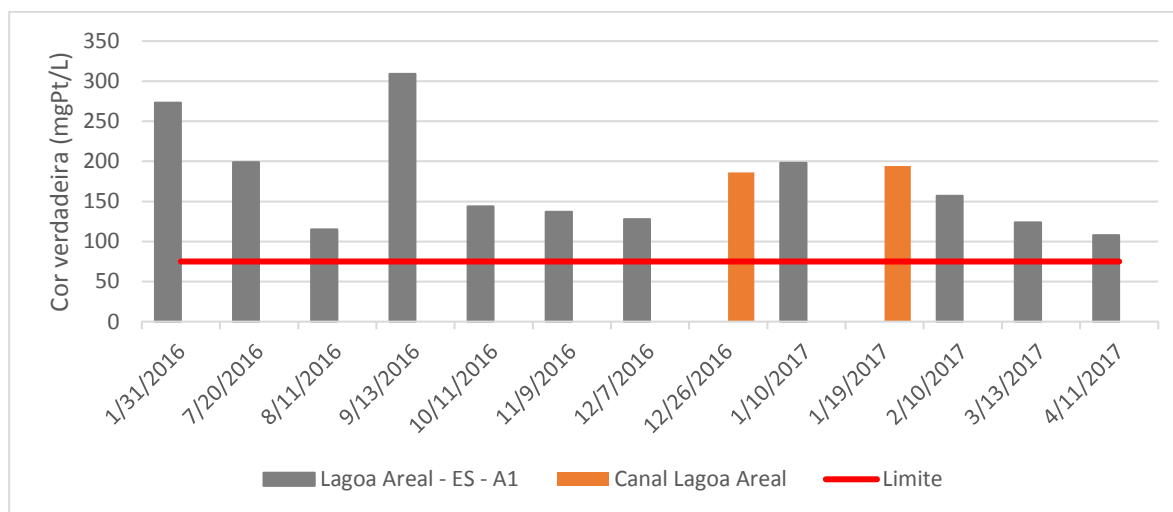


Gráfico 4-28: Valores de cor verdadeira na lagoa Areal.

Quanto ao parâmetro cor verdadeira, pode-se dividir as quatro lagoas em dois grupos. No primeiro grupo, formado pelas lagoas Nova e Monsarás, durante todo o período de monitoramento, a cor verdadeira esteve sempre abaixo do limite de 75 mgPt/L para águas de classe 2, enquanto no segundo grupo, a maior parte das amostras esteve acima do limite.

Dentre as lagoas, a lagoa Nova foi a que apresentou os menores valores, com variação entre <0,1 a 19 mgPt/L, exceção ao valor de 49 mgPt/L observado no canal, em 26/12/2016, onde a grande quantidade de macrófitas na massa d'água, certamente, ocasionou o valor mais elevado que no corpo da lagoa.

Na lagoa Monsarás, no corpo da lagoa, os valores variaram entre <1,0 e 33 mgPt/L, com o valor de 54 mgPt/L no rio Monsarás (canal DNOS) no dia 26/12/2016.

Das 22 amostras coletadas na lagoa Pandolfi, apenas 32% apresentaram valor menor que o limite preconizado para águas de classe 2. A média dos valores foi 188,4 mgPt/L, com valores variando entre 417 e 4 mgPt/L. É relevante observar o decaimento da cor das amostras coletadas na lagoa entre julho de 2016 (média de 383,5 mgPt/L) e março de 2017 (média de 15,5 mgPt/L). Pode-se observar na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** um c

onsistente decaimento dos valores de cor verdadeira no período, entretanto o parâmetro cor verdadeira voltou a subir em abril de 2017 (67,5 mgPt/L).

A lagoa Areal foi monitorada 11 vezes e o seu canal, duas vezes, entre julho de 2016 e abril de 2017. As amostras da lagoa apresentaram média de 174,7 mgPt/L, com variação entre 309 e 108 mgPt/L. Não foi observada tendência de declínio nos valores de cor verdadeira da lagoa Areal. Com a continuidade do monitoramento, poder-se-á adquirir conhecimento sobre as causas dos altos valores de cor apresentados até então.

4.3.8 Cromo total

A **Gráfico 4-29**, **Gráfico 4-30**, **Gráfico 4-31** e **Gráfico 4-32** apresentam as concentrações de cromo total nas águas, respectivamente, das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

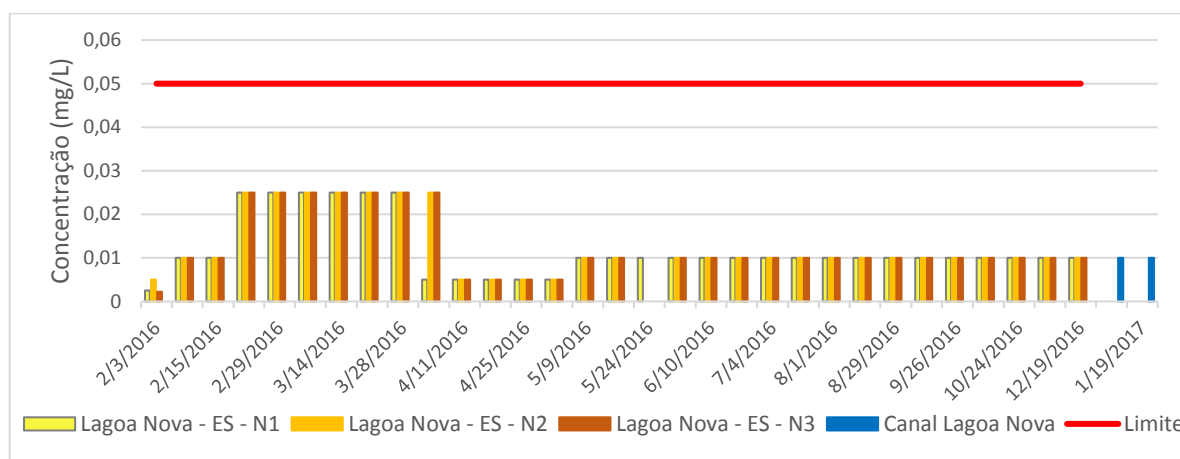


Gráfico 4-29: Concentrações de cromo total na lagoa Nova.

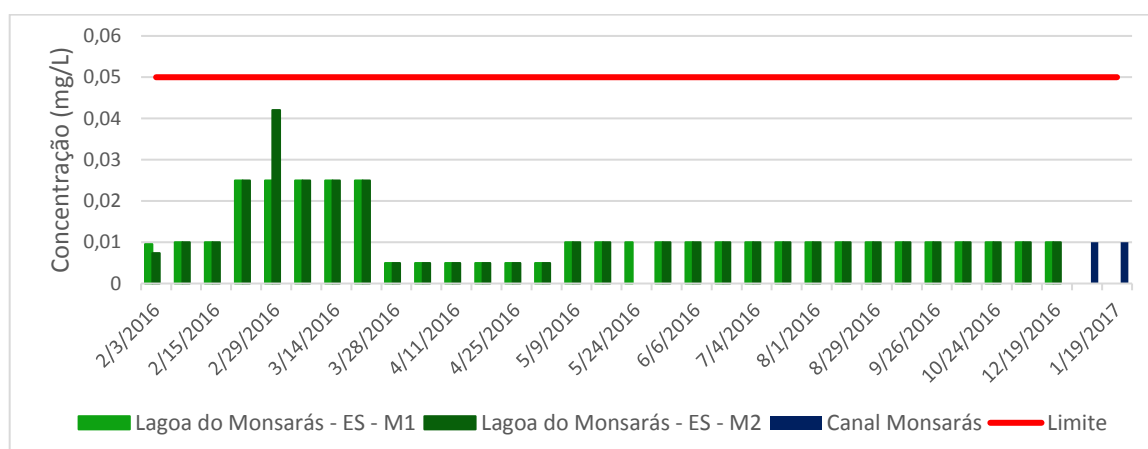


Gráfico 4-30: Concentrações de cromo total na lagoa Monsarás.

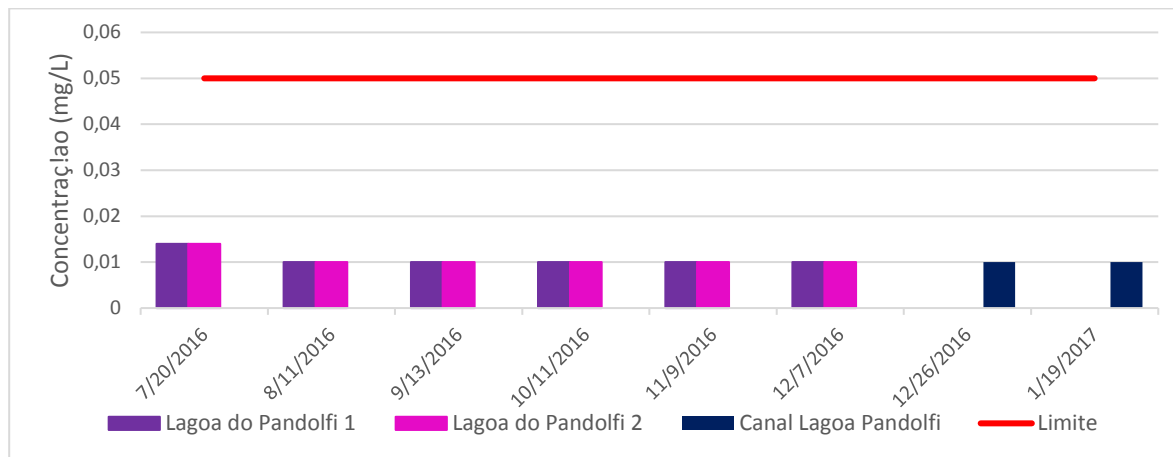


Gráfico 4-31: Concentrações de cromo total na lagoa Pandolfi.

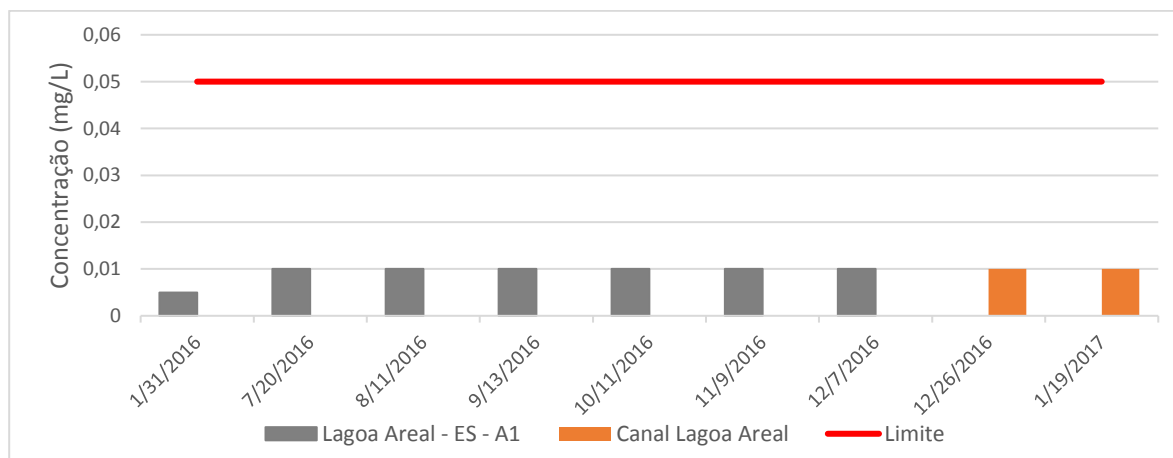


Gráfico 4-32: Concentrações de cromo total na lagoa Areal.

Conforme pode ser observado, todas as amostras analisadas nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal resultaram em valores menores que o limite de 0,05 mg/L preconizado pela resolução Conama 357/05 para águas de classe 2.

Pode-se afirmar, desta forma, que o aporte dos sedimentos oriundos da barragem rompida nas lagoas pela água do rio Doce não resultou na elevação de suas concentrações de cromo total a ponto de extrapolar o valor limite para águas doce de classe 2.

4.3.9 Ferro dissolvido

Praticamente todo solo possui significativas concentrações de ferro na forma insolúvel. Qualquer explicação de como apreciáveis quantidades podem aportar em águas superficiais que entram em contato com o solo devem considerar como o ferro é convertido para formas solúveis. Ferro existe no solo principalmente como óxido férrico e sulfeto de ferro (pirita) e também na forma de carbonato ferroso (siderita) que é muito pouco solúvel. Em condições de anaerobiose, Fe^{+++} (insolúvel) é reduzido para Fe^{++} , que é solúvel (SAWYER et al, 2003).

Em lagos estratificados nos quais desenvolvem-se condições anaeróbicas no hipolimnion, ferro solúvel pode ser liberado da lama de fundo, elevando as concentrações deste metal. Entretanto, quando este passa ao ambiente aeróbico da superfície do lago, oxidação e

sedimentação podem ocorrer, promovendo a redução de suas concentrações (SAWYER et al, 2003).

Em áreas de solos orgânicos, o ferro pode formar compostos estáveis com substâncias húmicas, que são mais difíceis de serem oxidadas que o íon sem estar complexado, mantendo altos teores de ferro na água por tempo maior. O ferro imprime sabor desagradável à água, fazendo com que seu limite para mananciais de abastecimento seja de 0,3 mgFe/L (SAWYER et al, 2003), que é o mesmo limite preconizado para águas de classe 2 pela resolução Conama 357.

O **Gráfico 4-33**, **Gráfico 4-34** e **Gráfico 4-35** e **Gráfico 4-36** apresentam as concentrações de ferro dissolvido nas águas, respectivamente, das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

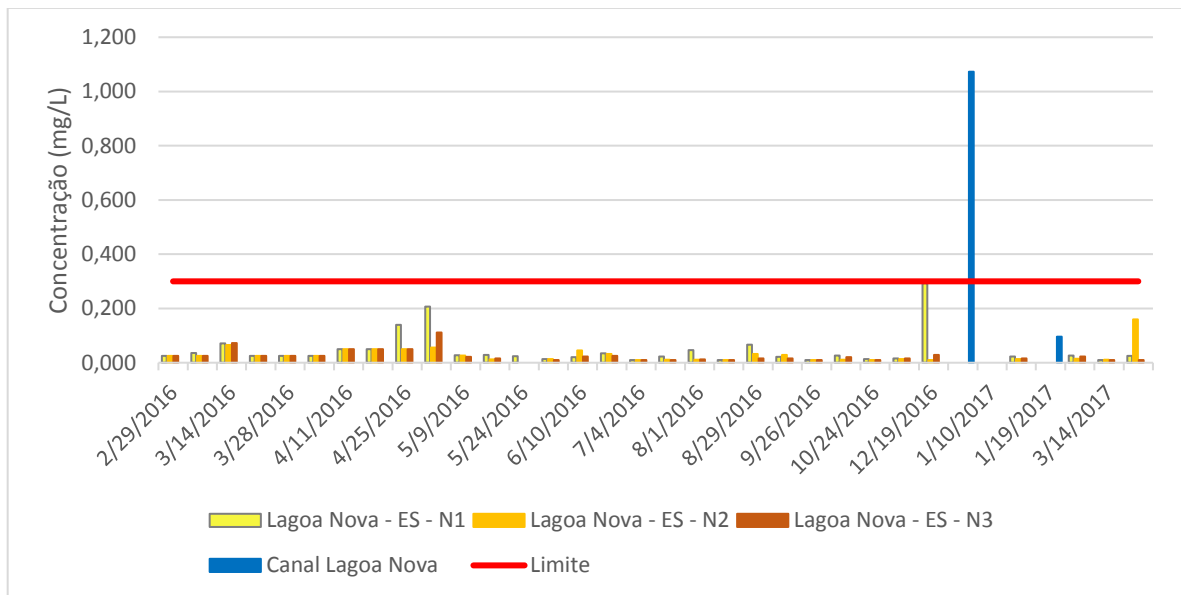


Gráfico 4-33: Concentrações de ferro dissolvido na lagoa Nova.

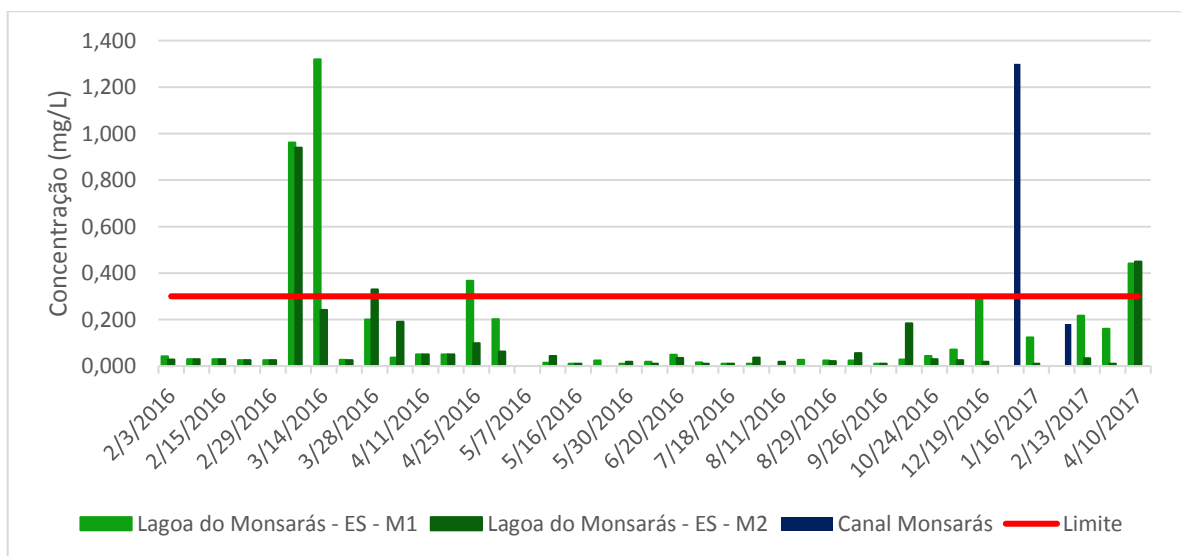


Gráfico 4-34: Concentrações de ferro dissolvido na lagoa Monsarás.

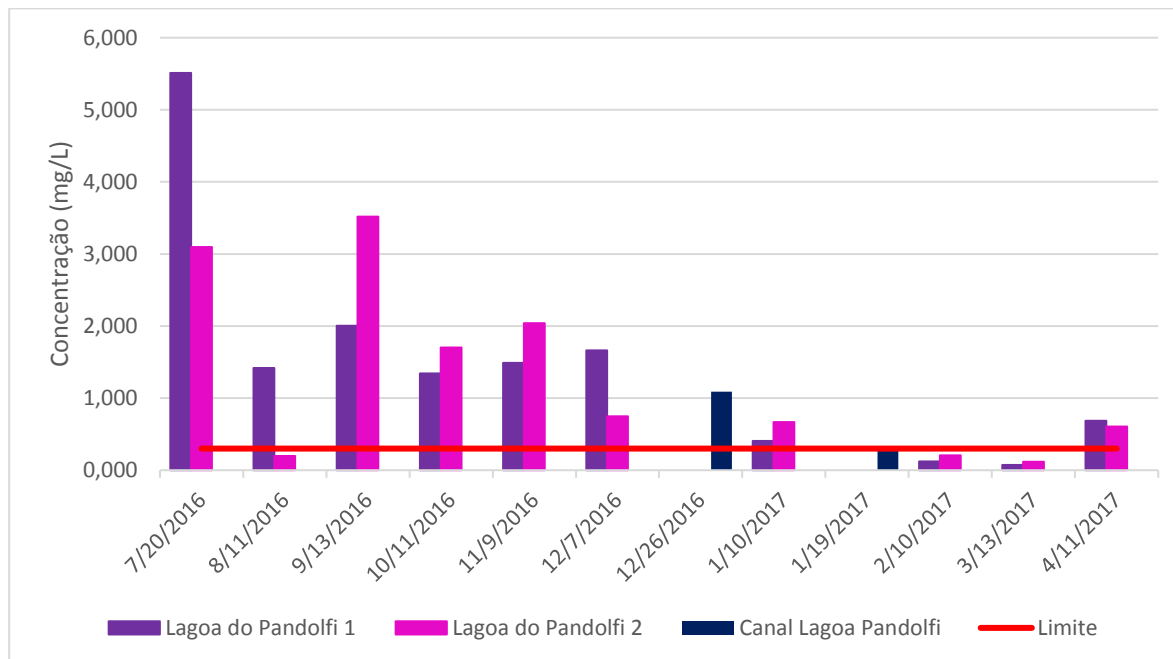


Gráfico 4-35: Concentrações de ferro dissolvido na lagoa Pandolfi.

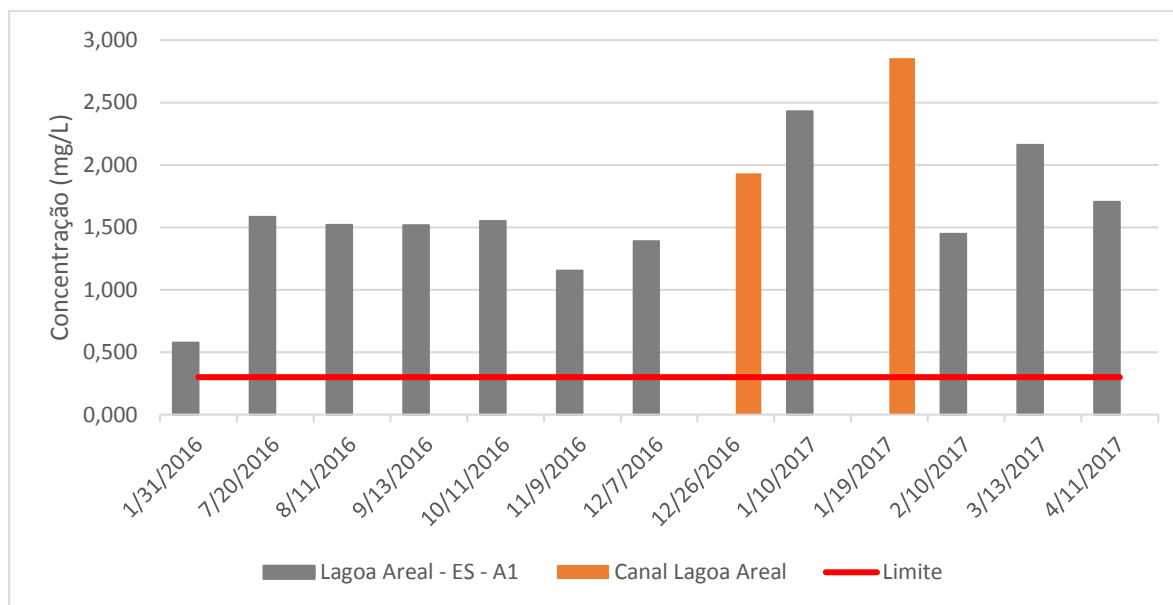


Gráfico 4-36: Concentrações de ferro dissolvido na lagoa Areal.

As amostras coletadas no corpo da lagoa Nova apresentaram valores de Fe dissolvido menores que o limite de 0,3 mg/L preconizado pela resolução Conama 357/05 para água doce de classe 2. No canal entre o rio Doce e a lagoa, o monitoramento de 26/12/2016 resultou em concentração de 1,073 mg/L, enquanto que o do dia 19/01/2017, em concentração de 0,096 mg/L de ferro dissolvido.

Dos 93 dados de concentração de ferro na lagoa Nova, 92 resultaram em valores menores que o limite preconizado pela resolução, o que possibilita afirmar que a entrada de água do rio Doce na lagoa não a impactou no que se refere ao parâmetro ferro dissolvido.

A lagoa Monsarás apresentou valores mais elevados de Fe dissolvido entre fevereiro e abril de 2016, sendo 1,32 mgFe/L o valor mais elevado, que foi observado no ponto M1, no dia 14/03/2016, com uma consistente queda nos meses subsequentes e acentuado incremento a partir de outubro de 2016. Dos 71 dados de monitoramento, 8 resultaram em valores maiores que o padrão para água doce de classe 2, sendo, a partir de abril de 2016, nenhum dado dos pontos de monitoramento do interior da lagoa do Monsarás extrapolou este padrão, exceto em abril de 2017.

No canal entre o rio Doce e a lagoa Monsarás, o monitoramento de 26/12/2016 resultou em concentração de 1,3 mg/L, enquanto que o do dia 19/01/2017, em concentração de 0,181 mg/L de ferro dissolvido, variação esta que pode estar ligada a causas naturais.

Dos 22 dados de monitoramento da lagoa Pandolfi e do canal, apenas 23 resultou em valor menor que o padrão para águas de classe 2. Entretanto, um constante declínio nas concentrações deste parâmetro foi observado durante o período de monitoramento, com média decrescendo de 4,304 mgFe/L em julho de 2016 para 0,096 mgFe/L em março de 2017, voltando a subir para 0,645 mgFe/L em abril de 2017.

A lagoa Areal apresentou todos os resultados de análise maiores que o padrão de classe 2 para água doce, sem tendência de decréscimo.

Embora o ferro seja o principal marcador geoquímico dos rejeitos da mina da Samarco, praticamente todo o ferro nos rejeitos está presente como óxidos insolúveis, com reduzido potencial de mobilização por estar na forma oxidada (Golder Associates, 2016). Dessa forma, os resultados de ferro dissolvido de amostras coletadas nas lagoas podem estar associados a fontes naturais de Fe, conforme discutido no início deste item.

4.3.10 Fósforo total

O fósforo é um elemento muito comum no meio ambiente e é encontrado em águas superficiais em uma larga variedade de compostos, mas quase somente sob a forma de fosfatos, sendo os mais importantes os ortofosfatos (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-), os polifosfatos (Piro, Meta e outros) e os fosfatos orgânicos. Estas formas originam-se primariamente do intemperismo do mineral apatita e da degradação da matéria orgânica, sendo que, nesta, participam da estrutura de compostos como ATP, ADP, DNA, RNA, fosfolipídeos, inositol e mais uma gama de compostos igualmente indispensáveis aos seres vivos (SAWYER e McCARTY, 1978).

Já é de conhecimento comum que o fósforo juntamente com o nitrogênio, são essenciais para o crescimento de algas e cianobactérias e que a limitação da entrada destes nutrientes no ambiente aquático controla o crescimento dos mesmos. Quanto N e P são abundantes, o crescimento desordenado de algas ocorre. O nível crítico de fósforo inorgânico tem sido estabelecido como 0,005 mg/L para as condições do verão nos EUA (SAWYER et al, 2003). No Brasil, o limite para águas de classe 2 depende da condição do corpo d'água, sendo de 0,030 mg/L, para ambientes lênticos e 0,050 mg/L para ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico. Como se tratam de lagoas, considerou-se o valor de 0,030 mg/L como padrão.

Os fosfatos atingem os cursos d'água de várias maneiras:

- Pequena porção de polifosfatos pode chegar aos cursos d'água advinda do controle de corrosão em tubulações para suprimento público de água;



- Grandes porções de polifosfatos podem ser adicionadas aos cursos d'água através do esgoto doméstico, originários do metabolismo animal e eliminados dos organismos através da urina e através do uso de detergentes sintéticos, que contém grande concentração de fosfatos inorgânicos;
- Porções variáveis advindas de campos agrícolas, chegando até eles através de águas de escoamento superficial.

O **Gráfico 4-37**, **Gráfico 4-38**, **Gráfico 4-39** e **Gráfico 4-40** apresentam as concentrações de fósforo total nas águas, respectivamente, das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

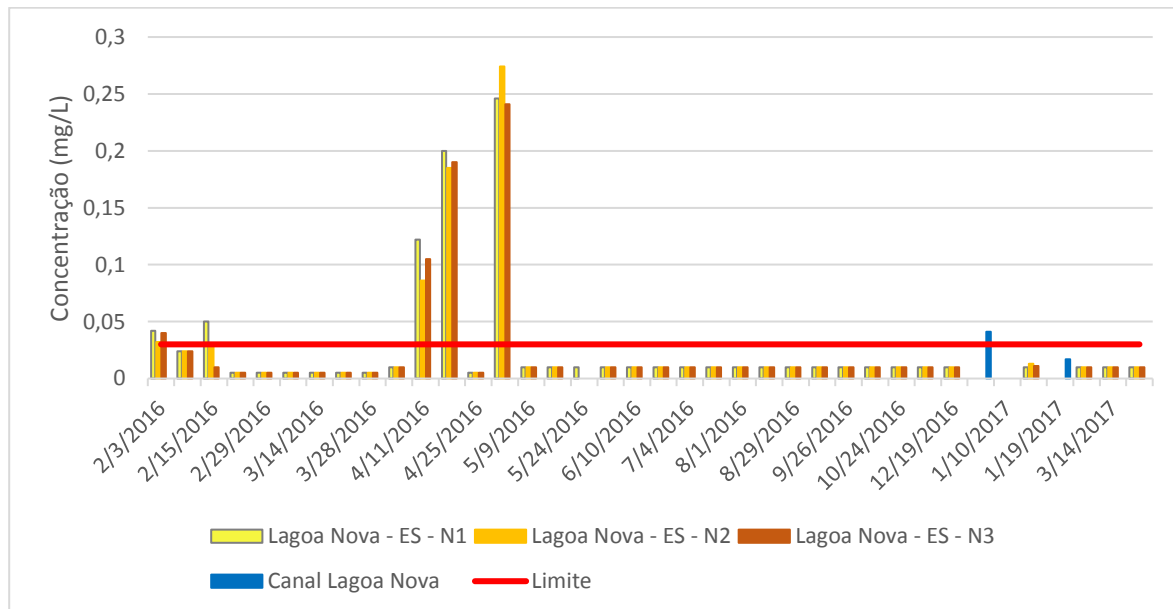


Gráfico 4-37: Concentrações de fósforo total na lagoa Nova.

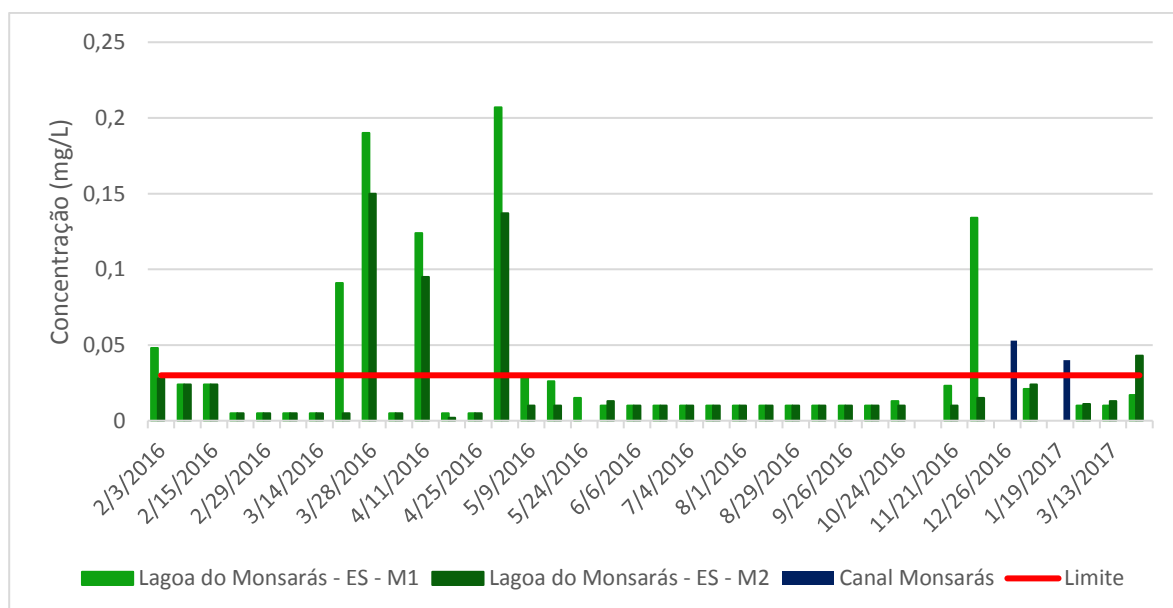


Gráfico 4-38: Concentrações de fósforo total na lagoa Monsarás.

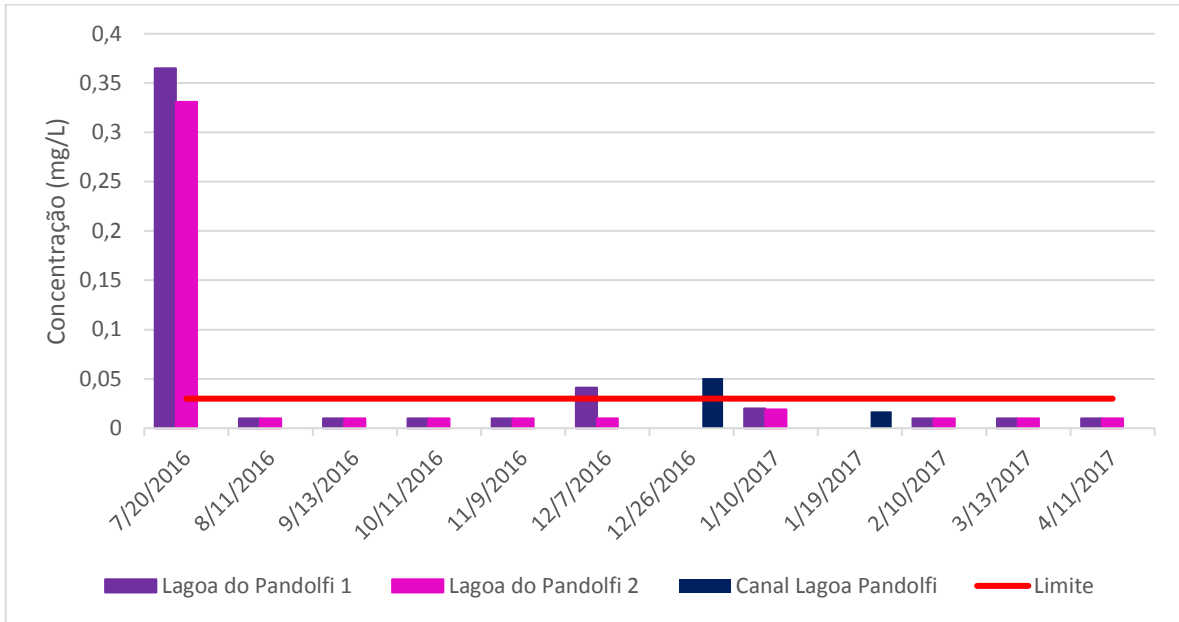


Gráfico 4-39: Concentrações de fósforo total na lagoa Pandolfi.

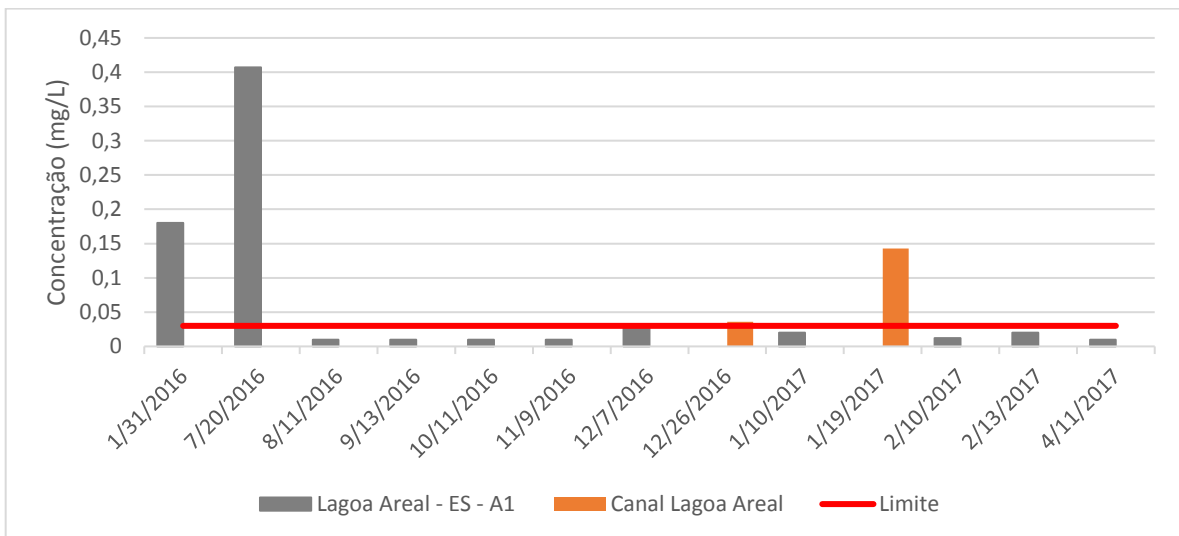


Gráfico 4-40: Concentrações de fósforo total na lagoa Areal.

Dos 105 valores de concentração de P na lagoa Nova e canal, 89 foram menores que o limite do método utilizado na análise das amostras, enquanto 14 amostras resultaram em valores maiores que o padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para ambientes lênticos (igual a 0,03 mg/L). Observam-se dois agrupamentos de valores mais elevados que o limite estabelecido: o primeiro agrupamento ocorreu no mês de fevereiro de 2016, logo após o aporte dos sedimentos oriundos da barragem rompida, enquanto o segundo agrupamento ocorreu nas campanhas de monitoramento ocorridas entre 11/04/2016 e 02/05/2016. Entre os dois agrupamentos e depois do monitoramento de 02/05/2016, todas as amostras de água da lagoa apresentaram valores menores que o limite do método utilizado na análise. Enquanto os dados maiores que o limite observado em janeiro de 2016 podem ter relação com a entrada de água do rio Doce na lagoa, os dados de abril e maio parecem não ter, já que, entre eles, sete campanhas de monitoramento resultaram em valores menores que o limite do método utilizado.



O alto crescimento de macrófitas no ponto de monitoramento do canal (**Gráfico 4-40**) demonstra estar sua água em estado de eutrofização. Desta forma, são esperáveis altos valores de fósforo no mesmo. Entretanto, das duas amostras coletadas no canal, apenas a primeira resultou em valor maior que o limite de P para água doce de classe 2.

Quanto à lagoa Monsarás, é relevante observar que as duas amostras coletadas no canal resultaram em valores maiores que o limite preconizado pela legislação. Isto pode ser explicado pelo fato de o canal drenar uma ampla área de solos utilizados com agricultura intensiva, se configurando como significativa fonte difusa de P.

Os resultados de P na lagoa Monsarás tiveram um padrão semelhante ao que ocorreu com a lagoa Nova. Dos 71 resultados de análise, 21 foram maiores que o limite do método utilizado na análise e, dentre eles, apenas 12 foram mais elevados que o limite para água doce de classe 2. Os valores maiores que o limite se concentraram no período entre fevereiro e maio de 2016, logo após a entrada de águas do rio Doce na lagoa. Neste período, valores mais altos de P foram entremeados com valores muito baixos, inclusive com 6 campanhas consecutivas neste período apresentando valores mais baixos que o limite do método de análise. Depois de maio de 2016, apenas as amostras de 19/12/2016 e de 10/04/2017, coletada no corpo da lagoa, resultaram em valores mais elevados que o limite.

Dos 22 valores de P na lagoa Pandolfi e canal, 15 foram menores que o limite do método de análise utilizado. Foram observados valores mais elevados que o limite de 0,03 mg/L em apenas 3 amostras coletadas no corpo da lagoa e em uma amostra coletada no canal. Como todas as amostras foram coletadas a partir de julho de 2016, não se pode afirmar que os valores mais elevados que o limite tenha relação com a entrada de água do rio Doce na lagoa.

As duas amostras coletadas no canal da lagoa Areal resultaram em valores maiores que o limite preconizado pela legislação. Das 11 amostras coletadas no corpo principal da lagoa, 2 resultaram em valores maiores que o limite de 0,03 mg/L, as de janeiro e julho de 2016, valores estes, principalmente o de janeiro, que podem estar ligados à entrada de água do rio Doce na lagoa.

Deve-se observar, entretanto, que é pouco provável que os níveis mais elevados de fósforo total no rio Doce, que repercutiram em altos valores deste parâmetro nas lagoas, estejam associados ao rompimento da Barragem de Fundão. Segundo Golder Associates (2016), o fósforo total possui diversas fontes pontuais e difusas de contribuição antrópica ao longo da bacia do rio Doce, já tendo sido um parâmetro identificado como de interesse pelo IGAM em 2010.

4.3.11 Manganês total

O manganês apresenta, na natureza, comportamento muito semelhante ao ferro. Assim, e existe no solo principalmente na forma de dióxido de manganês, o qual é pouco solúvel e em condições de redução, o óxido de manganês é reduzido do estado de oxidação IV para II, se solubilizando.

Assim como o ferro, em lagos estratificados, nos quais desenvolvem-se condições anaeróbicas no hipolimnion, manganês solúvel pode ser liberado da lama de fundo, elevando as concentrações deste metal. Entretanto, quando este passa ao ambiente aeróbico da

superfície do lago, oxidação e sedimentação podem ocorrer, promovendo a redução de suas concentrações (SAWYER et al, 2003).

O manganês, juntamente com os parâmetros cor aparente, turbidez, ferro dissolvido e alumínio dissolvido é considerado um dos marcadores da presença ou impacto da pluma de rejeitos, no rio Doce.

A **Gráfico 4-41**, **Gráfico 4-42**, **Gráfico 4-43** e **Gráfico 4-44** apresentam as concentrações de manganês total nas águas, respectivamente, das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

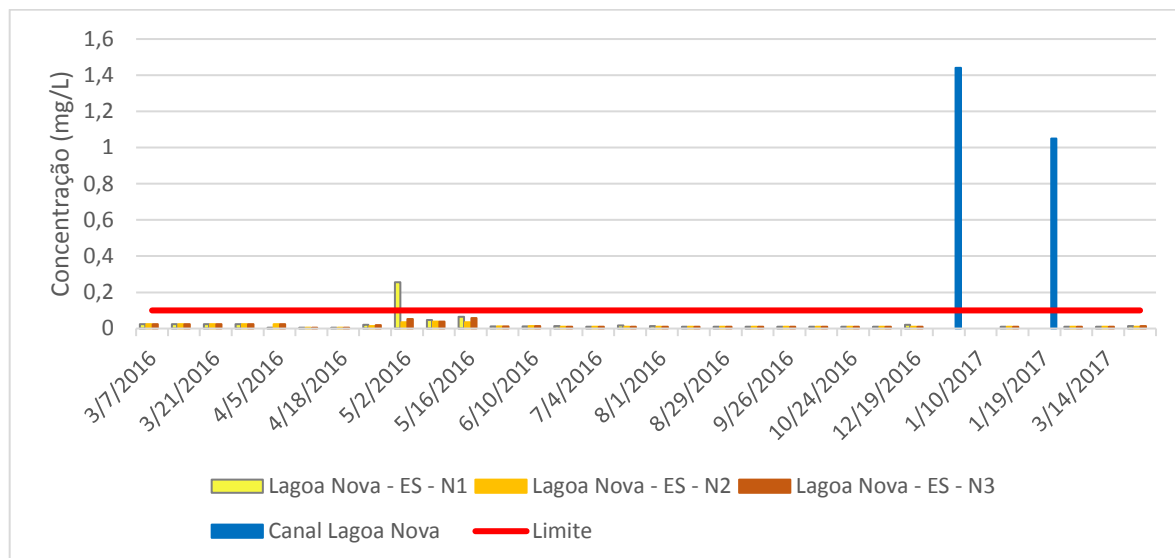


Gráfico 4-41: Concentrações de manganês total na lagoa Nova.

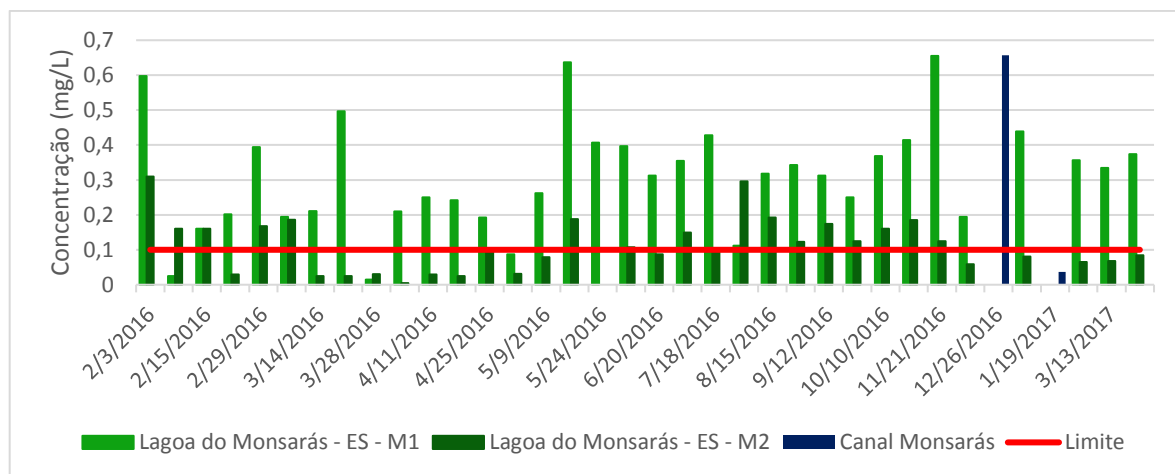


Gráfico 4-42: Concentrações de manganês total na lagoa Monsarás.

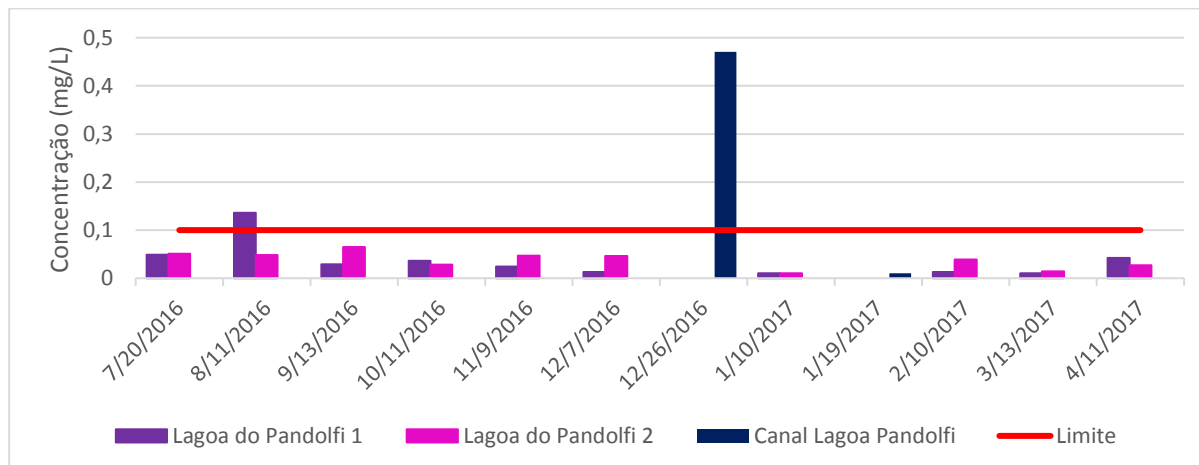


Gráfico 4-43: Concentrações de manganês total na lagoa Pandolfi.

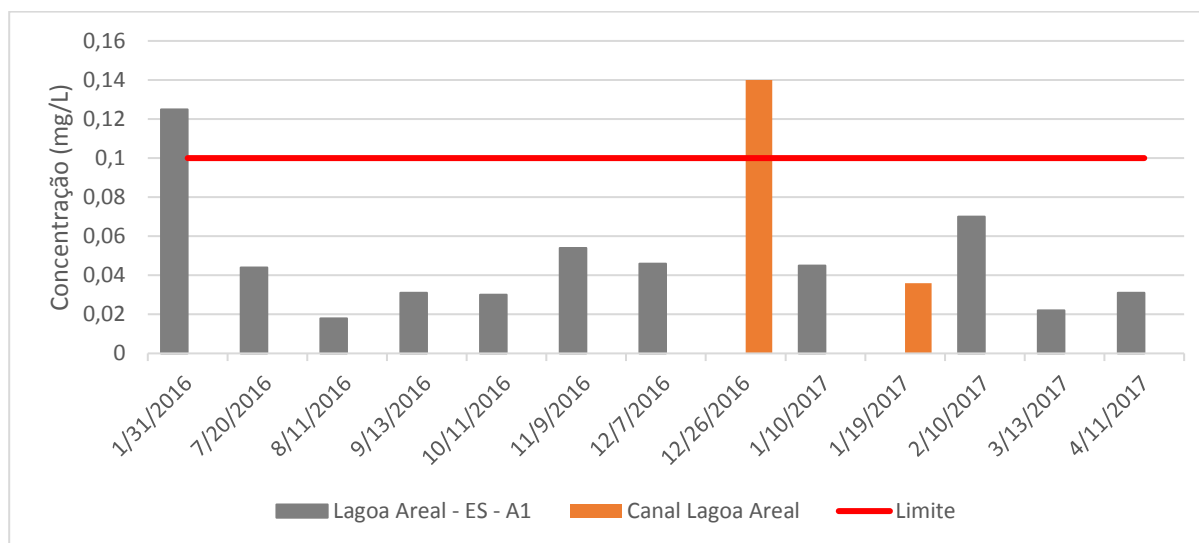


Gráfico 4-44: Concentrações de manganês total na lagoa Areal.

Embora no meio ambiente o manganês tenha um comportamento semelhante ao do ferro, os padrões de concentrações desses dois metais foram diferentes nas lagoas Monsarás, Pandolfi e Areal.

De 87 amostras coletadas na lagoa Nova, apenas 1 apresentou valor maior que o limite de 0,1 mg/L Mn para água doce de classe 2, semelhantemente com o que ocorreu com as concentrações de ferro dissolvido. As duas amostras coletadas no canal, entretanto, apresentaram valores significativamente mais elevados que o padrão.

De 69 amostras de água da lagoa Monsarás, apenas 21 apresentaram valores menores que o limite para água doce de classe 2. O ponto M1, localizado no Braço Sul da lagoa, apresentou valores significativamente superior ao do ponto M2, localizado no corpo principal da mesma: média de 0,3 mg/L e 0,11 mg/L, respectivamente. Não se observou tendência de caimento de concentrações de Mn durante o período de análise, o que se leva a crer que os altos valores observados na lagoa de Monsarás não estão ligados à entrada de água do rio Doce na mesma.

Na lagoa Pandolfi, de 22 amostras coletadas no corpo da mesma e no canal, apenas uma amostra do canal e uma da lagoa (9%) apresentaram valores maiores que o limite para água doce de classe 2. Para ferro dissolvido, o comportamento foi contrário: apenas 22% das amostras apresentaram valores menores que o limite.

Os baixos teores de Mn corroboram com a evidência de que os altos teores de Fe nesta lagoa não apresentam relação com a entrada de água do rio Doce na mesma.

A lagoa Areal também apresentou valores de Mn abaixo do limite para água doce de classe 2. Enquanto todas as amostras apresentaram valores de Fe dissolvido maiores que o limite, apenas uma amostra na lagoa e uma amostra no canal apresentaram valores que violaram o limite para Mn, o que também corrobora com a evidência de que os altos teores de Fe na lagoa do Areal não apresentam relação com a entrada de água do rio Doce na mesma.

4.3.12 Níquel total

O **Gráfico 4-45**, **Gráfico 4-46**, **Gráfico 4-47** e **Gráfico 4-48** apresentam as concentrações de níquel total nas águas, respectivamente, das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

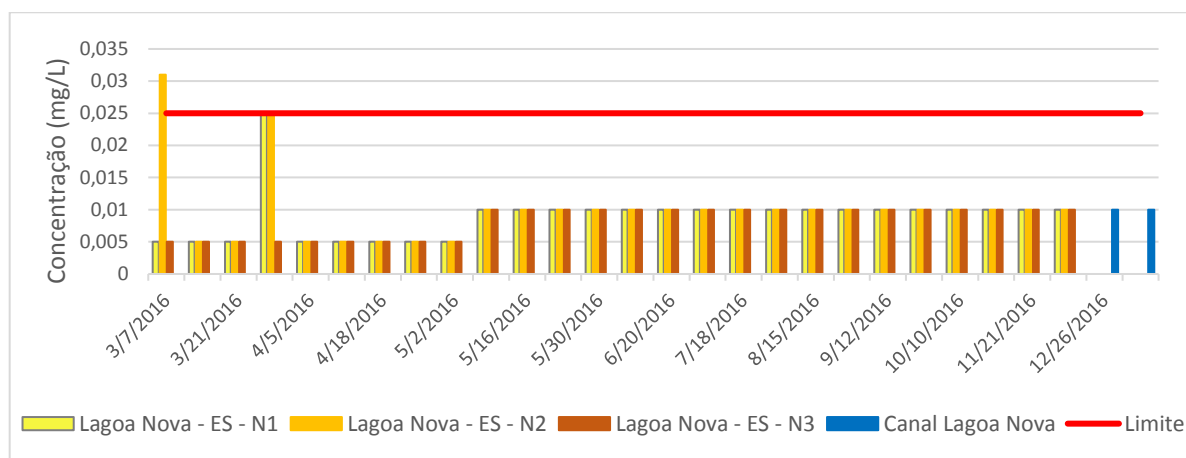


Gráfico 4-45: Concentrações de níquel total na lagoa Nova.

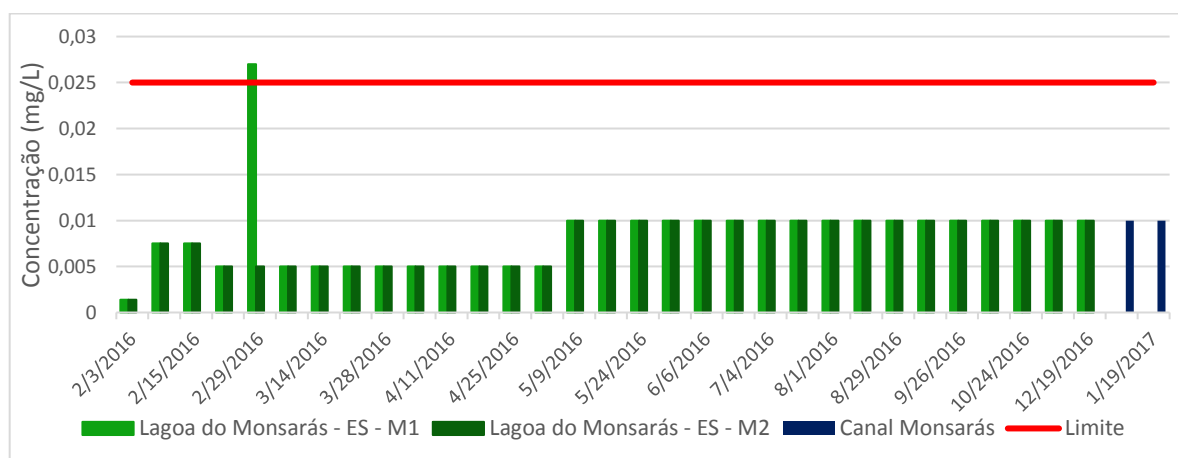


Gráfico 4-46: Concentrações de níquel total na lagoa Monsarás.

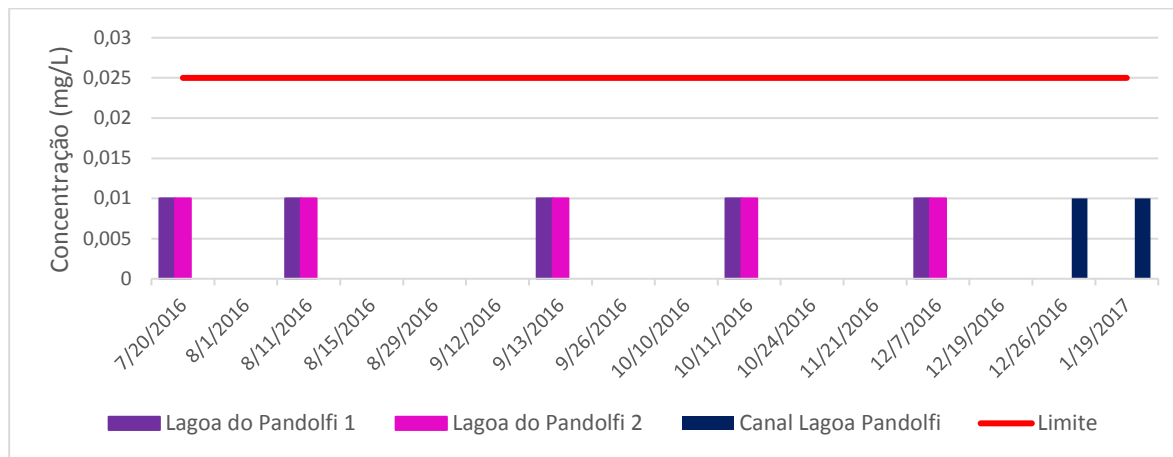


Gráfico 4-47: Concentrações de níquel total na lagoa Pandolfi.

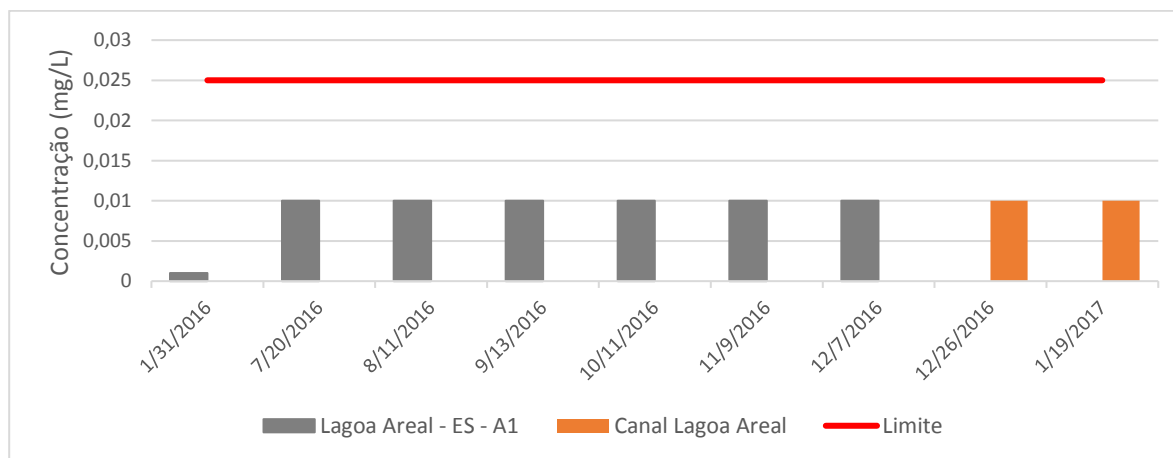


Gráfico 4-48: Concentrações de níquel total na lagoa Areal.

Conforme pode ser observado, todas as amostras analisadas nas Pandolfi e Areal e apenas uma na lagoa Nova e uma na Monsarás resultaram em valores maiores que o limite de 0,025 mg/L preconizado pela resolução Conama 357/05 para água doce de classe 2.

Pode-se afirmar, desta forma, que o aporte dos sedimentos oriundos da barragem rompida nas lagoas pela água do rio Doce não resultou na elevação de suas concentrações de níquel total a ponto de extrapolar o valor limite para água doce de classe 2.

4.3.13 Oxigênio dissolvido

Todos os organismos vivos são dependentes do oxigênio, de uma forma ou de outra, para manter seus processos metabólicos para crescimento e reprodução. Todos os gases da atmosfera são solúveis em água em diversos graus e o oxigênio é classificado como fracamente solúvel, além disso, não reage com a água. Sua solubilidade é diretamente proporcional à sua pressão parcial, variando grandemente com a temperatura da massa de água e turbulência da água (CHAPRA, 2008; APHA et al, 2005).

O lançamento de material orgânico na água desencadeia o consumo de oxigênio dissolvido na mesma, que é utilizado no metabolismo de microorganismos como acceptor final de elétrons na respiração aeróbica. O nível de oxigênio em águas naturais ou servidas depende do

balanço entre a entrada de oxigênio atmosférico e o seu consumo. Quando o seu gasto é superior à diluição do oxigênio atmosférico na massa d'água, as concentrações de oxigênio podem baixar a ponto de comprometer a biota aquática (VON SPERLING, 2007)

Em lagos e lagoas, onde a turbulência da água é mínima, a penetração de oxigênio na massa d'água é função da temperatura da água e da existência de impedimentos, como a presença de óleos e graxas na superfície. Assim, a entrada de material orgânico em uma lagoa, via de regra, é mais impactante que em um rio, onde a maior turbulência favorece a entrada de oxigênio atmosférico.

Por se tratar de material inorgânico, os rejeitos da barragem de Fundão não ocasionaram depleção significativa de OD no rio Doce nas proximidades das lagoas. Assim, a água que entrou nas mesmas tinha teores adequados de OD e concentração de matéria orgânica baixa o suficiente para não ocasionar redução significativa nos teores de OD nas lagoas.

O **Gráfico 4-49**, **Gráfico 4-50**, **Gráfico 4-51** e **Gráfico 4-52** apresentam as concentrações de oxigênio dissolvido nas águas, respectivamente, das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

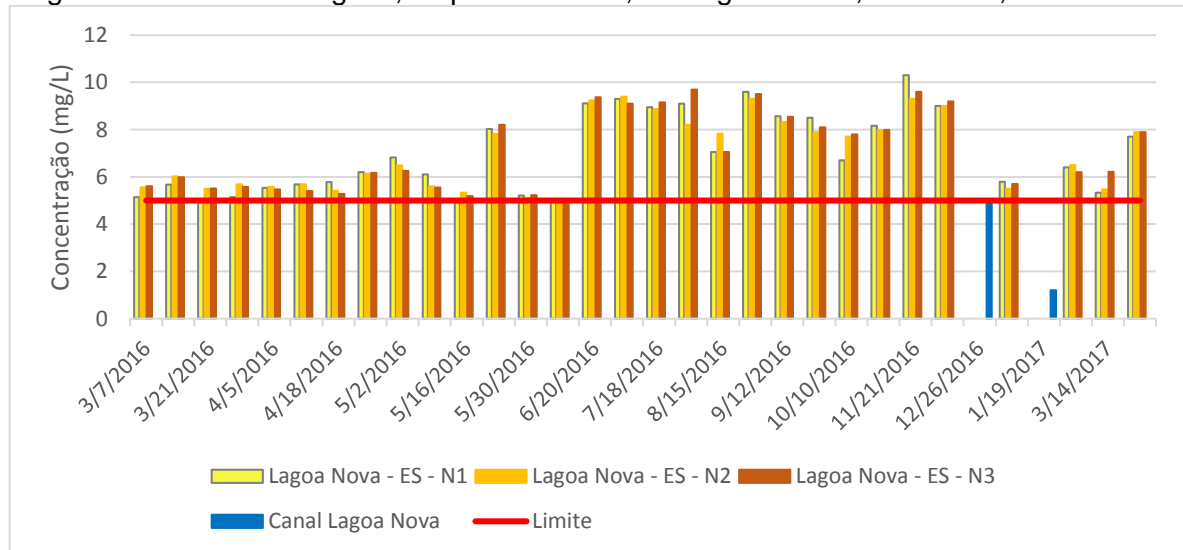


Gráfico 4-49: Concentrações de oxigênio dissolvido na lagoa Nova.

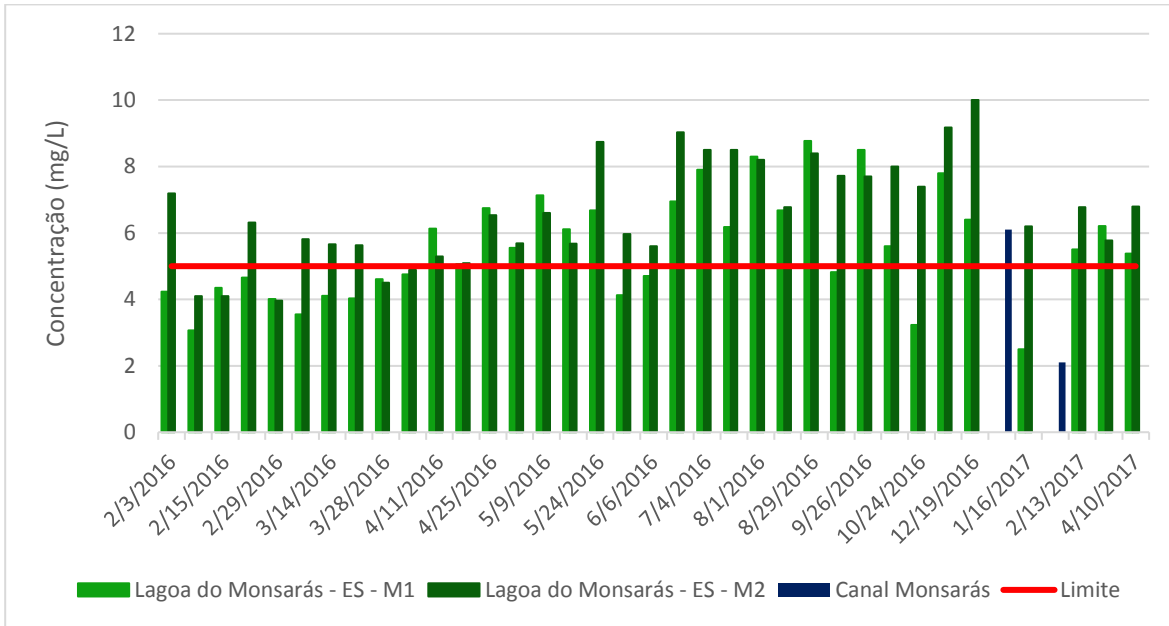


Gráfico 4-50: Concentrações de oxigênio dissolvido na lagoa Monsarás.

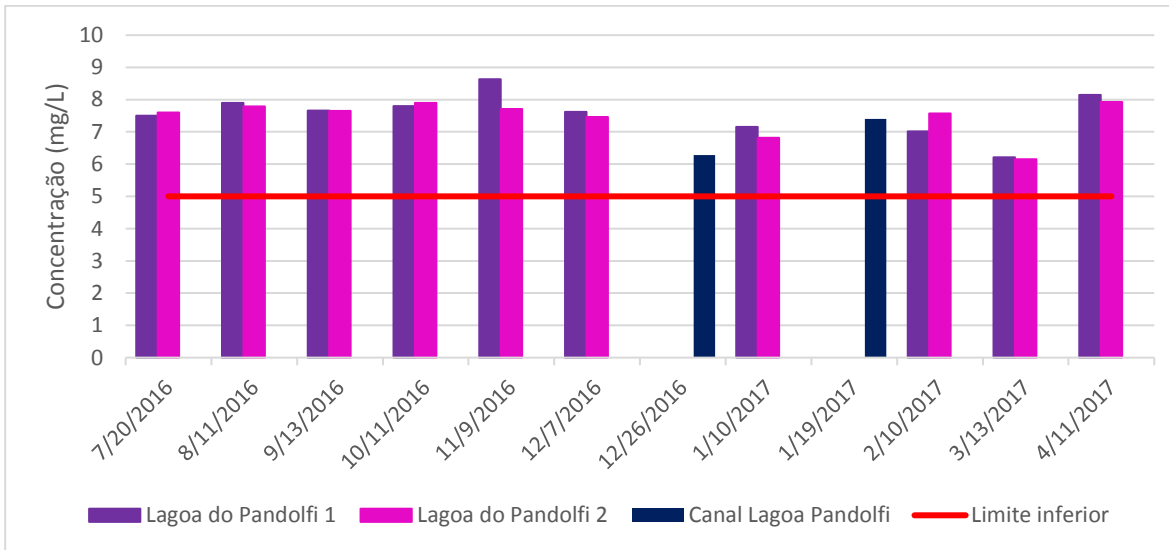


Gráfico 4-51: Concentrações de oxigênio dissolvido na lagoa Pandolfi.

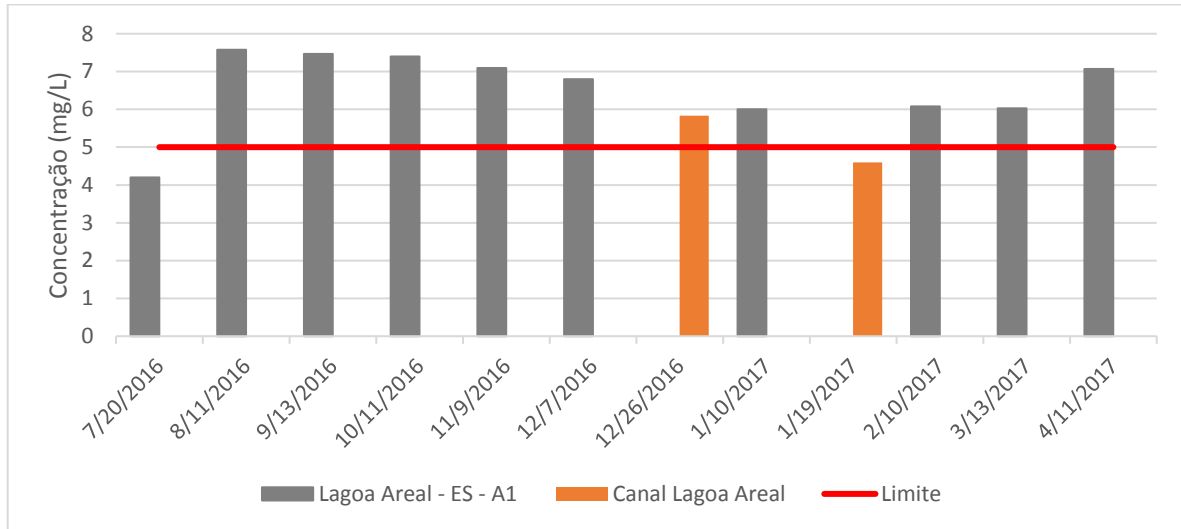


Gráfico 4-52: Concentrações de oxigênio dissolvido na lagoa Areal.

Os teores médios de OD na lagoa Nova foram acima de 7 mg/L OD em todos os três pontos de monitoramento, sendo que as concentrações nos três pontos foram menores que o limite de 5 mg/L para águas de classe 2 apenas na campanha de monitoramento de 10/06/2016. O alto crescimento de macrófitas no ponto de monitoramento do canal (**Gráfico 4-52**) demonstra estar sua água em estado de eutrofização. Desta forma, já eram previsíveis os baixos teores de OD observados nas duas amostras coletadas no mesmo. Deve-se observar, entretanto, que a média de OD entre 07/03/2016 e 04/07/2016 foi de 6,19 mg/L, enquanto que a média entre 04/07/2016 e 19/04/2017 foi de 7,94 mg/L.

A lagoa Monsarás apresentou média de 5,55 e 6,64 mg/L OD, respectivamente nos pontos M1 e M2. No ponto M1, localizado no Braço Sul da lagoa, de um total de 35 amostras, 14 resultaram em concentrações de OD menores que o limite de 5 mg/L. Esses menores valores se concentraram entre as campanhas de monitoramento de fevereiro e a de 5/04/2016, mas foram também observados valores menores que o padrão em maio, junho e outubro de 2016, assim como em janeiro de 2017.

O ponto de monitoramento M2, localizado no corpo principal da lagoa, apresentou mais elevados teores de OD. Apenas 5 amostras resultaram em teores menores que o padrão, os quais se concentraram entre as campanhas de monitoramento de 11/02/2016 e 05/04/2016.

É relevante também observar, entretanto, que a média de OD nos dois pontos de monitoramento na lagoa entre 03/02/2016 e 10/06/2016 foi de 5,29 mg/L, enquanto que a média entre 20/06/2016 e 10/04/2017 foi de 7,05 mg/L.

O ponto de monitoramento no canal DNOS apresentou, em duas amostras, valor médio de 4,1 mg/L, tendo uma amostra apresentado valor menor que o limite para água doce de classe 2.

A média de OD das 16 amostras de água coletadas na lagoa Pandolfi entre 20/07/2016 e 19/01/2017 foi de 7,55 mg/L, com nenhuma amostra apresentando concentração menor que o limite estabelecido pela legislação.

Na lagoa Areal, a média das concentrações de OD das 10 amostras coletadas foi de 6,57 mg/L, com apenas uma amostra apresentando valor menor que o limite. O ponto de



monitoramento do canal apresentou média de 5,21 mg/L, com uma amostra apresentando valor menor que o limite.

Para o parâmetro oxigênio dissolvido, não se observou uma relação significativa entre a entrada de água do rio Doce nas lagoas com as concentrações deste parâmetro.

Como o monitoramento de OD nas lagoas Pandolfi e Areal só se iniciou em julho de 2016, não foi possível verificar a situação das duas lagoas quanto aos seus teores de OD imediatamente após a entrada da água do rio Doce nas mesmas.

4.3.14 Potencial Hidrogeniônico - pH

A medição do pH é um dos mais importantes e frequentes testes em química de águas. O termo usado para expressar a concentração do hidrogênio iônico em uma solução ou a sua atividade iônica (APHA et al, 2005). A água em equilíbrio com o ar se acidifica devido à diluição de dióxido de carbono formando o ácido carbônico. Mesmo sendo um ácido fraco, a acidez que imprime à água é suficiente para que esta passe a atacar diversos minerais, solubilizando-os, resultando no aumento do pH da água. Desta forma, quando passa pelos solos e rochas, incrementa sua reserva alcalina, aumentando o seu pH (MERGALEF, 1983). Ao passar por solos orgânicos, o aporte de ácidos orgânicos na água pode ocorrer, resultando na redução do seu pH (CAIADO, 1994).

O **Gráfico 4-53**, **Gráfico 4-54**, **Gráfico 4-55** e **Gráfico 4-56** apresentam pH em amostras de água coletadas, respectivamente, das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

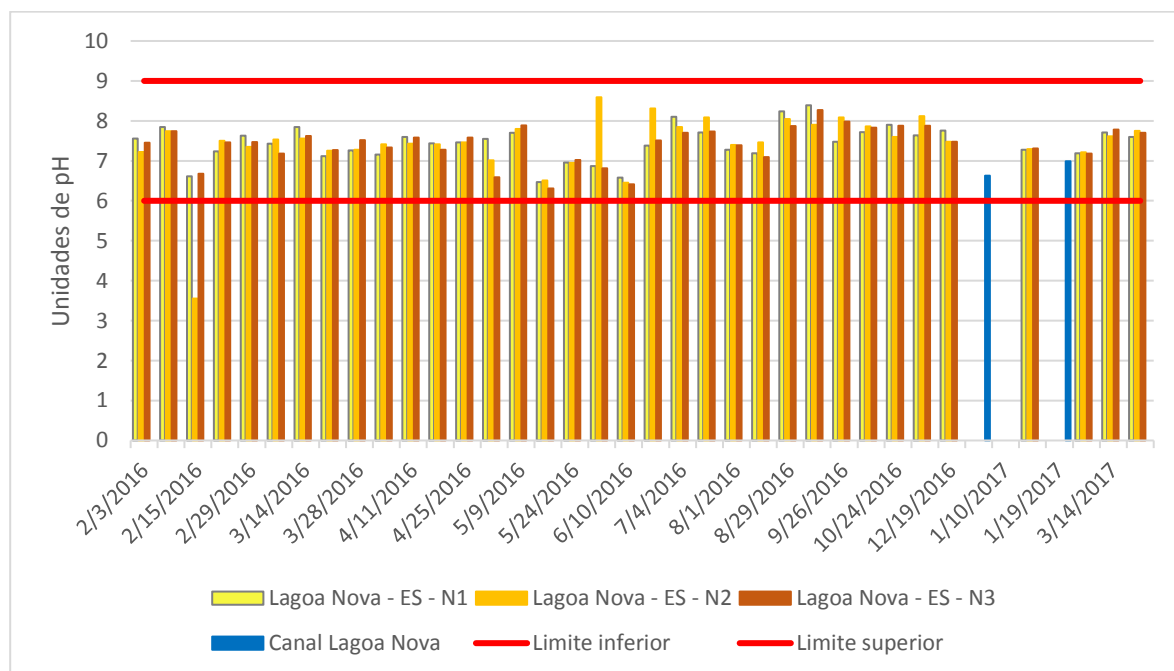


Gráfico 4-53: pH em amostras coletadas na lagoa Nova.

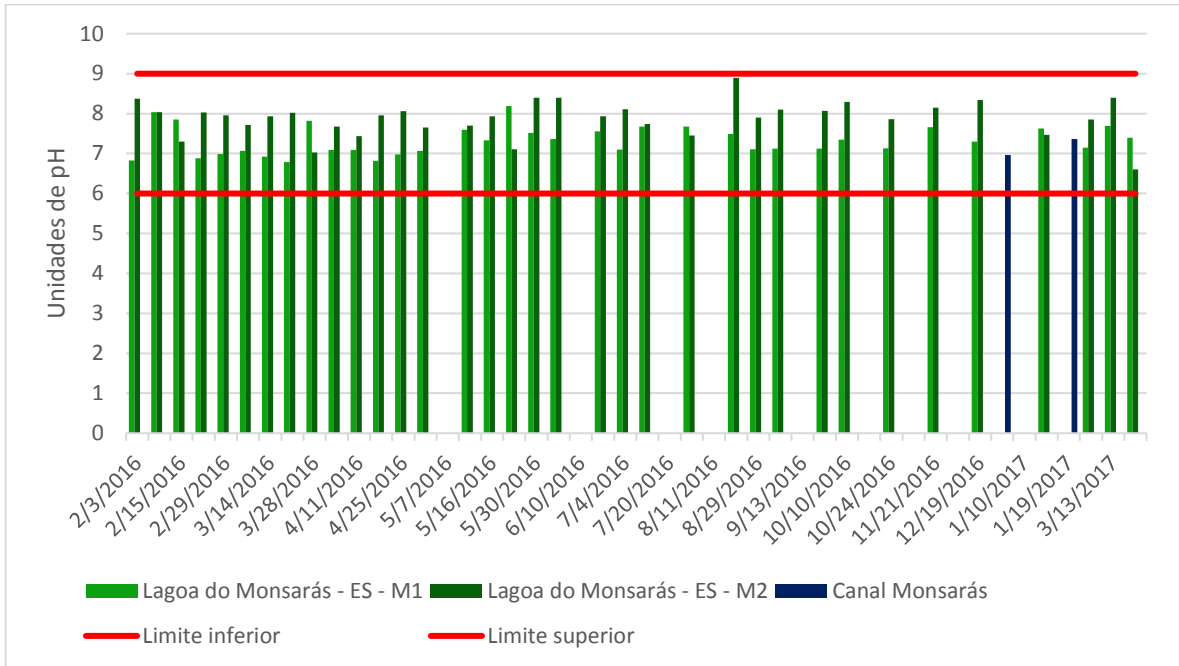


Gráfico 4-54: pH em amostras coletadas na lagoa Monsarás.

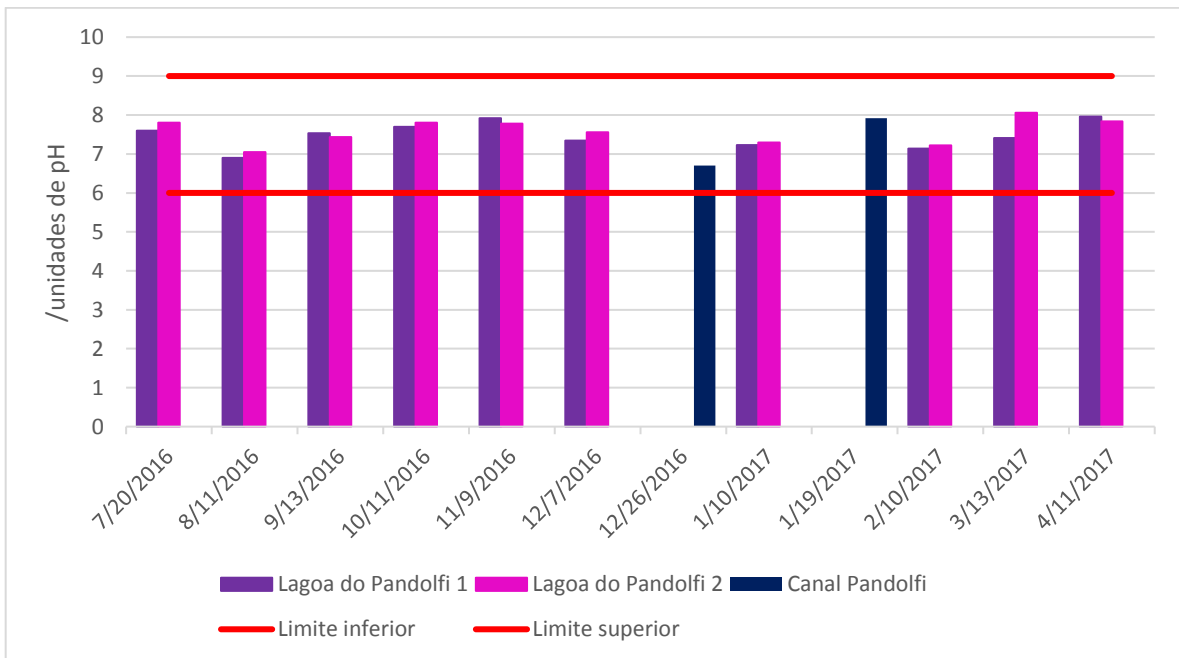


Gráfico 4-55: pH em amostras coletadas na lagoa Pandolfi.

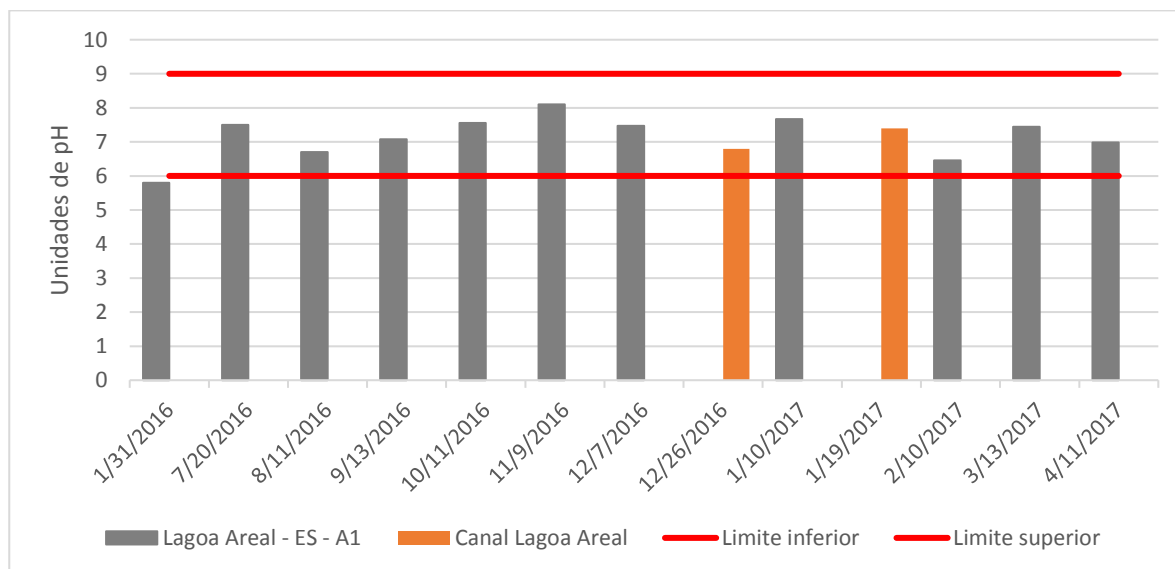


Gráfico 4-56: pH em amostras coletadas na lagoa Areal.

Conforme pode ser observado, de todas as amostras coletadas nas quatro lagoas, apenas uma na lagoa Nova e uma na lagoa Areal apresentaram valores de pH fora dos limites de 6 (limite inferior) e 9 (limite superior) para águas de classe 2. Não foi observado nenhum padrão de mudanças nos valores de pH das águas das lagoas que indiquem que o aporte de sedimentos da barragem rompida as tenha impactado a ponto de alterar significativamente os valores deste parâmetro.

4.3.15 Sólidos dissolvidos totais

O **Gráfico 4-57**, **Gráfico 4-58**, **Gráfico 4-59** e **Gráfico 4-60** apresentam as concentrações de sólidos dissolvidos totais em amostras de água coletadas, respectivamente, das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

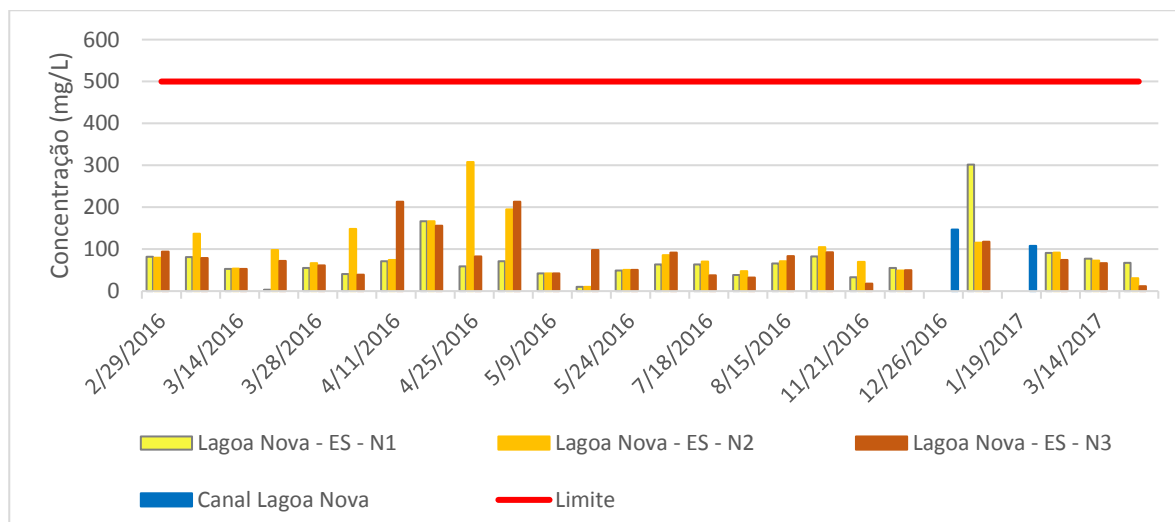


Gráfico 4-57: Concentrações de sólidos dissolvidos totais em amostras coletadas na lagoa Nova.

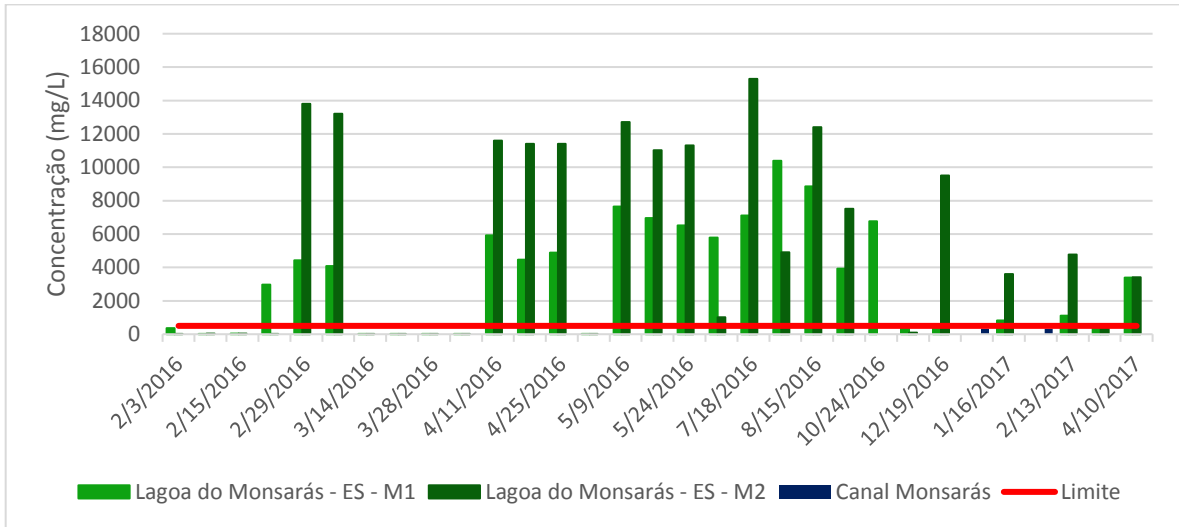


Gráfico 4-58: Concentrações de sólidos dissolvidos totais em amostras coletadas na lagoa Monsarás.

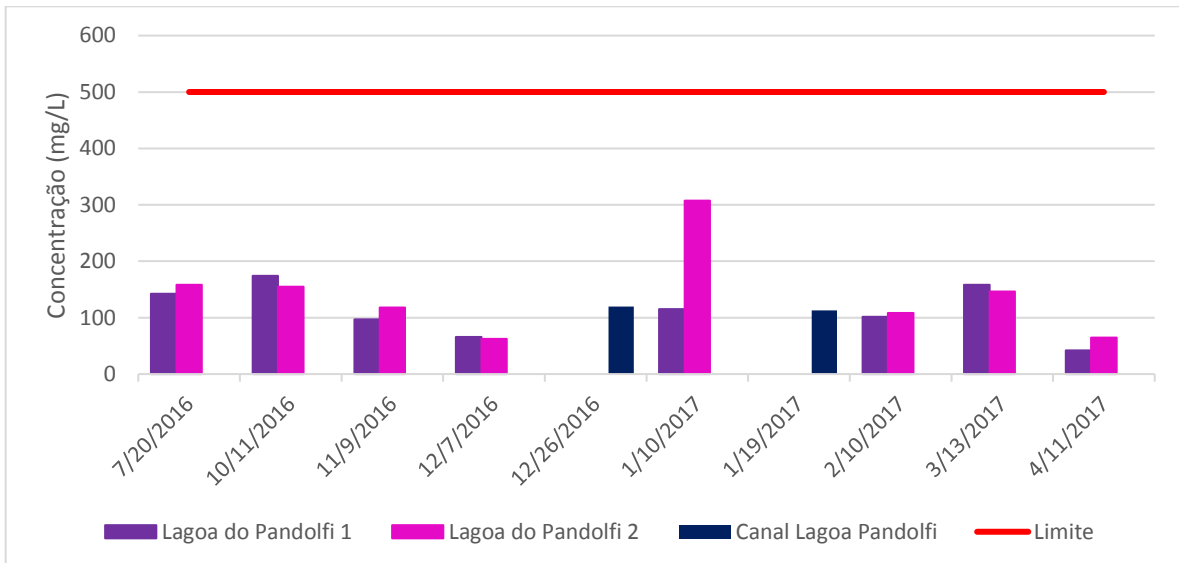


Gráfico 4-59: Concentrações de sólidos dissolvidos totais em amostras coletadas na lagoa Pandolfi.

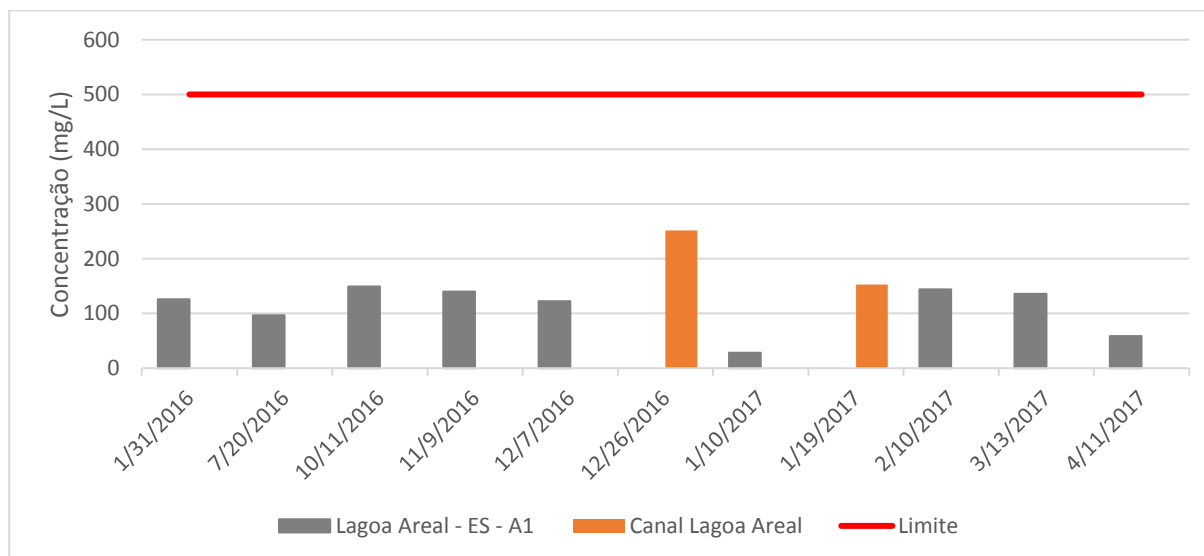


Gráfico 4-60: Concentrações de sólidos dissolvidos totais em amostras coletadas na lagoa Areal.

Conforme pode ser observado, todas as amostras coletadas nas lagoas Nova, Pandolfi e Areal apresentaram valores de sólidos dissolvidos bem abaixo do limite de 500 mg/L para águas doces de classe 2, indicando que a entrada de água do rio Doce nas mesmas não foi o suficiente para alterar significativamente os valores deste parâmetro.

As concentrações de sólidos dissolvidos na lagoa Monsarás foram significativamente mais elevadas que as das demais lagoas. A resolução Conama 357/05, entre outras, estabelece a classificação de águas doces, salobras e salinas para o território nacional. Assim, são consideradas águas doces aquelas com salinidade abaixo de 0,05%; salobras, aquelas com salinidade entre 0,05 e 3% e; salinas, aquelas com salinidade maior que 3%. Medições de salinidade das lagoas durante o mesmo período de monitoramento para sólidos dissolvidos resultaram em valores de salinidade entre <0,05% e 0,06% para a lagoa Pandolfi, podendo esta ser classificada como doce a levemente salobra, de acordo com a citada resolução. As amostras da lagoa Areal resultaram em valores de salinidade entre 0,07% e 0,11%, classificada como salobra. As da lagoa Nova, entre <0,05% e 0,05% classificada como água doce, enquanto que as amostras da lagoa Monsarás resultaram em valores entre 0,1% e 18,5%, classificada entre salobra e salina. Assim, a mais elevada salinidade da lagoa Monsarás em relação às demais justifica os altos teores de sólidos dissolvidos na mesma.

4.3.16 Sulfeto não dissociado

O **Gráfico 4-61**, **Gráfico 4-62**, **Gráfico 4-63** e **Gráfico 4-64** apresentam as concentrações de sulfeto não dissociado em amostras de água coletadas, respectivamente, das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

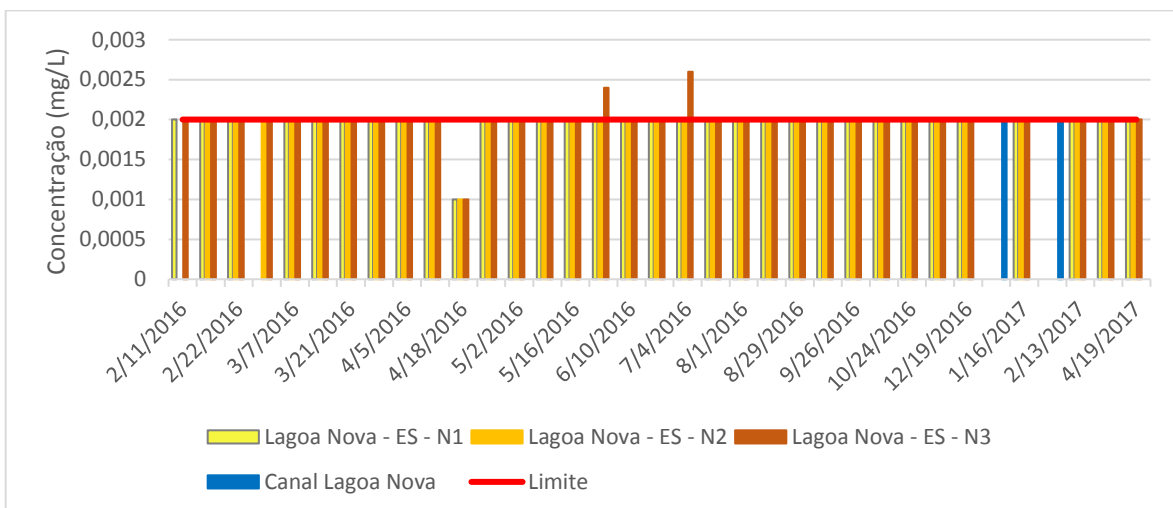


Gráfico 4-61: Concentrações de sulfeto não dissociado em amostras coletadas na lagoa Nova.

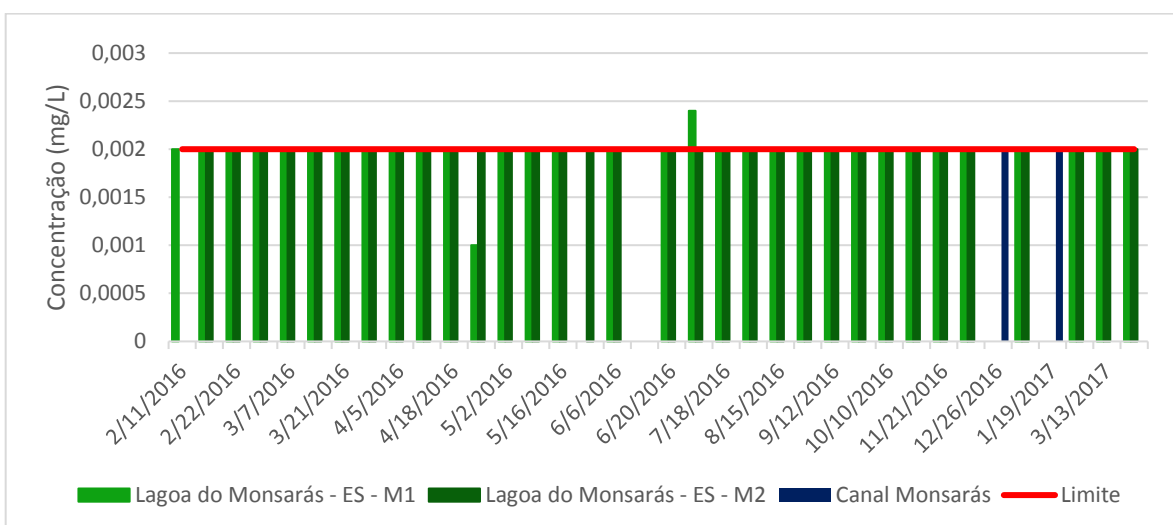


Gráfico 4-62: Concentrações de sulfeto não dissociado em amostras coletadas na lagoa Monsarás.

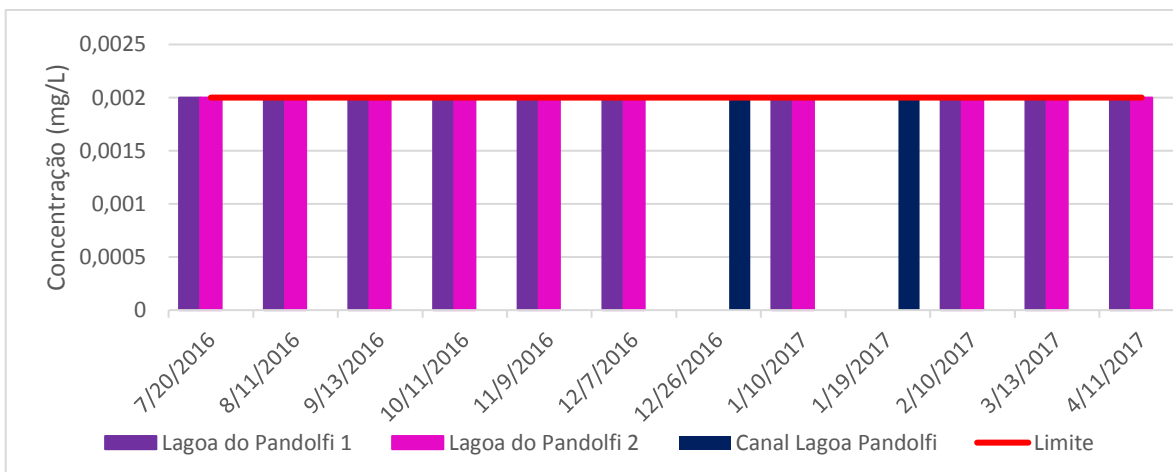


Gráfico 4-63: Concentrações de sulfeto não dissociado em amostras coletadas na lagoa Pandolfi.

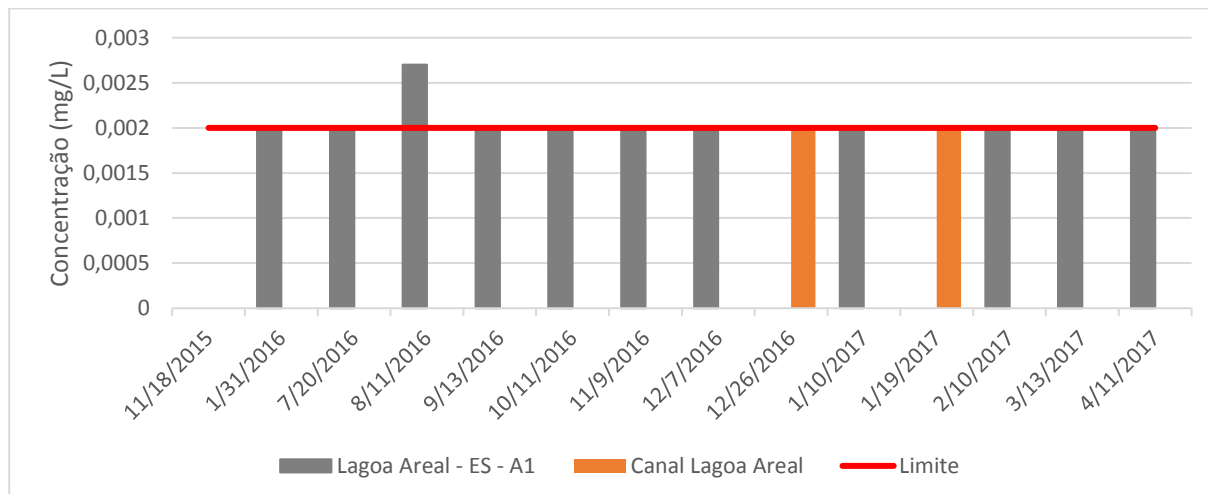


Gráfico 4-64: Concentrações de sulfeto não dissociado em amostras coletadas na lagoa Areal.

Todas as amostras coletadas nas quatro lagoas e canais resultaram em valores de sulfeto não dissociado menores que o limite de 0,002 mg/L S, exceto duas amostras da lagoa Nova, que resultaram em valores de 0,0024 e 0,0026 mg/L, uma na lagoa Monsarás, cuja concentração foi de 0,0024 mg/L e uma na lagoa Areal, de 0,003 mg/L.

As baixas concentrações deste parâmetro indicam que a entrada de água do rio Doce nas lagoas não alterou as suas concentrações de sulfeto não dissociado a ponto de elas ultrapassarem o limite estabelecido para água doce de classe 2.

4.3.17 Turbidez

Chama-se turbidez o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra de água, sendo esta redução causada por absorção e/ou espalhamento. Turbidez pode ser causada por uma grande variedade de material suspenso que varia em tamanho e composição química. Em lagos ou outros ambientes lênticos, a maioria da turbidez é devido a colóides ou outras partículas muito finas, enquanto em rios em condições de cheias, a maioria da turbidez é causada por material grosseiro (APHA et al. 2005).

Como fontes de turbidez, podem-se citar operações agrícolas que disturbam o solo e facilitam o aporte de sólidos na massa d'água por meio de processos erosivos; esgotos domésticos e industriais, que podem adicionar significativas quantidades de material orgânico e inorgânico na água; águas de escoamento de vias pavimentadas e não pavimentadas; atividades pecuárias, que promovem o aporte de fezes e urinas advindas de criatórios; entre outras. O crescimento de microorganismos, intensificado pela adição de nutrientes minerais, principalmente N e P, em formas minerais e orgânicas também contribui para o aumento da turbidez (SAWYER et al. 2003).

A correlação da turbidez com o peso ou concentração de partículas em suspensão na massa d'água é difícil, porque o tamanho, a forma e o índice de refração das partículas afetam as propriedades de dispersão de luz da suspensão (APHA et al. 2005).

A turbidez, juntamente com os parâmetros cor aparente, manganês, ferro dissolvido e alumínio dissolvido é considerado um dos marcadores da presença ou impacto da pluma de rejeitos no rio Doce e, por conseguinte, nas lagoas. Os **Gráfico 4-65**, **Gráfico 4-66**, **Gráfico 4-67** e

Gráfico 4-68 apresentam os valores de turbidez em amostras de água coletadas, respectivamente, das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

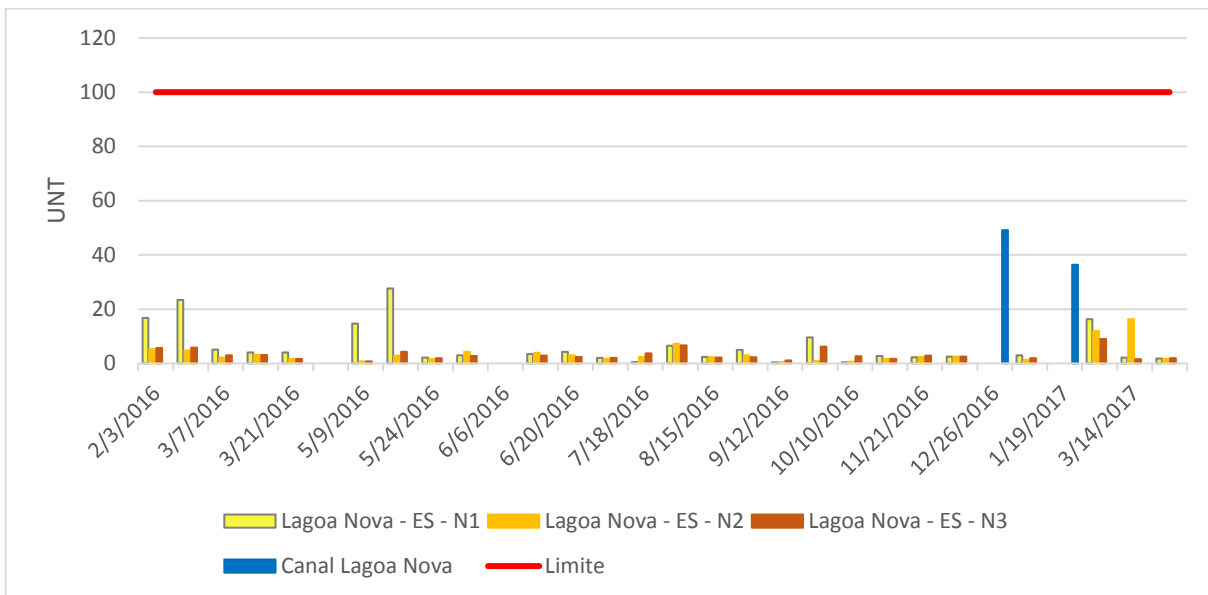


Gráfico 4-65: Valores de turbidez em amostras coletadas na lagoa Nova.

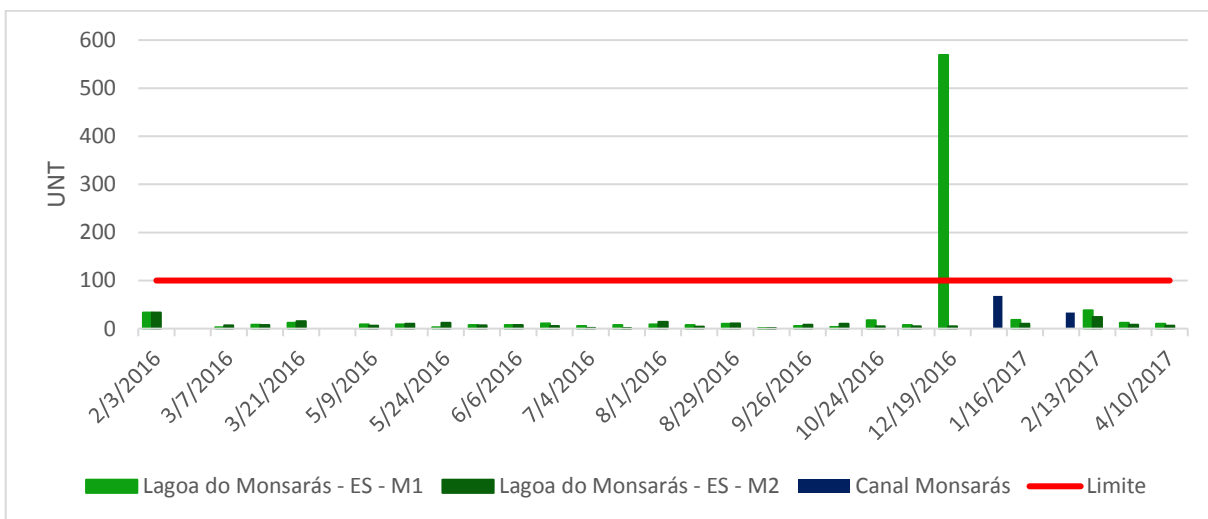


Gráfico 4-66: Valores de turbidez em amostras coletadas na lagoa Monsarás.

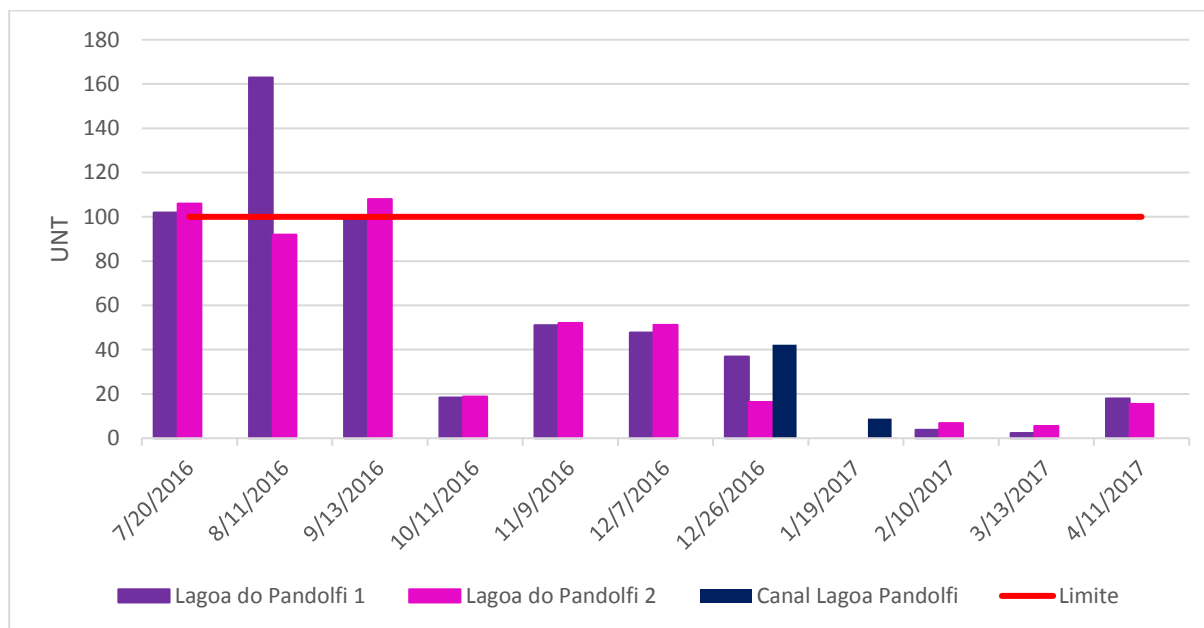


Gráfico 4-67: Valores de turbidez em amostras coletadas na lagoa Pandolfi.

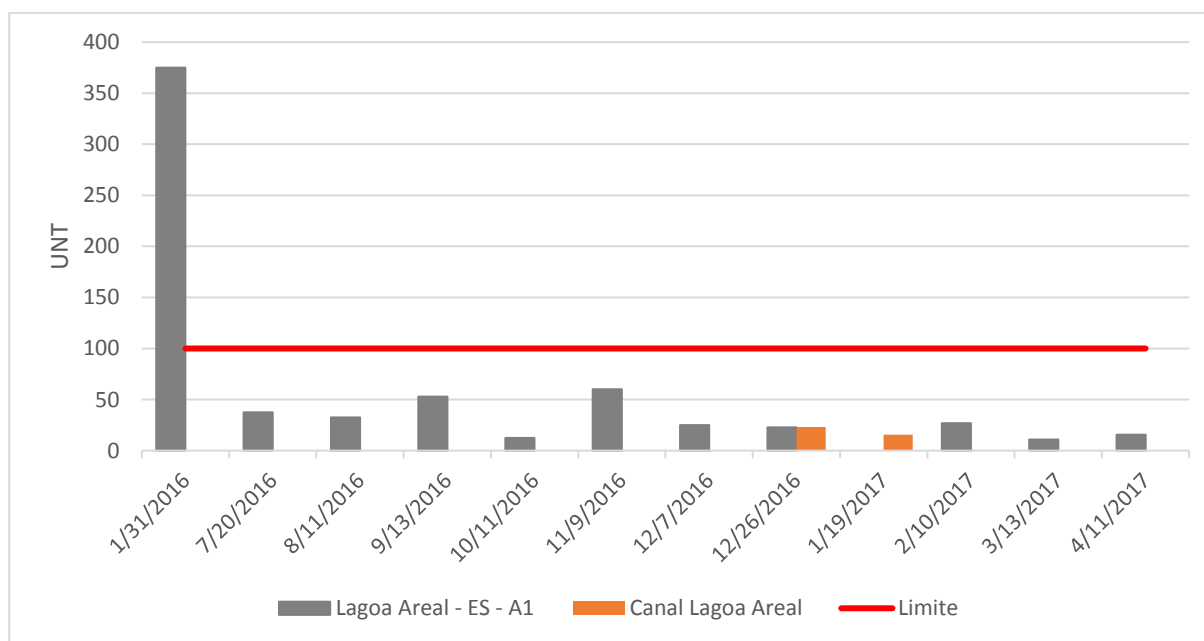


Gráfico 4-68: Valores de turbidez em amostras coletadas na lagoa Areal.

Entre as quatro lagoas, a lagoa Nova apresentou os menores valores de turbidez, com nenhuma amostra apresentando valores maiores que o limite de 100 UNT para água doce de classe 2.O ponto N1, situado mais próximo ao ponto de entrada da água do rio Doce que os demais, apresentou valores superiores que estes, principalmente nos monitoramentos que ocorreram entre fevereiro e maio de 2016. Nos demais meses, a diferença não foi significativa, exceto em março de 2017, quando a turbidez do ponto N2 foi superior a do ponto N1. Nos dois monitoramentos nos quais foi incluído o ponto no interior do canal de ligação da lagoa com o rio Doce, as amostras do canal apresentaram turbidez superior à dos pontos no interior da lagoa, certamente devido à grande quantidade de matéria orgânica na massa d'água.

Enquanto o valor médio de turbidez nos pontos no interior da lagoa foi de 4,33 UNT, a do canal foi de 42,75 UNT.

Na lagoa Monsarás, o monitoramento de 03/02/2016 apresentou valores de turbidez iguais a 33,7 UNT nos dois pontos no interior da lagoa, baixando para 3,09 e 7,03 UNT em 07/03/2016, mantendo a lagoa com baixa turbidez durante todo o restante do período de monitoramento, com exceção do valor de 569 UNT ocorrido em 19/12/2016 no ponto M1.

Pode-se, desta forma, afirmar que a entrada de água do rio Doce alterou a turbidez da lagoa Monsarás por um curto período de tempo, mas sem elevar o valor deste parâmetro para além do limite imposto pela legislação brasileira.

A lagoa Pandolfi apresentou turbidez mais elevada que as demais na maioria das campanhas de monitoramento, tendo apresentado valores mais elevados que o padrão para águas de classe 2 em três amostras. Observa-se um declínio acentuado da turbidez média entre o período julho-novembro/2016 (turbidez média de 81,16 UNT) e o período dezembro/2016-abril de 2017 (turbidez média de 20,41 UNT).

A lagoa Areal apresentou turbidez de 375 UNT em 31/01/2016, logo após a entrada de água do rio Doce na mesma. Nos monitoramentos subsequentes, as amostras apresentaram turbidez significativamente menores, com valores variando entre 10,8 e 60 UNT.

4.3.18 Vanádio Total

Os **Gráfico 4-69**, **Gráfico 4-70**, **Gráfico 4-71** e **Gráfico 4-72** apresentam as concentrações de vanádio total em amostras de água coletadas, respectivamente, das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

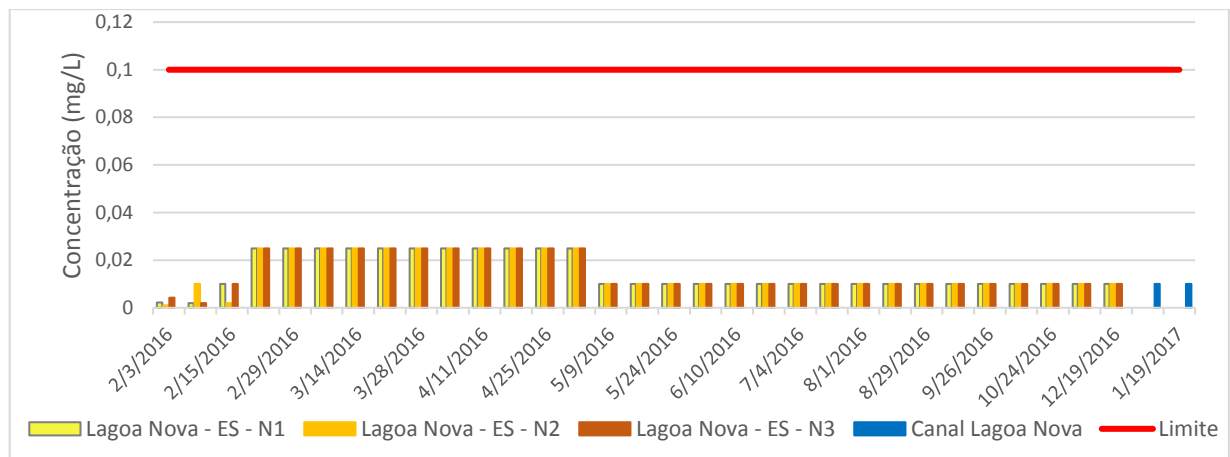


Gráfico 4-69: Concentrações de vanádio total em amostras coletadas na lagoa Nova.

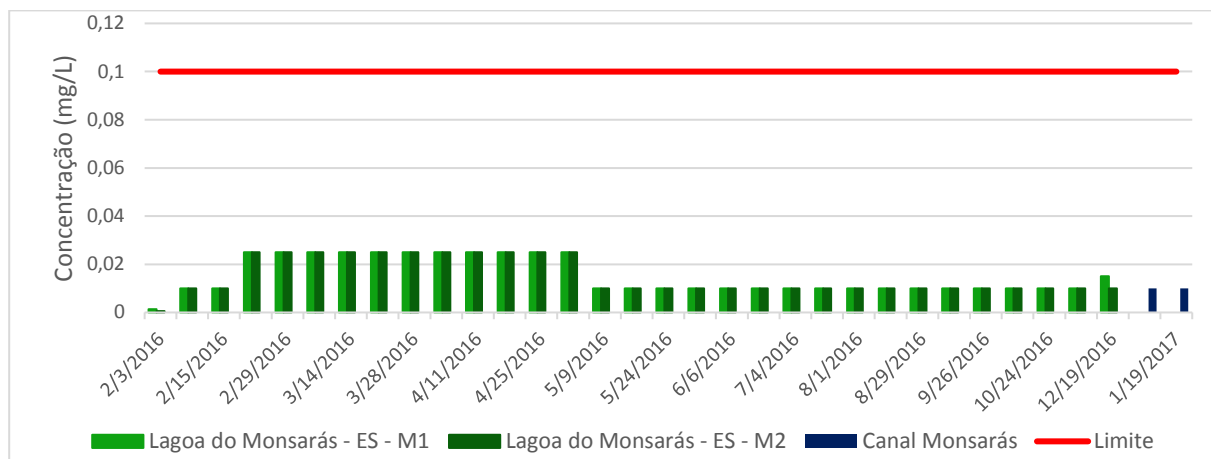


Gráfico 4-70: Concentrações de vanádio total em amostras coletadas na lagoa Monsarás.

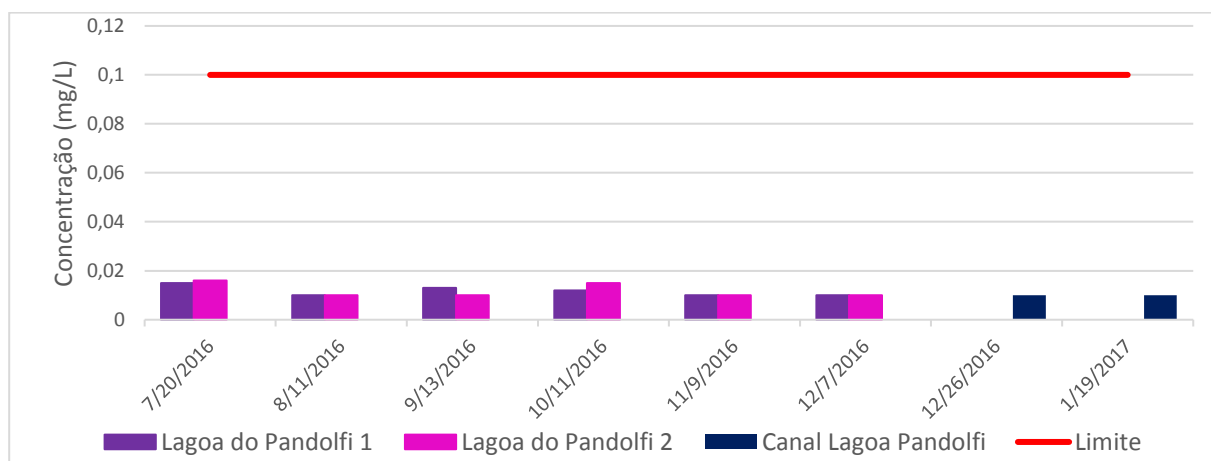


Gráfico 4-71: Concentrações de vanádio total em amostras coletadas na lagoa Pandolfi.

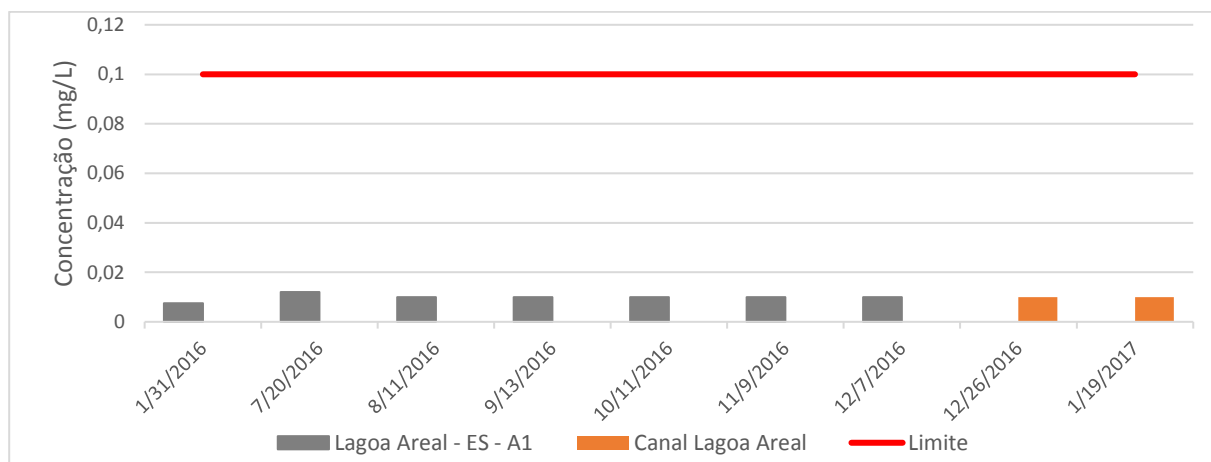


Gráfico 4-72: Concentrações de vanádio total em amostras coletadas na lagoa Areal.

Todas as amostras coletadas nas quatro lagoas e canais resultaram em valores de vanádio total bem inferiores ao limite de 0,1 mg/L, preconizado pela resolução Conama 357/05 para águas doces de classe 2.

As baixas concentrações deste parâmetro indicam que a entrada de água do rio Doce nas lagoas não alterou as suas concentrações de vanádio total a ponto de elas ultrapassarem o limite estabelecido para águas doces de classe 2.

4.3.19 Zinco Total

Os **Gráfico 4-73**, **Gráfico 4-74**, **Gráfico 4-75** e **Gráfico 4-76** apresentam as concentrações de zinco total em amostras de água coletadas, respectivamente, das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

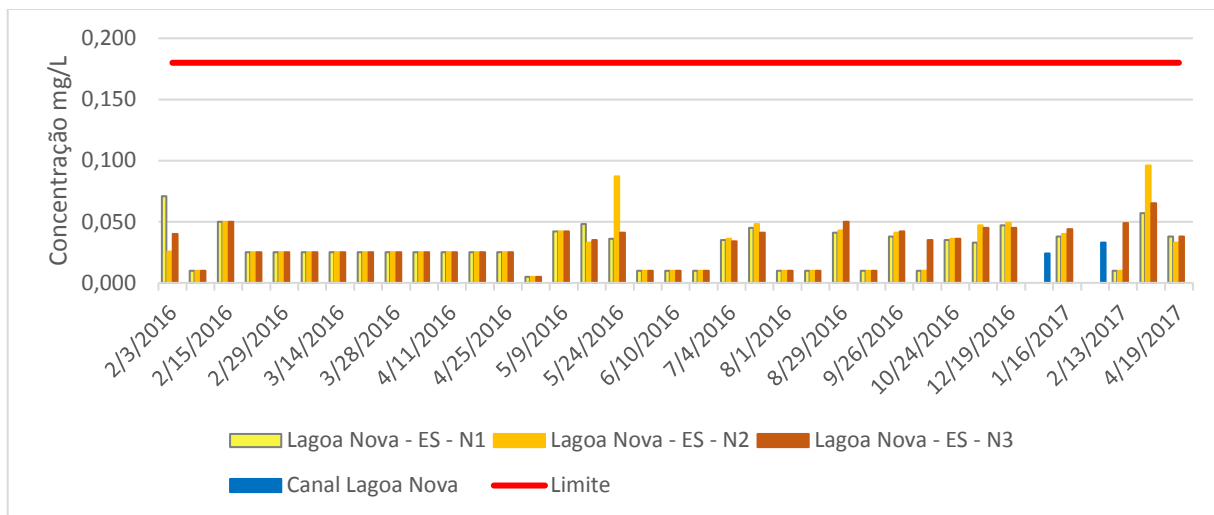


Gráfico 4-73: Concentrações de zinco total em amostras coletadas na lagoa Nova.

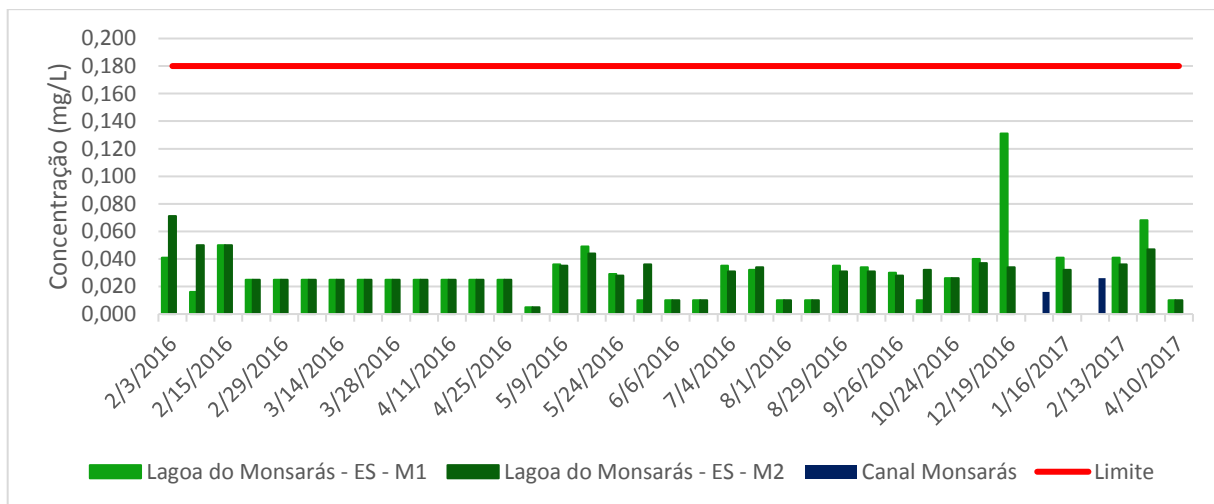


Gráfico 4-74: Concentrações de zinco total em amostras coletadas na lagoa Monsarás.

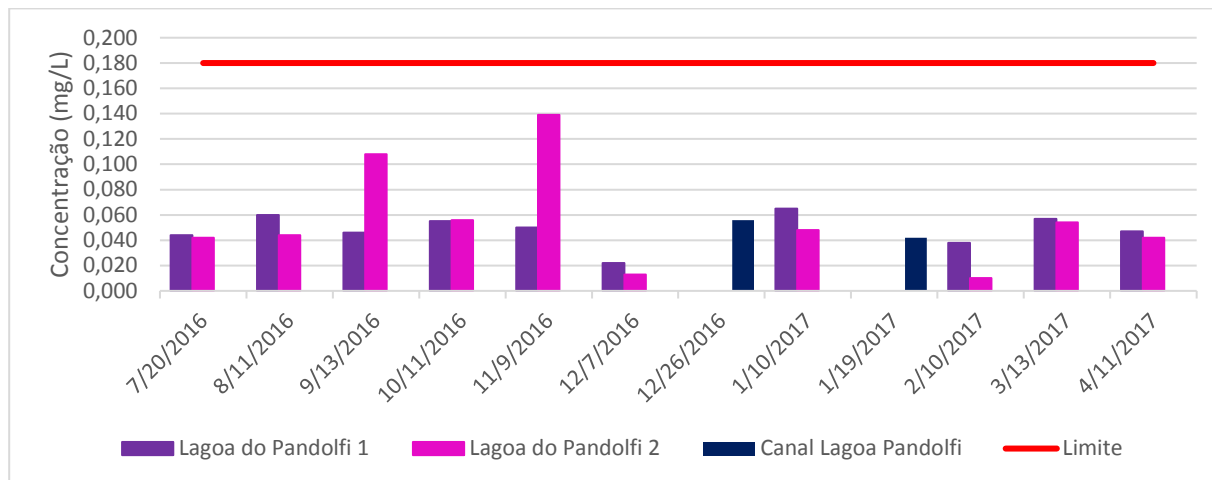


Gráfico 4-75: Concentrações de zinco total em amostras coletadas na lagoa Pandolfi.

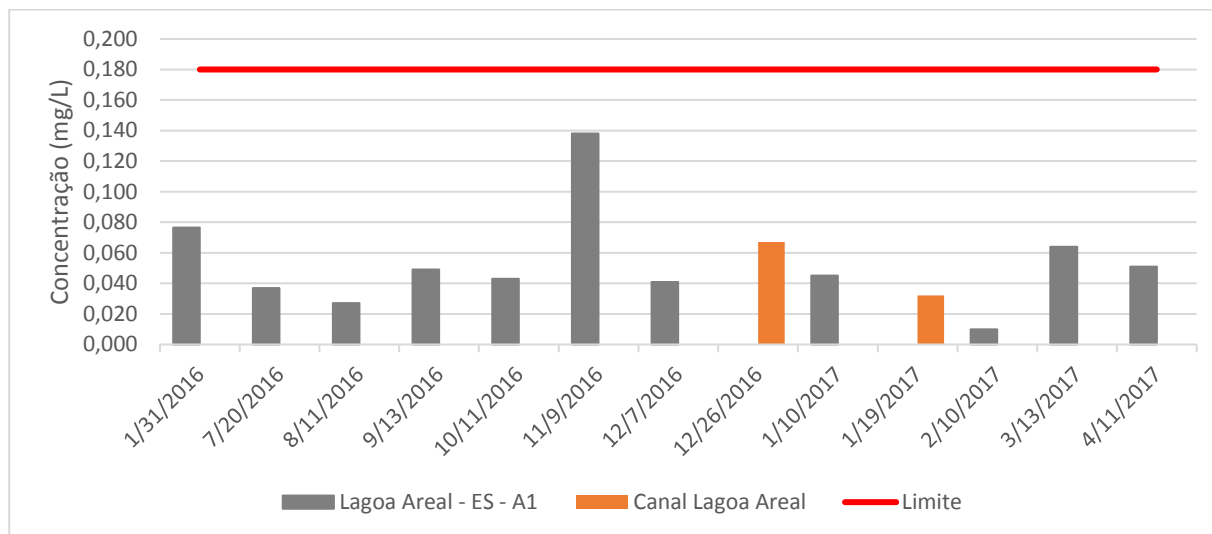


Gráfico 4-76: Concentrações de zinco total em amostras coletadas na lagoa Areal.

Todas as amostras coletadas nas quatro lagoas e canais resultaram em valores de zinco total bem inferiores ao limite de 0,18 mg/L, preconizado pela resolução Conama 357/05 para águas doces de classe 2. Das 107 amostras coletadas na lagoa Nova e canal, 61 delas, o que equivale a 57%, apresentaram valores menores que o limite do método de análise utilizado. Da lagoa Monsarás, 50% das amostras apresentaram valores abaixo do citado limite, enquanto que, para as lagoas Pandolfi e Areal, apenas uma amostra em cada lagoa resultaram em valores abaixo do limite de detecção do referido método.

As baixas concentrações deste parâmetro indicam que a entrada de água do rio Doce nas lagoas não alterou as suas concentrações de zinco total a ponto de elas ultrapassarem o limite estabelecido para águas doces de classe 2.

4.4 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS DADOS DO MONITORAMENTO DAS ÁGUAS DAS LAGOAS NOVA, MONSARÁS, PANDOLFI E AREAL, E SEUS RESPECTIVOS CANAIS

Este item contempla uma análise comparativa do comportamento da qualidade da água das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal, e seus respectivos canais, ao longo do tempo, com o da qualidade da água do rio Doce.

De acordo com a nota técnica NT-CAIA-Nº 049/2016 emitida pelo IEMA, com as altas pluviosidades ocorridas no mês de janeiro de 2016, as águas do rio Doce extravasaram sua calha principal entre os dias 21 e 25 do referido mês, adentrando nos canais tributários e alcançando as lagoas Monsarás, Nova, Pandolfi e Areal, impactando as mesmas. A partir desta ocorrência, iniciou-se o monitoramento nas lagoas, sendo monitorado entre 03/02/2016 e 19/04/2017 a lagoa Nova, entre 03/02/2016 e 10/04/2017 a lagoa Monsarás, entre 20/07/2016 e 11/04/2017 as lagoas Pandolfi, entre 31/01/2016 e 11/04/2017 a lagoa Areal, e os seus respectivos canais com campanhas realizadas em 26/12/2016 e 19/01/2017. Os resultados deste monitoramento são apresentados graficamente.

A fim de proporcionar melhor entendimento do comportamento da qualidade da água nas lagoas e seus canais tributários, os resultados deste monitoramento foram comparados com os dados do monitoramento de um ponto no rio Doce, em Linhares-ES. O ponto monitorado no rio Doce adotado para esta análise se situa a montante da sede do município de Linhares-ES. Denominado de RDC-69, tem coordenadas geográficas 387912/7853840 – datum SIRGAS 2000 e foi escolhido pela sua boa frequência de amostragem e porque está fora das interferências do núcleo urbano da cidade na alteração da qualidade da água devido a possíveis lançamento de poluentes.

São apresentados graficamente os resultados de todo o período monitorado neste ponto, mas ressalta-se que a ênfase da análise são os dados registrados nas datas próxima ao período em que as águas do rio extravasaram sua calha principal.

Dentre os parâmetros analisados, foram escolhidos aqueles que apresentam maior número de dados e que são mais relevantes para se fazer uma conexão entre a qualidade das águas das lagoas e o aporte de sedimentos no rio Doce em decorrência do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, no município de Mariana, a saber: alumínio dissolvido, boro total, chumbo total, cloro residual, cobre dissolvido, coliformes termotolerantes, cor verdadeira, cromo total, ferro dissolvido, fósforo total, manganês total, níquel total, oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais dissolvidos, sulfeto não dissociado, turbidez, vanádio total e zinco total.

Devido à ausência de dados consistentes de qualidade de água das lagoas antes do acidente com a barragem de Fundão, considerou-se oportuna a utilização de dados de lagoas próximas a aquelas estudadas e que não receberam águas do rio Doce durante as cheias de janeiro de 2016. Assim, dados de qualidade das águas das lagoas Terra Alta e do Limão foram incluídos na análise. As localizações destas lagoas são apresentadas na **Figura 4-37**.

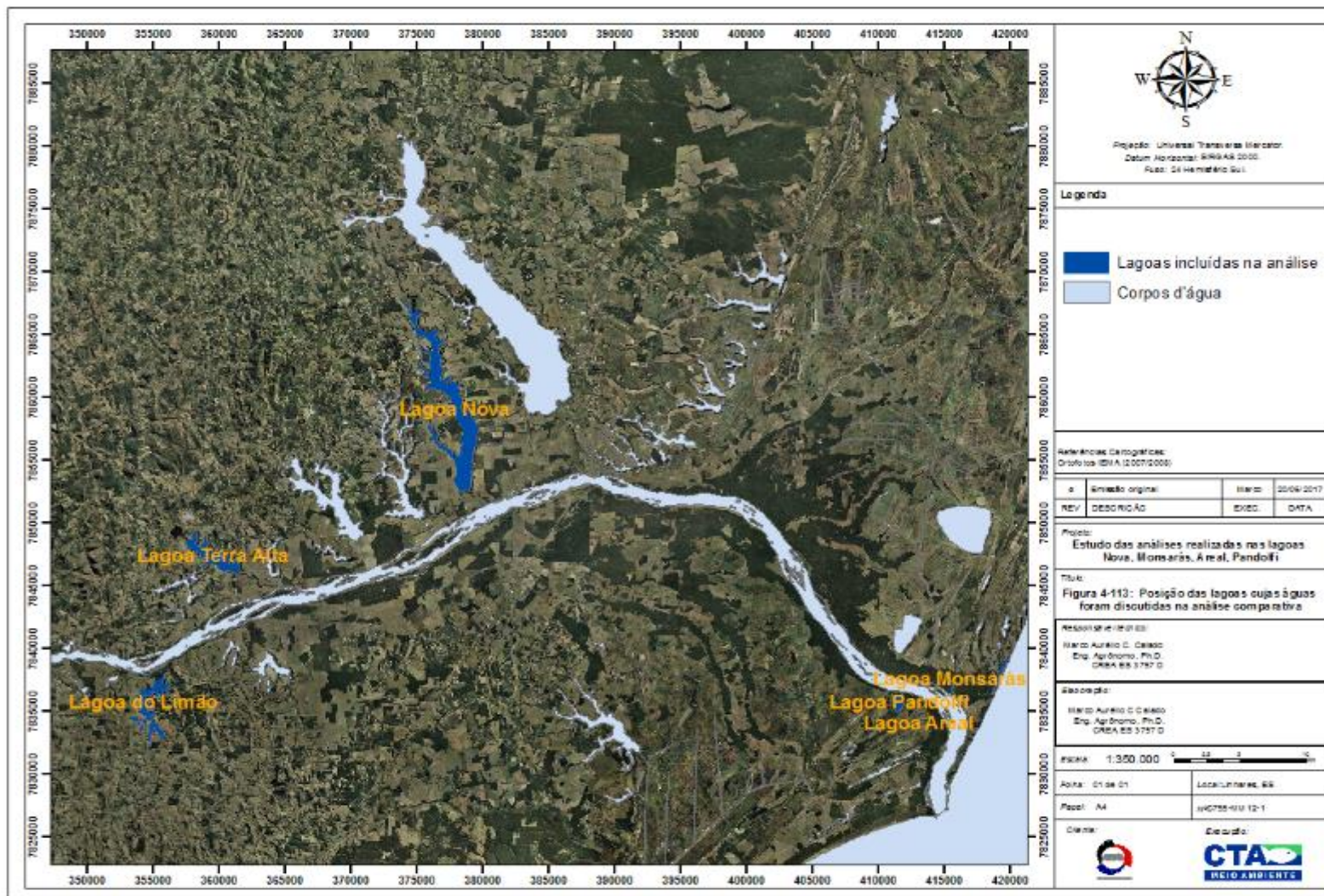


Figura 4-37: Posição das lagoas cujas águas foram discutidas na análise comparativa.

4.4.1 Alumínio dissolvido

O **Gráfico 4-77**, **Gráfico 4-78** e **Gráfico 4-79** apresentam as concentrações de alumínio dissolvido nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi, Areal, do Limão e Terra Alta e seus respectivos canais.

No dia 25/01/2016 foi registrado no ponto monitorado no rio Doce a concentração de 0,02 mgAl/L, sendo este valor o limite de quantificação (LQ) do método analítico utilizado pelo laboratório.

As concentrações de alumínio dissolvido no monitoramento realizado nas lagoas nas datas mais próximas ao período que a água do rio extravasou a calha principal foram 0,346 mgAl/L na lagoa Areal na campanha realizada em 31/01/2016, e 0,06 mgAl/L (LQ) nas lagoas Nova e Monsarás na campanha realizada em 03/02/2016.

A lagoa Areal apresentou concentração deste parâmetro acima do valor preconizado na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2 (0,1 mgAl/L).

Já o monitoramento na lagoa Pandolfi iniciou em 20/07/2016 e foram registrados nos pontos monitorados a concentração de 6,369 mgAl/L (Pandolfi 1) e 3,039 mgAl/L (Pandolfi 2). Esta lagoa apresentou concentração acima do preconizado na Resolução Conama 357/05 para águas de classe 2 em sete das dez campanhas realizadas nos pontos monitorados (**Gráfico 4-77**).

Nas amostragens realizadas no dia 26/12/2016 nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal, as concentrações de alumínio ficaram abaixo do valor preconizado na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2, porém, na amostragem realizada em 19/01/2017, o canal da lagoa Areal e Pandolfi apresentaram concentração deste parâmetro acima do valor máximo permitido na legislação de referência (**Gráfico 4-78**), sendo 0,132 mgAl/L e 0,228 mgAl/L, respectivamente.

Em 19/12/2016, foi realizada uma campanha para amostragem no canal da lagoa Terra Alta e a concentração de Al foi de 0,148 mgAl/L, portanto, acima do limite da Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2.

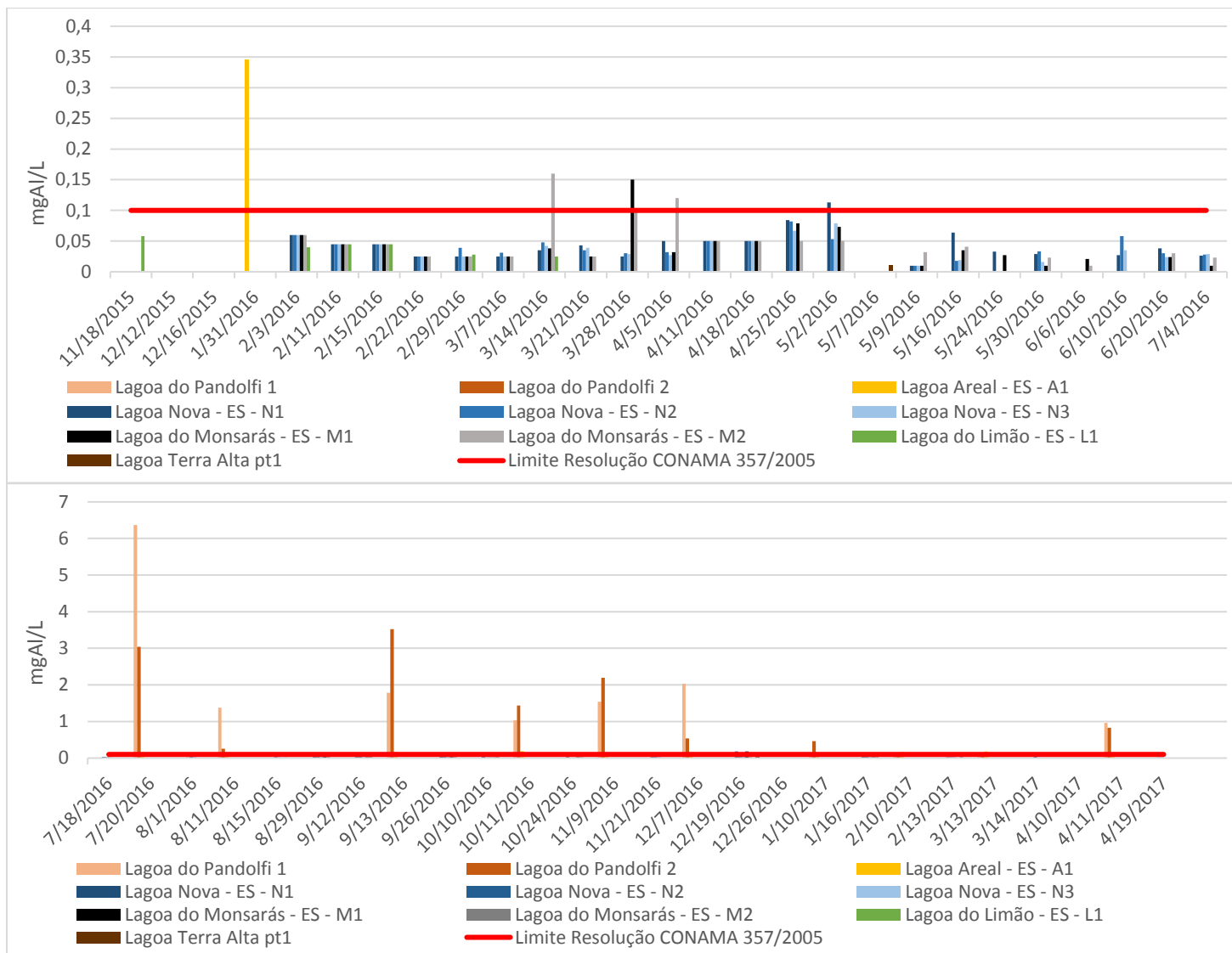


Gráfico 4-77: Concentrações de alumínio dissolvido nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

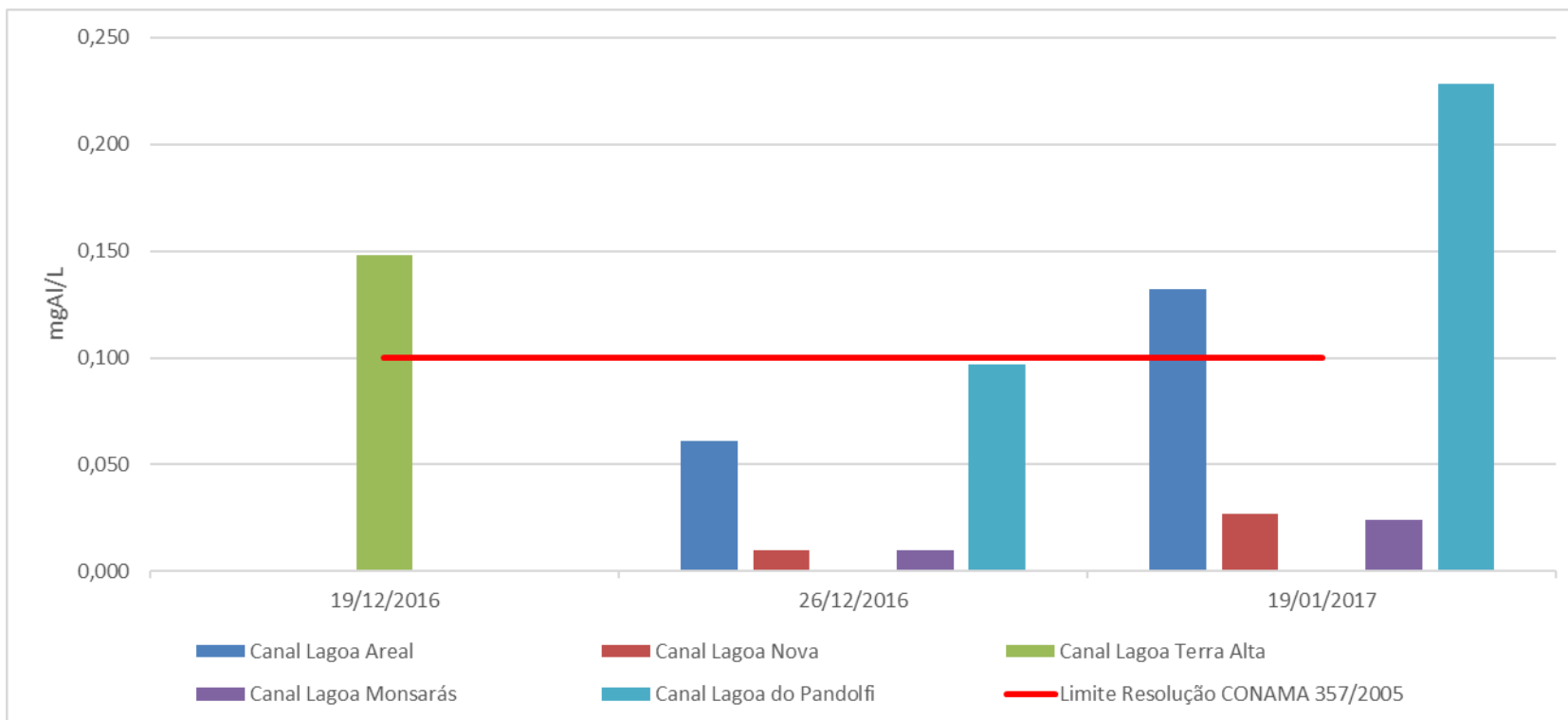


Gráfico 4-78: Concentrações de alumínio dissolvido nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.



4.4.2 Boro total

O **Gráfico 4-79**, **Gráfico 4-80** e **Gráfico 4-81** apresentam as concentrações de boro total, nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi, Areal, do Limão e Terra Alta e seus respectivos canais.

A concentração de boro no ponto monitorado no rio Doce no dia 25/01/2016 foi menor do que o LQ do laboratório 0,01 mg/L (**Gráfico 4-79**), portanto, abaixo do valor preconizado na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2 (0,5 mg/L).

Nota-se, nas campanhas realizadas nas lagoas nas datas próximas ao período de cheia do rio (lagoa Areal – 31/01/2016, lagoas Nova e Monsarás – 03/02/2016), que a concentração deste parâmetro foi abaixo do valor preconizado para água doce classe 2 pela legislação de referência (**Gráfico 4-79**, com exceção do ponto M2, na lagoa Monsarás. Os pontos monitorados nesta lagoa (M1 e M2) apresentaram valores acima da legislação de referência para este parâmetro na maioria das campanhas realizadas, porém, na última campanha (10/04/2017) as concentrações reduziram no ponto M1 (0,241 mg/L), sendo este abaixo do limite máximo preconizado na legislação de referência, mas o ponto M2 (0,664 mg/L) apresentou valor acima desta.

As concentrações deste parâmetro nos canais das lagoas apresentaram valores abaixo do preconizado na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2 nas campanhas realizadas em 26/12/2016 e 19/01/2017 (**Gráfico 4-80**).

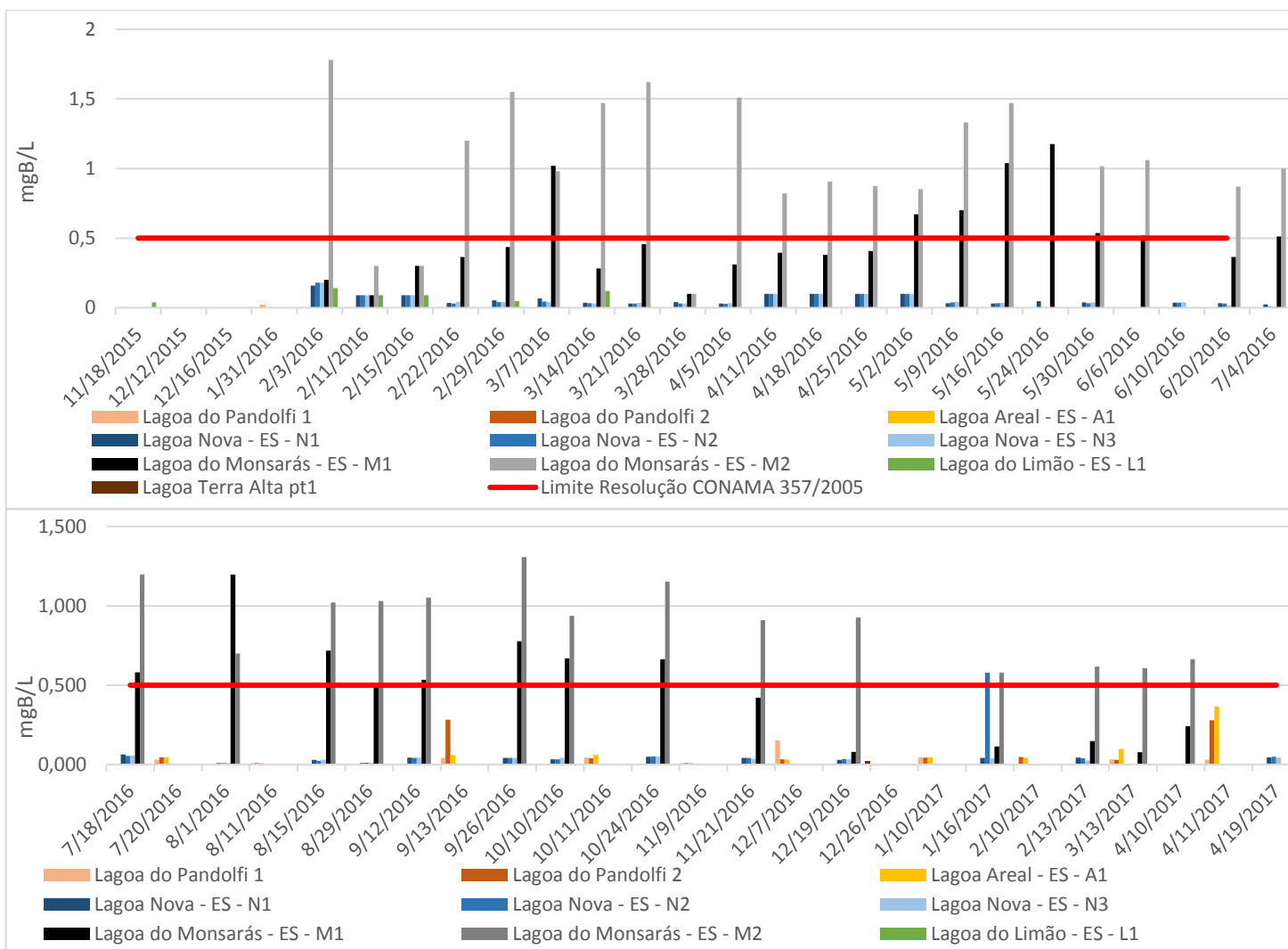


Gráfico 4-79: Concentrações de boro total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

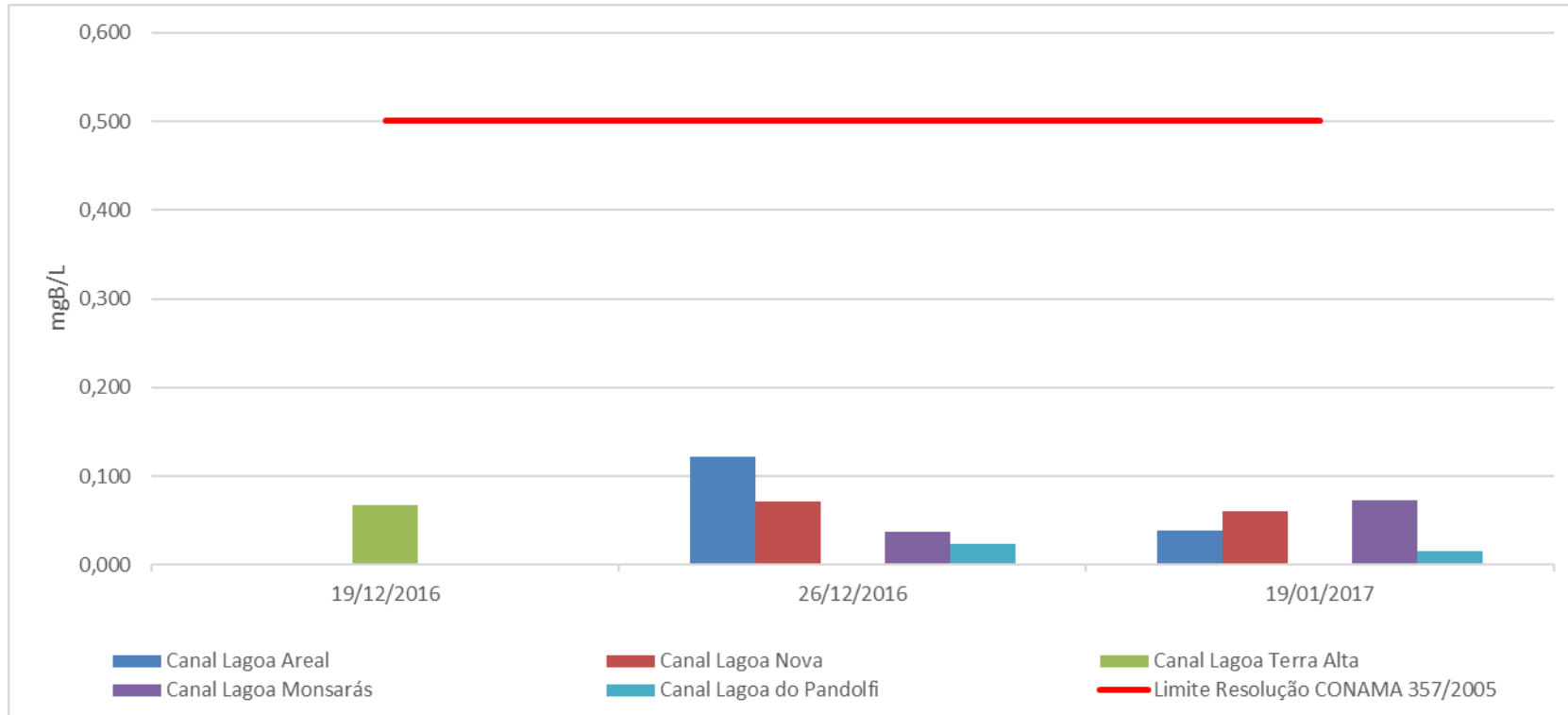


Gráfico 4-80: Concentrações de boro total nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

4.4.3 Chumbo total

Os **Gráfico 4-81**, **Gráfico 4-82** e **Gráfico 4-83** apresentam as concentrações de chumbo total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi, Areal, do Limão e Terra Alta e seus respectivos canais.

A concentração deste parâmetro na amostra coletada no rio doce no dia 25/01/2015 foi 0,005 mg/L, sendo este menor que o limite de 0,01 mg/L preconizado pela resolução Conama 357/2005 para águas de classe 2 **Gráfico 4-81**.

Conforme observado na **Gráfico 4-82**, todas as amostras analisadas nas lagoas Nova, Pandolfi e Areal apresentaram valores menores que o limite preconizado pela resolução Conama de referência. A lagoa Monsarás apresentou um valor acima do indicado nesta Conama, em dezembro de 2016 no ponto M1 (0,02 mg/L), dentre todas as campanhas realizadas.

A concentração deste parâmetro nos canais das lagoas apresentou valor abaixo preconizado na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2 em todos os pontos amostrados nas duas campanhas realizadas (**Gráfico 4-82**).

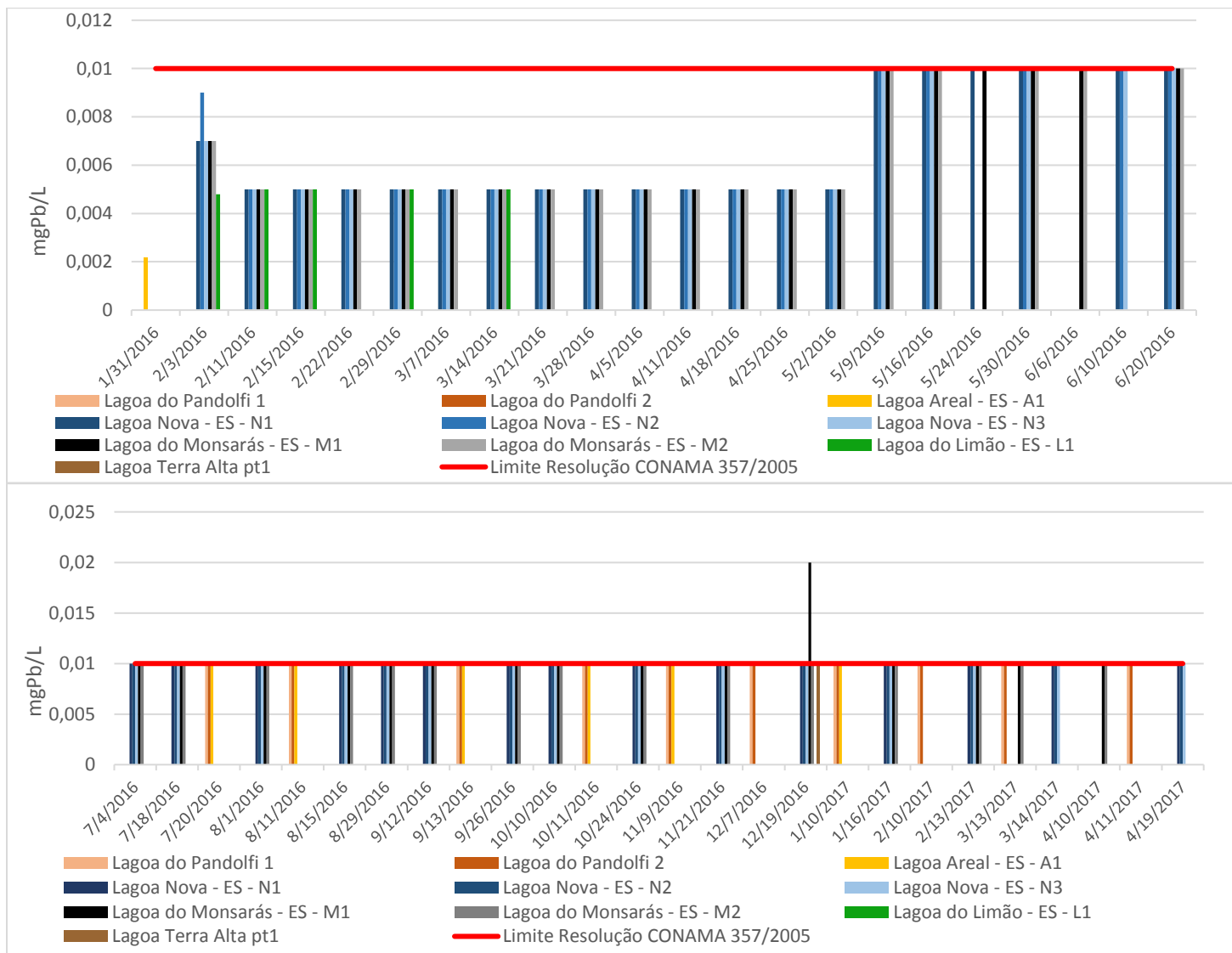


Gráfico 4-81: Concentrações de chumbo total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

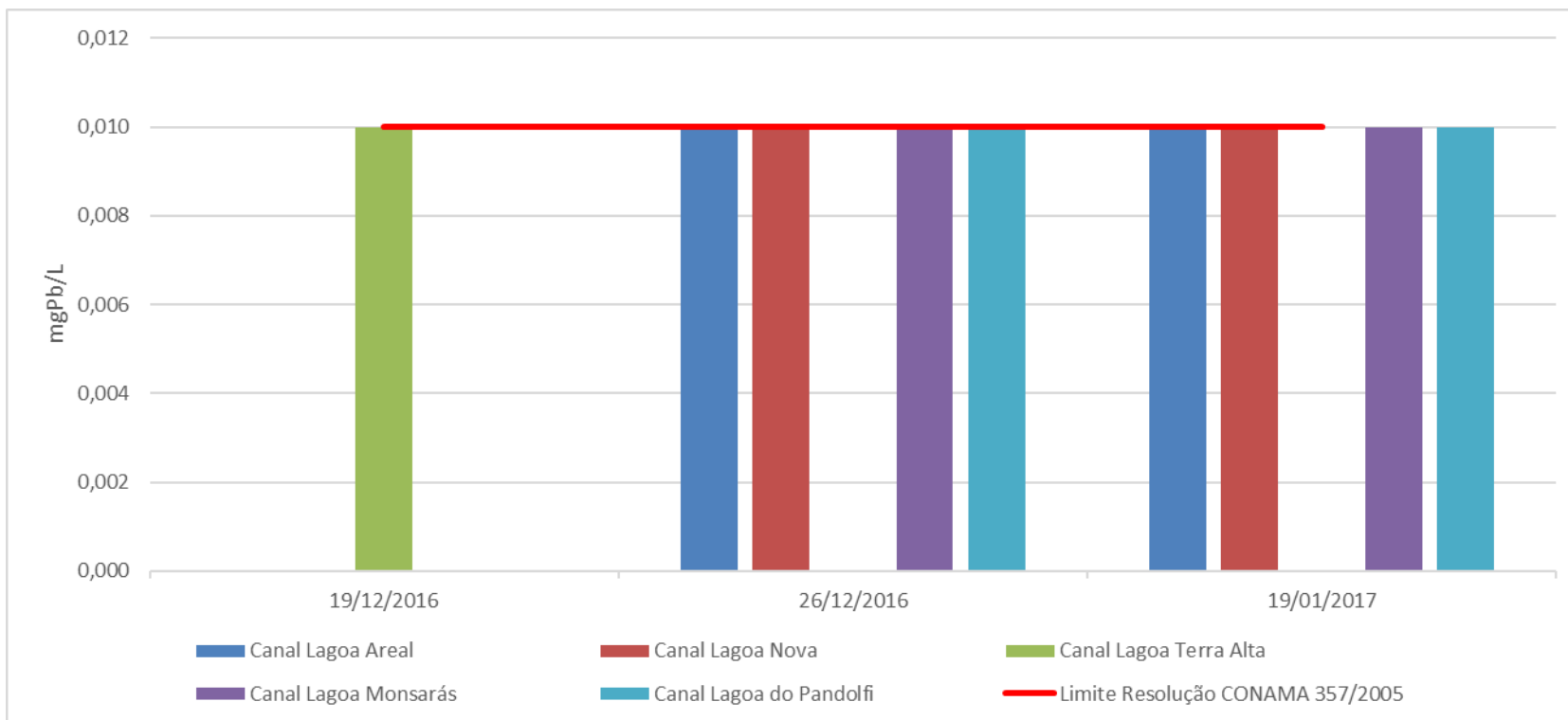


Gráfico 4-82: Concentrações de chumbo total nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.



4.4.4 Cloro residual total

A **Gráfico 4-83**, **Gráfico 4-84** e **Gráfico 4-85** apresentam as concentrações de cloro residual total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi, Areal, do Limão e Terra Alta e seus respectivos canais.

A concentração deste parâmetro no ponto monitorado no rio Doce foi abaixo limite de 0,01 mg/L preconizado na resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2 em todas as campanhas realizadas (**Gráfico 4-83**). Tal situação, também se repetiu para análises realizadas nas amostras coletadas nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal (**Gráfico 4-84**).

Nos canais das lagoas a concentração de cloro também apresentou valor abaixo do LQ do método analítico utilizado pelo laboratório em todos os pontos amostrados nas duas campanhas realizadas, e, conseqüentemente, abaixo do limite preconizado na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2 (**Gráfico 4-84**).

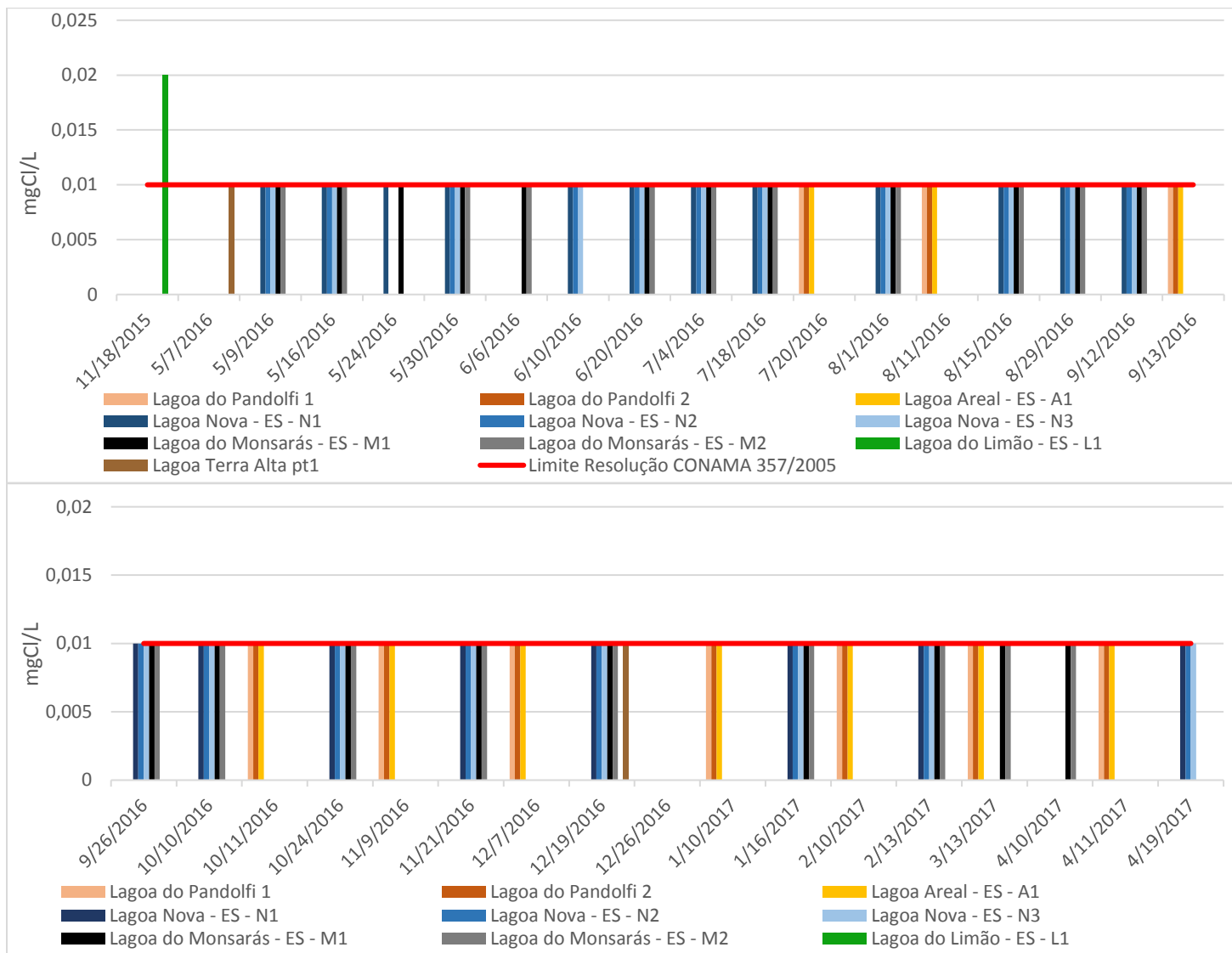


Gráfico 4-83: Concentrações de cloro residual total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

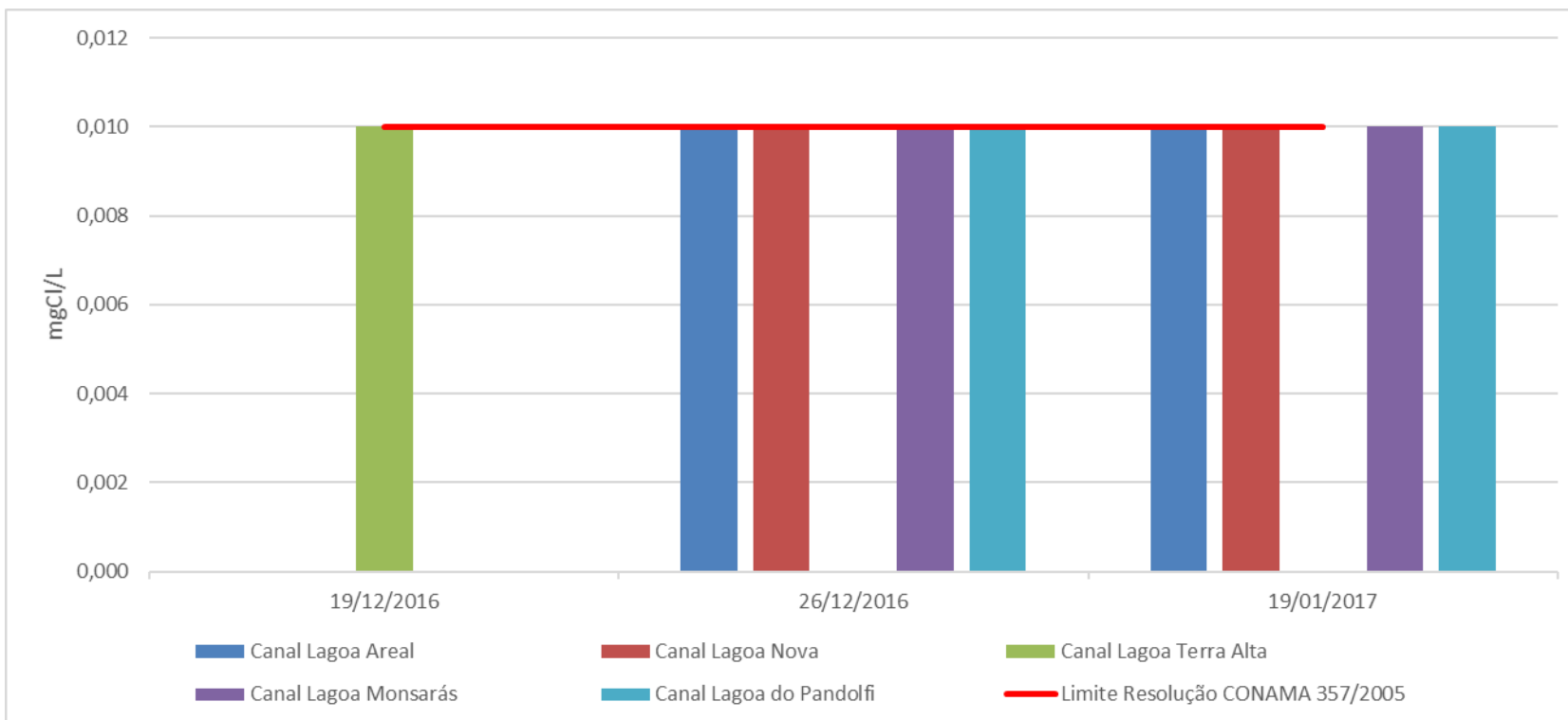


Gráfico 4-84: Concentrações de cloro residual total nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

4.4.5 Cobre dissolvido

O **Gráfico 4-85**, **Gráfico 4-86** e **Gráfico 4-87** apresentam as concentrações de cobre dissolvido nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi, Areal, do Limão e Terra Alta e seus respectivos canais.

O ponto monitorado no rio Doce a montante da sede municipal de Linhares apresentou concentração de cobre de 0,02 mg/L na amostra coletada no dia 25/01/2016. Este valor foi acima do limite preconizado na resolução Conama 357/05 para água doce classe 2 (0,009 mgCu/L).

A campanha realizada na lagoa Areal no dia 31/01/2016 apresentou concentração deste parâmetro de 0,0032 mg/L. Nas lagoas Nova e Monsarás a primeira campanha ocorreu no dia 03/02/2016, e todos os pontos amostrados apresentaram valor abaixo do LQ do método analítico utilizado pelo laboratório (0,0015 mg/L), portanto abaixo do limite preconizado na legislação de referência (**Gráfico 4-85**). Tal situação, se repetiram nas quatro campanhas seguintes realizadas neste mês. Contudo, na amostragem realizada no dia 07/03/2016 a amostra coletada no ponto N1 da lagoa Nova, M1 e M2 da lagoa Monsarás apresentaram concentração acima do preconizado na Conama 357/05 (**Gráfico 4-86**).

Na lagoa Pandolfi o monitoramento iniciou em julho de 2016 e em todas as seis amostragens realizadas a concentração deste parâmetro foi abaixo do LQ do método analítico utilizado pelo laboratório, portanto abaixo do limite preconizado na legislação.

A concentração de cobre nas duas campanhas realizadas nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal foi abaixo do preconizado na Conama 357/05 para água doce classe 2 (**Gráfico 4-86**).

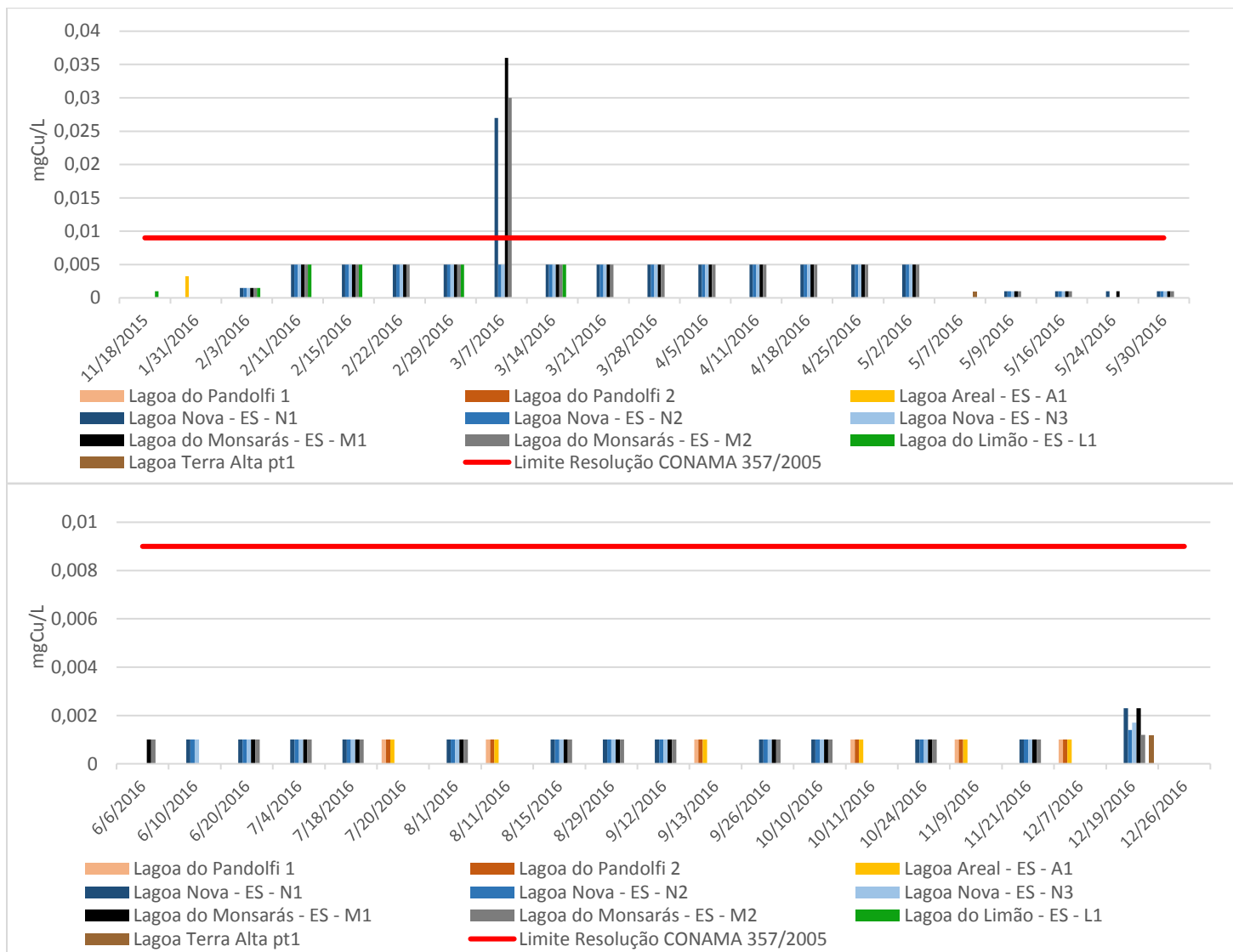


Gráfico 4-85: Concentrações de cobre dissolvido nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

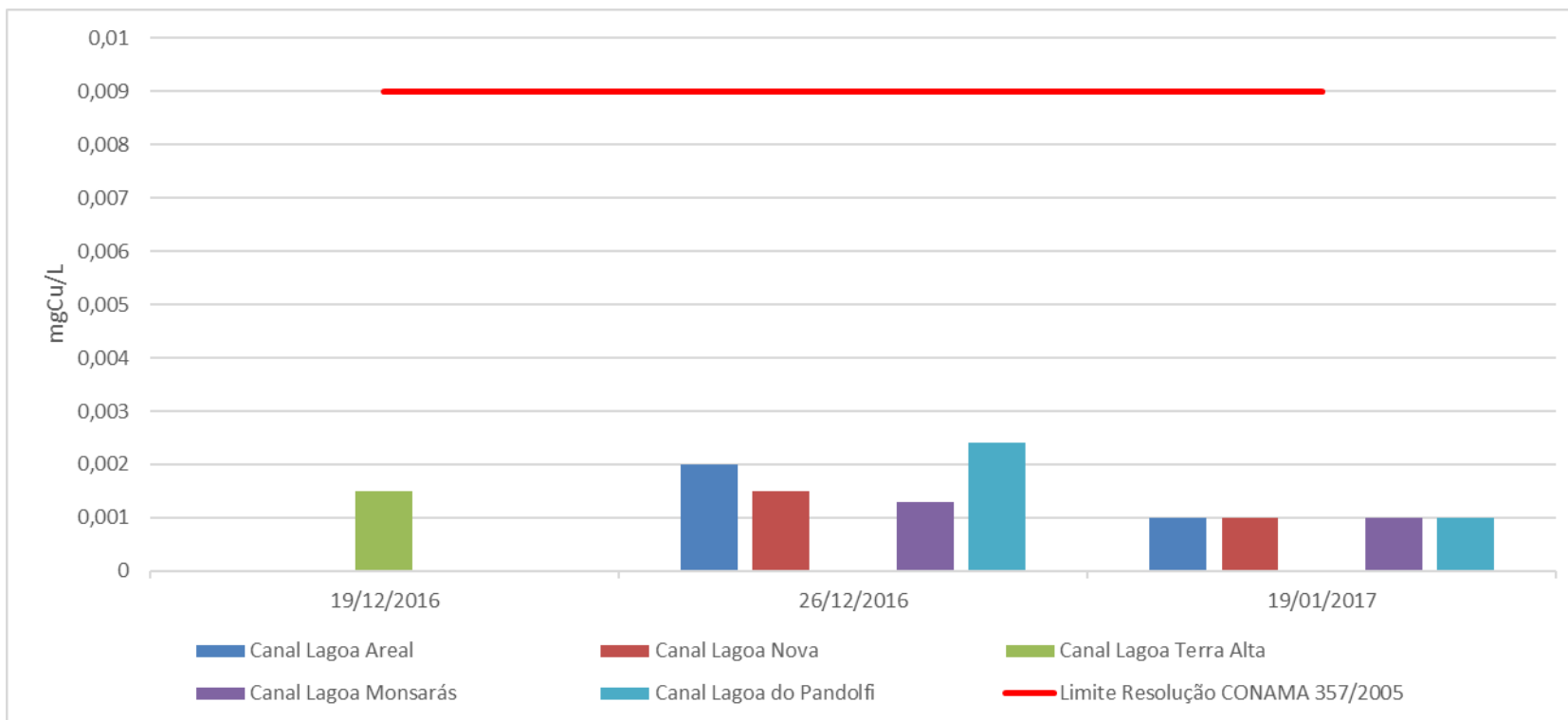


Gráfico 4-86: Concentrações de cobre dissolvido nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.



4.4.6 Coliformes termotolerantes

O **Gráfico 4-87**, **Gráfico 4-88** e **Gráfico 4-89** apresentam NMP/100ml de coliformes termotolerantes nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi, Areal, do Limão e Terra Alta e seus respectivos canais.

O NMP/100mL de coliformes termotolerantes no ponto monitorado no rio Doce na amostra coletada no dia 25/01/2016, período da cheia do rio, foi 70 NMP/100ml.

Este parâmetro passou a ser monitorado nas lagoas Nova e Monsarás no dia 09/05/2016, e todos os cinco pontos coletados nesta data apresentaram NMP/100mL abaixo do limite máximo preconizado na resolução Conama 357/2005 para água doce de classe 2 (1000 NMP/100mL). Já os monitoramentos nas lagoas Pandolfi e Areal iniciaram em 20/07/2016, e os três pontos analisados apresentaram NMP abaixo do preconizado na legislação de referência (**Gráfico 4-87**).

O NMP/100mL de coliformes termotolerantes nas duas campanhas realizadas nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal foi abaixo do preconizado na Conama 357/05 para água doce classe 2 (**Gráfico 4-88**).

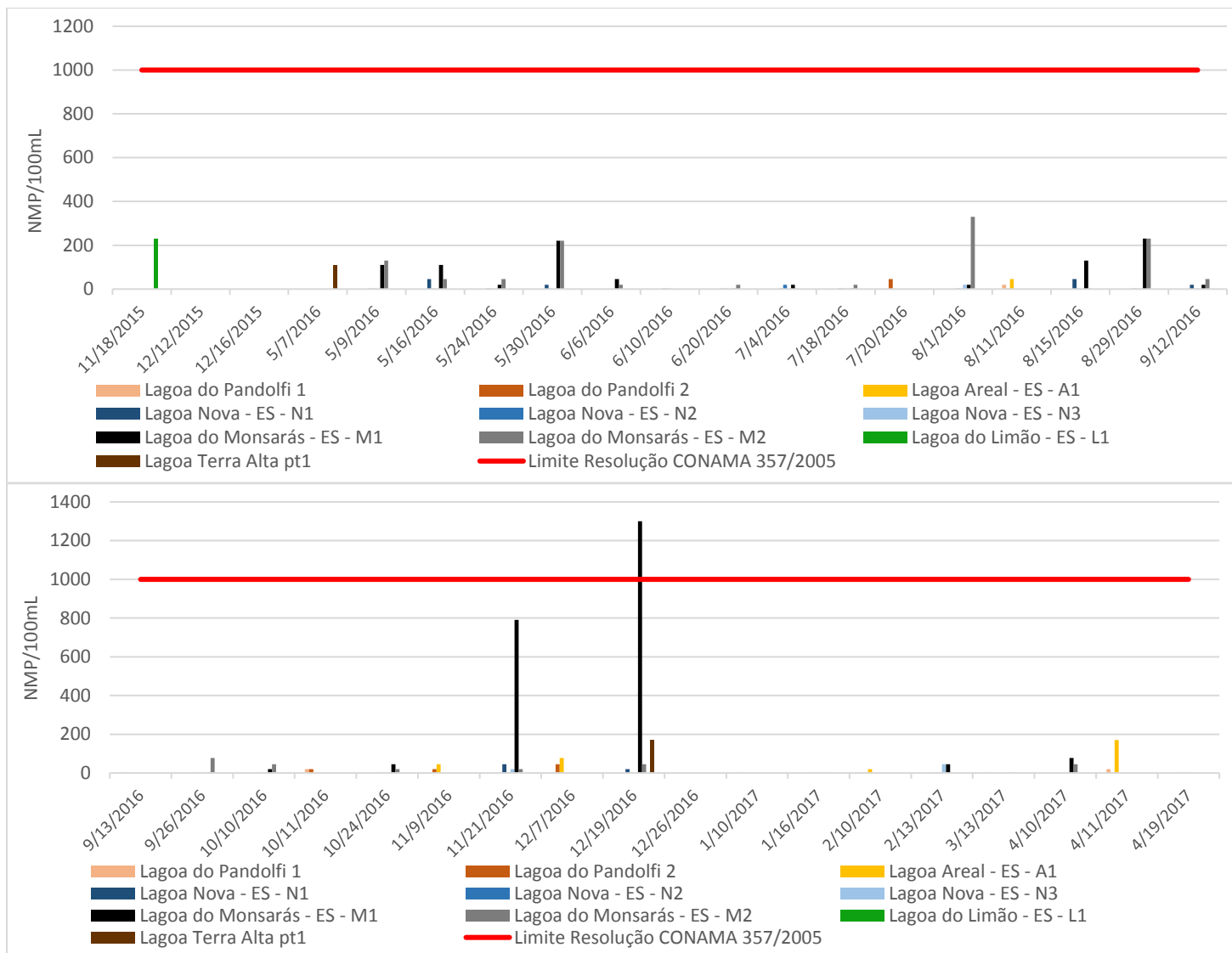


Gráfico 4-87: Valores de coliformes termotolerantes nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

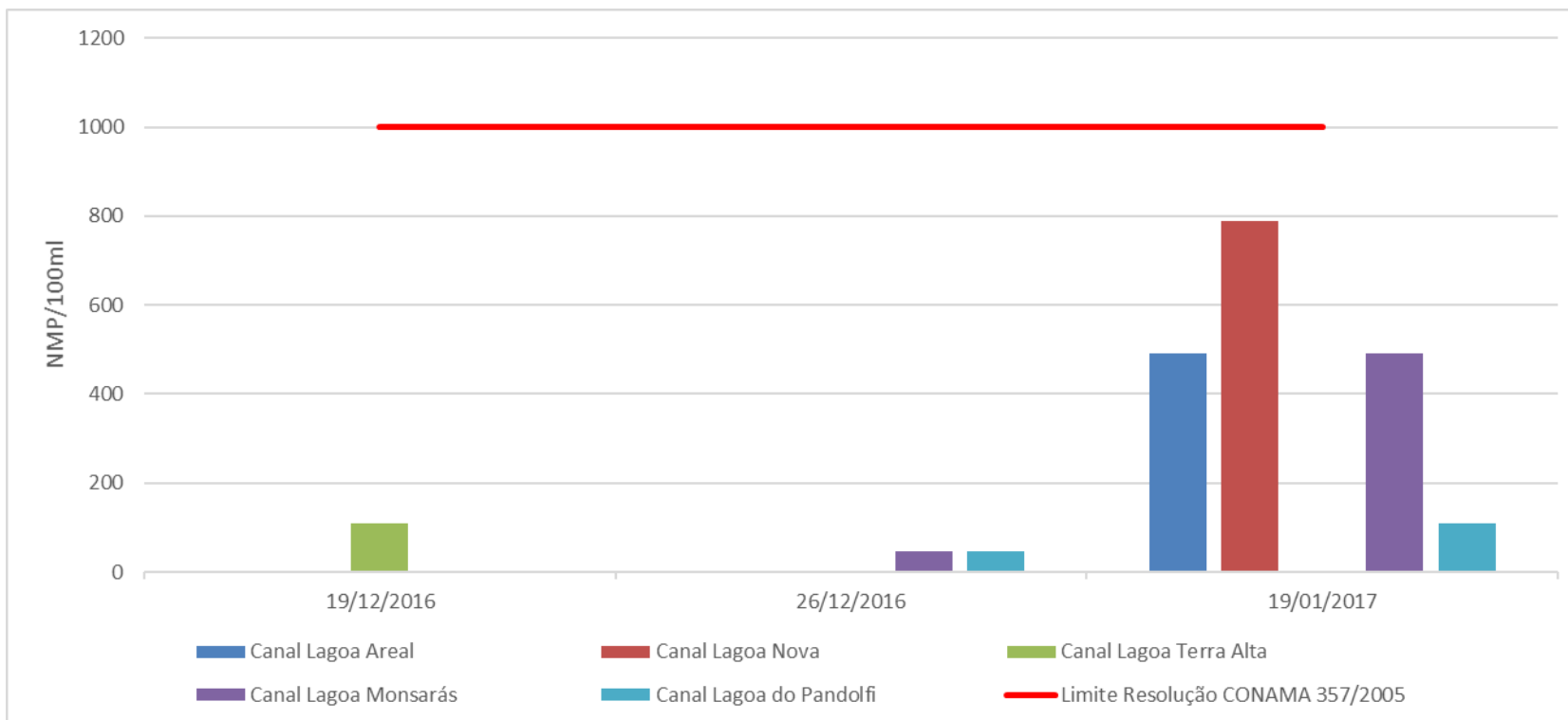


Gráfico 4-88: Valores de coliforme termotolerantes nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

4.4.7 Cor verdadeira

O **Gráfico 4-89**, **Gráfico 4-90** e **Gráfico 4-91** apresentam os valores de cor verdadeira nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi, Areal, do Limão e Terra Alta e seus respectivos canais.

A cor verdadeira no ponto monitorado no rio Doce na amostra coletada no dia 25/01/2016 foi 250 mgPt/L. Esse valor foi acima do limite preconizado na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2 (75 mgPt/L).

Nota-se nas campanhas realizadas nas lagoas em datas próximas ao período da cheia do rio (lagoa Areal – 31/01/2016, lagoas Nova e Monsarás – 03/02/2016), que o valor deste parâmetro foi acima do valor preconizado na legislação de referência somente na amostra da lagoa Areal (**Gráfico 4-89**).

Os maiores valores de cor verdadeira foram analisados na lagoa Pandolfi e na lagoa Areal a partir de julho de 2016. Todas as análises na lagoa Areal apresentaram valores acima do limite preconizado na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2. Já na lagoa Pandolfi as últimas três campanhas apresentaram valores de cor verdadeira abaixo do valor de referência indicado nesta legislação.

As análises realizadas nos canais das quatro lagoas deste estudo apresentaram valores acima do limite preconizado na Resolução Conama 357/2005 nas amostras coletadas na lagoa Areal e na Pandolfi, na campanha de 26/12/2016, e, novamente na lagoa Areal, na campanha de 19/01/2017 (**Gráfico 4-90**).

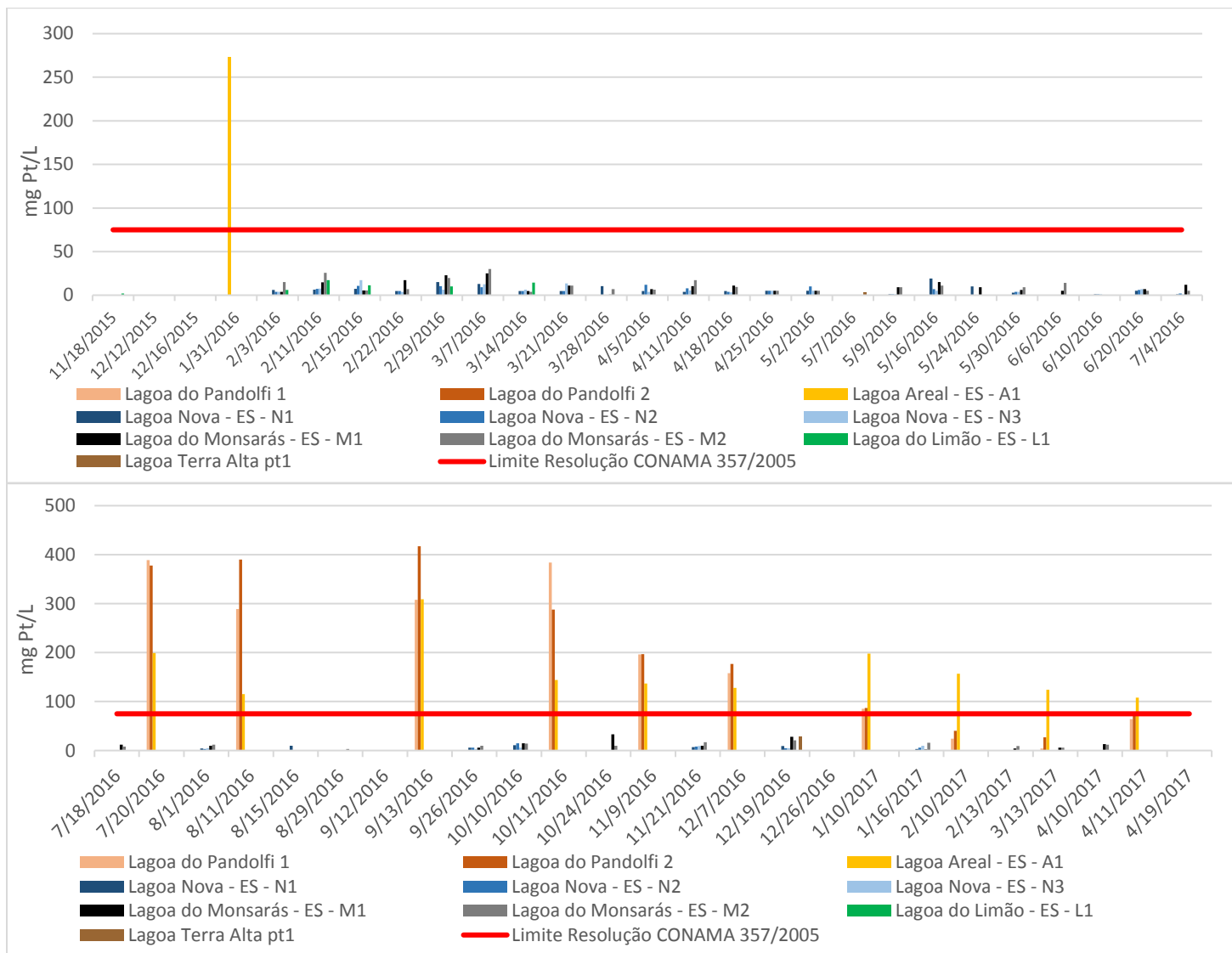


Gráfico 4-89:: Valores de cor verdadeira nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

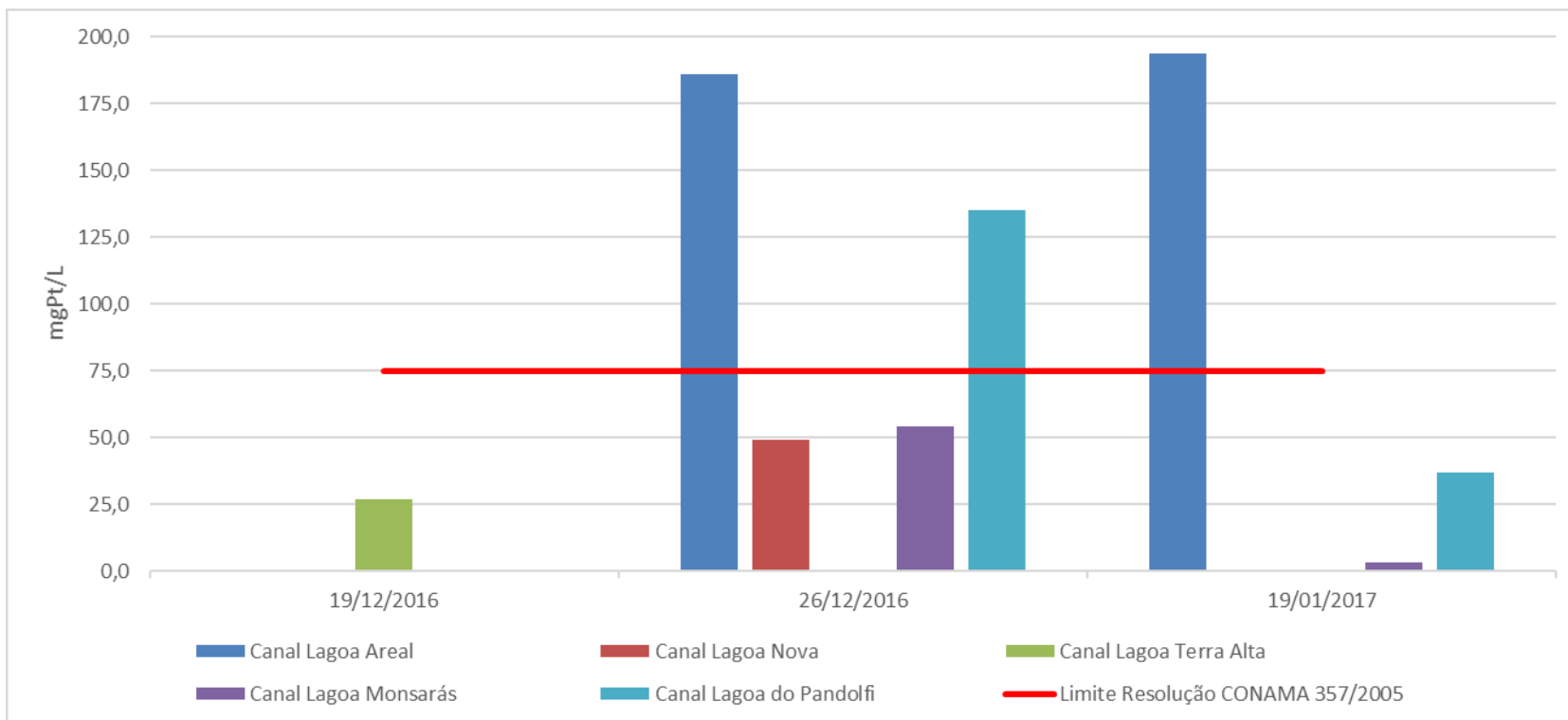


Gráfico 4-90: Valores de cor verdadeira nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.



4.4.8 Cromo total

O **Gráfico 4-91**, **Gráfico 4-92** e **Gráfico 4-93** apresentam as concentrações de cromo total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi, Areal, do Limão e Terra Alta e seus respectivos canais.

A concentração deste parâmetro no ponto monitorado no rio Doce na campanha realizada em 25/01/2016 foi abaixo limite de quantificação do método analítico utilizado pelo laboratório (0,01 mg/L), portanto, abaixo do limite preconizado na resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2.

Todas as análises realizadas nas amostras coletadas nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal apresentaram concentração de cromo dissolvido abaixo do limite preconizado na resolução Conama de referência deste estudo (**Gráfico 4-91**)

Nos canais das quatro lagoas a concentração deste parâmetro também apresentaram valor abaixo do LQ do método analítico utilizado pelo laboratório nos pontos amostrados nas duas campanhas realizadas, e, conseqüentemente, também abaixo do limite preconizado na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2 (**Gráfico 4-92**).

Ressalta-se que todas as amostras analisadas deste parâmetro nas quatro lagoas e seus respectivos canais apresentaram resultados abaixo do valor preconizado na resolução Conama de referência.

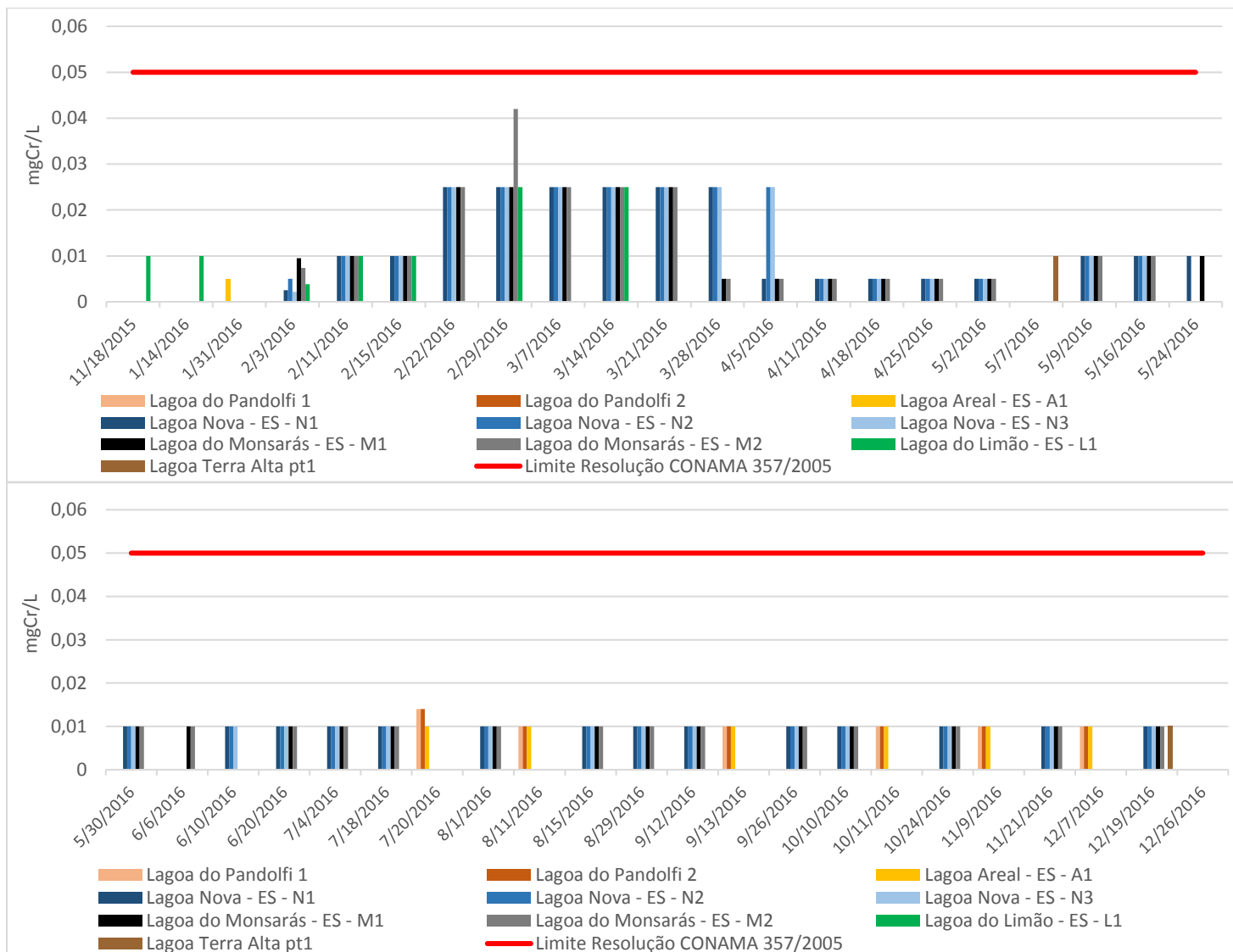


Gráfico 4-91: Concentrações de cromo total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

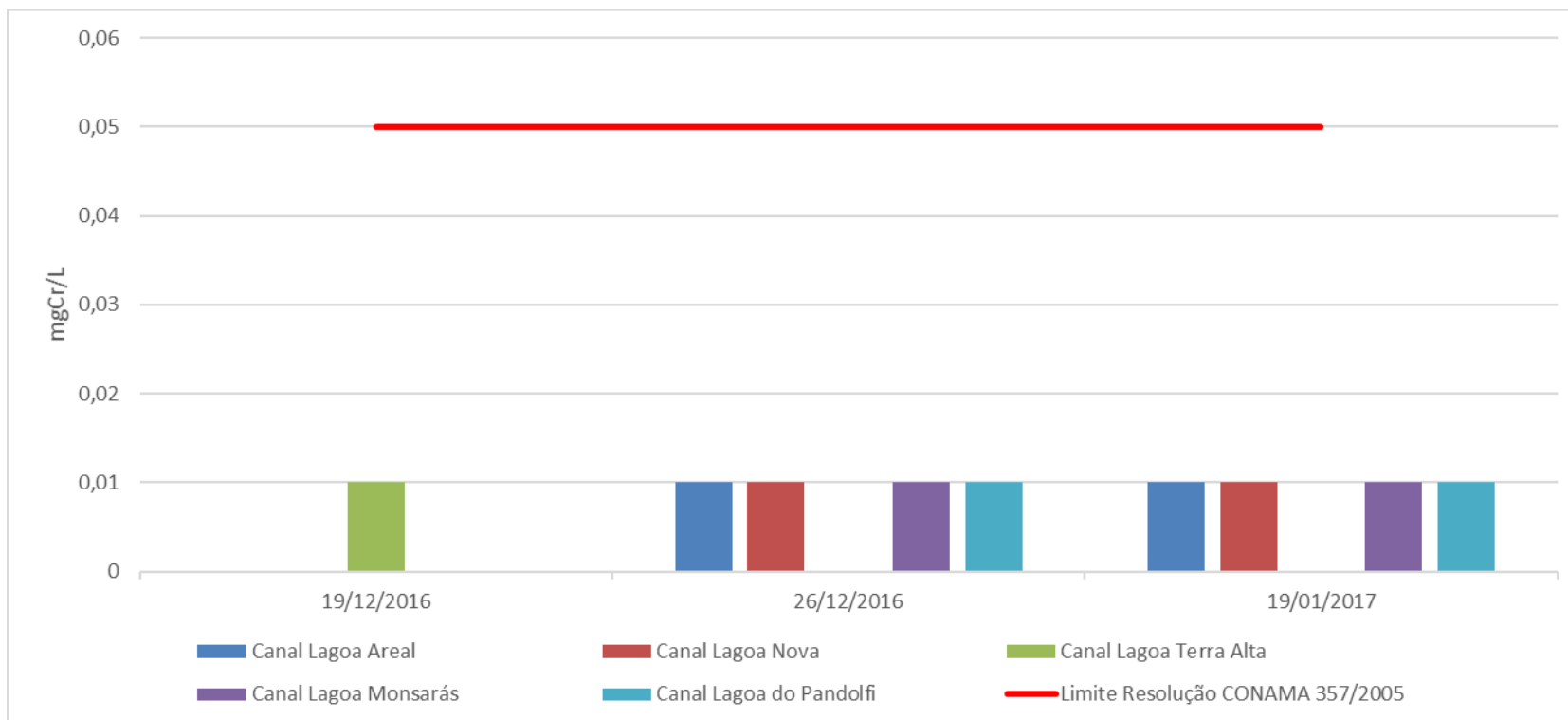


Gráfico 4-92: Concentrações de cromo total nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

4.4.9 Ferro dissolvido

O **Gráfico 4-93**, **Gráfico 4-94** e **Gráfico 4-95** apresentam as concentrações de ferro dissolvido nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi, Areal, do Limão e Terra Alta e seus respectivos canais.

A concentração de ferro dissolvido no ponto monitorado no rio Doce foi abaixo LQ do método analítico utilizado pelo laboratório (0,02 mg/L) na campanha realizada em 25/01/2016, portanto, abaixo do limite preconizado na resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2.

Observa-se no **Gráfico 4-93** que as análises realizadas nas amostras coletadas nas lagoas nas datas próximas ao período de cheia do rio (lagoa Areal – 31/01/2016, lagoas Nova e Monsarás – 03/02/2016), que o valor encontrado foi acima do valor preconizado na legislação de referência na amostra da lagoa Areal. Na lagoa Nova as análises realizadas em fevereiro de 2016 apresentaram uma análise com valor acima da resolução Conama de referência. A lagoa Monsarás nas análises realizadas no mês de março e abril do referido ano apresentaram valores de ferro dissolvido acima do indicado na legislação de referência.

Os maiores valores deste parâmetro foram analisados na lagoa Pandolfi e na lagoa Areal a partir de julho de 2016, sendo que nas últimas sete campanhas das 30 amostras coletadas nestas lagoas apenas cinco amostras apresentaram valores acima do limite preconizado na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2. Porém, é possível observar que há uma tendência de redução na concentração de ferro dissolvido em ambas lagoas.

As análises realizadas nos canais das quatro lagoas deste estudo apresentaram valores acima do limite preconizado na Resolução Conama 357/2005 nas amostras coletadas na campanha de 26/12/2016 em todos pontos analisados e na campanha de 19/01/2017 nas análises dos pontos das lagoas Areal e Pandolfi (**Gráfico 4-95**).

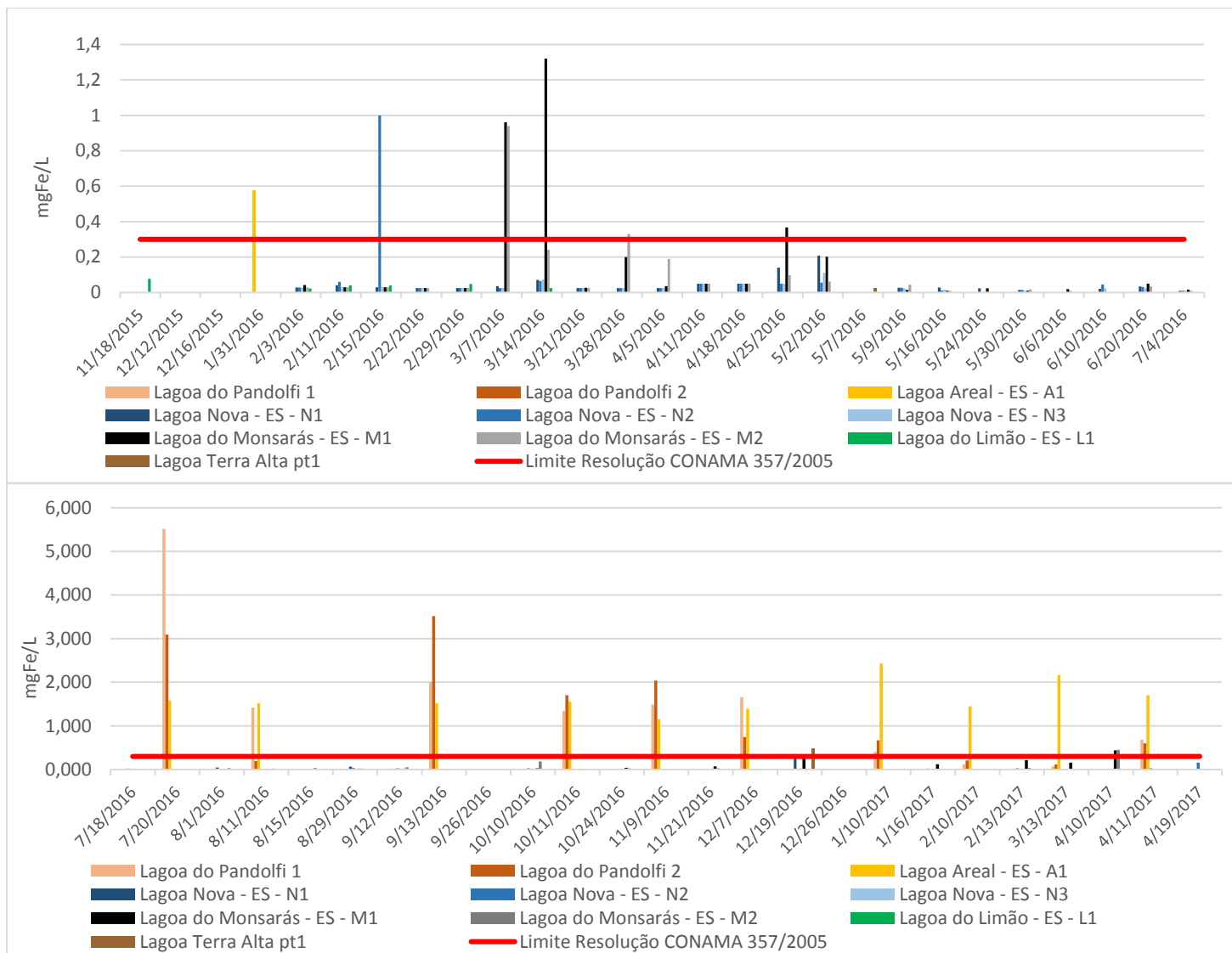


Gráfico 4-93: Concentrações de ferro dissolvido nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

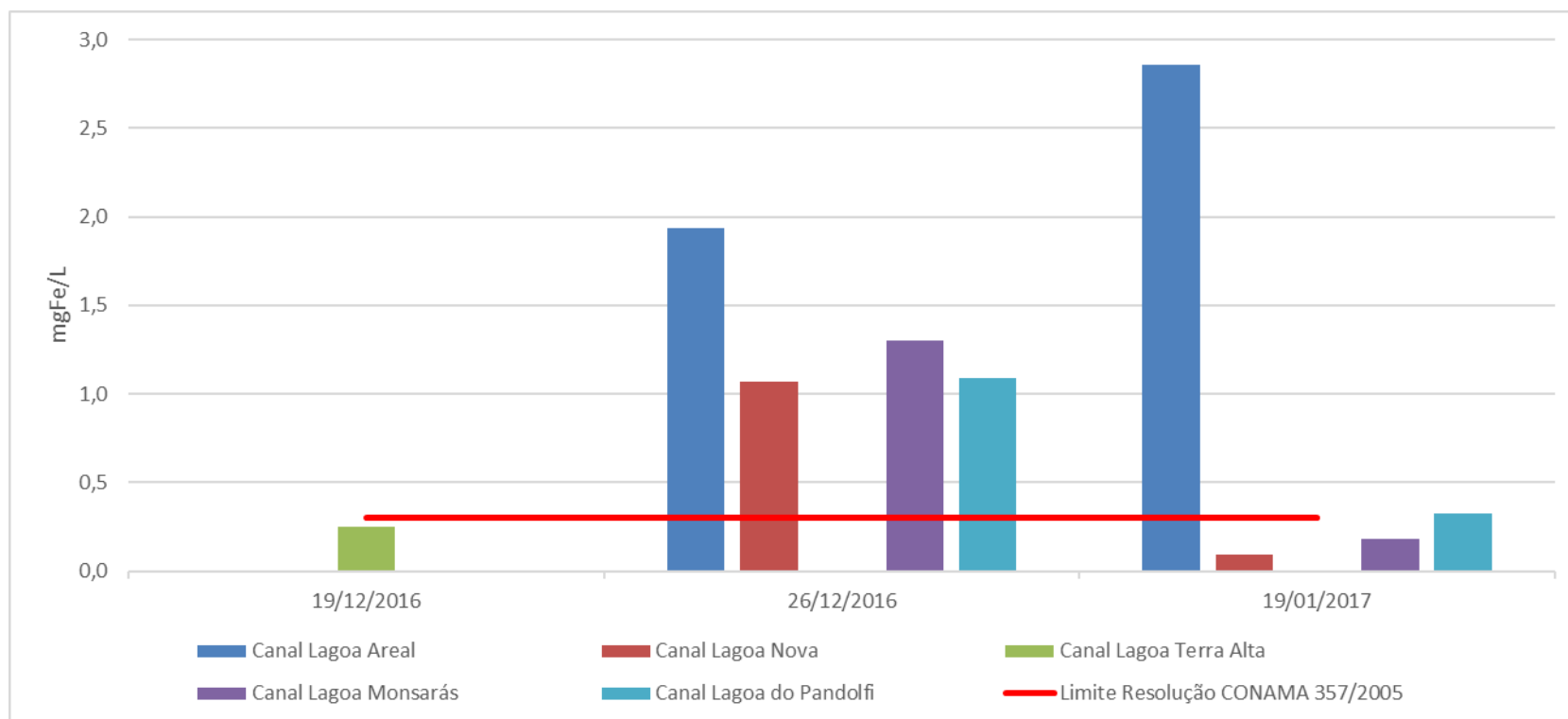


Gráfico 4-94: Concentrações de ferro dissolvido nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.



4.4.10 Fósforo total

O **Gráfico 4-95**, **Gráfico 4-96** e **Gráfico 4-97** apresentam as concentrações de fósforo total, nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi, Areal, do Limão e Terra Alta e seus respectivos canais.

A concentração de fósforo total no ponto monitorado no rio Doce a montante da cidade de Linhares-ES na campanha realizada em 25/01/2016 foi 0,088 mg/L, portanto, acima do limite preconizado na resolução Conama 357/2005 para águas de classe 2.

Nota-se na **Gráfico 4-95** que as análises realizadas nas amostras coletadas nas lagoas nas datas próximas ao período de cheia do rio (lagoa Areal – 31/01/2016, lagoas Nova e Monsarás – 03/02/2016), o valor deste parâmetro foi acima do preconizado na legislação de referência na amostras da lagoa Areal, nas três amostras da lagoa Nova e uma amostra da lagoa Monsarás (M1).

Os maiores valores deste parâmetro foram analisados nas lagoas Areal e Pandolfi, e as maiores frequências de amostras acima do limite preconizado na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2 foram nas lagoas Novas e Monsarás. Porém, na última campanha do período analisado todas as amostras atenderam o preconizado na Conama e referência (**Gráfico 4-96**).

As análises realizadas nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal apresentaram valores abaixo do limite preconizado na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2 nas duas amostragens realizadas (**Gráfico 4-96**).

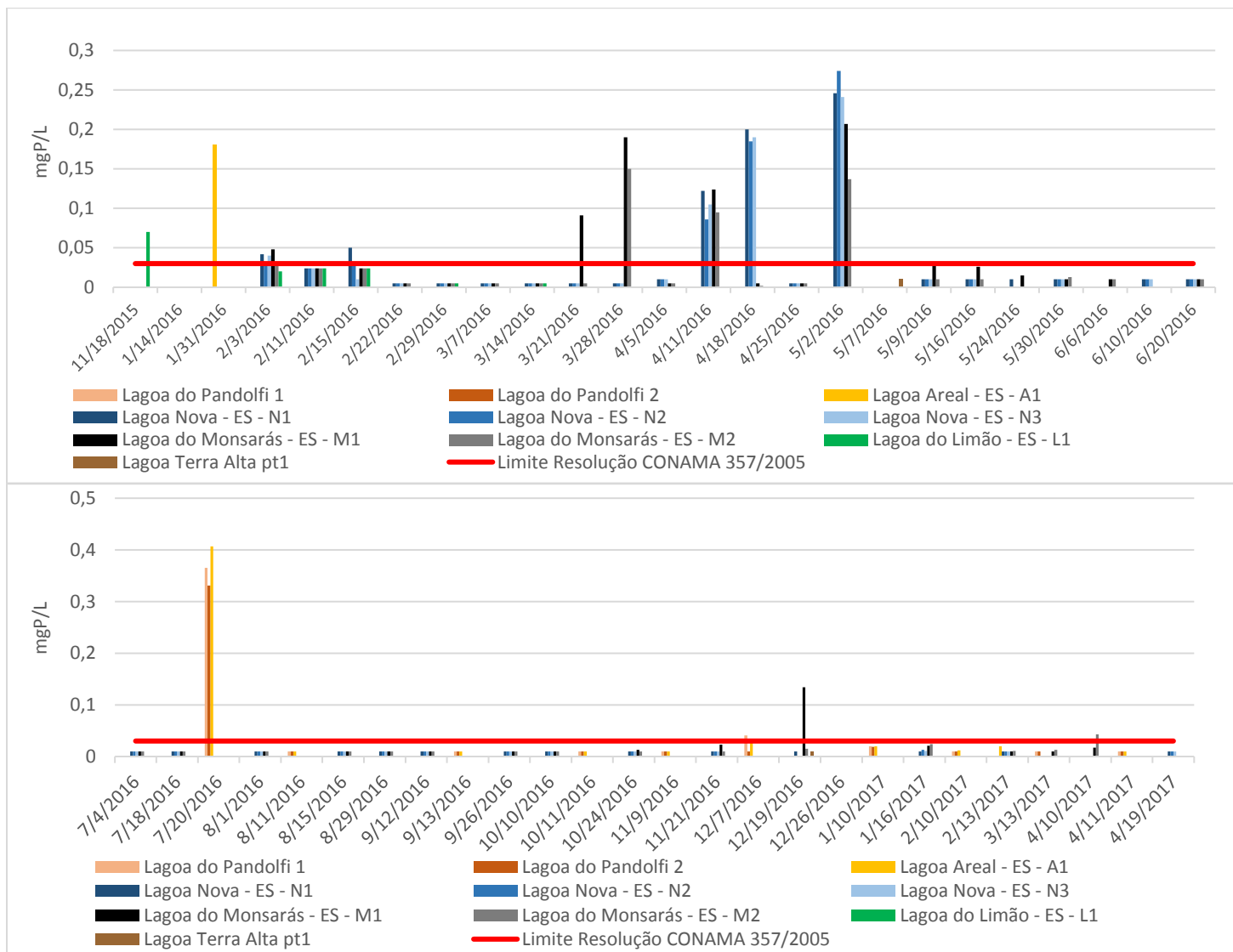


Gráfico 4-95: Concentrações de fósforo total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

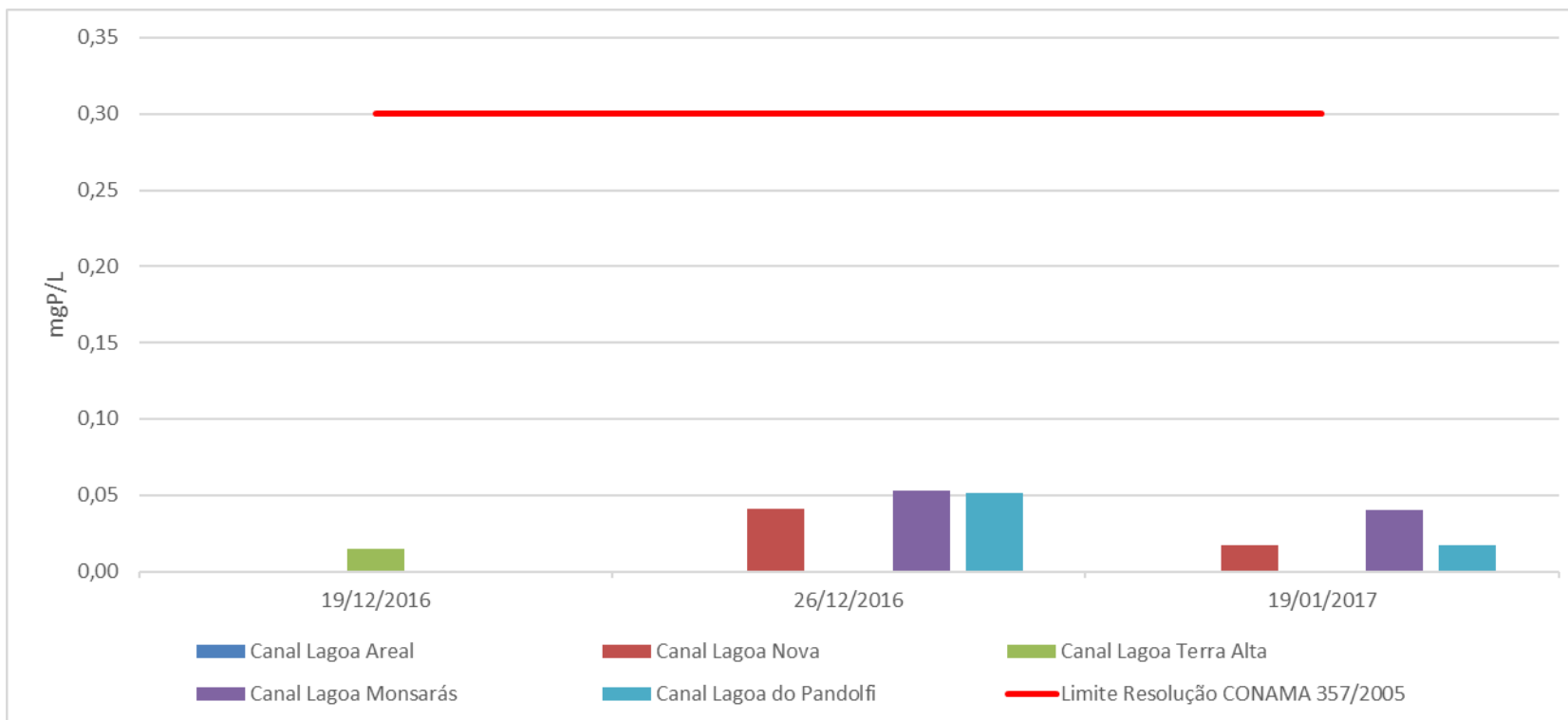


Gráfico 4-96: Concentrações de fósforo total nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

4.4.11 Manganês total

O **Gráfico 4-97**, **Gráfico 4-98** e **Gráfico 4-99** apresentam as concentrações de manganês total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi, Areal, do Limão e Terra Alta e seus respectivos canais.

A concentração de manganês total no ponto monitorado no rio Doce a montante da cidade de Linhares-ES na campanha realizada em 25/01/2016 foi 0,05 mg/L, sendo este abaixo do limite preconizado na resolução Conama 357/2005 para águas de classe 2.

Nas análises realizadas nas amostras coletadas nas lagoas nas datas próximas ao período de cheia do rio (lagoa Areal – 31/01/2016, lagoas Nova e Monsarás – 03/02/2016) o valor de manganês foi acima do limite preconizado na legislação de referência nas amostras da lagoa Areal e da lagoa Monsarás, sendo está, por sua vez, apresentou valores acima do limite preconizado na resolução Conama 357/2005 em quase todas as campanhas realizadas (**Gráfico 4-97**)

As análises realizadas nos canais das lagoas deste estudo apresentaram valores acima do limite preconizado na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2 em todas as amostras coletadas na campanha de 26/12/2016, e na campanha de 19/01/2017 apenas na amostra do canal da lagoa Nova (**Gráfico 4-97**).

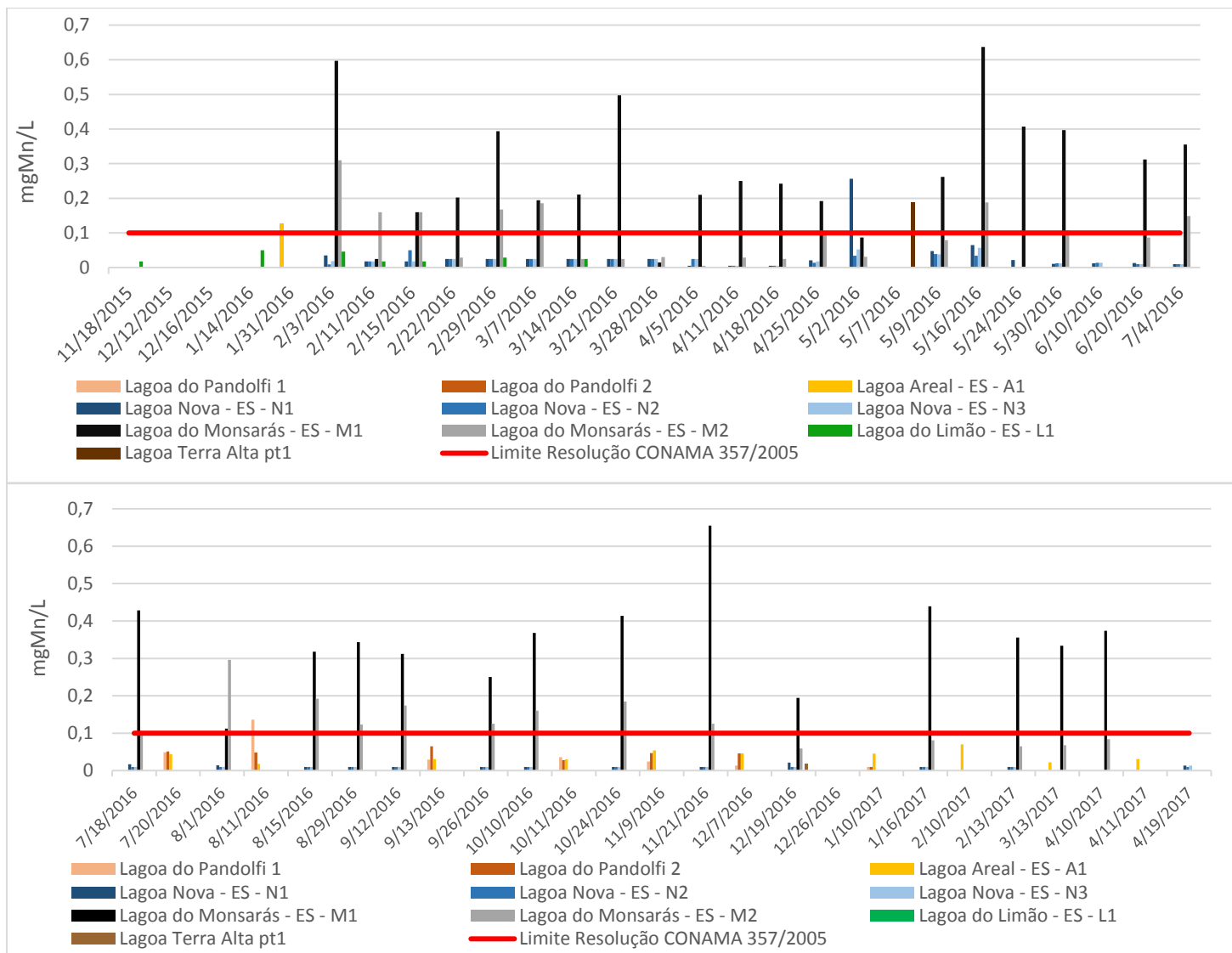


Gráfico 4-97: Concentrações de manganês total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

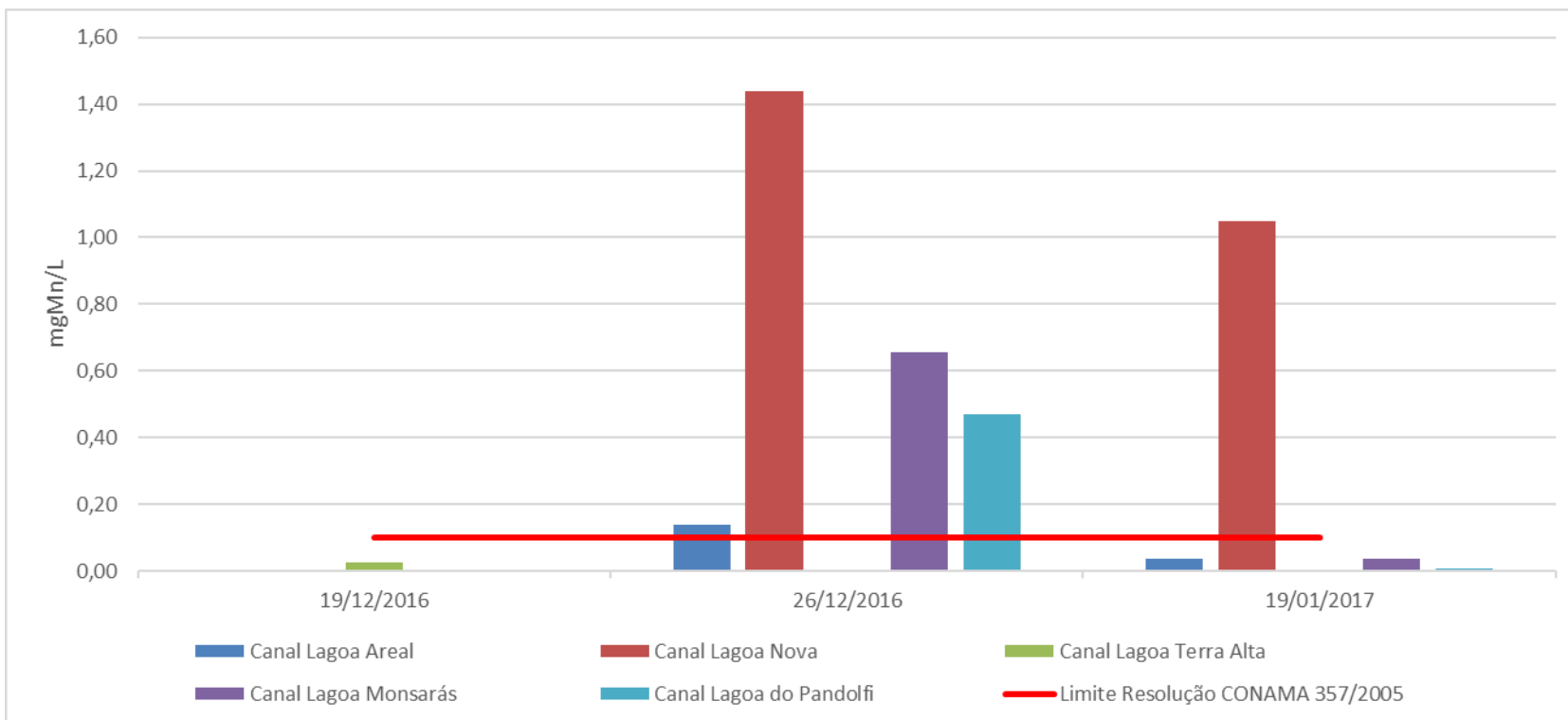


Gráfico 4-98: Concentrações de manganês total nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.



4.4.12 Níquel total

O **Gráfico 4-100**, **Gráfico 4-101** e **Gráfico 4-102** apresentam as concentrações de níquel total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi, Areal, do Limão e Terra Alta e seus respectivos canais.

A concentração níquel total no ponto monitorado no rio Doce a montante da cidade de Linhares-ES na campanha realizada em 25/01/2016 foi 0,001 mg/L, sendo este valor abaixo do limite preconizado na resolução Conama 357/2005 para águas de classe 2.

Todas as análises realizadas nas amostras coletadas nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal apresentaram concentração de níquel total abaixo do limite preconizado na resolução Conama de referência deste estudo para as amostras coletadas nas datas próximas ao período de cheia do rio (lagoa Areal – 31/01/2016, lagoas Nova e Monsarás – 03/02/2016). As lagoas Pandolfi e Areal apresentaram em todas as sete campanhas realizadas concentração de níquel menor que o LQ do método analítico utilizado pelo laboratório (**Gráfico 4-100**)

Todas as análises realizadas nas amostras coletadas nas campanhas de 26/12/2016 e 19/01/2017 nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal apresentaram concentração de níquel menor que o LQ do método analítico utilizado pelo laboratório, portanto abaixo do limite preconizado na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2 em todas (**Gráfico 4-101**).

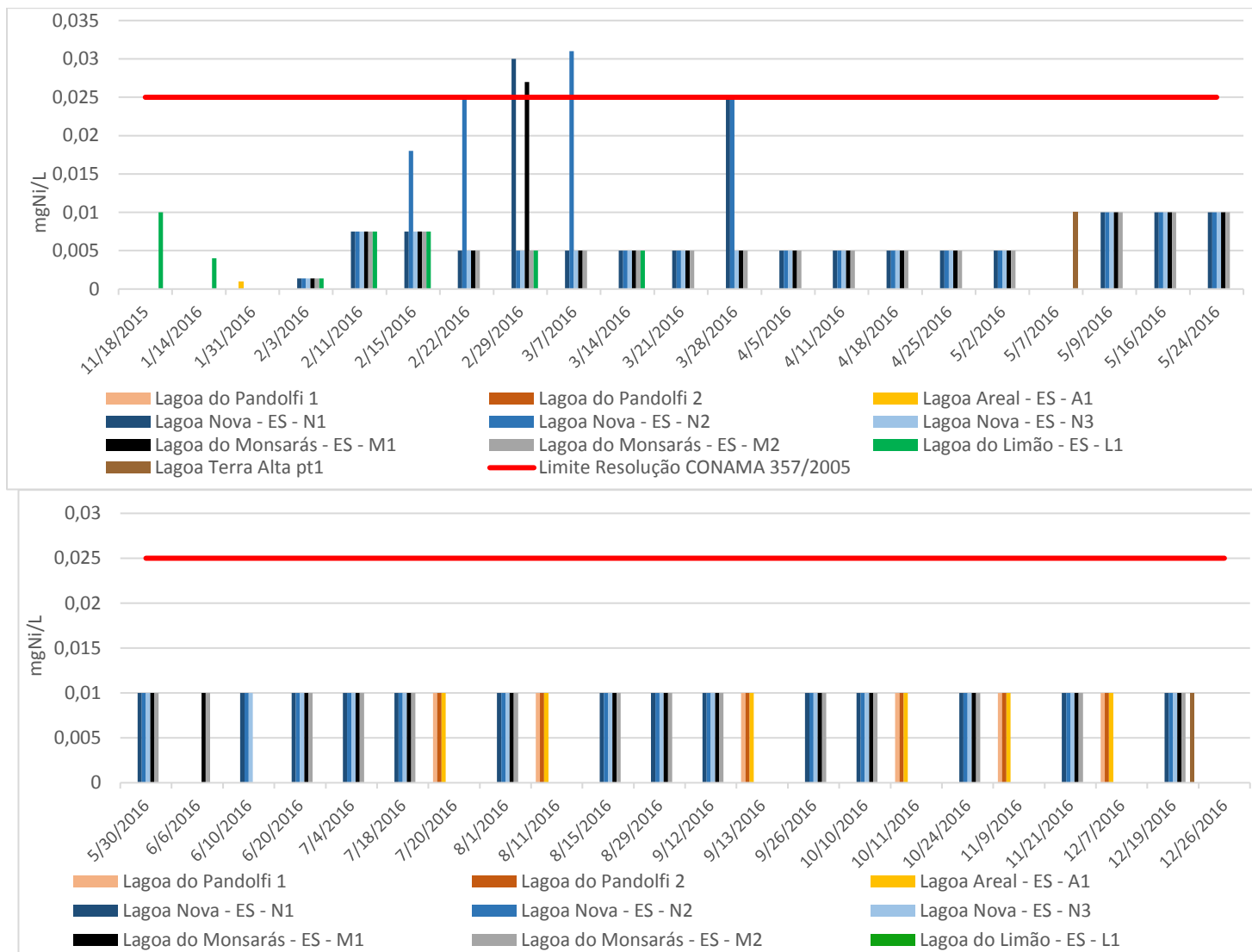


Gráfico 4-99: Concentrações de níquel total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

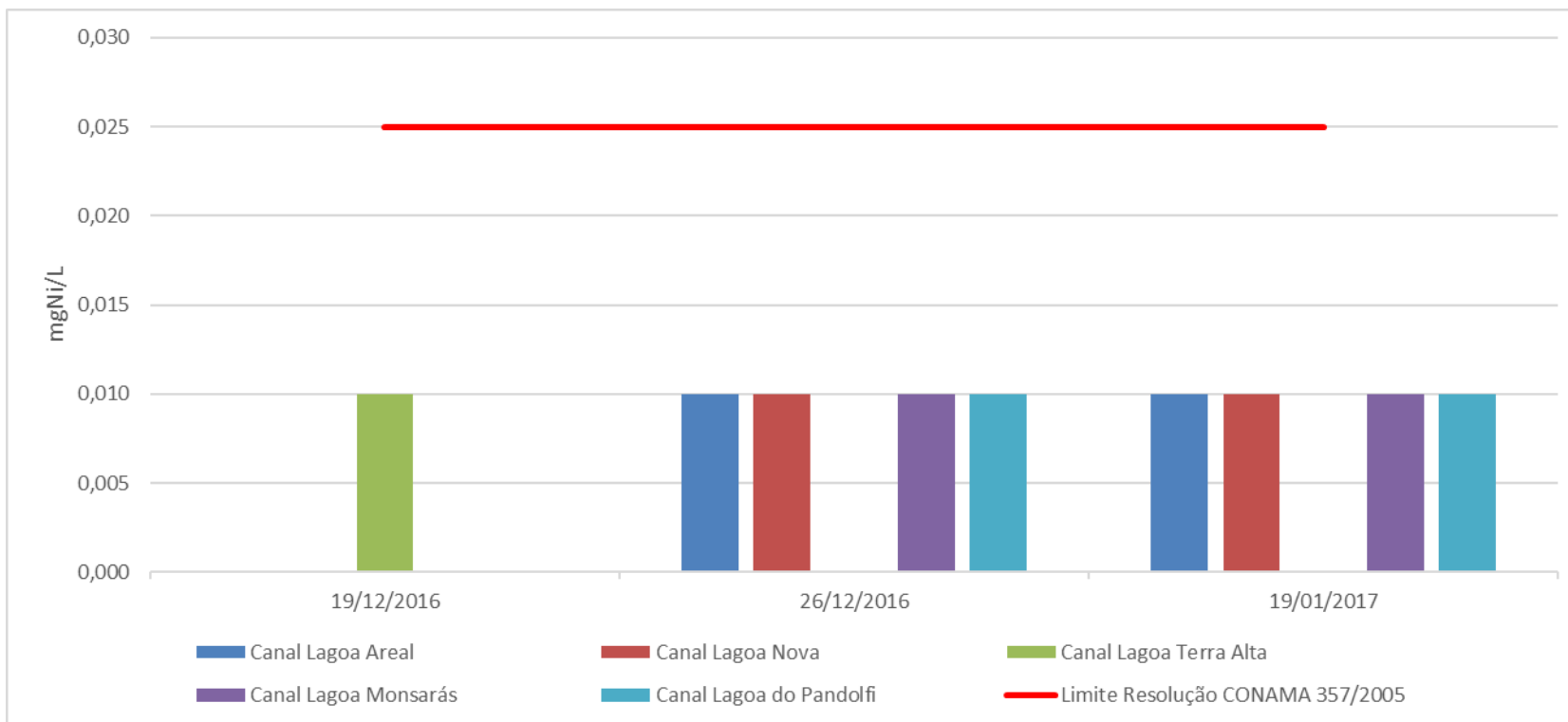


Gráfico 4-100: Concentrações de níquel total nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

4.4.13 Oxigênio Dissolvido

O **Gráfico 4-101**, **Gráfico 4-102** e **Gráfico 4-103** apresentam a concentração de oxigênio dissolvido nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi, Areal, do Limão e Terra Alta e seus respectivos canais.

A concentração oxigênio dissolvido foi 5,56 mg/L no ponto monitorado no rio Doce a montante da cidade de Linhares-ES na campanha realizada em 25/01/2016, período da cheia do rio Doce, logo atendeu ao limite mínimo preconizado na resolução Conama 357/2005 para águas de classe 2.

As análises realizadas para este parâmetro nas amostras coletadas nas lagoas Nova e Monsarás no dia três de fevereiro de 2016 apresentaram valores acima do limite mínimo preconizado na legislação de referência em quatro dos cinco pontos amostrados (**Gráfico 4-101**). Não foram realizadas análises de oxigênio dissolvido nas lagoas Pandolfi e Areal em data próxima ao período da cheia do rio Doce (25/01/2016).

Nos canais das lagoas Areal, Pandolfi e Monsarás nas amostras coletadas na campanha de 26/12/2016 apresentaram valor de oxigênio dissolvido acima do limite mínimo preconizado na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2, porém na campanha de 19/01/2017 apenas na amostra do canal da lagoa Pandolfi atendeu a legislação de referência (**Gráfico 4-103**).

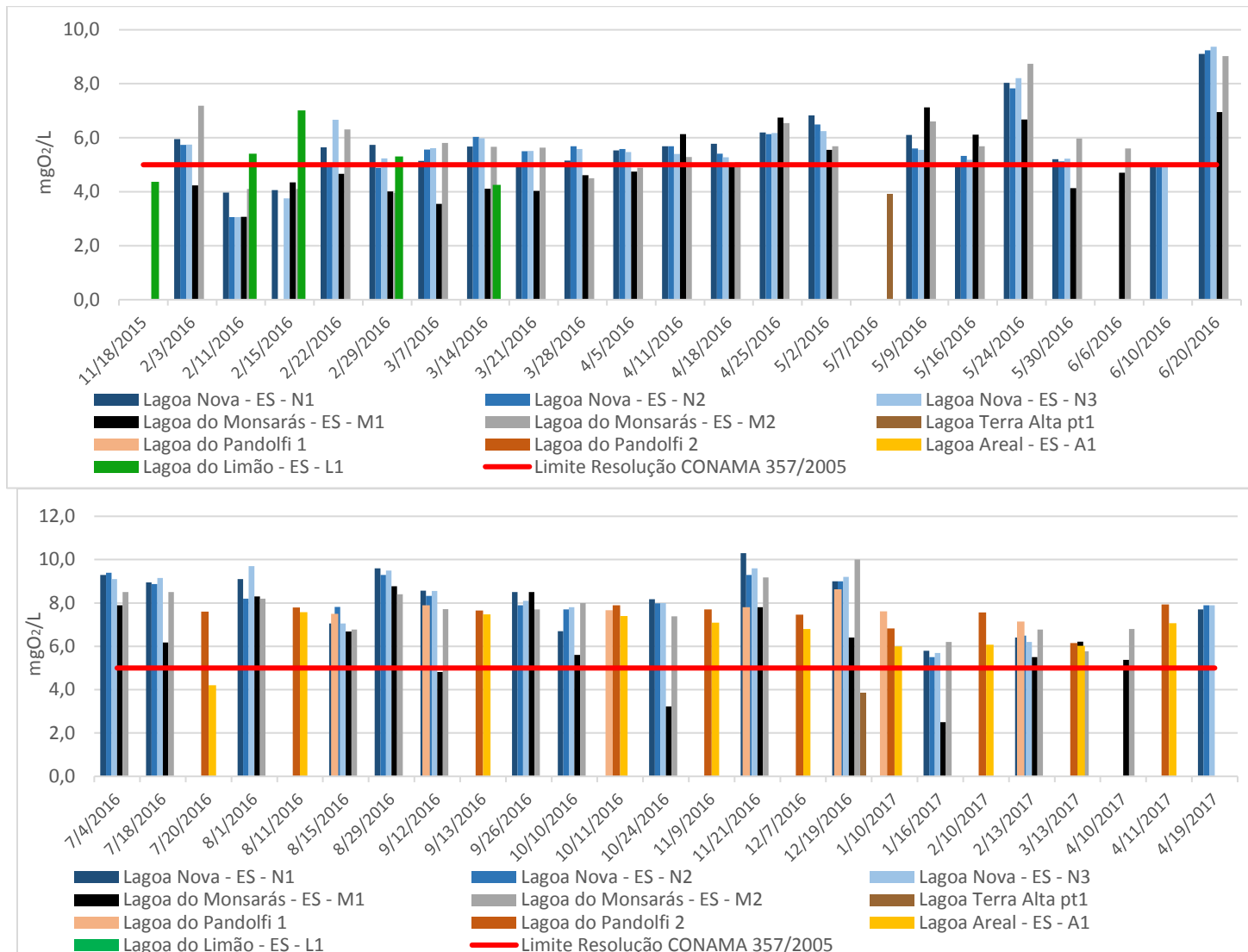


Gráfico 4-101: Valores de oxigênio dissolvido nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

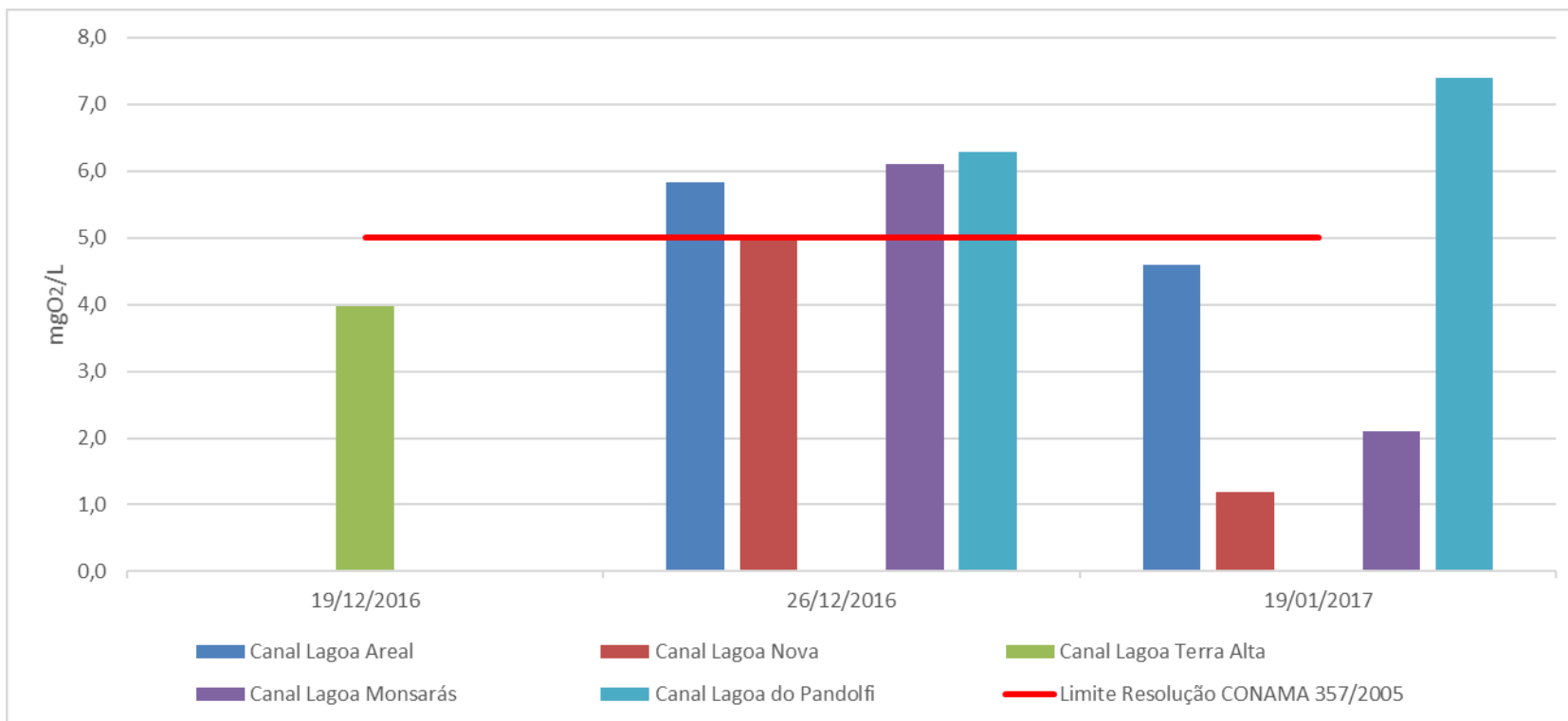


Gráfico 4-102: Valores de oxigênio dissolvido nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.



4.4.14 Potencial Hidrogeniônico - pH

O **Gráfico 4-103**, **Gráfico 4-104** e **Gráfico 4-105** apresentam o valor de pH nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi, Areal, do Limão e Terra Alta e seus respectivos canais.

O valor de pH foi 6,61 no ponto monitorado no rio Doce a montante da cidade de Linhares-ES na campanha realizada em 25/01/2016. Esse valor atendeu a faixa de limite preconizada na resolução Conama 357/2005 para águas doce de classe 2 (valor mínimo 6 e valor máximo 9).

Nas análises realizadas nas amostras coletadas nas lagoas nas datas próximas ao período da cheia do rio (lagoa Areal – 31/01/2016, lagoas Nova e Monsarás – 03/02/2016) o valor de pH não atendeu o valor mínimo preconizado na legislação de referência somente na amostra da lagoa Areal que apresentou pH 5,8 (**Gráfico 4-103**).

Nos canais das lagoas Areal, Pandolfi, Nova e Monsarás todas as amostras coletadas nas campanhas de 26/12/2016 e 19/01/2017 apresentaram valores de pH dentro da faixa preconizada na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2 (**Gráfico 4-104**).

Ressalta-se que, com exceção da amostrada coletada na lagoa Areal no dia 31/01/2016, todas as amostras analisadas deste parâmetro nas lagoas Pandolfi, Monsarás e Nova, assim como seus respectivos canais, apresentaram resultados deste parâmetro abaixo do valor preconizado na resolução Conama de referência.

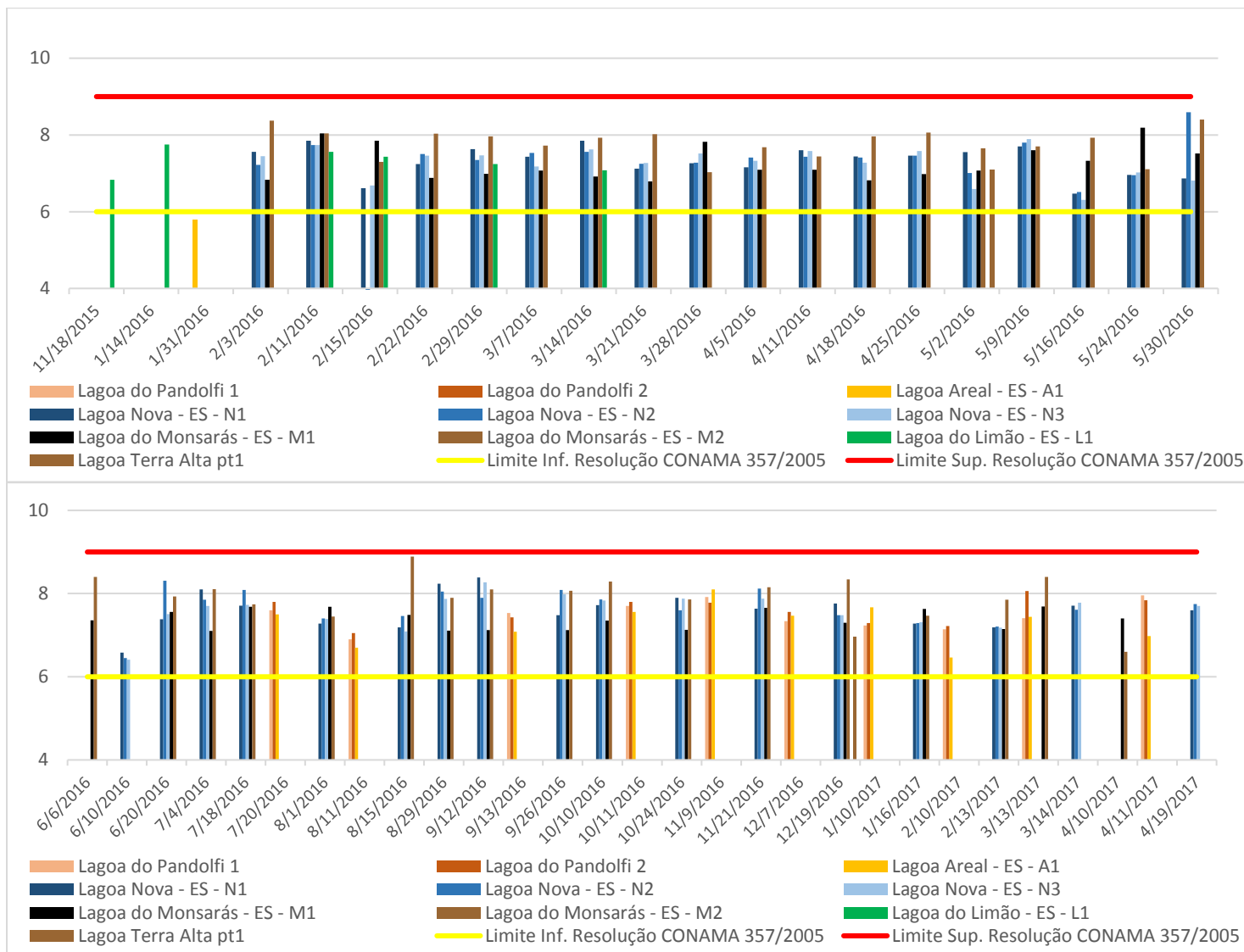


Gráfico 4-103: Valores de pH nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

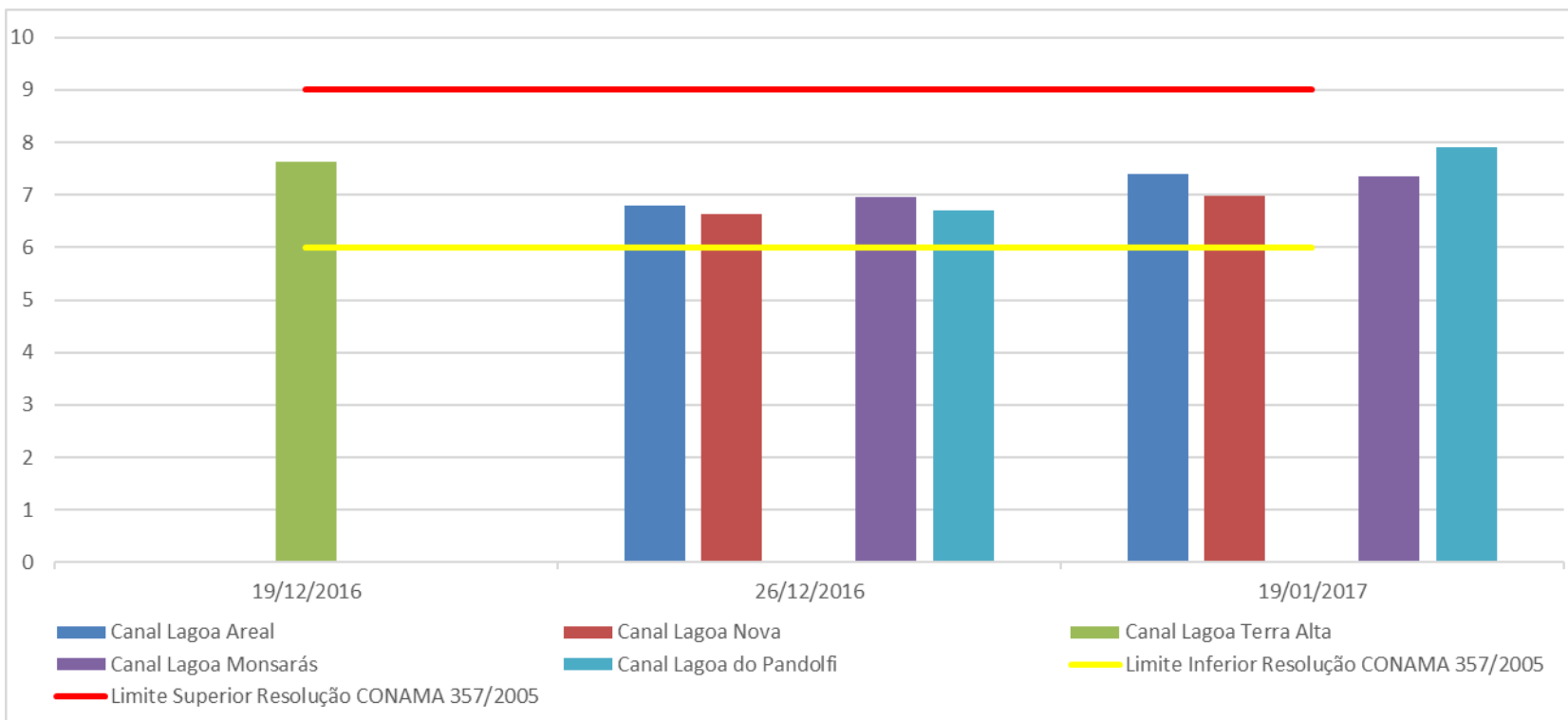


Gráfico 4-104: Valores de pH nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

4.4.15 Sólidos dissolvidos totais

O **Gráfico 4-105**, **Gráfico 4-106** e **Gráfico 4-107** apresentam as concentrações de sólidos dissolvidos totais nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi, Areal, do Limão e Terra Alta e seus respectivos canais.

A concentração de sólidos dissolvidos totais no ponto monitorado no rio Doce na campanha realizada em 25/01/2016 a montante da cidade de Linhares-ES no período da cheia do rio Doce foi 35,0 mg/L. Este valor ficou abaixo do limite máximo de 500 mg/L preconizado na resolução Conama 357/2005 para águas de classe 2.

Nota-se na **Gráfico 4-105** que as análises realizadas nas amostras coletadas nas lagoas nas datas próximas a amostragem no rio Doce (lagoa Areal – 31/01/2016, lagoas Nova e Monsarás – 03/02/2016) apresentaram valores deste parâmetro abaixo do limite máximo preconizado na legislação de referência. Entretanto, ressalta-se que a partir de 22/02/2016 a concentração de sólidos dissolvidos totais nas amostragens realizadas na lagoa Monsarás apresentaram valores bem elevados em três campanhas consecutivas.

Nos canais das lagoas Areal, Pandolfi, Nova e Monsarás todas as amostras coletadas nas campanhas de 26/12/2016 e 19/01/2017 apresentaram valores de sólidos dissolvidos totais abaixo do valor máximo preconizado na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2 (**Gráfico 4-106**).

Ressalta-se que, com exceção da maioria das amostras coletadas na lagoa Monsarás, todas as amostras analisadas deste parâmetro nas lagoas Areal, Pandolfi e Nova e seus respectivos canais apresentaram resultados deste parâmetro abaixo do valor preconizado na resolução Conama de referência.

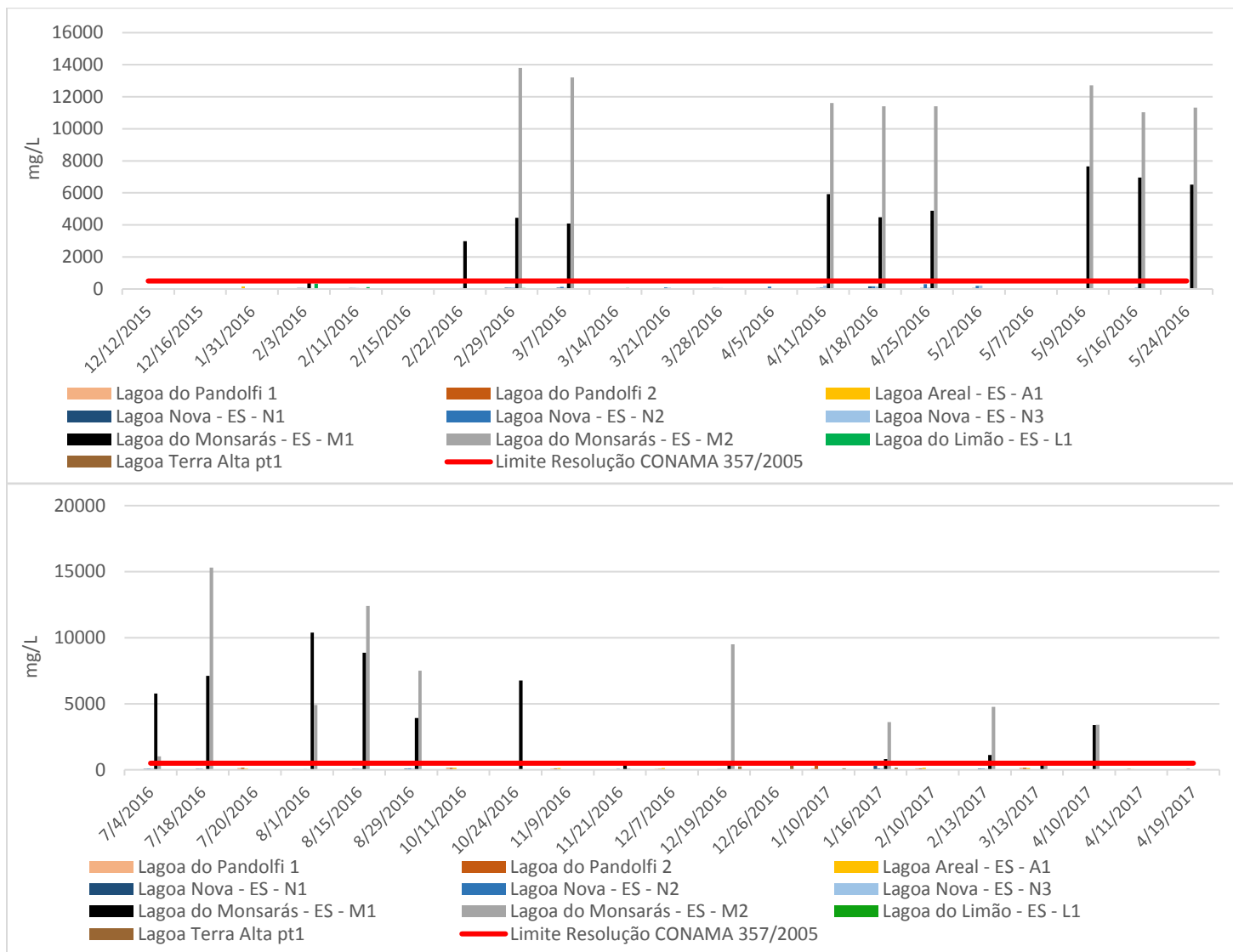


Gráfico 4-105: Valores de sólidos dissolvidos totais nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

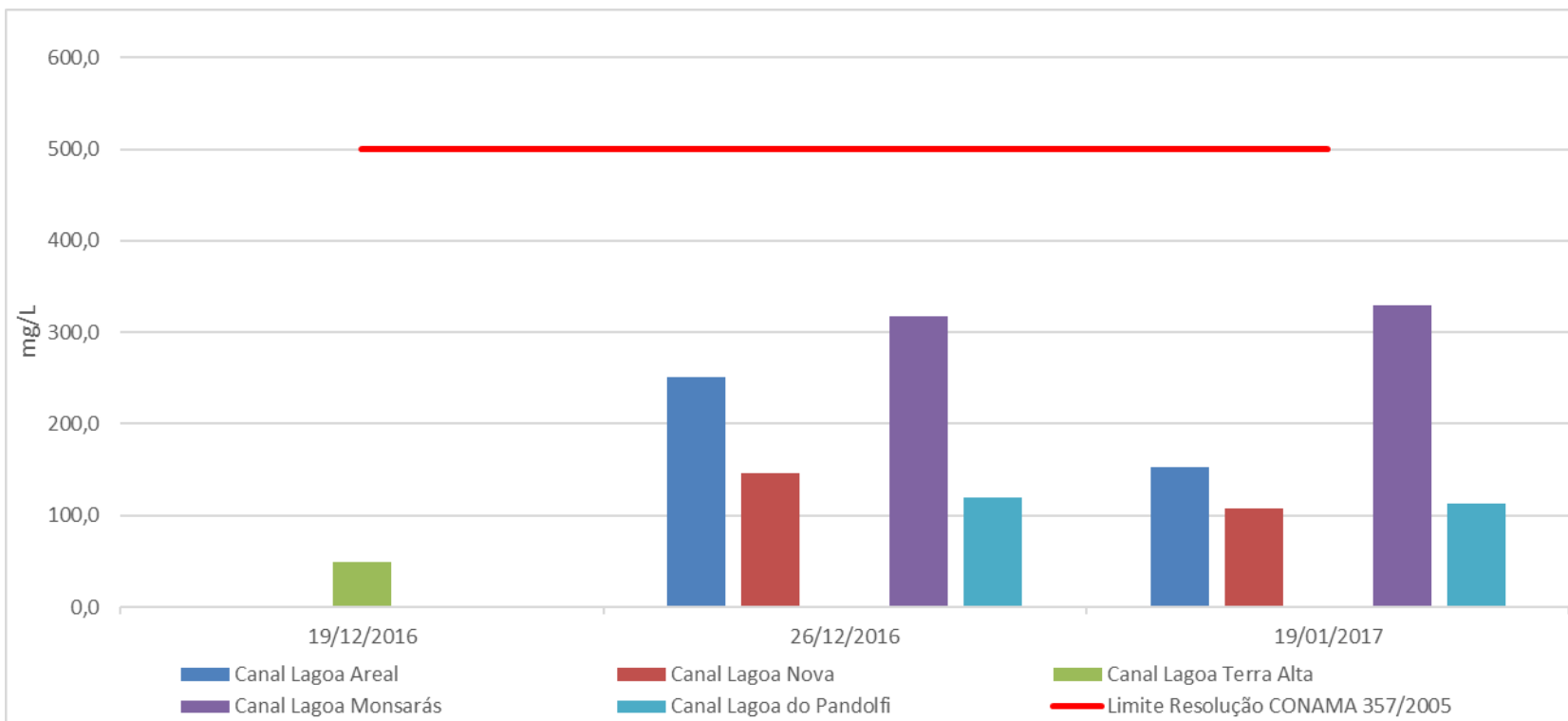


Gráfico 4-106: Valores de sólidos dissolvidos totais nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.



4.4.16 Sulfeto não dissociado

O **Gráfico 4-107**, **Gráfico 4-108** e **Gráfico 4-109** apresentam as concentrações de sulfeto não dissociado nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi, Areal, do Limão e Terra Alta e seus respectivos canais.

A concentração de sulfeto não dissociado no ponto monitorado no rio Doce a montante da cidade de Linhares-ES foi analisada em campanhas antes (14/12/2016) e após (21/03/2016) o período da cheia do rio Doce (21 a 25/01/2016), sendo, respectivamente, encontrado os valores de 0,008 mgS/L e 0,005 mgS/L. Estes valores ficaram acima do limite máximo de 0,002 mgS/L preconizado na resolução Conama 357/2005 para águas de classe 2.

A **Gráfico 4-107** mostra que as análises realizadas nas amostras coletadas nas lagoas nas datas próximas a amostragem no rio Doce (lagoa Areal – 31/01/2016, lagoas Nova e Monsarás – 11/02/2016) apresentaram concentração deste parâmetro abaixo do LQ do método analítico utilizado pelo laboratório, e, conseqüentemente, abaixo do valor preconizado na legislação de referência.

Nos canais das lagoas Areal, Pandolfi, Nova e Monsarás todas as amostras coletadas nas campanhas de 26/12/2016 e 19/01/2017 apresentaram valores de sulfeto não dissociado abaixo do valor máximo preconizado na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2 (**Gráfico 4-108**).

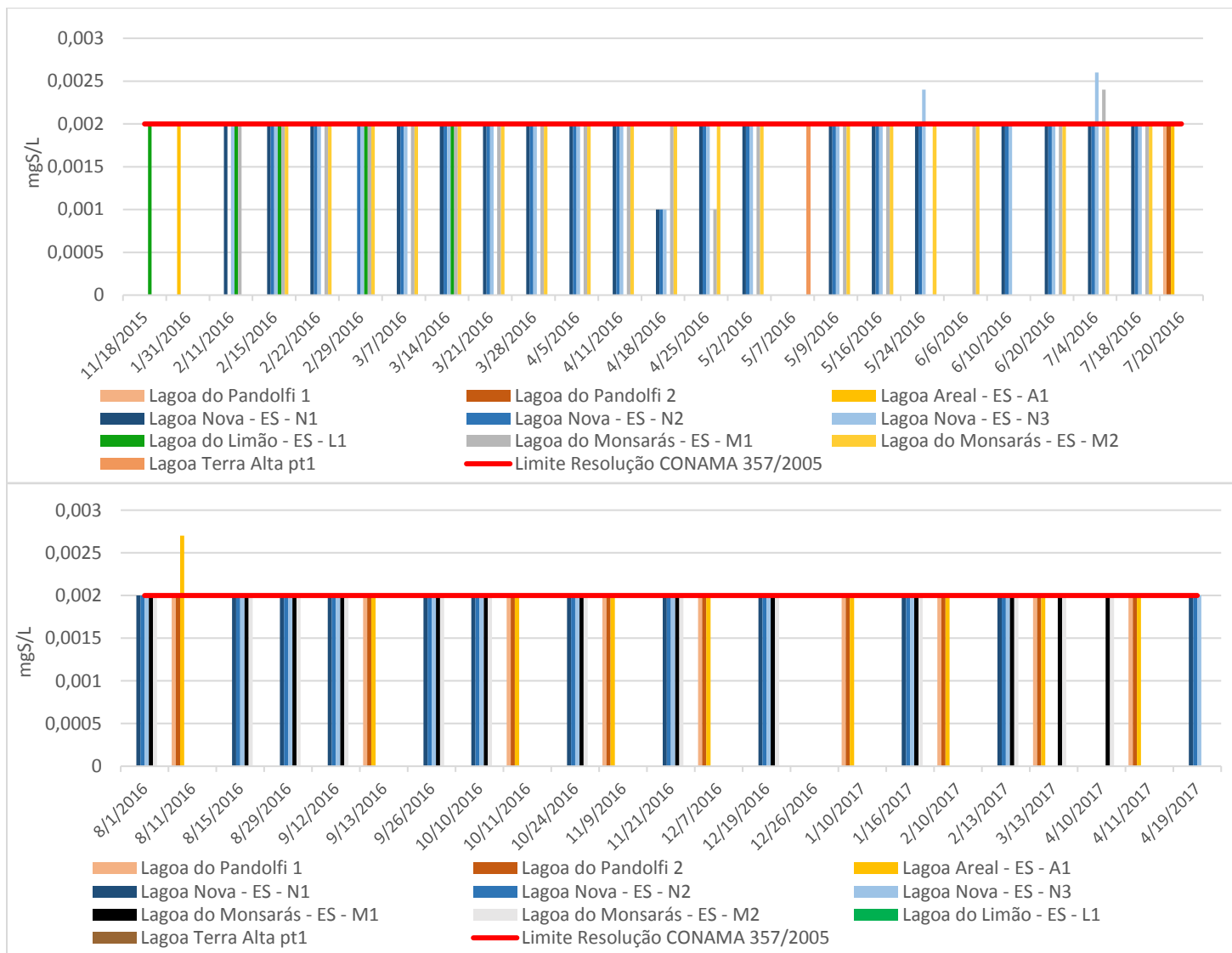


Gráfico 4-107: Concentrações de sulfeto não dissociado nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

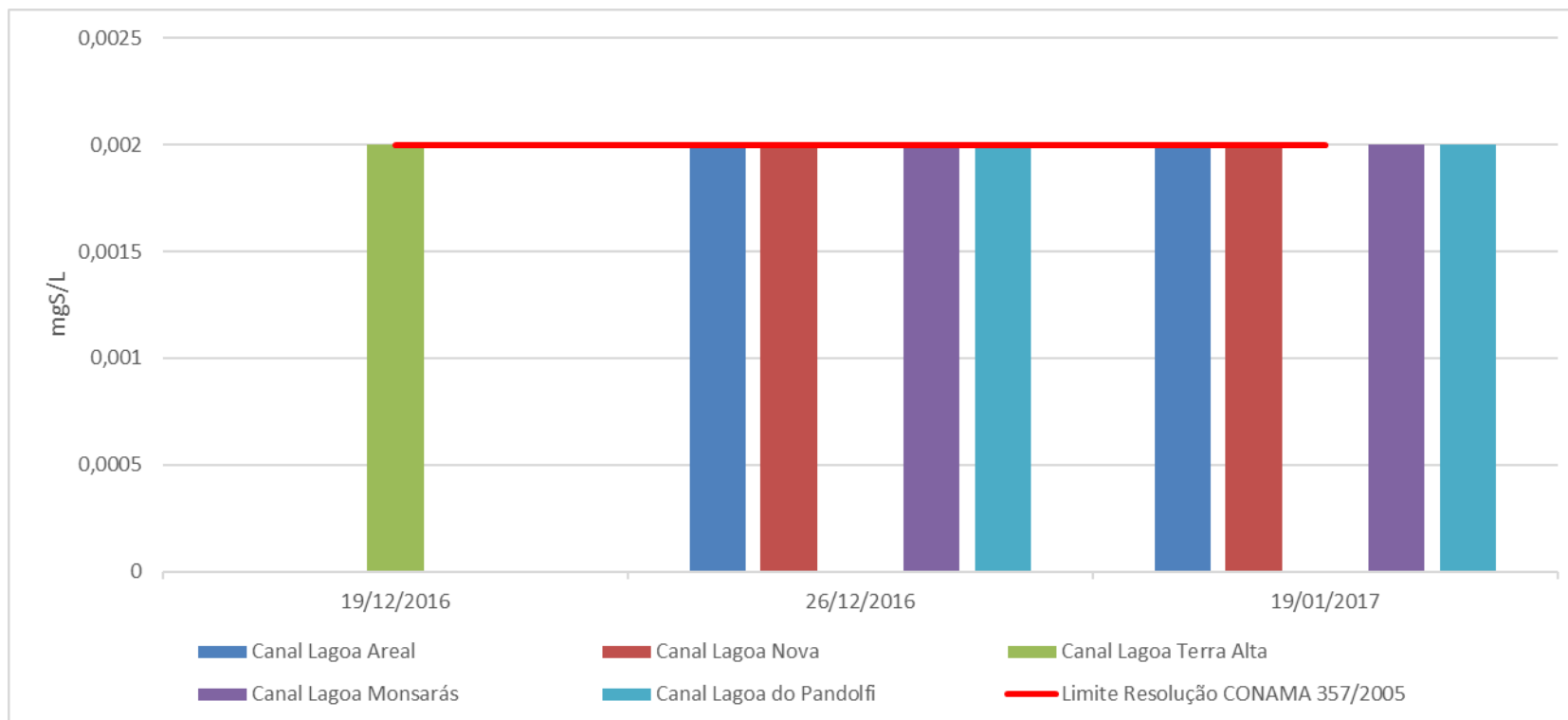


Gráfico 4-108: Concentrações de sulfeto não dissociado nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

4.4.17 Turbidez

O **Gráfico 4-109**, **Gráfico 4-110** e **Gráfico 4-111** apresentam as concentrações de turbidez nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi, Areal, do Limão e Terra Alta e seus respectivos canais.

O valor de turbidez foi 120 UNT (25/01/2016) no ponto monitorado no rio Doce a montante da cidade de Linhares-ES, no período da cheia do rio Doce, sendo este valor acima do limite máximo de 100 UNT preconizado na resolução Conama 357/2005 para água doce de classe 2.

Observe na **Gráfico 4-109** que as análises realizadas nas amostras coletadas nas lagoas nas datas próximas a amostragem no rio Doce (lagoa Areal – 31/01/2016, lagoas Nova e Monsarás – 03/02/2016) apenas a amostra coletada na lagoa Areal (375 UNT) não atenderam ao limite máximo preconizado na legislação de referência.

Nos canais das lagoas Areal, Pandolfi, Nova e Monsarás todas as amostras coletadas nas campanhas de 26/12/2016 e 19/01/2017 apresentaram valores de turbidez abaixo do valor máximo preconizado na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2 (**Gráfico 4-110**).

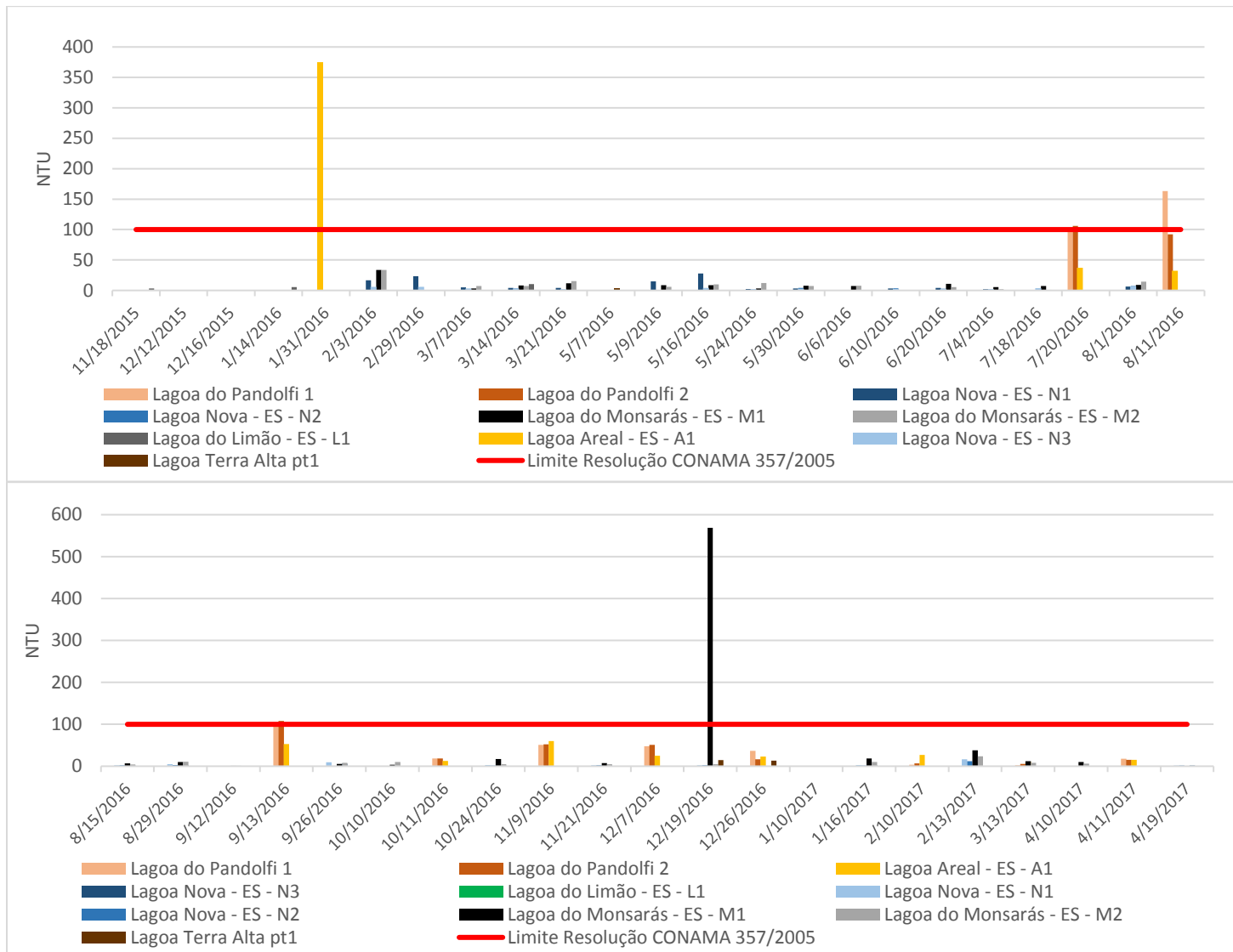


Gráfico 4-109: Valores de turbidez nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

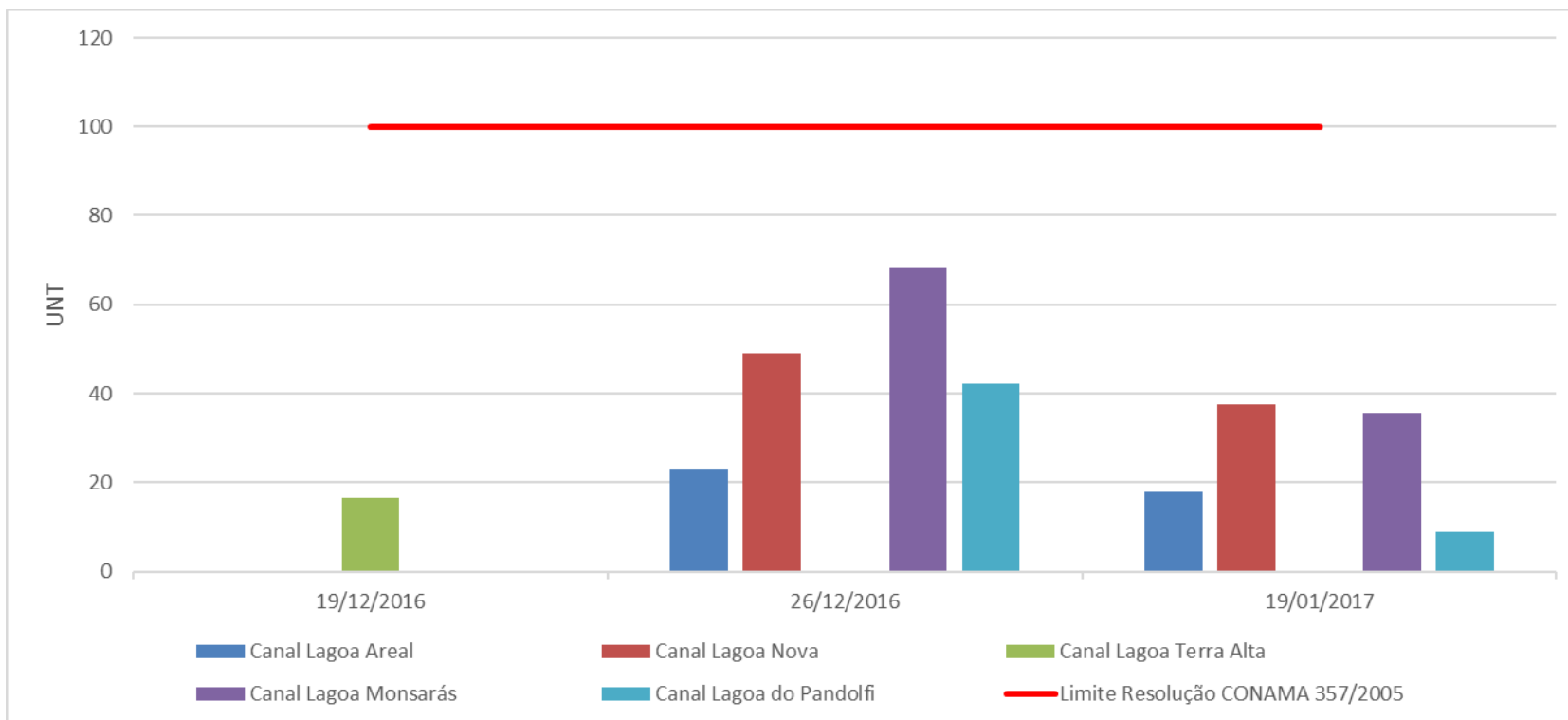


Gráfico 4-110: Valores de turbidez nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.



4.4.18 Vanádio total

O **Gráfico 4-111**, **Gráfico 4-112** e **Gráfico 4-113** apresentam as concentrações de vanádio total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi, Areal, do Limão e Terra Alta e seus respectivos canais.

A concentração de vanádio total no ponto monitorado no rio Doce a montante da cidade de Linhares-ES foi analisada em campanhas antes (14/12/2016) e após (11/02/2016) o período da cheia do rio Doce (21 a 25/01/2016), sendo, respectivamente, encontrado os valores de 0,068 mgV/L e 0,005 mgV/L. Estes valores ficaram abaixo do limite máximo de 0,1 mgV/L preconizado na resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2

Nota-se na **Gráfico 4-111** que as análises realizadas nas amostras coletadas nas lagoas nas datas próximas a amostragem no rio Doce (lagoa Areal – 31/01/2016, lagoas Nova e Monsarás – 03/02/2016) que todas atenderam ao valor máximo preconizado na legislação de referência para este parâmetro.

Nos canais das lagoas Areal, Pandolfi, Nova e Monsarás todas as amostras coletadas nas campanhas de 26/12/2016 e 19/01/2017 apresentaram valores de Vanádio Total abaixo do valor máximo preconizado na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2 (**Gráfico 4-112**).

Todas as amostras analisadas deste parâmetro nas quatro lagoas e seus canais apresentaram resultados abaixo do valor preconizado na resolução Conama de referência.



Gráfico 4-111: Concentrações de vanádio total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

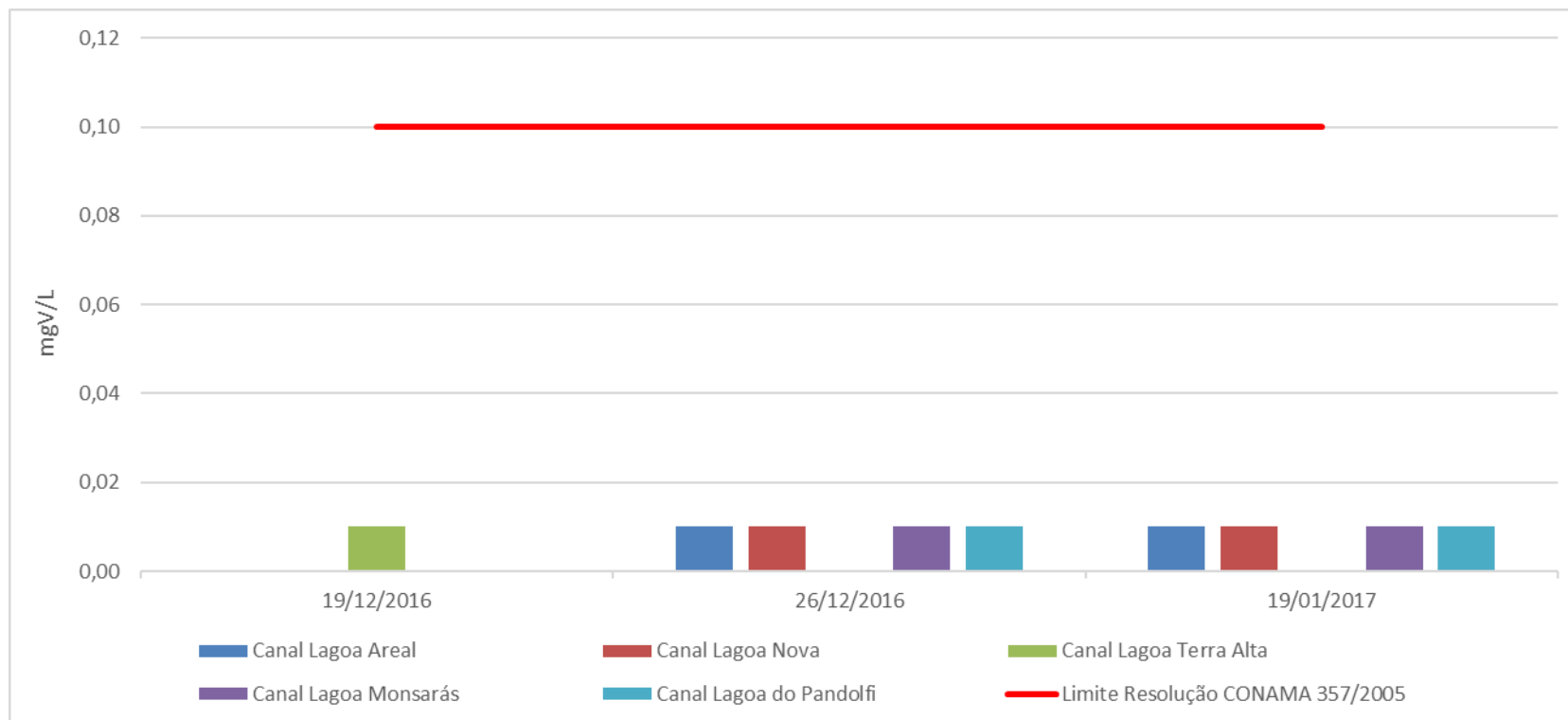


Gráfico 4-112: Concentrações de vanádio total nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

4.4.19 Zinco total

O **Gráfico 4-113** e **Gráfico 4-114** apresentam as concentrações de zinco total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi, Areal, do Limão e Terra Alta e seus respectivos canais.

A concentração de zinco total no ponto monitorado no rio Doce a montante da cidade de Linhares-ES apresentou valor de 0,05 mgZn/L no dia 25/01/2016, sendo este abaixo do limite máximo de 0,18 mgZn/L preconizado na resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2.

Quando comparado a análise no rio Doce no período da cheia com as análises realizadas nas amostras coletadas nas lagoas nas datas próximas a amostragem no rio (lagoa Areal – 31/01/2016, lagoas Nova e Monsarás – 03/02/2016), nota-se que todos os resultados atenderam ao valor máximo preconizado na legislação de referência para este parâmetro (**Gráfico 4-113**).

Nos canais das lagoas Areal, Pandolfi, Nova e Monsarás todas as amostras coletadas nas campanhas de 26/12/2016 e 19/01/2017 apresentaram valores de zinco total abaixo do valor máximo preconizado na Resolução Conama 357/2005 para água doce classe 2 (**Gráfico 4-114**).

Ressalta-se que todas as amostras analisadas deste parâmetro nas quatro lagoas e seus canais apresentaram resultados abaixo do valor preconizado na resolução Conama de referência.



Gráfico 4-113: Concentrações de zinco total nas lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

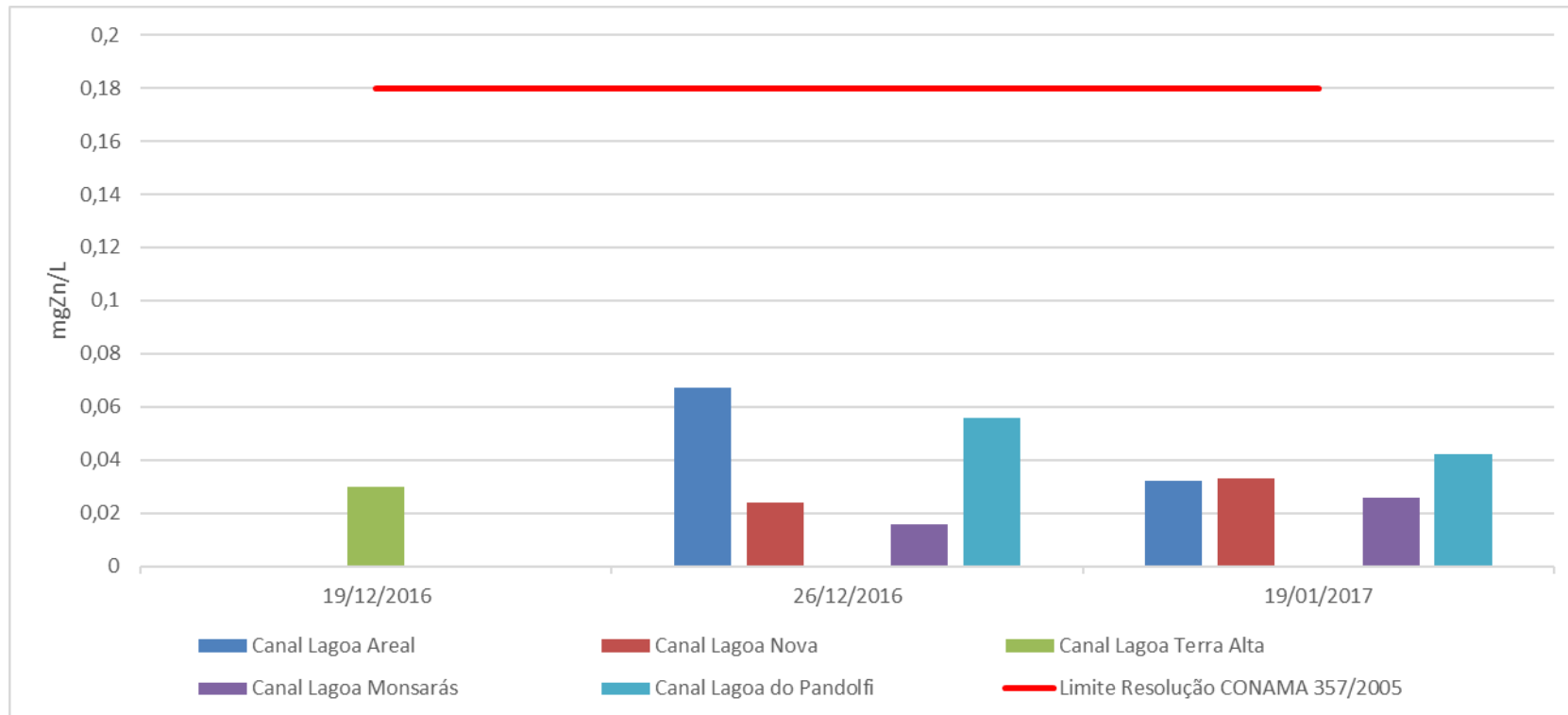


Gráfico 4-114: Concentrações de zinco total nos canais das lagoas Nova, Monsarás, Pandolfi e Areal.

4.5 ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS POSITIVOS E NEGATIVOS DA REMOÇÃO POR DRAGAGEM E POR ESCAVAÇÃO MECÂNICA PARA O CENÁRIO DE REMOÇÃO DE REJEITO DOS CANAIS

Após o rompimento da barragem de Fundão, no ponto Linhares Montante, a água do rio Doce atingiu concentração máxima de 726 mg/L de sólidos suspensos, observada em 09/12/2015. Entretanto, a amostra coletada no dia 25/01/2016, dentro do período quando ocorreu o extravasamento de suas águas para as lagoas, apresentou concentração de 215 mg/L desse parâmetro.

Conforme já discutido, o canal de ligação entre o rio Doce e a lagoa Monsarás, assim como o Braço Sul da lagoa Monsarás, não apresentavam, no dia da visita de campo, sinais visíveis de presença de lama proveniente do rompimento da barragem de Fundão, fazendo com que a implementação de práticas mecânicas para promover a limpeza do canal não seja justificável.

Durante as visitas de campo, observou-se que a camada de lama avermelhada no fundo do canal de acesso à lagoa Nova apresentava espessura muito fina e que esta já se encontrava encoberta por matéria orgânica advinda da queda de folhas da vegetação ribeirinha e da vegetação que cresce no interior da massa d'água. A fina espessura da camada indica que sua origem está na deposição de material carreado pelas águas do rio Doce em suspensão e não no carreamento de lama para o interior do canal. Assim, preconiza-se que a retirada do material sedimentado origine impactos negativos sobre a qualidade de água do canal e do rio Doce, sobre a fauna aquática, sobre a vegetação ribeirinha e sobre o solo que vai receber o material originado da limpeza.

Como a limpeza do canal de acesso à lagoa Monsarás não se justifica devido à ausência de indícios de presença de lama, os impactos advindos da limpeza dos canais estão aqui discutidos tendo como foco o canal de acesso à lagoa Nova.

4.5.1 Critérios estabelecidos para a análise

A resolução CONAMA 01, de 23 de janeiro de 1986 define impacto ambiental com qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultantes das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: (1) a saúde, a segurança e o bem-estar da população; (2) as atividades sociais e econômicas; (3) a biota; (4) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e; (5) a qualidade dos recursos ambientais.

Entretanto, este estudo não abrangeu a totalidade dos impactos que a remoção por dragagem ou por escavação mecânica de rejeito dos canais poderá imprimir sobre o meio ambiente da área. Assim, os seguintes critérios foram utilizados na discussão:

- Abrangência do impacto,
- Magnitude do impacto,
- Meio sobre o qual o impacto incide.

Quanto à abrangência do impacto, estão aqui discutidos apenas os impactos de abrangência local, isto é, que poderá se incidir sobre o canal que liga o rio Doce à lagoa Nova e ao trecho do rio Doce no entorno da junção do canal com o mesmo.

Quanto à magnitude, não foram discutidos os impactos de pequena magnitude, mas sim, os considerados mais relevantes para o presente trabalho. Assim, impactos como a Variação do nível de ruído, Afugentamento da fauna avícola e Pressão sobre os recursos hídricos, que normalmente ocorrem durante trabalhos de dragagem, ocasionados pelo

funcionamento de veículos e equipamentos, não foram considerados relevantes e não foram incluídos nesta discussão.

Quanto ao meio sobre o qual o impacto incide, não foram considerados os impactos incidentes sobre o meio sócio econômico. Assim, a Alteração na paisagem, Aquecimento da economia local, Geração de postos de trabalho, Geração de impostos, entre outros impactos que são normalmente impressos sobre a sócio economia local e gerados quando um trabalho é executado em determinada região não foram considerados relevantes e não foram incluídos nesta discussão.

4.5.2 Discussão dos impactos

O **Quadro 4-1** apresenta os principais impactos a serem gerados em caso de execução dos trabalhos de remoção por dragagem ou por escavação mecânica dos rejeitos dos canais.

Quadro 4-1: Matriz de impactos ambientais

IMPACTOS AMBIENTAIS		Recursos Hídricos	Solo	Fauna		Flora	
		Atividade	Depleção da Qualidade da Água	Alteração das características físicas e químicas do solo	Morte de Indivíduos	Distúrbios na Fauna Aquática	Aumento da diversidade faunística
1	Dragagem	●	●	●	●	■	●



IMPACTO NEGATIVO



IMPACTO NULO



IMPACTO POSITIVO

Foram identificados seis principais impactos ambientais, sendo dois sobre o meio físico e quatro sobre o meio biótico. Sobre o meio físico, preconiza-se a ocorrência de um impacto sobre os recursos hídricos locais – Depleção da qualidade da água - e um sobre o solo – Alteração de características físicas e químicas do solo. Sobre o meio biótico, preconiza-se a ocorrência de três impactos sobre a fauna – Morte de indivíduos, Distúrbios na fauna aquática e Aumento da diversidade faunística - e um impacto sobre a flora – Retirada de vegetação nativa.

Destes impactos, somente o Aumento da diversidade faunística foi considerado positivo, enquanto o restante foi considerado negativo. Nos itens seguintes, os impactos são discutidos separadamente.

4.5.3 Impactos sobre a qualidade da água do canal e do rio Doce

As águas do canal que liga o rio Doce à lagoa Nova se encontram com coloração variando entre avermelhada, amarelada e escurecida, sendo a coloração escurecida devido a altos teores de matéria orgânica em diferentes estágios de decomposição, enquanto a coloração avermelhada e amarelada é impressa por material inorgânico em suspensão, sendo a cor avermelhada indicativo da presença ou impacto da pluma de rejeitos advindos da barragem de Fundão.

No interior do canal da lagoa Nova, as concentrações de oxigênio dissolvido, durante os dias de visita de campo, variaram entre 2,8 mg/L e 6,22 mg/L, sendo os baixos valores observados no Trecho 01, onde a coloração escurecida é prenúncio de altas concentrações de matéria orgânica em diferentes estágios de decomposição advinda da vegetação ciliar e de macrófitas que crescem no interior da massa d'água, enquanto as concentrações mais elevadas foram observadas no trecho do canal mais próximo ao rio Doce, onde ocorre maior movimentação da massa d'água.

Em sistemas naturais, a composição química da água está em equilíbrio com o material de fundo (CHAPRA, 2008) e a fauna aquática, especialmente a bentônica, interage com a primeira camada de sedimento, a utilizando como meio de vida, abrigo ou fonte de alimentação em toda ou parte de sua vida (ADAMS et al, 1992), podendo promover a ressuspensão do material sedimentado no fundo. A camada de material proveniente do rio Doce, sedimentada ao longo do canal, é muito fina e se encontra misturada e/ou encoberta por material vegetal em decomposição, conforme visualizado nas **Figura 4-12, Figura 4-13, Figura 4-14, Figura 4-17 e Figura 4-18**. Isso faz com que a interação da massa d'água do canal com o sedimento trazido pelo rio doce seja pequena.

Em caso de remoção do material de fundo por dragagem ou por escavação mecânica, haverá revolvimento do fundo do canal, promovendo ressuspensão do material de fundo, incluindo aí o material trazido pelo rio Doce que hoje se encontra separado da massa d'água pela camada de matéria orgânica, o que resultará na depleção da qualidade da água no que tange ao aumento dos teores de sólidos suspensos, sólidos dissolvidos e sólidos totais, ampliando dos valores de cor e turbidez, DBO e DQO e a consequente redução das concentrações de oxigênio dissolvido na massa d'água. O aumento de DBO e DQO será ocasionado pela ressuspensão de material orgânico que hoje se encontra depositado no fundo do canal. A degradação desse material resultará no gasto de oxigênio e a consequente redução de suas concentrações na massa d'água.

A depleção de qualidade da água do canal durará o tempo em que o material ressuspense se mantiver em suspensão, podendo retornar às suas condições atuais com a deposição deste material no fundo do canal.

Dependendo do local onde será depositado o material originado da limpeza do canal, a água que há de escorrer durante os trabalhos de limpeza ou depois do término desses, e também águas de chuva que precipitarem sobre o material depositado, poderão escorrer para o rio Doce ou de volta para o canal, alterando, nas águas dos mesmos, as concentrações dos parâmetros acima mencionados.

4.5.4 Impactos sobre a fauna aquática

Já se passaram 16 meses desde a entrada das águas do rio Doce nos canais até o momento de preparação do presente relatório. O impacto sobre a fauna aquática não foi dimensionado, mas é de se esperar que esta já se encontre em equilíbrio com as novas condições formada após a entrada de água nos mesmos, de modo que os trabalhos de

limpeza venham a impactá-la, podendo causar morte de indivíduos da fauna ou causando distúrbios na fauna aquática.

A **morte de indivíduos da fauna aquática** poderá ocorrer no momento dos trabalhos de limpeza ou posteriormente a eles. No momento dos trabalhos de limpeza, peixes ou outros grupos da fauna aquática poderão ser succionados, caso os trabalhos sejam executados por meio de dragagem, ou agarrados/presos pelos equipamentos, caso sejam executados por escavação mecânica, levando à morte os animais succionados ou agarrados/presos pelos equipamentos. Poderão, também, ocorrer mortes por esmagamento ou soterramento de animais adultos, assim como destruição de ninhos, quebra de ovos e morte de filhotes.

Posteriormente aos trabalhos de limpeza, indivíduos da fauna aquática poderão ser levados à morte devido à possível depleção das concentrações de oxigênio dissolvido ou aos altos teores de sólidos e alta turbidez da água. Quanto aos baixos níveis de oxigênio dissolvido, isso poderá ocorrer devido ao gasto de oxigênio da massa d'água para a degradação do material orgânico de fundo a ser posto em suspensão durante os trabalhos de limpeza. Quando as concentrações de oxigênio dissolvido chegam a níveis inferiores aos níveis mínimos exigidos por determinada espécie ou de fases de vida destas, indivíduos são levados à morte.

Quanto às altas concentrações de sólidos na massa d'água, este poderá provocar o acúmulo de material orgânico e inorgânico nas guelras de peixes, impedindo a absorção de oxigênio, causando morte de indivíduos por asfixia (CETESB, 2017).

Distúrbios na fauna aquática poderão ocorrer, principalmente, com a mudança da condição do leito do canal e com a alteração da qualidade da água. A fauna aquática do canal está adaptada à condição do mesmo, que, conforme observado durante a visita de campo, é caracterizado por um ambiente lântico, com fundo formado por material fino encoberto por material vegetal em variados estados de decomposição. A retirada deste material resultará na mudança das condições atuais do fundo do canal, prejudicando o desenvolvimento das comunidades aquáticas pelo soterramento dos ovos e alevinos, assim como dificultando a ingestão de alimentos e diminuindo a resistência a doenças (CETESB, 2017). Esses eventos poderão resultar na substituição gradativa ou repentina de espécies que compõem a fauna aquática local e na adaptação, pelas espécies que ficarem, às novas condições impostas pelos trabalhos de limpeza.

A alteração da qualidade da água causará distúrbios na fauna aquática, pois os sedimentos suspensos limitam a penetração de luz na coluna d'água e obstáculo a produção primária. Além disso, sedimentos suspensos podem impactar diretamente os organismos aquáticos. Dance e Hynes (1980) compararam comunidades de invertebrados com a intensidade agrícola da bacia e verificaram que a qualidade da água e riqueza de espécies foi inferior em cursos associados com agricultura mais intensa, onde os teores de sólidos suspensos e turbidez eram maiores.

Deve-se ressaltar, entretanto, que, após a realização dos trabalhos de limpeza, o canal tomará uma profundidade maior, armazenando maior volume de água, possibilitando maior diversidade de fauna aquática.

4.5.5 Impactos sobre a vegetação ribeirinha

Conforme pode ser visualizado nas **Figura 4-1** e **Figura 4-2** e figuras subsequentes, o canal da lagoa Nova se encontra circundado por vegetação arbórea nativa na maior parte do seu percurso, ora encobrindo ambas as margens, ora apenas uma, sendo circundado por pastagens em um ou ambos os lados em cerca de 680 metros, o que representa cerca de 36% do comprimento do canal. Assim, a entrada de máquinas para executar os

trabalhos de limpeza necessariamente será acompanhada pela retirada de vegetação ciliar, que atualmente se encontra em diversos estágios de regeneração da mata Atlântica. Como o canal é de pequena largura e profundidade, a realização dos trabalhos no interior do mesmo será de difícil realização, o que forçará a retirada da vegetação para a realização dos trabalhos.

Cabe salientar que, como se trata de área de preservação permanente, existe um empecilho legal para a retirada de tal vegetação e, conseqüentemente, a entrada de máquinas em todo o canal, as quais não terão acesso livre em cerca de 64% do comprimento do canal.

4.5.6 Impactos sobre o solo

O solo é fruto de diversos fenômenos físicos, químicos e biológicos que ocorrem sobre as rochas e minerais expostos na interface entre a litosfera e a atmosfera, desintegrando-os e decompondo-os quimicamente. A estes fenômenos, somam-se a lixiviação, acumulação diferencial de elementos químicos, matéria orgânica, areia, argila etc, que prosseguem durante toda a formação do perfil do solo, originando horizontes com características físicas e químicas diferenciadas. O horizonte A é um horizonte superficial que se destaca pelos seus mais altos teores de matéria orgânica e biota mais diversificada, resultando em uma estrutura normalmente granular e mais altos teores de nutrientes. O horizonte B apresenta menores teores de matéria orgânica e partículas organizadas em agregados macroscópicos que caracterizam sua estrutura, enquanto o horizonte C se caracteriza pelos baixos teores de matéria orgânica e partículas não organizadas em agregados.

Na superfície dos solos não impactados, ocorre a presença de uma camada rica em matéria orgânica não decomposta que, além de proteger o solo contra agressões externas (raios solares, aquecimento demasiado, impacto das gotas de chuva, entre outros), fornece nutrientes à biota a partir de sua decomposição.

Substrato para plantas e habitat para uma enorme diversidade de micro e macrobiota, o solo possui um papel fundamental na composição do ecossistema implantado sobre ele, o qual sofre mudanças a partir de mudanças no solo.

Impactos sobre o solo poderão ocorrer principalmente nas áreas que receberem os resíduos da limpeza do canal. Durante as operações, o arranjo do solo será alterado por cortes no terreno a ser realizado para torná-lo apto a receber o material, assim como durante as operações de limpeza, quando ocorrerá recobrimento de horizontes superficiais pelo material proveniente da dragagem ou escavação mecânica.

As características químicas do solo, principalmente de seu horizonte superficial, serão também alteradas devido ao recebimento de material advindo do fundo do canal, que certamente apresenta composição química diferente da do solo que será encoberto pelo material.

4.6 COMPARAÇÃO DOS IMPACTOS DO CENÁRIO REMOÇÃO X CENÁRIO DE NÃO REMOÇÃO DOS REJEITOS DOS CANAIS.

A **Tabela 4.3** apresenta uma matriz de impactos positivos x negativos para os cenários de execução da dragagem e de não execução da dragagem, enquanto a **Tabela 4.4** apresenta Matriz comparando cenários dois a dois.

Quadro4-2: Matriz de impactos positivos x negativos para os cenários de execução da dragagem e de não execução da dragagem

IMPACTOS AMBIENTAIS		Recursos Hídricos	Solo	Fauna			Flora
		Depleção da Qualidade da Água	Alteração das características físicas e químicas do solo	Morte de Indivíduos	Distúrbios na Fauna Aquática	Aumento da diversidade faunística	Retirada de Vegetação Nativa
CENÁRIOS							
1	Com remoção	●	●	●	●	■	●
2	Sem remoção	▲	▲	▲	▲	▲	▲

● IMPACTO NEGATIVO
 ▲ IMPACTO NULO
 ■ IMPACTO POSITIVO

Quadro4-3: Matriz comparando cenários dois a dois.

Aspecto	Impactos	
	Cenário sem remoção dos rejeitos	Cenário com remoção dos rejeitos
Qualidade da água	A qualidade da água permanece como está, sujeita a modificações de ordem natural.	Alteração da qualidade da água pela ressuspensão de material sedimentado, possivelmente diminuindo os teores de OD e aumentando as concentrações de SS, SD, ST, cor, turbidez, DQO e DBO. Somente após a sedimentação do material em suspensão é que a qualidade da água retornará aos padrões normais.
Fauna aquática	A fauna aquática entrará em equilíbrio com as condições atuais.	Morte de indivíduos devido à realização de trabalhos de limpeza dos canais e ressuspensão de material sedimentado, sendo possível o aumento da diversidade faunística após a remoção, com o aumento do volume de água.

Continua...

Quadro4-3(Continuação): Matriz comparando cenários dois a dois.

Aspecto	Impactos	
	Cenário sem remoção dos rejeitos	Cenário com remoção dos rejeitos
Vegetação ribeirinha	A vegetação ciliar tem possibilidade de se desenvolver e avançar para um novo estágio de regeneração.	Retirada de vegetação ciliar devido à movimentação de máquinas, diminuindo a área encoberta pela vegetação.
Solo	As características do solo permanecem inalteradas, sujeitas a mudanças de ordem natural.	Alteração das características físicas e químicas do solo devido a preparação do terreno para receber o material e recebimento do material dragado.

Conforme pode ser observado, preconiza-se que, com o cenário de não execução da dragagem, não ocorrerá nenhum impacto sobre os recursos hídricos, solo, fauna e flora locais, enquanto que, com a ocorrência da dragagem, conforme já discutido no item anterior, prevê-se a ocorrência de um impacto positivo sobre a fauna e cinco impactos negativos que recairão sobre os recursos hídricos, solo, fauna e flora locais.

Em seguida, apresenta-se uma análise dos cenários analisados, com foco nos aspectos da qualidade das águas, fauna aquática, vegetação ribeirinha e solo.

4.6.1 Qualidade das águas

Das 37 campanhas de monitoramento realizadas na lagoa Nova e no canal, todas as amostras resultaram em valores compatíveis com os limites preconizados pela resolução Conama 357/05 para água doce de classe 2 para os parâmetros chumbo, cloro residual, coliformes termotolerantes, cor verdadeira, cromo total, sólidos dissolvidos, turbidez, vanádio total, zinco total. As concentrações de Al dissolvido apresentaram pico em final de abril de 2016, três meses após a entrada de águas do rio Doce. Para os parâmetros boro, cobre dissolvido, ferro, pH e níquel total, apenas uma amostra apresentou valores fora do limite para água doce de classe 2, enquanto, para fósforo, entre 03/02/2016 e 15/02/2016 e entre 11/04/2016 e 02/05/2016 as amostras apresentaram valores acima do limite para águas de classe 2. Pode-se concluir, desta forma, que a lagoa Nova, embora tenha recebido águas do rio Doce após este ter sido impactado pelos rejeitos da barragem de Fundão, não apresenta indícios de contaminação. Das duas campanhas de monitoramento que incluíram dados do canal de ligação entre a lagoa e o rio Doce, em dezembro de 2016 e janeiro de 2017, uma amostra apresentou ferro dissolvido fora dos padrões para água doce de classe 2 e as duas com manganês total e oxigênio dissolvido.

Das 37 campanhas na lagoa Monsarás, esta apresentou todas as amostras com valores abaixo do limite para água doce de classe 2 para os parâmetros cloro residual, cor verdadeira, cromo total, vanádio total, zinco total e pH. Para os parâmetros chumbo total, coliformes termotolerantes, níquel total, sulfeto não dissociado e turbidez, apenas uma amostra apresentou valor superior aos respectivos limites, enquanto, para cobre dissolvido, apenas as duas amostras coletadas no dia 7/03/2016 apresentaram valores acima do limite. Alumínio dissolvido, boro total, ferro dissolvido, fósforo total, manganês total e OD foram os parâmetros que os limites foram extrapolados mais vezes durante o

monitoramento. Para alumínio dissolvido, 5,6% das amostras apresentaram valores superiores ao limite, após 2, 3 e 11 meses da entrada de água do rio Doce na mesma. Para boro total, de 69 amostras coletadas na lagoa, 46 resultaram em valores acima do limite para águas de classe 2, sendo 31 no corpo principal (ponto M2) e 15 no Braço Sul (ponto M1), existindo forte evidência de que os altos valores de boro na lagoa do Monsarás se devem a fatores geológicos presentes no entorno ou no interior do corpo principal da mesma e não na contaminação pelas águas do rio Doce. Para ferro dissolvido, entre 07/03/2016 e 25/04/2016, 31% das amostras resultaram em valores maiores que o limite. No restante do período de monitoramento, apresentou baixas concentrações deste parâmetro. Para fósforo total, de 71 amostras coletadas na lagoa, 10 resultaram em valores acima do limite. No interior da lagoa, os valores foram extrapolados nos períodos entre 21/04/2016 e 14/03/2016 e entre 9/05/2016 e 21/11/2016. Para manganês total, de 34 amostras no ponto M1 (Braço Sul), e 33 no ponto M2 (corpo principal), respectivamente 31 e 16 amostras resultaram em valores maiores que o limite, sugerindo entrada natural deste elemento na lagoa pelas águas do canal Monsarás. Quanto a oxigênio dissolvido, metade das medições deste parâmetro resultaram em valores menores que o limite, tendo as águas apresentado valores inferiores a 6 mg/L intercalados por valores superiores. A lagoa apresentou, em média, valores de sólidos dissolvidos acima do limite para águas de classe 2, entretanto, a alta salinidade da mesma justifica os altos valores. Quanto ao canal de ligação da lagoa Monsarás com o rio Doce, foram feitas duas campanhas de monitoramento, em dezembro de 2016 e janeiro de 2017, as quais resultaram em 1 amostra com valores de ferro dissolvido, OD e manganês e as duas com fósforo total fora dos padrões para água doce de classe 2.

Com a realização dos trabalhos de limpeza nos canais, haverá ressuspensão do material de fundo, alterando significativamente a qualidade de água dos mesmos, ampliando as concentrações de sólidos suspensos, sólidos dissolvidos e sólidos totais, ampliando os valores de cor, turbidez, DBO e DQO e a consequente redução das concentrações de oxigênio dissolvido na massa d'água. Esses parâmetros deverão ser mantidos com valores fora dos padrões até que o material colocado em suspensão se sedimente no fundo do canal. Após isso ocorrer, a qualidade da água deverá retornar aos padrões normais. Como não foram realizadas amostragens no canal antes da entrada das águas do rio Doce, não se pode afirmar que os parâmetros que apresentaram valores fora dos padrões para águas de classe 2 não deixarão de fazê-lo após a realização dos trabalhos de limpeza.

4.6.2 Fauna aquática

Espera-se que a fauna aquática dos canais se encontre em equilíbrio com as suas condições atuais, formada por canais estreitos, rasos e com grande acúmulo de matéria orgânica no fundo encobrendo o sedimento inorgânico. Com a realização dos trabalhos de limpeza dos canais, poderá ocorrer morte de indivíduos da fauna e distúrbios na mesma. Conforme discutido no **item 4.5**, a morte de indivíduos da fauna será ocasionada durante os trabalhos de limpeza ou imediatamente após estes, enquanto os distúrbios na fauna aquática, enquanto o material a ser ressuspensão do fundo não se sedimentar. Preconiza-se que, após a realização dos trabalhos de limpeza, o canal tomará uma profundidade maior, armazenando maior volume de água, possibilitando maior diversidade de fauna aquática do que a que lá se encontra atualmente.

4.6.3 Vegetação ribeirinha

O canal da lagoa Nova se encontra circundado por vegetação arbórea nativa na maior parte do seu percurso, ora encobrendo ambas as margens, ora apenas uma, sendo circundado por pastagens em um ou ambos os lados em cerca de 680 metros, o que representa cerca de 36% do comprimento do canal. No caso do canal Monsarás, toda a

extensão em que este se encontrava com lâmina d'água no dia da visita de campo está circundada por mata nativa.

A entrada de máquinas para executar os trabalhos de limpeza necessariamente será acompanhada pela retirada de vegetação ciliar, que atualmente se encontra em diversos estágios de regeneração da mata Atlântica. Assim, após os trabalhos de limpeza, parte da vegetação ciliar dos canais terá sido retirada para o movimento de máquinas e para a realização dos trabalhos, diminuindo, desta forma, a área encoberta por vegetação arbórea nativa ao redor dos canais.

4.6.4 Solo

Embora não se tenha determinado o local que poderá receber os resíduos originados da limpeza dos canais, preconiza-se o lançamento destes em área de pastagem localizada nas proximidades. Desta forma, o solo que se encontra com a sequência de seus horizontes e suas características químicas atuais terá o arranjo dos seus horizontes alterado por cortes no terreno, a ser realizado para torná-lo apto a receber o material, assim como durante as operações de limpeza, quando ocorrerá recobrimento de horizontes superficiais pelo material proveniente da dragagem ou escavação mecânica. As características químicas do solo, principalmente de seu horizonte superficial, serão também alteradas devido ao recebimento de material advindo do fundo do canal, que certamente apresenta composição química diferente da do solo que será encoberto pelo material.

4.7 INDICADORES AMBIENTAIS EM CASO DE REMOÇÃO

Conforme discutidos nos itens precedentes, este relatório conduz à ausência da lama de sedimentos oriundos da barragem rompida nos canais que ligam as lagoas Nova e Monsarás ao rio Doce e que os impactos negativos impressos pela dragagem sobrepujam os impactos positivos, levando-se a concluir que não há necessidade de se proceder a dragagem dos mesmos.

Entretanto, um eventual cenário de remoção de rejeitos dos canais deverá ser precedido por uma perfilagem dos sedimentos no fundo dos mesmos, com tomada de amostras de sedimento nos intervalos de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm, 20 a 40 cm e 40 a 60 cm, com uma perfilagem a cada 200 m de cada canal, a ser realizada no centro dos mesmos. Este procedimento embasará tomadas de decisão quanto ao volume a ser dragado, disposição dos rejeitos da dragagem e método a ser utilizado.

O cenário de remoção deverá englobar o monitoramento dos corpos d'água a serem dragados. Sugere-se, para tanto, o monitoramento da qualidade da água e da diversidade faunística. Para o monitoramento da diversidade faunística, sugere-se o monitoramento da ictiofauna dos canais, com frequência trimestral e duração de um ano, com início, no mínimo, 30 dias antes do início dos trabalhos.

Para o monitoramento da qualidade da água, deverão ser seguidas as orientações apresentadas na **Tabela 4-2**.

Tabela 4-2: Recomendações para o monitoramento de corpos d'água a serem dragados

	Canal Lagoa Nova	Canal Lagoa Monsarás
Pontos de amostragem	1. Final do trecho 1 do canal (coordenadas 379131/7852279 UTM SIRGAS 2000), 2. Trecho 2, imediatamente a montante da ligação entre o canal retificado e o canal natural (coordenadas 380005/7851984 UTM SIRGAS 2000), 3. Foz do canal com o rio Doce (coordenadas 380435/7851573 UTM SIRGAS 2000),	1. Ponto Lagoa do Monsarás – ES - M1 (coordenadas 415914/7837148 UTM SIRGAS 2000), 2. Ponto Canal da Lagoa Monsarás (coordenadas 415497/7837294 UTM SIRGAS 2000).
Frequência de amostragem	Semanal, durante a realização dos trabalhos, iniciando uma semana antes do início dos trabalhos de dragagem. Mensal após o término dos trabalhos, com a última coleta de amostras em 90 dias após o término dos trabalhos.	Semanal, durante a realização dos trabalhos, iniciando uma semana antes do início dos trabalhos de dragagem. Mensal após o término dos trabalhos, com a última coleta de amostras em 90 dias após o término dos trabalhos.
Parâmetros a serem analisados	Os mesmos parâmetros discutidos no presente trabalho.	Os mesmos parâmetros discutidos no presente trabalho.

5 CONCLUSÕES

As amostras coletadas no ponto Linhares montante, no rio Doce, em 25/01/2016, no período em que suas águas extravasaram para as lagoas, apresentaram concentrações acima do limite preconizado pela resolução Conama 357/05 para água doce de classe 2 para os parâmetros cor real, turbidez, cobre dissolvido e P total. Para os demais parâmetros, as concentrações estavam abaixo dos limites estabelecidos. Embora as águas do rio Doce tenham atingido uma concentração máxima de sólidos suspensos de 726 mg/L, observado em 09/12/2015, a amostra coletada no dia 25/01/2016, dentro do período de extravasamento de suas águas para as lagoas, apresentou concentração de 215 mg/L desse parâmetro.

Das 37 campanhas de monitoramento realizadas na lagoa Nova e no canal, todas as amostras resultaram em valores compatíveis com os limites preconizados pela resolução Conama 357/05 para água doce de classe 2 para os parâmetros chumbo, cloro residual, coliformes termotolerantes, cor verdadeira, cromo total, sólidos dissolvidos, turbidez, vanádio total, zinco total. As concentrações de Al dissolvido apresentaram pico em final de abril de 2016, três meses após a entrada de águas do rio Doce. Para os parâmetros boro, cobre dissolvido, ferro, pH e níquel total, apenas uma amostra apresentou valores fora do limite para água doce de classe 2, enquanto, para fósforo, entre 03/02/2016 e 15/02/2016 e entre 11/04/2016 e 02/05/2016 as amostras apresentaram valores acima do limite para águas de classe 2. Das duas campanhas de monitoramento que incluíram dados do canal de ligação entre a lagoa e o rio Doce, em dezembro de 2016 e janeiro de 2017, uma amostra apresentou ferro dissolvido fora dos padrões para água doce de classe 2 e as duas com manganês total e oxigênio dissolvido. Pode-se concluir, desta forma, que a lagoa Nova, embora tenha recebido águas do rio Doce após este ter sido impactado pelos rejeitos da barragem de Fundão, não apresenta indícios de contaminação..

A lagoa Monsarás foi monitorada em 37 campanhas em 3 pontos, sendo dois no corpo principal da mesma e 1 no canal DNOS. A lagoa apresentou todas as amostras com valores abaixo do limite para água doce de classe 2 para os parâmetros cloro residual, cor verdadeira, cromo total, vanádio total, zinco total e pH. Para os parâmetros chumbo total, coliformes termotolerantes, níquel total, sulfeto não dissociado e turbidez, apenas uma amostra apresentou valor superior aos respectivos limites, enquanto, para cobre dissolvido, apenas as duas amostras coletadas no dia 7/03/2016 apresentaram valores acima do limite. Alumínio dissolvido, boro total, ferro dissolvido, fósforo total, manganês total e OD foram os parâmetros que os limites foram extrapolados mais vezes durante o monitoramento. Para alumínio dissolvido, 5,6% das amostras apresentaram valores superiores ao limite, após 2, 3 e 11 meses da entrada de água do rio Doce na mesma. Para boro total, de 69 amostras coletadas na lagoa, 46 resultaram em valores acima do limite para águas de classe 2, sendo 31 no corpo principal (ponto M2) e 15 no Braço Sul (ponto M1), existindo forte evidência de que os altos valores de boro na lagoa do Monsarás se devem a fatores geológicos presentes no entorno ou no interior do corpo principal da mesma e não na contaminação pelas águas do rio Doce. Para ferro dissolvido, entre 07/03/2016 e 25/04/2016, 31% das amostras resultaram em valores maiores que o limite. No restante do período de monitoramento, apresentou baixas concentrações deste parâmetro. Para fósforo total, de 71 amostras coletadas na lagoa, 10 resultaram em valores acima do limite. No interior da lagoa, os valores foram extrapolados nos períodos entre 21/04/2016 e 14/03/2016 e entre 9/05/2016 e 21/11/2016. Para manganês total, de 34 amostras no ponto M1 (Braço Sul), e 33 no ponto M2 (corpo principal), respectivamente 31 e 16 amostras resultaram em valores maiores que o limite, sugerindo entrada natural deste elemento na lagoa pelas águas do canal Monsarás. Quanto a oxigênio dissolvido, metade das medições deste parâmetro resultaram em valores menores que o limite, tendo as águas apresentado valores inferiores a 6 mg/L intercalados por valores superiores. A lagoa apresentou, em média, valores de sólidos dissolvidos acima do limite para águas de classe

2, entretanto, a alta salinidade da mesma justifica os altos valores. Quanto ao canal de ligação da lagoa Monsarás com o rio Doce, foram feitas duas campanhas de monitoramento, em dezembro de 2016 e janeiro de 2017, as quais resultaram em 1 amostra com valores de ferro dissolvido, OD e manganês e as duas com fósforo total fora dos padrões para água doce de classe 2.

Pode-se concluir, desta forma, que os parâmetros que se encontraram fora dos limites de qualidade para águas classe 2 ou já se encontram dentro dos padrões, como é o caso do ferro dissolvido, ou tem forte possibilidade de serem causados por fatores naturais, como é o caso de boro, manganês, sólidos dissolvidos e oxigênio dissolvido.

A lagoa Pandolfi foi monitorada 12 vezes, de 20/07/2016 a 14/04/2017, em dois pontos no corpo principal da lagoa e um no canal. Esta lagoa apresentou todas as amostras com valores abaixo do limite para água doce de classe 2 para os parâmetros chumbo total, cobre dissolvido, cloro residual, coliformes termotolerantes, cromo total, níquel total, sólidos dissolvidos, sulfeto não dissociado, vanádio total e zinco total e todas as amostras de pH entre 6 e 9 e todas acima de 6 mg/L de oxigênio dissolvido, também dentro dos limites para água doce de classe 2. Para boro, todas as amostras apresentaram valores abaixo do limite, exceto nos meses de fevereiro e março de 2017. Para manganês, apenas uma amostra na lagoa e uma no canal apresentaram valores acima do padrão para água doce de classe 2. Para alumínio dissolvido, cor verdadeira e ferro dissolvido, a maior parte das amostras apresentaram valores acima do limite para água doce de classe 2, mas com concentrações decrescentes durante o período de monitoramento, com leve aumento das concentrações em abril. Em julho de 2016, as concentrações médias/valores de alumínio, cor verdadeira e ferro dissolvido foram, respectivamente, 4,7 mg/L, 383,5 e 4,304 mg/L, enquanto, em março, esses valores baixaram, respectivamente, para 0,081 mg/L, 15,54 e 0,096 mg/L, subindo, respectivamente, para uma média de 0,894 mg/L, 67,5 e 0,645 mg/L. Para fósforo total, foram observados altos valores em julho, baixando drasticamente nos meses subsequentes para valores abaixo do limite para água doce de classe 2, com quatro das 22 amostras apresentando valores maiores que o limite de 0,03 mg/L. Para turbidez, os valores foram também decrescentes, tendo o valor médio reduzido de 104 UNT em julho de 2016, para 3,97 UNT em março de 2017, com um aumento para 16,75 UNT em abril. Pode-se concluir, desta forma, que a lagoa Pandolfi ou teve parâmetros de qualidade de água não alterados pela entrada de água do rio Doce ou apresenta concentrações decrescentes dos parâmetros cujos valores extrapolaram os limites para águas de classe 2 após a entrada de água do rio Doce em janeiro de 2016. A ampliação dos valores de alumínio, cor verdadeira, ferro dissolvido e turbidez foram, certamente, causadas por fatores naturais, não tendo ligação com a entrada de água do rio Doce na mesma.

A lagoa Areal teve suas águas monitoradas 13 vezes, de 31/01/2016 a 19/04/2017, em dois pontos, sendo um no corpo principal da lagoa e um no canal. Esta lagoa apresentou todas as amostras com valores abaixo do limite para águas de classe 2 para os parâmetros boro total, chumbo total, cobre dissolvido, cloro residual, coliformes termotolerantes, cromo total, níquel total, sólidos dissolvidos, vanádio total e zinco total e apenas uma amostra no corpo da lagoa fora dos limites para os parâmetros manganês total, OD, pH, turbidez e sulfeto não dissociado, com forte decaimento entre o início e o final do período de monitoramento para os parâmetros Alumínio dissolvido, cobre dissolvido, P total, manganês total e turbidez. Todas as amostras apresentaram valores mais altos que os limites para águas de classe 2 para os parâmetros ferro dissolvido e cor verdadeira, sem sinais de decaimento com o tempo. Pode-se concluir, desta forma, que a lagoa Areal ou teve parâmetros de qualidade de água não alterados pela entrada de água do rio Doce ou apresentou concentrações decrescentes dos parâmetros cujos valores extrapolaram os limites para águas de classe 2 após a entrada de água do rio Doce em janeiro de 2016, exceto para ferro dissolvido e cor verdadeira, cujas causas devem ser investigadas.



Dos três trechos do canal da lagoa Nova, apenas o trecho 3, a jusante da barragem de terra, ainda se encontra com fundo e massa d'água com sinais visuais de presença da lama de rejeitos, sendo que, nos trechos 1 e 2, os sólidos levados pelas águas do rio Doce se sedimentaram e se misturaram com a lama de fundo, sob uma camada de matéria orgânica advinda da vegetação ciliar ou de macrófitas que tomaram a massa d'água, fazendo com que estes não apresentassem, nos dias da visita de campo, sinais significativos que justifiquem ações de limpeza do canal.

A alteração qualitativa da lagoa Monsarás e respectivo canal pelas águas do rio Doce foi ocasionada por material carregado em suspensão pelo rio e não por lama carregada pelo mesmo. Assim, o canal de ligação entre o rio e a lagoa, assim como o Braço Sul da lagoa Monsarás não apresentavam, no dia da visita de campo, sinais visíveis de lama de rejeito, fazendo com que a implementação de práticas mecânicas para promover a limpeza do canal não seja justificável.

Preconiza-se que a limpeza dos canais origine impactos negativos sobre a qualidade de água, fauna aquática, vegetação ribeirinha e solo. Quanto à qualidade da água, esta será alterada principalmente nos seus teores de sólidos suspensos, sólidos dissolvidos e sólidos totais, ampliando dos valores de cor e turbidez, DBO e DQO e a consequente redução das concentrações de oxigênio dissolvido na massa d'água. A qualidade da água retornará à normalidade após a sedimentação do material que for colocado em suspensão durante os trabalhos de limpeza.

Os impactos sobre a fauna aquática serão a morte de indivíduos da fauna e distúrbios na fauna aquática a ocorrerem durante ou imediatamente após a realização dos trabalhos de limpeza. Após esta, o canal tomará uma profundidade maior, armazenando maior volume de água, possibilitando maior diversidade de fauna aquática do que a que lá se encontra atualmente.

Os impactos sobre a vegetação ribeirinha será a retirada de parte da vegetação ciliar, que atualmente se encontra em diversos estágios de regeneração da mata Atlântica.

Os impactos sobre o solo que receber os resíduos da limpeza dos canais serão alterações no arranjo dos horizontes do solo e alterações de características químicas do solo, principalmente de seu horizonte superficial.

6 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que a limpeza do canal que liga a lagoa Monsarás ao rio doce não seja realizada devido à ausência de impactos que justifique a execução da mesma.

Recomenda-se que a limpeza do canal que liga o rio Doce à lagoa Nova não seja realizada no momento.

A Barragem 1 deverá ser mantida no momento para evitar a entrada de água do canal e do rio Doce para o interior da lagoa Nova. Durante períodos chuvosos, cheias na bacia de contribuição da lagoa Nova deverão promover o extravasamento de suas águas através do canal, promovendo a retirada do material depositado em seu fundo. Aliado a isso, o alteamento do nível do rio Doce deverá diluir a água do canal, ajudando na retirada do material que hoje se encontra no fundo do mesmo, principalmente no trecho 3, que está em contato direto com as águas do rio.

A qualidade do sedimento do canal da lagoa Nova, nos trechos 1, 2 e 3, deverá ser monitorada, de forma a se conhecer a real necessidade de se proceder a limpeza do canal, assim como o método a ser adotado para dispor com segurança o material proveniente da limpeza.

Com intuito de se evitar a entrada de água do rio Doce no canal e de passar material presente no fundo do trecho 3 para os trechos 1 e 2 e desses para a lagoa Nova, recomenda-se que a Barragem 3 seja alteada para cotas acima dos níveis de cheias do rio ou até o nível do tabuleiro onde o canal foi escavado. Conforme pode ser observado na **Figura 4-4**, o trecho natural do canal se liga ao trecho retificado logo a montante da Barragem 3. O alteamento desta fará com que a água retome o seu caminho natural, de forma que a ligação do rio Doce com a lagoa Nova não passe pelo trecho 3, que se configura, atualmente, como o mais impactado pela lama.

Recomenda-se que a qualidade da água das lagoas e dos canais continue sendo monitorada mensalmente e que seja revista a lista dos parâmetros analisados.

7 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21st Edition, 2005.

Butterwick, L., De Oude, N., Raymond, K. Safety assessment of boron in aquatic and terrestrial Environments. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. Nº.17, pag. 339-371. 1989.

CAIADO, M.A.C. **Inter-relações entre ambientes e qualidade das águas da bacia do rio Itapemirim**. UFES, Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental. Dissertação de Mestrado. 1994.

CETESB. **Mortandade de peixes**: Material em suspensão. Disponível em <http://mortandadedepeixes.cetesb.sp.gov.br/alteracoes-fisicas-e-quimicas/material-em-suspensao/>. Acessado em 05/06/2017.

CHAPRA, S.C. **Surface Water-Quality Modeling**. Waveland Press. 2008.

Dance K.W. , Hynes, H.B.N. Some effects of Agricultural land use on stream insect communities. **Environmental Pollution**. Vol. 22, pag 19 – 28.1980.

FUNDAÇÃO RENOVA. **Análise dos Resultados do Histórico de Monitoramento da qualidade da água e sedimentos na lagoa Monsarás para Avaliação da Possível Contaminação pela Água do Rio Doce, em Linhares**. Documento Técnico. Fevereiro. 2017.

GOLDER ASSOCIATES. **Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão**. Relatório Técnico. Outubro. 2016.

GOLDER ASSOCIATES. **Avaliação da Qualidade de água e do sedimento nas lagoas Nova e do Monsarás**. Memorando Técnico. Agosto. 2016.

GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA, 2017. **Avaliação dos Resultados de Qualidade de Água e Sedimento do Rio Doce**. Relatório Técnico. Fevereiro. 2017.

HATUSHIKA, R. S., MELLO, C. L., SILVA, C. G. **Evidências de atuação neotectônica na formação do lago juparanã- Linhares (ES)**. Researchgate. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/267784236>. Acessado em 18/05/2017.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Consulta de dados de Estação automática: Linhares**. http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTYxNA==. Acessado em 22/05/2017.

Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), 2016. **Nota técnica Conjunta GTECAD/GCA/CAIA nº 013-26**. Documento Técnico. Agosto. 2016.

Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), 2016. **Nota técnica CAIA nº 049-2016**. Documento Técnico. Junho, 2016.

Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), 2016. **Nota técnica CAIA nº 051-2016**. Documento Técnico. Julho, 2016.

Jet Propulsion Laboratory. **Shuttle Radar Topography Mission**. Disponível em <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>. Acessado em 19/05/2017.

MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Ediciones Ômega, S.A. 1983. 1010p.

Park H, Schlesinger W.H. Global biogeochemical cycle of boron. **Global Biogeochemical Cycles** VOL. 16, nº. 4, artigo nº1072. 2002.

Resende, M.; Curi, N.; Rezende, S. B.; Corrêa, G. F. **Pedologia: Base para distinção de ambientes**. Lavras: Editora UFLA. 2007

SAWYER, C.N., McCARTY, P. L. **Chemistry for environmental engineering** 3ª edição. McGraw-Hill International Edition. 1978.

SAWYER, C.N., MCCARTY, P.L., PARKIN, G.F. **Chemistry for Environmental Engineering and Science** 5ª edição. McGraw-Hill. 2003.

SUGUIO, K. e KOHLER, H.C. 1992. Quaternary Barred Lake Systems of the Doce River (Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências** nº 64 volume 2, pg. 183-191.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Série Estudo do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, Volume 7. Belo Horizonte: UFMG. 2007


8 EQUIPE TÉCNICA

Realização:

CTA – Serviços em Meio Ambiente Ltda.

CRBio: 208-02.


CTEA: 34773983


Profissional	Alessandro Trazzi Biólogo, Mestre em Engenharia Ambiental <i>Diretor Técnico</i>
Registro no Conselho de Classe	CRBio 21.590-02
CTEA	398
CTF	201187
Função no Estudo	Supervisão Geral
Assinatura	


Profissional	Marcos Eugênio Pires de Azevedo Lopes Engenheiro Agrônomo, Mestre e Doutor em Engenharia Ambiental <i>Gerente Técnico</i>
Registro no Conselho de Classe	CREA AL 6816/D Visto CREA-ES 20060539
CTEA	487
CTF	1978208
Função no Estudo	Gerente do Projeto
Assinatura	


Profissional	Gabriel D. Belotti Junior Engenheiro Ambiental e de Segurança do Trabalho, Mestre em Eng. e Desenvolvimento Sustentável <i>Gestor Técnico</i>
Registro no Conselho de Classe	CREA ES 033223/D
CTEA	439
CTF	5144372
Função no Estudo	Coordenação Técnica
Assinatura	

Profissional	Giovanna Cypriano Lage Bióloga, Esp. Gestão Ambiental <i>Gestor Técnico</i>
Registro no Conselho de Classe	CRBio 38.858/02
CTF IBAMA	4936803
Função no Estudo	Revisão Técnica
Assinatura	


Profissional	Marco Aurélio Costa Caiado Eng. Agrônomo, PhD em Eng. Ambiental
Registro no Conselho de Classe	CREA –ES 3757/D
CTEA	-
CTF	-
Função no Estudo	Responsável técnico elaboração do relatório
Assinatura	


Profissional	Catharine Frigini Cuzzuol Engenheira Ambiental <i>Analista Ambiental</i>
Registro no Conselho de Classe	CREA ES 033324/D
CTEA	-
CTF	5441829
Função no Estudo	Apoio Técnico
Assinatura	

Profissional	Carlos Eduardo da Silva Alves <i>Diagramação</i>
Registro no Conselho de Classe	-
CTEA	-
CTF	-
Função no Estudo	Diagramação e Impressão
Assinatura	

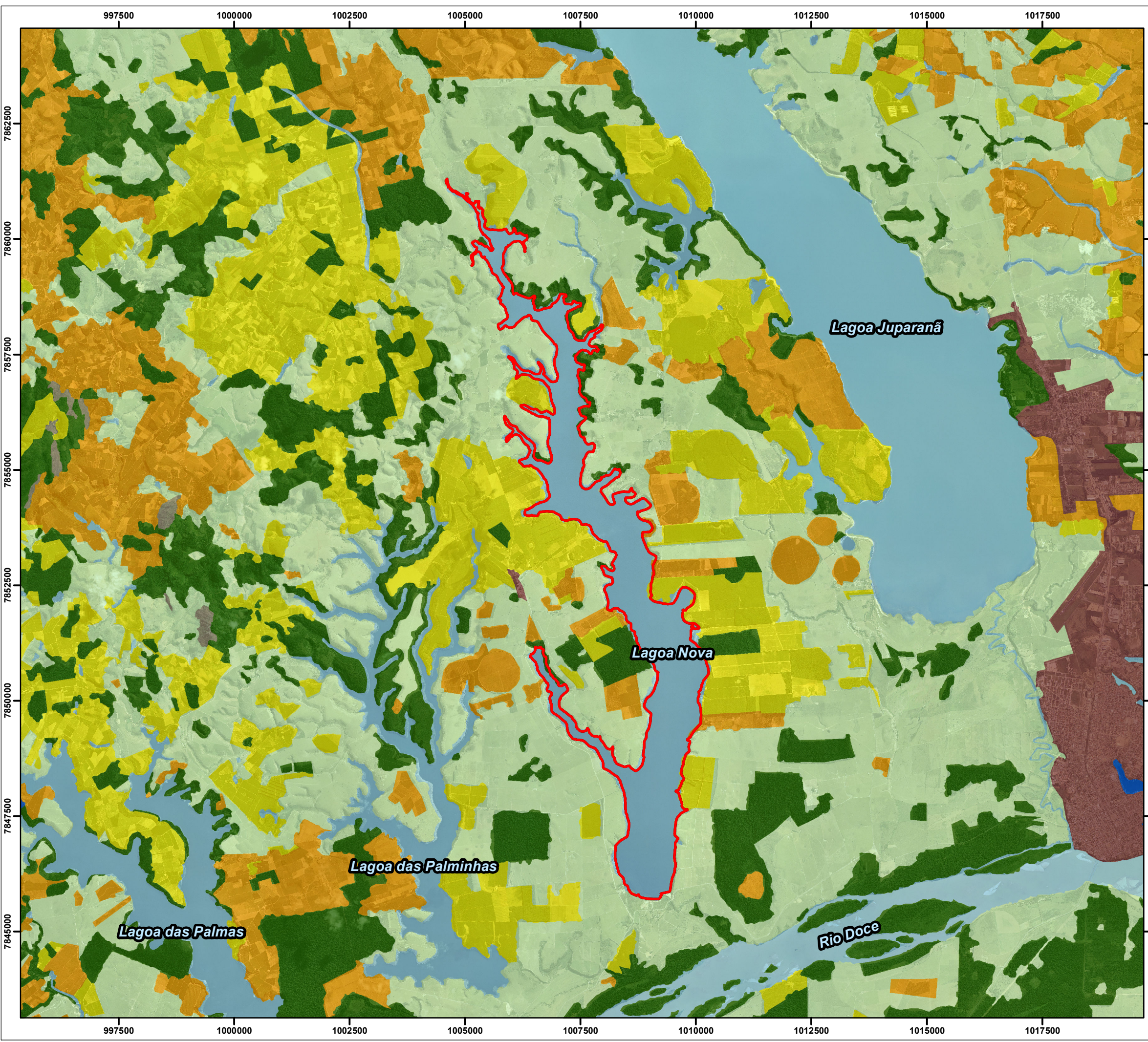
Profissional	Marcielle Terezani <i>Tec. Geomática / Graduanda Eng. Ambiental</i>
Registro no Conselho de Classe	CREA-ES 24120/TD
CTEA	-
CTF	-
Função no Estudo	Elaboração dos mapas
Assinatura	



Profissional	Caique de Barros Franca Graduando de Engenharia Ambiental <i>Auxiliar Técnico</i>
Registro no Conselho de Classe	-
CTEA	-
CTF	-
Função no Estudo	Apoio no tratamento dos dados
Assinatura	

Profissional	André Bellucio Ker Graduando de Engenharia Ambiental <i>Auxiliar Técnico</i>
Registro no Conselho de Classe	-
CTF	-
Função no Estudo	Apoio no tratamento dos dados
Assinatura	

9 ANEXOS



Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.

Legenda

- Área de estudo
- Uso e ocupação do solo**
- Afloramento rochoso
- Alagado
- Construção
- Cultura
- Massa d'água
- Pastagem
- Remanescente florestal
- Silvicultura

Referência cartográfica:
 - IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.
 - IJSN, Instituto Jones dos Santos Neves, 2010 e 2012.

Ø	Emissão original	Marcielle	19/04/2017
REV	DESCRIÇÃO	EXEC.	DATA

Título:
Mapa de uso e ocupação do solo

Responsável técnico:

 Marcos Eugênio Lopes
 Eng. Agrônomo
 CREA AL 6816/D

Elaboração:

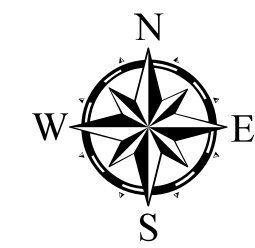
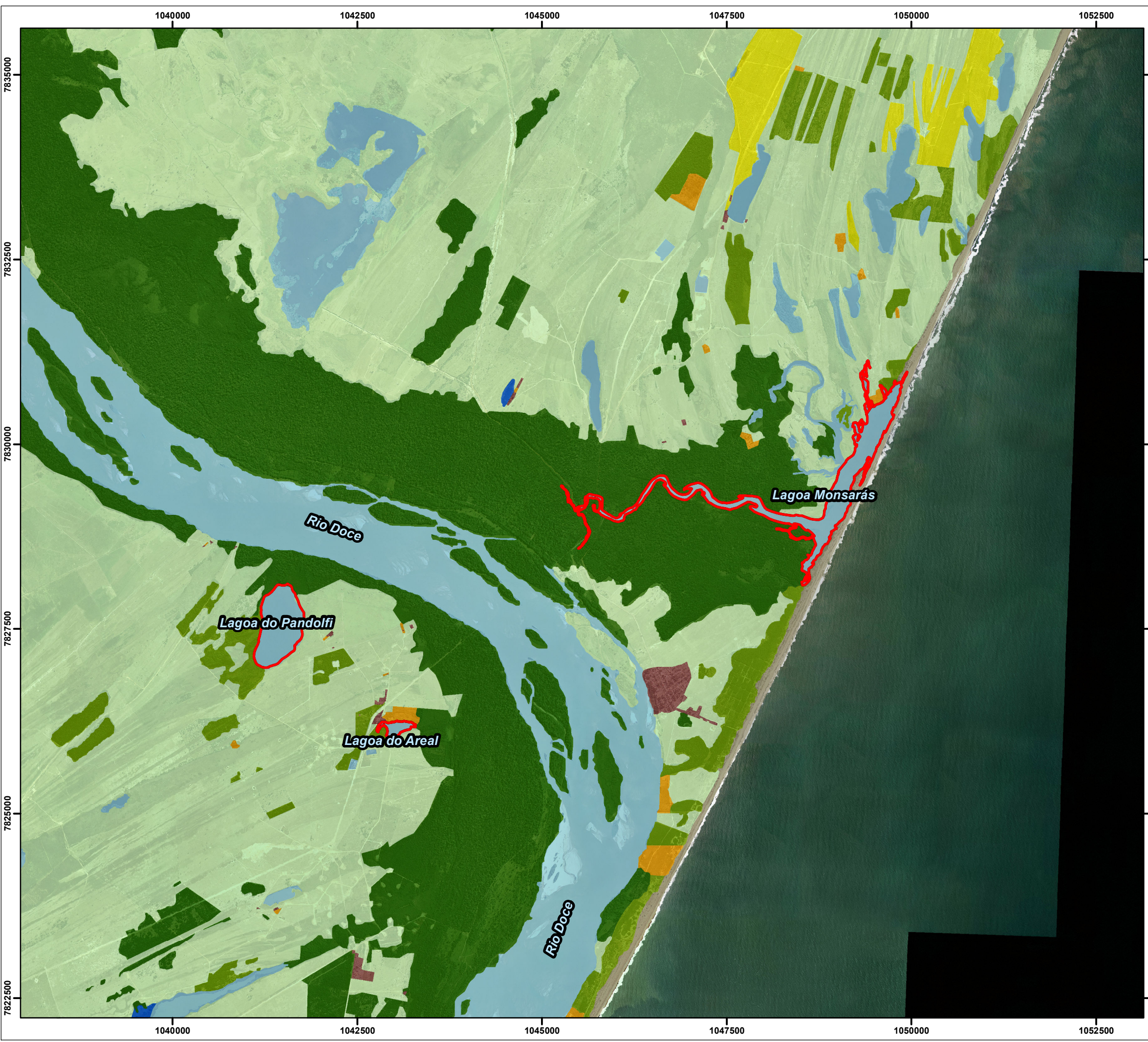
 Marcielle Gomes Torzani
 Analista em geoprocessamento

Escala: 1:80.000 

Folha: 01 de 02 **Local:** Linhares - ES

Papel: A3 **Nº:** C755-MM01

Cliente:  **Execução:** 



Projeção: Universal Transversa Mercator.
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000.
 Fuso: 24 Hemisfério Sul.


Legenda

- Área de estudo
- Uso e ocupação do solo**
- Alagado
- Água
- Construção
- Cultura
- Manguezal
- Pastagem
- Praia
- Remanescente florestal
- Restinga
- Silvicultura

Referência cartográfica:
 - IEMA. Ortofotomosaico 1:15.000. 2007/2008.
 - IJSN, Instituto Jones dos Santos Neves, 2010 e 2012.

REV	DESCRIÇÃO	EXEC.	DATA
0	Emissão original	Marcielle	19/04/2017

Título:
Mapa de uso e ocupação do solo

Responsável técnico:

 Marcos Eugênio Lopes
 Eng. Agrônomo
 CREA AL 6816/D

Elaboração:

 Marcielle Gomes Torezani
 Analista em geoprocessamento

Escola: 1:50.000 

Folha: 02 de 02 Local: Linhares - ES

Papel: A3 Nº: C755-MM01

Cliente:  Execução: 



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-ES

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do ES

ART de Obra ou Serviço

0820170086747

ART Individual

1. Responsável Técnico

MARCO AURÉLIO COSTA CAIADO

Título profissional: ENGENHEIRO AGRÔNOMO

RNP: 0802273726

Registro: ES-003757/D

Empresa contratada: SERVIÇO AUTÔNOMO

Registro: 999999



2. Dados do Contrato

Contratante: CTA SERVIÇOS EM MEIO AMBIENTE LTDA

CPF/CNPJ: 39793153000179

Rua: AVENIDA SATURNINO RANGEL MAURO

Nº: 283

Complemento:

CEP: 29062030

Cidade: VITÓRIA

UF: ES

Bairro: PONTAL DE CAMBURI

Telefone: 2733454222

Contrato: CTA-C-008/2017

Nº do Aditivo: 0

Valor do Contrato/Honorários: R\$6.000,00

Tipo de contratante: PESSOA JURÍDICA

3. Dados da Obra/Serviço

Rua: AVENIDA SATURNINO RANGEL MAURO

Nº: 283

Complemento:

Bairro: PONTAL DE CAMBURI

Quadra Lote

Cidade: VITÓRIA

UF: ES

CEP: 29062030

Data de início: 06/07/2017

Prev. Término: 31/08/2017

Coord. Geogr.:

Proprietário: FUNDAÇÃO RENOVA

CPF/CNPJ:25135507000183

4. Atividade Técnica

Qtde de Pavimento(s): 0

Nº Pavimento(s): 0

Dimensão/Quantidade: 0

Unidade de medida: M2

ATIVIDADE(S) TÉCNICA(S): 38 - 9.1 - ESTUDOS

PARTICIPAÇÃO:

NATUREZA: 100 - RESPONSABILIDADE TÉCNICA

NÍVEL: 100 - COORDENAÇÃO TÉCNICA

NATUREZA DO(S) SERVIÇO(S): 9111 - SERVIÇOS AFINS E CORRELATOS (ESPECIFICAR NO CAMPO 22)

TIPO DA OBRA/SERVIÇO: 2001 - SERVIÇOS AFINS E CORRELATOS (ESPECIFICAR NO CAMPO 22)

PROJETO(S)/SERVIÇO(S): 100 - NENHUM

Após a conclusão das atividades técnicas, o profissional deverá proceder a baixa desta ART.

5. Observações

REALIZAÇÃO DE ANÁLISES ESTATÍSTICAS NOS DADOS DE MONITORAMENTO DO RIO DOCE E DAS LAGOAS NOVA, MONSARÁS, PANDOLFI E AREAL;
ANÁLISES COMPARATIVAS ENTRE OS DADOS DE MONITORAMENTO DOS CANAIS, LAGOAS E PONTOS DO RIO DOCE EM LINHARES-ES;
REALIZAÇÃO DE ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS POSITIVOS E NEGATIVOS DA REMOÇÃO POR DRAGAGEM E POR ESCAVAÇÃO MECÂNICA DA LAMA
EXISTENTE NOS CANAIS DAS LAGOAS NOVA E MONSARÁS;
COMBATE DE IMPACTOS AMBIENTAIS DEVIDO À REMOÇÃO DE LAMA POR MEIO DE DRAGAGEM E POR ESCAVAÇÃO MECÂNICA DA LAMA

6. Declarações

Acessibilidade: <declara a aplicabilidade das regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº5.296, de 2 de dezembro de 2004, às atividades profissionais acima relacionadas.>

7. Entidade de classe

APEA-ES - ASSOCIAÇÃO DOS PROFISSIONAIS DE ENGENHARIA AMBIENTAL DO ESPÍRITO SANTO

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima.

Local de Data

MARCO AURÉLIO COSTA CAIADO - CPF: 57966940659

CTA SERVIÇOS EM MEIO AMBIENTE LTDA - CPF/CNPJ: 39793153000179

9. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, podendo sua conferência ser realizada no site do CREA.
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creaes.org.br ou www.confes.org.br
- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

www.creaes.org.br
tel: (27)3134-0046

creaes@creaes.org.br
art@creaes.org.br



Alessandro Trauzzi
Diretor Técnico
CREA-ES 21590/02