

Plano de Monitoramento Quali-quantitativo das Águas do Rio Doce e seus Tributários em Função das Intervenções - PMQQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

Fevereiro 2019

Plano de Monitoramento Quali-quantitativo das Águas do Rio Doce e seus Tributários em Função das Intervenções - PMQQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

Fevereiro 2019

Apoio:

SUMÁRIO EXECUTIVO

Em atendimento à cláusula 178 do Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta – TTAC firmado em decorrência do rompimento da barragem de Fundão, a Fundação Renova elaborou o Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo das Águas do Rio Doce e seus Tributários em Função das Intervenções (PMMQVAI). Esse plano de monitoramento foi elaborado de forma integrada com os trabalhos de recuperação ambiental executados no âmbito do *Programa 25 – Revegetação, Enrocamentos e Outros Métodos*, com foco no controle de erosão, estabilização e regularização das calhas e margens na região compreendida entre a barragem de Fundão e a usina hidrelétrica Risoleta Neves conhecida como reservatório de Candonga, para atendimento à Cláusula 178 do TTAC. O presente relatório traz os resultados obtidos com o monitoramento de água, sedimentos e biota aquática do período de amostragem compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018 em 176 pontos de amostragem na bacia do rio Doce, distribuídos ao longo dos rios principais e tributários no trecho entre a barragem de Fundão e o reservatório de Candonga. Além disso, são apresentados também os resultados do Programa de Garantia e Controle de Qualidade (QA/QC) para validação dos dados obtidos em campo e laboratório. Dentre os resultados obtidos, destaca-se: 1) os resultados laboratoriais e dados de campo, incluindo as campanhas amostrais e medições automáticas, atenderam satisfatoriamente ao Programa de Garantia e Controle de Qualidade para o período amostral; 2) o monitoramento da maioria dos pontos iniciou-se após as obras de intervenção impossibilitando a avaliação a partir de um tempo inicial e prejudicando a discussão dos resultados. Com isso, não foi possível realizar um comparativo dos resultados gerados antes, durante e após as intervenções para todos os pontos de monitoramento. Em relação aos resultados de carga de sólidos suspensos totais destaca-se que, as vazões e carga de sólidos em suspensão foram menores nos pontos CS 01 – Córrego Santarém e tributários TG 42A-M, TG 49A-M e TC 02BL. Enquanto que as maiores cargas de sólidos em suspensão foram encontradas nos pontos RPG 01 – rio Piranga e RD 03 – rio Doce, que tem maiores vazões. O ponto RCA 01- rio do Carmo apresentou vazão e carga de

sólidos em suspensão intermediária. Os resultados de turbidez, manganês total e *Escherichia coli*, nos pontos de monitoramento PMQQVAI e Tipo 2, ultrapassaram os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doce classe 2 com frequência. No sedimento, o perfil granulométrico esteve associado ao período de chuvas, ora influenciando a ocorrência de sedimentos mais grossos, ora sedimentos mais finos. Os dados indicam que o período de chuvas pode carrear partículas mais finas para as calhas dos rios, resultando em maiores concentrações destes elementos no sedimento, uma vez que as frações mais finas apresentam maior capacidade de retenção de metais, o que foi observado para as áreas 3 e 13, onde as concentrações de manganês e mercúrio foram maiores nos meses de dezembro/2017 e janeiro/2018 nos pontos TG 13M (tributário TG13 – Área 13) e RG 03 (rio Gualaxo do Norte – Área 13). Para a comunidade fitoplanctônica, a densidade total registrada no rio Gualaxo do Norte foi predominantemente composta por clorófitas no seu canal principal e por uma composição mais diversa nos seus tributários, como diatomáceas (TG 14M e TG 22M), euglenóides (TG 11M) e cianobactérias (TG 13). Já os pontos localizados no rio do Carmo e Doce apresentam uma característica diferente na composição fitoplanctônica, com predominância de diatomáceas em ambos os sistemas. Estudos e revisões de ambientes impactados por contaminantes como metais indicam que, geralmente, as algas verdes são mais tolerantes do que cianobactérias e diatomáceas, grupo esse predominante no rio Gualaxo do Norte, mais fortemente impactado pelo rejeito da barragem de Fundão. Dentre os grupos zooplancônicos, rotíferos foi um importante grupo em todas as áreas amostradas tanto no rio Gualaxo do Norte, quanto nos rios Carmo e Doce, seguido por copépodo ciclopoide, nas suas fases juvenis e adultas. Para este grupo, não foi observada uma relação com a precipitação, no entanto, para a comunidade fitoplanctônica os picos de precipitação contribuem para menores densidades. Em relação aos macroinvertebrados bentônicos, a comunidade foi predominantemente formada por organismos da classe Insecta, principalmente da família Chironomidae. A presença do grupo indicador EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) foi observada principalmente nos pontos localizados no rio Gualaxo do Norte, tendo sido raros ou ocasionais nos pontos do rio do

Carmo e Doce. Além disso, embora não haja como comparar com a situação ecológica anterior ao rompimento da barragem, é possível afirmar, de acordo com a aplicação do índice BMWP (*Biological Monitoring Working Party*), que estes pontos fornecem condições para desenvolvimento de comunidades de macroinvertebrados bentônicos diversas. Para esta comunidade o volume de chuvas mostrou relação com a riqueza, de modo que quanto maior o volume de chuva menor tende ser a riqueza. Nos pontos da Operação Águas, os resultados de sólidos suspensos totais e turbidez acima dos limites legais para águas de classe 2 foram, de forma evidente, mais frequentes nos meses de novembro/2017, dezembro/2017 e janeiro/2018, que foram os meses de maior pluviosidade. A continuidade do monitoramento durante as intervenções deverá ser continuado.

Palavras-chave: metais, monitoramento de água e sedimento, turbidez, rio Doce, controle de qualidade, intervenções.

SUMÁRIO GERAL

1 -	APRESENTAÇÃO	1
2 -	EQUIPE TÉCNICA	3
3 -	INTRODUÇÃO	4
3.1 -	Programa de Recuperação da Área Ambiental 1.....	7
3.1.1 -	Projeto de recuperação ambiental dos tributários.....	12
3.1.2 -	Projeto de recuperação ambiental dos rios principais	15
4 -	OBJETIVOS	19
5 -	METODOLOGIA.....	20
5.1 -	Pontos de amostragem.....	20
5.2 -	Parâmetros avaliados e frequência de amostragem.....	31
5.2.1 -	Pontos PMQQVAI e tipo 2	40
5.2.2 -	Pontos tipo 1	40
5.2.3 -	Pontos operação águas	41
5.3 -	Parâmetros monitorados para água e sedimento	43
5.3.1 -	Água superficial	43
5.3.2 -	Sedimento	49
5.4 -	Procedimentos para amostragem	52
5.4.1 -	Fitoplâncton	52
5.4.2 -	Zooplâncton	53
5.4.3 -	Macroinvertebrados bentônicos	53
5.4.4 -	Medição de descarga líquida.....	54
5.5 -	Tratamento dos dados	55
5.5.1 -	Análises estatísticas	56
5.5.2 -	Comunicação dos dados.....	57
5.6 -	Programa de garantia e controle da qualidade (QA/QC).....	57
5.6.1 -	Garantia da qualidade (QA)	57
5.6.2 -	Controle de qualidade (QC) – campo e analítica.....	58
5.6.3 -	Requisitos de amostragem e identificação das amostras	58
5.6.4 -	Laudos analíticos	59
5.6.5 -	Sistema de gestão de dados do MP5	60
5.6.6 -	Validação e qualificação dos dados	61

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E
SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

6 -	RESULTADOS	64
6.1 -	Programa de garantia e controle de qualidade (QA/QC)	64
6.1.1 -	Garantia de qualidade (QA)	64
6.1.1.1 -	Acreditação dos laboratórios contratados e subcontratados pela NBR ISO-17025	64
6.1.1.2 -	Capacitação técnica da equipe responsável	66
6.1.1.3 -	Procedimentos de amostragem e equipamentos de campo e laboratoriais	66
6.1.1.4 -	Equipamentos de medição automático	67
6.1.2 -	Garantia de qualidade (QA)	68
6.1.2.1 -	Registros de campo	68
6.1.2.2 -	Limites de quantificação dos métodos	68
6.1.2.3 -	Análise interlaboratorial	68
6.1.2.4 -	Cadeias de custódia e fichas de coleta	69
6.1.2.5 -	Laudos analíticos	70
6.1.2.6 -	Bancos e duplicatas (campo e laboratório)	70
6.1.3 -	Conformidade e consistência dos dados	71
6.1.4 -	Considerações e sugestões	73
6.2 -	Pontos Tipo 1	77
6.2.1 -	Precipitação	77
6.2.2 -	Carga de Sólidos Suspensos Totais (SST)	82
6.3 -	Pontos PMQQVAI e tipo 2	95
6.3.1 -	Físicos e químicos	95
6.3.2 -	Sedimentos	111
6.3.2.1 -	Granulometria	112
6.3.2.2 -	Parâmetros químicos	122
6.3.2.2.1 -	Macronutrientes	122
6.3.2.2.2 -	Metais e arsênio	130
6.3.2.2.3 -	Biodisponibilidade de metais	152
6.3.3 -	Comunidades aquáticas	154
6.3.3.1 -	Fitoplâncton	155
6.3.3.2 -	Zooplâncton	160
6.3.3.3 -	Macroinvertebrados dulcícolas	184
6.4 -	Pontos operações águas	215
	CONCLUSÕES	243
	GLOSSÁRIO	255
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	257

Lista de quadros e tabelas

Quadro 2-1 – Equipe técnica.....	3
Quadro 3-1 – Localização das áreas prioritárias e não prioritárias de montante para jusante.	9
Quadro 5-1 - Justificativas para inclusão dos pontos de amostragem para o Plano de Monitoramento Quali-quantitativo das Águas do Rio Doce e seus Tributários em Função das intervenções.	21
Quadro 5-2 - Pontos de amostragem definidos para o Plano de Monitoramento Quali-quantitativo das águas do rio Doce e seus tributários em função das intervenções.	22
Quadro 5-3 – Parâmetros, frequência de amostragem e data da primeira e última amostragem para qualidade de água e sedimento.....	32
Quadro 5-4 - Unidades e métodos de análise para as variáveis medidas em campo na água superficial.....	44
Quadro 5-5 – Parâmetros avaliados, limites de quantificação e métodos utilizados para as análises de água superficial.	45
Quadro 5-6 - Unidades de medida e métodos de análise para as variáveis analisadas no sedimento.	50
Quadro 5-7 - Validadores aplicados ao Banco de Dados, conforme NT n° 16 – GTA-PMQQS.....	63
Quadro 6.1-1 – Laboratórios contratados ou subcontratados para as análises das amostras coletadas, com os respectivos certificados de acreditação.	65
Quadro 6.1-2 - Avaliação resumida das inconformidades encontradas no banco de dados para amostras de água.....	72
Quadro 6.2.2-1 – Valores de vazão e transporte de cargas de SST (descarga SST) medidos entre outubro/2017 e janeiro/2018, nos pontos monitorados.	90
Tabela 6.3.1-1 - Sólidos e metais por ponto para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018. Concentrações acima do valor de referência legal (Resolução CONAMA n° 357/2005 e Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG n° 01/2008) para águas doces classe 2 estão em realce vermelho.....	102
Tabela 6.3.1-2 - Nutrientes, clorofila, coliformes, carbono orgânico total, DBO e DQO por ponto para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018. Concentrações acima do valor de referência legal (Resolução CONAMA n° 357/2005) para águas doces classe 2 estão em realce vermelho.	101
Tabela 6.3.1-3 - Oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, pH, temperatura do ar e temperatura da água por ponto para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018.....	105
Quadro 6.3.3-1 – Valores de média ($\pm$ desvio padrão), mínimos (mín) e máximos (máx) considerando o conjunto total dos dados e cada área amostrada para densidade total, riqueza, equitabilidade, diversidade e dominância.	158
Quadro 6.3.3-2 - Resultados dos modelos lineares mistos (Mixed Linear Models) para densidade fitoplânctônica total e grupos taxonômicos em função do acumulado de 20 dias de chuvas (fator fixo) e pontos amostrais (fator aleatório)	160
Quadro 6.3.3-3 - Valores de média ($\pm$ desvio padrão), mínimos (mín) e máximos (máx) considerando o conjunto total dos dados de zooplâncton e cada área amostrada ? para densidade total, riqueza, equitabilidade, diversidade e dominância.....	163
Quadro 6.3.3-4 - Resultados do modelo linear misto (Mixed Linear Models) para riqueza taxonômica e a densidade total (ind.m ⁻²) em função do acumulado de 30 dias de chuvas (fator fixo) e pontos amostrais (fator aleatório).....	207

Lista de figuras

Figura 3-1– Linha do tempo de execução das obras de intervenções realizadas nos tributários e rios principais da Cláusula 160.	11
Figura 3-2 - Exemplos de intervenções realizadas nos tributários.	13
Figura 3-3 - Exemplos de intervenções realizadas nos rios principais.	17
Figura 6.2.1-1 - Valores de precipitação no rio Gualaxo do Norte, seus tributários e córrego Santarém, no período de outubro/2017 a janeiro/2018.	79
Figura 6.2.1-2 - Valores de precipitação no rio do Carmo e seus tributários, no período de outubro/2017 a janeiro/2018.	80
Figura 6.2.1-3 - Valores de precipitação no rio Piranga e Doce, no período de outubro/2017 a janeiro/2018.	81
Figura 6.2.2-1 – Sólidos suspensos totais entre outubro/2017 a janeiro/2018.	86
Figura 6.2.2-2 – Vazão entre outubro/2017 a janeiro/2018.	87
Figura 6.2.2-3 – Transporte de cargas de SST entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixos x em escala logarítmica.	89
Figura 6.2.2-4 - Relação de vazão e nível da água medidos entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixos x e y em escala logarítmica.	93
Figura 6.2.2-5 – Relação de vazão e transporte de cargas de SST medidos entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixos x e y em escala logarítmica.	94
Figura 6.3.1-1 – Sólidos suspensos totais (SST), sólidos dissolvidos totais (SDT) e sólidos totais (ST) por ponto para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixo y em escala logarítmica.	96
Figura 6.3.1-2 – Turbidez por ponto para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixo y em escala logarítmica.	96
Figura 6.3.1-3 – Alumínio total e dissolvido por ponto para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixo y em escala logarítmica.	98
Figura 6.3.1-4 – Ferro total e dissolvido por ponto para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixo y em escala logarítmica.	99
Figura 6.3.1-5 – Manganês total e dissolvido por ponto para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixo y em escala logarítmica.	100
Figura 6.3.1-6 – Arsênio total por ponto para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixo y em escala logarítmica.	101
Figura 6.3.1-7– Cor verdadeira por ponto para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixo y em escala logarítmica.	106
Figura 6.3.1-8 – Nitrito, Nitrato, Nitrogênio amoniacal, Nitrogênio Kjeldahl para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixo y em escala logarítmica.	96
Figura 6.3.1-9 – Fósforo total e dissolvido para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixo y em escala logarítmica.	96
Figura 6.3.1-10 – Coliformes termotolerantes (E. coli) e totais para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixo y em escala logarítmica.	99

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

Figura 6.3.1-11 – Carbono orgânico total e demanda química de oxigênio (DQO) por ponto para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixo y em escala logarítmica.	100
Figura 6.3.2-1 - Granulometria dos sedimentos da Área 3 para os pontos RGN 01, RG 01 e RG 02 (Rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG), para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018.	112
Figura 6.3.2-2 - Granulometria dos sedimentos da Área 13 para os pontos TG 11M (tributário TG11 – Mariana/MG), RG 03 e RG 04 (rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG), e TG 13M (tributário TG13 – Mariana/MG), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.	114
Figura 6.3.2-3 - Granulometria dos sedimentos da Área 11 para os pontos TG 14M (tributário TG14 – Mariana/MG) e RG 05 (rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG), e Área 21 para o ponto RG 06 (rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG), para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018.	115
Figura 6.3.2-4 - Granulometria dos sedimentos da Área 10 no ponto RG 07 (rio Gualaxo do Norte), Área 22 para os pontos: TG 22M (tributário TG21 – Mariana/MG), e RG 08 (rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.	116
Figura 6.3.2-5 - Granulometria dos sedimentos das Áreas 5 e 7 para os pontos: RGN 06, RG 09 e RG 10 (rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG), para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018.	117
Figura 6.3.2-6 - Granulometria dos sedimentos das Áreas 24, 6 e 25 para os pontos: RG 11 e RG 12 (rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG), e RG 13 e RGN 08 (rio Gualaxo do Norte – Barra Longa/MG), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.	118
Figura 6.3.2-7 - Granulometria dos sedimentos da Área 15 e 27 para os pontos: RCA 02 (rio do Carmo – Barra Longa/MG) e RC 01 (rio do Carmo - Ponte Nova/MG), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.	119
Figura 6.3.2-8 - Granulometria dos sedimentos a jusante da Área 27 para os pontos: RD 01, RD 02 e RD 03 (rio Doce – Rio Doce/MG).	120
Figura 6.3.2-9 – Percentuais de Carbono orgânico total (COT), e concentrações de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nos sedimentos da Área 03 para os pontos RGN 01, RG 01 e RG 02 (Rio Gualaxo do Norte), para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018.	123
Figura 6.3.2-10 - Percentuais de Carbono orgânico total (COT), e concentrações de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nos sedimentos da Área 13 para os pontos TG 11M (tributário TG11 – Mariana/MG), RG 03 e RG 04 (rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG) e TG 13M (tributário TG13 – Mariana/MG), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.	124
Figura 6.3.2-11 - Percentuais de Carbono orgânico total (COT), e concentrações de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nos sedimentos da Área 11 para os pontos TG 14M (tributário TG14) e RG 05 (rio Gualaxo do Norte), e Área 21 para o ponto RG 06 (rio Gualaxo do Norte), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.	125
Figura 6.3.2-12 - Percentuais de Carbono orgânico total (COT), e concentrações de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nos sedimentos da Área 10 para o ponto RG 07 (rio Gualaxo do Norte), e da Área 22 para os pontos RG 08 (rio Gualaxo do Norte) e TG 22M (tributário TG21), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.	126
Figura 6.3.2-13 - Percentuais de Carbono orgânico total (COT), e concentrações de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nos sedimentos da Área 24 para os pontos RG 11 e RG 12 (rio Gualaxo do Norte), da Área 6 para o ponto RG 13 (rio Gualaxo do Norte), e Área 25	

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

para o ponto RGN 08 (rio Gualaxo do Norte), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.	127
Figura 6.3.2-14 - Percentuais de Carbono orgânico total (COT), e concentrações de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nos sedimentos da Área 15 para o ponto RCA 02 (rio do Carmo), e da Área 27 para o ponto RC 1 (rio do Carmo), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.....	128
Figura 6.3.2-15 - Percentuais de Carbono orgânico total (COT), e concentrações de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nos sedimentos de jusante da Área 27 para os pontos RD 1, RD 02 e RD 03 (rio Doce), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.	129
Figura 6.3.2-16 - Concentrações de alumínio, ferro, manganês, arsênio e mercúrio nos sedimentos da Área 03 para os pontos RGN 01, RG 01 e RG 02 (Rio Gualaxo do Norte), para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018.....	133
Figura 6.3.2-17 - Concentrações de alumínio, ferro, manganês, arsênio e mercúrio nos sedimentos da Área 13 para os pontos TG 11M (tributário TG11 – Mariana/MG), RG 03 e RG 04 (rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG), e TG 13M (tributário TG13 – Mariana/MG), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.	134
Figura 6.3.2-18 - Concentrações de alumínio, ferro, manganês, arsênio e mercúrio nos sedimentos da Área 11 para os pontos TG 14M (tributário TG14) e RG 05 (rio Gualaxo do Norte), e Área 21 para o ponto RG 06 (rio Gualaxo do Norte), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.	138
Figura 6.3.2-19 - Concentrações de alumínio, ferro, manganês, arsênio e mercúrio nos sedimentos da Área 10 para o ponto RG 07 (rio Gualaxo do Norte), e da Área 22 para os pontos TG 22M (tributário TG21) e RG 08 (rio Gualaxo do Norte), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.	139
Figura 6.3.2-20 - Concentrações de alumínio, ferro, manganês, arsênio e mercúrio nos sedimentos da Área 5 para o ponto RGN 06 (rio Gualaxo do Norte), da Área 7 para os pontos RG 09 e RG 10 (rio Gualaxo do Norte), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.	142
Figura 6.3.2-21 - Concentrações de alumínio, ferro, manganês, arsênio e mercúrio nos sedimentos da Área 24 para os pontos RG 11 e RG 12 (rio Gualaxo do Norte), da Área 6 para o ponto RG 13 (rio Gualaxo do Norte), e Área 25 para o ponto RGN 08 (rio Gualaxo do Norte), para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018.	143
Figura 6.3.2-22 - Concentrações de alumínio, ferro, manganês, arsênio e mercúrio nos sedimentos da Área 15 para o ponto RCA 02 (rio do Carmo), e da Área 27 para o ponto RC 1 (rio do Carmo), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.	147
Figura 6.3.2-23 - Concentrações de alumínio, ferro, manganês, arsênio e mercúrio nos sedimentos do rio Doce nos pontos RD 01, RD 02, e RD 03 (jusante Área 27), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.	151
Figura 6.3.3-1 - Contribuição relativa (%) da riqueza taxonômica de espécies para o conjunto total de dados nas áreas prioritárias e não prioritárias amostradas nos rios Gualaxo do Norte (áreas 3, 13, 11, 21, 10, 22, 5, 7, 24, 6, 25), Carmo (áreas 15, 27) e Doce (jusante da Área 27 -Jus 27).....	156

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

Figura 6.3.3-2 – Densidade média (ind.mL-1) da comunidade fitoplanctônica para o conjunto total de dados nas áreas prioritárias e não prioritárias amostradas nos rios Gualaxo do Norte (áreas 3, 13, 11, 21, 10, 22, 5, 7, 24, 6, 25), Carmo (áreas 15, 27) e Doce (jusante da Área 27- Jus 27).....	157
Figura 6.3.3-3 - Principais métricas calculadas para a comunidade fitoplanctônica na Área 3 no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018. O asterisco (*) indica área que não sofreu influência do rejeito da barragem de Fundão. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos.....	162
Figura 6.3.3-4 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade fitoplanctônica na área 3 no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018. O asterisco (*) indica área que não sofreu influência do rejeito da barragem de Fundão	163
Figura 6.3.3-5 – Principais métricas calculadas para a comunidade fitoplanctônica na área 13 no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos.....	164
Figura 6.3.3-6 – Densidade relativa dos dos grupos taxonômicos da comunidade fitoplanctônica na área 13 no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018.....	165
Figura 6.3.3-7 – Principais métricas calculadas para a comunidade fitoplanctônica na área 11 (TG 14M, RG 05) e área 21 (RG 06) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos	166
Figura 6.3.3-8 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade fitoplanctônica na área 11 (TG 14M, RG 05) e área 21 (RG 06) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018	167
Figura 6.3.3-9 – Principais métricas calculadas para a comunidade fitoplanctônica na área 10 (RG 07) e área 22 (TG 22M e RG 08) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos	168
Figura 6.3.3-10 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade fitoplanctônica na área 10 (RG 07) e área 22 (TG 22M e RG 08) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018	169
Figura 6.3.3-11 – Principais métricas calculadas para a comunidade fitoplanctônica na área 5 (RGN 06) e área 7 (RG 09 e RG 10) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos	170
Figura 6.3.3-12– Densidade relativa dos dos grupos taxonômicos da comunidade fitoplanctônica na área 5 (RGN 06) e área 7 (RG 09 e RG 10) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018	171
Figura 6.3.3-13 – Principais métricas calculadas para a comunidade fitoplanctônica na área 24 (RG 11 e RG 12), área 6 (RG 13) e área 25 (RGN 08) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos	172
Figura 6.3.3-14 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade fitoplanctônica na área 24 (RG 11 e RG 12), área 6 (RG 13) e área 25 (RGN 08) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018	173
Figura 6.3.3-15 – Principais métricas calculadas para a comunidade fitoplanctônica na área 15 (RCA 02) e área 27 (RC 01) no rio do Carmo, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos	175

Figura 6.3.3-16 – Densidade relativa dos dos grupos taxonômicos da comunidade fitoplanctônica na área 15 (RCA 02) e área 27 (RC 01) no rio do Carmo, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018	176
Figura 6.3.3-17 – Principais métricas calculadas para a comunidade fitoplanctônica à jusante da Área 27 (RD 01, RD 02 e RD 03) no Doce, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos.....	177
Figura 6.3.3-18 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade fitoplanctônica na área jusante da Área 27 (RD 01, RD 02 e RD 03) no Doce, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018	178
Figura 6.3.3-19 - Contribuição relativa (%) da riqueza taxonômica de espécies para o conjunto total de dados nas áreas prioritárias e não prioritárias amostradas nos rios Gualaxo do Norte (áreas 3, 13, 11, 21, 10, 22, 5, 7, 24, 6, 25), Carmo (áreas 15, 27) e Doce (jusante área 27 – Jus 27).....	161
Figura 6.3.3-20 - Densidade média (ind. m-3) da comunidade zooplanctônica para o conjunto total de dados nas áreas prioritárias e não prioritárias amostradas nos rios Gualaxo do Norte (áreas 3, 13, 11, 21, 10, 22, 5, 7, 24, 6, 25), Carmo (áreas 15, 27) e Doce (jusante área 27 – Jus 27).....	162
Figura 6.3.3-21 - Principais métricas calculadas para a comunidade zooplanctônica na Área 3 no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018. O asterisco indica área que não sofreu influência do rejeito da barragem de Fundão. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos.....	166
Figura 6.3.3-22 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade zooplanctônica na área 3 no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018.....	167
Figura 6.3.3-23– Principais métricas calculadas para a comunidade zooplanctônica na área 13 no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos.....	168
Figura 6.3.3-24 – Densidade relativa dos grupos dos grupos taxonômicos da comunidade zooplanctônica na área 13 no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018.....	169
Figura 6.3.3-25 – Principais métricas calculadas para a comunidade zooplanctônica na área 11 (TG 14M e RG 05) e área 21 (RG 06) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos	170
Figura 6.3.3-26 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade zooplanctônica na área 11 (TG 14M e RG 05) e área 21 (RG 06) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018	171
Figura 6.3.3-27 – Principais métricas calculadas para a comunidade zooplanctônica na área 10 (RG 07) e área 22 (TG 22M e RG 08) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos	172
Figura 6.3.3-28 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade fitoplanctônica na área 10 (RG 07) e área 22 (TG 22M e RG 08) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018.....	173
Figura 6.3.3-29 – Principais métricas calculadas para a comunidade zooplanctônica na área 5 (RGN 06) e área 7 (RG 09 e RG 10) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos	174

Figura 6.3.3-30 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade fitoplanctônica na área 5 (RGN 06) e área 7 (RG 09 e RG 10) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018	175
Figura 6.3.3-31 – Principais métricas calculadas para a comunidade zooplanctônica na área 24 (RG 11 e RG 12), área 6 (RG 13) e área 25 (RGN 08) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos	176
Figura 6.3.3-32 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade zooplanctônica na área 24 (RG 11 e RG 12), área 6 (RG 13) e área 25 (RGN 08) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018	177
Figura 6.3.3-33 – Principais métricas calculadas para a comunidade zooplanctônica na área 15 (RCA 02) e área 27 (RC 01) no rio do Carmo, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos	178
Figura 6.3.3-34 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade zooplanctônica na área 15 (RCA 02) e área 27 (RC 01) no rio do Carmo, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018	179
Figura 6.3.3-35 – Principais métricas calculadas para a comunidade zooplanctônica à jusante da área 27 (RD 01, RD 02 e RD 03) no Doce, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos	181
Figura 6.3.3-36 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade zooplanctônica na área jusante a 27 (RD 01, RD 02 e RD 03) no Doce, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018	182
Figura 6.3.3-37 - Abundâncias relativas (% do total) para os principais filos de macroinvertebrados bentônicos identificados em pontos amostrais do localizados no rio Gualaxo do Norte e tributários, Carmo e Doce entre os meses de outubro/2017 a janeiro/2018.	185
Figura 6.3.3-38 - Principais métricas calculadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos na área 3 (RGN 01*, RG 01 e RG 02) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é representado por pontos pretos. (*indica ponto não impactado pelo rejeito).	188
Figura 6.3.3-39 - Principais métricas calculadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos na área 13 no rio Gualaxo do Norte (RG 03 e RG 04) e seus tributários (TG 11M e TG 13M), nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é representado por pontos pretos	191
Figura 6.3.3-40 - Principais métricas calculadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos na área 11 e 21 no rio Gualaxo do Norte (RG 05 e RG 06) e tributário (TG 14M), nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é representado por pontos pretos	194
Figura 6.3.3-41 - Principais métricas calculadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos na área 10 e 22 no rio Gualaxo do Norte (RG 07 e RG 08) e tributário (TG 22M), nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é representado por pontos pretos	195
Figura 6.3.3-42 - Principais métricas calculadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos na área 5 e 7 no rio Gualaxo do Norte (RGN 06, RG 09 e RG 10), nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é representado por pontos pretos	197
Figura 6.3.3-43 - Principais métricas calculadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos na área 24, 6 e 25 no rio Gualaxo do Norte (RG 11, RG 12, RG 13 e RGN 08), nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é representado por pontos pretos.	199

**PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E
SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQQVAI**

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

Figura 6.3.3-44 - Principais métricas calculadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos na área 15 e 27 no rio do Carmo (RCA 02 e RC 01), nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é representado por pontos pretos.	201
Figura 6.3.3-45 - Principais métricas calculadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos a jusante da Área 27, no rio Doce (RD 01, RD 02 e RD 03), nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é representado por pontos pretos.	203
Figura 6.3.3-46 - Correlações entre a riqueza taxonômica (eixo y) e a chuva acumulada no período de 30 dias (eixo x) que antecederam a amostragem nos pontos localizados no rio Gualaxo do Norte e seus tributários, Carmo e Doce.	205
Figura 6.3.3-47 - Correlações entre densidade total (ind.- ²) (eixo y) e a chuva acumulada no período de 30 dias (eixo x) que antecederam a amostragem nos pontos localizados no rio Gualaxo do Norte e seus tributários, Carmo e Doce.	206

ANEXOS

Anexo 2-1 - Anotação de Responsabilidade Técnica

Anexo 5-1 - Mapa de localização dos pontos de amostragem 1

Anexo 5-2 - Mapa de localização dos pontos de amostragem 2

Anexo 5-3 - Mapa de localização dos pontos de amostragem 3

Anexo 5-4 - Mapa de localização dos pontos de amostragem 4

Anexo 5-5 - Mapa de localização geral dos pontos de amostragem

Anexo 5-6 - Shapefile dos mapas

Anexo 6.1-1 - Banco de dados PMQQVAI

Anexo 6.1-2 - Certificados de acreditação

Anexo 6.1-3 - Equipe técnica do laboratório contratado para as amostragens e análises

Anexo 6.1-4 - Procedimentos de amostragem

Anexo 6.1-5 - Calibração de equipamentos de campo

Anexo 6.1-6 - FISPQ Preservantes

Anexo 6.1-7 - Controle de qualidade, padrões e materiais de referência

Anexo 6.1-8 - Registros fotográficos

Anexo 6.1-9 - Interlaboratoriais

Anexo 6.1-10 - Fichas de campo

Anexo 6.1-11 - Consistência dos dados QAQC

Anexo 6.1-12 - Ofícios excluindo resultados inconsistentes

Anexo 6.2.1-1 - Fichas das Estações Automáticas

Anexo 6.3.1-1 - Tabelas Resultados

Anexo 6.3.2-1 - Dados brutos da estimativa de biodisponibilidade

Anexo 6.3.2-2 - Recuperação Ambiental da Área entre Fundão e Candonga- Comunicação de interferência de Extração Mineral (Garimpo) na execução dos serviços de bioengenharia- Área Não Prioritária 21, Rio Gualaxo do Norte.

Anexo 6.3.3.1-1 - Lista taxonômica da comunidade fitoplanctônica no rio Gualaxo do Norte e seus tributários, rio Carmo e Doce durante os meses de outubro/2017 a janeiro/2018, tendo como base as amostras quali e quantitativas.

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

Anexo 6.3.3.1-2 - *Densidade (ind.mL-1) fitoplanctônica no rio Gualaxo do Norte e seus tributários, rio Carmo e Doce durante os meses de outubro/2017 a janeiro/2018, tendo como base as amostras quantitativas.*

Anexo 6.3.3.1-3 - *Lista taxonômica da comunidade fitoplanctônica no rio Gualaxo do Norte e seus tributários, rio Carmo e Doce durante os meses de outubro/2017 a janeiro/2018, indicando os táxons raros (frequência <10% das amostras), comuns (entre 10% e 50%) e constantes (acima de 50% das amostras).*

Anexo 6.3.3.1-4 - *Lista taxonômica da comunidade fitoplanctônica no rio Gualaxo do Norte e seus tributários, rio Carmo e Doce durante os meses de outubro/2017 a janeiro/2018, considerando sua contribuição para a unidade amostral. Espécies dominantes constituem aquelas com mais de 50% da densidade total.*

Anexo 6.3.3.2-1 - *Lista taxonômica da comunidade zooplanctônica no rio Gualaxo do Norte e seus tributários, rio Carmo e Doce durante os meses de outubro/2017 a janeiro/2018, tendo como base as amostras quali e quantitativas.*

Anexo 6.3.3.2-2 - *Densidade (ind.m-3) zooplanctônica no rio Gualaxo do Norte e seus tributários, rio Carmo e Doce durante os meses de outubro/2017 a janeiro/2018, tendo como base as amostras quantitativas.*

Anexo 6.3.3.2-3 - *Lista taxonômica da comunidade zooplanctônica no rio Gualaxo do Norte e seus tributários, rio Carmo e Doce durante os meses de outubro/2017 a janeiro/2018, indicando os táxons raros (frequência <10% das amostras), comuns (entre 10% e 50%) e constantes (acima de 50% das amostras).*

Anexo 6.3.3.2-4 - *Lista taxonômica da comunidade zooplanctônica no rio Gualaxo do Norte e seus tributários, rio Carmo e Doce durante os meses de outubro/2017 a janeiro/2018, considerando sua contribuição para a unidade amostral. Espécies dominantes constituem aquelas com mais de 50% da densidade total.*

Anexo 6.3.3.3-1 - *Lista taxonômica e abundância da comunidade de macroinvertebrados bentônicos*

1 - APRESENTAÇÃO

Este relatório apresenta os principais resultados do Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo das Águas do Rio Doce e seus Tributários em Função das Intervenções (Anexo D do Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos - PMQQS), da Fundação Renova. Foram analisados os dados das coletas realizadas entre o período de outubro de 2017 a janeiro de 2018.

Esse plano de monitoramento foi elaborado de forma integrada com os trabalhos de recuperação ambiental executados no âmbito do *Programa 25* – Programa de Recuperação da Área Ambiental 1, nos municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado - MG, com foco no controle de erosão, estabilização e regularização das calhas e margens na região compreendida entre a barragem de Fundão e a usina hidrelétrica Risoleta Neves conhecida como reservatório de Candonga, para atendimento à Cláusula 160 do TTAC. Estas intervenções foram divididas em duas áreas: recuperação ambiental de tributários e recuperação ambiental de rios principais, com objetivo de promover a estabilização física do ambiente, que pode ser considerada o primeiro passo em direção à recuperação do ecossistema (RENOVA, 2018).

Para avaliar os possíveis efeitos das atividades de intervenção na qualidade da água, no sedimento e nas comunidades biológicas, realizou-se o monitoramento de parâmetros físico-químicos e biológicos em 176 pontos de amostragem na bacia do rio Doce, distribuídos ao longo dos rios principais e tributários no trecho entre a barragem de Fundão e o reservatório de Candonga.

De acordo com o plano, vinte e um pontos de monitoramento situados na calha principal dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce tiveram frequência de amostragem quinzenal, durante as intervenções e mensal, após a conclusão das mesmas. Já para quatro tributários, a frequência amostral foi quinzenal, independente do término das intervenções. O restante dos pontos, localizados tanto em tributários quanto em rios principais, foram definidos com frequência semanal de amostragem. Além desses dados, o relatório também apresenta os dados do monitoramento em tempo real de estações automáticas localizadas no rio Gualaxo do Norte, Doce e tributários. Somado a isso, apresenta o programa de Garantia de Qualidade e Controle da Qualidade (QA/QC) dos resultados obtidos até o presente momento e propostas de novas ações de melhorias de controle e segurança da qualidade dos resultados.

2 - EQUIPE TÉCNICA

A seguir é apresentado o quadro da equipe técnica da Ecology Brasil, responsável pela elaboração do relatório semestral do Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo das Águas do Rio Doce e seus Tributários em Função das Intervenções (**Quadro 2-1**). A Anotação de Responsabilidade Técnica do responsável técnico encontra-se no **Anexo 2-1**.

Quadro 2-1 – Equipe técnica

PROFISSIONAL DA ECOLOGY BRASIL E E&E	FORMAÇÃO	FUNÇÃO	REGISTRO GERAL/CTF IBAMA
Gina Luísa Carvalho Boemer	Bióloga (UFSCar), mestre e doutora em Engenharia Ambiental (USP)	Coordenação Geral	CRBio 35253/04 CTF 590812
Michele Lima	Bióloga, mestre em Ecologia (UFJF)	Coordenação Técnica	CRBio 62141/04 CTF 4905761
Carolina Davila Domingues	Bióloga (UNISINOS/RS), mestre em Botânica (UFRGS) e doutora em Botânica (UFRJ)	Análise dos dados e elaboração do Relatório	CRBio 53691/03 CTF 3312907
Déborah Regina de Oliveira e Silva	Bióloga, mestre e doutora em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre (UFMG)	Análise dos dados e elaboração do Relatório	CRBio 87804/04 CTF 5810376
Leidiane Caroline Lauthartte	Química (UNIR), mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente (UNIR) e doutora em Biotecnologia (UNIR)	Análise dos dados e elaboração do Relatório	CRQ 14100415-14 CTF 5001429
Maria Isabel de Almeida Rocha	Bióloga (UNIRIO), mestre e doutora em Biofísica (UFRJ)	Análise dos dados e elaboração do Relatório	CRBio 29943/02 CTF 7176839
Petrus Magnus Amaral Galvão	Biólogo, mestre em Ecologia e doutor em Biofísica (UFRJ)	Análise dos dados e elaboração do Relatório	CRBio 115214/02 CTF 499671
Rafael Azevedo	Biólogo (UNIGRANRIO), mestre em Ecologia (UFJF) e doutor em Ecologia e Evolução (UERJ)	Análise dos dados e elaboração do Relatório	CRBio 65746/02 CTF 29785961
Vinicius Neres de Lima	Biólogo (UERJ), mestre e doutor em Ecologia e Evolução (UERJ)	Análise dos dados e elaboração do Relatório	CRBio 71212/02 CTF 2468873
Jefferson Rocha da Silva	Oceanógrafo (UERJ)	Análise dos dados e elaboração do Relatório	CTF 7157608
Vanessa Souza Romão	Analista de sistemas	Editoração	IFP 104.169.94-1

3 - INTRODUÇÃO

Em 5 de novembro de 2015, uma barragem de rejeitos da mineradora Samarco (barragem de Fundão) rompeu, liberando, aproximadamente 43,7 milhões de metros cúbicos de rejeitos. Uma parte, 4,5 milhões de metros cúbicos, ficou retida dentro da própria área da mineradora. O restante, 39,2 milhões de metros cúbicos, desceu pelo córrego Santarém e seguiu pelos rios Gualaxo do Norte, do Carmo e Doce até o mar. No trajeto da onda de lama, metade (ou cerca de 20 milhões de metros cúbicos) se espalhou por calhas, margens e planícies dos cursos d'água até a Usina Hidrelétrica (UHE) Risoleta Neves, distante 113 km de Fundão. Calcula-se que 10,5 milhões de metros cúbicos tenham se depositado no reservatório da usina Risoleta Neves. A outra metade que passou pelas comportas, que era a parte mais fina do rejeito, percorreu 550 km e se depositou ao longo da calha do rio Doce e região estuarina até alcançar o mar (RENOVA, 2018). O trecho entre a barragem de Fundão e a UHE Risoleta Neves foi o mais impactado pelo rompimento, com grande quantidade de matas ciliares destruídas e um elevado volume de rejeito depositado nas margens de cursos d'água e seus tributários (IBAMA, 2018).

Devido à urgência de mitigação dos impactos ambientais em curso ou iminentes neste trecho foram executadas algumas medidas emergenciais no primeiro semestre de 2016. Entre estas, o plantio de gramíneas e leguminosas, que são espécies vegetais de rápido crescimento, sobre os rejeitos de minério depositados às margens dos cursos de água. Neste período também foram iniciadas as ações para regularização de calhas e margens dos rios principais e tributários. Estas medidas se iniciaram antes mesmo da assinatura do Termo de Transição e Ajustamento de Conduta (TTAC) e tiveram como principais objetivos o controle da liberação de rejeitos, controle da erosão e a estabilização dos cursos d'água.

Em março de 2016 foi assinado o TTAC que determinou a criação de uma Fundação (Fundação Renova) para execução das atividades de recuperação, compensação e mitigação dos impactos causados pelo rompimento da barragem de Fundão. A cláusula 178 deste termo determina a elaboração e implementação de um Plano de Monitoramento Quali-quantitativo das Águas do rio Doce e seus Tributários, em função das intervenções da Fundação que vierem a ser realizadas. Seu objetivo é detectar, acompanhar e registrar eventuais impactos das intervenções estruturais implementadas pela Fundação Renova nas áreas abrangidas pela deposição de rejeitos nas calhas e margens dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce.

Com base em um conteúdo mínimo definido pelas Câmaras Técnicas de Segurança Hídrica e Qualidade da Água (CT - SHQA) e de Restauração Florestal e Produção de Água (CT - Flor), foi desenvolvido o Plano de Monitoramento Quali-quantitativo das Águas do rio Doce e seus Tributários em função das Intervenções. O plano que vem sendo executado se encontra detalhado no anexo D do Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos da Fundação Renova (PMQQS - link: http://www.fundacaorenova.org/wp-content/uploads/2017/07/pmqqqs_rev_dez-17.pdf). As campanhas de coletas de campo deste plano de monitoramento tiveram início no dia 23 de outubro de 2017 e encontra-se em execução até o momento.

Este plano de monitoramento em função das intervenções é conduzido de forma integrada com os trabalhos de recuperação ambiental executados no âmbito do Programa 25 – Programa de Recuperação da Área Ambiental 1, com foco no controle de erosão, estabilização, regularização das calhas e margens e reflorestamento na região compreendida entre a barragem de Fundão e a Usina Hidrelétrica Risoleta Neves, para atendimento às Cláusulas 158, 159 e 160 do TTAC. As ações referentes à Cláusula 158 foram iniciadas em dezembro de 2015 e finalizadas em julho de 2016, compreendendo aquelas ações de revegetação emergencial e temporária de 800 ha. As ações da Cláusula 160 de regularização

de calhas e margens e controle de processos erosivos foram conduzidas na sequência entre setembro de 2016 até dezembro de 2017. Em paralelo, iniciaram-se as ações da Cláusula 159 sendo as ações de recuperação de 2000 ha, em setembro de 2017, e as ações de manutenção das áreas recuperadas, em fevereiro de 2018. As ações da Cláusula 159 atualmente estão em andamento.

É importante destacar que outras medidas fora do escopo do programa 25 foram também implementadas emergencialmente, como a construção de diques e sistemas de contenção de rejeitos no escopo do Programa 24 – Implantação de Sistemas de Contenção dos Rejeitos e Tratamento nos locais de impacto nos Rios. Estas atividades foram conduzidas nos primeiros meses após o rompimento da barragem de Fundão e buscaram assegurar a estabilidade das estruturas existentes e a redução da turbidez para níveis máximos de 100 NTU na estação seca, no prazo máximo de três anos.

Outras intervenções realizadas pela Renova são as ações do Programa 09 - Recuperação do Reservatório da UHE Risoleta Neves, que tem o objetivo de restabelecer as condições de operação da Usina Hidrelétrica Risoleta Neves conhecida como Candonga, entre os municípios de Santa Cruz do Escalvado/MG e Rio Doce/MG. O manejo dos rejeitos no reservatório de Candonga é uma operação complexa e demorada, que foi iniciada em fevereiro de 2016 e paralisada em julho de 2018. Para retornar com as operações de dragagem, foi adquirida a Fazenda Floresta, vizinha à usina, para montagem de um sistema de tratamento e deposição do rejeito, com o objetivo de acomodar todo o material a ser removido do reservatório. Atualmente estão em andamento as obras para adequação destas estruturas em Fazenda Floresta para retomada das operações de dragagem previstas para 2020.

O monitoramento da qualidade da água e sedimentos para avaliar os impactos das intervenções emergenciais desenvolvidas nos primeiros meses após o rompimento da barragem de Fundão não foi executado de maneira sistemática. Somente após a criação da Fundação Renova e validação do Plano de Monitoramento Quali-quantitativo das Águas do rio Doce e seus Tributários em função das Intervenções pela CT-SHQA e CT-Flor, o monitoramento para acompanhamento da influência das intervenções na qualidade da água teve início. Para facilitar a compreensão e dimensão das intervenções realizadas, bem como a divisão das áreas que foi adotada, a seguir é apresentado um breve contexto do programa de recuperação da área ambiental 1.

3.1 - Programa de Recuperação da Área Ambiental 1

O programa tem como objetivo a recuperação da área diretamente impactada pelo rompimento da barragem de Fundão (área com depósito de rejeitos localizada nos municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce, Ponte Nova e Santa Cruz do Escalvado – MG), por meio de: (i) revegetação emergencial; (ii) reconformação das calhas, margens e controle de processos erosivos, (iii) restauração florestal das áreas de preservação permanente e florestas afetadas, e (iv) restituição dos ambientes agrícolas produtivos, sendo este último, realizado no âmbito do Programa de Retomada das Atividades Agropecuárias. De forma estruturada em médio e longo prazo, as ações propostas por estes programas visam harmonizar objetivos múltiplos por meio da reparação integrada das propriedades rurais, com vistas a potencializar a efetividade ações implementadas.

Ainda durante o período emergencial, executadas ações para promover a estabilização física da calha e margem dos cursos d'água dos rios principais e limpeza dos cursos d'água dos tributários, incluindo a remoção dos rejeitos presentes na calha e a reconstrução de uma seção de escoamento adequada, contemplando a proteção de margens para evitar novos aportes de sedimentos e rejeitos aos cursos de água. Estas ações desenvolvidas no período emergencial passaram a integrar o escopo do Programa 25.

Paralelamente aos trabalhos emergenciais, foram realizados estudos dos impactos causados pelo rompimento da barragem de Fundão que foram consolidados no documento “Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão” (GOLDER, 2016), preparado em atendimento à cláusula 150 do TTAC. Tais estudos, em especial os estudos geomorfológicos, hidrodinâmicos, hidrossedimentológicos e a avaliação dos resultados de investigação geoquímica e aspectos biogeoquímicos, subsidiaram a elaboração dos projetos de recuperação ambiental.

Com base nestes estudos a região entre a barragem de Fundão e a Usina Hidrelétrica Risoleta Neves foi dividida em 27 áreas. Inicialmente foram delimitadas 16 áreas consideradas prioritárias, ordenadas conforme prioridade de recuperação. Posteriormente foram delimitadas as áreas não prioritárias, localizadas entre as áreas prioritárias, as quais foram numeradas sequencialmente de montante para jusante (17 a 27). O **Quadro 3-1** apresenta de forma resumida a ordem de prioridade das áreas localizadas de Fundão à Usina Risoleta Neves e a descrição de sua localização.

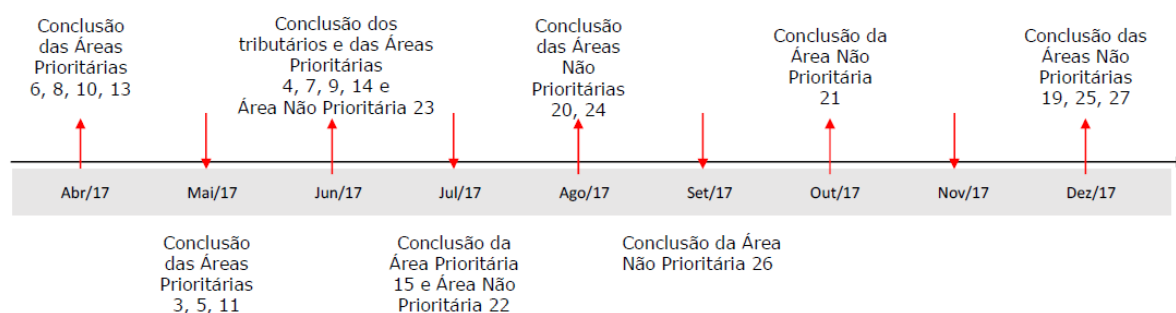
Quadro 3-1 – Localização das áreas prioritárias e não prioritárias de montante para jusante.

ORDEM DE PRIORIDADE	TIPO	BACIA	DESCRIÇÃO
12	Prioritária	Santarém	Alto córrego Santarém
2	Prioritária	Santarém	Córrego Mirandinha (dique S3)
17	Não prioritária	Santarém	Córrego do Fraga (dique S3)
1	Prioritária	Santarém	Área de Bento Rodrigues (dique S4)
18	Não prioritária	Santarém	Córrego Ouro Fino (dique S4)
4	Prioritária	Gualaxo do Norte	Canal e planície de inundação do rio Camargo
3	Prioritária	Gualaxo do Norte	Remanso do Gualaxo do Norte
19	Não prioritária	Gualaxo do Norte	Localizada entre área 3 e área 13
13	Prioritária	Gualaxo do Norte	Área da PCH Bicas
20	Não prioritária	Gualaxo do Norte	Localizada entre área 13 e área 11
11	Prioritária	Gualaxo do Norte	Área de Engenho Podre
21	Não prioritária	Gualaxo do Norte	Localizada entre área 11 e área 10
10	Prioritária	Gualaxo do Norte	Área de Ponte do Gama
22	Não prioritária	Gualaxo do Norte	Localizada entre área 10 e área 8
8	Prioritária	Gualaxo do Norte	Área a montante de Paracatu
5	Prioritária	Gualaxo do Norte	Área de Paracatu

ORDEM DE PRIORIDADE	TIPO	BACIA	DESCRIÇÃO
23	Não prioritária	Gualaxo do Norte	Localizada entre área 5 e área 7
7	Prioritária	Gualaxo do Norte	Área de Pedras
24	Não prioritária	Gualaxo do Norte	Localizada entre área 7 e área 9
9	Prioritária	Gualaxo do Norte	Área de Campinas Barreto
6	Prioritária	Gualaxo do Norte	Área de Gesteira
25	Não prioritária	Gualaxo do Norte	Localizada entre área 6 e área 15
26	Não prioritária	Carmo	Localizada a montante da área 14
14	Prioritária	Carmo	Remanso do rio do Carmo
15	Prioritária	Carmo	Área de Barra Longa
27	Não prioritária	Carmo/ Doce	Localizada entre área 15 e área 16
16	Prioritária	Doce	Reservatório de Candonga

As áreas 1, 2, 12, 16, 17 e 18 não foram tratadas no âmbito das obras de recuperação ambiental, portanto não foram abordados no plano de monitoramento quali-quantitativo das águas do Rio Doce e seus tributários em função das intervenções. A **Figura 3-1** apresenta a linha do tempo da execução das obras de intervenções realizadas nos tributários e rios principais. A conclusão das obras das áreas prioritárias ocorreu em julho de 2017, já as áreas não prioritárias foram finalizadas em dezembro de 2017.

Figura 3-1 – Linha do tempo de execução das obras de intervenções realizadas nos tributários e rios principais da Cláusula 160.



É importante ressaltar que o acompanhamento destas ações é realizado através da operação WATU, coordenada pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.

to de recuperação ambiental definido pelo Ministério de recuperação ambiental, o mesmo não se propôs a restituir o ecossistema, ou a população silvestre degradada, a uma condição não degradada, mesmo que diferente de sua condição original, conforme conceito de recuperação ambiental definido pelo Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2000). O objetivo principal das intervenções realizadas foi promover a estabilização física do ambiente, que é o primeiro passo em direção à recuperação do ecossistema (RENOVA, 2018).

Os itens abaixo descrevem de forma sucinta as obras de intervenções que foram realizadas nas ações de recuperação ambiental. Estas intervenções foram divididas em duas áreas: recuperação ambiental de tributários e recuperação ambiental de rios principais. Cabe ressaltar que, quando os projetos de recuperação ambiental foram iniciados, ainda não havia diretrizes sobre o manejo de rejeitos, determinando se seria feita a remoção e disposição do rejeito em outro local ou a estabilização *in situ*. Neste contexto, optou-se pela estabilização *in situ* de maneira temporária, até que houvesse tal definição no Plano de Manejo de Rejeito, um documento que detalha técnicas, procedimentos e condutas para lidar com o rejeito.

3.1.1 - Projeto de recuperação ambiental dos tributários

No Projeto de recuperação dos córregos tributários foram seguidas as premissas definidas dos estudos e projetos de recuperação, tais quais: manter as condições mais próximas do original (alinhamento e geomorfologia), remover rejeitos da calha sempre que viável tecnicamente e promover a estabilização da calha utilizando técnicas de bioengenharia (aplicação de biomantas, feixes de bambu, enfileiramento de pedras, etc). As intervenções para recuperação dos tributários seguiram basicamente as seguintes etapas:

1. Preparação do sítio: criação de acesso, limpeza da área e desvio temporário do curso de água existente (se necessário);
2. Limpeza e conformação da calha: remoção dos rejeitos da calha e conformação de margens conforme dimensionamento de projeto;
3. Colocação de revestimento para estabilizar a calha: conforme projeto definido para cada tributário;
4. Conformação da planície de inundação: preenchimento de depressões e ravinas, implantação de medidas de controle de erosão, estruturas de drenagem (ex.: canaletas, descidas);
5. Revegetação;
6. Cercamento para proteção da vegetação de animais locais.

O material removido da calha dos tributários foi depositado nas planícies de inundação no entorno do próprio curso d'água, dentro do limite da área impactada. Em seguida, as áreas das planícies de inundação foram alvo de trabalhos da revegetação e controle de erosão. Após a execução das obras, iniciou-se a fase de monitoramento e manutenção das intervenções de cada tributário. A **Figura 3-2** apresenta alguns exemplos das intervenções realizadas nos tributários.

Figura 3-2 - Exemplos de intervenções realizadas nos tributários.



1 - Preparação da área afetada.



2 - Limpeza e conformação da calha.



3 - Colocação de revestimento para estabilizar a calha do tributário (biomantas, enrocamentos).



PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00



4 - Conformação da planície de inundação, preenchimento de depressões e ravinas, implantação de medidas de controle de erosão e estruturas de drenagem.



5 – Revegetação.

3.1.2 - Projeto de recuperação ambiental dos rios principais

O projeto de recuperação ambiental de rios principais teve como foco a regularização de calha e margens dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, para promover a estabilização física destes corpos d'água.

Considerando que os estudos geomorfológicos demonstraram que não houve alteração significativa na largura das seções de escoamento e que a remoção de rejeitos do leito do canal não seria uma solução sustentável, concluiu-se que a melhor solução para a regularização das calhas e margens para os trechos impactados seria proteger as seções existentes dos processos erosivos, preferencialmente com materiais naturais, de modo a permitir o reestabelecimento da vegetação e integração futura com o ambiente de entorno. Desta forma, os trabalhos de regularização de calhas e margens ficaram restritos aos taludes e pés das margens.

A metodologia aplicada nestes trabalhos envolveu levantamentos de campo conduzidos por equipe multidisciplinar para definição das premissas e seções tipo para cada uma das áreas prioritárias e não prioritárias. Após os levantamentos de campo foram elaborados os projetos para dimensionar as proteções de margem em cada área, por meio do cálculo das vazões, velocidades de escoamento e níveis d'água.

As intervenções para recuperação dos rios principais seguiram basicamente as seguintes etapas:

- 1) Limpeza e conformação da área impactada;
- 2) Direcionamento das drenagens do escoamento superficial e instalação de medidas de controle de erosão;

- 3) Conformação de taludes da calha;
- 4) Aplicação de revestimento nas margens; na calha – seções tipo;
- 5) Revegetação;
- 6) Cercamento para proteção da vegetação, quando possível e/ou necessário;
- 7) Monitoramento e manutenção.

Nas obras de bioengenharia foram utilizadas as técnicas de coveamento, adubação, semeio manual, hidrossemeadura, aplicação de biomantas, construção de bermas artificiais e paliçadas e o preenchimento de concavidades com retentores de sedimentos. Foram utilizados enrocamentos e retentores de sedimentos para a proteção das margens dos rios e como medidas de controle de erosão foram implantadas estruturas de drenagem como canaletas e descidas d'água. A **Figura 3-3** apresenta alguns exemplos das intervenções realizadas nos rios principais.

Figura 3-3 - Exemplos de intervenções realizadas nos rios principais.



1 - Limpeza e conformação da área impactada



2 – Direcionamento das drenagens do escoamento superficial e instalação de medidas de controle de erosão (descidas d'água com enrocamento, retentores de sedimentos)



3 – Conformação de taludes das margens



4 - Aplicação de revestimentos nas margens



5 – Revegetação (Coveamento, semeio manual e aplicação de biomantas)

Assim como ocorreu para os tributários, após a execução das obras, iniciou-se a fase de monitoramento e manutenção das intervenções realizadas nos rios principais. Estas atividades de monitoramento estão inseridas no âmbito programa 25. Este monitoramento possui basicamente duas vertentes: estabilidade dos canais e qualidade das águas. A estabilidade dos canais é verificada por meio de inspeções de campo para avaliação da integridade das estruturas aplicadas. O monitoramento da qualidade da água se iniciou em outubro de 2017 com monitoramento do Plano de Monitoramento Quali-quantitativo das Águas do rio Doce e seus Tributários em função das Intervenções.

4 - OBJETIVOS

O Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo das Águas do Rio Doce e seus Tributários em Função das Intervenções, tem como objetivo o atendimento da cláusula 178 do termo de ajustamento de conduta TTAC e atendimento ao Plano de Monitoramento Quali-quantitativo das águas do rio Doce e seus tributários em função das intervenções (PMQQVAI).

O monitoramento da qualidade da água, do sedimento e das comunidades biológicas, visa avaliar de forma sistemática a variabilidade temporal e espacial destes compartimentos ambientais nas áreas que receberam intervenções situadas desde a barragem de Fundão até a usina hidrelétrica Risoleta Neves (Reservatório de Candonga).

Nesse contexto, tem-se como objetivos específicos:

- Detectar, acompanhar e registrar eventuais impactos de intervenções estruturais provocadas sobre a qualidade da água, do sedimento e das comunidades biológicas;
- Avaliar a eficácia das obras de intervenções para a recuperação do ambiente, a partir de resultados de amostras coletadas em amostras de água, sedimento e comunidades biológicas.

5 - Metodologia

Nos itens abaixo são descritas as etapas metodológicas do monitoramento de qualidade de água e sedimento em função das intervenções estruturais e de revegetação realizadas para a estabilização física dos tributários e rios principais nos trechos entre a barragem de Fundão até a barragem de Candonga (UHE Risoleta Neves). No total, foram 176 pontos amostrais, distribuídos entre 16 áreas prioritárias e 20 áreas não prioritárias para recuperação.

5.1 - Pontos de amostragem

A definição dos pontos de amostragem baseou-se, principalmente nas recomendações mínimas constantes na Deliberação CIF nº 17. Além disso, pontos de amostragem complementares foram definidos de forma a fornecerem dados e informações suficientes para a avaliação integrada dos efeitos das intervenções.

De forma geral, foram definidos quatro tipos de pontos de amostragem, conforme apresenta o **Quadro 5-1**.

Quadro 5-1 - Justificativas para inclusão dos pontos de amostragem para o Plano de Monitoramento Quali-quantitativo das Águas do Rio Doce e seus Tributários em Função das intervenções.

TIPOS DE PONTOS DE AMOSTRAGEM	JUSTIFICATIVA
Pontos PMQQVAI	Requisitos mínimos na Deliberação CIF nº 17 (22 pontos).
Pontos Tipo 1	Estações automáticas para determinação da carga de sólidos suspensos totais (SST), a partir do monitoramento de vazão e concentração de SST, em áreas afetadas e não afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão.
Pontos Tipo 2	Pontos complementares aos pontos PMQQVAI, sugeridos pela Câmara Técnica de Restauração Florestal e Produção de Água (CT-FLOR)..
Pontos Operação Águas	114 pontos constantes na Nota Técnica nº 08 da CT-SHQA e 31 pontos definidos posteriormente por representantes da CT-FLOR.

A escolha da localização dos pontos amostrais foi de acordo com os seguintes critérios: acessibilidade; seção do curso d'água com forma de um canal único bem definido; profundidade razoavelmente uniforme; margens estáveis (afloramento rochoso) para medidas adequadas de vazão e ausência de remanso.

Os 22 pontos PMQQVAI consistem em amostragens localizados a montante, em trecho intermediário e a jusante de áreas prioritárias para intervenção. Ressalta-se que cinco pares de pontos são redundantes, ou seja, representam tanto a parte a montante de uma área, quanto a jusante de outra. Esses pontos são: RG 03(jusante Área 3 e montante Área 13), RG 06 (jusante Área 11 e montante Área 10), RG 09 (jusante Área 5 e montante Área 7), RG 12 (jusante Área 7 e montante Área 9) e RGN 08 (jusante Área 6 e montante Área 15)

O **Quadro 5-2** apresenta informações a localização dos pontos, com os respectivos códigos, coordenadas, descrição e o tipo de ponto.

Quadro 5-2 - Pontos de amostragem definidos para o Plano de Monitoramento Quali-quantitativo das águas do rio Doce e seus tributários em função das intervenções.

CURSO D'ÁGUA	CÓDIGO	ÁREA	DESCRIÇÃO DO PONTO DE AMOSTRAGEM ⁽¹⁾	COORDENADAS UTM ⁽²⁾		GRUPOS DE ENQUADRAMENTO IBAMA	TIPO DE PONTO
				Leste	Norte		
Tributário	ITS 01	Área não prioritária	Primeiro tributário após a barragem de Santarém	663574,77	7761983,54	Argos VI-G4	Ponto Operação Águas
	ITS 02	Área não prioritária	Córrego do Fraga, a montante do reservatório do Dique S3	664194,36	7762309,78	Argos VI-G3	Ponto Operação Águas
	ITS 03	Área não prioritária	Córrego Mirandinha, no reservatório do Dique S3	664631,52	7761032,52	Não classificado	Ponto Operação Águas
	ITS 04	Área não prioritária	Afluente do córrego Santarém	664065,2	7761912,47	Argos VI-G3	Ponto Operação Águas
	ITS 05	Área não prioritária	Córrego Mirandinha, no reservatório do Dique S3	664606,62	7760612,08	Argos VI-G1	Ponto Operação Águas
	ITS 06	Área não prioritária	Córrego Mirandinha, no reservatório do Dique S3	664374,99	7760426,08	Argos VI-G4	Ponto Operação Águas
	ITS 07	Área não prioritária	Córrego Mirandinha, no reservatório do Dique S3	664175,55	7760328,34	Argos VI-G4	Ponto Operação Águas
	ITS 08	Área não prioritária	Córrego Mirandinha, no reservatório do Dique S3	663967,03	7760374,61	Argos VI-G1	Ponto Operação Águas
	ITS 09	Área não prioritária	Córrego Mirandinha, no reservatório do Dique S3	663715,77	7760321,63	Argos VI-G1	Ponto Operação Águas
	ITS 10	Área não prioritária	No córrego Ouro Fino, tributário do rio Gualaxo do Norte	665061,25	7762268,32		Ponto Operação Águas
Córrego Santarém	CS 01	Área prioritária 03	A montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte. Objetivo de monitorar a carga de sedimento natural proveniente da bacia do Córrego Santarém.	665986	7761012	Não classificado	Ponto Tipo 1
Rio Gualaxo do Norte	ITS 18	Área não prioritária	No rio Gualaxo do Norte em área de preservação permanente não afetada	662018,35	7756462,98	Não classificado	Ponto Operação Águas
	ITS 17 ⁽³⁾	Área não prioritária		663842,45	7757154,27	Não classificado	Ponto Operação Águas
	RGN 01 ⁽³⁾	Área não prioritária	A montante da Área Prioritária 3. Coincidente com ponto RGN01 (antigo MG 01) do PMQQS.	663779,25	7757143,14		Ponto PMQQVAI e Tipo 1
Tributário	ITS 16	Área não prioritária	Em tributário do rio Gualaxo do Norte em área com deposição de rejeitos. Ponto ITS 15 no tributário TG01A. ^(**)	664732,3	7757356,14	Não classificado	Ponto Operação Águas
	ITS 15	Área prioritária 03		664471,47	7758487,82	Argos VI-G1	Ponto Operação Águas
	NTG16	Área prioritária 03	No tributário TG01B da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte ^(**)	664462,19	7758609,69	Argos V-G1	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	PS 03	Área prioritária 03	No rio Gualaxo do Norte trecho conhecido como “área intermediária” dentro de área em área prioritária para recuperação ^(**)	664705,39	7758785,33	Não classificado	Ponto Operação Águas
Tributário	NTG01	Área prioritária 03	No tributário TG01 da margem direita do rio Gualaxo do Norte ^(**)	665092,12	7758935,8	Argos V-G1	Ponto Operação Águas
	ITS 14	Área prioritária 03	Corresponde à área totalmente reconformada no TG02, com açude a montante	664690,31	7759526,37	Argos VI-G1	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	ITS 13	Área prioritária 03	No rio Gualaxo do Norte em área de deposição de rejeitos próximo a ponte destruída em Camargos e Bento Rodrigues ^(**)	665461,13	7759286,53	Não classificado	Ponto Operação Águas
Tributário	PS 04 ⁽⁴⁾	Área prioritária 03	Localizado aproximadamente 400 m a jusante do ponto ITS 19	666000	7759966	Não classificado	Ponto Operação Águas

CURSO D'ÁGUA	CÓDIGO	ÁREA	DESCRIÇÃO DO PONTO DE AMOSTRAGEM ⁽¹⁾	COORDENADAS UTM ⁽²⁾		GRUPOS DE ENQUADRAMENTO IBAMA	TIPO DE PONTO
				Leste	Norte		
Rio Gualaxo do Norte Tributário	RG 01	Área prioritária 03	Dentro da área 3 e a jusante da foz do TG02 e montante da foz do TG03.	665584	7759314	Não avaliado pela operação Águas	Ponto PMQQVAI
	ITS 12	Área prioritária 03	No tributário TG03 na confluência com o rio Gualaxo do Norte	665621,76	7759694,6	Argos VI-G1	Ponto Operação Águas
	TES 03	Área prioritária 04	No tributário TG04 da margem direita do rio Gualaxo do Norte	666443,21	7758203,24	Não classificado	Ponto Operação Águas
	ITS 19	Área prioritária 04		666424,24	7758402,7	Argos VI-G3	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG 02	Área prioritária 03	Imediatamente a jusante da foz do TG05 e a montante da confluência com o córrego Santarém.	665995	7760619	Não avaliado pela operação Águas	Ponto Tipo 2
Tributário	ITS 11	Área prioritária 03	No tributário TG05	665640,16	7760524,71	Argos VI-G1	Ponto Operação Águas
	TES 02	Área prioritária 03	No tributário TG06, antigo sistema de captação de água da Samarco	666212,29	7761349,52	Não classificado	Ponto Operação Águas
	ITS 20	Área prioritária 03		666243,42	7761327,08	Argos VI-G1	Ponto Operação Águas
	ITG 07	Área prioritária 13	Corresponde ao córrego Capitão, tributário TG11 do rio Gualaxo do Norte ^(**)	669581,21	7759667,27	Argos VI-G2	Ponto Operação Águas
	TG 11M	Área prioritária 13	Dentro da Área 13 e no tributário TG11, a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte.	669660	7759782	Não avaliado pela operação Águas	Ponto PMQQVAI
Rio Gualaxo do Norte	GES 04	Área prioritária 13	No rio Gualaxo do Norte, jusante do TG 09	669414	7760935	Não classificado	Ponto Operação Águas
	RG 03	Área prioritária 13	Entre a Área 3 e 13. Próximo à foz do TG09 e corresponde a dois pontos definidos pela CIF (Ponto Jusante Trecho 3 e Ponto Montante Trecho 13).	669851	7759860	Não avaliado pela operação Águas	Ponto PMQQVAI
	PS 13	Área prioritária 13	Planície de inundação na margem direita e de talude marginal na margem esquerda	669980,05	7759851,56	Não classificado	Ponto Operação Águas
	ITG 08	Área prioritária 13	Calha do rio Gualaxo do Norte em área de planície de inundação	670697,39	7759490,22	Não classificado	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 09	Área prioritária 13	No córrego Olaria, ou TG12A, confluência com o rio Gualaxo do Norte	670725,78	7759191,03	Argos VI-G3	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	DG 01	Área prioritária 13	Local indicado para instalação do Dique do Gualaxo 01	671226,34	7759097,51	Não classificado	Ponto Operação Águas
	RG 04	Área prioritária 13	Próximo à foz do TG13, a jusante da Área 13 e a montante da Área 11.	671811	7759708	Não avaliado pela operação Águas	Ponto Tipo 2
Tributário	ITG 11	Área prioritária 13	No TG13, primeiro tributário a jusante da PCH Bicas	671734,93	7759812,07	Argos VI-G1	Ponto Operação Águas
	TG 13M	Área prioritária 13	Dentro da Área 13 e no tributário TG13, a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte.	671736	7759797	Não avaliado pela operação Águas	Ponto PMQQVAI
Rio Gualaxo do Norte	ITG 12	Área prioritária 13	Drenagem encaixada localizada à jusante da PCH Bicas	671880,31	7759722,06	Argos VI-G1	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	ITG 14	Área prioritária 11	Rio Gualaxo do Norte a jusante do TG 14	673258	7761262	Não classificado	Ponto Operação Águas

CURSO D'ÁGUA	CÓDIGO	ÁREA	DESCRIÇÃO DO PONTO DE AMOSTRAGEM ⁽¹⁾	COORDENADAS UTM ⁽²⁾		GRUPOS DE ENQUADRAMENTO IBAMA	TIPO DE PONTO
				Leste	Norte		
Tributário	TG 14M	Área prioritária 11	Dentro da Área 11 e no tributário TG14, a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte.	673100	7761261	Não avaliado pela operação Águas	Ponto PMQQVAI
	ITG 13	Área prioritária 11	No tributário TG14 a montante do rio Gualaxo do Norte	673151,14	7761425,37	Não classificado	Ponto Operação Águas
	NTG14	Área prioritária 11	No tributário TG14B da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte ^(**)	673557,5081	7761310,588	Argos V-G1	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG 05	Área prioritária 11	Dentro da Área 11 e a montante da foz do tributário TG15.	674423	7760938	Não avaliado pela operação Águas	Ponto PMQQVAI
	DG 02	Área prioritária 11	Local indicado para instalação do Dique do Gualaxo 02	674058,24	7760501,8	Não classificado	Ponto Operação Águas
	ITG 16	Área prioritária 11	No rio Gualaxo do Norte a montante da foz do tributário TG15	673998,53	7760486,9	Argos VI-G1	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 17	Área prioritária 11	A montante das obras realizadas no tributário TG16	674961,73	7760676,46	Argos VI-G1	Ponto Operação Águas
	ITG 18	Área prioritária 11	Tributário TG17 da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	674976,91	7760111,68	Argos VI-G1	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	PS 11	Área prioritária 11	Após a foz do TG16 no rio Gualaxo do Norte	674841,02	7760105,31	Não classificado	Ponto Operação Águas
Tributário	NTG15	Área prioritária 11	No tributário TG14B da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte ^(**)	674921,87	7759835,46	Argos V-G4	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG 06	Área não prioritária 21	A montante da Área 10, jusante da Área 11 e corresponde a dois pontos definidos pela CIF (Ponto Jusante Trecho 11 e Ponto Montante Trecho 10).	674524	7757396	Não avaliado pela operação Águas	Ponto PMQQVAI
Tributário	PS 10 ⁽⁵⁾	Área não prioritária	Sem descrição ^(**)	675373	7757558	Não classificado	Ponto Operação Águas
	ITG 19	Área prioritária 10	No tributário TG17A ^(**)	675973,92	7757466,63	Argos VI-G1	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	GES 05	Área prioritária 10	Localizado nas margens do Rio Gualaxo do Norte	676246,98	7757607,77	Não classificado	Ponto Operação Águas
	ITGE 19	Área prioritária 10	No rio Gualaxo do Norte a jusante da foz do TG17A ^(**)	676278,43	7757618,52	Argos VI-G1	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 20	Área prioritária 10	Tributário não mapeado afluente ao rio Gualaxo do Norte a montante da foz do TG17B ^(**)	676658,91	7758046,41	Argos VI-G2	Ponto Operação Águas
	ITG 21	Área prioritária 10	Tributário TG17B do rio Gualaxo do Norte na região da ponte do Gama	676933,68	7758353,59	Argos VI-G2	Ponto Operação Águas
	ITG 22	Área prioritária 10	No tributário TG18 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte ^(**)	677894,19	7758288,37	Argos VI-G2	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG 07	Área prioritária 10	Dentro da Área 10 e imediatamente a jusante da foz do TG18.	677804	7757694	Não avaliado pela operação Águas	Ponto PMQQVAI

CURSO D'ÁGUA	CÓDIGO	ÁREA	DESCRIÇÃO DO PONTO DE AMOSTRAGEM ⁽¹⁾	COORDENADAS UTM ⁽²⁾		GRUPOS DE ENQUADRAMENTO IBAMA	TIPO DE PONTO
				Leste	Norte		
Tributário	ITG 23	Área prioritária 10	Tributário TG19 da margem esquerda do rio Gualaxo nas proximidades da ponte do Gama	678014,18	7757766,78	Argos V-G2	Ponto Operação Águas
	ITG 24	Área não prioritária 22	No tributário TG20 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte ^(**)	677517,41	7757207,26	Argos V-G2	Ponto Operação Águas
	TG 22M	Área não prioritária 22	No tributário TG21 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte.	678295	7756153	Não avaliado pela operação Águas	Ponto PMQQVAI
	NTG17 ⁽⁶⁾	Área não prioritária 22		678311,21	7756180,52	Argos V-G2	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG 08	Área não prioritária 22	Próximo à foz do tributário TG22. A montante da Área 8.	678963	7756076	Não avaliado pela operação Águas	Ponto PMQQVAI
Tributário	ITG 27	Área não prioritária 22	No tributário TG22 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte ^(**)	678851,38	7755887,08	Argos VI-G2	Ponto Operação Águas
	NTG18	Área prioritária 08	No tributário TG21A da margem direita do rio Gualaxo do Norte ^(**)	679680,52	7755258,46	Argos V-G2	Ponto Operação Águas
	NTG19	Área prioritária 08	No tributário TG21B da margem direita do rio Gualaxo do Norte ^(**)	679689,35	7755103,37	Argos V-G2	Ponto Operação Águas
	ITG 28	Área prioritária 08	No tributário TG23 da margem esquerda do Gualaxo do Norte	680908,59	7755821,34	Argos VI-G3	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	PS 08	Área prioritária 08	No rio Gualaxo do Norte próximo à foz do TG23 ^(**)	680928,21	7755699,35	Não classificado	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 29	Área prioritária 08	No tributário TG24 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte ^(**)	681330,21	7755185,84	Argos VI-G2	Ponto Operação Águas
	ITG 30	Área prioritária 08	No tributário TG24A a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte ^(**)	681510,33	7755427,52	Argos VI-G4	Ponto Operação Águas
	ITG 31	Área prioritária 08	No tributário TG25 da margem esquerda do Gualaxo do Norte	682046,46	7754757,58	Argos IV-G2	Ponto Operação Águas
	ITG 32	Área prioritária 08	No tributário TG26 da margem esquerda do Gualaxo do Norte	682197,36	7755198,85	Argos IV-G2	Ponto Operação Águas
	ITG 33	Área prioritária 08	No tributário TG27 da margem esquerda do Gualaxo do Norte	682644,14	7754972,69	Argos IV-G2	Ponto Operação Águas
	ITG 34	Área prioritária 08	No tributário TG28 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte ^(**)	682316,73	7754632,94	Argos IV-G2	Ponto Operação Águas
	ITG 35	Área prioritária 05	No tributário TG29 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte ^(**)	682546,86	7753678,35	Argos VI-G1	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RGN 06	Área prioritária 05	Trecho mais a montante da Área 5 e a jusante da Área 8. A montante da foz do TG29. Coincidente com o ponto RGN 06 (antigo MG 02) do PMQQS.	682779,51	7753947,13	Não avaliado pela operação Águas	Ponto PMQQVAI
	ITG 36	Área prioritária 05	No rio Gualaxo do Norte em área de deposição de sedimentos/rejeitos	683175,97	7753904,17	Argos VI-G4	Ponto Operação Águas

CURSO D'ÁGUA	CÓDIGO	ÁREA	DESCRIÇÃO DO PONTO DE AMOSTRAGEM ⁽¹⁾	COORDENADAS UTM ⁽²⁾		GRUPOS DE ENQUADRAMENTO IBAMA	TIPO DE PONTO
				Leste	Norte		
Tributário	ITG 37	Área prioritária 05	No tributário TG30 da margem direita do Gualaxo do Norte	683634,33	7753788,58	Argos V-G1	Ponto Operação Águas
	ITG 38	Área prioritária 05	No tributário TG30A a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte ^(**)	684228,89	7754690,11	Argos V-G1	Ponto Operação Águas
	ITG 39	Área prioritária 05	No tributário TG30B da margem esquerda do Gualaxo do Norte	684520,51	7754609,49	Argos VI-G4	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	PS 05	Área prioritária 05	No rio Gualaxo do Norte em área prioritária para recuperação	684546,68	7754029,06	Não classificado	Ponto Operação Águas
Tributário	NTG02	Área prioritária 05	No tributário TG31 da margem direita do rio Gualaxo do Norte ^(**)	684836,22	7753853,23	Argos V-G3	Ponto Operação Águas
	ITG 40	Área prioritária 07	No tributário TG32	686136,11	7753318,87	Argos VI-G2	Ponto Operação Águas
	ITG 41	Área prioritária 07	No tributário TG33 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte ^(**)	686055,26	7754537,64	Argos V-G3	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG 09	Área prioritária 07	Trecho mais a montante da Área 7 e imediatamente a jusante da foz do TG33. Corresponde a dois pontos definidos pela CIF (Ponto Jusante Trecho 5 e Ponto Montante Trecho 7).	686372	7754269	Não avaliado pela operação Águas	Ponto PMQQVAI
Tributário	ITG 42	Área prioritária 07	No tributário TG34 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte ^(**)	686926,6	7754937,87	Argos V-G2	Ponto Operação Águas
	ITG 43	Área prioritária 07	No tributário TG35 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte ^(**)	687410,05	7754246,17	Argos VI-G1	Ponto Operação Águas
	ITG 44	Área prioritária 07	No tributário TG36 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte ^(**)	687888,57	7754063,81	Argos VI-G3	Ponto Operação Águas
	NTG20	Área prioritária 07	No tributário TG37 da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte ^(**)	688073	7754692,9	Argos V-G3	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	PS 07	Área prioritária 07	No rio Gualaxo do Norte a jusante da foz do TG37 ^(**)	688261,13	7754701,91	Não classificado	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 45	Área prioritária 07	No tributário TG38 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte ^(**)	688602,54	7754399,24	Argos V-G1	Ponto Operação Águas
	ITG 46	Área prioritária 07	No tributário TG39 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte ^(**)	688837,65	7754883,83	Argos V-G2	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG 10	Área prioritária 07	Na Área 7, a jusante da foz do TG39 e montante da foz do tributário TG40.	688533	7755526	Não avaliado pela operação Águas	Ponto PMQQVAI

CURSO D'ÁGUA	CÓDIGO	ÁREA	DESCRIÇÃO DO PONTO DE AMOSTRAGEM ⁽¹⁾	COORDENADAS UTM ⁽²⁾		GRUPOS DE ENQUADRAMENTO IBAMA	TIPO DE PONTO
				Leste	Norte		
Tributário	ITG 47	Área prioritária 07	No tributário TG40 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte ^(**)	688271,89	7755687,19	Argos VI-G2	Ponto Operação Águas
	ITG 48	Área prioritária 07	No tributário TG40A a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte ^(**)	688607,71	7755827,46	Argos VI-G3	Ponto Operação Águas
	ITG 49	Área prioritária 07	No tributário TG41 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte ^(**)	688288,61	7756262,75	Argos VI-G2	Ponto Operação Águas
	TG 42A-M	Área não prioritária 24	No tributário TG42A a montante do rio Gualaxo do Norte, fora da Área 7. Sua bacia superior é, em sua maior parte, área de floresta, enquanto a bacia inferior consiste principalmente de campos.	687804	7757967	Não avaliado pela operação Águas	Ponto Tipo 1
	ITG 50	Área prioritária 07	No tributário TG42 a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte ^(**)	688072,92	7757560,51	Argos VI-G1	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG 11	Área não prioritária 24	Trecho mais a jusante da Área 7. Situado a montante da foz do TG42A e logo a imediatamente a jusante do TG42.	688150	7757349	Não avaliado pela operação Águas	Ponto Tipo 2
Tributário	NTG03	Área não prioritária 24	No tributário TG42A da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte ^(**)	689253,38	7757547,61	Argos IV -G3	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG 12	Área não prioritária 24	Entre a Área 7 e 9. Próximo à foz do TG43. Corresponde a dois pontos definidos pela CIF (Ponto Jusante Trecho 7 e Ponto Montante Trecho 9).	689443	7757386	Não avaliado pela operação Águas	Ponto PMQQVAI
Tributário	ITG 51	Área não prioritária 24	No tributário TG43 afluente do rio Gualaxo do Norte	689467,77	7757091,31	Argos VI-G3	Ponto Operação Águas
	ITG 52	Área prioritária 09	Corresponde a uma estrutura de drenagem superficial ^(**)	691295,02	7756993,65	Não classificado	Ponto Operação Águas
	ITG 53	Área prioritária 09	No tributário TG44 afluente do rio Gualaxo do Norte	691837,24	7756899,06	Argos VI-G4	Ponto Operação Águas
	ITG 54	Área prioritária 09	No tributário TG45 afluente do rio Gualaxo do Norte	692534,18	7756625,57	Argos VI-G2	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	PS 09	Área prioritária 09	No rio Gualaxo do Norte em área de deposição de sedimentos/rejeitos	692815,34	7757291,18	Não classificado	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 55	Área prioritária 09	No tributário TG46 da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	693034,8	7757483,6	Argos VI-G2	Ponto Operação Águas
	ITG 56	Área prioritária 09	No tributário TG47 afluente do rio Gualaxo do Norte	693791,07	7757840,51	Argos V-G2	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RG 13	Área prioritária 06	Trecho mais a montante da Área 6. A montante da foz do TG47A e TG47B.	694643	7758186	Não avaliado pela operação Águas	Ponto PMQQVAI
Tributário	ITG 57	Área prioritária 06	Área afetada localizada nas imediações de Gesteira, no tributário TG47A	694516,77	7758264,17	Argos VI-G3	Ponto Operação Águas
	NTG13	Área prioritária 06	Tributário não identificado	694675,85	7758472,75	Argos V-G3	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	PS 06	Área prioritária 06	No rio Gualaxo do Norte, nas imediações de Gesteira	695204,35	7758371,89	Não classificado	Ponto Operação Águas

CURSO D'ÁGUA	CÓDIGO	ÁREA	DESCRIÇÃO DO PONTO DE AMOSTRAGEM ⁽¹⁾	COORDENADAS UTM ⁽²⁾		GRUPOS DE ENQUADRAMENTO IBAMA	TIPO DE PONTO
				Leste	Norte		
Tributário	ITG 58	Área prioritária 06	No tributário TG48 afluente do rio Gualaxo do Norte	695367,68	7757745,24	Argos VI-58	Ponto Operação Águas
	ITG 59	Área prioritária 06	No tributário TG49 afluente do rio Gualaxo do Norte	695089,05	7758977,41	Argos VI-G3	Ponto Operação Águas
	TG 49A-M	Área prioritária 06	No tributário TG49, a montante da confluência com o TG49A e o rio Gualaxo do Norte. A maior parte da bacia inferior consiste de campos.	695634	7758912	Não avaliado pela operação Águas	Ponto Tipo 1
	NTG10	Área prioritária 06	No tributário TG49C da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	696311,55	7758974,64	Argos V-G3	Ponto Operação Águas
	NTG04	Área prioritária 06	No tributário TG49B da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	696509,31	7758905,95	Argos V-G1	Ponto Operação Águas
	NTG05	Área prioritária 06	No tributário TG49D da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	697597,58	7758129,55	Argos V-G2	Ponto Operação Águas
	NTG11	Área prioritária 06	No tributário TG49E da margem direita do rio Gualaxo do Norte	698156,4	7757658,1	Argos V-G3	Ponto Operação Águas
	NTG06	Área prioritária 06	No tributário TG49F da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	699281,65	7758287,36	Argos IV-G3	Ponto Operação Águas
	NTG21	Área prioritária 06	No tributário TG49G da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	699521,17	7758218,16	Argos V-G4	Ponto Operação Águas
	ITG 60	Área não prioritária 25	No tributário TG50 da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	699603,68	7757220,68	Argos VI-G2	Ponto Operação Águas
	ITG 60 - Ponto 02	Área não prioritária 25		699445,83	7757122,85	Argos V-G3	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	DG 03	Área não prioritária 25	Local indicado para instalação do Dique do Gualaxo 03	699444,43	7756992,76	Não classificado	Ponto Operação Águas
Tributário	ITG 61	Área não prioritária 25	No tributário TG51 afluente do rio Gualaxo do Norte	699338,29	7756858,35	Argos VI-G3	Ponto Operação Águas
	ITG 62	Área não prioritária 25	Tributário TG52 localizado na margem direita do rio Gualaxo do Norte	699824,54	7756443,04	Argos V-G1	Ponto Operação Águas
	ITG 62 - Ponto 02	Área não prioritária 25		699677,01	7756334,02	Argos V-G1	Ponto Operação Águas
	ITG 63	Área não prioritária 25	No tributário TG53 da margem direita do rio Gualaxo do Norte	699987,96	7756120,05	Argos IV-G3	Ponto Operação Águas
	NTG07	Área não prioritária 25	No tributário TG53A da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte (**)	700628,53	7756400,5	Argos V-G4	Ponto Operação Águas
	ITG 64	Área não prioritária 25	No tributário TG54 afluente do Gualaxo do Norte	700465,14	7755826,62	Argos VI-G3	Ponto Operação Águas
	NTG08	Área não prioritária 25	No tributário TG54A da margem direita do rio Gualaxo do Norte (**)	700672,91	7755724,55	Argos V-G3	Ponto Operação Águas
	NTG09	Área não prioritária 25	No tributário TG54B da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte (**)	701180,51	7756250,13	Argos V-G3	Ponto Operação Águas
	ITG 65	Área não prioritária 25	No tributário TG55 afluente do Gualaxo do Norte	701459,85	7756014,34	Argos V-G2	Ponto Operação Águas
	ITG 66	Área não prioritária 25	No tributário TG56 da margem esquerda do rio Gualaxo do Norte	701804,83	7756032,46	G3	Ponto Operação Águas
	ITGE 01	Área não prioritária 25	No tributário TG56B afluente do rio Gualaxo do Norte	701989,62	7755753,48	Argos V-G2	Ponto Operação Águas
Rio Gualaxo do Norte	RGN 08	Área não prioritária 25	A montante da confluência com o rio do Carmo e à montante das Áreas 14 e 15. Corresponde a dois pontos definidos pela CIF (Ponto Jusante Trecho 6 e Ponto Montante Trecho 15).	701984,6	7755681,56	Não avaliado pela operação Águas	Ponto PMQQVAI

CURSO D'ÁGUA	CÓDIGO	ÁREA	DESCRIÇÃO DO PONTO DE AMOSTRAGEM ⁽¹⁾	COORDENADAS UTM ⁽²⁾		GRUPOS DE ENQUADRAMENTO IBAMA	TIPO DE PONTO
				Leste	Norte		
Rio do Carmo	RCA 01	Área não prioritária	A montante da Área 14. Ponto também utilizado para monitorar a carga de sedimento natural afluyente da bacia do rio do Carmo.	697008,13	7748979,39	Não avaliado pela operação Águas	Ponto Tipo 1
	ITC 01	Área não prioritária	No rio do Carmo a montante da área impactada	702721,62	7752256,97	Não classificado	Ponto Operação Águas
	PS 14	Área prioritária 14	Na calha do rio do Carmo, à montante de sua confluência com o rio Gualaxo do Norte	703119,42	7754723,73	Não classificado	Ponto Operação Águas
Tributário	NTC04	Área prioritária 14	No tributário TC01A afluyente do rio do Carmo, a montante da confluência com o rio Gualaxo do Norte (**)	703317,2	7754929,57	Argos V-G3	Ponto Operação Águas
	NTC01	Área prioritária 15	No tributário TC01B afluyente do rio do Carmo	702752,84	7755799,89	Argos V-G1	Ponto Operação Águas
	NTC02	Área prioritária 15	No tributário TC01C afluyente do rio do Carmo	703714,81	7755866,06	Argos VI-G4	Ponto Operação Águas
	ITCE 01	Área prioritária 15	No tributário TC01, a jusante do ponto PS 14 no rio do Carmo (**)	704848	7756273,42	Argos V-G2	Ponto Operação Águas
	TC-02BL	Área prioritária 15	Trecho próximo à região de jusante da cidade de Barra Longa, dentro da Área 15. A maior parte da bacia inferior consiste de campos.	705127	7756577	Não avaliado pela operação Águas	Ponto Tipo 1
	ITC 02	Área prioritária 15	No tributário TC02	705133,21	7756535,78	Argos VI-G4	Ponto Operação Águas
Rio do Carmo	RCA 02	Área prioritária 15	Dentro da Área 15 e a jusante da cidade de Barra Longa.	705472,67	7755982,85	Não avaliado pela operação Águas	Ponto PMQQVAI
Tributário	ITCE 02	Área prioritária 15	Tributário TC03 do Rio do Carmo que fica muito próximo da área urbana do município de Barra Longa	705888,3	7755895,63	Argos VI-G3	Ponto Operação Águas
Rio do Carmo	PS 15	Área prioritária 15	Área prioritária pela Samarco localizada nas proximidades de Barra Longa	706708,82	7756361,96	Não classificado	Ponto Operação Águas
Tributário	NTC03	Área prioritária 15	Tributário TC03C da margem esquerda do rio do Carmo (**)	707416,47	7756995,7	Argos V-G2	Ponto Operação Águas
Rio do Carmo	ITC 03	Área prioritária 15	Eixo preferencial de escoamento da água devido à uma ravina	709235,62	7757084,48	Não classificado	Ponto Operação Águas
Tributário	ITC 04	Área prioritária 15	Tributário da margem direita do rio do Carmo	709444,96	7757115,16	Argos VI-G1	Ponto Operação Águas
	ITC 04 - Ponto 02	Área prioritária 15		709402,77	7757082,45	Argos VI-G1	Ponto Operação Águas
	ITC 05	Área prioritária 15	Tributário TC05 da margem direita do rio do Carmo	709604,77	7757367,9	Argos VI-G3	Ponto Operação Águas
	ITC 06	Área prioritária 15	No tributário TC06 a montante da confluência com o rio do Carmo (**)	709195,99	7758125,83	Argos VI-G2	Ponto Operação Águas
	ITC 07	Área não prioritária 27	Em tributário a jusante da confluência com o rio do Carmo (**)	710433,3	7758476,22	Não classificado	Ponto Operação Águas
	ITC 08	Área não prioritária 27	No tributário TC07 a montante da confluência com o rio do Carmo (**)	710568,25	7759260,77	Argos VI-G2	Ponto Operação Águas
	ITC 09	Área não prioritária 27	No tributário TC08 a montante da confluência com o rio do Carmo (**)	711400,36	7758940,56	Argos VI-G1	Ponto Operação Águas
	ITC 10	Área não prioritária 27	Tributário TC08A da margem direita do rio do Carmo (**)	713766,77	7756785,35	Argos VI-G2	Ponto Operação Águas

CURSO D'ÁGUA	CÓDIGO	ÁREA	DESCRIÇÃO DO PONTO DE AMOSTRAGEM ⁽¹⁾	COORDENADAS UTM ⁽²⁾		GRUPOS DE ENQUADRAMENTO IBAMA	TIPO DE PONTO
				Leste	Norte		
Rio do Carmo	RC 01	Área não prioritária 27	A jusante da foz do TC08A e a montante da foz do TC09. Ponto a montante da confluência com o rio Piranga.	713996	7756833	Não avaliado pela operação Águas	Ponto PMQQVAI
Tributário	NTC07	Área não prioritária 27	No tributário TC09 da margem esquerda do rio do Carmo ^(**)	714217,93	7756934,78	Argos V-G3	Ponto Operação Águas
	NTC05	Área não prioritária 27	No tributário TC09A da margem esquerda do rio do Carmo ^(**)	715408,25	7756864,6	Argos V-G1	Ponto Operação Águas
	NTC06	Área não prioritária 27	No tributário TC10 da margem direita do rio do Carmo ^(**)	716019,94	7756480,46	Argos IV-G2	Ponto Operação Águas
Rio Piranga	RPG 01	Área não prioritária 27	A jusante da cidade de Ponte Nova e a montante da confluência com o rio Doce, antes da entrada para o reservatório da barragem de Candonga.	718899,86	7744668,22	Não avaliado pela operação Águas	Ponto Tipo 1
	ITC 11	Área não prioritária 27	No rio Piranga a montante da confluência com o rio do Carmo ^(**)	718036,32	7754805,11	Não classificado	Ponto Operação Águas
	ITC 12	Área não prioritária 27		718432,3	7754722,59	Não classificado	Ponto Operação Águas
Tributário	NTD01	Área não prioritária 27	No tributário TD01 da margem esquerda do rio Doce, a montante do reservatório da Barragem Candonga ^(**)	717394,69	7758611,49	Argos IV-G3	Ponto Operação Águas
	NTD02	Área não prioritária 27	No tributário TD02 da margem esquerda do rio Doce, a montante do reservatório da Barragem Candonga ^(**)	719164,87	7758932,41	Argos V-G2	Ponto Operação Águas
Rio Doce	RD 01	Área Prioritária 16	Próximo à cidade de Rio Doce.	720931	7759650	Não avaliado pela operação Águas	Ponto PMQQVAI
	RD 02	Área Prioritária 16	A jusante da cidade de Rio Doce, no início do reservatório da barragem de Candonga.	721226	7762428	Não avaliado pela operação Águas	Ponto PMQQVAI
	RD 03	Área não prioritária	A jusante do maciço da barragem de Candonga.	724516	7765204	Não avaliado pela operação Águas	Ponto PMQQVAI e Tipo 1
Tributário	NTD03	Área não prioritária	No tributário TD03 da margem direita do rio Doce, a jusante da Barragem Candonga ^(**)	726306,37	7764798,3	Argos V-G2	Ponto Operação Águas
	NTD04	Área não prioritária	No tributário TD04 da margem direita do rio Doce, a jusante da Barragem Candonga ^(**)	727426,44	7765702,8	Argos V-G1	Ponto Operação Águas

Notas:

- (1) As descrições dos pontos de amostragem foram retiradas, em sua maioria, dos relatórios da Operação Águas, com exceção daqueles com (**);
- (2) O *datum* é SIRGAS2000 e o fuso 23k;
- (3) Os pontos RGN 01 e ITS 17 estão a cerca de 65 metros de distância um do outro. Como são pontos diferentes, os mesmos foram mantidos na tabela;
- (4) O ponto PS 04 encontra-se no tributário TG04. A coordenada indicada refere-se à ponte removida sobre o rio Gualaxo do Norte, local situado cerca de 1.100 metros de distância do ponto PS 04;
- (5) As coordenadas desse ponto (PS 10) devem ser verificadas.
- (6) O ponto NTG17 está situado no tributário TG21, assim como o ponto TG-22M. Será avaliada a necessidade do ponto NTG17, tendo em vista que o monitoramento no ponto TG-22M já engloba os parâmetros e frequência a serem monitorados no ponto NTG17

Os mapas com as localizações dos pontos de amostragem encontram-se nos **Anexo 5-1** a **Anexo 5-5** e os shapefiles estão no **Anexo 5-6**.

5.2 - Parâmetros avaliados e frequência de amostragem

Os parâmetros avaliados e as respectivas frequências de amostragem são apresentados de maneira resumida no **Quadro 5-3**.

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

Quadro 5-3 – Parâmetros, frequência de amostragem e data da primeira e última amostragem para qualidade de água e sedimento.

PONTOS DE AMOSTRAGEM	PARÂMETROS	MATRIZ	FREQUÊNCIA	PRIMEIRA AMOSTRAGEM / MEDIÇÃO	ÚLTIMA AMOSTRAGEM / MEDIÇÃO
Pontos PMQQVAI e Tipo 2 em Rios Principais					
RGN 01	Águas superficiais: físico-químicos, hidrobiológicos (fitoplâncton e zooplâncton) e bacteriológicos Sedimentos: Parâmetros físico-químicos e biomonitoramento de macroinvertebrados bentônicos	Água	Mensal	30/out/17	10/jan/18
RG 01		Água	Quinzenal	31/out/17	12/jan/18
RGN 01, RG 01		Sedimento	Quinzenal	30/out/17	09/jan/18
RG 02		Água	Quinzenal	31/out/17	09/jan/18
		Sedimento			
TG 11M		Água	Quinzenal	23/out/17	30/jan/18
		Sedimento		06/nov/17	
RG 03		Água	Mensal	10/nov/17	15/jan/18
		Sedimento			
RG 04		Água	Mensal	10/nov/17	08/jan/18
		Sedimento			
TG 13M		Água	Quinzenal	25/out/17	29/jan/18
		Sedimento		09/nov/17	
TG 14M		Água	Quinzenal	31/out/17	31/jan/18
		Sedimento		09/nov/17	
RG 05		Água	Mensal	10/nov/17	10/jan/18
		Sedimento			

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

PONTOS DE AMOSTRAGEM	PARÂMETROS	MATRIZ	FREQUÊNCIA	PRIMEIRA AMOSTRAGEM / MEDIÇÃO	ÚLTIMA AMOSTRAGEM / MEDIÇÃO
Pontos PMQQVAI e Tipo 2 em Rios Principais					
RG 06	Águas superficiais: físico-químicos, hidrobiológicos (fitoplâncton e zooplâncton) e bacteriológicos Sedimentos: Parâmetros físico-químicos e biomonitoramento de macroinvertebrados bentônicos	Água	Mensal	08/nov/17	12/jan/18
		Sedimento		10/nov/17	
RG 07		Água	Mensal	10/nov/17	11/jan/18
		Sedimento			
TG 22M		Água	Quinzenal	27/out/17	23/jan/18
		Sedimento		08/nov/17	17/jan/18
RG 08		Água	Mensal	27/nov/17	17/jan/18
		Sedimento			
RGN 06		Água	Mensal	31/out/17	11/jan/18
		Sedimento			
RG 09		Água	Mensal	16/nov/17	12/jan/18
		Sedimento			
RG 10		Água	Mensal	17/nov/17	19/jan/18
		Sedimento			
RG 11		Água	Mensal	17/nov/17	16/jan/18
		Sedimento			
RG 12		Água	Mensal	26/out/17	11/jan/18
		Sedimento			

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

PONTOS DE AMOSTRAGEM	PARÂMETROS	MATRIZ	FREQUÊNCIA	PRIMEIRA AMOSTRAGEM / MEDIÇÃO	ÚLTIMA AMOSTRAGEM / MEDIÇÃO
Pontos PMQQVAI e Tipo 2 em Rios Principais					
RG 13	Águas superficiais: físico-químicos, hidrobiológicos (fitoplâncton e zooplâncton) e bacteriológicos Sedimentos: Parâmetros físico-químicos e biomonitoramento de macroinvertebrados bentônicos	Água	Mensal	30/out/17	10/jan/18
		Sedimento			
RGN 08		Água	Quinzenal	31/out/17	09/jan/18
		Sedimento			
RCA 02		Água	Mensal	17/nov/17	09/jan/18
		Sedimento			
RC 01		Água	Quinzenal	10/nov/17	31/jan/18
		Sedimento			
RDO 01		Água	Quinzenal	09/nov/17	31/jan/18
		Sedimento			
RDO 02		Água	Quinzenal	09/nov/17	30/jan/18
		Sedimento			
RDO 03		Água	Quinzenal	08/nov/17	16/jan/18

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

PONTOS DE AMOSTRAGEM	PARÂMETROS	MATRIZ	FREQUÊNCIA	PRIMEIRA AMOSTRAGEM / MEDIÇÃO	ÚLTIMA AMOSTRAGEM / MEDIÇÃO
Pontos PMQQVAI e Tipo 2 em Tributários					
Pontos		Matriz	Frequência	Início	Fim
TG 11M	Água superficial : Parâmetros físico-químicos, hidrobiológicos (fitoplâncton e zooplâncton) e bacteriológicos	Água	Quinzenal	23/out/17	30/jan/18
		Sedimento		06/nov/17	
TG 13M		Água	Quinzenal	25/out/17	29/jan/18
		Sedimento		09/nov/17	
TG 14M	Sedimento: Parâmetros físico-químicos e Biomonitoramento de macroinvertebrados bentônicos	Água	Quinzenal	31/out/17	31/jan/18
		Sedimento		09/nov/17	
TG 22M		Água	Quinzenal	27/out/17	23/jan/18
		Sedimento		08/nov/17	17/jan/18

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

PONTOS DE AMOSTRAGEM	PARÂMETROS	MATRIZ	FREQUÊNCIA	PRIMEIRA AMOSTRAGEM / MEDIÇÃO	ÚLTIMA AMOSTRAGEM / MEDIÇÃO
Pontos PMQQVAI e Tipo 2 em Tributários					
TG 11M	turbidez, sólidos totais, sólidos totais em suspensão e sólidos dissolvidos totais	Água superficial	Semanal	23/out/17	30/jan/18
TG 13M		Água superficial	Semanal	25/out/17	29/jan/18
TG 14M		Água superficial	Semanal	31/out/17	31/jan/18
TG 22M		Água superficial	Semanal	27/out/17	23/jan/18

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

PONTOS DE AMOSTRAGEM	PARÂMETROS	MATRIZ	FREQUÊNCIA	PRIMEIRA AMOSTRAGEM / MEDIÇÃO	ÚLTIMA AMOSTRAGEM / MEDIÇÃO
Pontos Tipo 1					
RGN 01, RD 03, CS 01, TG 42A-M, TG 49A-M, RCA 01, TC 02BL e RPG 01	Nível da Água	Água superficial	A cada 15 min, 30 min., e a cada hora	01/out/2017	31/jan/2018
RGN 01	Descarga Líquida e SST	Água superficial	Mensal	03/out/17	03/jan/18
RD 03		Água superficial	Mensal	16/out/17	16/jan/18
CS 01		Água superficial	Mensal	27/nov/17	17/jan/18
TG 42A-M		Água superficial	Mensal	31/out/17	
TG 49A-M		Água superficial	Mensal		
RPG 01		Água superficial	Mensal	16/out/17	16/jan/18
TC-02BL		Água superficial	Mensal	30/out/17	
RCA 01		Água superficial	Mensal	06/out/17	10/jan/18

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

PONTOS DE AMOSTRAGEM	PARÂMETROS	MATRIZ	FREQUÊNCIA	PRIMEIRA AMOSTRAGEM / MEDIÇÃO	ÚLTIMA AMOSTRAGEM / MEDIÇÃO
Pontos Operação Águas					
ITS 01, ITS 02, ITS 03, ITS 04, ITS 05, ITS 06, ITS 07, ITS 08, ITS 09, ITS 10, ITS 18, ITS 17, ITS 16, ITS 15, NTG16, PS 03, NTG01, ITS 14, ITS 13, PS 04, ITS 12, TES 03, ITS 19, ITS 11, TES 02, ITS 20, ITG 07, GES 04, PS 13, ITG 08, ITG 09, DG 01, ITG 11, ITG 12, ITG 14, ITG 13, NTG14, DG 02, ITG 16, ITG 17, ITG 18, PS 11, NTG15, PS 10, ITG 19, GES 05, ITGE 19, ITG 20, ITG 21, ITG 22, ITG 23, ITG 24, NTG17, ITG 27, NTG18, NTG19, ITG 28, PS 08, ITG 29, ITG 30, ITG 31, ITG 32, ITG	turbidez, sólidos totais, sólidos totais em suspensão e sólidos dissolvidos totais	Água superficial	Semanal	Out/17	Jan/18

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

PONTOS DE AMOSTRAGEM	PARÂMETROS	MATRIZ	FREQUÊNCIA	PRIMEIRA AMOSTRAGEM / MEDIÇÃO	ÚLTIMA AMOSTRAGEM / MEDIÇÃO
33, ITG 34, ITG 35, ITG 36, ITG 37, ITG 38, ITG 39, PS 05, NTG02, ITG 40, ITG 41, ITG 42, ITG 43, ITG 44, NTG20, PS 07, ITG 45, ITG 46, ITG 47, ITG 48, ITG 49, ITG 50, NTG03, ITG 51, ITG 52, ITG 53, ITG 54, PS 09, ITG 55, ITG 56, ITG 57, NTG13, PS 06, ITG 58, ITG 59, NTG10, NTG04, NTG05, NTG11, NTG06, NTG21, ITG 60, ITG 60 - Ponto 02, DG 03, ITG 61, ITG 62, ITG 62 - Ponto 02, ITG 63, NTG07, ITG 64, NTG08, NTG09, ITG 65, ITG 66, ITGE 01, ITC 01, PS 14, NTC04, NTC01, NTC02, ITCE 01, ITC 02, ITCE 02, PS 15, NTC03, ITC 03, ITC 04, ITC 04 - Ponto 02, ITC 05, ITC 06, ITC 07, ITC 08, ITC 09, ITC 10, NTC07, NTC05, NTC06, ITC 11, ITC 12, NTD01, NTD02, NTD03 e NTD04	turbidez, sólidos totais, sólidos totais em suspensão e sólidos dissolvidos totais	Água superficial	Semanal	Out/17	Jan/18

5.2.1 - Pontos PMQQVAI e tipo 2

Para os pontos de amostragem situados em rios principais (i.e., rio Gualaxo do Norte, rio do Carmo e rio Doce), as amostras de água e sedimento foram coletadas quinzenalmente durante a execução das obras de intervenção. Após o término das intervenções, a frequência de amostragem passou a ser mensal.

Para os pontos de amostragem referentes aos tributários, as amostras foram coletadas quinzenalmente. Sendo que, seguiu-se uma amostragem semanal para os seguintes parâmetros: turbidez, sólidos totais (ST), sólidos totais em suspensão (SST) e sólidos dissolvidos totais (SDT).

Vale destacar que os pontos RGN 08, RC 01 e RG 06 foram os únicos locais em que este monitoramento foi iniciado antes do término das obras de intervenções. E ainda, os dados do ponto RD 03, que está a jusante da barragem Candonga, foram analisados considerando a atividade de dragagem que estava em curso neste reservatório durante o período de amostragem deste monitoramento, ainda que estas atividades não estejam no escopo do Plano de Monitoramento Quali-quantitativo das Águas do Rio Doce e seus Tributários em Função das Intervenções.

5.2.2 - Pontos tipo 1

Para os pontos de amostragem Tipo 1, o monitoramento consiste na medição de nível de água, de descarga líquida (vazão) e SST. A frequência de monitoramento foi estabelecida da seguinte maneira:

- O nível de água foi medido por sensor de pressão submersível, e a precipitação com sensor pluviométrico. Os dois parâmetros foram medidos a cada hora, com exceção da estação do ponto RCA 01 (rio do Carmo – Barra Longa/MG), que teve medição a cada

trinta minutos, e RPG 01 (rio Piranga – Ponte Nova /MG), que teve medição a cada quinze minutos;

- A descarga líquida foi medida uma vez por mês durante o período de outubro/2017 a janeiro/2018. Foram utilizados dois métodos para a medição da descarga líquida, o método acústico utilizando-se o Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP), utilizado nas seções que atendem a requisitos hidráulicos específicos para o método e o método do perfil transversal com o fluxo de água medido com molinete, nas situações em que não foi possível utilizar o método acústico. ;
- SST foi analisado simultaneamente com as medições de descarga líquida.

Nos pontos RD 03 (rio Doce - Rio Doce/MG) e RPG 01 (rio Piranga – Ponte Nova /MG) não foram instaladas estações automáticas, haja vista que existem estações da Agência Nacional de Águas (ANA) bem próximas a cada um destes locais. Por esse motivo, os dados apresentados no presente relatório para os pontos RD 03 (Rio Doce - Rio Doce/MG) e RPG 01 (Rio Piranga – Ponte Nova /MG) foram retirados das estações “UHE Risoleta Neves Jusante” e “Ponte Nova Jusante”, respectivamente.

5.2.3 - Pontos operação áugias

A Operação Áugias foi concebida após vistoria realizada pelo Ibama em abril de 2016 nas áreas mais impactadas pelo rompimento da Barragem de Fundão em Mariana/MG. Estas áreas estão situadas entre a Barragem de Fundão e a UHE Risoleta Neves (Candonga), sendo o trecho mais afetado pelo acidente, com grande quantidade de matas ciliares destruídas e um elevado volume de rejeito depositado nas margens de cursos d’água e de seus tributários (IBAMA,2017). A Operação encontra-se descrita no memorando nº 02001.006863/2016-81, emitido pela Coordenação Geral de Autorização de Uso da Flora e Floresta – CGAUF da Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas – DBFLO.

Essa operação foi adotada como estratégia para analisar o cumprimento das Cláusulas 158 a 160 do TTAC em atendimento à Deliberação CIF nº 11/2016. Tendo como principais objetivos: realizar um diagnóstico completo do estado de degradação das áreas atingidas; avaliar as intervenções que estão sendo realizadas e monitorar as ações de recuperação durante todo o processo de restauração ambiental.

Visando o atendimento às recomendações do termo supracitado, foram vistoriados no âmbito da Operação Águas corpos hídricos situados no Córrego Santarém, rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, bem como seus tributários, localizados entre a Barragem de Fundão e a UHE Risoleta Neves. Estas vistorias foram divididas em fases, sendo a primeira denominada Fase Hélios e as posteriores denominadas Fase Argos. No presente relatório serão apresentados os resultados de turbidez e da série de sólidos dos 114 pontos vistoriados durante as fases: Argos IV (realizada no período de 21 a 30 de agosto/2017), V (realizada no período de 16 a 26 de outubro/2017) e VI (realizada no período de 09 a 19 de abril/2018) e 33 pontos que estão classificados em nenhuma dessas fases.

Os tributários foram divididos em trechos de acordo com as características morfológicas e para cada trecho foram propostas medidas de recuperação. Uma variedade de técnicas para o revestimento de canais foi avaliada considerando metodologias tradicionais de engenharia e bioengenharia. As obras de regularização de calhas e margens e o controle de processos erosivos dos tributários mapeados iniciaram logo após a vistoria da Operação Águas que ocorreu em abril de 2016 e se estendeu até junho de 2017.

Foram criados quatro grupos de tributários com base nos objetivos supracitados, que possibilitam a tomada de decisão em relação ao prosseguimento das ações de recuperação ambiental, sendo eles: G1 - são aqueles aptos a avançar para a fase de plantio de mudas vegetais nativas; G2 - aptos a avançar para a fase de plantio de mudas vegetais nativas, concomitante com ações corretivas de baixa complexidade; G3 – também aptos a avançar para a fase de plantio de mudas vegetais nativas, concomitante com ações corretivas de média

e alta complexidade e G4 - inaptos a avançar para a fase de plantio de mudas vegetais nativas, necessitando da implementação de ações corretivas e preparatórias com o devido monitoramento.

5.3 - Parâmetros monitorados para água e sedimento

5.3.1 - Água superficial

Para este monitoramento foram consideradas as variáveis físicas, químicas e biológicas avaliadas na água pelas estações manuais e estações automáticas. As técnicas de coleta e análise das amostras seguiram protocolos padronizados e internacionalmente reconhecidos, como o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA & CETESB, 2012); ABNT NBR 9898/1987 –Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores e, preferencialmente, conforme as determinações contidas na 22ª edição do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

O **Quadro 5-5** e **Quadro 5-5** apresentam uma síntese dos métodos necessários para realização das análises, assim como a unidade de medida e limite de quantificação do método para as variáveis medidas em campo e laboratório.

Quadro 5-4 - Unidades e métodos de análise para as variáveis medidas em campo na água superficial

PARÂMETRO	UNID.	MATRIZ	FAIXA DE OPERAÇÃO	MÉTODO
pH	-	Água e sedimento	0 a 14	SMEWW 4500-H+ B
Condutividade elétrica	$\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$	Água	0 a 2000 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$	Método SMEWW 2510 B
Temperatura do ar	°C	Água	0 a 55°C	Método SMEWW 2550 B
Temperatura da água				
Oxigênio dissolvido	$\text{mg}.\text{L}^{-1}$	Água	0 a 10 $\text{mg}.\text{L}^{-1}$	SMEWW 4500-O G
Oxigênio dissolvido (saturação)	%	Água	0 a 100%	
Turbidez	UNT	Água	0,1 a 60.000 UNT	SMEWW 2130 B

Nota: $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ = microSiemens por centímetro; $\text{mg}.\text{L}^{-1}$ = miligramas por litro; UNT = Unidade Nefelométrica de Turbidez, mV= milivolts.

Quadro 5-5 – Parâmetros avaliados, limites de quantificação e métodos utilizados para as análises de água superficial.

PARÂMETRO	UNIDADE	RECIPIENTE	PRESERVAÇÃO	ARMAZENAMENTO	VALIDADE DA AMOSTRA	LQ	MÉTODO
Sólidos totais	mg.L ⁻¹	P ou Vd	-	refrigeração entre 2 e 6°C	7 dias	<5	SMEWW - 2540 B e E
Sólidos dissolvidos totais	mg.L ⁻¹	P ou Vd	-	refrigeração entre 2 e 6°C	7 dias	<5	SMEWW – 2540 C e E
Sólidos em suspensão	mg.L ⁻¹	P ou Vd	-	refrigeração entre 2 e 6°C	7 dias	<5	SMEWW – 2540 D e E
Sólidos sedimentáveis	mL.L ⁻¹	P ou Vd	-	-	48 horas	<0,3	SMEWW – 2540 F
Cor verdadeira	mg Pt.L ⁻¹	P ou Vd	-	refrigeração entre 2 e 6°C	48 horas	<5	SMEWW - 2120C
DBO, 5 dias, 20°C	mg O ₂ .L ⁻¹	P ou Vd	-	refrigeração entre 2 e 6°C	48 horas	<3	SMEWW - 5210B
DQO	mg O ₂ .L ⁻¹	P ou Vd	H2SO4 até pH<2,	refrigeração 4±2°C	48 horas	<5	SMWW 5210 B
Carbono orgânico total	mg.L ⁻¹	P ou Vd	HCl ou H ₂ SO ₄ , pH < 2	-	28 dias	<1	SMEWW – 5310 B e C

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQQVAI
PRIMEIRO RELATÓRIO TRIMESTRAL
3463-00-VAI-RL-0001-00

PARÂMETRO	UNIDADE	RECIPIENTE	PRESERVAÇÃO	ARMAZENAMENTO	VALIDADE DA AMOSTRA	LQ	MÉTODO
Coliformes totais	NMP.100 mL ⁻¹	P	Tiossulfato de sódio 1,8%	-	24 horas	<10	SMEWW 9223 A e B
Coliformes termotolerantes (<i>Escherichia coli</i>)	NMP.100 mL ⁻¹	P	Tiossulfato de sódio 1,8%	-	24 horas	<10	SMEWW 9223 A e B
Clorofila- <i>a</i>	µg.L ⁻¹	VdA	Carbonato de magnésio	refrigeração inferior a 4°C sem filtrar ou -20°C filtradas, proteger da luz	24 horas	<1,0 <3	SMEWW - 10200H
Feoftina	µg.L ⁻¹	VdA	Carbonato de magnésio	refrigeração inferior a 4°C sem filtrar ou -20°C filtradas, proteger da luz	24 horas	<1,0 <3	SMEWW - 10200H
Manganês total	mg.L ⁻¹	P	HNO ₃ , pH < 2	refrigeração entre 2 e 6°C	6 meses	<0,005	SMWW 3125 B
Manganês dissolvido	mg.L ⁻¹	P	HNO ₃ , pH < 2	refrigeração entre 2 e 6°C	6 meses	<0,001	SMWW 3125 B
Nitrato	mg.L ⁻¹	P ou Vd	-	refrigeração entre 2 e 6°C	48 horas	<0,5	SM 4500-NO3--H
Nitrito	mg.L ⁻¹	P ou Vd	-	refrigeração entre 2 e 6°C	48 horas	<0,01 <0,02	SM 4500 NO2B

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQQVAI
PRIMEIRO RELATÓRIO TRIMESTRAL
3463-00-VAI-RL-0001-00

PARÂMETRO	UNIDADE	RECIPIENTE	PRESERVAÇÃO	ARMAZENAMENTO	VALIDADE DA AMOSTRA	LQ	MÉTODO
Nitrogênio total Kjeldahl	mg.L ⁻¹	P ou Vd	H ₂ SO ₄ , pH<2	refrigeração entre 2 e 6°C	28 dias	<0,1	SM 4500-Norg-C
Nitrogênio orgânico	mg.L ⁻¹	P ou Vd	H ₂ SO ₄ , pH<2	refrigeração entre 2 e 6°C	28 dias	<0,1	SM 4500-Norg-C
Nitrogênio amoniacal total	mg.L ⁻¹	P ou Vd	H ₂ SO ₄ , pH<2	refrigeração entre 2 e 6°C	28 dias	<0,1	SMWW 4500 NH3 - E
Fósforo total	mg.L ⁻¹					<0,001	SMWW 3125 B
Fósforo dissolvido	mg.L ⁻¹					<0,001 <0,01	SMWW 3125 B
Alumínio total	mg.L ⁻¹	P	HNO ₃ , pH < 2	refrigeração entre 2 e 6°C	6 meses	<0,005	SMWW 3125 B
Alumínio dissolvido	mg.L ⁻¹	P	HNO ₃ , pH < 2	refrigeração entre 2 e 6°C	6 meses	<0,001	SMWW 3125 B

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQQVAI
PRIMEIRO RELATÓRIO TRIMESTRAL
3463-00-VAI-RL-0001-00

PARÂMETRO	UNIDADE	RECIPIENTE	PRESERVAÇÃO	ARMAZENAMENTO	VALIDADE DA AMOSTRA	LQ	MÉTODO
Ferro total	mg.L ⁻¹	P	HNO ₃ , pH < 2	refrigeração entre 2 e 6°C	24 6 meses total e dissolvido 24 horas Fe ²⁺	<0,01	SMWW 3125 B
Ferro dissolvido	mg.L ⁻¹	P	HNO ₃ , pH < 2	refrigeração entre 2 e 6°C	25 6 meses total e dissolvido 24 horas Fe ²⁺	<0,005	SMWW 3125 B
Arsênio total	mg.L ⁻¹	P	HNO ₃ , pH < 2	refrigeração entre 2 e 6°C	6 meses	<0,001	SMWW 3125 B
Mercurio total	mg.L ⁻¹	P	HNO ₃ , pH < 2	-	28 dias	<0,0001	SMWW 3125 B

5.3.2 - Sedimento

Os procedimentos para amostragem de sedimentos seguiram as recomendações da ANA & CETESB (2012), NBR 9898:1987 e NBR 15469:2015 e o Anexo 3 do Termo de Referência 4 do ICMBio, que trata do Programa de Monitoramento da Biodiversidade. Para ambientes profundos realizadas com pessoal embarcado, foi utilizado a draga do tipo Van Veen. Já para ambientes rasos, onde as coletas foram realizadas entrando no rio, foi utilizado pá ou caneca de aço inox. Em todos os casos procurou-se obter no mínimo 1 kg de amostra, fazendo-se mais de uma investida no mesmo ponto quando necessário para se atingir este mínimo de massa da amostra por ponto. A amostragem se deu calha central do rio, onde o sedimento era ativo. Quando não foi possível coletar sedimento na calha central do rio, as tentativas de amostragem foram se deslocando para mais próximos às margens. Em pontos de coleta próximos às curvas dos rios, foram escolhidos os locais de deposição. Evitou-se realizar as coletas em áreas próximas às margens, uma vez que estão sob influência do escoamento superficial que carrega o material dos solos adjacentes para dentro do leito do rio. Como os rios amostrados possuíam larguras inferiores a 75 m, uma única amostragem foi realizada. Os parâmetros analisados, as unidades de medida, o método e o limite de quantificação do método para as variáveis medidas em campo e laboratório são apresentados no **Quadro 5-6**.

Para a avaliação da biodisponibilidade de metais, seguiu-se a metodologia proposta por Allen et al. (1993). Em resumo, este método consiste na análise de metais extraídos simultaneamente (MES ou SEM - *Simultaneously Extracted Metal*) por meio da acidificação a frio da amostra de sedimento, para que o sulfeto volatilizável seja arrastado por um gás. A suspensão restante deste processo é filtrada e analisada para metais. As quantificações de sulfeto volatilizável por acidificação (SVA ou AVS - *Acid Volatile Sulphide*) são realizadas pelo método azul de metileno, descrito pelo *Standards Methods* 4500S2-D.

Quadro 5-6 - Unidades de medida e métodos de análise para as variáveis analisadas no sedimento.

PARÂMETRO	UNIDADE	RECIPIENTE	PRESERVAÇÃO	ARMAZENAMENTO	VALIDADE DA AMOSTRA	LQ	MÉTODO
Distribuição granulométrica	%	P	-	-	-		NBR 7181 (Ext)
Carbono orgânico total	%	P	-	refrigeração entre 2 e 6°C/ausência de luz	28 dias	<0,05	EPA 9060
Fósforo Total	mg.kg ⁻¹					<1,0 <0,26 <0,29 <0,3	Determinação: EPA 6010 D: 2014 / Preparo: EPA-821-R-91-100
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg.kg ⁻¹	P ou Vd	H ₂ SO ₄ , pH<2	refrigeração entre 2 e 6°C	-	<2,9	EMBRAPA, 2009
Alumínio	mg.kg ⁻¹	P	HNO ₃ , pH < 2	refrigeração entre 2 e 6°C	6 meses	<1,0	Determinação: EPA 6010 D: 2014 / Preparo: EPA-821-R-91-100

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

PARÂMETRO	UNIDADE	RECIPIENTE	PRESERVAÇÃO	ARMAZENAMENTO	VALIDADE DA AMOSTRA	LQ	MÉTODO
Arsênio	mg.kg ⁻¹	P	HNO ₃ , pH < 2	refrigeração entre 2 e 6°C	6 meses	<1,0	Determinação: EPA 6010 D: 2014 / Preparo: EPA-821-R-91-100 Determinação: EPA 6010 D: 2014 / Preparo: EPA-821-R-91-100
Ferro	mg.kg ⁻¹	P	HNO ₃ , pH < 2	refrigeração entre 2 e 6°C	6 meses	<1,0	
Manganês	mg.kg ⁻¹	P	HNO ₃ , pH < 2	refrigeração entre 2 e 6°C	6 meses	<1,0	
Mercurio	mg.kg ⁻¹	P	HNO ₃ , pH < 2	refrigeração entre 2 e 6°C, ausência de luz	6 meses	<0,05	EPA 245.7: 2005 / Preparo: EPA-821-R-91-100

5.4 - Procedimentos para amostragem

5.4.1 - Fitoplâncton

As coletas do fitoplâncton foram realizadas juntamente com as amostras físicas e químicas da água. As amostras quantitativas foram coletadas submergindo o frasco diretamente na camada subsuperficial (aproximadamente a 20 cm de profundidade) e fixadas em solução de lugol acético. Para as análises qualitativas, foram realizados arrastos com rede de plâncton, abertura de malha de 20 μ m, por 10 minutos contra a correnteza em ambiente de rio, e posteriormente, fixadas com formol a 5%.

A análise quantitativa do fitoplâncton foi realizada em câmara de sedimentação sob microscópio invertido, segundo Utermöhl (1958). A quantificação se deu através de campos ou por transectos aleatórios, sob aumento suficiente para visualização dos organismos, com auxílio do retículo de Whipple aferido com régua micrométrica calibrada. A escolha do método de transectos ou campos aleatórios dependeu da distribuição e concentração dos organismos na câmara de Utermöhl: quando distribuídos de forma homogênea na câmara, foi utilizado o método dos campos aleatórios; e quando de forma heterogênea, adotou-se o método de transectos aleatórios. Para o limite de precisão de contagem, utilizou-se a curva de rarefação de espécies (quando novas unidades de contagem são adicionadas até a estabilização de ocorrência de espécies na amostra), bem como pelo estabelecimento de um número mínimo de 100 indivíduos da espécie dominante. Dessa forma, atingiu-se um erro padrão de até 20% na contagem (APHA 2005, CETESB 2005). Amostras qualitativas foram avaliadas sob microscopia óptica de campo claro, conforme SMWW10200F. Os organismos fitoplancônicos foram identificados, sempre que possível, em nível específico, seguindo literatura de KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS (1989, 1998 e 2005); ROUND *et al.* (1990); ROUND (1971); ROUND (1965).

5.4.2 - Zooplâncton

A coleta de zooplâncton para análise qualitativa e quantitativa dos organismos foi feita na sub-superfície (cerca de 20 cm de profundidade) dos corpos d'água, totalizando 200 mL, utilizando balde (20 mL) e filtração em rede de plâncton de malha de 68 µm. A porção inferior da rede foi mantida imersa na água para amortecer o impacto de água e evitar destruição dos espécimes.. As amostras fixadas com formol 4% (SCHADEN, 1985). As quantificações feitas com auxílio de câmaras reticuladas, em microscópio ótico ou microscópio estereoscópico. Os organismos foram identificados, sempre que possível, em nível de espécie, com auxílio das seguintes referências: ELMOOR-LOUREIRO, 1997; FERNANDO, 2002; GAZULLA, 2012, KOSTE, 1978; MATSUMURA-TUNDISI, 1986; MELO, 2003, REID, 1995; SEGERS, 1995; MATSUMURA-TUNDISI, 1986; MELO, 2003, REID, 1995; SEGERS, 1995.

5.4.3 - Macroinvertebrados bentônicos

A coleta de organismos da comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi realizada utilizando um amostrador do tipo Surber (área de 0,09 m², 250 µm de abertura de malha) em pontos cuja profundidade não ultrapassasse a altura do amostrador ou um amostrador do tipo draga de Petersen (área de 0,0682 m²) em pontos cuja profundidade não permitia a utilização do amostrador Surber e cujo acesso foi feito de barco. Quando utilizado o amostrador do tipo Surber, foram obtidas 20 réplicas e quando utilizada a draga foram obtidas três réplicas por ponto. Estas réplicas foram obtidas nas margens direita, esquerda e calha central a fim de caracterizar os habitats da seção transversal.

As amostras foram fixadas com álcool 70% e encaminhadas para o laboratório, onde foram lavadas em peneira de 250 μ m de malha para remoção do excesso de material particulado. Posteriormente, as amostras foram triadas e identificadas utilizando microscópio estereoscópico e ótico. Os organismos foram identificados até o menor nível taxonômico possível com o auxílio de chaves taxonômicas específicas. Os organismos identificados foram conservados em formol ou transferidos para álcool 70%.

Foram calculadas as métricas de densidade total (número de indivíduos por m²), riqueza taxonômica (número de táxons), índice de diversidade de Shannon e Simpson e equitabilidade de Pielou para cada ponto amostral. Para avaliação das condições ecológicas de cada ponto amostral foi calculado o índice biológico BMWP-CETEC (Biological Monitoring Working Party): este índice atribui a cada família um escore de com base na tolerância ao impacto e que varia de 1 (famílias mais tolerantes) a 10 (famílias mais sensíveis). O valor do BMWP é então obtido através da soma dos escores e a qualidade da água nos pontos amostrais é classificada em categorias ecológicas conforme a pontuação obtida: “excelente” (acima de 86 pontos), “boa” (entre 64 e 85 pontos), “regular” (entre 37 e 63 pontos), “ruim” (entre 17 e 36 pontos) e “péssimo” (abaixo de 16 pontos).

5.4.4 - Medição de descarga líquida

As medições de descarga líquida ou vazão se deram mensalmente e ocorreram no mesmo dia em que foram realizadas a determinação dos parâmetros de qualidade em campo, bem como a coleta das amostras de água. Estas medições foram realizadas utilizando-se o método acústico, conhecido como ADCP – *Acoustic Doppler Current Profiler*. Nas situações em que não foi possível a medição pelo método acústico, foi empregado o método convencional, com molinete.

5.5 - Tratamento dos dados

Foram feitas discussões em torno da variação espaço-temporal das áreas estudadas, focando na avaliação de possíveis impactos na qualidade da água, do sedimento e da comunidade biológica, relacionados com as intervenções realizadas no âmbito do programa de Recuperação da Fundação Renova, nos rios e tributários do trecho entre a barragem de Fundão e o Reservatório de Candongas (UHE Risoleta Neves).

Quando cabível, todos os parâmetros foram comparados com seus respectivos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para águas doces de classe 2, destacando os valores em desacordo com o que preconiza esta resolução. No caso dos sólidos suspensos totais foi utilizado o valor de referência estabelecido na Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces de classe 2.

Para a classificação do sedimento, na ausência de uma resolução específica, foi utilizada como referência a Resolução CONAMA nº 454/2012, que estabelece diretrizes gerais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras. Para o sedimento, também foi utilizado o Atlas geoquímico da bacia do rio Doce (CPRM, 2016) a fim de relacionar os resultados com o marco superior da base de dados. Para isso, foi aplicada a seguinte equação:

$$Q3 + 1,5 \cdot IQR$$

Q3 – terceiro quartil

IQR – intervalo interquartil

O Atlas Geoquímico da Bacia do Rio Doce é resultado dos trabalhos efetuados nos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo, nos anos de 2010 e 2011.

Para os dados de pluviosidade foram utilizados os volumes gerados pelas estações automáticas.

As descargas sólidas em suspensão (Q_{SST} em $t.dia^{-1}$) foram estimadas de acordo com a equação:

$$Q_{SST} = 0,0864 * Q * C_{SST}$$

onde: Q é a vazão líquida ($m^3.s^{-1}$) e C_{SST} SST é a concentração de sólidos suspensos totais ($mg.L^{-1}$).

5.5.1 - Análises estatísticas

Modelos lineares de efeitos mistos (*Linear mixed model*) com o ponto como fator randômico foram utilizados para avaliar a influência da chuva nos parâmetros: i) turbidez, sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos totais, alumínio dissolvido, alumínio total, ferro dissolvido, ferro total, manganês dissolvido e manganês total da matriz de dados de águas superficiais; ii) riqueza taxonômica e densidade total da comunidade bentônica, densidades total e de grupos taxonômicos das comunidades fitoplanctônicas e zooplanctônicas. Modelos lineares de efeitos mistos também foram utilizados para avaliar a relação da turbidez com os sólidos. As análises foram realizadas no software estatístico R (R Development Core Team, 2018) através do pacote lme4 (Bates et al. 2015) e lmerTest (Kuznetsova et al. 2017). Dados de distribuição não normal foram logaritimizados ($\log x + 0,1$, $\log x + 1$ ou $\log x$).

5.5.2 - Comunicação dos dados

Os dados medidos pelas estações automáticas TIPO I e TIPO II foram transmitidos via rede de telefonia celular 3G ou via satélite, a depender da disponibilidade de sinal na localidade, em intervalos de 1 ou meia hora. Os dados medidos pelas estações foram armazenados localmente em *dataloggers*, e enviados pela internet para um banco de dados acessível via portal web com acesso mediante apresentação de usuário e senha, os quais foram distribuídos aos órgãos integrantes da CT-SHQA (ANA, IGAM, IEMA, IBAMA, ICMBio e AGERH).

Os dados brutos de todas as amostragens manuais foram disponibilizados aos órgãos ambientais participantes da CT-SHQA e ao CIF, via Sistema MP5 (Sistema atualmente utilizado pela Fundação Renova como banco de dados ambientais). Todas as campanhas de campo foram continuamente inseridas no MP5.

5.6 - Programa de garantia e controle da qualidade (QA/QC)

5.6.1 - Garantia da qualidade (QA)

A garantia da qualidade (QA) no processo de amostragem e análises laboratoriais foi assegurada considerando-se: 1) contratação de laboratórios acreditados pela NBR ISO 17025 para os parâmetros que serão analisados no plano de monitoramento; 2) verificação ou ajuste de um instrumento de medição para que tivesse desempenho compatível com o seu uso; 3) descontaminação dos equipamentos (não descartáveis) e calibração de equipamentos; 4) verificação e manutenção das Estações Telemétricas.

5.6.2 - Controle de qualidade (QC) – campo e analítica

Para garantir a qualidade da amostragem de água superficial e sedimento foram utilizados brancos de equipamentos por matriz a cada dia, sendo este limitado a 20 amostras (ABNT NBR 16435/2015); brancos de campo e duplicatas de campo por matriz, com frequência mínima de 5% por dia, sendo este limitado a 20 amostras. As amostras QC foram tratadas da mesma forma que as demais amostras e enviadas ao laboratório para serem submetidas às mesmas análises.

Todos os laboratórios contratados e subcontratados para as análises são acreditados pelo INMETRO pela NBR ISO/IEC 17025. Além disso, para o controle analítico foram realizados brancos de métodos, duplicatas de laboratório, Materiais de Referência Certificado (MRC) e análises interlaboratoriais.

5.6.3 - Requisitos de amostragem e identificação das amostras

Os procedimentos de amostragem foram registrados de maneira sistemática em formulários específicos, que foram preenchidos no momento da amostragem (fichas de campo). Os formulários foram elaborados por matriz, e continham no mínimo: registros das observações sobre as condições de amostragem, os equipamentos utilizados, as não conformidades ou anomalias verificadas durante o processo de amostragem e resultados dos parâmetros físicos e químicos.

Os rótulos ou etiquetas das frascarias utilizadas na amostragem são resistentes à umidade, e continham as seguintes informações: identificação do projeto, da matriz e da amostra, analitos a serem determinados, preservantes e data e horário da amostragem e também continham código de barras com identificação da amostra, a fim de garantir a rastreabilidade da mesma.

Foram utilizadas luvas de procedimento descartáveis durante a manipulação de todos os materiais utilizados na amostragem. Os frascos e preservantes utilizados foram fornecidos pelos laboratórios responsáveis pelas análises químicas, sendo adequados para cada tipo de amostra e parâmetros analisados.

Todo material foi entregue aos laboratórios de análise com as respectivas cadeias de custódia ou fichas de campo, contendo a identificação do projeto, os responsáveis pela amostragem, a identificação do técnico responsável pela entrega e pelo recebimento das amostras no laboratório, a identificação da amostra, data e hora de coleta, analitos de interesse e temperatura de chegada ao laboratório.

5.6.4 - Laudos analíticos

Foram obedecidos todos os requisitos estabelecidos pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17025, como por exemplo, a identificação do projeto, o nome e endereço da área de interesse, a identificação da amostra, a matriz e a unidade de medida coerente com a matriz. Os resultados de matriz sólida foram expressos em base seca, incluindo a porcentagem de sólidos e limite de quantificação compatível com o método.

As informações sobre os controles de qualidade laboratoriais foram apresentados nos próprios laudos. Além disso, as amostras foram analisadas dentro do prazo de validade específico para cada parâmetro de interesse.

5.6.5 - Sistema de gestão de dados do MP5

O processo de gestão de dados implementado como parte dos procedimentos de QA/QC, se deu através no sistema Monitor Pro 5 (MP5) contratado pela Fundação Renova.

Os dados reportados pelos laboratórios no arquivo PDF, foram digitalizados sem interferência humana para arquivos no formato CSV. Assim, um processo de revisão manual fez parte do fluxo de trabalho de dados atual. Essa etapa verificou se todos os resultados foram entregues nos dois formatos disponibilizados pelo laboratório (PDF e CSV). De posse do arquivo CSV emitido pelos laboratórios, estes foram carregados no sistema, submetido a revisões manuais, validado, qualificado, armazenado, e então relacionado ao laudo em PDF. Estas quatro últimas etapas são todas feitas de modo totalmente automático pelo sistema. O acesso direto à base de dados do sistema MP5 foi liberado por meio de uma View, para consultas/aquisições dos dados de interesse dos órgãos ambientais governamentais. Foi disponibilizado aos órgãos, individualmente, um login por instituição para acesso ao módulo DESKTOP do MP5 onde é possível a visualização de resultados no mapa, geração de gráficos e exportação de dados para EXCEL (xls) ou TEXTO (csv);

Para as estações automáticas, foi disponibilizado aos órgãos e autoridades um supervisório WEB onde foi possível visualizar em tempo real as medições das estações, alarmes de integridade dos equipamentos, visualizar gráficos e exportar dados. Entretanto, como os dados são em tempo real, eles não são dados validados, pois esta validação ocorre apenas no MP5, quando a partir da posse dos resultados de calibrações feitas pelas equipes de manutenção de campo, os dados medidos das sondas e sensores são marcados como APROVADOS ou NÃO APROVADOS. Em caso de não aprovação, os dados não foram carregados no MP5 por NÃO serem dados VÁLIDOS.

5.6.6 - Validação e qualificação dos dados

Os dados, antes de serem carregados no MP5, passaram por uma verificação manual de integridade e qualificação de resultados. Os laudos recebidos foram conferidos por uma equipe de profissionais treinados, capacitados para a identificação de inconsistências evidentes. Identificadas as inconsistências, as mesmas foram notificadas aos laboratórios emissores dos respectivos laudos, que foram responsáveis pela correção e emissão de novos laudos revisados. Esta atividade foi realizada por uma equipe de triagem de laudos e gestão do banco de dados, que atuou de forma integrada.

Adicionalmente, o MP5 foi previamente configurado para executar um pequeno conjunto de verificações básicas de dados, impedindo que dados inválidos sejam carregados, por exemplo, dados fora das faixas usualmente esperadas para cada parâmetro. Além disso, procedeu-se uma análise crítica manual sobre os dados entregues pelos laboratórios. Nesta análise manual, foram realizadas marcações nos dados com um qualificador que indicou eventos pertinentes de serem reportados como, por exemplo, contaminação da amostra no laboratório. Essas verificações manuais de dados foram realizadas antes que este fosse importado para o MP5, de modo que no sistema estejam apenas resultados aprovados ou marcados com as suas devidas observações no software.

Qualificadores de dados foram aplicados através de *scripts* pré-programados, desenvolvidos pelo fornecedor de software do MP5 (EHSDData) e armazenados em um dos campos personalizados do software. Este campo personalizado foi denominado "*Custom Data Qualifier*". Quando mais de um qualificador for aplicado a um registro de dados, os mesmos foram separados por um caractere (*()*). Estes qualificadores trouxeram informações relevantes do resultado ou da amostra.

Após importação com êxito dos dados para o MP5 e antes da utilização dos dados neste relatório para confecção dos gráficos e discussão dos resultados, foram aplicados validadores e qualificadores, conforme determinado pela NT n° 16, emitida pelo GTA-PMQQS.

Os validadores são utilizados para identificar eventuais dados inválidos, de forma a garantir a integridade do banco de dados. Assim, quando um validador é aplicado e o dado considerado inválido, os laudos devem ser confrontados e, de acordo com o resultado, é procedida sua remoção ou correção no banco de dados. Havendo tempo hábil, a repetição da análise deverá ser solicitada ao laboratório contratado e o processo de validação reiniciado.

O **Quadro 5-7** apresenta os validadores que foram aplicados aos dados do PMQQVAI e a medida tomada em caso de dado considerado inválido. Esses validadores estão de acordo com a referida nota técnica, excluindo-se apenas o validador 8, referente a ensaios ecotoxicológicos, porque não se aplica ao âmbito do PMQQVAI.

Quadro 5-7 - Validadores aplicados ao Banco de Dados, conforme NT n° 16 – GTA-PMQQS.

Validador/Equação	Ambiente e/ou compartimento aplicado	Ação em caso de dado inválido
V1) Limite de quantificação $\leq$ [Parâmetro dissolvido] $\leq 1,2 \times$ [Parâmetro total]	Todos os ambientes (águas interiores, estuários, zona costeira) e compartimentos (água, sedimentos)	Descartar os dados inválidos de concentração do parâmetro dissolvido e do parâmetro total
V2) $ \text{pH}_{\text{campo}} - \text{pH}_{\text{lab}} \leq 1$	Todos os ambientes e compartimentos	Descartar o dado inválido de pH_{lab}
V3) $0,85 \leq (\text{CE}_{\text{campo}}/\text{CE}_{\text{lab}}) \leq 1,15$	Todos os ambientes e compartimentos	Descartar o dados inválido de CE_{lab}
V4) $0,92 \leq (\text{Sólidos totais}/\text{SST} + \text{SDT}) \leq 1,12$	Todos os ambientes e compartimentos	Descartar dados de Sólidos dissolvidos totais
V5) $0 \leq \text{pH} \leq 14$	Todos os ambientes e compartimentos	Descartar o dado inválido de pH
V6) [Oxigênio Dissolvido] $\leq 15 \text{ mg.L}^{-1}$	Todos os ambientes aquáticos	Descartar o dado inválido de oxigênio dissolvido
V7) Temperatura da água $\leq 35^{\circ}\text{C}$	Todos os ambientes aquáticos	Descartar o dado inválido de temperatura da água

6 - RESULTADOS

Os resultados obtidos para as amostragens de água, sedimentos e biota aquática do período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018 estão disponíveis em planilhas no **Anexo 6.1-1**.

6.1 - Programa de garantia e controle de qualidade (QA/QC)

O programa de Garantia e Controle da Qualidade (QA/QC) está descrito no Anexo A do Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimento (PMQQS) e neste relatório foi adotado para o período de outubro/2017 a janeiro/2018 do Anexo D, referente ao Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo das Águas do Rio Doce e seus Tributários em Função das Intervenções. A seguir, estão analisadas a consistência dos dados e as respectivas referências, tais como os laudos de análise, cadeias de custódia e fichas de campo, relatórios fotográficos, certificados de acreditação, ensaios interlaboratoriais e outros são apresentados em anexo, conforme descrições em cada tópico.

6.1.1 - Garantia de qualidade (QA)

6.1.1.1 - Acreditação dos laboratórios contratados e subcontratados pela NBR ISO-17025

Os certificados de acreditação na ABNT NBR ISO 17025/2015 junto ao INMETRO dos laboratórios contratados e subcontratados estão disponíveis para visualização no **Anexo 6.1-2**. As razões sociais de cada laboratório e sua referida acreditação estão resumidas no **Quadro 6.1-1** e todas estão ativas no INMETRO. Nenhum parâmetro foi realizado em laboratório sem acreditação.

Quadro 6.1-1 – Laboratórios contratados ou subcontratados para as análises das amostras coletadas, com os respectivos certificados de acreditação.

RAZÃO SOCIAL	NOME DO LABORATÓRIO	NÚMERO ACREDITAÇÃO INMETRO	DATA DA ACREDITAÇÃO	ÚLTIMA REVISÃO DO ESCOPO	PARÂMETROS ACREDITADOS
Bioagri Ambiental Ltda.	Bioagri Ambiental Ltda. – Filial Belo Horizonte	CRL-0531	14/02/2012	23/02/2018	Químicos, físicos e coliformes (água). Amostragem em rios, lagos, represas poços, etc. (água)
Bioagri Ambiental Ltda.	Bioagri Ambiental Ltda – Filial São Paulo	CRL-0677	03/02/2014	2/10/2017	Fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos. Limnológicos básicos. Amostragem (água e sedimentos)
Bioagri Ambiental Ltda.	Bioagri Ambiental Ltda.- Matriz	CRL-0172	20/04/2004	15/12/2017	Químicos, incluindo metais, varredura de íons, orgânicos (água e sedimento)
TASQA Serviços Analíticos Ltda.	TASQA Serviços Analíticos Ltda. 0 Laboratório Ambiental	CRL-0165	27/02/2004	29/06/2018	Químicos, incluindo metais, varredura de íons, dureza, alcalinidade, fenóis, série de fósforo, série de sólidos, clorofila e feofitina, outros (água e sedimento)
Corplab Serviços Analíticos e Ambientais Ltda.	Corplab Serviços Analíticos e Ambientais Ltda.	CRL-0222	01/09/2006	06/04/2018	Varredura de íons, metais, dureza, alcalinidade, fenóis, série de fósforo, série de sólidos, clorofila e feofitina, outros (água e sedimento)

A Labmar Meio Ambiente, que faz as análises de vazão (descarga líquida), não possui acreditação pelo INMETRO. Estas análises não são rotineiras e por isso existe dificuldade em serem encontradas com a respectiva acreditação pelo INMETRO. Este laboratório é certificado pela Fundação Vanzonili, através do certificado SQ-17015 e foi subcontratado pela Bioagri para estas análises.

6.1.1.2 - Capacitação técnica da equipe responsável

A identificação dos envolvidos nos trabalhos de campo e escritório das campanhas amostrais, realizadas no período de agosto/2017 a janeiro/2018 é apresentada no **Anexo 6.1-3**. Entre os documentos apresentados estão os currículos dos técnicos que participam das amostragens e a planilha contendo toda a equipe de campo e de laboratório, além da documentação base conforme solicita a legislação nacional (PCMSO/PPRA), referente ao contrato do laboratório Bioagri/Merieux NutriScience e a Fundação Renova.

6.1.1.3 - Procedimentos de amostragem e equipamentos de campo e laboratoriais

Os procedimentos de amostragem e análise adotados estão em conformidade com as normas técnicas de referência para coleta de amostras de água e sedimento, bem como os métodos de análise utilizados para cada parâmetro. O procedimento operacional de segurança para amostragem de água superficial está no **Anexo 6.1-4** e nele é possível acompanhar como as coletas foram baseadas, incluindo as responsabilidades, os equipamentos de uso obrigatório e todos os detalhamentos de segurança nas amostragens. Também pode ser visualizado um modelo do plano de amostragem, com as recomendações para as coletas, bem como a listagem dos materiais e soluções indispensáveis para que a amostragem aconteça.

Uma vez que os laboratórios contratados para as amostragens de campo e procedimentos analíticos são acreditados, o controle dos materiais de referência e da calibração dos equipamentos de campo podem ser definidos internamente por cada laboratório, conforme NIT DICLA 057, 2017, assim como os materiais de referência.

Os registros de calibração dos equipamentos em campanhas amostrais estão apresentados no **Anexo 6.1-5**. Nos arquivos cujo tema é “Livro de registros”, encontram-se as verificações feitas em campo (sonda), no ato da amostragem. Nos demais arquivos estão os certificados de calibração recentes realizados por laboratórios de metrologia. As fichas de informações de segurança dos produtos químicos (FISPQ) relativas aos preservantes utilizados nas coletas podem ser visualizadas no **Anexo 6.1-6**.

Os registros de controle analítico, as réplicas e os certificados dos padrões, documentos que garantem o acompanhamento da qualidade praticada pelo laboratório encontram-se no **Anexo 6.1-7**.

6.1.1.4 - Equipamentos de medição automático

As 4 estações de monitoramento automático localizadas em tributários e no dique S4 visam medição de nível, precipitação, pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar. Outras 4 estações automáticas relativas ao acompanhamento das intervenções, estão localizadas nos rios principais em pontos coincidentes do PMQQS e as informações sobre seu funcionamento podem ser obtidas no referido documento.

Na estação automática RCA 01 não foram registrados os dados de turbidez no período de 4/12/2017 e 28/12/2017. Durante esse período o turbidímetro que fazia a medição dos dados foi perdido por causa das fortes chuvas, que aumentaram a vazão do rio, rompendo a estrutura e carregando o sensor da sonda.

6.1.2 - Garantia de qualidade (QA)

6.1.2.1 - Registros de campo

Alguns dos registros fotográficos podem ser visualizados no **Anexo 6.1-8** e pelas fotos é possível identificar o uso dos equipamentos de proteção e segurança obrigatórios utilizados pela equipe de coleta. As fotos foram selecionadas em pontos ao acaso, de modo que seja possível ter conclusões acerca de como foi realizado o trabalho de coleta de água e sedimentos, incluindo a biota. É possível observar o acondicionamento do material em frascos identificados e registrados com código de barras, a fim de se rastrear a amostra desde a coleta até a geração do laudo analítico. As fotos nas quais o título do arquivo contém IBAMA são referentes as imagens das várias formas de intervenções realizadas, cujos registros foram feitos por este órgão ambiental.

6.1.2.2 - Limites de quantificação dos métodos

Os limites de quantificação dos métodos utilizados não foram alterados ao longo do trabalho a que este relatório se refere, sendo todos eles iguais ou menores que os limites preconizados pela legislação vigente.

6.1.2.3 - Análise interlaboratorial

A fim de avaliar o desempenho dos laboratórios analíticos, as análises interlaboratoriais foram realizadas e os certificados estão no **Anexo 6.1-9**. Os laboratórios contratados participaram de ensaios de proficiência recentemente, com resultados satisfatórios. A participação dos laboratórios contratados e subcontratados em ensaios de proficiência deve ser mantida por ser considerada uma ferramenta importante para a gestão do desempenho dos laboratórios frente a seus processos analíticos.

6.1.2.4 - Cadeias de custódia e fichas de coleta

As fichas de campo e as cadeias de custódia podem ser visualizadas no **Anexo 6.1-10**. Para a maioria dos pontos amostrais, apresentou-se a ficha de campo, visto que a cadeia de custódia se faz necessária quando o laboratório contratado para a análise é diferente do laboratório que faz as coletas. A empresa Merieux/Bioagri, faz a maioria das análises e todas as coletas, portanto, as informações da ficha de campo bastam para orientar e rastrear o material de interesse para análise.

Nas fichas de campo observam-se detalhes do momento da coleta e do ponto amostral, incluindo informações de pontos secos, para aqueles locais onde a coleta não foi possível devido a não existência de corpo hídrico naquele ponto, ou de impossibilidade de acesso, devido a riscos de segurança. Destaca-se que todas as fichas de campo possuem código da amostra e código de barras, a fim de rastrear a amostra desde sua coleta até o término dos procedimentos analíticos.

Vale ressaltar que as amostras foram transportadas em tempo hábil de serem realizadas as respectivas análises. O tempo em trânsito foi adequado, da mesma forma que a temperatura de transporte foi adequada, chegando ao laboratório com registros de $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

6.1.2.5 - Laudos analíticos

Os laudos analíticos referentes às análises bióticas e abióticas encontram-se no sharepoint da Fundação Renova. Além dos resultados das amostragens, alguns pontos não foram possíveis de serem coletados, seja por impossibilidade de acesso ou por estar seco no momento da coleta. Ainda assim, os laudos foram gerados, mesmo sem os resultados e alguns deles contém a foto do local, podendo ser acompanhados no também no sharepoint da Fundação Renova. Nos laudos em que foram detectados algum erro (no geral, erros de digitação) a Fundação Renova foi informada e os laboratórios contratados prontamente corrigiram e substituíram os respectivos laudos.

6.1.2.6 - Brancos e duplicatas (campo e laboratório)

Os brancos de equipamento foram registrados nas fichas e enviados aos laboratórios de análise com a identificação do ponto amostral. A maioria dos resultados gerados ficou abaixo dos limites de quantificação dos métodos, indicando assim uma boa higienização dos equipamentos e garantindo a qualidade dos resultados dos brancos. As exceções ocorreram, em especial, na série de sólidos, na qual em um grupo de 249 amostras para cada parâmetro, 30 foram quantificadas para sólidos dissolvidos totais, 7 para sólidos suspensos totais, 32 para sólidos totais (**Anexo 6.1-1**).

As duplicatas de campo foram realizadas e registradas nas fichas de campo. As amostras foram enviadas aos laboratórios e submetidas à análise das mesmas substâncias de interesse, sem rotulação como duplicata. Os resultados foram registrados em um banco de dados separado e posteriormente foi possível se verificar a conformidade entre o dado original e sua respectiva duplicata. Os cálculos para avaliação de consistência entre duplicatas e amostras foram feitos utilizando a diferença de percentual relativa (RPD) e resultados com até 20% de diferença são considerados aceitáveis.

As diferenças entre as duplicatas foram grandes, especialmente para a série de sólidos e, para fins de análise de dados deste relatório, foram utilizados apenas os dados das amostras, desconsiderando as duplicatas. Os resultados da RPD entre amostras e duplicatas que ultrapassaram os 20% foram: Sólidos dissolvidos totais – 56,38%; Sólidos suspensos totais – 66,67%; Sólidos totais – 51,06% e Turbidez – 27,37%. Esses resultados podem ser acompanhados através da planilha “Duplicatas”, constante do **Anexo 6.1-1**.

Os parâmetros da série de sólidos e de turbidez podem ter sofrido influência de ressuspensões de sedimento e poeira oriunda do intenso tráfego de veículos e máquinas pesadas nas áreas impactadas durante e após as intervenções.

6.1.3 - Conformidade e consistência dos dados

A Nota Técnica nº 16, emitida em outubro de 2018 pelo Grupo Técnico de Acompanhamento do PMQQS – GTA PMQQS aponta as diretrizes para validação e qualificação dos dados resultantes do monitoramento. Assim, os dados constantes no banco de dados gerado pelo programa MP5, ainda que passem por uma verificação manual ou automática de integridade dos resultados, ainda não tem os validadores aplicados, de modo que após a extração dos dados foi necessária a aplicação manual das equações. Todas as planilhas contendo os cálculos dos validadores e dos qualificadores estão no **Anexo 6.1-11**. Um resumo dos resultados de avaliação da qualidade dos dados relacionados aos validadores aplicados pode ser visualizado no **Quadro 6.1-2** e ressalta-se que os dados não validados foram retirados do Banco de Dados (**Anexo 6.1-1**).

Quadro 6.1-2 - Avaliação resumida das inconformidades encontradas no banco de dados para amostras de água

VALIDADOR	QUANTIDADE DE AMOSTRAS	DADOS NÃO VALIDADOS	% DADOS NÃO VALIDADOS
V1) Limite de quantificação $\leq$ [Parâmetro dissolvido] $\leq 1,2 \times$ [Parâmetro total]	114 de cada parâmetro	0	0
V2) $ \text{pH}_{\text{campo}} - \text{pH}_{\text{lab}} \leq 1$	223	17	7,62
V3) $0,85 \leq (\text{CE}_{\text{campo}}/\text{CE}_{\text{lab}}) \leq 1,15$	221	41	18,55
V4) $0,92 \leq (\text{Sólidos totais}/\text{SST} + \text{SDT}) \leq 1,12$	2.346	27	1,15
V5) $0 \leq \text{pH} \leq 14$	223	0	0
V6) $[\text{OD}] \leq 15 \text{ mg.L}^{-1}$	109	0	0
V7) Temperatura da água $\leq 35^{\circ}\text{C}$	114	0	0

O validador 8, que diz respeito a ensaios ecotoxicológicos, não se aplica a este plano de monitoramento. Os dados de pH, oxigênio dissolvido e temperatura da água não tiveram nenhum valor retirado do banco de dados, porque todas as amostras estiveram dentro dos valores estabelecidos pelos validadores 5, 6 e 7.

Os parâmetros alumínio, ferro e manganês apresentaram limites de quantificação diferentes entre a fração dissolvida e total. Para a aplicação do validador 1 o cálculo foi realizado considerando apenas o LQ da fração dissolvida, conforme entendimento da equação indicada na NT nº 16 GTA-PMQQS.

Para todos os resultados não validados foi realizada uma busca em cada laudo analítico, de modo a confirmar se os valores indicados no laudo conferem com os do banco de dados (BD). Nessa busca, 2 resultados de sólidos totais estavam diferentes, sendo eles os da amostra 30335-2018 (Ponte Nova – Rio do Carmo – RC-01) e 30299-2018 (Rio Doce – Rio Doce – RD-01), ambos em 31/01/2018. Após correção desses dados no BD, a validação do resultado foi confirmada.

Dos qualificadores propostos pela Nota Técnica 16, apenas o qualificador 2 e o 3 são aplicáveis aos parâmetros avaliados no plano de monitoramento das intervenções. Para ambos, nenhum valor foi avaliado fora do padrão proposto. Ressalta-se que todas as equações utilizadas para qualificar os dados foram medidas após a aplicação dos validadores.

O qualificador 1, que compara os dados gerados com a série histórica, não é aplicável porque os pontos monitorados não são coincidentes aos monitorados pelo IGAM. Para avaliação do qualificador 4, que diz respeito ao balanço iônico, o plano não contempla os íons obrigatórios requeridos para a análise e, portanto, não se aplica.

Alguns resultados de oxigênio dissolvido apresentaram erros de medição e, portanto, os resultados dos pontos RGN 01 (10/01/2018), RG-01 (12/01/2018), RG-02 (09/01/2018), RG-13 (12/12/2017) e TG-11M (03/01/2018), foram excluídos do banco de dados em virtude de prováveis erros de leitura pela sonda, conforme explicado em ofício no **Anexo 6.1-12**. Para os laudos 27405/2018 (TG-13M – 29/01/2018), 373038/2017 (RG-11 – 14/12/2017) e 333926 (RG-12 – 10/11/2017), a medição de oxigênio dissolvido foi realizada corretamente, de acordo com fichas de campo, mas houve um erro de digitação nos laudos analíticos. Após verificação de tais erros, os laudos foram prontamente corrigidos, da mesma forma que o banco de dados. No mesmo anexo, outros ofícios expõem problemas ocorridos em amostragens, cujos dados foram corrigidos, como por exemplo, a ausência de resultados de condutividade no ponto RD-02, em 19/01/2018, por problemas na sonda de medição.

6.1.4 - Considerações e sugestões

O monitoramento da maioria dos pontos definidos no plano iniciou após o término das obras das intervenções e isso impossibilitou a avaliação da qualidade da água no momento anterior e do período durante as obras. Nos pontos RGN 08, RC 01, RG 06, RD 01, RD 02 e RD 03 as obras ainda estavam ocorrendo durante o monitoramento. Assim, a discussão dos resultados torna-se prejudicada em função de não ter o comparativo dos resultados gerados antes, durante e após as

intervenções. Em algumas áreas, as obras iniciaram em janeiro/2017, foram concluídas em julho/2017, mas o início do monitoramento teve início em outubro/2017. Somente o monitoramento do ponto RD 03 continua com a frequência quinzenal, pois ele está localizado a jusante da UHE Risoleta Neves e as obras em Fazenda Floresta para retomada da dragagem na usina estão em andamento. Nos demais pontos as obras já foram finalizadas, portanto o monitoramento é mensal.

Durante as intervenções, alguns dados podem ter sofrido aumento de valores, como a condutividade, por exemplo. Durante as obras de intervenções havia trânsito de veículos e máquinas pesadas nas áreas, movimentação nas margens dos rios e tributários e a própria atividade de intervenção poderia provocar a ressuspensão de sedimentos. Isso pode ter contribuído para o aumento de turbidez, condutividade e série de sólidos na água.

Os modelos de curva chave de sedimentos e curva chave de vazão por ponto não serão gerados neste relatório trimestral devido ao baixo “n” amostral dos dados de SST e de vazão, este mais limitante por ter menos medidas. Os modelos plotados não seriam representativos, tendo baixa acurácia e precisão. No entanto, esses dados são apresentados separadamente no banco de dados.

Em relação ao tratamento dos dados da comunidade de macroinvertebrados bentônicos destacamos a importância de se informar a área do amostrador utilizado não apenas em planilha excel, mas também nos laudos e no banco de dados. O tipo de amostrador utilizado (draga ou surber) bem como a área do amostrador (0,0682 e 0,09 m²) são informações fundamentais para o cálculo da densidade.

Através das fichas de campo, muitas vezes no campo de observações foi descrito o “uso de draga e surber na coleta” (p. ex. ficha de campo RD 01, 19/212/2017). Como não é possível utilizar dois amostradores para uma mesma réplica, o laboratório responsável foi questionado quanto ao procedimento. O mesmo relatou que o surber foi utilizado somente como apoio para lavagem dos organismos em campo, visto que possui a mesma micragem da malha da rede de lavagem (250 micrômetros).

A fim de evitar dúvidas no entendimento de qual amostrador, de fato, foi utilizado na obtenção das amostras e, portanto, qual área deverá ser considerada para cálculos de densidade de organismos, sugeriu-se que o laboratório use a rede e não o surber para lavagem do material coletado.

Ainda nas fichas de campo, foi observado o uso de um terceiro tipo de amostrador (Rede em D, p. ex. ponto RGN 06 em 31/10/2017). Como o uso deste amostrador não está previsto no plano de monitoramento das intervenções, o procedimento foi imediatamente readequado com o uso de surber ou draga nas campanhas seguintes.

Na ficha de campo de 24/11/2017, no ponto RGN 08-I, é descrita a amostragem da comunidade de macroinvertebrados bentônicos como “usado surber, atividade embarcada” para três réplicas. No entanto, não é possível utilizar o amostrador surber de dentro do barco, conforme descrito. De acordo com o laboratório, o erro foi na ficha de campo, sendo que as amostras foram de fato coletadas corretamente com draga.

As amostragens no ponto RGN 08 foram variadas em relação ao uso do amostrador: 20 réplicas com surber em 31/10/2017, 09/11/2017 e 20/12/2017 e 3 réplicas utilizando draga em 24/11/2017, e 09/01/2018. Esta mudança em relação a amostragem dificulta avaliação de padrões temporais, porém esteve de acordo com o procedimento do Anexo C do PMQQS, tendo em vista que nos períodos de fortes chuvas ocorridas naquela região, e consequente elevação do nível do rio, a coleta com surber ficou impossibilitada. Já no que diz respeito a padronização do esforço amostral, a Fundação Renova protocolou um ofício solicitando a alteração de metodologia de coleta de macroinvertebrados bentônicos para o Anexo C do PMQQS e a Nota Técnica nº07 do GTA-PMQQS concordou com a alteração da metodologia considerando 9 (nove) réplicas em cada ponto amostral. Esta alteração de metodologia está sendo aplicável também ao plano de monitoramento das intervenções e foi ajustada a partir do início de agosto de 2018. A utilização de surber ou draga vai depender das condições e do período no ambiente amostrado.

Portanto, sugere-se que para as próximas amostragens a informação da área e do tipo de amostrador utilizado venha nos laudos fornecidos pelo laboratório responsável pelo processamento das amostras da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e não apenas no item observação de fichas de campo. Por fim, o uso de uma rede própria para lavagem também pode reduzir interpretações quanto a forma de amostragem.

É importante destacar uma consideração que pode ter provocado alterações nos resultados gerados. De acordo com relatórios de acompanhamento das intervenções pelos órgãos ambientais e pela Fundação Renova (FEAM *et al.*, 2018-Operação Watu-Fase V, RENOVA, 2018-Cláusula 160 e IBAMA, 2018-Operação Áugias), em alguns pontos onde ocorreram obras de intervenção foram encontrados garimpos clandestinos. Esta constatação pode ter contribuído para o incremento de metais na coluna d'água, bem como de sólidos, condutividade e turbidez. Também foram encontrados locais onde a área fora cercada, arada e plantada e, ainda, com criação de gado, mesmo que em áreas de preservação permanente, o que pode ter provocado aumento de nutrientes, condutividade elétrica, sólidos e turbidez na água. Todas essas alterações ocorridas durante ou pós-intervenções podem provocar alterações em certos parâmetros de qualidade de água.

6.2 - Pontos Tipo 1

6.2.1 - Precipitação

Nesta seção serão apresentados os resultados de precipitação obtidos pelas estações automáticas do Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo das Águas do Rio Doce e seus Tributários em Função das Intervenções da Fundação Renova, no período de outubro/2017 a janeiro/2018. Foram definidos 8 (oito) pontos distribuídos nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, bem como seus tributários, situados na área entre a barragem de Fundão e o reservatório da barragem de Candonga (UHE Risoleta Neves). As medições foram feitas com frequência horária em 6 estações: RGN01 (rio Gualaxo do Norte – a montante da Área 3), TC 02BL (tributário TC02 – Área 15), TG 42AM (tributário TG42 – Área 7), TG 49M (tributário TG49 – Área 6), CS 01 (córrego Santarém – Área 3) e RD 03 (rio Doce – Jusante do Reservatório de Candonga). Medições com intervalos de trinta minutos foram realizadas na estação RCA 01 (rio do Carmo – a montante da área 14), e a cada quinze minutos na estação RPG 01 (rio Piranga – a montante da Área 27).

Nos pontos RD 03 (rio Doce - Jusante do Reservatório de Candonga) e RPG 01 (rio Piranga – a montante da Área 27) não foram instaladas estações automáticas. Isto porque, existem estações de monitoramento contínuo da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), que oferecem um banco de dados de níveis fluviais, vazão, pluviosidade, climatologia, entre outros parâmetros, bem próximas ao local que seriam instaladas as estações estabelecidas no programa. Portanto, os dados de pluviosidade, foram retirados da serie histórica do sistema Hidro-Telemetria, no qual as estações “UHE Risoleta Neves Jusante” e “Ponte Nova Jusante” do portal HidroWeb, foram utilizados para os pontos RD 03 (rio Doce - Jusante do Reservatório de Candonga) e RPG 01 (rio Piranga – a montante da Área 27), respectivamente.

Na representação gráfica é possível verificar períodos em que não ocorreu a transmissão de dados, principalmente no período chuvoso. Esses eventos de cheia na bacia do rio Doce resultaram em elevada vazão do rio, e por consequência, promoveram o arraste de grande volume de detritos, principalmente de vegetação e esses detritos atingiram as estruturas de algumas estações automáticas de monitoramento, provocando danos diversos, e em alguns casos interromperam a aquisição e transmissão de dados. Estes mesmos eventos também impediram o acesso da equipe técnica às estações, comprometendo a verificação e calibração dos equipamentos.

Todas as fichas descritivas das estações automáticas estão disponíveis no **Anexo 6.2.1-1**

Na **Figura 6.2.1-1** são apresentados os resultados das estações situadas no rio Gualaxo do Norte, bem como seus tributários e no córrego Santarém, com medições horárias. De maneira geral, o mês de novembro/2017 apresentou maiores valores de precipitação, com exceção da estação RGN 01 (rio Gualaxo do Norte – a montante da Área 3) que teve maiores valores em dezembro/2017. Os maiores valores de pluviosidade acumulada mensal para os pontos RGN 01 (rio Gualaxo do Norte – a montante da Área 3), CS 01 (córrego Santarém – Área 3), TG 42AM (tributário TG42 – Área 7), TG 49AM (tributário TG49 – Área 6) foram de 168,8 mm (dezembro/2017), 240,2 mm (novembro/2017), 251,3 mm (novembro/2017) e 180,6 mm (novembro/2017), respectivamente. Vale ressaltar que no dia 29/10/2017 registrou-se um pico de chuva com 33,2 mm acumulados em uma hora no ponto RGN 01(rio Gualaxo do Norte – a montante da Área 3).

Já no rio do Carmo, o ponto RCA 01 (montante da Área 14) apresentou maiores valores de precipitação no mês de janeiro/2018 (**Figura 6.2.1-2**), com valor de chuva acumulada mensal de 201 mm, embora no mês de novembro/2017 (157 mm) também tenha tido alta pluviosidade. Já o ponto TC 02BL (tributário TC02 – Área 15) teve os menores valores de precipitação registrados dentre todos os pontos monitorados nesse período, com maiores valores no mês de dezembro/2017, apresentando um acumulado mensal de 72,2 mm (**Figura 6.2.1-2**).

A estação RD 03 (rio Doce - jusante do Reservatório de Candonga) (**Figura 6.2.1-3**), apresentou maiores valores de precipitação acumulada nos meses de novembro/2017 (218,2 mm) e dezembro/2017 (231,1 mm). No ponto RPG 01 (rio Piranga - a montante da Área 27), registrou-se no mês de novembro/2017, 152,6 mm de acumulado de precipitação mensal (**Figura 6.2.1-3**).

Figura 6.2.1-1 - Valores de precipitação no rio Gualaxo do Norte, seus tributários e córrego Santarém, no período de outubro/2017 a janeiro/2018.

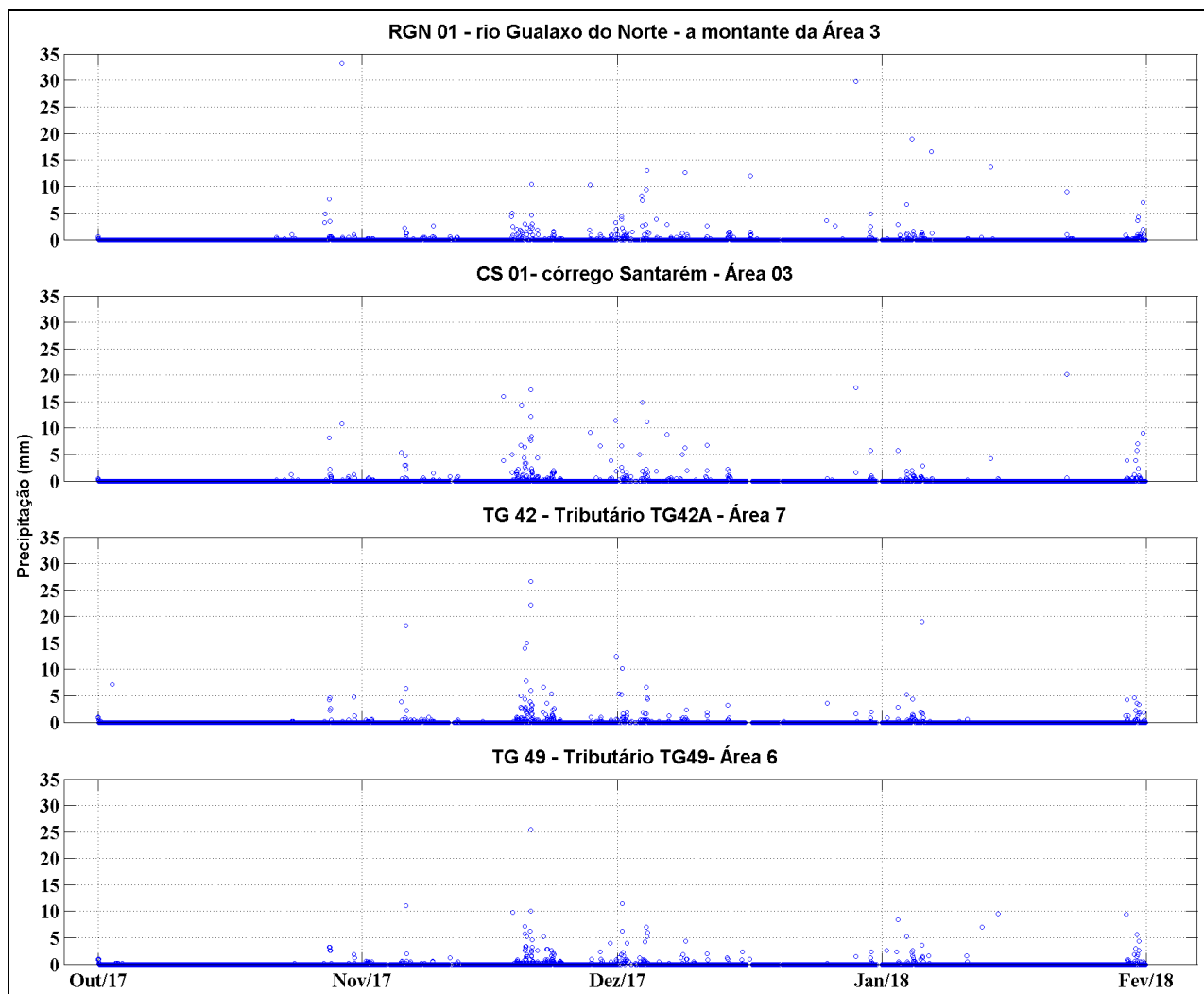
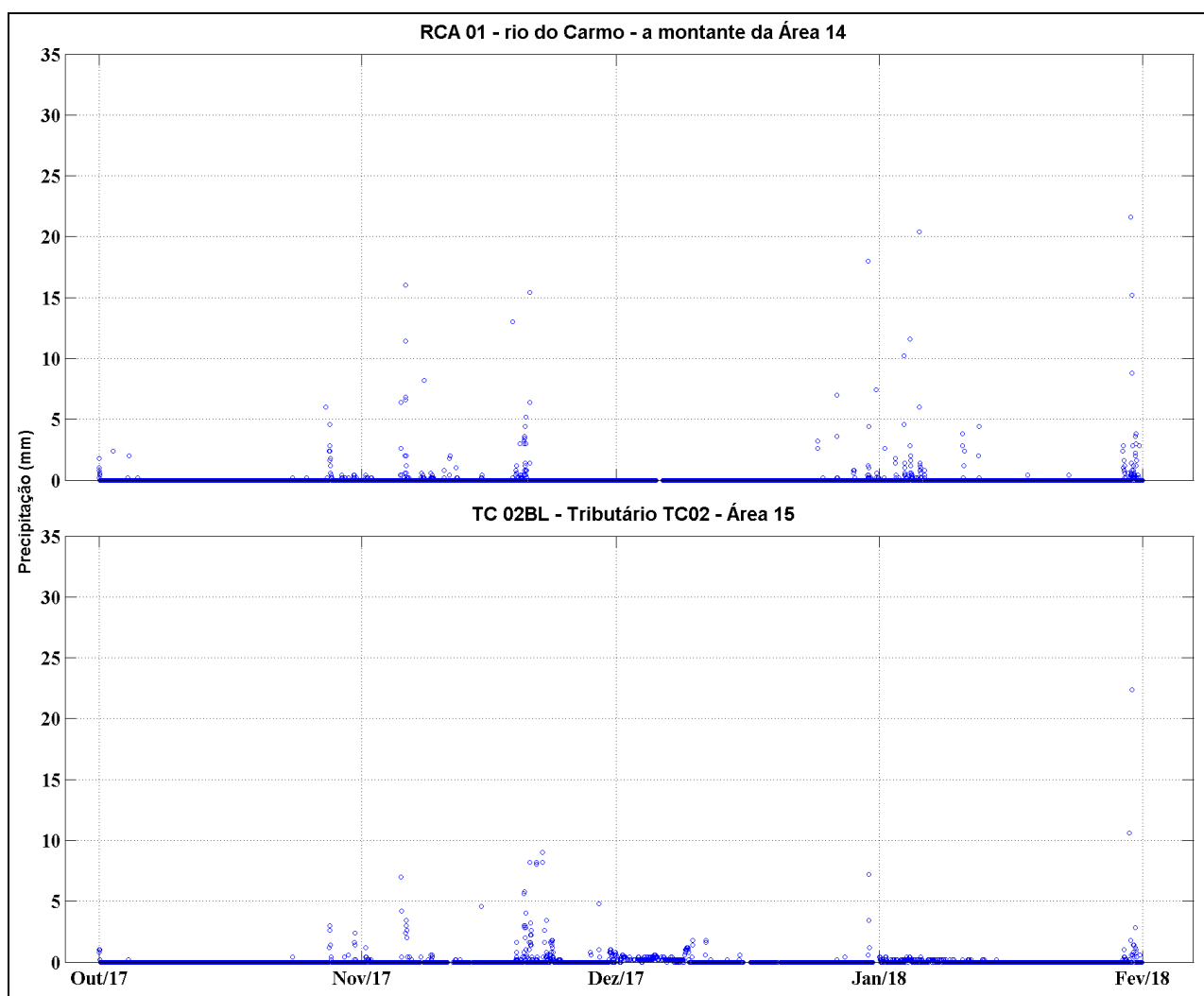


Figura 6.2.1-2 - Valores de precipitação no rio do Carmo e seus tributários, no período de outubro/2017 a janeiro/2018.

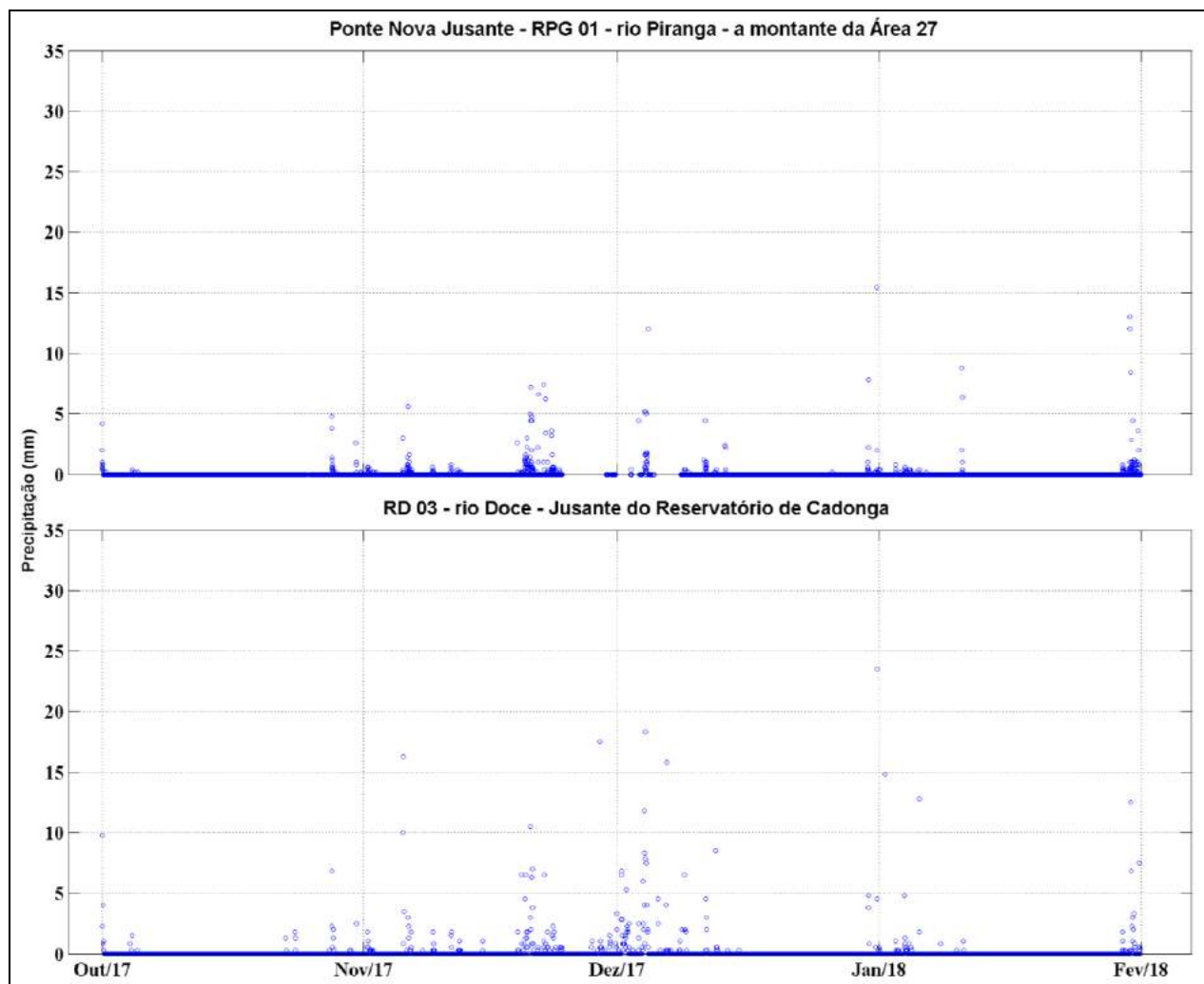


PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

Figura 6.2.1-3 - Valores de precipitação no rio Piranga e Doce, no período de outubro/2017 a janeiro/2018.



6.2.2 - Carga de Sólidos Suspensos Totais (SST)

Nessa seção são apresentados os resultados do monitoramento realizado nos Pontos Tipo I que foram definidos com o objetivo de determinar a carga de sólidos suspensos totais (SST) a partir do monitoramento da vazão e de SST em áreas não afetadas e afetadas pelos rejeitos da barragem de Fundão. Os resultados abrangem o período outubro/2017 a janeiro/2018 nas áreas do rio Gualaxo do Norte, rio do Carmo, rio Doce e tributários. O monitoramento tem uma malha amostral de 10 pontos de amostragem, sendo cinco em Mariana (Gualaxo Norte 01 - RGN 01, Córrego Santarém - CS-01, Rio Gualaxo do Norte - GES 04, Tributário TG14-A - ITG 14 e Tributário TG42A - TG-42A-M), dois em Barra Longa (Tributário TG49 - TG-49A-M e Tributário - TC-02BL), um em Acaiaca (Carmo 01 - RCA 01), um em Ponte Nova (Piranga 01 - RPG 01) e um em Rio Doce (Rio Doce - RD-03). Os pontos CS 01, GES 04 e RD 03 localizam-se em áreas afetadas. Os pontos RGN 01, RCA 01 e o RPG 01 estão localizados em trechos de rios à montante de áreas afetadas e tem como finalidade monitorar a carga de sedimento afluyente às áreas afetadas. Para uma análise mais completa do regime de transporte de sedimentos (i.e., transporte de carga de SST), o monitoramento do SST abrange também a contribuição das três maiores bacias afluentes do trecho atingido pelos rejeitos: os tributários TG14-A, TG-42A, TG-49 e TC-02BL.

6.2.2.1 - Aspectos Metodológicos

A sedimentometria abrange a quantificação de processos naturais como a erosão, deslocamento de partículas por enxurradas ou outros meios até o rio, transporte de sedimentos no curso d'água, deposição do sedimento na calha dos rios e reservatórios e a sua compactação (CARVALHO, 2008). Desastres como o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão afetam esses processos e podem causar diversas alterações. A deposição de rejeitos da barragem tem potencial para causar impactos iminentes na qualidade de água devido ao carreamento dos sedimentos depositados para o rio, principalmente, durante os períodos de chuva e de elevada vazão. Impactos relacionados com o transporte de sedimentos incluem prejuízos na qualidade da

água para consumo humano; o aumento da turbidez pode afetar a entrada de luz no corpo d'água, afetando assim a produção primária fitoplanctônica e do perifíton, efeito que pode se propagar para a teia trófica uma vez que algas podem ser importantes recursos alimentares basais em sistemas aquáticos; os sedimentos podem ser prejudiciais aos animais aquáticos como peixes e macroinvertebrados aquáticos, como os da ordem Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera, uma vez que podem se aderir as suas brânquias e prejudicar a respiração desses organismos.

O rompimento da barragem de Fundão alterou o regime de transporte de sedimentos dentro da área afetada, devido à erosão ao longo das margens do rio e à deposição de rejeitos na planície de inundação e calha do rio, os quais estão sujeitos à erosão fluvial e à erosão pluvial. O entendimento do regime de sedimentos nas bacias de contribuição fora da área afetada é essencial para descrever o novo regime de transporte e monitorar a sua evolução após o rompimento da barragem. A comparação entre o regime de transporte de sedimentos em rios fora da área afetada, que representam condições de referência, e o regime de transporte de sedimentos dentro das áreas afetadas podem ser utilizadas para se avaliar como os processos fluviais naturais foram afetados na área de estudo e ainda como os rios estão se ajustando e respondendo às novas condições.

A vazão ou a descarga líquida (Q) é a quantidade de água que passa numa seção transversal do rio em um determinado tempo. As medidas de descarga líquida diretamente em um dado instante são difíceis de se obter, pois as medições são demoradas e caras (CHEVALLIER, 2000). Portanto, geralmente, se estabelece uma relação entre o nível de água com a descarga líquida de pares de pontos medidos que permite a substituição das medições diretas desta por uma medição dos níveis da água ou cota. Essa relação é chamada de curva chave de vazão. As formas mais utilizadas para descrever esta relação são:

a) Função potência:

$$Q = a \cdot (h - h_0)^n$$

onde: h é o nível da água correspondente a descarga líquida Q , h_0 é o nível da água para o qual a vazão é nula, a e n são constantes para uma seção a serem estimados pelo modelo. Essa relação pode ser linearizada com a transformação logarítmica em ambos os lados da equação.

b) Função polinomial:

$$Q = a_0 + a_1 \cdot h + a_2 \cdot h^2 + \dots + a_n \cdot h^n$$

onde: $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ são as constantes do modelo. Os polinômios mais frequentes são os de primeiro grau (reta), segundo grau (parábola) e terceiro grau (cúbica) (JACCON & CUDO, 1989; CHEVALLIER, 2000).

A descarga de sólidos suspensos (Q_{SST}) é a quantidade de sedimentos transportada que passa em uma seção transversal do rio em uma unidade de tempo (CARVALHO *et al.*, 2000; CARVALHO, 2008). As partículas sólidas nos rios são mantidas em suspensão pela turbulência do escoamento e possuem uma velocidade de deslocamento longitudinal que se aproxima da velocidade da água. Devido às variações espaciais nas concentrações do sedimento em suspensão ao longo da seção transversal, o transporte de carga de sólidos em suspensão é melhor estimado por unidade de largura da seção transversal. Dessa forma, o transporte de carga de sólidos em suspensão por unidade de largura (Q_{SST}) pode ser obtido pela integração do produto da velocidade da água (U), pela concentração média de sólidos em suspensão (C) através da área elementar (dA) (BORDAS & SEMMELMANN, 2000; CARVALHO, 2008):

$$QSST = \int A C * U * dA$$

Cálculo simplificado do transporte de cargas de sólidos em suspensão pode ser obtido segundo a equação:

$$Q_{SST} = 0,0864 * Q * C_{SST}$$

onde: Q_{SST} é o transporte de cargas de sólidos em suspensão ou descarga de sólido em suspensão (t.dia⁻¹), Q é a vazão (m³.s⁻¹) e C_{SST} é a concentração média de sólidos suspensos totais (mg.L⁻¹).

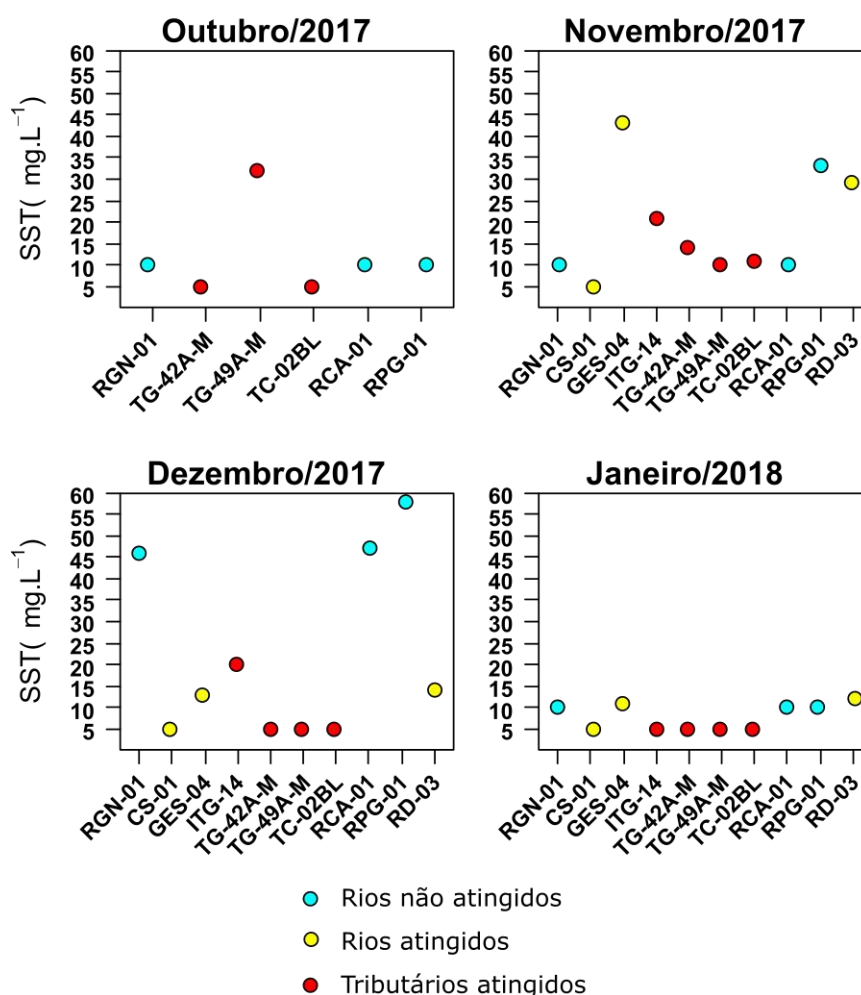
6.2.2.2 - Cálculo de transporte de carga de SST

Nos pontos de monitoramento Tipo I, foram estabelecidas medições de vazão concomitante com coleta de amostras para análise dos sólidos em suspensão com objetivo de calcular o transporte de carga de sólidos em suspensão. No presente monitoramento, utilizou-se a equação simplificada acima mencionada para estimar o transporte de carga de SST considerando amostragem de SST pontual.

A concentração de SST variou de <5 a 58 mg.L⁻¹, as maiores concentrações foram encontradas nos pontos que não foram atingidos pelos rejeitos da barragem de Fundão RGN-01, RCA-01 e RPG-01 em dezembro/2017 e no ponto atingido GES-04 em novembro/2017 (**Figura 6.2.2-1**). O ponto CS-01 apresentou concentrações de SST < 5 mg.L⁻¹ nas três campanhas que foi amostrado. Este ponto encontra-se no vertedor do dique S4 localizado a montante da confluência do córrego Santarém com o Gualaxo do Norte construído a jusante de Bento Rodrigues, com objetivo principal de evitar o carreamento dos sedimentos depositados na planície de Bento Rodrigues para o rio Gualaxo do Norte. O ponto RD-03, também atingido pelos rejeitos, apresentou concentrações que variaram de 12 a 29 mg.L⁻¹. Entre os pontos não atingidos pelos rejeitos, os pontos RGN-01 e RCA-01 apresentaram concentrações de SST < 10 mg.L⁻¹ nas campanhas de outubro/2017, novembro/2017 e janeiro/2018. Em dezembro/2017, o SST do ponto RGN-01 foi 46 mg.L⁻¹ e do

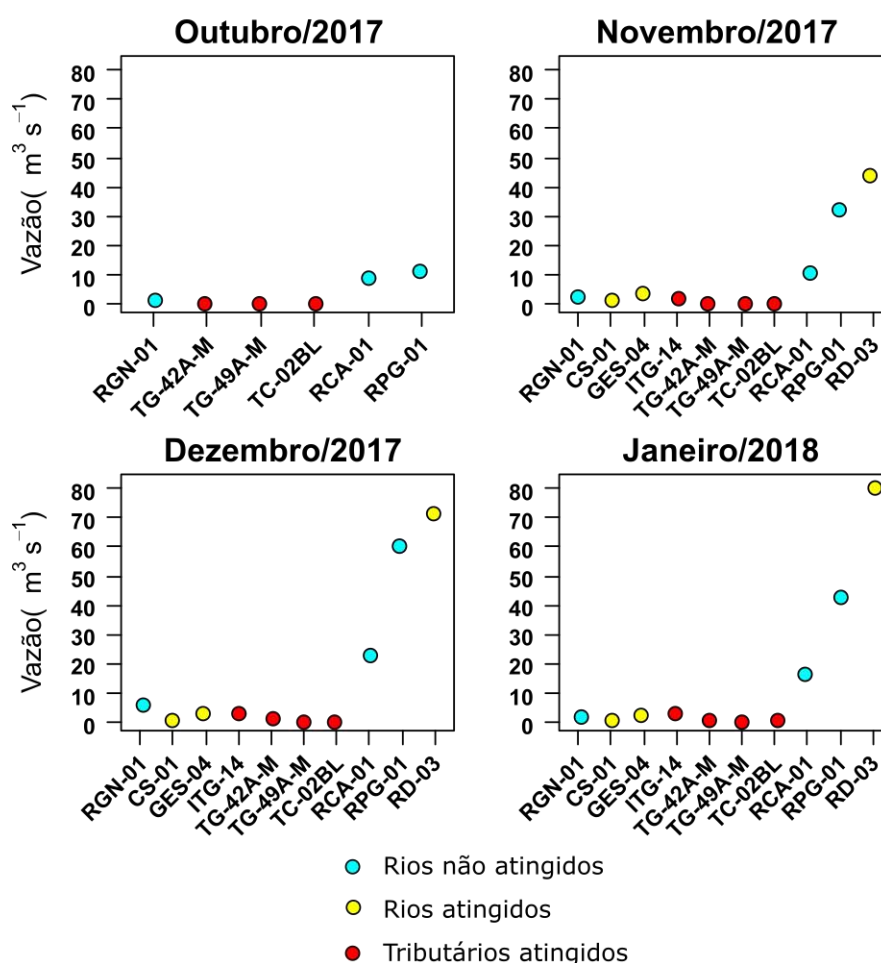
RCA-01 47 mg.L⁻¹. O ponto RPG-01, também não atingido pelos rejeitos, apresentou SST < 10 mg.L⁻¹ em outubro/2017 e em janeiro/2018. Em novembro/2017, o SST desse ponto foi 33 mg.L⁻¹ e em dezembro/2017, 58 mg.L⁻¹. Os tributários TC-02BL e o TG-42A-M tiveram baixas concentrações de SST, apresentando valores < 5 mg.L⁻¹ em outubro/2017, dezembro/2017 e janeiro/2018 (Figura 6.2.2-1).

Figura 6.2.2-1 – Sólidos suspensos totais entre outubro/2017 a janeiro/2018.



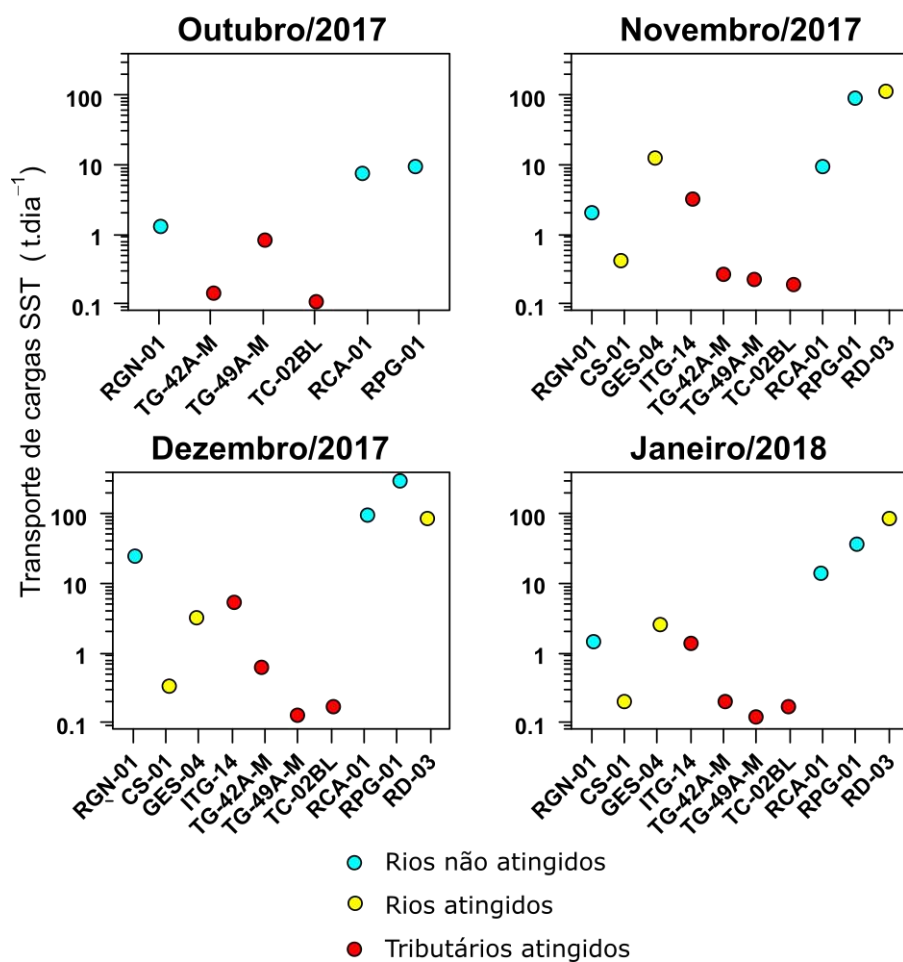
A vazão medida variou de 0,20 a 80,3 m³.s⁻¹. As vazões médias foram menores nos pontos CS-01, TG 42A-M, TG 49A-M, TC 02BL, maiores nos pontos RPG 01 e RD 03 e intermediária em RCA 01 (**Quadro 6.2.2-1**). A vazão no ponto do córrego Santarém (CS-01) e nos pontos dos tributários TG-42A-M, TG-49A-M e TC-02BL foram sempre menores do que 2,0 m³.s⁻¹. No ponto GES-04, a vazão medida variou de 2,6 a 3,4 m³.s⁻¹. A vazão medida no ponto RCA-01 variou de 8,9 m³.s⁻¹ (outubro/2017) a 23,0 m³.s⁻¹ (novembro/2017). O ponto RPG-01 variou de 10,9 m³.s⁻¹ (outubro/2017) a 60,0 m³.s⁻¹ (dezembro/2017). A vazão medida no ponto RD-03 variou de 44,2 m³.s⁻¹ (novembro/2017) a 80,4 m³.s⁻¹ (janeiro/2018) (**Figura 6.2.2-2**).

Figura 6.2.2-2 – Vazão entre outubro/2017 a janeiro/2018.



O transporte de carga de SST variou de 0,1 a 300,7 t.dia⁻¹. O ponto do córrego Santarém, CS-01, que se encontra no vertedor do dique S4, e os pontos dos tributários TG 42A-M, TG 49A-M e TC 02BL apresentaram menor transporte de cargas de SST durante o monitoramento. O transporte de cargas de SST desses pontos foram menores do que 0,82 t.dia⁻¹ (**Quadro 6.2.2-1**). Os baixos transportes de cargas de SST desses pontos estão associados às baixas concentrações de sólidos suspensos totais e às baixas vazões. Ressalta-se a importância do dique S4 no controle do carreamento dos sedimentos depositados na planície de Bento Rodrigues para o rio Gualaxo do Norte. O transporte de cargas de SST medidos no ponto GES-04, que foi atingido pelos rejeitos da barragem de Fundão, variou de 2,5 t.dia⁻¹ em janeiro/2018 a 12,8 t.dia⁻¹ em novembro/2017. No ponto RD-03, que também foi atingido pelos rejeitos, o transporte de cargas de SST atingiu o maior valor medido de 110,7 t.dia⁻¹ em novembro/2017, quando a vazão foi 44,2 m³.s⁻¹. Em contrapartida, nesse ponto, o transporte de cargas de SST atingiu o menor valor medido de 83,3 t.dia⁻¹ em janeiro/2018, quando a vazão foi 80,4 m³.s⁻¹. O transporte de cargas de SST no ponto RGN-01 variou de 1,3 t.dia⁻¹ em outubro/2017 a 24,5 t.dia⁻¹ em dezembro/2017. No ponto RCA-01, o transporte de cargas de SST atingiu o mínimo medido de 7,7 t.dia⁻¹ em outubro/2017, quando a vazão foi 8,9 m³.s⁻¹, e atingiu o máximo medido de 93,4 t.dia⁻¹ em dezembro/2017, quando a vazão chegou a 23,0 m³.s⁻¹. No ponto RPG-01, o transporte de cargas de SST medido atingiu o valor mínimo de 9,5 t.dia⁻¹ em outubro/2017, quando a vazão foi 10,1 m³.s⁻¹, e atingiu o máximo de 300,7 t.dia⁻¹ em dezembro/2017, quando a vazão chegou a 60,0 m³.s⁻¹ (**Quadro 6.2.2-1**). Os pontos RCA-01 e o RPG-01, que não foram atingidos pelos rejeitos da barragem de Fundão, podem ser importantes contribuintes de sedimentos para a calha do rio Doce, principalmente, nos períodos de maiores vazões. A soma do transporte de cargas desses dois pontos foi maior do que o transporte de carga de SST no ponto RD-03 na campanha de dezembro/2017, o que pode ser sugestivo de deposição de sedimentos no reservatório da Usina Hidrelétrica Risoleta Neves (Barragem Candonga) no período dessa amostragem. A influência do reservatório e barramento dessa UHE no transporte de sedimentos ficará melhor evidenciado com mais dados do monitoramento. Um sumário com estatística descritivas das medidas de vazão e do transporte de cargas de SST por ponto é mostrado **Quadro 6.2.2-1**.

Figura 6.2.2-3 – Transporte de cargas de SST entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixos x em escala logarítmica.



Quadro 6.2.2-1 – Valores de vazão e transporte de cargas de SST (descarga SST) medidos entre outubro/2017 e janeiro/2018, nos pontos monitorados.

	VAZÃO (m ³ .s ⁻¹)			DESCARGA SST (t.dia ⁻¹)		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
RGN 01*	2,94	1,48	6,17	7,34	1,28	24,52
CS 01	0,75	0,46	1,00	0,32	0,20	0,43
GES 04	2,96	2,63	3,45	6,15	2,50	12,80
TG 42A-M	0,62	0,23	1,48	0,31	0,20	0,64
TG 49A-M	0,28	0,26	0,31	0,32	0,12	0,82
RCA 01*	14,73	8,85	23,00	31,11	7,65	93,4
TC 02BL	0,31	0,20	0,40	0,16	0,11	0,19
RPG 01*	36,57	10,94	60,00	109,95	9,45	300,67
RD 03	65,21	44,19	80,36	93,34	83,32	110,73

Nota: * Pontos não atingidos pelos rejeitos da barragem.

A comparação das diferenças no transporte de cargas de sólidos suspensos entre pontos pode ser feita levando-se em consideração as medidas de vazão, através das curvas chaves de sedimentos. Essa abordagem permite avaliar as taxas de mudanças nos regimes de transporte de cargas de sólidos suspensos devido ao aumento da vazão em cada ponto. Pontos atingidos pelos rejeitos que se depositaram nas margens podem responder mais prontamente à erosão fluvial e à erosão pluvial principalmente nos períodos de chuvas comparados aos pontos não atingidos pelos rejeitos. Essa avaliação dos padrões das curvas chaves de sólidos suspensos será testada através da abordagem estatística de Análise de Covariância (ANCOVA), que permite incluir a variável vazão como variável contínua, covariada. Contudo, a ANCOVA também requer uma amplitude representativa de vazão por ponto, isto é, um gradiente adequado da covariada (UNDERWOOD, 1996; QUIMM & KEOUG, 2002; LOGAN, 2010) para a determinação mais acurada da relação entre a variável resposta e a covariada. Essas análises serão incluídas nos relatórios futuros, nos quais os efeitos das intervenções e recuperação poderão ser melhor avaliados.

6.2.2.3 - Cálculo da Curva Chave de Sedimentos

As descargas de sólidos suspensos são apresentadas graficamente em relação à vazão e a relação é chamada de curva chave de sedimentos. Esse procedimento permite a comparação das medidas das descargas sólidos relativas à vazão. A descarga de sólidos em suspensão, geralmente, é bem descrita pela função potência:

$$Q_{SST} = \alpha Q^{\beta}$$

onde: α e β são constantes para uma seção a serem estimadas pelo modelo, Q_{SST} e Q como definido anteriormente. Essa relação pode ser linearizada com a transformação logarítmica em ambos os lados da equação.

O traçado das curvas chaves de vazão segue um roteiro que pode ser resumido em: estabelecimento da seção transversal do rio, levantamento dos níveis ou cotas, medição da descarga líquida, análise crítica da calibração do modelo (JACCON & CUDO, 1989; CHEVALLIER, 2000). Tanto o traçado das curvas chaves de vazão quanto o traçado das curvas chaves de sedimento requerem medidas representativas para a interpolação dos pares cota-descarga líquida e descarga de sólidos suspensos-descarga líquida, respectivamente. Isso porque os traçados dessas curvas chaves requerem:

- a) Levantamento de dados por um período válido e representativo do ciclo hidrológico;
- b) Dados que apresentem uma faixa de amplitude em cotas mínimas e máximas representativa das oscilações dos níveis de água da seção monitorada;
- c) Número de pares de cota-descarga líquida (curva chave de vazão) e descarga de sólidos em suspensão-descarga líquida (curva chave de sedimentos) medidos suficientes para ajuste e calibração dos modelos.

Uma vez que o presente relatório contém dados de menos de quatro meses de monitoramento, os requerimentos mencionados acima para o traçado das curvas chaves ainda não são suficientes com esta base de dados. Observa-se que não é possível se ajustar um modelo à interpolação dos pares cota-descarga líquida (**Figura 6.2.2-4**) nem à interpolação dos pares descarga de sólidos suspensos-descarga líquida (**Figura 6.2.2-5**). A premissa de amplitude em cotas mínimas e máximas representativas de cada ponto ainda é insuficiente (**Quadro 6.2.2-1**), uma vez que o presente monitoramento abrange apenas um período de chuvas, outubro/2017 a janeiro/2018. Dessa forma, as curvas chaves serão traçadas no relatório anual quando haverá um ciclo hidrológico completo. Os ajustes dos modelos e testes dos modelos serão realizados no programa R (R CORE TEAM, 2018) através de ajuste de modelos não lineares nos quais as constantes das equações são estimadas por interação baseada no método dos mínimos quadrados ou no método da máxima verossimilhança (LOGAN, 2010). Obtendo-se modelos com bons ajustes, os dados do nível da água das estações automáticas serão utilizados nos modelos para se estimar tanto as descargas líquidas quanto o transporte de cargas de SST para essa base dados.

Figura 6.2.2-4 - Relação de vazão e nível da água medidos entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixos x e y em escala logarítmica.

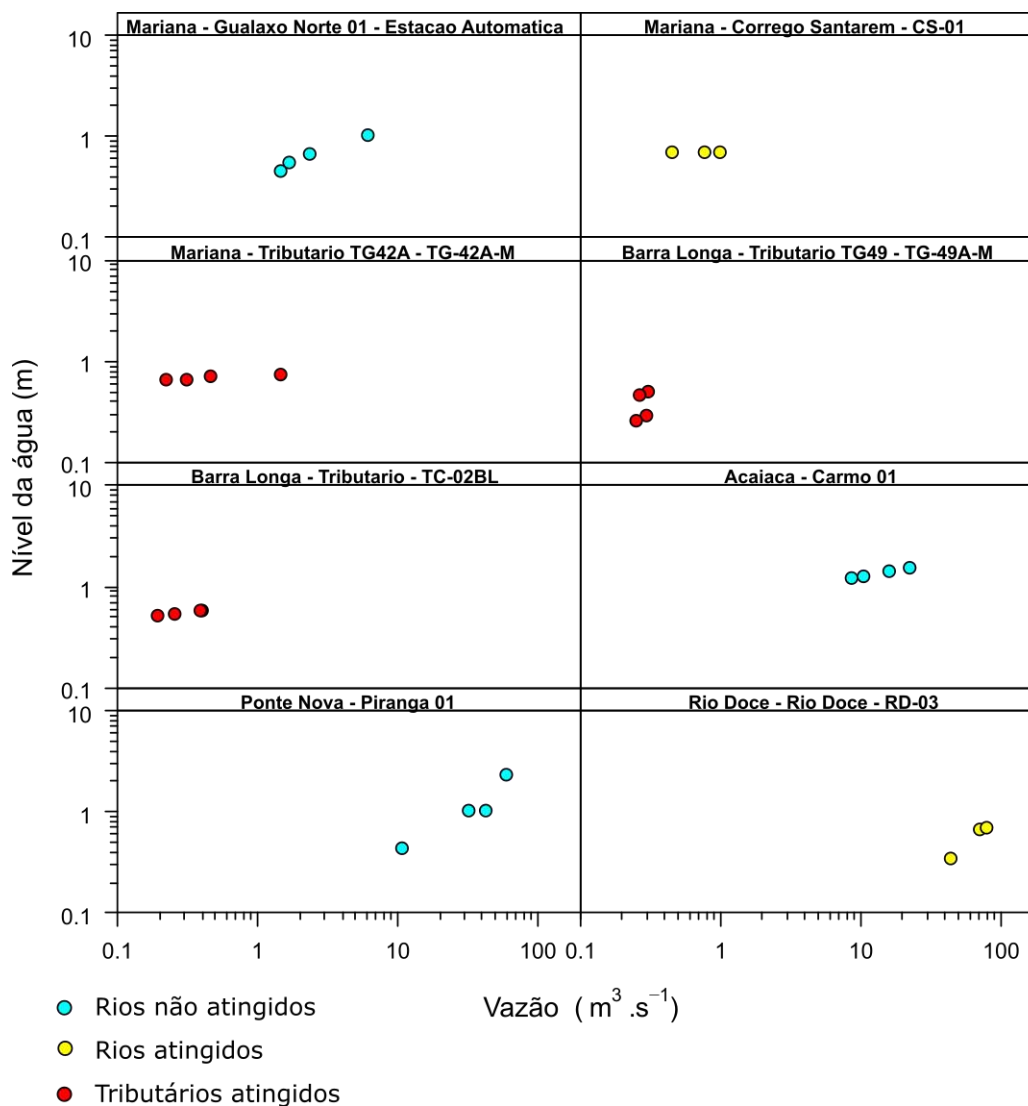
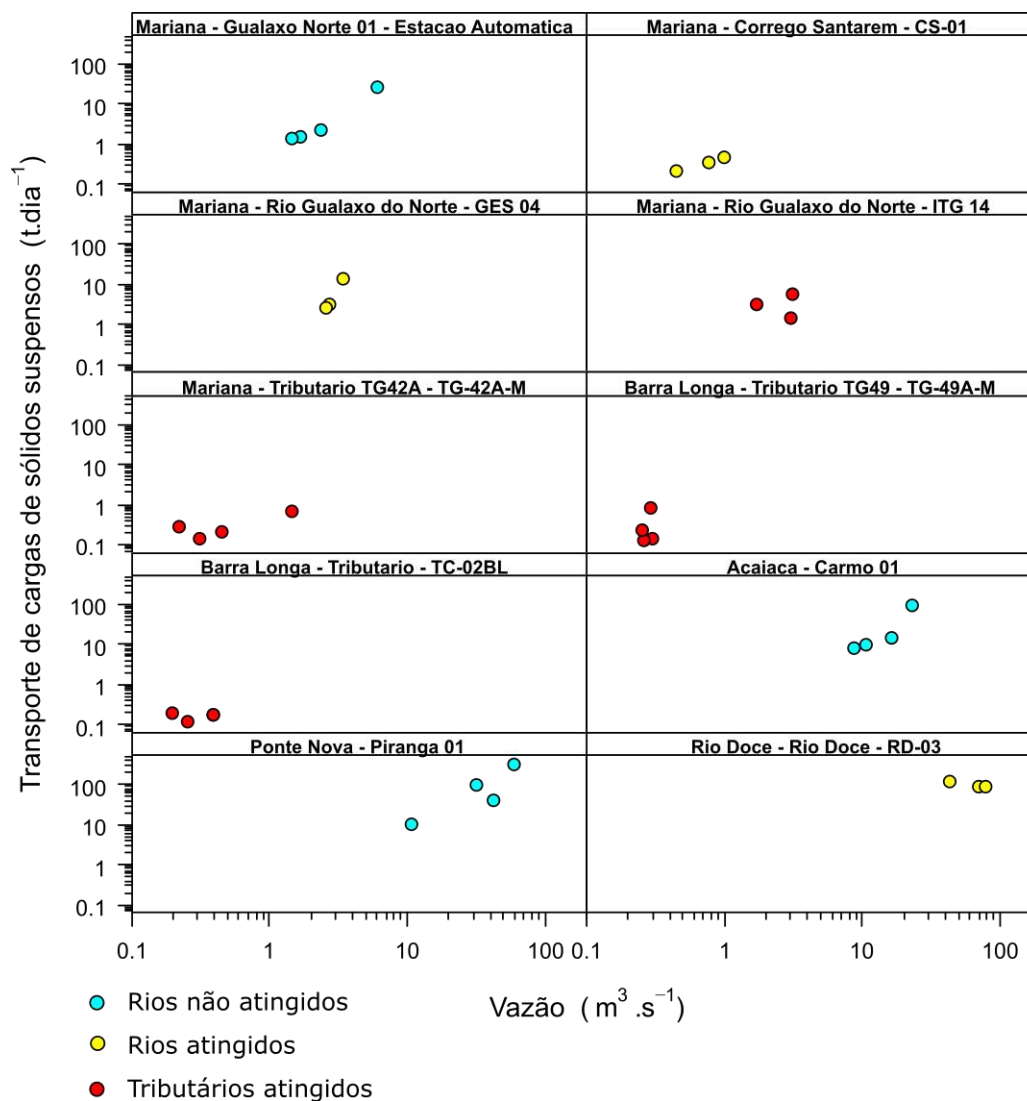


Figura 6.2.2-5 – Relação de vazão e transporte de cargas de SST
medidos entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixos x e y em escala logarítmica.



6.3 - Pontos PMQQVAI e tipo 2

6.3.1 - Físicos e químicos

Nessa seção são apresentados os resultados dos pontos do PMQQVAI e Tipo 2 em tributários e rios principais. Variáveis físicas, químicas e bacteriológicas foram monitoradas em áreas do rio Gualaxo do Norte, rio do Carmo, rio Doce e quatro tributários do rio Gualaxo do Norte. O monitoramento abrange uma malha amostral de 25 pontos de amostragem distribuídos em nove áreas definidas como prioritárias (Áreas 3, 13, 11, 10, 5, 7, 6, 15, 16) e cinco como áreas não prioritárias (Áreas 21, 22, 24, 25, 27). As áreas prioritárias foram selecionadas com base em critérios técnicos, tais como áreas com grandes depósitos de sedimentos em sítios com planícies de inundação. Não só nessas áreas, mas principalmente nelas, a deposição de rejeitos tem potencial para causar impactos frequentes na qualidade de água dos rios devido aos processos erosivos, principalmente, durante os períodos de chuva e de elevada vazão. As áreas que receberam obras de intervenções de controle e mitigação dos impactos resultantes do rompimento da barragem de Fundão estão localizadas no trecho da bacia do rio Doce entre a barragem de Fundão até o reservatório da UHE Risoleta Neves (UHE Candonga). As intervenções adotadas foram ações de regularização das calhas e margens, bem como o controle de processos erosivos e revegetação no entorno dos rios e tributários acima mencionados. Na área prioritária 16, que engloba dois pontos de monitoramento no rio Doce, foram realizadas ações de dragagem na área à cerca de 400 metros da barragem do reservatório de Candonga. Esta dragagem não faz parte do escopo do monitoramento das intervenções, que está atrelado somente às ações de revegetação e recuperação ambiental dos tributários e rios principais, contudo estas ações podem interferir diretamente na qualidade da água.

Para esse monitoramento, 31 variáveis físicas, químicas e bacteriológicas foram monitoradas nas águas superficiais dos 25 pontos. Essas variáveis foram agrupadas em “sólidos e metais”, “coli-nutrientes” e “outras”. No grupo “sólidos e metais” estão as variáveis relacionadas com os rejeitos da barragem de Fundão, a saber: alumínio, ferro, manganês, a série de sólidos (SDT, SST e ST), turbidez e cor verdadeira (**Tabela 6.3.1-1** e **Anexo 6.3.1-1**: planilha “Sólidos e Metais”). No grupo “coli-nutrientes” foram consideradas as variáveis, geralmente, relacionadas com efluentes domésticos como coliformes termotolerantes, coliformes totais, carbono orgânico total (COT), fósforo, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, nitrogênio Kjeldahl, clorofila a e feoftina (**Tabela 6.3.1-2** e **Anexo 6.3.1-1**: planilha “Coli-Nutrientes”). As demais variáveis agrupadas em “outras” constam oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, condutividade elétrica, pH, temperatura do ar e temperatura da água, que são variáveis medidas *in situ* (**Tabela 6.3.1-3** e **Anexo 6.3.1-1**: planilha “*In situ*”). As concentrações de mercúrio total de todas as amostras desse monitoramento ficaram abaixo do limite de quantificação, $<0,0001 \text{ mg.L}^{-1}$ e por isso não foram apresentados em gráficos e nem nas tabelas.

Os resultados serão apresentados por áreas de intervenção no gradiente longitudinal do rio, de forma que possibilite a visualização integrada. O monitoramento iniciou entre final de outubro/2017 e início de novembro/2017, tendo sido realizadas coletas quinzenais ou mensais. Contudo amostragens semanais foram realizadas para estimativas de sólidos dissolvidos totais e sólidos suspensos totais nos pontos TG 11M, TG 13M, TG 14M e TG 22M. Nesse cronograma, apenas os pontos RGN 08 (Área 25 - rio Gualaxo do Norte) e RC 01 (Área 27 - rio do Carmo) apresentaram obras de intervenções durante o período de monitoramento previsto. Contudo as áreas de influência de impacto das obras de intervenção na Área 27 podem se propagar aos pontos imediatamente a jusante dos pontos de intervenção RD 02 e RD 03, sobretudo no que se refere aos parâmetros medidos em águas superficiais. O ponto

RD 03 também pode ter seus resultados influenciados pelas ações de dragagem na área de 400 m do reservatório de Candonga, que estavam ocorrendo desde fevereiro de 2016.

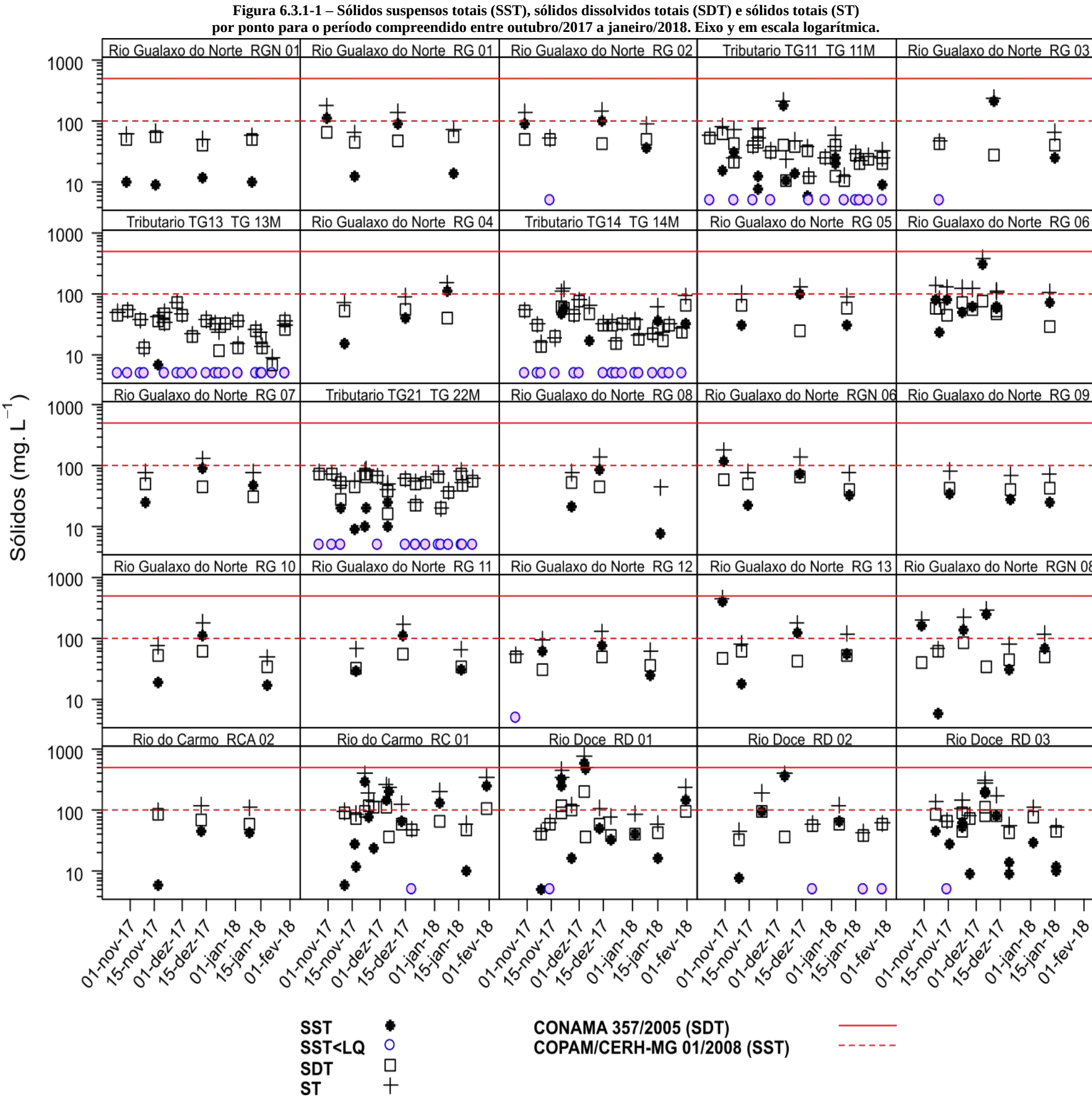
Dessa forma, serão discutidos os possíveis efeitos das intervenções apenas nessas áreas, onde o monitoramento ocorreu no período das obras de intervenção. Para a interpretação dos resultados, levou-se em consideração as condições de pluviosidade do período de 48h anteriores à coleta, pois uma vez que os rejeitos depositados na calha e nas margens dos rios constituem fontes de impactos de pulso iminentes, podem ser suspensos e carregados, principalmente, nos períodos de chuva. O intervalo de 48h para a precipitação foi escolhido, uma vez que o processo de carregamento de material para o rio durante as chuvas ocorre de forma rápida. Contudo, as análises também foram geradas utilizando-se a precipitação de 5 dias a contar do dia da coleta e estas análises geram resultados similares aos da precipitação em 48h. Essa abordagem permitirá particionar a variação dos dados que são explicados pelas chuvas dos que são explicados pelas diferenças entre pontos.

Na descrição dos resultados a seguir, destacou-se os valores em desacordo com o preconizado nas normas de referência (Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 e Resolução CONAMA nº 357/2005) para águas doces de classe 2.

A série de sólidos está associada aos efeitos do rompimento da barragem de Fundão, pois as concentrações de sólidos estão relacionadas à presença de partículas na água, que pode também ser avaliada através de medidas de turbidez. Concentrações de sólidos suspensos totais acima do estabelecido pela Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces de classe 2 (100 mg.L^{-1}) foram encontradas em amostras dos pontos RG 01, RG 03, RG 04, RGN 06, RG 10, RG 11, RG 13, RGN 08, RC 01, RD 01, RD 02 e RD 03. As menores concentrações de sólidos suspensos totais foram encontradas nos quatro tributários monitorados do rio Gualaxo do Norte (TG 11M, TG 13M, TG 14M e TG 22M), onde muitas

amostras apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação. Ressalta-se que nesses tributários as obras de intervenção que incluem remoção dos rejeitos das margens e calhas e recobertos por biotextil não tecido + biomanta + enrocamento. As maiores concentrações de sólidos suspensos totais foram encontradas nos pontos mais a jusante na malha amostral, a jusante do ponto RGN 08 (**Figura 6.3.1-1**). Isso pode estar relacionado aos impactos das intervenções nesses pontos, uma vez que o período de monitoramento desses pontos mais a jusante, RGN 08, RC 01, RD 01, RD 02 e RD 03 coincidiram com o período das obras de intervenção. Contudo, aumento da concentração e transporte de materiais ao longo do gradiente do rio é um padrão comum. As concentrações de sólidos dissolvidos totais variaram de 7 a 205 mg.L⁻¹, ou seja, todas as amostras apresentaram concentrações de sólidos dissolvidos totais menor do que a metade do valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces classe 2 (500 mg.L⁻¹). As concentrações de sólidos totais variaram de 9 a 784 mg.L⁻¹ (média = 99,5 mg.L⁻¹). Nos pontos RGN 01 e nos quatro tributários do rio Gualaxo do Norte monitorados (TG 11M, TG 13M, TG 14M e TG 22M) houve predomínio da fração dissolvida para os sólidos totais (**Figura 6.3.1-1**).

A turbidez teve uma relação positiva significativa com as concentrações de sólidos suspensos totais (*Linear mixed model*: $F_{(1, 152)} = 557$, $p < 0.0001$). O ponto RGN 01 e os pontos dos tributários do rio Gualaxo do Norte TG 11M, TG 13M e TG 22M apresentaram todos os valores de turbidez abaixo do valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces classe 2 (100 UNT). Em todos os demais pontos houve amostras que ultrapassaram esse valor máximo estabelecido pela referida Resolução (**Figura 6.3.1-2**).

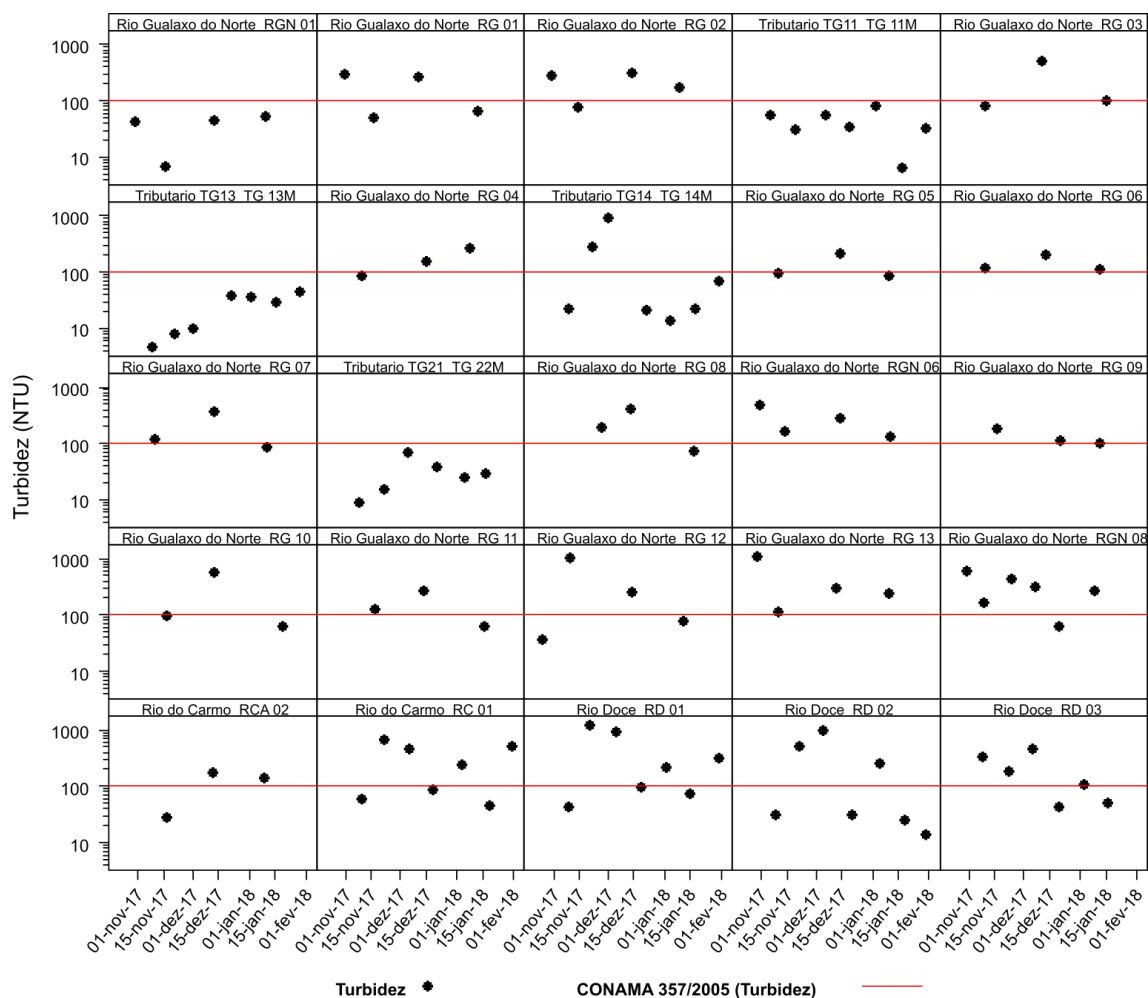


**PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE
E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQQVAI**

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

**Figura 6.3.1-2 – Turbidez por ponto para o período compreendido
entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixo y em escala logarítmica.**



Os metais alumínio, ferro e manganês também são parâmetros que podem estar associados aos rejeitos da barragem de Fundão. As concentrações de alumínio dissolvido variaram de 0,0061 a 0,156 mg.L⁻¹ (média = 0,055 mg.L⁻¹), as de ferro dissolvido variaram de 0,0141 a 0,846 mg.L⁻¹ (média = 0,206 mg.L⁻¹) e as de manganês dissolvido variaram de 0,001 a 0,365 mg.L⁻¹ (média = 0,045 mg.L⁻¹). Concentrações de alumínio dissolvido que ultrapassaram o valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces classe 2 (0,1 mg.L⁻¹) foram encontradas em amostras dos pontos TG 11M, TG 13M, TG 14M e TG 22M (**Figura 6.3.1-3**). Os pontos TG 11M e TG 22M também tiveram amostras que ultrapassaram o valor máximo estabelecido por Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces classe 2 para o ferro dissolvido (0,3 mg.L⁻¹). Além desses pontos, o RGN 08, RD 01, RD 02 e RD 03 apresentaram concentrações de ferro dissolvido que ultrapassaram o limite estabelecido nesta Resolução. Ressalta-se que os pontos RGN 08 (Área 25 - rio Gualaxo do Norte), RC 01 e RD 01 (Área 27 - rio do Carmo e rio Doce) e RD 02 e RD 03 (Área 16 - rio Doce) foram monitorados durante as obras de intervenções (**Figura 6.3.1-4**).

As concentrações de alumínio total variaram de 0,053 a 7,740 mg.L⁻¹ (média = 0,787 mg.L⁻¹) (**Figura 6.3.1-3**), as de ferro total variaram de 0,067 a 12,300 mg.L⁻¹ (média = 1,938 mg.L⁻¹) (**Figura 6.3.1-4**) e as de manganês total variaram de 0,015 a 2,540 mg.L⁻¹ (média = 0,403 mg.L⁻¹) (**Figura 6.3.1-5**). Entre os metais monitorados, o manganês total foi o que teve mais amostras violando o limite da Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas de classe 2 (0,1 mg.L⁻¹). Apenas os pontos TG 13M e o TG 22M não apresentaram amostras em que a concentração de manganês total não superaram o limite dessa Resolução. Em contrapartida, todas as amostras dos pontos RG 01, RG 02, RG 04, RG 05, RG 06, RG 07, RG 08, RGN 06, RG 09, RG 10, RG 11, RG 13, RGN 08, RC 01 e RD 01 superaram o limite dessa Resolução. O ponto RGN 01, que não foi atingido pelos rejeitos da barragem,

apresentou três amostras do total de quatro com o limite legal de manganês total violado (**Figura 6.3.1-5, Tabela 6.3.1-1 e Anexo 6.3.1-1**: planilha “Sólidos e Metais”).

Os quatro tributários do rio Gualaxo do Norte monitorados (TG 11M, TG 13M, TG 14M e TG 22M), comparados aos demais pontos, apresentaram elevadas contribuições da fração dissolvida de ferro e, principalmente, de manganês em relação ao total. Isso pode estar relacionado com a baixa concentração de sólidos suspensos totais e, consequentemente, a baixa capacidade de adsorção de metais nesses pontos dos tributários do rio Gualaxo do Norte.

A maior parte dos parâmetros do grupo “sólidos e metais” foram relacionados com a pluviosidade: turbidez (*Linear mixed model*: $F_{(1; 6,6)} = 24,3$; $p = 0,0020$) sólidos suspensos totais (*Linear mixed model*: $F_{(1; 8,2)} = 21,7$; $p = 0,0015$), sólidos dissolvidos totais (*Linear mixed model*: $F_{(1; 4,1)} = 11,5$; $p = 0,0265$), alumínio total (*Linear mixed model*: $F_{(1; 8,5)} = 22,059$; $p = 0,0013$), ferro total (*Linear mixed model*: $F_{(1; 10,7)} = 13,277$; $p = 0,0040$) e manganês total (*Linear mixed model*: $F_{(1; 2,4)} = 11,915$; $p = 0,0585$). Isso indica que a deposição dos rejeitos tem potencial para causar impactos na qualidade de água dos rios, principalmente, durante os períodos de chuva.

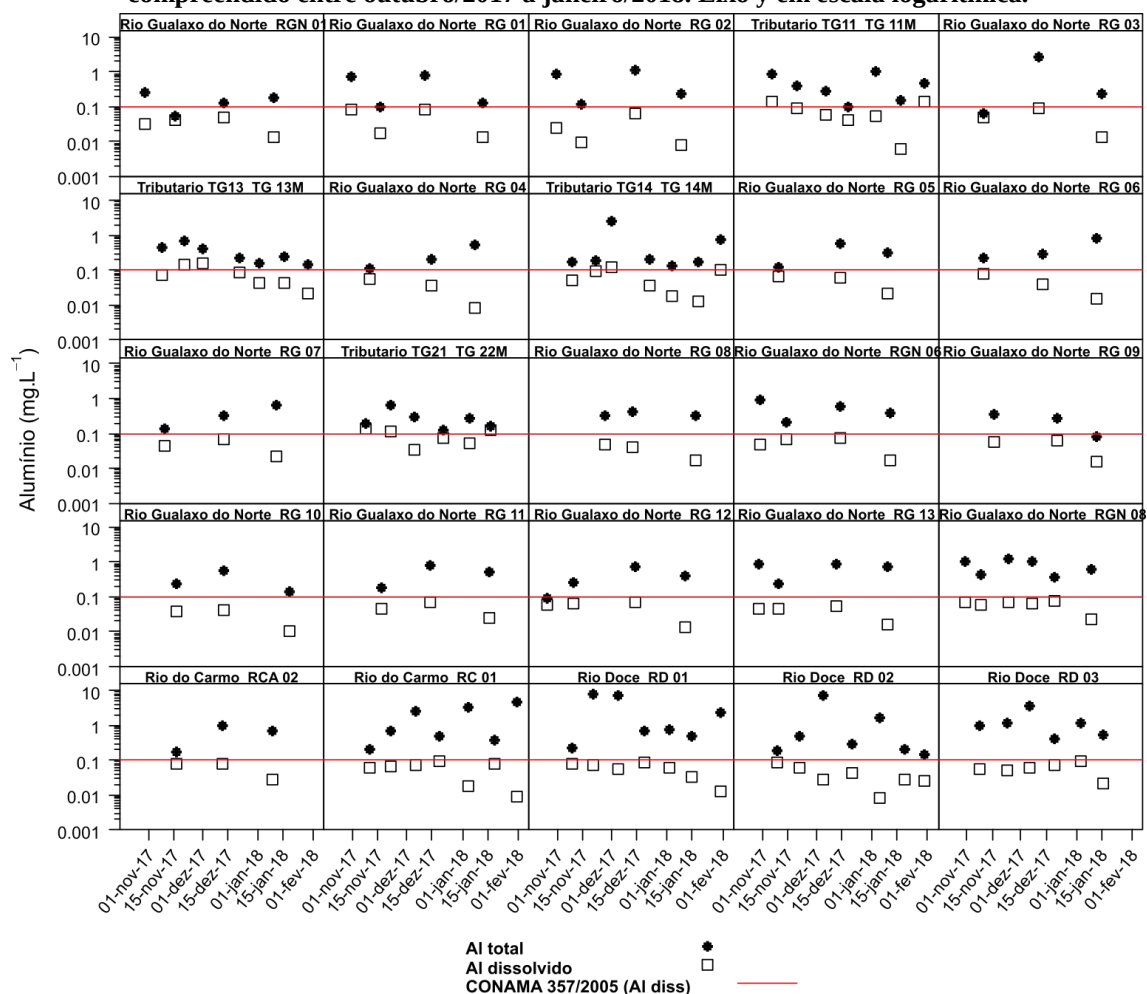
As concentrações de arsênio total ficaram sempre abaixo do valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2 (0,01 mg.L⁻¹). Os pontos entre RGN 01 e o RGN 08 (inclusive) apresentaram concentrações de arsênio total que variaram de <0,001 a 0,02 mg.L⁻¹. Os demais pontos, que são a jusante do RGN 08, apresentaram valores que variaram de <0,001 a 0,01 mg.L⁻¹. Duas amostras do ponto RC 01, duas do RD 01 e uma do RD 02 apresentaram as maiores concentrações de arsênio total. Dentre estas, duas delas apresentaram concentrações no limiar do valor máximo preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2 (**Figura 6.3.1-6**).

**PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE
E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVAI**

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

Figura 6.3.1-3 – Alumínio total e dissolvido por ponto para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixo y em escala logarítmica.

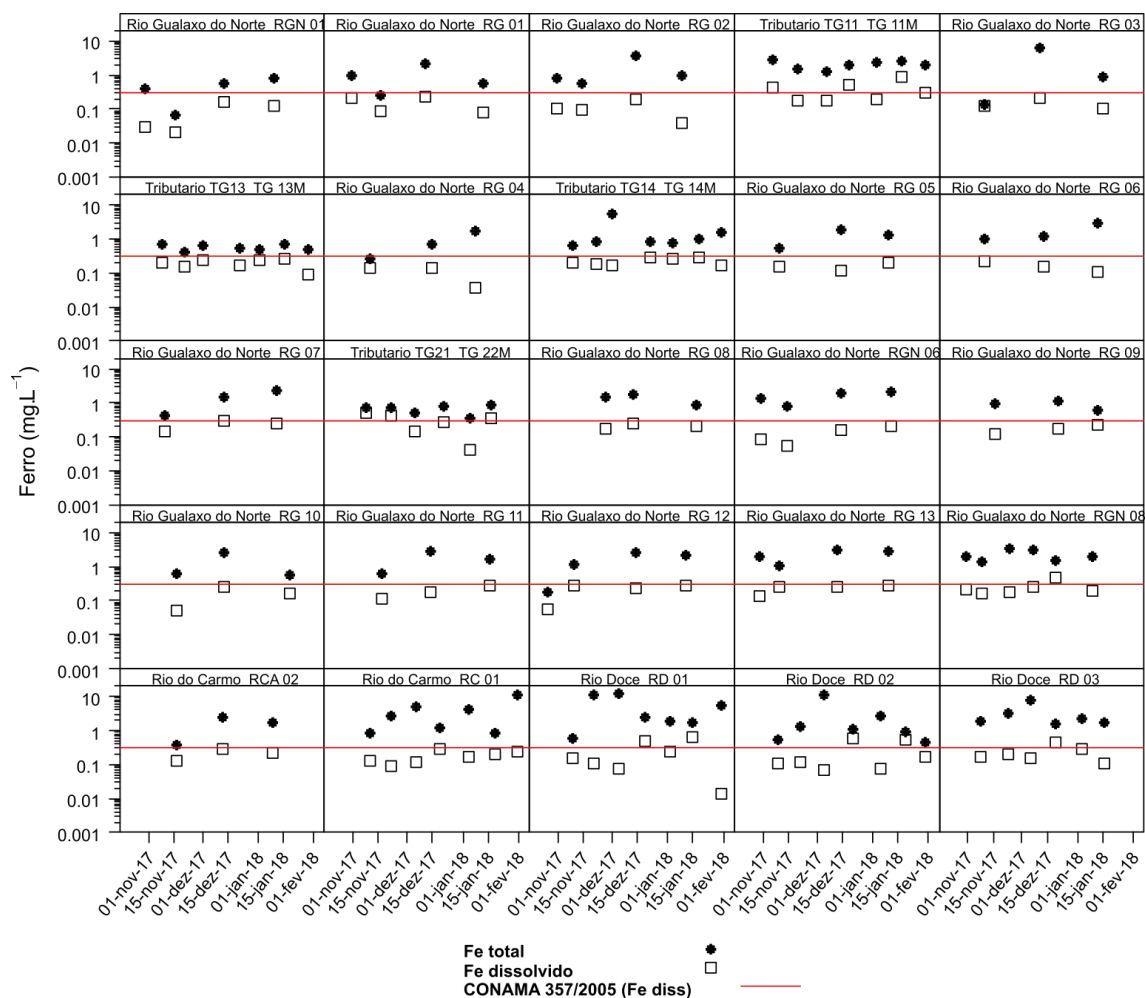


**PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE
E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVAI**

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

**Figura 6.3.1-4 – Ferro total e dissolvido por ponto para o período compreendido
entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixo y em escala logarítmica.**

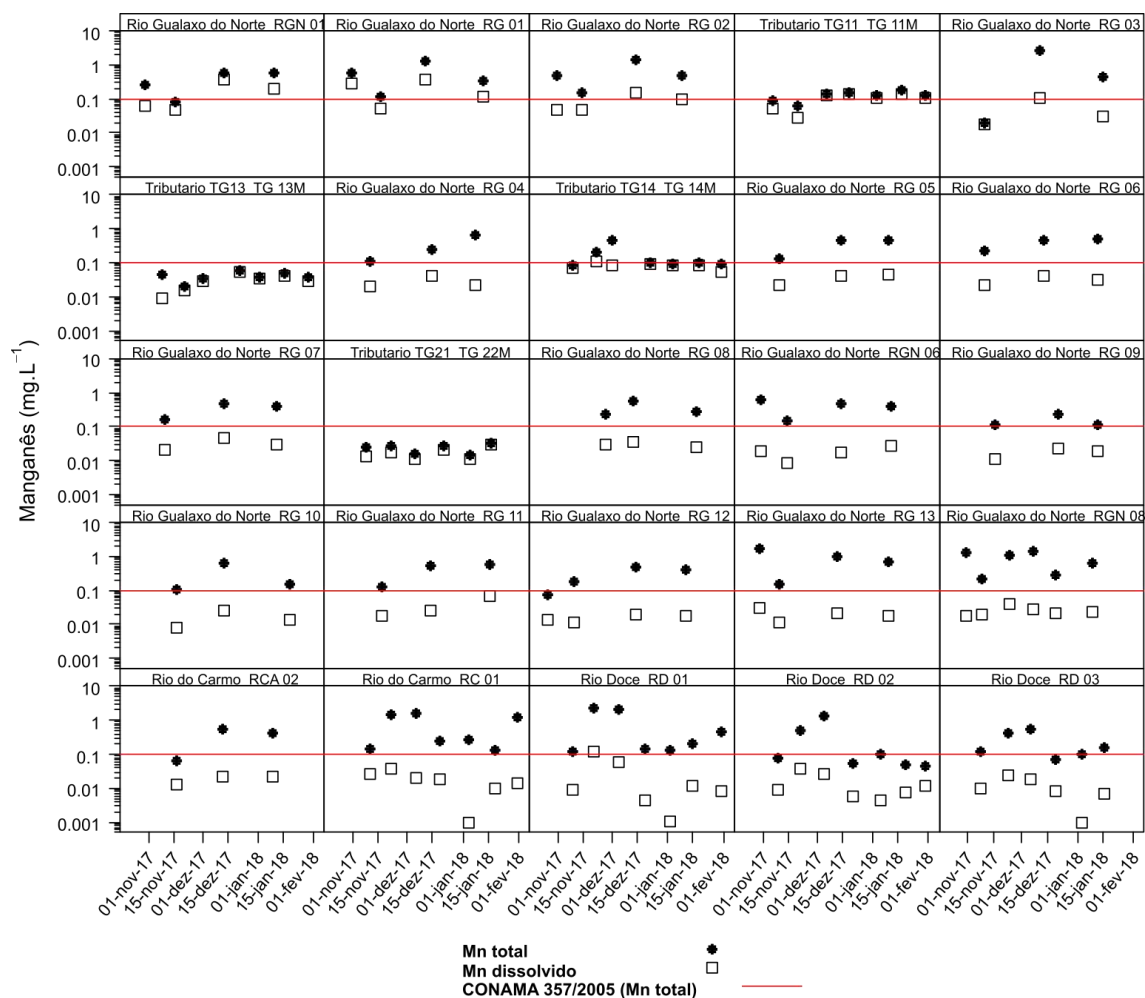


**PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE
E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVAI**

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

**Figura 6.3.1-5 – Manganês total e dissolvido por ponto para o período
compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixo y em escala logarítmica.**

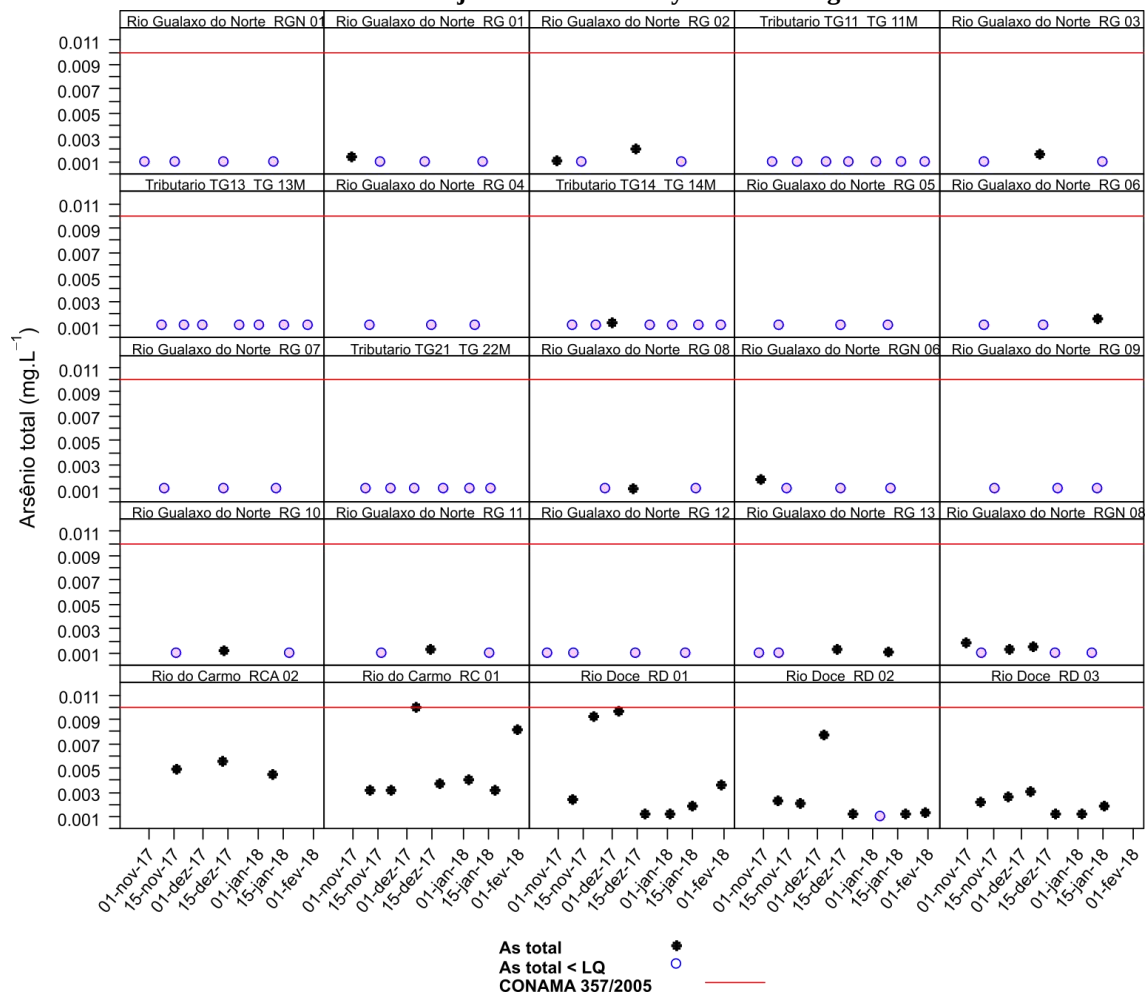


**PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE
E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVAI**

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

**Figura 6.3.1-6 – Arsênio total por ponto para o período compreendido
entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixo y em escala logarítmica.**



PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE
E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

Tabela 6.3.1-1 - Sólidos e metais por ponto para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018. Concentrações acima do valor de referência legal (Resolução CONAMA nº 357/2005 e Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008) para águas doces classe 2 estão em realce vermelho.

PONTO	DATA	SDT	SST	ST	TURBIDEZ	COR	AL DISS	AL TOTAL	FE DISS	FE TOTAL	MN DISS	MN TOTAL	AS TOTAL
RGN 01 - I	30/10/2017	52	10	62	43	<5	0.033	0.266	0.031	0.382	0.060	0.261	<0,001
RGN 01 - I	16/11/2017	57	9	66	7	6.8	0.043	0.053	0.021	0.067	0.048	0.083	<0,001
RGN 01 - I	13/12/2017	40	12	52	45	8.9	0.048	0.125	0.165	0.562	0.365	0.580	<0,001
RGN 01 - I	10/01/2018	51	10	59	52	<5	0.013	0.178	0.125	0.819	0.196	0.595	<0,001
RG-01	31/10/2017	67	113	181	301	<5	0.087	0.710	0.214	0.989	0.281	0.579	0.001
RG-01	16/11/2017	46	13	65	50	7.2	0.018	0.103	0.090	0.254	0.052	0.111	<0,001
RG-01	11/12/2017	49	89	141	272	13.1	0.082	0.806	0.222	2.150	0.361	1.240	<0,001
RG-01	12/01/2018	56	14	75	67	<5	0.013	0.133	0.080	0.577	0.114	0.345	<0,001
RG-02	31/10/2017	50	90	142	287	<5	0.024	0.831	0.102	0.798	0.048	0.474	0.001
RG-02	14/11/2017	52	<5	54	77	<5	0.009	0.114	0.094	0.587	0.048	0.151	<0,001
RG-02	14/12/2017	43	100	150	308	8.9	0.064	1.150	0.186	3.540	0.152	1.400	0.002
RG-02	09/01/2018	51	36	89	169	<5	0.008	0.232	0.039	0.943	0.095	0.462	<0,001
TG-11M	06/11/2017	43	31	75	56	49.5	0.141	0.829	0.427	2.710	0.050	0.086	<0,001
TG-11M	20/11/2017	45	8	53	32	32.9	0.091	0.381	0.183	1.500	0.028	0.060	<0,001
TG-11M	06/12/2017	11	11	24	55	15.4	0.059	0.270	0.175	1.210	0.130	0.141	<0,001
TG-11M	19/12/2017	12	<5	13	35	18.8	0.041	0.102	0.529	2.030	0.143	0.152	<0,001
TG-11M	03/01/2018	13	25	38	79	18.5	0.054	0.987	0.200	2.440	0.102	0.127	<0,001
TG-11M	17/01/2018	21	<5	23	7	13.6	0.006	0.151	0.846	2.570	0.142	0.179	<0,001
TG-11M	30/01/2018	26	9	34	33	41.7	0.136	0.471	0.296	1.960	0.103	0.122	<0,001
RG-03	10/11/2017	44	<5	47	81	<5	0.051	0.063	0.122	0.137	0.017	0.019	<0,001
RG-03	11/12/2017	29	215	242	495	9.6	0.094	2.650	0.216	6.470	0.104	2.540	0.002
RG-03	15/01/2018	41	25	66	103	5.2	0.013	0.236	0.106	0.887	0.030	0.441	<0,001
TG-13M	09/11/2017	13	<5	13	5	52.1	0.075	0.441	0.205	0.677	0.009	0.046	<0,001
TG-13M	21/11/2017	48	<5	50	8	44.8	0.144	0.669	0.153	0.422	0.015	0.021	<0,001
TG-13M	01/12/2017	44	<5	46	10	69.6	0.156	0.418	0.241	0.620	0.029	0.034	<0,001
TG-13M	22/12/2017	12	<5	24	39	20.4	0.089	0.216	0.160	0.510	0.054	0.058	<0,001
TG-13M	02/01/2018	13	<5	15	35	24.4	0.042	0.153	0.234	0.493	0.034	0.037	<0,001
TG-13M	16/01/2018	13	<5	14	29	20.6	0.042	0.250	0.269	0.724	0.042	0.051	<0,001
TG-13M	29/01/2018	35	<5	36	44	15.3	0.021	0.144	0.090	0.503	0.029	0.039	<0,001

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE
E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

PONTO	DATA	SDT	SST	ST	TURBIDEZ	COR	AL DISS	AL TOTAL	FE DISS	FE TOTAL	MN DISS	MN TOTAL	AS TOTAL
RG-04	10/11/2017	52	15	70	86	5.5	0.057	0.109	0.136	0.253	0.020	0.106	<0,001
RG-04	15/12/2017	54	39	89	152	11.1	0.035	0.202	0.144	0.686	0.042	0.240	<0,001
RG-04	08/01/2018	41	111	148	263	<5	0.008	0.550	0.035	1.690	0.022	0.671	<0,001
TG-14M	09/11/2017	14	<5	16	22	41.6	0.052	0.176	0.198	0.635	0.071	0.087	<0,001
TG-14M	22/11/2017	59	59	120	281	24.3	0.096	0.193	0.176	0.867	0.105	0.210	<0,001
TG-14M	01/12/2017	76	<5	79	941	44.4	0.120	2.620	0.173	5.350	0.081	0.453	0.001
TG-14M	22/12/2017	15	<5	17	21	18.1	0.037	0.197	0.285	0.854	0.090	0.096	<0,001
TG-14M	04/01/2018	18	<5	21	14	21.7	0.018	0.135	0.264	0.740	0.085	0.089	<0,001
TG-14M	18/01/2018	17	<5	23	22	13.9	0.013	0.169	0.289	0.992	0.085	0.098	<0,001
TG-14M	31/01/2018	63	32	93	70	37.4	0.098	0.763	0.173	1.520	0.051	0.089	<0,001
RG-05	10/11/2017	66	31	99	96	<5	0.064	0.125	0.159	0.522	0.022	0.133	<0,001
RG-05	14/12/2017	25	100	131	214	21.7	0.058	0.568	0.112	1.910	0.042	0.464	<0,001
RG-05	10/01/2018	59	30	89	87	<5	0.022	0.325	0.200	1.270	0.044	0.473	<0,001
RG-06	10/11/2017	57	23	81	119	7.6	0.075	0.221	0.209	1.010	0.023	0.232	<0,001
RG-06	13/12/2017	51	62	113	208	19.4	0.038	0.286	0.157	1.220	0.042	0.445	<0,001
RG-06	12/01/2018	29	71	105	114	6.8	0.015	0.791	0.104	2.820	0.030	0.496	0.002
RG-07	10/11/2017	51	26	78	118	6.8	0.043	0.142	0.145	0.405	0.020	0.157	<0,001
RG-07	13/12/2017	46	91	130	365	11.5	0.071	0.329	0.298	1.440	0.044	0.475	<0,001
RG-07	11/01/2018	31	47	79	88	8	0.023	0.657	0.240	2.300	0.028	0.383	<0,001
TG-22M	08/11/2017	28	21	49	9	83.7	0.140	0.198	0.511	0.699	0.013	0.026	<0,001
TG-22M	22/11/2017	74	10	84	15	91.3	0.116	0.674	0.407	0.748	0.017	0.026	<0,001
TG-22M	05/12/2017	17	25	42	68	71.5	0.034	0.290	0.150	0.500	0.011	0.016	<0,001
TG-22M	21/12/2017	23	<5	25	38	45.5	0.077	0.125	0.261	0.813	0.021	0.026	<0,001
TG-22M	05/01/2018	20	<5	20	25	76.1	0.053	0.265	0.040	0.347	0.011	0.015	<0,001
TG-22M	17/01/2018	48	<5	53	29	39.6	0.128	0.168	0.358	0.825	0.028	0.032	<0,001
RG-08	27/11/2017	55	22	78	198	6.1	0.047	0.329	0.172	1.500	0.029	0.238	<0,001
RG-08	13/12/2017	45	87	140	411	17.3	0.042	0.434	0.257	1.780	0.034	0.562	0.001
RG-08	17/01/2018		8	45	73	6.3	0.017	0.319	0.201	0.837	0.024	0.279	<0,001
RGN 06 - I	31/10/2017	59	118	181	475	5.2	0.050	0.906	0.083	1.320	0.019	0.627	0.002
RGN 06 - I	14/11/2017	52	23	79	161	8.3	0.066	0.209	0.056	0.752	0.008	0.150	<0,001
RGN 06 - I	14/12/2017	65	72	140	277	11.3	0.072	0.609	0.151	1.890	0.017	0.452	<0,001
RGN 06 - I	11/01/2018	40	33	76	133	6.4	0.017	0.383	0.211	2.110	0.028	0.404	<0,001
RG-09	16/11/2017	43	35	82	187	10.6	0.059	0.351	0.120	0.948	0.011	0.109	<0,001
RG-09	21/12/2017	41	28	71	116	<5	0.064	0.269	0.176	1.120	0.022	0.235	<0,001
RG-09	12/01/2018	43	26	73	104	7.2	0.016	0.082	0.221	0.597	0.019	0.113	<0,001

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE
E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

PONTO	DATA	SDT	SST	ST	TURBIDEZ	COR	AL DISS	AL TOTAL	FE DISS	FE TOTAL	MN DISS	MN TOTAL	AS TOTAL
RG-10	17/11/2017	52	19	76	95	22.5	0.040	0.231	0.049	0.613	0.008	0.110	<0,001
RG-10	13/12/2017	62	108	181	575	14.7	0.040	0.552	0.246	2.540	0.026	0.645	0.001
RG-10	19/01/2018	34	17	49	62	7.3	0.010	0.138	0.166	0.573	0.013	0.152	<0,001
RG-11	17/11/2017	32	29	67	124	15.1	0.045	0.188	0.110	0.637	0.017	0.126	<0,001
RG-11	14/12/2017	56	112	169	273	16.9	0.069	0.805	0.183	2.720	0.026	0.523	0.001
RG-11	16/01/2018	35	31	66	61	<5	0.025	0.502	0.270	1.630	0.069	0.557	<0,001
RG-12	26/10/2017	50	<5	54	37	<5	0.059	0.087	0.055	0.185	0.013	0.077	<0,001
RG-12	10/11/2017	31	60	95	1010	8.8	0.063	0.261	0.277	1.180	0.012	0.183	<0,001
RG-12	14/12/2017	49	75	126	249	13.4	0.071	0.722	0.233	2.580	0.019	0.471	<0,001
RG-12	11/01/2018	36	25	62	77	10.1	0.014	0.408	0.276	2.200	0.018	0.403	<0,001
RG-13	30/10/2017	47	398	447	1090	20.5	0.046	0.861	0.134	2.020	0.030	1.740	<0,001
RG-13	10/11/2017	62	18	82	115	14	0.045	0.228	0.256	1.020	0.011	0.146	<0,001
RG-13	12/12/2017	43	121	174	304	17	0.054	0.865	0.246	3.100	0.022	0.996	0.001
RG-13	10/01/2018	53	56	118	237	7.2	0.017	0.704	0.272	2.920	0.019	0.680	0.001
RGN 08 - I	31/10/2017	40	158	200	605	11.2	0.071	1.060	0.218	2.000	0.017	1.340	0.002
RGN 08 - I	09/11/2017	61	6	67	162	12.8	0.059	0.435	0.159	1.380	0.019	0.223	<0,001
RGN 08 - I	24/11/2017	83	138	223	432	20	0.068	1.240	0.174	3.500	0.039	1.050	0.001
RGN 08 - I	07/12/2017	34	239	290	314	13.7	0.066	1.030	0.245	3.170	0.028	1.400	0.002
RGN 08 - I	20/12/2017	45	31	78	62	16.7	0.075	0.359	0.455	1.550	0.022	0.286	<0,001
RGN 08 - I	09/01/2018	50	68	119	262	6.2	0.023	0.623	0.202	1.970	0.024	0.627	<0,001
RCA 02 - I	17/11/2017	86	6	100	29	<5	0.076	0.166	0.130	0.384	0.013	0.063	0.005
RCA 02 - I	12/12/2017	69	45	122	176	34.3	0.082	1.000	0.297	2.470	0.022	0.566	0.006
RCA 02 - I	09/01/2018	60	44	112	142	14.3	0.028	0.718	0.228	1.750	0.022	0.413	0.004
RC-01	10/11/2017	90	6	97	59	9.7	0.060	0.199	0.123	0.853	0.026	0.138	0.003
RC-01	22/11/2017	99	300	399	669	20.8	0.066	0.699	0.091	2.690	0.037	1.430	0.003
RC-01	06/12/2017	36	206	245	470	16	0.075	2.430	0.113	5.220	0.020	1.650	0.010
RC-01	19/12/2017	49	<5	49	85	16.4	0.091	0.498	0.285	1.250	0.019	0.249	0.004
RC-01	04/01/2018	65	132	203	246	19.3	0.018	3.210	0.171	4.270	<0,001	0.276	0.004
RC-01	19/01/2018	47	10	60	46	11.9	0.080	0.365	0.206	0.805	0.010	0.131	0.003
RC-01	31/01/2018	105	258	352	504	30	0.009	4.570	0.248	10.900	0.014	1.190	0.008
RD-01	09/11/2017	40	5	45	43	10.3	0.081	0.228	0.152	0.578	0.009	0.122	0.002
RD-01	21/11/2017	91	257	348	1190	19.2	0.071	7.740	0.103	11.300	0.115	2.260	0.009
RD-01	05/12/2017	36	473	510	917	32.7	0.056	6.880	0.075	12.300	0.057	2.030	0.010
RD-01	19/12/2017	39	34	79	96	18.9	0.090	0.707	0.497	2.420	0.004	0.139	0.001
RD-01	02/01/2018	41	41	88	213	14.2	0.062	0.722	0.232	1.950	0.001	0.135	0.001

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE
E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

PONTO	DATA	SDT	SST	ST	TURBIDEZ	COR	AL DISS	AL TOTAL	FE DISS	FE TOTAL	MN DISS	MN TOTAL	AS TOTAL
RD-01	15/01/2018	43	17	61	72	14.9	0.032	0.475	0.621	1.660	0.012	0.200	0.002
RD-01	31/01/2018	97	149	243	321	23.6	0.013	2.240	0.014	5.260	0.008	0.472	0.004
RD-02	09/11/2017	34	8	46	31	12.9	0.087	0.188	0.105	0.529	0.009	0.075	0.002
RD-02	22/11/2017	96	95	192	501	33.9	0.063	0.502	0.113	1.290	0.038	0.509	0.002
RD-02	05/12/2017	36	362	399	968	49.3	0.028	7.420	0.068	11.200	0.027	1.310	0.008
RD-02	21/12/2017	58	<5	61	31	21.3	0.044	0.293	0.583	1.070	0.006	0.055	0.001
RD-02	05/01/2018	60	67	122	248	23	0.008	1.630	0.073	2.600	0.004	0.096	<0,001
RD-02	19/01/2018	38	<5	43	25	16.7	0.027	0.196	0.519	0.907	0.007	0.051	0.001
RD-02	30/01/2018	60	<5	62	14	39.2	0.027	0.149	0.162	0.433	0.012	0.045	0.001
RD-03	08/11/2017	89	46	138	334	29.2	0.055	0.936	0.169	1.880	0.010	0.122	0.002
RD-03	23/11/2017	45	62	110	189	14.8	0.050	1.160	0.202	3.290	0.023	0.413	0.003
RD-03	06/12/2017	81	191	274	467	41.5	0.058	3.730	0.152	7.760	0.019	0.568	0.003
RD-03	20/12/2017	43	9	57	43	16.7	0.071	0.398	0.455	1.570	0.008	0.070	0.001
RD-03	03/01/2018	77	30	111	106	17.3	0.097	1.160	0.298	2.270	<0,001	0.096	0.001
RD-03	16/01/2018	46	10	55	50	14.3	0.022	0.541	0.111	1.740	0.007	0.161	0.002

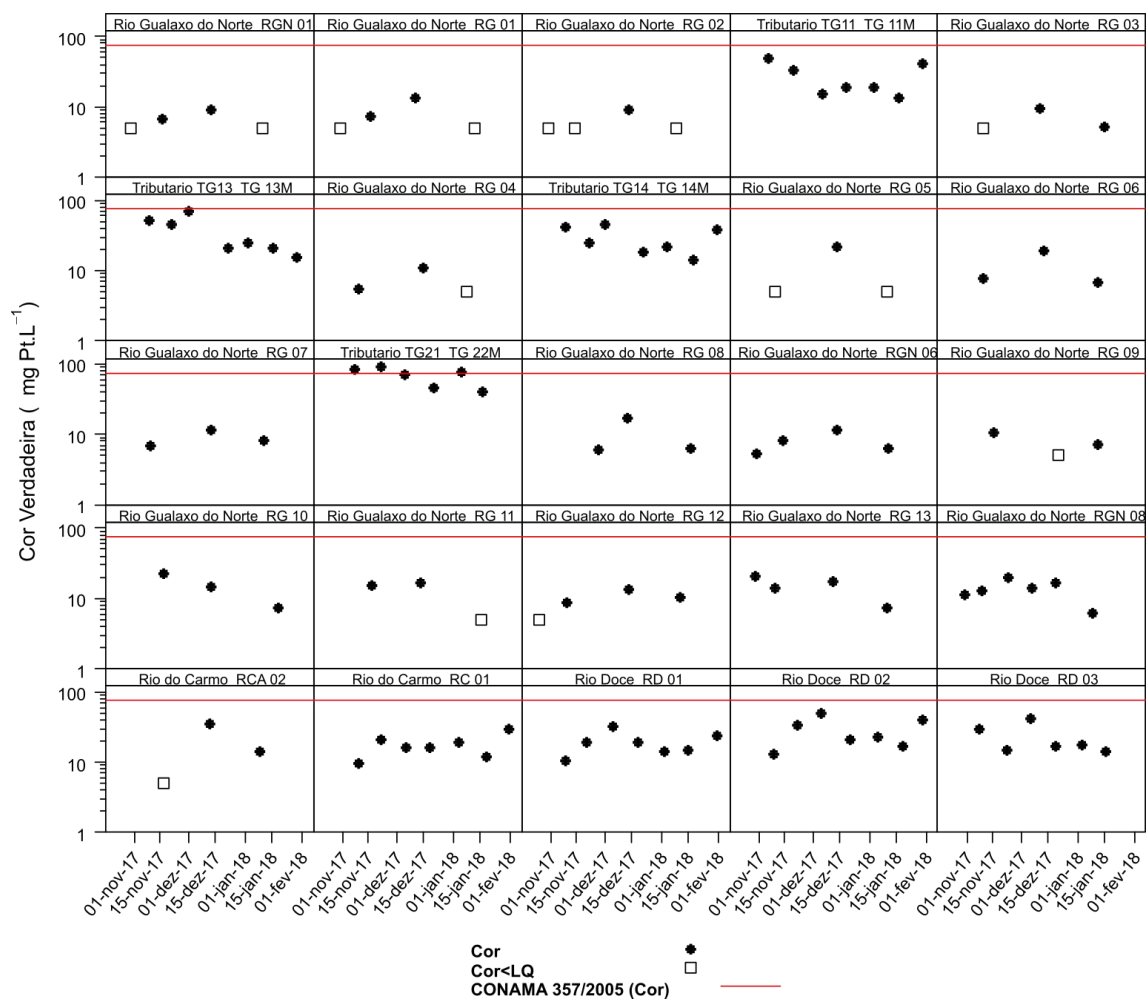
A cor verdadeira variou de 5 a 91 mg Pt.L⁻¹ (média = 20 mg Pt.L⁻¹). Valores acima do limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces classe 2 (75 mg Pt.L⁻¹) ocorreram no ponto TG 22M. Os pontos nos quatro tributários do rio Gualaxo Norte apresentaram maiores valores de cor verdadeira (TG 11M, TG 13M, TG 14M e TG 22M), isto pode estar associado à presença de maiores concentrações de carbono orgânico e íons de alumínio, ferro e manganês (**Figura 6.3.1-7**).

**PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE
E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVAI**

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

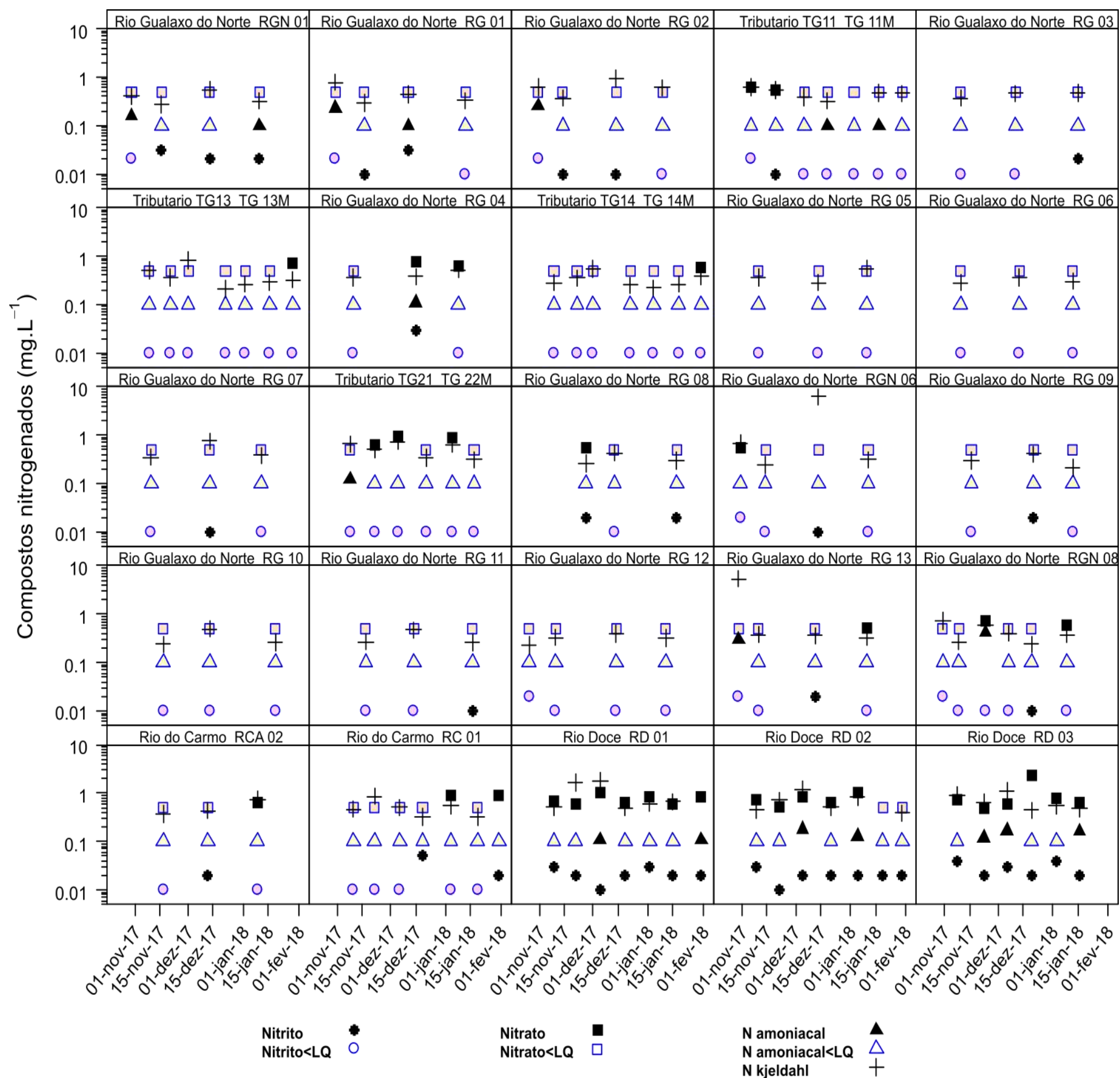
**Figura 6.3.1-7– Cor verdadeira por ponto para o período compreendido
entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixo y em escala logarítmica.**



As concentrações de nutrientes estão relacionadas com o grau de trofia dos pontos. Elevadas concentrações de nutrientes causam a eutrofização do ambiente, que culminam com o crescimento excessivo de algas. Os compostos nitrogenados e fósforo são os principais nutrientes limitantes para a produção de algas em ecossistemas de águas continentais. As concentrações de nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal ficaram sempre abaixo do valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2. No entanto, em relação ao fósforo total, algumas amostras apresentaram concentrações que ultrapassaram o limite estabelecido por essa resolução. No geral, as concentrações de nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal da maior parte das amostras apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação, exceto nos pontos RD 01, RD 02 e RD 03 (**Figura 6.3.1-8**). O nitrogênio Kjeldahl variou de 0,21 a 6,25 mg.L⁻¹ (média = 0,58 mg.L⁻¹), concentrações mais elevadas (>1,00 mg.L⁻¹) foram encontradas em amostras pontuais nos pontos RGN 06, RG 13, RD 01, RD 02 e RD 03. Não houve padrão de mudança temporal para estes compostos nitrogenados. As concentrações de fósforo dissolvido variaram de 0,001 mg.L⁻¹ a 0,170 mg.L⁻¹ (média = 0,030 mg.L⁻¹), valores acima do valor máximo do intervalo de confiança de 99% dos dados do monitoramento (0,039 mg.L⁻¹) foram encontrados em todas as áreas, exceto nas Áreas 21 (RG 06), 10 (RG 07) e 15 (RCA 02). Essas concentrações mais elevadas de fósforo dissolvido foram mais frequentes nos pontos mais a jusante na malha amostral (RC 01, RD 01, RD 02 e RD 03) e no tributário TG 14M. Elevadas concentrações de fósforo total também foram mais frequentes em amostras desses mesmos pontos, além do RGN 08. As concentrações de fósforo total que violaram o valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2 (0,1 mg.L⁻¹) foram nos pontos RG 01, RG 03, TG 14M, RGN 06, RG 09, RG 11, RG 13, RGN 08, RC 01, RCA 02, RD 01, RD 02 e RD 03 (**Figura 6.3.1-9**). Apesar dessas amostras indicarem um enriquecimento de fósforo, não houve elevada concentração de clorofila-*a* ou de feofitina, no geral abaixo do limite de quantificação (1 ou 3 µg.L⁻¹, para ambos os parâmetros) (**Tabela 6.3.1-2 e Anexo**

6.3.1-1: planilha “Coli-Nutrientes”). Contudo, cabe ressaltar que o fluxo unidirecional e o baixo tempo de residência da água podem prevenir florações de fitoplâncton no curso dos rios, exceto em locais de remanso, como em reservatórios. Destaca-se também que durante as atividades de intervenção acompanhada de revegetação da área marginal, era necessária aplicação de compostos fertilizantes contendo N-P-K (nitrogênio, fósforo e potássio) e este fator pode ter contribuído para o aumento de fosfato e da série nitrogenada em alguns pontos amostrais.

Figura 6.3.1-8 – Nitrito, Nitrato, Nitrogênio amoniacal, Nitrogênio Kjeldahl para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixo y em escala logarítmica.

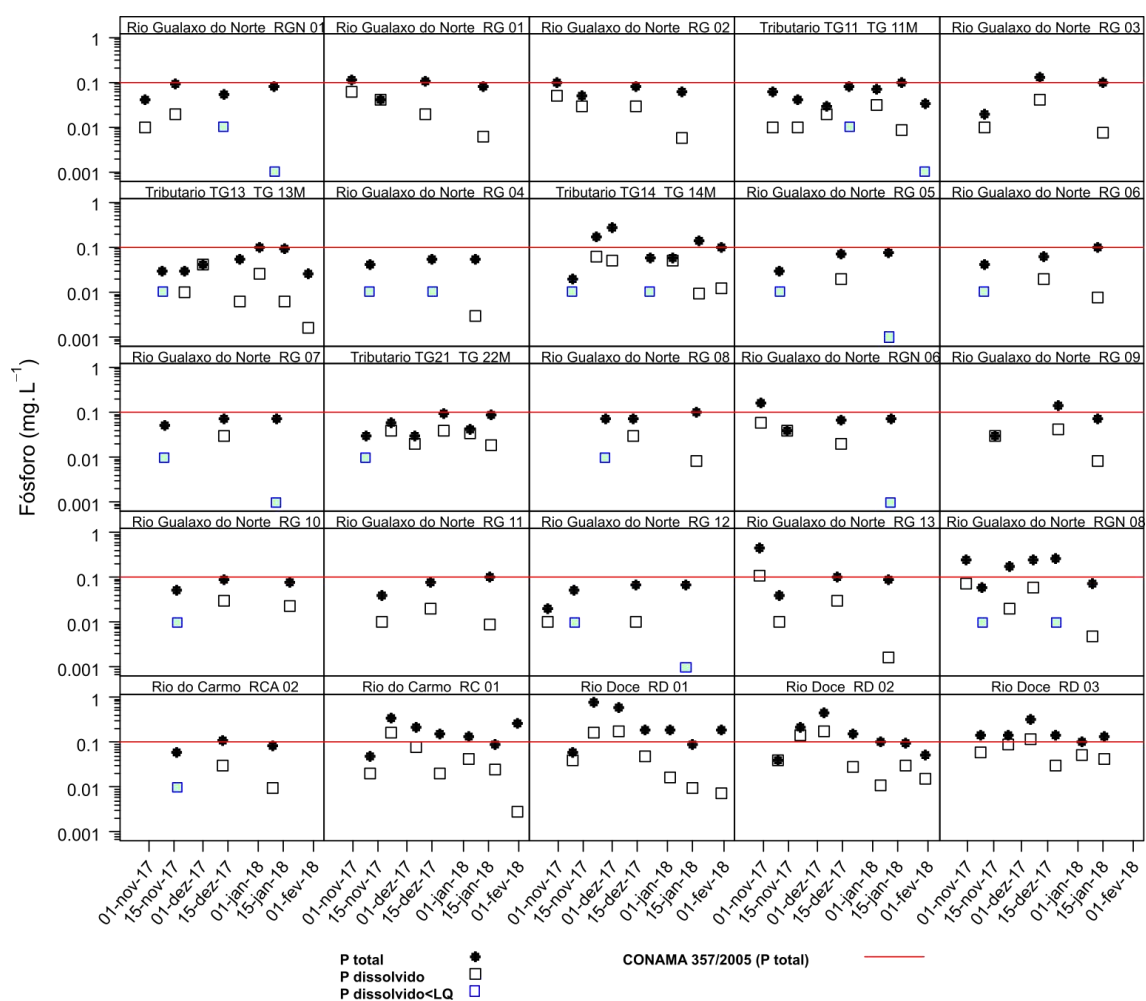


**PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE
E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVAI**

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

**Figura 6.3.1-9 – Fósforo total e dissolvido para o período compreendido
entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixo y em escala logarítmica.**



Ao longo de todo o trecho monitorado, as densidades de coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*) e coliformes totais foram elevadas (Tabela 6.3.1-2 e Anexo 6.3.1-1: planilha “Coli-Nutrientes”). A densidade de *E. coli* ultrapassou o valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2 (1000 NMP.100mL⁻¹) em

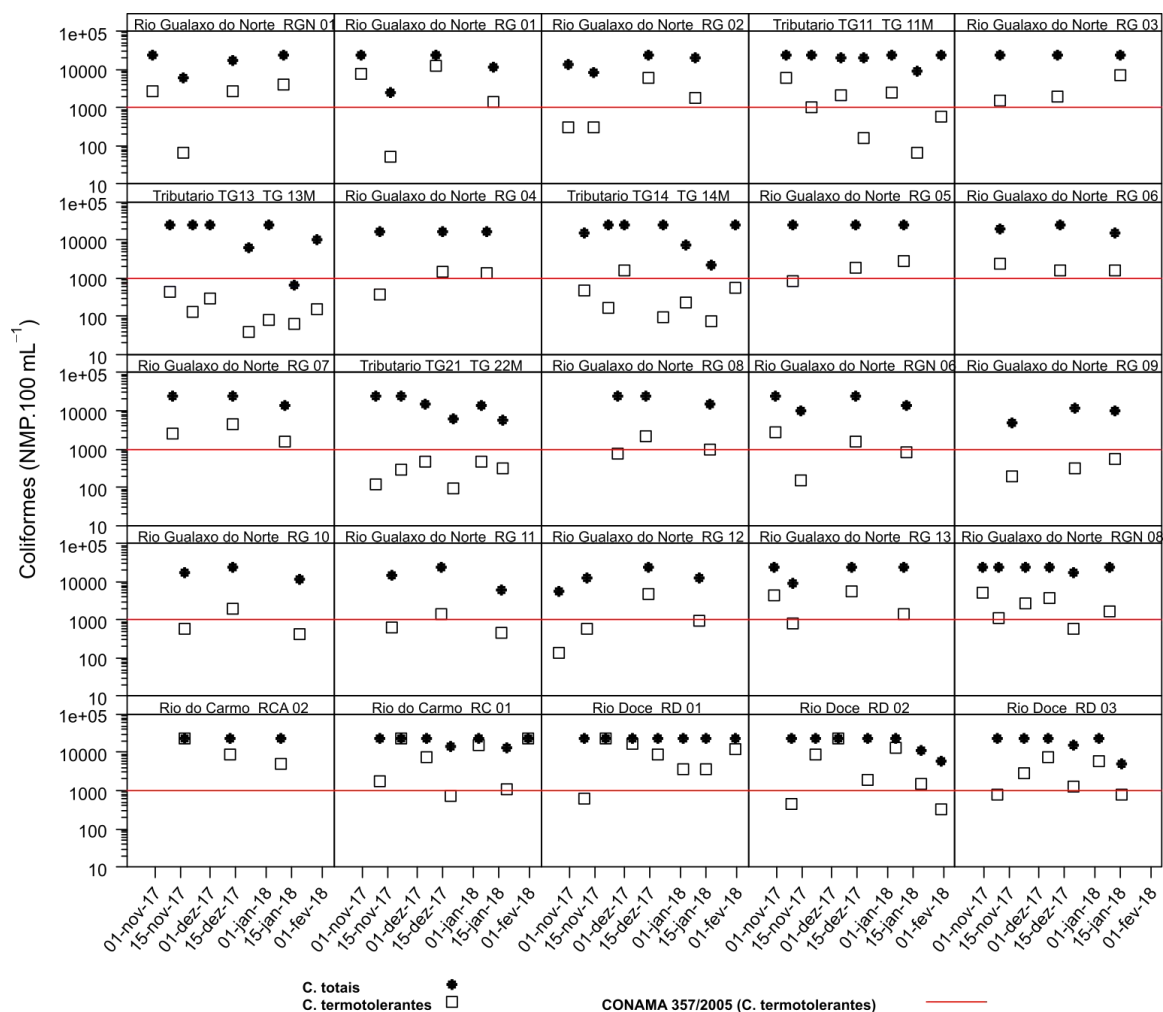
todos os pontos, exceto no TG 13M, TG 22M e RG 09 (**Figura 6.3.1-10**). A *E. coli* é uma bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae e é a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, portanto elevadas densidades de *Escherichia coli* no corpo d'água estão associadas à contaminação por material fecal.

A concentração de carbono orgânico total variou de $<1,0$ a $46,9 \text{ mg.L}^{-1}$ (média = $6,1 \text{ mg.L}^{-1}$). Amostras com concentrações acima do valor máximo do intervalo de confiança de 99% ($7,8 \text{ mg.L}^{-1}$) foram encontradas nos pontos RG 01, TG 11M, TG 13M, TG 14M, TG22M, RGN 06, RG 09, RGN 08, RC 01, RCA 02, RD 01, RD 02 e RD 03. Essas concentrações mais elevadas de carbono orgânico total foram mais frequentes nos tributários (TG 11M, TG 13M, TG 14M e TG 22M) e no ponto RC 01 no rio do Carmo (

Figura 6.3.1-11). A DBO e a DQO estão associadas à concentração de matéria orgânica das amostras. A DBO representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água através da decomposição microbiana aeróbia. Concentrações elevadas de DBO estão associados ao lançamento de cargas orgânicas, principalmente esgotos domésticos e causam a diminuição dos valores de oxigênio dissolvido na água, o que pode provocar mortandades de organismos aquáticos. Já a DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica por um agente químico. Elevados valores de DQO em relação à DBO em corpos d'água devem estar associados às cargas de despejos não biodegradáveis, comuns, principalmente, em despejos de origem industrial. Mesmo as amostras que apresentaram as maiores concentrações de carbono orgânico total tiveram baixos valores de DBO. A maioria das amostras apresentou valores de DBO menores do que o limite de quantificação ($<3,0 \text{ mg O}_2.\text{L}^{-1}$), exceto quatro amostras. Três dessas amostras apresentaram valores de DBO que ultrapassam o valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2 ($5,0 \text{ mg O}_2.\text{L}^{-1}$) uma amostra do

ponto TG 22M, uma do RC 01 e outra do RD 01 (**Tabela 6.3.1-2** e **Anexo 6.3.1-1**: planilha “Coli-Nutrientes”). Ressalta-se que a presença de contaminantes pode causar um efeito tóxico na assembleia de microrganismos heterotróficos e, conseqüentemente, causar baixas demandas bioquímicas de oxigênio. A maior parte das amostras também apresentou baixos valores de DQO ($<5 \text{ mg O}_2\text{.L}^{-1}$), porém as DQO mais elevadas foram encontradas nos quatro tributários (**Figura 6.3.1-11**), que também apresentaram elevadas concentrações de carbono orgânico total.

3463-00-VAI-RL-0001-00

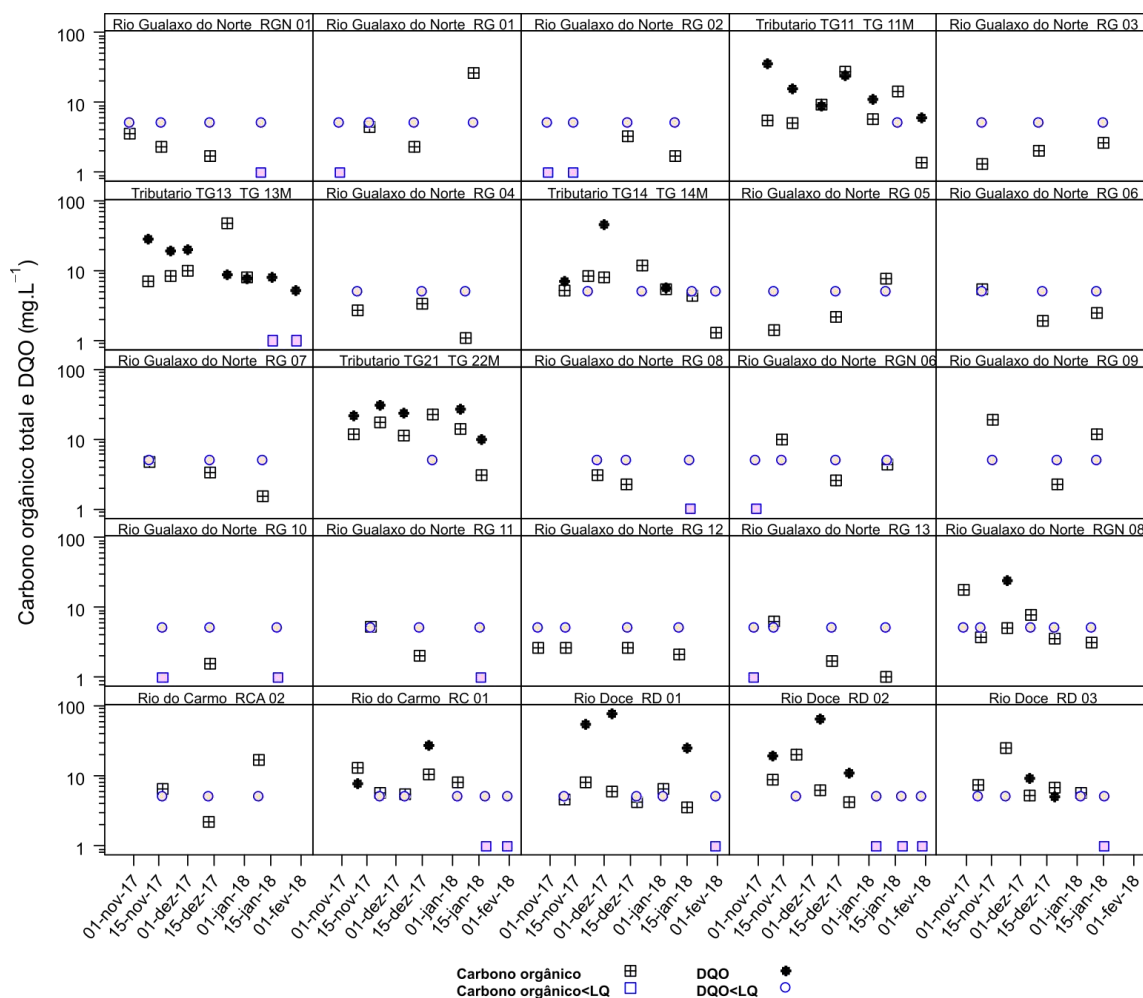


**PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE
E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVAI**

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

Figura 6.3.1-11 – Carbono orgânico total e demanda química de oxigênio (DQO) por ponto para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018. Eixo y em escala logarítmica.



PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE
E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

Tabela 6.3.1-2 - Nutrientes, clorofila, coliformes, carbono orgânico total, DBO e DQO por ponto para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018. Concentrações acima do valor de referência legal (Resolução CONAMA nº 357/2005) para águas doces classe 2 estão em realce vermelho.

PONTO	DATA	NITRATO	NITRITO	N AMONÍACAL	N KJELDAHL	P DISS	P TOTAL	CHLA	FEOFTINA	COLI TERMO	COLI TOTAL	COT	DBO	DQO
RGN 01 - I	30/10/2017	<0,5	<0,02	0.16	0.40	0.010	0.040	<3	<3	2613	24200	3.5	<3	<5
RGN 01 - I	16/11/2017	<0,5	0.03	<0,1	0.27	0.020	0.090	<3	<3	63	6131	2.3	<3	<5
RGN 01 - I	13/12/2017	<0,5	0.02	<0,1	0.55	<0,01	0.054	<3	<3	2613	17329	1.7	<3	<5
RGN 01 - I	10/01/2018	<0,5	0.02	0.10	0.32	<0,001	0.080	<1	<1	3873	24200	<1	<3	<5
RG-01	31/10/2017	<0,5	<0,02	0.23	0.77	0.060	0.110	<3	<3	7701	24200	<1	<3	<5
RG-01	16/11/2017	<0,5	0.01	<0,1	0.29	0.040	0.040	<3	<3	52	2495	4.5	<3	<5
RG-01	11/12/2017	<0,5	0.03	0.10	0.44	0.020	0.104	<3	<3	12033	24200	2.3	<3	<5
RG-01	12/01/2018	<0,5	<0,01	<0,1	0.33	0.006	0.082	<1	<1	1430	11199	26.4	<3	<5
RG-02	31/10/2017	<0,5	<0,02	0.25	0.62	0.050	0.100	<3	<3	315	12997	<1	<3	<5
RG-02	14/11/2017	<0,5	0.01	<0,1	0.37	0.030	0.050	<3	<3	301	8164	<1	<3	<5
RG-02	14/12/2017	<0,5	0.01	<0,1	0.93	0.030	0.082	<3	<3	6131	24200	3.2	<3	<5
RG-02	09/01/2018	<0,5	<0,01	<0,1	0.60	0.006	0.063	<1	<1	1723	19863	1.7	<3	<5
TG-11M	06/11/2017	0.62	<0,02	<0,1	0.61	0.010	0.060	<3	<3	6131	24200	5.4	<3	35.5
TG-11M	20/11/2017	0.54	0.01	<0,1	0.54	0.010	0.040			1012	24190	5.1	<3	15.6
TG-11M	06/12/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.38	0.020	0.030	<3	<3	2098	19863	9.3	<3	8.8
TG-11M	19/12/2017	<0,5	<0,01	0.10	0.32	<0,01	0.081	<3	<3	156	19863	27.8	<3	23.9
TG-11M	03/01/2018	<0,5	<0,01	<0,1		0.032	0.070	<3	<3	2481	24200	5.8	<3	10.8
TG-11M	17/01/2018	<0,5	<0,01	0.10	0.47	0.009	0.097	<1	<1	63	9208	14.1	<3	<5
TG-11M	30/01/2018	<0,5	<0,01	<0,1	0.46	<0,001	0.034	<1	<1	563	24200	1.4	<3	5.9
RG-03	10/11/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.37	0.010	0.020	<3	<3	1500	24200	1.3	<3	<5
RG-03	11/12/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.46	0.040	0.131	<3	<3	1968	24200	2	<3	<5
RG-03	15/01/2018	<0,5	0.02	<0,1	0.47	0.007	0.097	<1	<1	6867	24200	2.6	<3	<5
TG-13M	09/11/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.51	<0,01	0.030	<3	<3	428	24200	7.1	<3	27.7
TG-13M	21/11/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.36	0.010	0.030	<3	<3	134	24200	8.2	<3	19.5
TG-13M	01/12/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.81	0.040	0.040	<3	<3	301	24200	10.1	<3	20
TG-13M	22/12/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.21	0.006	0.055	<3	<3	41	6488	46.9	<3	8.7
TG-13M	02/01/2018	<0,5	<0,01	<0,1	0.26	0.026	0.098	<3	<3	85	24200	7.9	<3	7.8

**PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE
E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVAI**

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

PONTO	DATA	NITRATO	NITRITO	N AMONÍACAL	N KJELDAHL	P DISS	P TOTAL	CHLA	FEOPTINA	COLI TERMO	COLI TOTAL	COT	DBO	DQO
TG-13M	16/01/2018	<0,5	<0,01	<0,1	0.29	0.006	0.092	<1	<1	63	645	<1	<3	7.9
TG-13M	29/01/2018	0.73	<0,01	<0,1	0.32	0.002	0.025	<1	<1	161	10462	<1	<3	5.1
RG-04	10/11/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.36	<0,01	0.040	<3	<3	368	17329	2.7	<3	<5
RG-04	15/12/2017	0.75	0.03	0.11	0.38	<0,01	0.054	<3	<3	1467	17329	3.3	<3	<5
RG-04	08/01/2018	0.61	<0,01	<0,1	0.52	0.003	0.053	1	<1	1334	17329	1.1	<3	<5
TG-14M	09/11/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.28	<0,01	0.020	<3	<3	480	15531	5.3	<3	7.1
TG-14M	22/11/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.35	0.060	0.170	<3	<3	171	24200	8.4	<3	<5
TG-14M	01/12/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.54	0.050	0.270	<3	<3	1576	24200	8	<3	44.8
TG-14M	22/12/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.25	<0,01	0.056	<3	<3	96	24190	11.6	<3	<5
TG-14M	04/01/2018	<0,5	<0,01	<0,1	0.22	0.051	0.057	<1	3	241	7701	5.4	<3	5.7
TG-14M	18/01/2018	<0,5	<0,01	<0,1	0.26	0.009	0.137	<1	<1	75	2282	4.4	<3	<5
TG-14M	31/01/2018	0.59	<0,01	<0,1	0.39	0.012	0.099	<1	<1	565	24200	1.3	<3	<5
RG-05	10/11/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.36	<0,01	0.030	<3	<3	836	24190	1.4	<3	<5
RG-05	14/12/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.28	0.020	0.071	<3	<3	1918	24190	2.2	<3	<5
RG-05	10/01/2018	<0,5	<0,01	<0,1	0.56	<0,001	0.074	<1	<1	2755	24190	7.8	<3	<5
RG-06	10/11/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.28	<0,01	0.040	<3	<3	2382	19863	5.5	<3	<5
RG-06	13/12/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.36	0.020	0.062	<3	<3	1674	24190	1.9	<3	<5
RG-06	12/01/2018	<0,5	<0,01	<0,1	0.30	0.008	0.096	<1	<1	1670	15531	2.5	<3	<5
RG-07	10/11/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.35	<0,01	0.050	<3	<3	2489	24190	4.7	<3	<5
RG-07	13/12/2017	<0,5	0.01	<0,1	0.76	0.030	0.070	<3	<3	4352	24190	3.4	<3	<5
RG-07	11/01/2018	<0,5	<0,01	<0,1	0.38	<0,001	0.070	<1	<1	1529	14136	1.5	<3	<5
TG-22M	08/11/2017	<0,5	<0,01	0.12	0.65	<0,01	0.030	<3	<3	122	24200	11.5	<3	21.9
TG-22M	22/11/2017	0.61	<0,01	<0,1	0.51	0.040	0.060	<3	<3	301	24200	17.4	5.4	30.8
TG-22M	05/12/2017	0.92	<0,01	<0,1	0.73	0.020	0.030	<3	<3	457	15531	11.3	<3	23.3
TG-22M	21/12/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.34	0.039	0.095	<3	<3	97	6294	22.2	<3	<5
TG-22M	05/01/2018	0.88	<0,01	<0,1	0.64	0.035	0.041	<1	<1	480	14136	14.1	<3	26.3
TG-22M	17/01/2018	<0,5	<0,01	<0,1	0.31	0.019	0.086	<1	<1	305	5794	3	<3	9.8
RG-08	27/11/2017	0.54	0.02	<0,1	0.26	<0,01	0.070	<3	<3	763	24190	3	<3	<5
RG-08	13/12/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.43	0.030	0.074	<3	<3	2098	24200	2.3	<3	<5
RG-08	17/01/2018	<0,5	0.02	<0,1	0.30	0.008	0.098	<1	<1	959	15531	<1	<3	<5
RGN 06 - I	31/10/2017	0.56	<0,02	<0,1	0.68	0.060	0.160	<3	<3	2851	24200	<1	<3	<5

**PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE
E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVVAI**

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

PONTO	DATA	NITRATO	NITRITO	N AMONÍACAL	N KJELDAHL	P DISS	P TOTAL	CHLA	FEOPTINA	COLI TERMO	COLI TOTAL	COT	DBO	DQO
RGN 06 - I	14/11/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.24	0.040	0.040	<3	<3	155	9804	10	<3	<5
RGN 06 - I	14/12/2017	<0,5	0.01	<0,1	6.25	0.020	0.068	<3	<3	1624	24200	2.6	<3	<5
RGN 06 - I	11/01/2018	<0,5	<0,01	<0,1	0.31	<0,001	0.070	<1	<1	820	14136	4.4	<3	<5
RG-09	16/11/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.30	0.030	0.030	<3	<3	195	4884	19	<3	<5
RG-09	21/12/2017	<0,5	0.02	<0,1	0.41	0.042	0.136	<3	<3	309	12033	2.3	<3	<5
RG-09	12/01/2018	<0,5	<0,01	<0,1	0.21	0.008	0.072	<1	<1	563	10462	11.6	<3	<5
RG-10	17/11/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.24	<0,01	0.050			573	17329	<1	<3	<5
RG-10	13/12/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.49	0.030	0.089	<3	<3	1989	24190	1.6	<3	<5
RG-10	19/01/2018	<0,5	<0,01	<0,1	0.26	0.023	0.078	<1	<1	408	11199	<1	<3	<5
RG-11	17/11/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.27	0.010	0.040			638	14136	5.2	<3	<5
RG-11	14/12/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.47	0.020	0.077	<3	<3	1374	24200	2	<3	<5
RG-11	16/01/2018	<0,5	0.01	<0,1	0.26	0.009	0.104	<1	<1	465	6131	<1	<3	<5
RG-12	26/10/2017	<0,5	<0,02	<0,1	0.23	0.010	0.020	<3	<3	135	5794	2.7	<3	<5
RG-12	10/11/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.33	<0,01	0.050	<3	<3	576	12997	2.7	<3	<5
RG-12	14/12/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.39	0.010	0.069	<3	<3	4674	24200	2.6	<3	<5
RG-12	11/01/2018	<0,5	<0,01	<0,1	0.32	<0,001	0.067	<1	<1	987	12997	2.1	<3	<5
RG-13	30/10/2017	<0,5	<0,02	0.30	5.40	0.110	0.450	<3	<3	4352	24200	<1	<3	<5
RG-13	10/11/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.38	0.010	0.040	<3	<3	789	9208	6.2	<3	<5
RG-13	12/12/2017	<0,5	0.02	<0,1	0.36	0.030	0.100	<3	<3	5475	24200	1.7	<3	<5
RG-13	10/01/2018	0.52	<0,01	<0,1	0.33	0.002	0.089	<1	<1	1396	24200	1	<3	<5
RGN 08 - I	31/10/2017	<0,5	<0,02	<0,1	0.73	0.070	0.240	<3	<3	5172	24200	18.2	<3	<5
RGN 08 - I	09/11/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.27	<0,01	0.060	<3	<3	1153	24200	3.8	<3	<5
RGN 08 - I	24/11/2017	0.71	<0,01	0.41	0.58	0.020	0.170	<3	<3	2603	24200	5.1	<3	24.2
RGN 08 - I	07/12/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.40	0.060	0.240	<3	<3	3609	24200	7.8	<3	<5
RGN 08 - I	20/12/2017	<0,5	0.01	<0,1	0.24	<0,01	0.254	<3	<3	565	17329	3.6	<3	<5
RGN 08 - I	09/01/2018	0.60	<0,01	<0,1	0.38	0.005	0.074	<1	<1	1670	24200	3.2	<3	<5
RCA 02 - I	17/11/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.37	<0,01	0.060			24200	24200	6.6	<3	<5
RCA 02 - I	12/12/2017	<0,5	0.02	<0,1	0.43	0.030	0.111	<3	<3	9208	24200	2.2	<3	<5
RCA 02 - I	09/01/2018	0.64	<0,01	<0,1	0.75	0.010	0.082	<1	<1	5172	24200	16.9	<3	<5
RC-01	10/11/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.47	0.020	0.050	<3	<3	1782	24190	12.8	3.2	7.8
RC-01	22/11/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.85	0.160	0.350	<3	<3	24200	24200	5.6	<3	<5

**PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE
E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVAI**

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

PONTO	DATA	NITRATO	NITRITO	N AMONÍACAL	N KJELDAHL	P DISS	P TOTAL	CHLA	FEOFITINA	COLI TERMO	COLI TOTAL	COT	DBO	DQO
RC-01	06/12/2017	<0,5	<0,01	<0,1	0.51	0.080	0.210	<3	<3	7270	24200	5.4	<3	<5
RC-01	19/12/2017	<0,5	0.05	<0,1	0.32	0.020	0.155	<3	<3	727	14136	10.6	18.1	27
RC-01	04/01/2018	0.87	<0,01	<0,1	0.55	0.042	0.131	<3	3	15531	24200	8.2	<3	<5
RC-01	19/01/2018	<0,5	<0,01	<0,1	0.32	0.024	0.087	<1	<1	1076	12997	<1	<3	<5
RC-01	31/01/2018	0.91	0.02	<0,1		0.003	0.266	<1	<1	24190	24200	<1	<3	<5
RD-01	09/11/2017	0.70	0.03	<0,1	0.51	0.040	0.060	<3	<3	622	24200	4.5	<3	<5
RD-01	21/11/2017	0.60	0.02	<0,1	1.65	0.160	0.750	<3	<3	24200	24200	8.1	10.4	54.8
RD-01	05/12/2017	1.01	0.01	0.11	1.81	0.170	0.590	<3	<3	17329	24200	6	<3	77.1
RD-01	19/12/2017	0.62	0.02	<0,1	0.50	0.050	0.188	<3	<3	9208	24200	4.3	<3	<5
RD-01	02/01/2018	0.84	0.03	<0,1	0.61	0.017	0.186	<3	<3	3654	24200	6.6	<3	<5
RD-01	15/01/2018	0.60	0.02	<0,1	0.67	0.010	0.087	<1	<1	3654	24190	3.6	<3	25.4
RD-01	31/01/2018	0.84	0.02	0.11		0.007	0.187	2	<1	12033	24200	<1	<3	<5
RD-02	09/11/2017	0.71	0.03	<0,1	0.44	0.040	0.040	<3	<3	459	24200	8.9	<3	19.5
RD-02	22/11/2017	0.53	0.01	<0,1	0.71	0.140	0.220	<3	<3	8664	24200	20.2	<3	<5
RD-02	05/12/2017	0.84	0.02	0.18	1.17	0.170	0.440	<3	<3	24200	24200	6.2	<3	65.8
RD-02	21/12/2017	0.62	0.02	<0,1	0.52	0.028	0.152	<3	<3	1935	24190	4.2	<3	10.8
RD-02	05/01/2018	1.05	0.02	0.13	0.82	0.011	0.100	<1	<1	12997	24200	<1	<3	<5
RD-02	19/01/2018	<0,5	0.02	<0,1		0.030	0.096	1	<1	1543	11199	<1	<3	<5
RD-02	30/01/2018	<0,5	0.02	<0,1	0.39	0.016	0.053	<1	<1	336	5794	<1	<3	<5
RD-03	08/11/2017	0.75	0.04	<0,1	0.89	0.060	0.140	<3	<3	801	24200	7.4	<3	<5
RD-03	23/11/2017	0.50	0.02	0.12	0.65	0.090	0.140	<3	<3	2909	24200	25	<3	<5
RD-03	06/12/2017	0.61	0.03	0.17	1.13	0.120	0.320	<3	<3	7270	24200	5.3	<3	9
RD-03	20/12/2017	2.33	0.02	<0,1	0.44	0.030	0.145	<3	<3	1259	15531	6.8	<3	5.1
RD-03	03/01/2018	0.78	0.04	<0,1	0.55	0.052	0.099	<3	<3	6131	24200	5.6	<3	<5
RD-03	16/01/2018	0.64	0.02	0.16	0.49	0.043	0.133	<1	<1	771	5172	<1	<3	<5

As variáveis OD, condutividade elétrica (CE), pH e temperatura apresentaram valores compatíveis com águas doces de classe 2 (Tabela 6.3.1-3 e Anexo 6.3.1-1: planilha “In situ”). As concentrações de OD foram todas acima de 5 mg.L⁻¹, que é o valor mínimo estabelecido

pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces classe 2. O OD médio foi 7,9 mg.L⁻¹ (mínimo = 6,2 mg.L⁻¹ e máximo = 9,5 mg.L⁻¹), os pontos RG 08, RGN 06, RG 09 e RG 10 apresentaram menores concentrações de OD (entre 6,2 e 6,9 mg.L⁻¹), bem como baixas porcentagens de OD saturado. Contudo as menores porcentagens de OD saturado, menores do que 30%, foram encontradas em amostras pontuais nos pontos RGN 01, RG 01, RG 02 e TG 11M. A maior parte das amostras apresentou CE menor do que 100 µS.cm⁻¹, com exceção das amostras de novembro/2017 dos pontos RGN 01, RC-01, RCA 02 e RD 03. As amostras dos pontos dos quatro tributários (TG 11M, TG 13M, TG 14M e TG 22M) apresentaram menores CE. O pH médio foi 7,5 com valor mínimo de 6,6 e máximo de 8,5, portanto, dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces classe 2 (6,0 a 9,0). A temperatura da água variou de 19,0°C a 29,3°C (média = 24°C) e teve uma relação positiva com a temperatura do ar. Os dados ausentes de oxigênio dissolvido foram relatados no item 6.1 – Garantia e controle de qualidade.

Tabela 6.3.1-3 - Oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, pH, temperatura do ar e temperatura da água por ponto para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018.

PONTO	AREA	DATA	OD	OD_SAT	CE	PH	TEMP. AR	TEMP. ÁGUA
RGN 01 - I	Area 03	30/10/2017	7.2	88		7.5	23	22.8
RGN 01 - I	Area 03	16/11/2017	7.3	93	103	7.8	34	27.6
RGN 01 - I	Area 03	13/12/2017	7.5	86	61	7.4	24	22.3
RGN 01 - I	Area 03	10/01/2018		20	71	7.4	30	26.5
RG-01	Area 03	31/10/2017	7.7	90	98	7.6	30	23.3
RG-01	Area 03	16/11/2017	7.9	30	98	7.8	30	23.2
RG-01	Area 03	11/12/2017	7.2	85	97	7.2	26	23.5
RG-01	Area 03	12/01/2018		19	68	7.3	25	23.6
RG-02	Area 03	31/10/2017	7.2	93	93	7.6	35	27.5
RG-02	Area 03	14/11/2017	7.9	92	93	7.8	28	23.0
RG-02	Area 03	14/12/2017	7.6	87	47	7.3	24	22.3
RG-02	Area 03	09/01/2018		19	63	7.1	24	22.7

**PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE
E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQQVAI**

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

PONTO	AREA	DATA	OD	OD_SAT	CE	PH	TEMP. AR	TEMP. ÁGUA
TG-11M	Area 13	06/11/2017	8.1	91	29	6.8	26	21.3
TG-11M	Area 13	20/11/2017	7.6	88	25	6.8	27	22.2
TG-11M	Area 13	06/12/2017	7.7	87	16	7.2	26	21.7
TG-11M	Area 13	19/12/2017	7.8	94	18	7.3	32	24.9
TG-11M	Area 13	03/01/2018		21	18	6.7	31	24.2
TG-11M	Area 13	17/01/2018	8.1	93	20	7.4	28	22.3
TG-11M	Area 13	30/01/2018	7.9	92	22	7.2	24	22.5
RG-03	Area 13	10/11/2017	8.2	94	88	7.9	25	22.3
RG-03	Area 13	11/12/2017	8.0	95	45	7.6	29	23.9
RG-03	Area 13	15/01/2018	8.0	95	55	7.4	26	23.9
TG-13M	Area 13	09/11/2017	8.8	96	19	7.2	24	19.7
TG-13M	Area 13	21/11/2017	7.7	86	17	6.7	29	20.7
TG-13M	Area 13	01/12/2017	7.8	85	17	6.9	21	19.9
TG-13M	Area 13	22/12/2017	8.1	91	14	6.8	32	21.6
TG-13M	Area 13	02/01/2018	8.6	102	12	7.4	32	23.7
TG-13M	Area 13	16/01/2018	8.1	92	12	8.5	32	21.7
TG-13M	Area 13	29/01/2018	7.9		12	7.5	40	24.4
RG-04	Area 13	10/11/2017	7.8	95	82	8.0	27	25.8
RG-04	Area 13	15/12/2017	7.8	93	51	7.8	29	24.4
RG-04	Area 13	08/01/2018	9.5	116	44	7.9	35	25.3
TG-14M	Area 11	09/11/2017	8.5	93	22	7.1	22	19.6
TG-14M	Area 11	22/11/2017	7.8	89	21	6.8	26	21.9
TG-14M	Area 11	01/12/2017	7.9	87	18	6.6	23	20.2
TG-14M	Area 11	22/12/2017	8.0	91	17	7.2	30	21.6
TG-14M	Area 11	04/01/2018	9.1	103	15	7.8	26	21.6
TG-14M	Area 11	18/01/2018	8.5	93	15	7.4	27	20.1
TG-14M	Area 11	31/01/2018	8.0	90	11	7.0	27	21.2
RG-05	Area 11	10/11/2017	7.7	95	86	7.8	28	25.6
RG-05	Area 11	14/12/2017	8.0	93	43	7.7	28	23.0
RG-05	Area 11	10/01/2018	9.1	114	44	7.7	34	27.0
RG-06	Area 21	10/11/2017	8.3	94	77	7.8	22	21.5

**PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE
E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQQVAI**

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

PONTO	AREA	DATA	OD	OD_SAT	CE	PH	TEMP. AR	TEMP. ÁGUA
RG-06	Área 21	13/12/2017	7.8	96	46	7.7	30	25.4
RG-06	Área 21	12/01/2018	9.5	113	45	7.7	28	24.2
RG-07	Área 10	10/11/2017	8.1	94	77	7.8	26	22.3
RG-07	Área 10	13/12/2017	8.1	93	45	7.6	24	22.4
RG-07	Área 10	11/01/2018	9.0	114	45	7.8	37	27.7
TG-22M	Área 22	08/11/2017	8.7	94	40	7.8	19	19.0
TG-22M	Área 22	22/11/2017	8.0	89	33	7.5	27	20.8
TG-22M	Área 22	05/12/2017	7.8	88	20	7.1	29	21.4
TG-22M	Área 22	21/12/2017	9.1	103	29	7.6	29	21.0
TG-22M	Área 22	05/01/2018	9.0	103	20	7.5	31	21.8
TG-22M	Área 22	17/01/2018	8.9	102	26	7.6	36	22.3
RG-08	Área 22	27/11/2017	6.6	79	79	7.7	29	24.0
RG-08	Área 22	13/12/2017	6.9	79	61	7.6	27	22.6
RG-08	Área 22	17/01/2018	6.2	75	62	7.5	26	24.9
RGN 06 - I	Área 05	31/10/2017	6.5	76	82	8.0	31	23.0
RGN 06 - I	Área 05	14/11/2017	6.7	79	68	7.7	27	24.1
RGN 06 - I	Área 05	14/12/2017	6.7	78	60	7.4	23	22.7
RGN 06 - I	Área 05	11/01/2018	6.7	74	61	7.4	27	25.2
RG-09	Área 07	16/11/2017	6.8	80	70	7.9	25	23.8
RG-09	Área 07	21/12/2017	6.5	78	65	7.3	27	24.5
RG-09	Área 07	12/01/2018	6.4	76	61	7.1	26	23.9
RG-10	Área 07	17/11/2017	6.7	78	71	7.9	24	23.5
RG-10	Área 07	13/12/2017	6.5	80	61	7.5	33	26.1
RG-10	Área 07	19/01/2018	6.2	74	62	7.3	26	23.9
RG-11	Área 24	17/11/2017	8.1	96	76	7.9	27	24.3
RG-11	Área 24	14/12/2017	6.7		59	7.3	24	23.3
RG-11	Área 24	16/01/2018	7.9	95	61	7.6	31	25.2
RG-12	Área 24	26/10/2017	8.3	96	78	8.0	25	22.6
RG-12	Área 24	10/11/2017	8.4		65	7.8	24	22.1
RG-12	Área 24	14/12/2017	8.3	97	57	7.4	25	23.5
RG-12	Área 24	11/01/2018	7.1	87	52	7.9	27	25.5

**PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE
E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVAI**

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

PONTO	AREA	DATA	OD	OD_SAT	CE	PH	TEMP. AR	TEMP. ÁGUA
RG-13	Área 06	30/10/2017	8.2	96	70	7.7	29	23.6
RG-13	Área 06	10/11/2017	8.2	97	65	7.8	26	23.9
RG-13	Área 06	12/12/2017			49	7.3	28	23.8
RG-13	Área 06	10/01/2018	7.1	86	53	7.7	32	25.7
RGN 08 - I	Área 25	31/10/2017	8.4	99	59	7.6	27	23.6
RGN 08 - I	Área 25	09/11/2017	8.4	98	61	7.7	24	22.6
RGN 08 - I	Área 25	24/11/2017	8.4	98	61	7.4	25	22.7
RGN 08 - I	Área 25	07/12/2017	8.3	98	51	7.5	28	23.7
RGN 08 - I	Área 25	20/12/2017	7.7	93	54	7.6	26	25.2
RGN 08 - I	Área 25	09/01/2018	8.0	99	60	7.6	30	26.3
RCA 02 - I	Área 15	17/11/2017	7.6	93	133	7.5	29	25.4
RCA 02 - I	Área 15	12/12/2017	7.9	94	70	7.3	29	24.2
RCA 02 - I	Área 15	09/01/2018	8.0	96	66	7.4	29	24.7
RC-01	Área 27	10/11/2017	8.1	96	123	7.6	26	23.8
RC-01	Área 27	22/11/2017	7.7	93	95	7.4	26	24.5
RC-01	Área 27	06/12/2017	7.9	94	56	7.3	30	24.6
RC-01	Área 27	19/12/2017	7.7	98	68	7.5	34	28.0
RC-01	Área 27	04/01/2018	7.6	95	78	7.8	28	26.5
RC-01	Área 27	19/01/2018	7.7	98	76	7.5	35	27.6
RC-01	Área 27	31/01/2018	7.7	93	80	7.2	27	24.8
RD-01	Área 27	09/11/2017	8.2	98	86	7.4	28	24.3
RD-01	Área 27	21/11/2017	7.6	91	71	7.1	28	24.8
RD-01	Área 27	05/12/2017	8.1	95	48	7.1	29	23.5
RD-01	Área 27	19/12/2017	7.8	98	62	7.6	32	27.1
RD-01	Área 27	02/01/2018	7.7	97	61	7.6	32	27.5
RD-01	Área 27	15/01/2018	7.7	98	57	7.2	33	27.7
RD-01	Área 27	31/01/2018	7.6	95	76	7.5	29	26.5
RD-02	Área 27	09/11/2017	8.2	98	96	7.2	26	24.2
RD-02	Área 27	22/11/2017	8.2	99	69	7.5	27	24.8
RD-02	Área 27	05/12/2017	8.6	100	52	6.8	28	23.2
RD-02	Área 27	21/12/2017	7.7	99	70	7.7	33	28.4

PONTO	AREA	DATA	OD	OD_SAT	CE	PH	TEMP. AR	TEMP. ÁGUA
RD-02	Área 27	05/01/2018	8.1	100	59	7.3	28	25.9
RD-02	Área 27	19/01/2018	7.6	99	66	7.6	30	29.0
RD-02	Área 27	30/01/2018	7.5	98	69	7.6	32	29.3
RD-03	Área 16	08/11/2017	8.2	97	109	7.8	24	23.5
RD-03	Área 16	23/11/2017	8.6	99	70	7.7	27	25.7
RD-03	Área 16	06/12/2017	9.0	108	47	7.5	29	24.3
RD-03	Área 16	20/12/2017	8.1	104	65	7.6	33	28.3
RD-03	Área 16	03/01/2018	8.1	103	65	7.8	30	27.6
RD-03	Área 16	16/01/2018	8.0	103	63	7.5	32	28.8

Nos dados gerados pelo IGAM no monitoramento emergencial realizado após o rompimento da barragem de Fundão, o RD 011 foi o único ponto correspondente a um dos pontos monitorados no programa de intervenções (RGN 08). Assim, a base de dados comparativa fica reduzida a apenas este ponto monitorado pelo IGAM no período de setembro/2016 a dezembro/2017, ou seja, no período após o rompimento da barragem. Para os parâmetros oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, temperatura da água, ferro dissolvido, alumínio dissolvido e manganês total não foram observadas diferenças entre a variação dos dados do monitoramento das intervenções e os dados do IGAM. Algumas medidas mais elevadas de manganês total, ferro dissolvido e da série de sólidos em um ou ambos os monitoramentos podem estar associadas a maior pluviosidade no período da coleta. Devido a reduzida quantidade de dados no momento, fica indefinida a resposta das intervenções na melhoria da qualidade da água.

Em relação aos objetivos específicos desse monitoramento, que são avaliar eventuais impactos na qualidade da água em função das obras de intervenção, bem como avaliar a recuperação do ambiente devido a essas obras, não se observou aumento das concentrações

dos parâmetros dos grupos “sólidos e metais” durante o intervalo de monitoramento. Contudo, os pontos que foram monitorados durante as obras de intervenção (RGN 08, RC 01, RD 01, RD 02 e RD 03) tiveram mais frequentemente amostras com elevadas concentrações de sólidos suspensos totais e de ferro total.

Com a continuidade do monitoramento será possível avaliar se essas concentrações mais elevadas podem ter sido impacto das obras de intervenção. Em contrapartida, não foi observado uma melhoria da qualidade de água ao longo do intervalo de tempo de outubro/2017 a janeiro/2018 nos demais pontos que já tinham passado por obras de intervenção. De forma geral, os efeitos de restauração são demorados e requerem monitoramento de longo prazo.

Em suma: i) os dados dos grupos de “sólidos e metais” indicam que os pontos dos tributários do rio Gualaxo do Norte são diferentes dos pontos desse rio (padrão evidente também pelos dados de carbono orgânico total, DQO, e condutividade elétrica), ii) os pontos que foram monitorados durante as obras de intervenções tiveram elevados valores de sólidos suspensos totais e ferro total e iii) houve uma forte relação desses parâmetros com as chuvas.

6.3.2 - Sedimentos

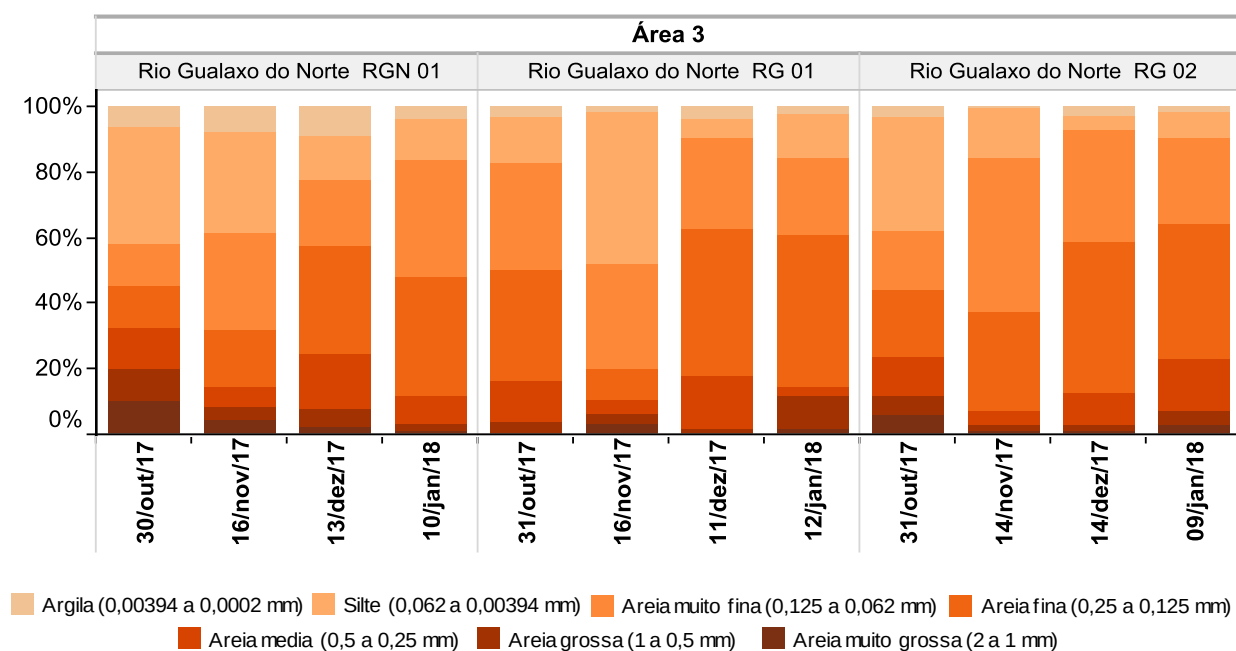
Nesta seção são apresentados os resultados de 8 variáveis químicas e uma física, monitoradas nos sedimentos dos rios Gualaxo do Norte e quatro de seus tributários, do Carmo e Doce. Essas variáveis foram selecionadas por estarem relacionadas com os rejeitos da barragem de Fundão (alumínio, ferro e manganês) (GOLDER, 2017) e/ou por terem ultrapassado os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 454/2012 para ambiente de água doce nível 1 (ver ressalva na sessão 5.5). Serão abordadas informações sobre os níveis de nutrientes no sedimento, com resultados de carbono orgânico total (COT), nitrogênio e fósforo. Para estes parâmetros químicos, as escalas para apresentação dos resultados nos gráficos serão ajustadas para a melhor visualização em cada figura. Para caracterizar fisicamente o sedimento, as frações granulométricas serão reportadas.

Os resultados serão apresentados por áreas de intervenção, de forma que se possibilite a visualização integrada de todos os parâmetros para cada um dos pontos amostrais (agrupados por áreas). Quanto às intervenções, somente nas Áreas 25, 27 e a jusante da Área 27 (dragagem no reservatório de Candonga) ocorreram amostragens enquanto as obras ainda estavam em andamento, e na Área 21 a intervenção terminou 14 dias antes do início do monitoramento. Portanto, nestas áreas serão discutidos os possíveis efeitos das intervenções sobre os parâmetros avaliados. Nas demais áreas, as intervenções realizadas terminaram antes do início das campanhas deste plano de monitoramento.

6.3.2.1 - Granulometria

Os pontos da Área 3 (**Figura 6.3.2-1**) apresentaram similaridade entre si para a composição granulométrica, com as frações de silte, areia muito fina e areia fina se alternando na predominância. De forma geral, os três pontos (RGN 01, RG 01 e RG 02, rio Gualaxo do Norte – Área 3) apresentaram redução da fração de silte, com aumento de areia muito fina, fina e média, nas campanhas amostrais de dezembro/2017 e janeiro/2018.

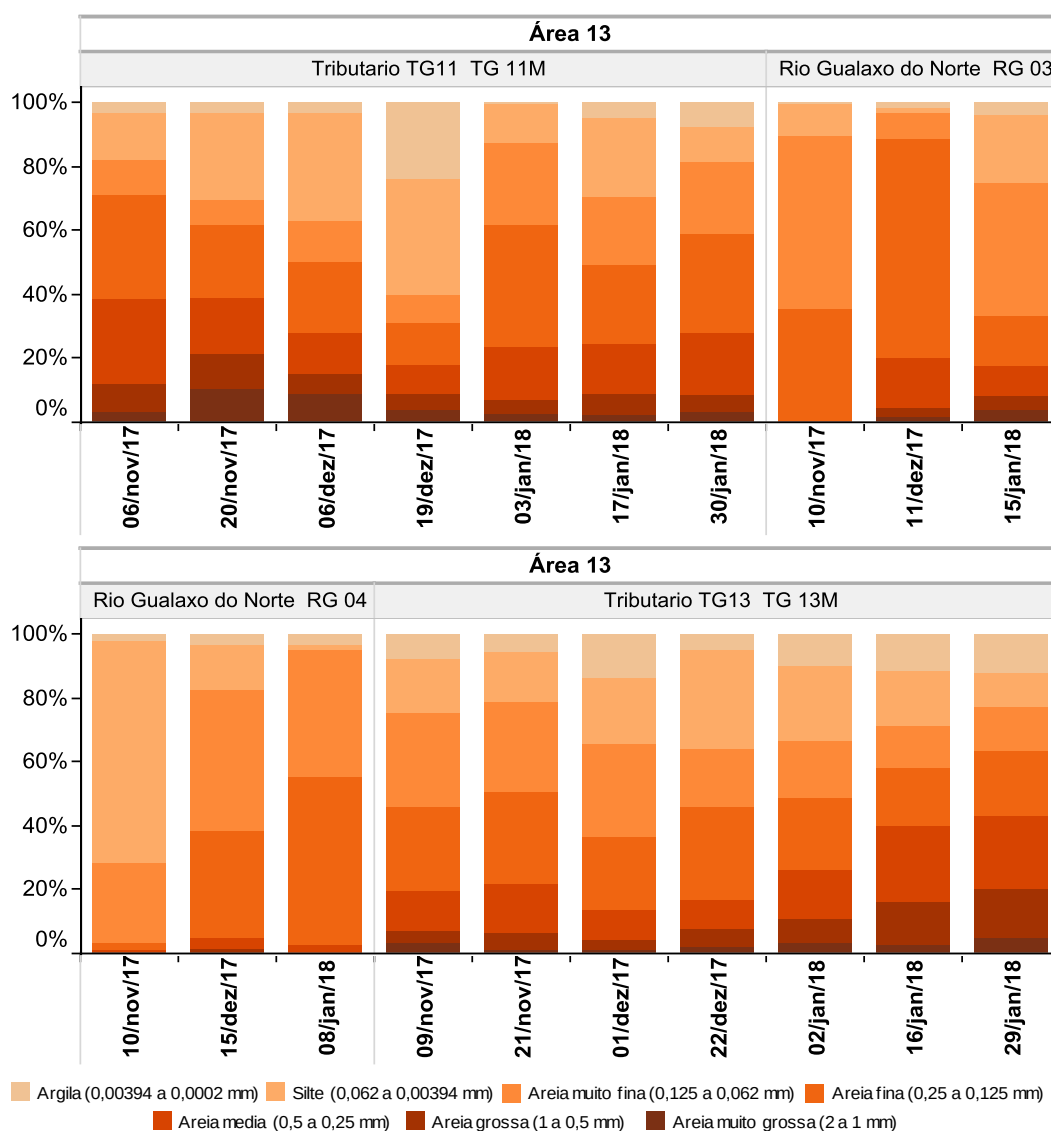
Figura 6.3.2-1 - Granulometria dos sedimentos da Área 3 para os pontos RGN 01, RG 01 e RG 02 (Rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG), para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018.



Na Área 13 (**Figura 6.3.2-2**), o ponto TG 11M (tributário TG 11 – a montante da área 20), apresentou certa uniformidade na composição granulométrica ao longo do período amostral, predominando as frações de silte, areia muito fina, areia fina e areia média. Observou-se também, um aumento expressivo na fração de argila, com redução de areia muito fina, na campanha de 19/dezembro/2017, embora na campanha seguinte a argila praticamente desaparece do sedimento. No ponto RG 03 (rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG), na campanha de dezembro/2017, observou-se um predomínio da fração de areia muito fina, em relação à de silte. Estes resultados podem indicar que há outros fatores (ex.: integridade da mata ciliar e uso e ocupação do solo do entorno) que influenciam de forma mais preponderante na composição granulométrica do sedimento do ponto RG 03, que não somente a contribuição do tributário TG 11M.

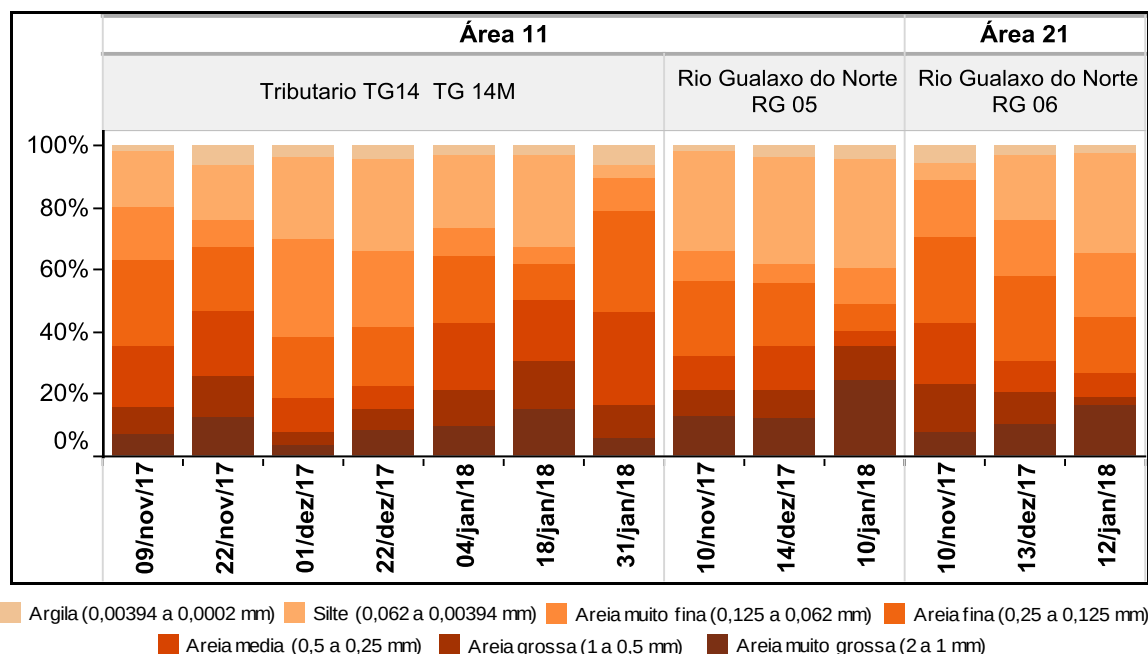
O ponto RG 04 (rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG) (**Figura 6.3.2-2**) apresentou redução da fração de silte, com aumento na de areia muito fina e areia fina nas campanhas de dezembro/2017 e janeiro/2018. O ponto que se segue na Área 13, o TG 13M (tributário TG 13 – Mariana/MG) (**Figura 6.3.2-2**), apresentou aumento das frações de areia média, muito grossa e grossa nas últimas campanhas realizadas. Como foi realizada a disposição de enrocamento neste tributário, com a entrada de substrato com diferentes granulometrias (desde pedras de mão até cascalhos mais finos), esses resultados podem estar refletindo a contribuição deste material introduzido no perfil granulométrico do sedimento desta área. Apesar de ter sido feita a retirada de rejeitos dessa Área, o remanescente pode estar sendo carregado pela chuva para dentro da calha do rio, resultando no aumento dos percentuais de argila nas amostras obtidas no período chuvoso.

Figura 6.3.2-2 - Granulometria dos sedimentos da Área 13 para os pontos TG 11M (tributário TG11 – Mariana/MG), RG 03 e RG 04 (rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG), e TG 13M (tributário TG13 – Mariana/MG), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.



Os dados do monitoramento do ponto TG 14M (tributário TG14 – Área 11) (**Figura 6.3.2-3**) apresentaram variação temporal, com redução das frações mais grossas (areia média e grossa) nas duas primeiras campanhas de dezembro/2017, seguido de aumentos nestas frações até a última campanha de janeiro/2018, onde se observou redução expressiva da fração de silte. O ponto RG 05 (rio Gualaxo do Norte – Área 11) (**Figura 6.3.2-3**) apresentou uniformidade nas frações granulométricas ao longo do tempo amostral. De forma contrária ao observado nos demais pontos a montante, o ponto RG 06 (rio Gualaxo do Norte – Área 21) (**Figura 6.3.2-3**) apresentou aumento da fração mais fina (silte) nas campanhas de dezembro/2017 e janeiro/2018.

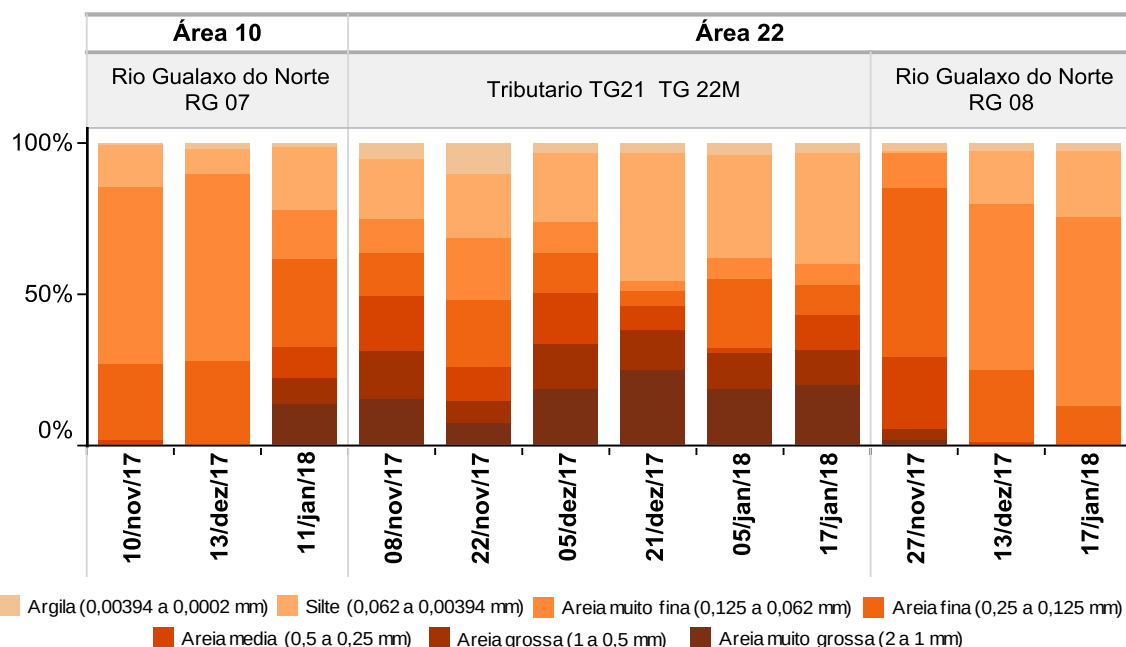
Figura 6.3.2-3 - Granulometria dos sedimentos da Área 11 para os pontos TG 14M (tributário TG14 – Mariana/MG) e RG 05 (rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG), e Área 21 para o ponto RG 06 (rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG), para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018.



O ponto RG 07 (rio Gualaxo do Norte - Área 10) apresentou estabilidade nos percentuais das frações granulométricas nas campanhas de novembro/2017 e dezembro/2017,

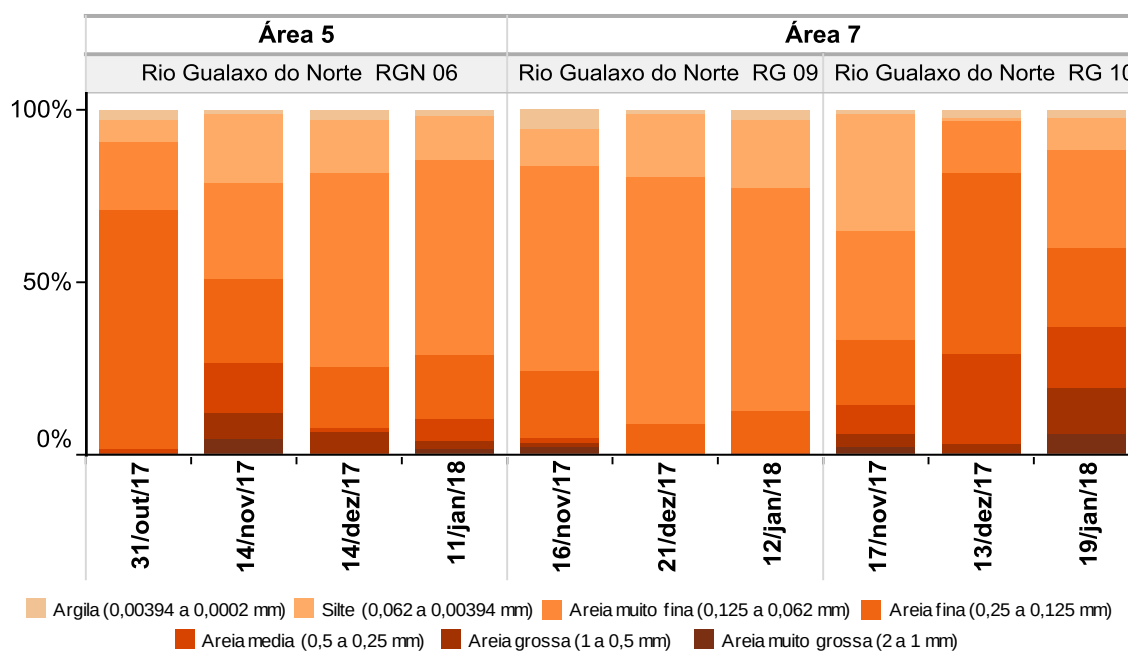
com predomínio de areia muito fina (**Figura 6.3.2-4**). Porém, na campanha de janeiro/2018 ocorreu uma redução da fração de areia muito fina, com o aumento das frações de areia grossa e muito grossa em janeiro/2018. Na Área 22, o ponto TG 22M (tributário TG21) apresentou relativa homogeneidade em suas distribuições granulométricas ao longo das campanhas amostrais (**Figura 6.3.2-4**), com predomínio da fração de silte. Assim como o observado para os pontos RG 06 (rio Gualaxo do Norte – Área 21), RG 08 (rio Gualaxo do Norte – Área 22) (**Figura 6.3.2-4**) e o RGN 06 (rio Gualaxo do Norte – Área 5) (**Figura 6.3.2-5**) apresentaram aumento da fração fina (silte e areia muito fina) nas campanhas de dezembro/2017 e janeiro/2018.

Figura 6.3.2-4 - Granulometria dos sedimentos da Área 10 no ponto RG 07 (rio Gualaxo do Norte), Área 22 para os pontos: TG 22M (tributário TG21 – Mariana/MG), e RG 08 (rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.



Na Área 7 (**Figura 6.3.2-5**), enquanto o ponto RG 09 (rio Gualaxo do Norte) apresentou uniformidade na distribuição das frações granulométricas (predomínio de areia muito fina) ao longo das campanhas amostrais, no ponto RG 10 (rio Gualaxo do Norte – Área 7), apresentou redução das frações finas, com aumento dos percentuais de areia média e grossa nas campanhas de dezembro/2017 e janeiro/2018.

Figura 6.3.2-5 - Granulometria dos sedimentos das Áreas 5 e 7 para os pontos: RGN 06, RG 09 e RG 10 (rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG), para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018.

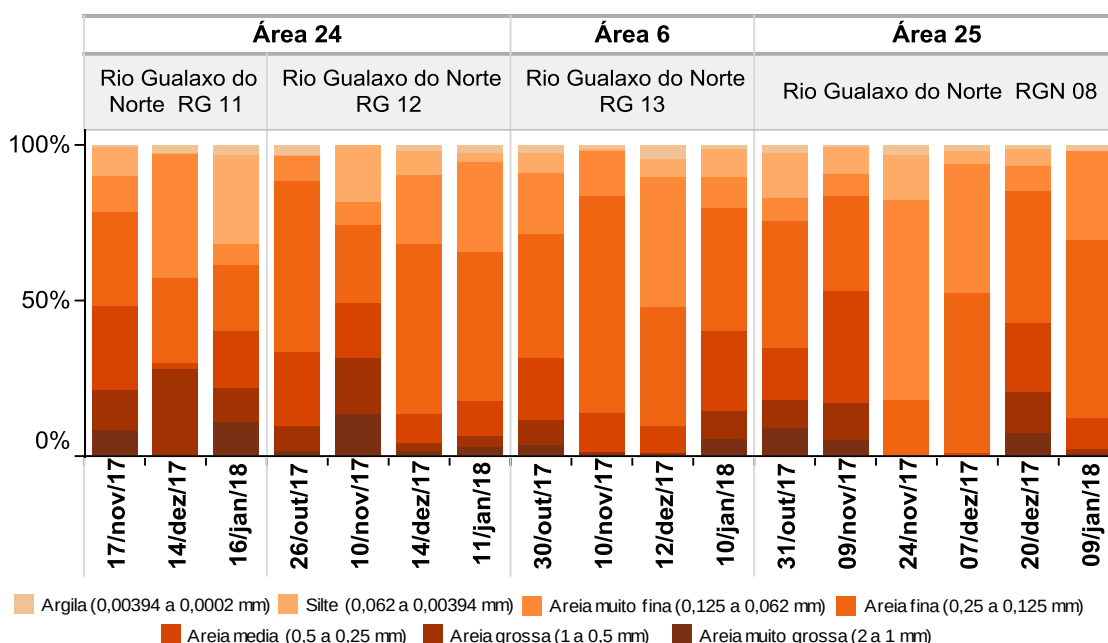


Na Área 24 (**Figura 6.3.2-6**), os pontos RG 11 e RG 12 (rio Gualaxo do Norte) observou-se uma variação temporal na composição granulométrica nas campanhas amostrais, com aumento das frações mais finas (areia muito fina, areia fina e silte) nas campanhas de dezembro/2017 e janeiro/2018. Porém, a Área 6 (**Figura 6.3.2-6**) apresentou aumento da fração mais grossa (areia muito grossa, areia grossa e areia média) na composição granulométrica para a campanha de janeiro/2018. Chegando na Área 25 (**Figura 6.3.2-6**), onde as intervenções terminaram em 22 de dezembro/2017, os percentuais das frações granulométricas variaram de

forma expressiva de uma campanha para a outra, com as duas primeiras quinzenas apresentando predominância da fração areia fina e areia média, as duas seguintes com areia muito fina, e as últimas por areia fina.

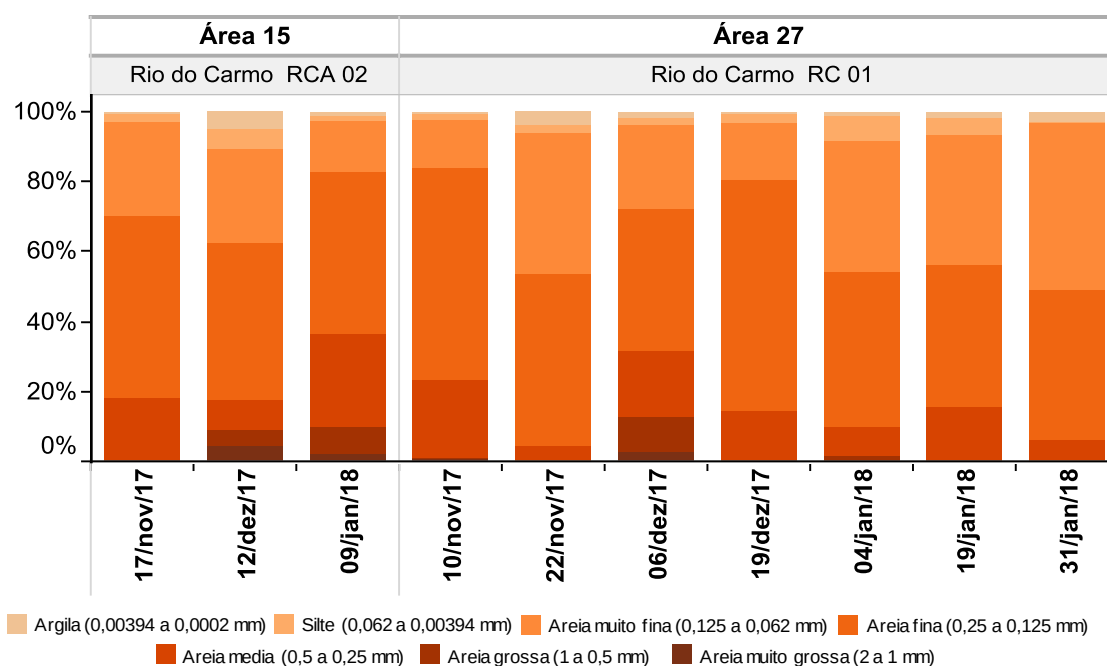
Essa variabilidade contrasta com a homogeneidade na composição granulométrica observada no ponto RCA 02 (rio do Carmo - Área 15) (**Figura 6.3.2-7**). Considerando que RCA 02 (rio do Carmo – Área 15) fica imediatamente a jusante do ponto RGN 08 (rio Gualaxo do Norte – Área 25), e que a intervenção na Área 25 se estendeu até à penúltima campanha amostral realizada no ponto RCA 02, aparentemente as frações granulométricas de RCA 02, não sofreram alterações relacionadas com a intervenção na Área 25 no período amostrado.

Figura 6.3.2-6 - Granulometria dos sedimentos da Áreas 24, 6 e 25 para os pontos: RG 11 e RG 12 (rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG), e RG 13 e RGN 08 (rio Gualaxo do Norte – Barra Longa/MG), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.



O ponto RC 01 (rio do Carmo) (**Figura 6.3.2-7**) localizado na – Área 27, esteve sob influência das obras de intervenção até a penúltima campanha amostral (janeiro/2018), e apresentou homogeneidade no predomínio das frações granulométricas (areia fina e areia muito fina). Da mesma forma, a jusante do ponto RC 01 (rio do Carmo – Área 27), o ponto RD 01 (rio Doce – jusante Área 27) apresentou esse padrão (**Figura 6.3.2-8**).

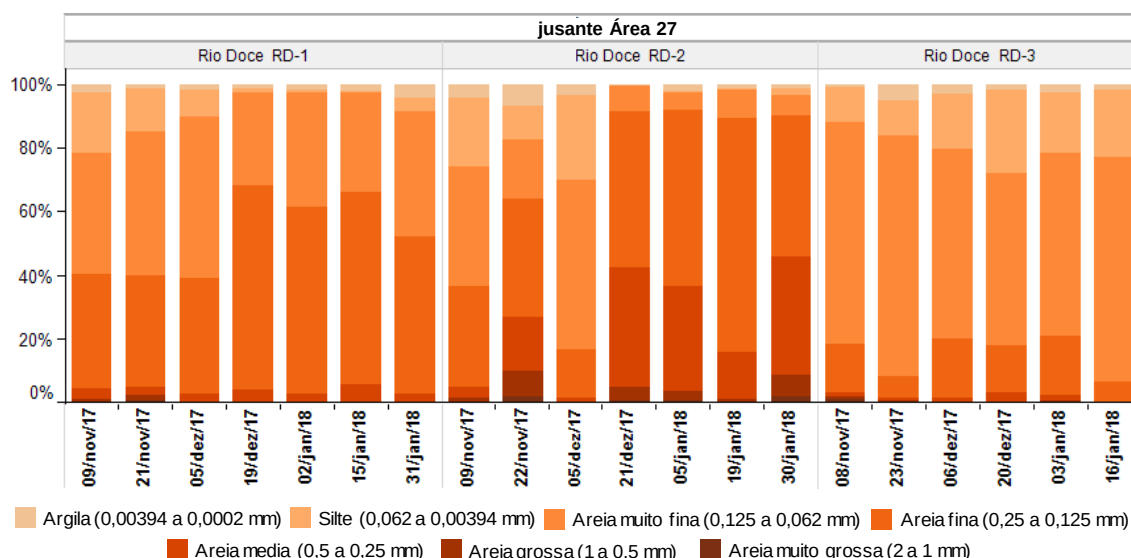
Figura 6.3.2-7 - Granulometria dos sedimentos da Área 15 e 27 para os pontos: RCA 02 (rio do Carmo – Barra Longa/MG) e RC 01 (rio do Carmo - Ponte Nova/MG), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.



Como os pontos RD 01 e RD 02 (rio Doce – jusante Área 27) estão a jusante das intervenções realizadas na Área 27, buscou-se avaliar as possíveis influências sobre a granulometria dos sedimentos destes pontos pelas intervenções realizadas na Área 27. Para tal, deve-se considerar que estes pontos estão a jusante da confluência do rio do Carmo com o rio Piranga. Uma vez que o rio Piranga é de maior porte em relação ao rio do Carmo, pode-se esperar uma diluição das possíveis perturbações geradas na Área 27, para as medições aferidas

nos pontos RD 01 e RD 02 (rio Doce – jusante Área 27). Em RD 01, o primeiro a jusante da Área 27, registrou-se um aumento da fração de areia fina (aumento de 20% aproximadamente), e uma redução da fração de argila a partir da segunda campanha de dezembro/2017. No ponto RD 02 (rio Doce – jusante Área 27), observou-se o aumento nos valores percentuais das frações de areia média e areia fina a partir da segunda campanha de dezembro/2017. Se essas alterações foram em decorrência de influência das intervenções da Área 27, essas foram refletidas em frações granulométricas distintas. E ainda, como as informações das atividades desenvolvidas no rio Piranga são limitadas, essas avaliações devem ser feitas com cautela. No ponto RD 03 (rio Doce – jusante Área 27) (**Figura 6.3.2-8**) a jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves, observou-se uma homogeneidade na distribuição das frações granulométricas ao longo das campanhas amostrais, com predomínio de areia muito fina. Esse resultado pode refletir o efeito da dragagem feita de forma contínua na região de 400 m a montante da barragem deste reservatório. Como as condições do reservatório favorecem a sedimentação das partículas mais finas (ambiente lântico), a atividade de dragagem aparentemente favorece a ressuspensão e a exportação destas partículas finas, para a região a jusante do reservatório.

Figura 6.3.2-8 - Granulometria dos sedimentos a jusante da Área 27 para os pontos: RD 01, RD 02 e RD 03 (rio Doce – Rio Doce/MG).



De forma geral, foi possível identificar duas condições de alteração no perfil granulométrico, ambos ocorrendo em paralelo ao aumento do período de chuvas (campanhas amostrais de dezembro/2017 e janeiro/2018): 1) aumento dos valores percentuais das frações mais grossas; 2) aumento das frações mais finas. Na primeira situação, pode-se supor que as intervenções resultaram na contenção do rejeito acumulado nas margens do entorno destes pontos, e a chuva atuou na remoção das partículas mais finas dos sedimentos nos leitos dos rios e tributários avaliados, acarretando em aumentos das frações mais grossas nestas amostras. Na segunda situação, é possível que estes pontos ainda estejam sob influência de áreas onde o rejeito esteja sendo carregado das margens para dentro das calhas dos rios (RG 06, RG 08 e RGN 06, no rio Gualaxo do Norte, e os tributários TG 22M, TG 14M e TG 13M), resultando no aumento dos valores percentuais das frações mais finas no período de chuvas.

6.3.2.2 - Parâmetros químicos

6.3.2.2.1 - Macronutrientes

Tomando como referência os níveis de alerta estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/2012, os resultados para Carbono orgânico total - COT (10%), nitrogênio Kjeldahl total (4.200 mg.kg^{-1}) e fósforo total (2.000 mg.kg^{-1}), indicam baixos valores destes parâmetros em todas as áreas estudadas (da **Figura 6.3.2-9** a **Figura 6.3.2-15**). O ponto TG 13M (tributário TG13 – Área 13) foi o que registrou os maiores valores destes parâmetros, com 4,6% para COT, 1.290 mg.kg^{-1} para nitrogênio Kjeldahl total e 410 mg.kg^{-1} para fósforo total. Apesar dos demais valores para fósforo terem ficado uma ordem de grandeza abaixo do nível de alerta da referida Resolução, observou-se maiores valores nas campanhas de dezembro/2017 e janeiro/2018.

Estes resultados podem indicar que a entrada de fósforo nos sistemas estudados está relacionada com o período de chuva, quando partículas enriquecidas por compostos fosforados seriam carregadas para dentro das calhas dos rios. Já para COT, apesar de alguns pontos (RG 07, no rio Gualaxo do Norte – Área 10; RG 13, no rio Gualaxo do Norte – Área 6) terem apresentado este mesmo cenário, também se observou o oposto (RGN 01, no rio Gualaxo do Norte – montante da Área 3), mas a maioria dos pontos não indicaram padrão temporal. A mesma ausência de temporalidade ocorreu para os resultados de nitrogênio Kjeldahl total.

Figura 6.3.2-9 – Percentuais de Carbono orgânico total (COT), e concentrações de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nos sedimentos da Área 03 para os pontos RGN 01, RG 01 e RG 02 (Rio Gualaxo do Norte), para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018.

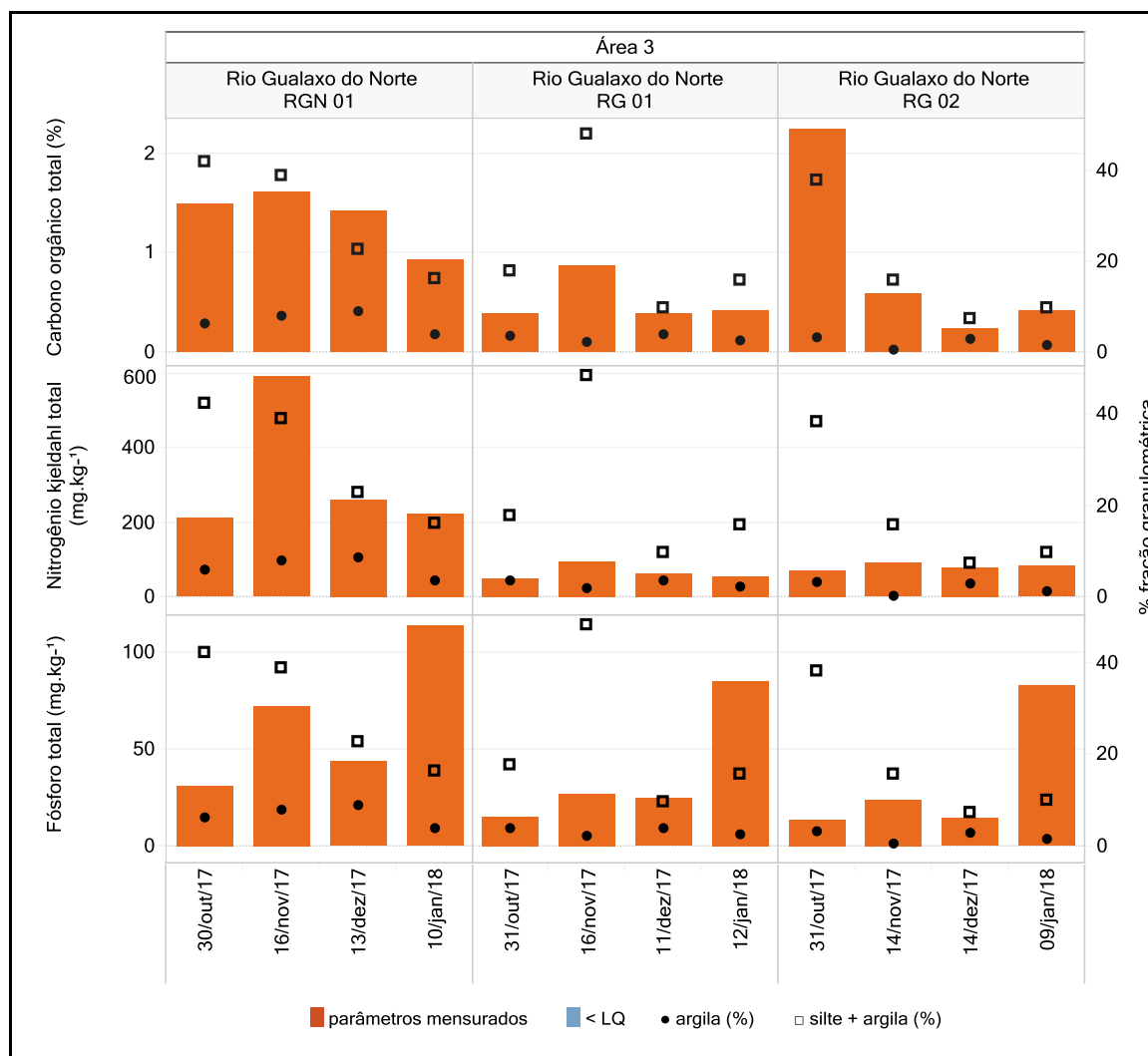


Figura 6.3.2-10 - Percentuais de Carbono orgânico total (COT), e concentrações de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nos sedimentos da Área 13 para os pontos TG 11M (tributário TG11 – Mariana/MG), RG 03 e RG 04 (rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG) e TG 13M (tributário TG13 – Mariana/MG), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.

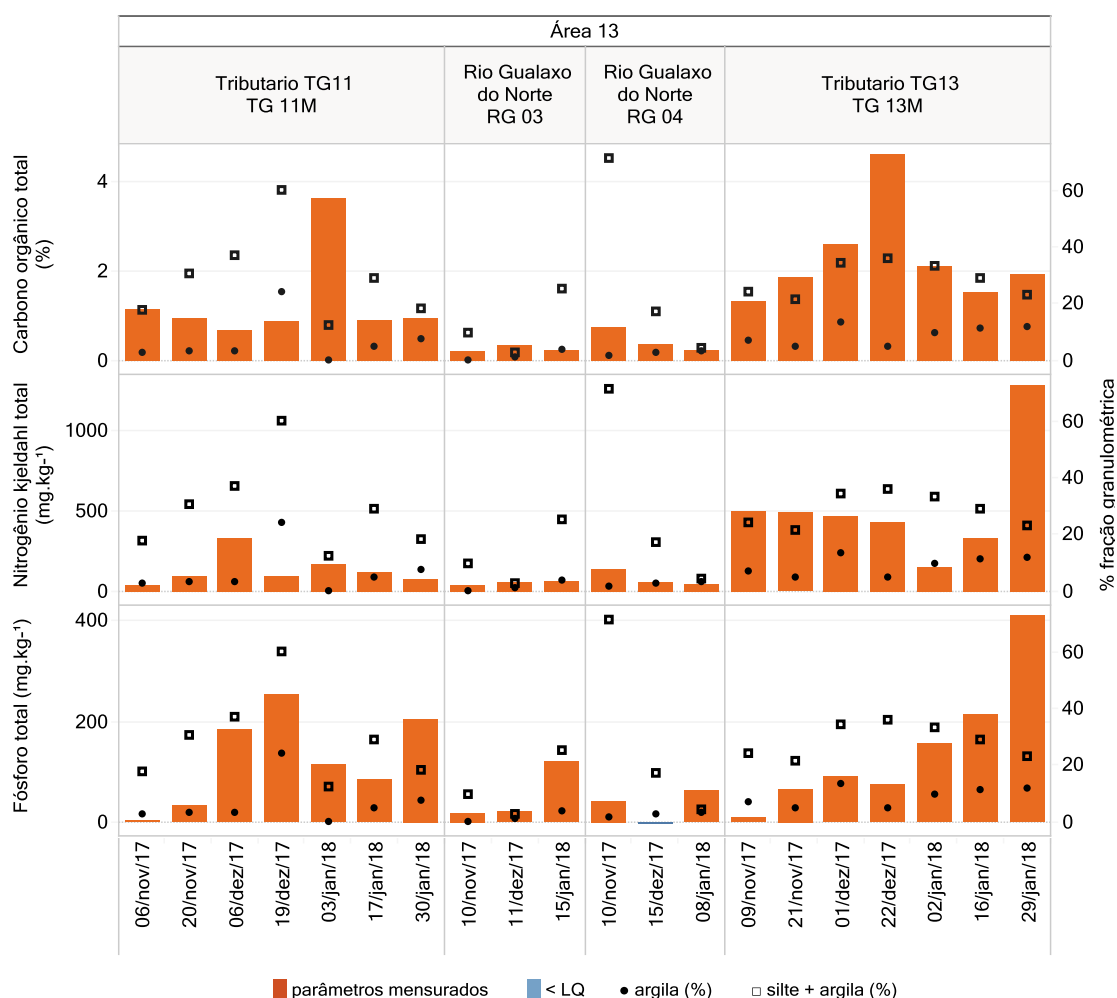


Figura 6.3.2-11 - Percentuais de Carbono orgânico total (COT), e concentrações de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nos sedimentos da Área 11 para os pontos TG 14M (tributário TG14) e RG 05 (rio Gualaxo do Norte), e Área 21 para o ponto RG 06 (rio Gualaxo do Norte), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.

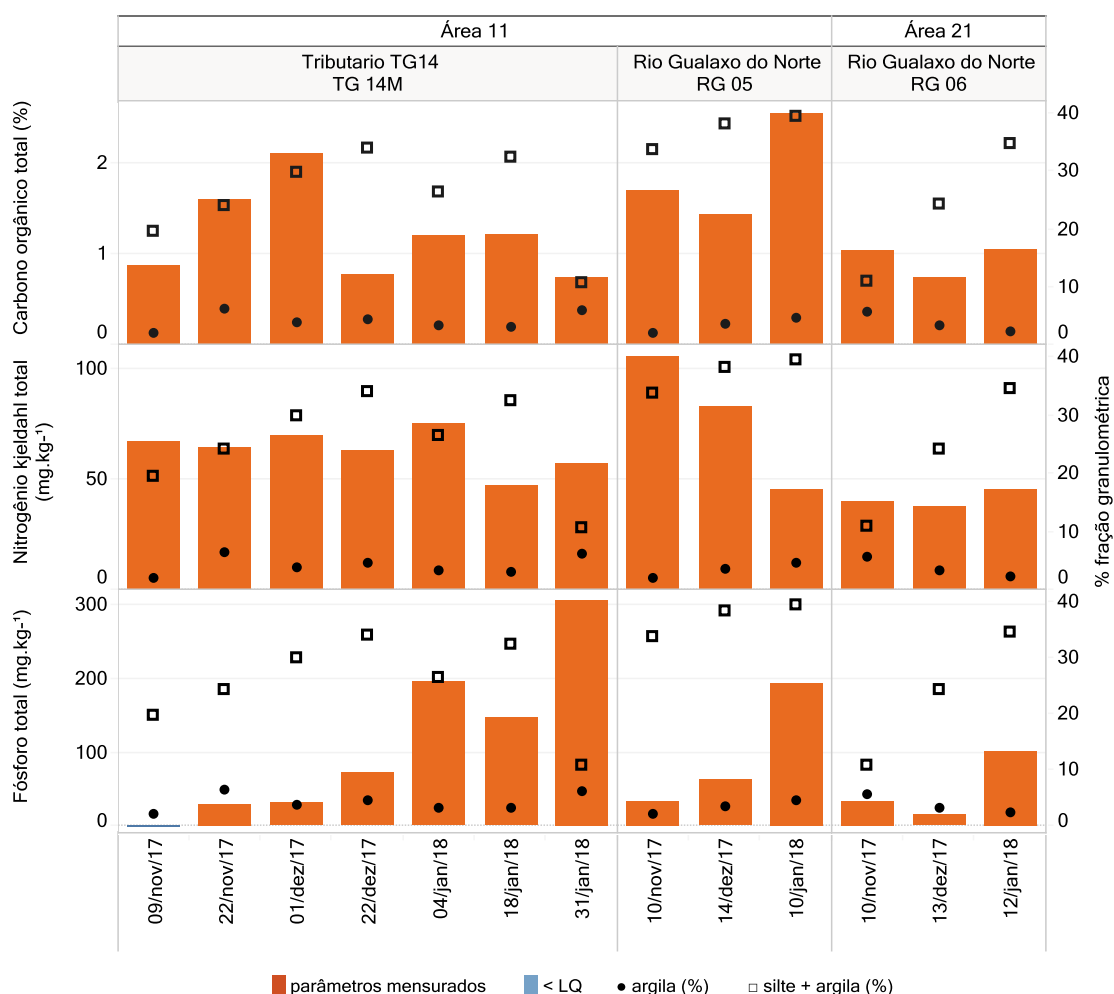


Figura 6.3.2-12 - Percentuais de Carbono orgânico total (COT), e concentrações de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nos sedimentos da Área 10 para o ponto RG 07 (rio Gualaxo do Norte), e da Área 22 para os pontos RG 08 (rio Gualaxo do Norte) e TG 22M (tributário TG21), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.

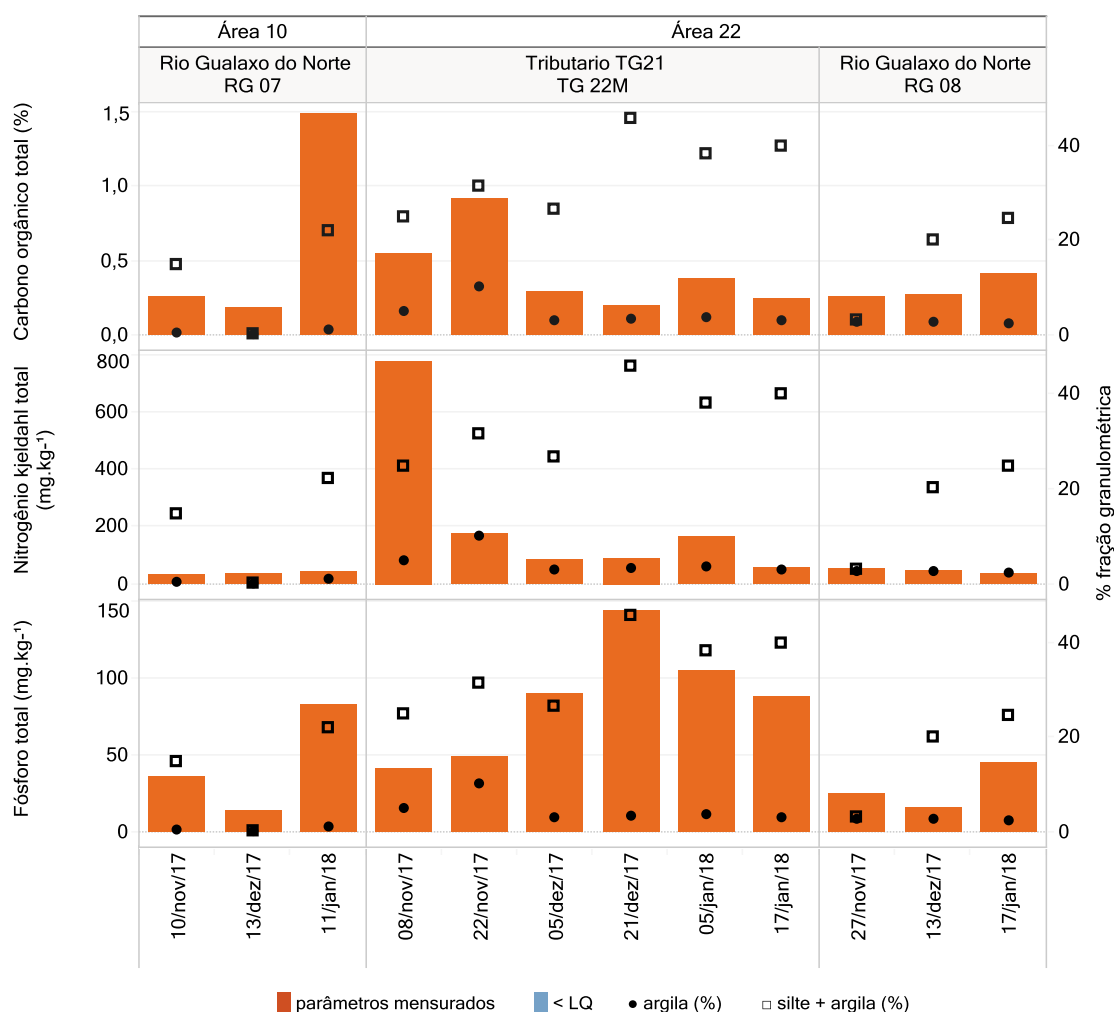


Figura 6.3.2-13 - Percentuais de Carbono orgânico total (COT), e concentrações de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nos sedimentos da Área 24 para os pontos RG 11 e RG 12 (rio Gualaxo do Norte), da Área 6 para o ponto RG 13 (rio Gualaxo do Norte), e Área 25 para o ponto RGN 08 (rio Gualaxo do Norte), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.

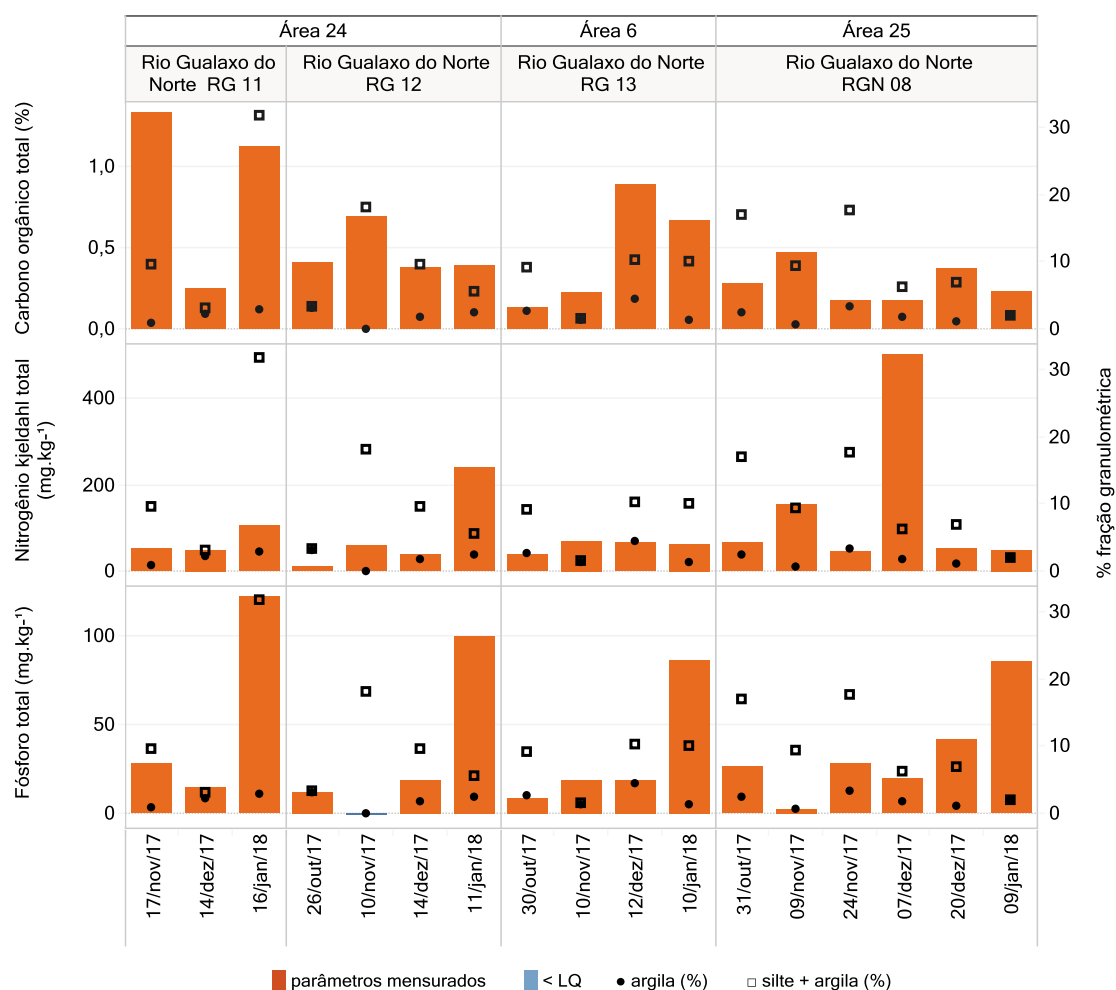


Figura 6.3.2-14 - Percentuais de Carbono orgânico total (COT), e concentrações de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nos sedimentos da Área 15 para o ponto RCA 02 (rio do Carmo), e da Área 27 para o ponto RC 1 (rio do Carmo), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.

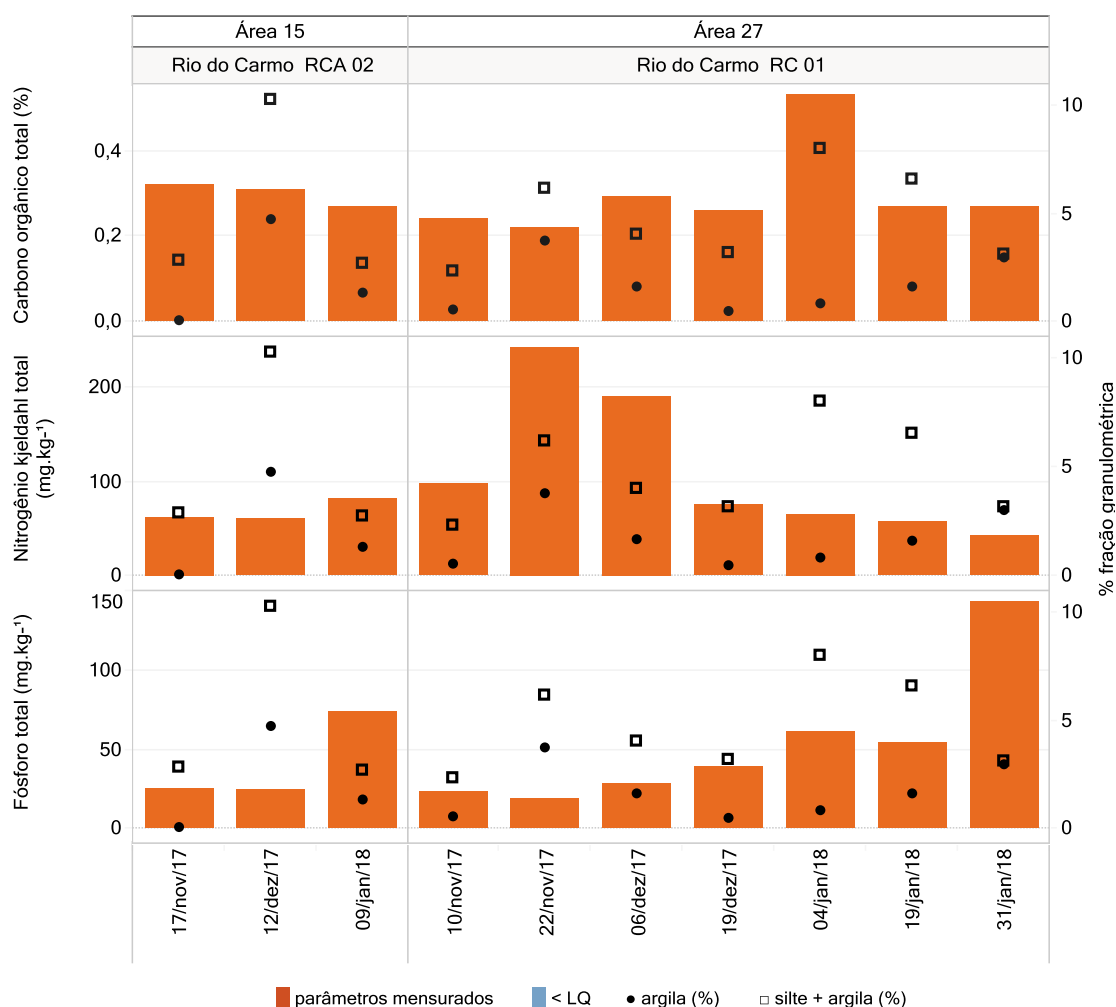
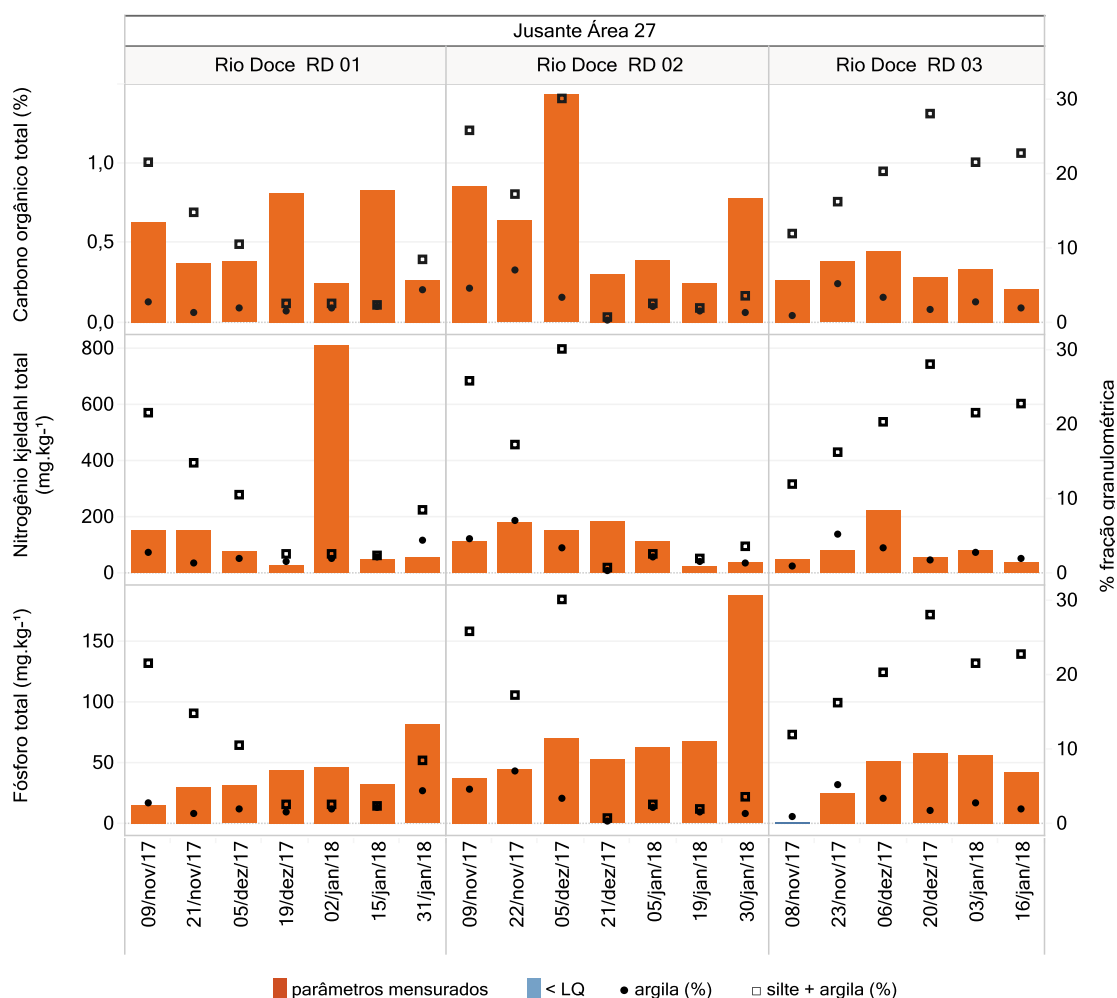


Figura 6.3.2-15 - Percentuais de Carbono orgânico total (COT), e concentrações de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nos sedimentos de jusante da Área 27 para os pontos RD 1, RD 02 e RD 03 (rio Doce), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.



6.3.2.2.2 - Metais e arsênio

Nas Áreas 3 e 13, que são as áreas avaliadas mais próximas da barragem de Fundão, e onde as intervenções terminaram em 31/05/2017 e 24/04/2017, respectivamente, as maiores concentrações de alumínio observadas foram no ponto TG 13M (tributário TG13 – Área 13), atingindo a máxima de $19.300 \text{ mg.kg}^{-1}$ (29 de janeiro/2018), o que representou, aproximadamente, quatro vezes o valor do marco superior dos dados da CPRM (2016) (4.920 mg.kg^{-1}) (**Figura 6.3.2-16 e Figura 6.3.2-17**). O ponto que fica a montante da área sob a influência das intervenções, RGN 01 (rio Gualaxo do Norte – montante Área 3), também apresentou resultados acima desse marco para as campanhas de novembro/2017 (6.210 mg.kg^{-1}) e dezembro/2017 (6.780 mg.kg^{-1}). Deve-se ressaltar que este ponto está próximo a uma mina em atividade, o que possivelmente explicaria as elevadas concentrações verificadas em RGN 01 (rio Gualaxo do Norte – montante Área 3). Já os menores valores foram registrados nos pontos RG 3 e RG 4 (rio Gualaxo do Norte – Área 13), com as mínimas de 307 e 393 mg.kg^{-1} , nas campanhas de novembro/2017 e janeiro/2018, respectivamente.

Para as concentrações de ferro, o ponto RG 02 (rio Gualaxo do Norte – Área 3) apresentou o valor máximo de $63.200 \text{ mg.kg}^{-1}$, em dezembro/2017, resultado similar ao observado no ponto RGN 01 (rio Gualaxo do Norte – Área 3) ($62.100 \text{ mg.kg}^{-1}$, em dezembro/2017), que fica a montante da área que estava sob intervenção durante o período amostrado (**Figura 6.3.2-16**). Estes resultados ficaram abaixo do valor do marco superior dos dados da CPRM (2016) ($96.000 \text{ mg.kg}^{-1}$), sendo a mínima foi registrada no ponto RG 04 (rio Gualaxo do Norte – Área 13) com 2.560 mg.kg^{-1} , em novembro/2017, seguida das concentrações mais baixas observadas em TG 11M (tributário TG11 – Área 13) e TG 13M (tributário TG13 – Área 13), com $19.700 \text{ mg.kg}^{-1}$ e $18.200 \text{ mg.kg}^{-1}$, respectivamente.

Manganês apresentou concentrações máximas no ponto a montante das intervenções das Áreas 3 e 13, em RGN 01 (rio Gualaxo do Norte – montante Área 3) alcançando 9.420 mg.kg^{-1} em dezembro/2017 (**Figura 6.3.2-16**). Este resultado foi quase seis vezes acima do marco

superior dos dados da CPRM (2016) (1.534 mg.kg^{-1}). Nas áreas sob influência das intervenções durante o período de amostragem, os maiores valores foram registrados nos pontos RG 01 e RG 02 (rio Gualaxo do Norte – Área), com 3.280 e 4.210 mg.kg^{-1} , em dezembro/2017. Já as menores concentrações foram registradas nos pontos TG 11M (tributário TG11 – Área 13) e TG 13M (tributário TG13 – Área 13) com resultados em uma ordem de grandeza abaixo das máximas para estas Áreas (321 e 169 mg.kg^{-1} , respectivamente).

Arsênio e mercúrio apresentaram concentrações acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 454/2012 para ambiente de água doce nível 1 ($5,9$ e $0,17 \text{ mg.kg}^{-1}$). Estas violações ocorreram em todos os pontos da Área 3 (inclusive o ponto a montante das intervenções), exceto para as campanhas de novembro/2017 e janeiro/2018 do ponto RG 02 (rio Gualaxo do Norte – Área 3) (**Figura 6.3.2-16**). Já na Área 13, esses limites foram violados nos pontos TG 11M (tributário TG11 – Área 13), e RG 03 (rio Gualaxo do Norte – Área 13) para arsênio e mercúrio e em TG 13M (tributário TG11 – Área 13) para mercúrio (**Figura 6.3.2-17**). A ocorrência natural de arsênio em níveis expressivos na constituição mineralógica da região do Quadrilátero Ferrífero (MG), foi reportada anteriormente (Costa *et. al*, 2015) e auxilia no entendimento destes resultados. Já o resultado observado para o mercúrio, as violações dos limites da Resolução podem sugerir que há fontes deste elemento relacionada a atividade antrópica. A ocorrência de garimpos de ouro clandestinos na região já foi reportada anteriormente (WATU, 2018), e a presença de equipamentos de mineração na Área 21 é demonstrada no **Anexo 6.3.2-2**. Baseado nestes registros, é possível que estes resultados estejam relacionados ao lançamento de mercúrio no ambiente para a extração de ouro. No ponto RGN 01 (rio Gualaxo do Norte – Área 3) foram registradas as concentrações máximas para arsênio e mercúrio, sendo 32 mg.kg^{-1} de arsênio em novembro/2018 e $0,88 \text{ mg.kg}^{-1}$ de mercúrio, em dezembro/2017 (**Figura 6.3.2-16**). Nos pontos sob efeito das intervenções na Área 3, os maiores resultados para arsênio e mercúrio foram de $10,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ e $0,26 \text{ mg.kg}^{-1}$, respectivamente, no ponto RG 02 (rio Gualaxo do Norte – Área 3), em dezembro/2017. Já as

mínimas foram observadas na Área 13 com ao menos uma ocorrência de resultado abaixo do LQ em todos os pontos desta área.

Avaliando a distribuição dos resultados ao longo do período amostral para as áreas 3 e 13 (**Figura 6.3.2-16** e **Figura 6.3.2-17**), observou-se que nos pontos TG 13M (tributário TG13 – Área 13) e RG 03 (rio Gualaxo do Norte – Área 13) apresentaram aumento das concentrações de manganês e mercúrio nos meses de maior pluviosidade (dezembro/2017 e janeiro/2018). O mesmo foi registrado para os pontos RG 03 e RG 04 (rio Gualaxo do Norte – Área 13) com relação a ferro e em TG 13M para alumínio.

Não foi possível identificar relação entre as concentrações dos metais e as frações granulométricas argila, e silte + argila.

Figura 6.3.2-16 - Concentrações de alumínio, ferro, manganês, arsênio e mercúrio nos sedimentos da Área 03 para os pontos RGN 01, RG 01 e RG 02 (Rio Gualaxo do Norte), para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018.

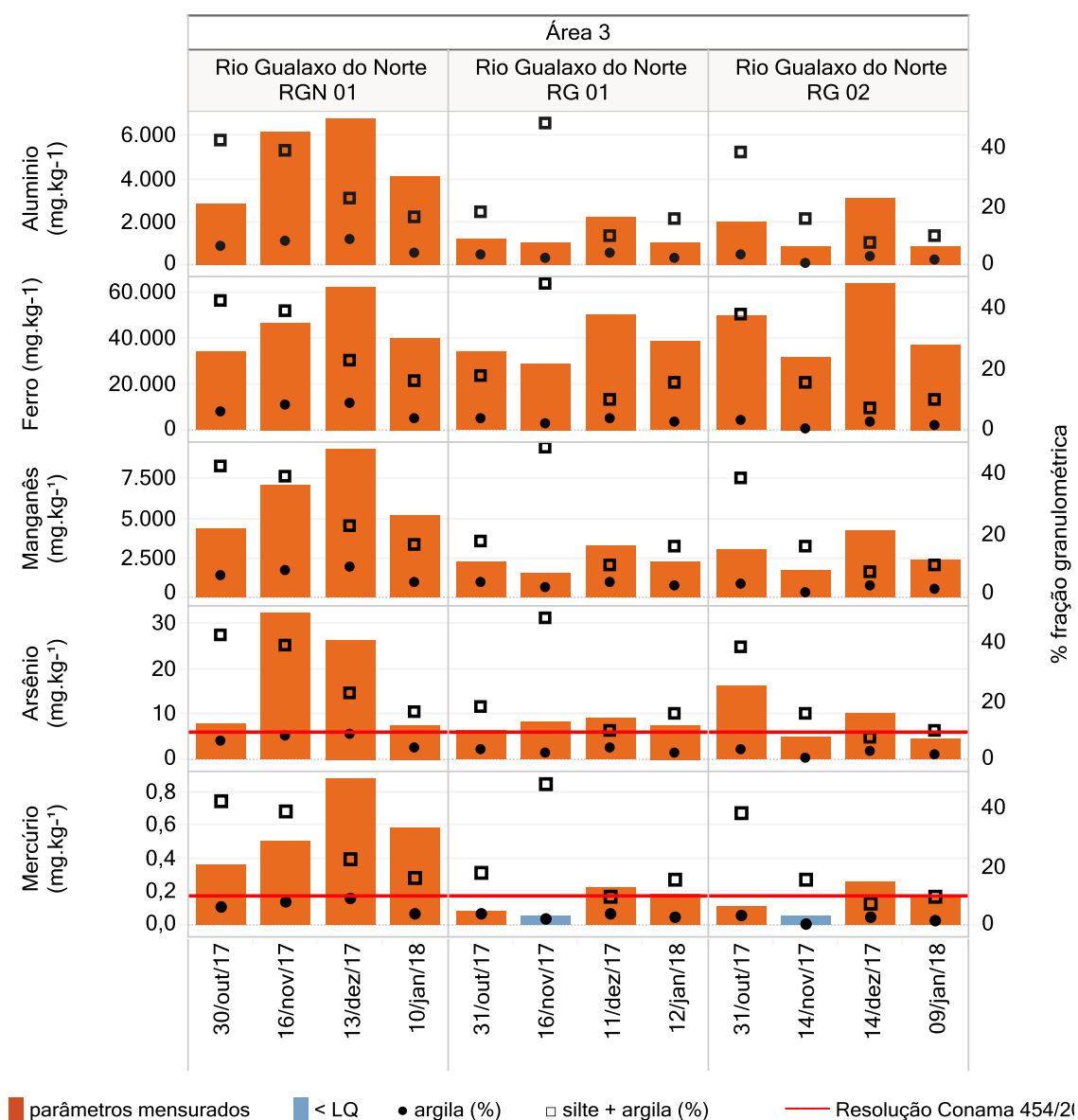
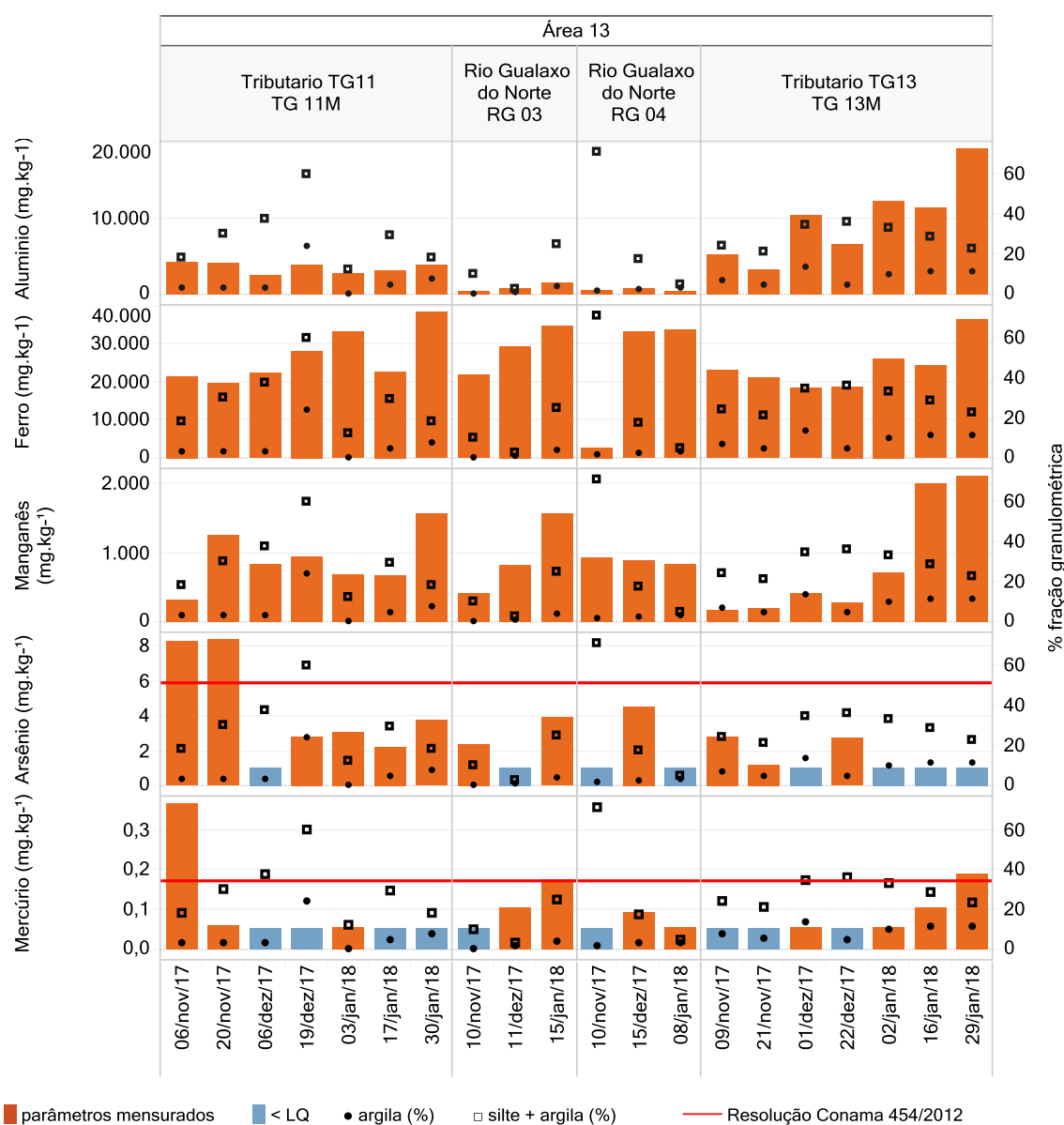


Figura 6.3.2-17 - Concentrações de alumínio, ferro, manganês, arsênio e mercúrio nos sedimentos da Área 13 para os pontos TG 11M (tributário TG11 – Mariana/MG), RG 03 e RG 04 (rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG), e TG 13M (tributário TG13 – Mariana/MG), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.



Os resultados da Área 21 serão apresentados considerando que a intervenção neste ponto terminaram 14 dias antes do início da primeira campanha amostral deste plano de monitoramento. Para buscar um balizamento dos resultados observados neste ponto, a Área 11 e a Área 10 serão consideradas como pontos a montante e a jusante da Área 21, respectivamente, a fim de comparação dos dados. Desta forma, as maiores concentrações de alumínio nestas áreas (11, 21, 10 e 22) foram observadas no ponto TG 22M (tributário TG21 – Área 22), com valores de 4.610 e 3.600 mg.kg⁻¹, ambos em novembro/2017 (**Figura 6.3.2-18** e **Figura 6.3.2-19**). Estes resultados ficaram abaixo do valor do marco superior dos dados da CPRM (2016) (4.920 mg.kg⁻¹), e foram cerca de três vezes superior ao observado na Área 21 onde se deu a intervenção, o RG 06 (rio Gualaxo do Norte – Área 21), com resultados que variaram entre 1.060 e 1.870 mg.kg⁻¹. Considerando que a Área 10 a jusante desta intervenção, o ponto RG 07 (rio Gualaxo do Norte – Área 10) registrou as concentrações mínimas de alumínio para essas áreas (11, 21, 10 e 22), com 467 e 488 mg.kg⁻¹ em novembro/2017 e dezembro/2017, respectivamente. Estes valores foram similares aos observados no ponto logo a jusante de RG 07, o RG 08 (rio Gualaxo do Norte – Área 22), que variaram entre 580 e 1.000 mg.kg⁻¹. Já o ponto no rio Gualaxo do Norte a montante de RG 06 (Área 21 - sob intervenção), o RG 05 (Área 11) apresentou resultados com uma ordem de grandeza acima, variando entre 1.120 e 2.210 mg.kg⁻¹.

Seguindo a análise da intervenção na Área 21, agora sobre as concentrações de ferro e manganês nestas áreas (11, 21, 10 e 22) (**Figura 6.3.2-18** e **Figura 6.3.2-19**), observou-se que as máximas foram registradas no ponto TG 14M (tributário TG14 – Área 11), registrando 80.500 e 5.610 mg.kg⁻¹ respectivamente, ambos na campanha de janeiro/2018. Estes valores foram, aproximadamente, o dobro do observado no ponto RG 06 (rio Gualaxo do Norte – Área 21), onde os resultados variaram entre 37.600 e 40.200 mg.kg⁻¹ para ferro, e entre 1.150 e 2.730 mg.kg⁻¹ para manganês. Estes valores ficaram abaixo do valor do marco superior dos dados da CPRM (2016) para ferro (96.600 mg.kg⁻¹), porém extrapolaram para manganês (1.534 mg.kg⁻¹).

O ponto RG 05 (Área 11), localizado a montante da área sob intervenção (RG 06 – Área 21) na calha do rio Gualaxo do Norte, apresentou valores similares aos do ponto RG 06. Já os pontos a jusante, ainda no rio Gualaxo do Norte, os RG 07 e RG 08 (Áreas 10 e 22) também apresentaram resultados de ferro comparáveis aos observados no ponto RG 06, porém para manganês observou-se valores uma ordem de grandeza abaixo, variando entre 537 a 711 mg.kg^{-1} , com exceção da campanha de janeiro/2018 no RG 07 onde registrou-se 2.950 mg.kg^{-1} . Assim como o observado para alumínio, as concentrações mais baixas de ferro e manganês para as áreas 11, 21, 10 e 22, foram no ponto TG 22M (tributário TG21 – Área 22), com resultados variando entre 145 e 297 mg.kg^{-1} .

Ainda com relação às áreas 11, 21, 10 e 22, observou-se violação dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/2012 para ambiente de água doce nível 1, para arsênio (5,9 mg.kg^{-1}) nas áreas 11 e 10 (**Figura 6.3.2-18** e **Figura 6.3.2-19**), em ao menos uma campanha amostral de cada ponto. Porém, o limite preconizado por esta Resolução para mercúrio (0,17 mg.kg^{-1}) não foi extrapolado em nenhum momento para estas áreas, durante o período do monitoramento. As maiores concentrações de arsênio foram novamente observadas no ponto TG 14M (tributário TG14 – Área 11), alcançando 16,1 mg.kg^{-1} , em janeiro/2018. Este resultado ficou uma ordem de grandeza acima do registrado no ponto localizado na Área 21 sob intervenção, o RG 06 (rio Gualaxo do Norte – Área 21) que apresentou concentrações variando entre 4,9 a 8,7 mg.kg^{-1} . Estudos pretéritos realizados na mesma região (Quadrilátero Ferrífero/MG) do presente plano de monitoramento já reportaram expressivas concentrações de arsênio nas águas e nos sedimentos fluviais, relacionando esta ocorrência com a formação geológica que apresenta minérios ricos neste elemento (Costa *et. al*, 2015). Considerando o ponto na calha do rio Gualaxo do Norte a montante da Área 21, o RG 05 (Área 11) apresentou resultados similares aos verificados em RG 06. Por outro lado, os pontos a jusante (RG 07 e 08 – áreas 10 e 22, respectivamente) registraram valores em níveis inferiores, variando entre <1 (LQ) e 3,7 mg.kg^{-1} , exceto para a campanha de janeiro/2018 em RG 07 que alcançou 13,4 mg.kg^{-1} .

Os resultados de mercúrio na Área 22 (**Figura 6.3.2-19**) ficaram todos abaixo do LQ. Nas áreas 21 e 10 somente um valor foi quantificável em cada área, registrando 0,11 e 0,7 mg.kg⁻¹, respectivamente, ambos em janeiro/2018. Os maiores resultados de mercúrio foram observados na Área 11 (**Figura 6.3.2-18**), com 0,17 e 0,15 mg.kg⁻¹ em RG 05 (rio Gualaxo do Norte) e TG 14M (tributário TG14), em dezembro/2017 e janeiro/2018, respectivamente.

Não foi possível identificar padrões para a distribuição das concentrações de metais e arsênio acumuladas nos sedimentos das Áreas 11, 21, 10 e 22, e nem uma relação entre estas e a fração de argila, e silte + argila destas amostras.

Figura 6.3.2-18 - Concentrações de alumínio, ferro, manganês, arsênio e mercúrio nos sedimentos da Área 11 para os pontos TG 14M (tributário TG14) e RG 05 (rio Gualaxo do Norte), e Área 21 para o ponto RG 06 (rio Gualaxo do Norte), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.

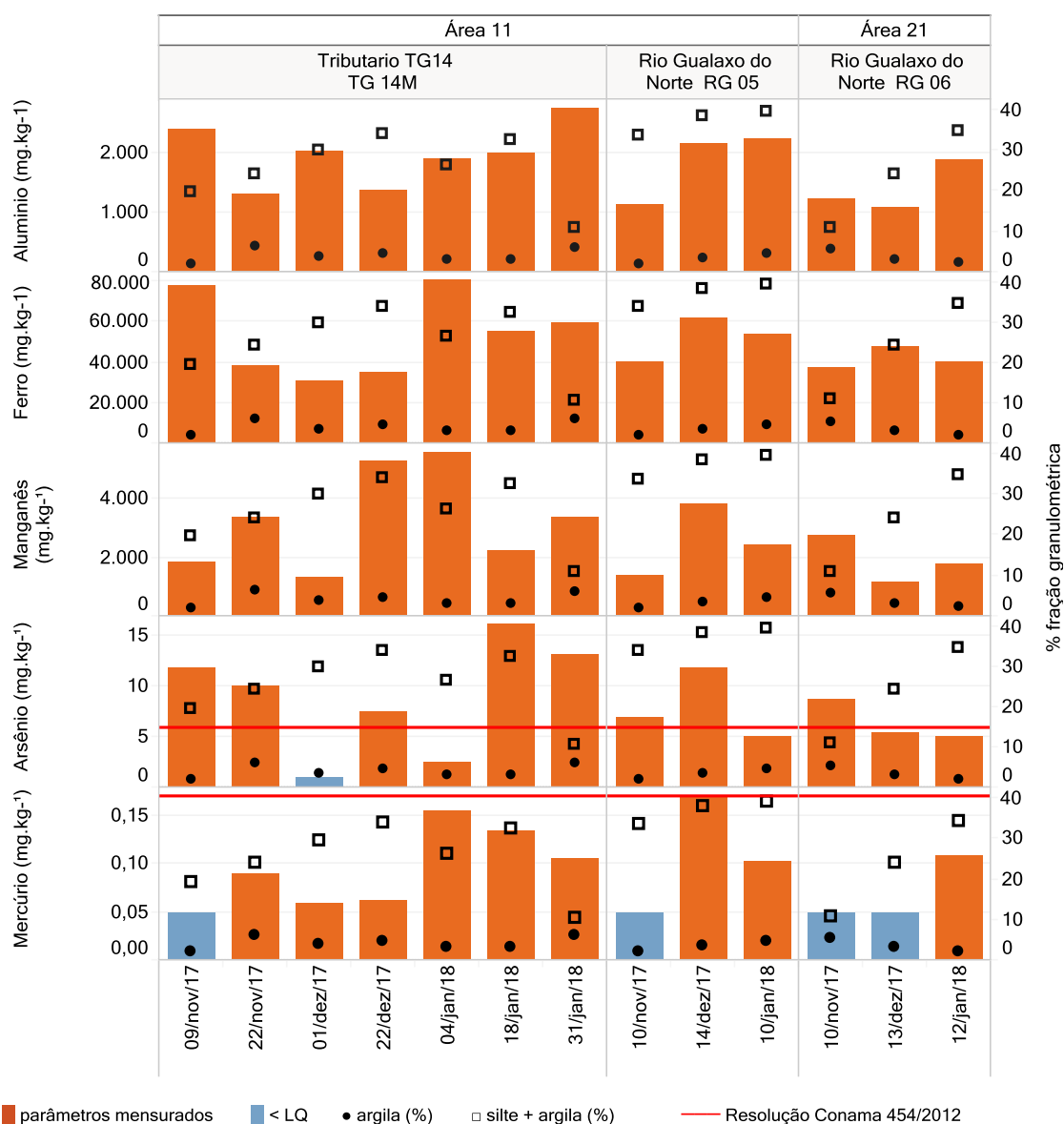
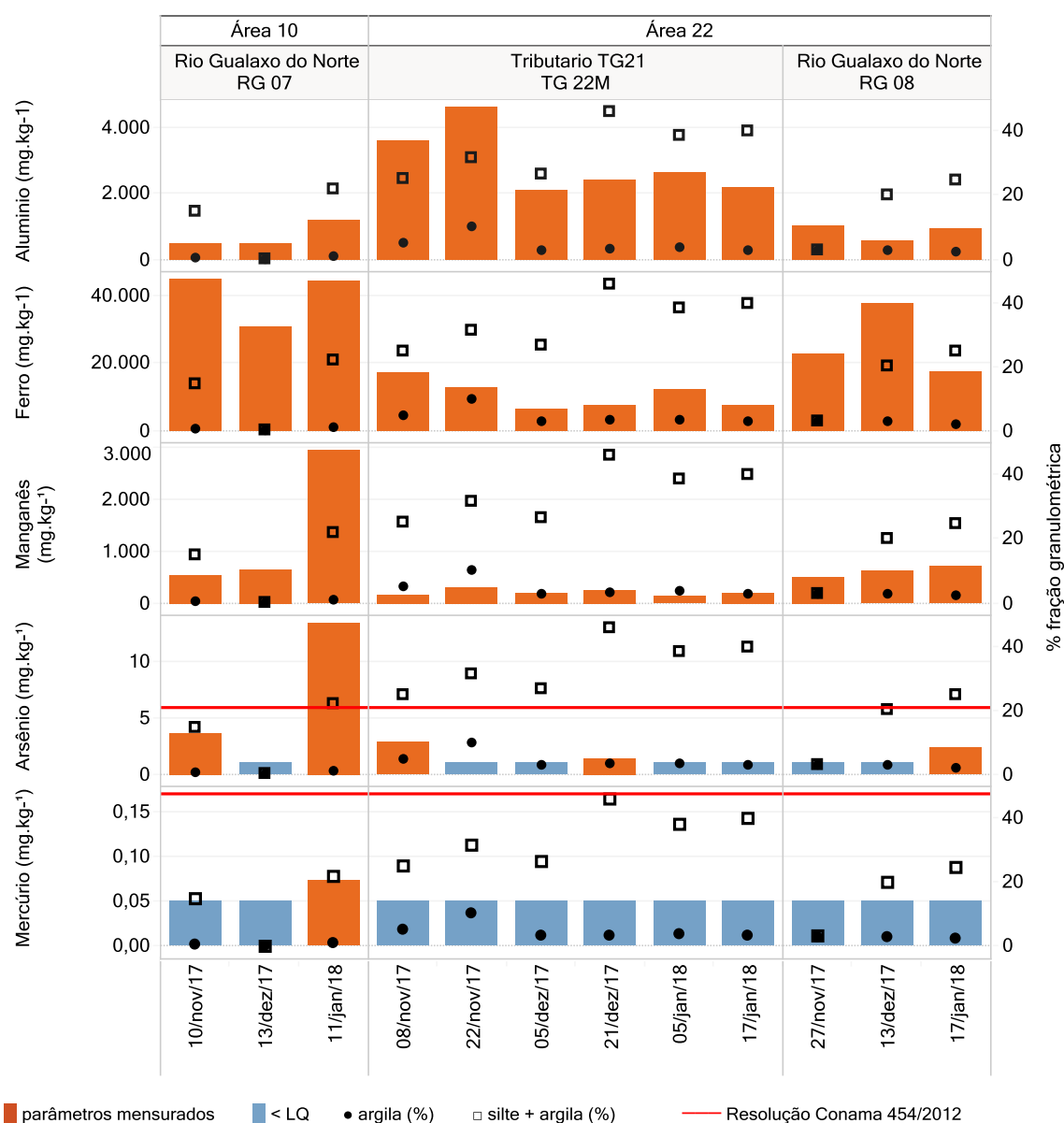


Figura 6.3.2-19 - Concentrações de alumínio, ferro, manganês, arsênio e mercúrio nos sedimentos da Área 10 para o ponto RG 07 (rio Gualaxo do Norte), e da Área 22 para os pontos TG 22M (tributário TG21) e RG 08 (rio Gualaxo do Norte), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.



Seguindo na calha do rio Gualaxo do Norte, algumas áreas que receberam intervenções, o monitoramento iniciou-se de 2 a 4 meses após o término destas atividades. Assim, para os pontos RGN 06 (Área 5 - término 26/05/2017), RG 10 (Área 7 - término 14/06/2017), e RG 12 (Área 24 - término 11/08/2017) a avaliação dos efeitos destas intervenções sobre os parâmetros avaliados neste programa fica limitada. Desta forma, os resultados das respectivas áreas destes pontos serão apresentados a seguir, avaliando-se o atual estado de qualidade dos parâmetros medidos, tomando-se como base de discussão apenas os valores de referências usados aqui: Resolução CONAMA 454/2012 para ambiente de água doce nível 1 e a base de dados da CPRM (2016). Assim, os resultados das Áreas 5, 7 e 24 serão apresentados de forma agrupada.

Para as Áreas 5, 7 e 24, os resultados de alumínio (**Figura 6.3.2-20 e Figura 6.3.2-21**) foram similares, variando entre 382 e 2.100 mg.kg⁻¹, sendo que tanto a mínima quanto a máxima foram registradas no ponto RG 12 (rio Gualaxo do Norte – Área 24), para as campanhas de dezembro/2017 e janeiro/2018. Essa variabilidade também foi observada nos demais pontos e a máxima representa, aproximadamente, a metade do valor do marco superior dos dados da CPRM (2016) para alumínio (4.900 mg.kg⁻¹).

As concentrações de ferro e manganês das Áreas 5, 7 e 24 (**Figura 6.3.2-20 e Figura 6.3.2-21**) apresentaram variações similares, sendo que a amplitude observada para os valores foi de 18.000 a 79.900 mg.kg⁻¹ para ferro, e de 651 a 3.940 mg.kg⁻¹ para manganês. Essas máximas foram registradas nos pontos RG 10 (rio Gualaxo do Norte – Área 7) e em RG 11 (rio Gualaxo do Norte – Área 24), nas campanhas de dezembro/2017 e janeiro/2018, respectivamente. A máxima observada para ferro, ficou abaixo do valor do marco superior dos dados da CPRM (2016) (96.600 mg.kg⁻¹), mas ultrapassou o valor para manganês (1.534 mg.kg⁻¹). De forma similar, ponto RG 10 (rio Gualaxo do Norte – Área 7) também apresentou alta de manganês na campanha de janeiro/2018 (2.410 mg.kg⁻¹), porém este valor foi próximo ao verificado na campanha antecedente (2.270 mg.kg⁻¹ em novembro/2017). Por outro lado, observou-se uma alta na concentração de ferro (79.900 mg.kg⁻¹) na campanha de dezembro/2017 no ponto RG 10 (rio Gualaxo do Norte – Área 7), com retorno do valor na

campanha seguinte ($35.500 \text{ mg.kg}^{-1}$ em janeiro/2018) para o patamar observado ao da campanha de novembro/2017. O mesmo foi observado no ponto RG 11 (rio Gualaxo do Norte – Área 24), que variou entre 41.400 e $44.400 \text{ mg.kg}^{-1}$. Como para os demais pontos não se observou aumentos consistentes nas campanhas de dezembro/2017 e janeiro/2018, ficando limitada a indicação de influência temporal no acúmulo de ferro e manganês nos sedimentos destas áreas.

Com relação aos resultados de arsênio e mercúrio nas Áreas 5, 7 e 24 (**Figura 6.3.2-20 e Figura 6.3.2-21**), somente ocorreu violação do limite estabelecido na Resolução CONAMA 454/2012 para ambiente de água doce nível 1 pra arsênio ($5,9 \text{ mg.kg}^{-1}$) nas amostras da Área 24. Apesar da concentração verificada no ponto RGN 06 (rio Gualaxo do Norte – Área 5) ter se aproximado deste limite ($5,7 \text{ mg.kg}^{-1}$) na campanha de novembro/2017, ocorreram extrapolações para os pontos RG 11 ($11,3 \text{ mg.kg}^{-1}$) e RG 12 ($19,7 \text{ mg.kg}^{-1}$) neste mesmo mês e na campanha de outubro/2017 ($9,9 \text{ mg.kg}^{-1}$), em RG 12 (rio Gualaxo do Norte – Área 24). Para mercúrio a maioria dos resultados foram $<LQ$ e a maior concentração observada foi de $0,12 \text{ mg.kg}^{-1}$ no ponto RG 10 (rio gualaxo do Norte – Área 7) na campanha de dezembro/2017, ficando abaixo do limite desta Resolução ($0,17 \text{ mg.kg}^{-1}$).

Analisando as concentrações de alumínio, ferro, manganês, arsênio e mercúrio acumuladas nos sedimentos das Áreas 5, 7 e 24 (**Figura 6.3.2-20 e Figura 6.3.2-21**), não foi possível identificar um padrão na distribuição temporal dos resultados e nem uma relação com os valores percentuais das frações de argila e silte + argila.

Figura 6.3.2-20 - Concentrações de alumínio, ferro, manganês, arsênio e mercúrio nos sedimentos da Área 5 para o ponto RGN 06 (rio Gualaxo do Norte), da Área 7 para os pontos RG 09 e RG 10 (rio Gualaxo do Norte), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.

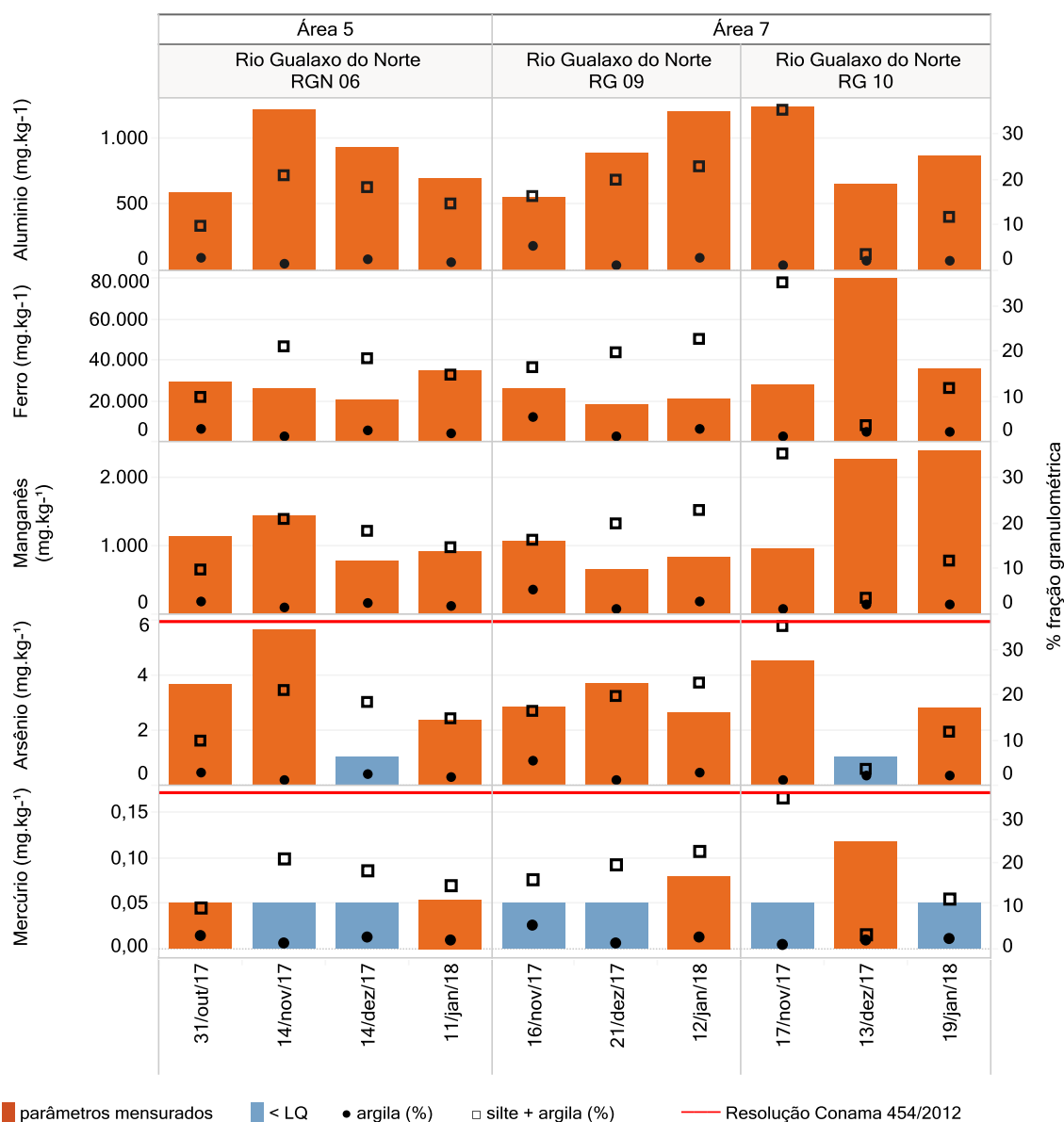
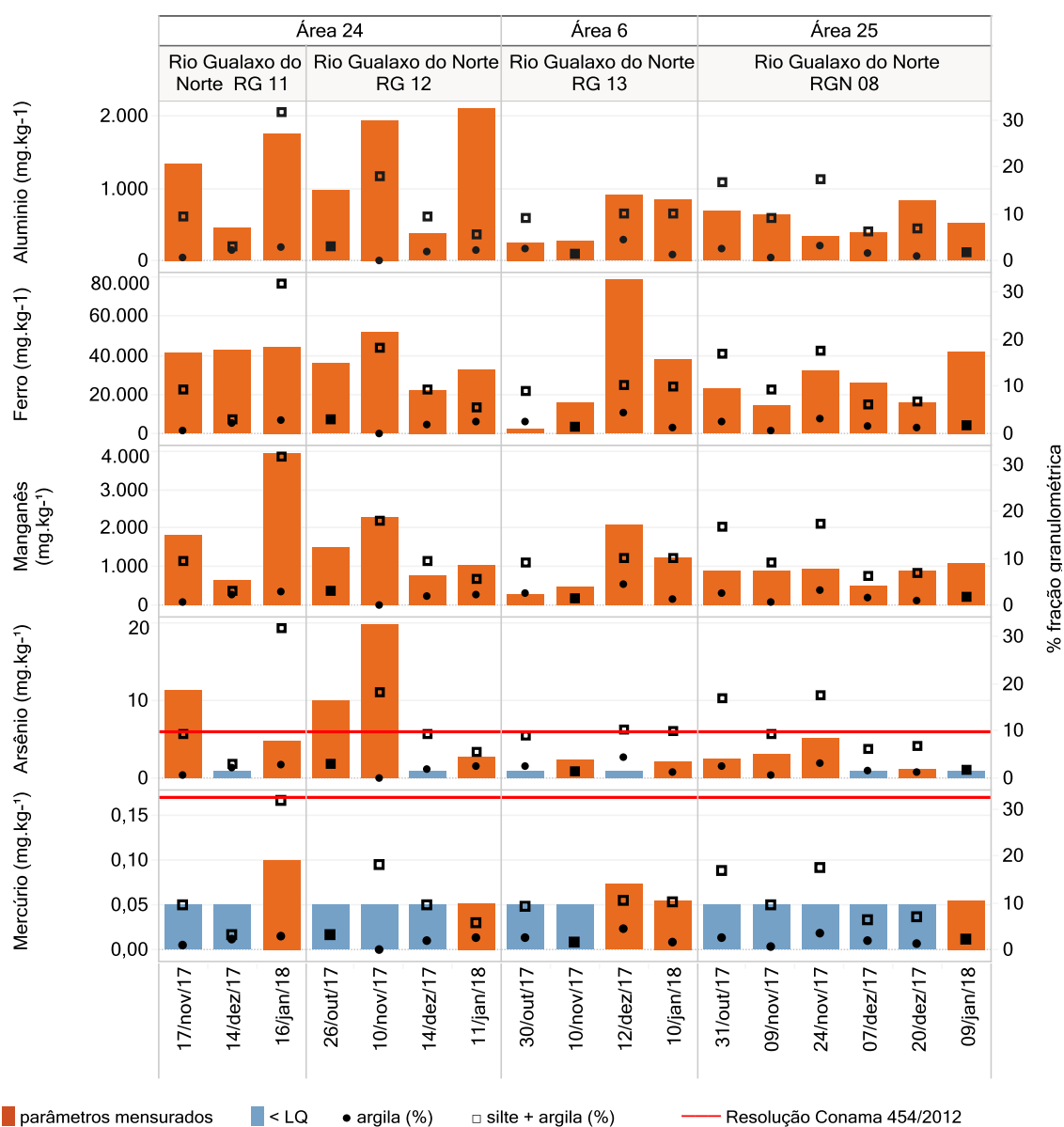


Figura 6.3.2-21 - Concentrações de alumínio, ferro, manganês, arsênio e mercúrio nos sedimentos da Área 24 para os pontos RG 11 e RG 12 (rio Gualaxo do Norte), da Área 6 para o ponto RG 13 (rio Gualaxo do Norte), e Área 25 para o ponto RGN 08 (rio Gualaxo do Norte), para o período compreendido entre outubro/2017 a janeiro/2018.



Considerando que na Área 25 estava em curso uma intervenção até o dia 22 de dezembro/2017, os resultados desta área serão apresentados buscando-se avaliar os possíveis efeitos das atividades ali desenvolvidas sobre os parâmetros avaliados. Para tal, a Área 6 será considerada como ponto a montante da intervenção para balizamento dos resultados da Área 25. Como o término da intervenção da Área 6 foi em 15 de abril/2017, esta é uma área que não se espera maiores perturbações sobre os parâmetros sob avaliação. Não será possível adotar o primeiro ponto a jusante da Área 25, o RCA 02 (rio do Carmo – Área 1), para balizamento dos resultados da área a jusante da intervenção na Área 25. Isto porque, como este ponto está localizado após a confluência com o rio do Carmo, quando o rio Gualaxo do Norte passar a denominar-se rio do Carmo, não é possível isolar a contribuição do rio do Carmo para as alterações dos parâmetros avaliados no ponto RCA 02 (rio do Carmo – Área 15). Desta forma, os resultados das Áreas 6 e 15 serão apresentados conjuntamente.

As concentrações de alumínio nas Áreas 6 e 25 (**Figura 6.3.2-21**) variaram entre 245 e 912 mg.kg⁻¹, sendo que a máxima foi registrada no ponto RG 13 (rio Gualaxo do Norte - Área 25), a montante da área sob intervenção. Estes valores ficaram uma ordem de grandeza abaixo do valor do marco superior dos dados da CPRM (2016) para alumínio (4.900 mg.kg⁻¹). Enquanto que no ponto RG 13 (rio Gualaxo do Norte – Área 6) as concentrações de alumínio nas campanhas de dezembro/2017 (912 mg.kg⁻¹) e janeiro/2018 (840 mg.kg⁻¹) ficaram acima das observadas nas amostragens anteriores (245 mg.kg⁻¹ em outubro/2017 e 266 mg.kg⁻¹ em novembro/2017). Por outro lado, no ponto localizado na Área 25 em que a intervenção estava em curso (RGN 08 – Área 25), este apresentou valores similares ao longo das campanhas, variando entre 343 (novembro/2017) e 831 mg.kg⁻¹ (dezembro/2017).

Este mesmo padrão de distribuição dos dados também é observado para as concentrações de ferro e manganês, com uma amplitude dos resultados entre 2.210 e 78.300 mg.kg⁻¹ para ferro, e entre 268 e 2.080 mg.kg⁻¹ para manganês (**Figura 6.3.2-21**). Para os dois elementos, as máximas e as mínimas foram registradas no ponto a montante da Área 25, nas campanhas de dezembro/2017 e outubro/2017, respectivamente. A maior concentração de ferro

para estas áreas ficou abaixo do valor do marco superior dos dados da CPRM (2016) para ferro ($96.600 \text{ mg.kg}^{-1}$), enquanto que para manganês (1.534 mg.kg^{-1}) este marco foi extrapolado em uma campanha (2.080 mg.kg^{-1} em dezembro/2012) do ponto RG 13 (rio Gualaxo do Norte – Área 6). Desta forma, não foi possível identificar padrão temporal na distribuição das concentrações de alumínio, ferro e manganês nos sedimentos das Áreas 6 e 25, e nem uma relação destes resultados com os valores percentuais da fração de argila no sedimento.

Ainda sobre as Áreas 6 e 25, as concentrações de arsênio e mercúrio (**Figura 6.3.2-21**) permaneceram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 454/2012 para ambiente de água doce nível 1 ($5,9$ e $0,17 \text{ mg.kg}^{-1}$, respectivamente).

Seguindo o eixo longitudinal do rio, chega-se às Áreas 15 e 27 que estão no rio do Carmo. Como a Área 27 recebeu atividades de intervenção até 19 janeiro/2018, os resultados observados nesta área serão balizados com os dados observados na Área 15, que está logo a montante. Na Área 15, o fim das intervenções neste ponto se deu há 3 meses antes do início da campanha de amostragem, de forma que se entende que as influências das atividades ali realizadas nos parâmetros avaliados neste monitoramento já não são mais percebidas. Por outro lado, não será possível se fazer o balizamento dos resultados da Área 27 com os verificados no ponto a jusante, o RD 01 (rio Doce – jusante Área 27). Isto porque, este ponto está à jusante da confluência do rio do Carmo com o rio Piranga, e não é possível isolar as prováveis alterações que este fato pode exercer sobre os parâmetros avaliados neste programa. Portanto, os resultados das Áreas 15 e 27 serão apresentados conjuntamente.

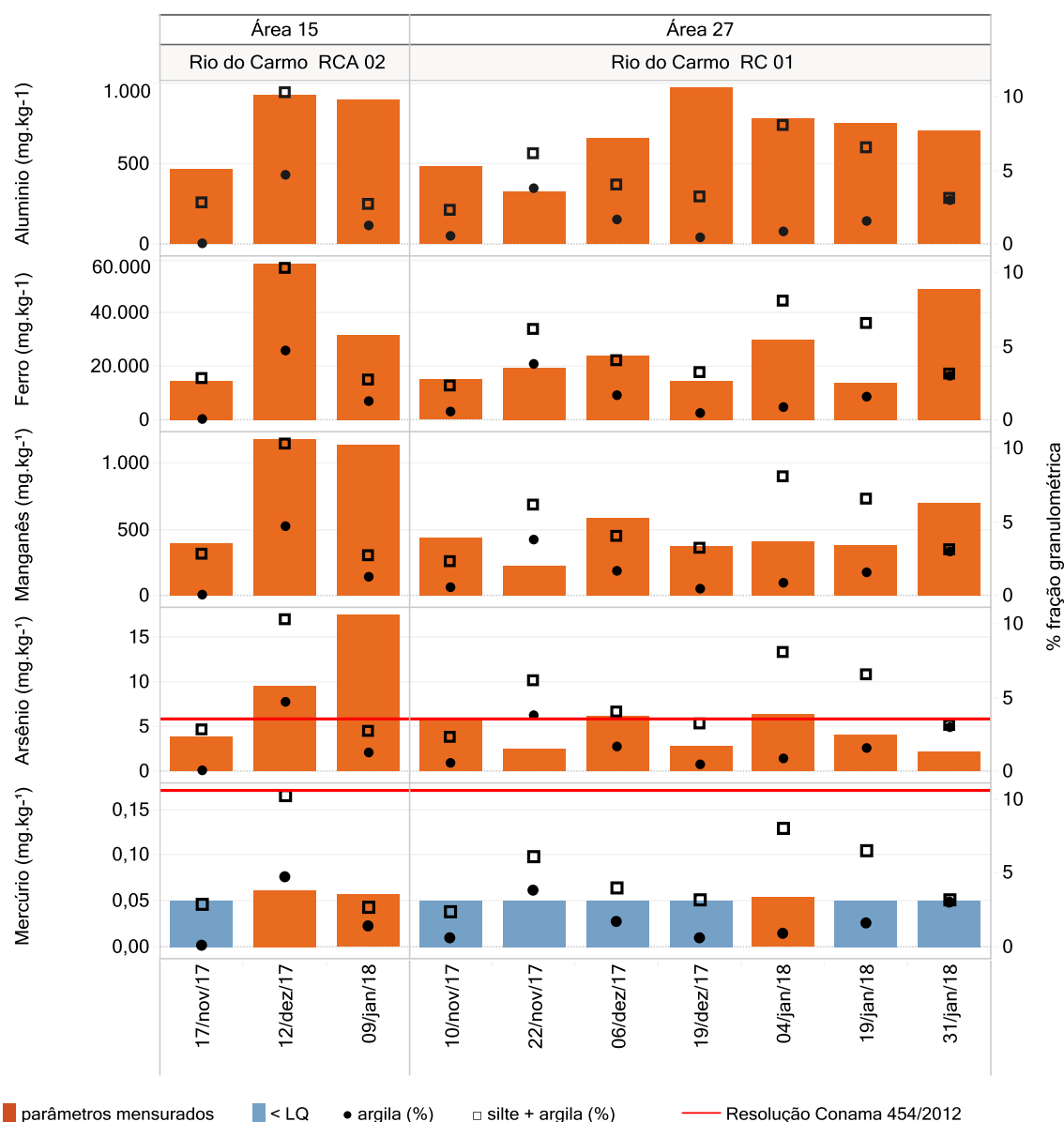
A maior concentração de alumínio observada nas Áreas 15 e 27 (**Figura 6.3.2-22**) foi no ponto RC 1 (rio do Carmo – Área 27), com valor de 974 mg.kg^{-1} , em dezembro/2017. Este valor foi similar ao registrado no ponto a montante, o RCA 02 (rio do Carmo – Área 15), que alcançou 931 e 904 mg.kg^{-1} em dezembro/2017 e janeiro/2018, respectivamente. Estes resultados estão uma ordem de grandeza abaixo do valor do marco superior dos dados da

CPRM (2016) para alumínio (4.900 mg.kg^{-1}). Já a menor concentração foi observada no ponto RC 1 em novembro/2017, com 330 mg.kg^{-1} .

Padrão similar ao descrito para alumínio, foi observado para os resultados de ferro e manganês nas Áreas 15 e 27 (**Figura 6.3.2-22**), com as maiores concentrações registradas no ponto RCA 02 (rio do Carmo – Área 15) em dezembro/2017, com valores de 58.500 e 1.180 mg.kg^{-1} , respectivamente. Estes resultados ficaram abaixo do valor do marco superior dos dados da CPRM (2016) para ferro ($96.600 \text{ mg.kg}^{-1}$) e manganês (1.534 mg.kg^{-1}). E ainda, a máxima de manganês foi de uma ordem de grandeza acima das concentrações observadas no ponto RC 01 (rio Gualaxo do Norte – Área 27), que variaram entre 231 e 697 mg.kg^{-1} . Já para ferro, os resultados dos dois pontos foram similares.

O ponto RCA 02 (rio do Carmo – Área 15) apresentou elevadas concentrações de arsênio quando comparadas aos resultados do ponto RC 01 (rio do Carmo – Área 27), com concentrações máximas nas campanhas de dezembro/2017 e janeiro/18 ($9,5$ e $17,5 \text{ mg.kg}^{-1}$, respectivamente) o que extrapolou o limite da Resolução CONAMA 454/2012 para ambiente de água doce nível 1 ($5,9 \text{ mg.kg}^{-1}$) (**Figura 6.3.2-22**). E ainda, os resultados das campanhas de dezembro/2017 ($6,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) e janeiro/2018 ($6,4 \text{ mg.kg}^{-1}$) também excederam o limite desta Resolução. Já para mercúrio, não ocorreu violação do limite desta Resolução ($0,17 \text{ mg.kg}^{-1}$) em todo o período amostral, sendo que três campanhas apresentaram valores $>LQ$, porém próximos a este patamar.

Figura 6.3.2-22 - Concentrações de alumínio, ferro, manganês, arsênio e mercúrio nos sedimentos da Área 15 para o ponto RCA 02 (rio do Carmo), e da Área 27 para o ponto RC 1 (rio do Carmo), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.



No rio Doce, a dragagem no reservatório da UHE Risoleta Neves foi a intervenção que esteve em curso no período de amostragem deste programa de monitoramento, sendo que esta se deu na área de 400 m da barragem. Desta forma, os parâmetros aqui avaliados para o ponto RD 03 (rio Doce – jusante Área 27), que fica a jusante do reservatório, podem ter sido potencialmente influenciados por esta dragagem. Portanto, os resultados do ponto RD 03 serão discutidos considerando-se que estão sob influência desta intervenção. Por outro lado, os dados dos pontos RD 01 e RD 02 (rio Doce – jusante Área 27) que estão a montante do reservatório, foram utilizados para balizamento dos resultados de pontos do rio Doce sem influência da dragagem.

Os dados dos pontos RD 01 e RD 02 (rio Doce – jusante Área 27) também foram discutidos como de regiões a jusante das intervenções realizadas na Área 27, avaliando-se os possíveis impactos sofridos nos parâmetros avaliados pelas intervenções realizadas na Área 27. Para tal, deve-se considerar que estes pontos estão a jusante da confluência do rio do Carmo com o rio Piranga. Uma vez que o rio Piranga possui maior porte em relação ao rio do Carmo, pode-se esperar uma diluição das possíveis perturbações geradas na Área 27, para as medições aferidas nos pontos RD 01 e RD 02 (rio Doce – jusante Área 27). Porém, caso haja uma fonte expressiva de algum elemento no rio Piranga, também é possível que se observe maiores concentrações de alguns parâmetros nos pontos do rio Doce, em relação aos do rio do Carmo. Feitas essas ressalvas, apresentam-se abaixo os dados destes pontos.

As maiores concentrações de alumínio, ferro e manganês para os pontos da calha do rio Doce foram de 3.240, 38.800 e 815 mg.kg⁻¹, respectivamente (**Figura 6.3.2-23**). Estas máximas foram observadas nos pontos RD 02 (rio Doce – jusante Área 27) para alumínio (dezembro/2017), ferro (janeiro/2018) e manganês (novembro/2017) em RD 01 (rio Doce – jusante Área 27). Estes resultados ficaram abaixo do valor do marco superior dos dados da CPRM (2016) para alumínio (4.900 mg.kg⁻¹), ferro (96.600 mg.kg⁻¹) e manganês (1.534 mg.kg⁻¹). Por outro lado, as mínimas para alumínio (249 mg.kg⁻¹), ferro (7.860 mg.kg⁻¹) e manganês (74 mg.kg⁻¹) a jusante da Área 27 foram todas registradas no ponto RD 03 (rio Doce

– jusante Área 27), nas campanhas de dezembro/2017, novembro/2017 e janeiro/2018, respectivamente.

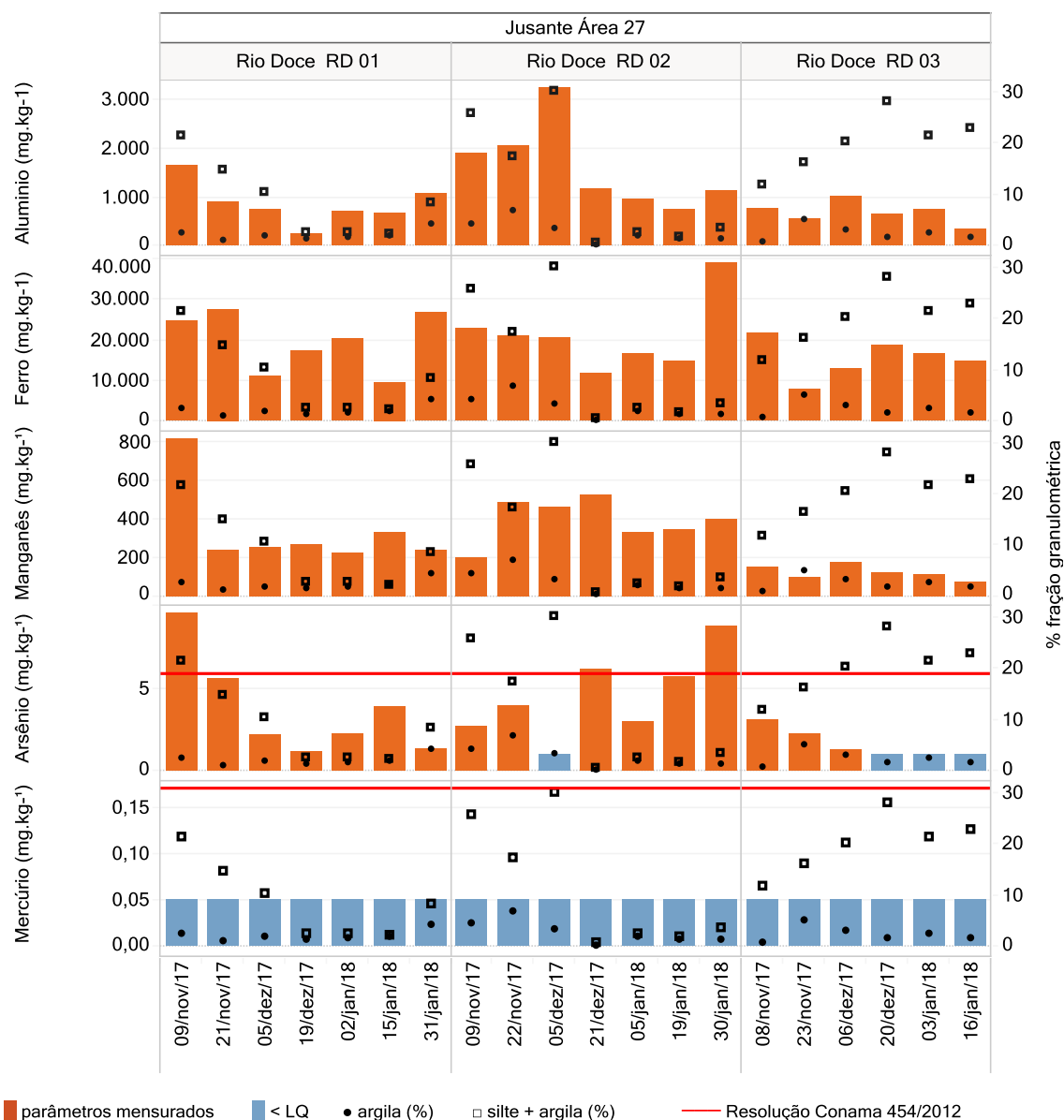
Em relação aos resultados de arsênio e mercúrio nos pontos do rio Doce (**Figura 6.3.2-23**), ocorreu violação destes valores em relação aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/2012 para ambiente de água doce nível 1, para arsênio ($5,9 \text{ mg.kg}^{-1}$), enquanto que para mercúrio todos os resultados desta Área permaneceram abaixo do LQ. As violações ao limite de arsênio foram observadas nos pontos do rio Doce em RD 01 ($9,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ – jusante Área 27) e RD 02 ($8,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ – jusante Área 27), para as campanhas de novembro/2017 e janeiro/2018.

Quando se compara as máximas observadas para as concentrações de ferro ($38.800 \text{ mg.kg}^{-1}$ em RD 02 – jusante Área 27) e manganês (815 mg.kg^{-1} em RD 01 – jusante Área 27) nos pontos do rio Doce, com os do rio do Carmo (58.500 e 1.180 mg.kg^{-1} RCA 02 (rio do Carmo – Área 15) os resultados foram similares. Já para alumínio, observou-se concentrações três vezes maior no rio Doce (3.240 mg.kg^{-1} em RD 02 – jusante Área 27), quando comparada com a máxima do rio do Carmo (974 mg.kg^{-1} em RC 01 – Área 27). Essa diferença pode indicar que há um aporte de alumínio do rio Piranga, que resulta no maior acúmulo de alumínio nos pontos do rio Doce, ou que as intervenções tenham mobilizado este elemento para a jusante do rio do Carmo.

Com relação às concentrações de arsênio, a máxima registrada para arsênio nos pontos do rio do Carmo foi quase o dobro ($17,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ em RCA 02 – Área 15) da observada para o rio Doce ($9,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ – jusante Área 27). Para mercúrio, enquanto três resultados foram quantificáveis para os pontos do rio do Carmo, todas as concentrações deste elemento ficaram abaixo do limite de quantificação nos pontos do rio Doce. Estes resultados sugerem um efeito de diluição dos sedimentos carregados pelo rio Piranga sobre o material trazido pelo rio do Carmo.

Analisando os resultados desses parâmetros dos pontos do rio Doce, observou-se que o ponto sob influência da dragagem do reservatório da UHE Risoleta Neves, o RD 03 (rio Doce – jusante Área 27) apresentou as concentrações mais baixas. E ainda, não foi possível identificar padrão temporal para a distribuição das concentrações dos metais e o arsênio avaliados nos sedimentos dos pontos desta área, como também não se observou relação destes com a fração de argila, nem com a de silte + argila.

Figura 6.3.2-23 - Concentrações de alumínio, ferro, manganês, arsênio e mercúrio nos sedimentos do rio Doce nos pontos RD 01, RD 02, e RD 03 (jusante Área 27), para o período compreendido entre novembro/2017 a janeiro/2018.



6.3.2.2.3 - Biodisponibilidade de metais

Como o método descrito por Allen *et al.* (1993) para estimativa da biodisponibilidade de metais divalentes adsorvidos ao sedimento se baseia na ligação destes elementos (cádmio, cobre, ferro, mercúrio, níquel, chumbo e zinco) com o sulfeto, o primeiro resultado a ser considerado para esta abordagem são as concentrações dos sulfetos voláteis em ácido (AVS - *acid-volatile sulfide*). Somente duas medidas de AVS nos sedimentos de todas as áreas estudadas apresentaram resultados acima do LQ ($<0,01 \mu\text{mol.g}^{-1}$): $0,02 \mu\text{mol.g}^{-1}$ em RGN 01 e RGN 08 (rio Gualaxo do Norte – Áreas 3 e 25, respectivamente) (**Anexo 6.3.2-1**). Neste cenário, para a estimativa de biodisponibilidade dos metais extraídos simultaneamente (*simultaneously extracted metals* – SEM) adotou-se o valor do LQ ($0,01 \mu\text{mol.g}^{-1}$) para os resultados de AVS que permaneceram abaixo deste limite (**Anexo 6.3.2-1**). Com isso, essa abordagem fica comprometida, já que os resultados da fração molar de AVS são inexatos, por serem abaixo do limite de quantificação.

Como foram reportados resultados abaixo de seus LQs para Cd, Pb, Cu, Ni, Hg e Zn (**Anexo 6.3.2-1**), também se utilizou seus respectivos valores de LQ para efeito das estimativas de biodisponibilidade para as amostras de sedimento dos rios Gualaxo do Norte, do Carmo e Doce neste monitoramento. Seguindo o método proposto por Di Toro *et al.* (1992), onde “ $\text{SEM/AVS} < 1 \mu\text{mol.g}^{-1}$ demonstra baixo potencial de biodisponibilidade, somente os pontos TG 11M (tributário TG11 – Área 13) e RD 01 (rio Doce – jusante Área 27), ambas na campanha amostral de 19 de dezembro/2017, esta condição foi atendida, com razões iguais a 0,73 e 0,74 (**Anexo 6.3.2-1**), indicando que existem sulfetos suficientes para o total complexação dos metais pesados existentes nestes pontos.

Da mesma forma, ao se fazer a abordagem proposta por Hasen *et al.* (1996), em que se:

$$\text{SEM} - \text{AVS} < 0,017 \mu\text{mol.g}^{-1}$$

também não há potencial de biodisponibilidade somente nos pontos TG 11M (tributário TG11 – Área 13) e RD 01 (rio Doce – jusante Área 27), que apresentaram resultados (**Anexo 6.3.2-1**) em que esta condição foi atendida (ambas na campanha amostral de 19 de dezembro/2017).

Novamente, pela abordagem proposta por USEPA (2000) e Di Toro *et al.* (2005), em que se propõe a normalização das concentrações de SEM pela fração de carbono orgânico (apresentada na sessão 6.3.2.1) no sedimento, em que se:

$$(\text{SEM} - \text{AVS}) / \text{COT g} < 130 \mu\text{mol.g}^{-1}$$

não há potencial de biodisponibilidade e a toxicidade considerada improvável, somente nestes mesmos pontos TG 11M (tributário TG11 – Área 13) e RD 01 (rio Doce – jusante Área 27), que apresentaram resultados (ambos na campanha amostral de 19 de dezembro/2017) em que esta condição foi atendida com valores de 85 e 90 $\mu\text{mol.gC}_{\text{org}}^{-1}$ (**Anexo 6.3.2-1**), respectivamente.

Apesar destes resultados apontarem para uma condição de mobilidade dos metais avaliados, com baixas capacidades de retenção pelos AVS e por COT nos sedimentos estudados, deve-se considerar que existem outras fases ligantes destes metais, como oxihidróxidos de ferro e manganês (Chapman *et al.*, 1998). Estas fases (FeOOH e MnOOH) assumem papel preponderante na formação de complexos estáveis com metais em ambientes aeróbicos e com baixas disponibilidades de carbono orgânico, assim como o ambiente estudado neste programa aparentemente se apresenta. Como esses parâmetros não foram acessados neste monitoramento, a indicação de biodisponibilidade dos metais avaliados deve ser tomada de forma limitada.

6.3.3 - Comunidades aquáticas

O presente relatório apresenta o monitoramento das comunidades aquáticas nas áreas que receberam obras de intervenções de controle e mitigação dos impactos resultantes do rompimento da barragem de Fundão. São 25 pontos de amostragem distribuídos em áreas prioritárias (áreas 3, 13, 11, 10, 5, 7, 6, 15) intercaladas por áreas não prioritárias (áreas 21, 22, 24, 25, 27), localizados ao longo do eixo longitudinal do rio Gualaxo do Norte, Carmo, Piranga, Doce e seus tributários, da barragem de Fundão até a usina hidrelétrica de Risoleta Neves (UHE Candonga).

O monitoramento iniciou no final de outubro/2017 e início de novembro/2017, tendo sido realizadas coletas mensais ou quinzenais (a variar conforme o ponto amostrado). Nesse cronograma, os pontos RGN 08 (Área 25 - rio Gualaxo do Norte) e RC 01 (Área 27 - rio do Carmo) e apresentaram monitoramento durante as obras de intervenções como previsto no Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo das Águas do Rio Doce e seus Tributários em Função das Intervenções. Os demais pontos tiveram seu monitoramento iniciado após encerrar as respectivas obras e intervenções. Dessa maneira, são apresentados os resultados obtidos de outubro/2017 a janeiro/2018, totalizando 114 amostras para fitoplâncton e zooplâncton.

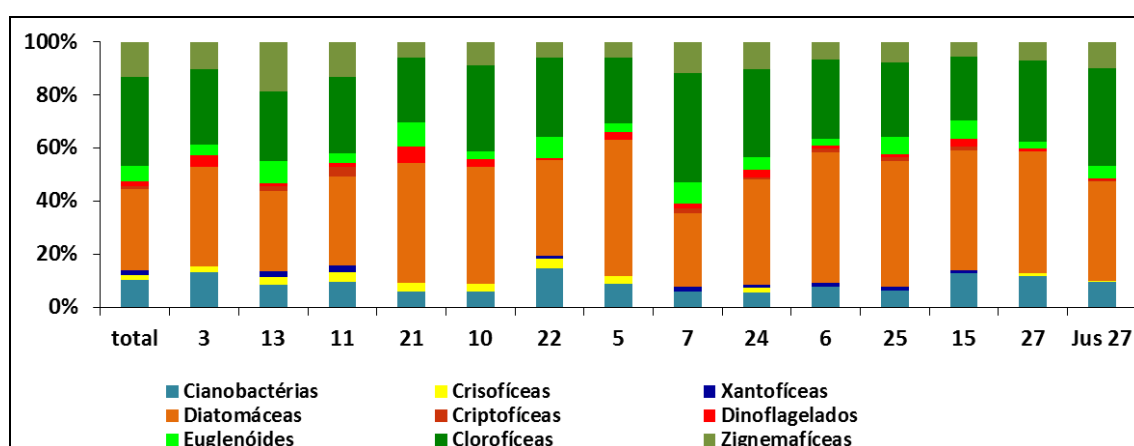
Para fins de padronização, são denominados os grupos taxonômicos do fitoplâncton como cianobactérias = Cyanobacteria; crisofíceas = Chrysophyceae; xantofíceas = Xanthophyceae; diatomáceas = Bacillariophyceae, criptofíceas = Cryptophyceae; dinoflagelados = Dinophyceae, euglenóides = Euglenophyceae; clorofíceas = Chlorophyceae; zignemafíceas = Zygnemaphyceae. Para zooplâncton, rotíferos = Rotifera; cladóceros = Cladocera; copépodos calanóida = Copepoda Calanoida; copépodos ciclopóida = Copepoda Cyclopoida; harpactioida = Harpactioida; copepoditos e náuplios como fase jovem de cada um dos grupos taxonômicos de zooplâncton.

6.3.3.1 - Fitoplâncton

A lista qualitativa de espécies com base nas amostras qualitativas e quantitativas obtidas em cada ponto e data nas áreas prioritárias e não prioritárias está indicada no **Anexo 6.3.3-1**. Considerando todos os pontos amostrados, foram registrados 351 táxons, distribuídos em nove classes taxonômicas (36 cianobactérias, 7 crisofíceas, 6 xantofíceas, 107 diatomáceas, 4 criptofíceas, 6 dinoflagelados, 21 euglenóides, 118 clorofíceas e 46 zignemafíceas).

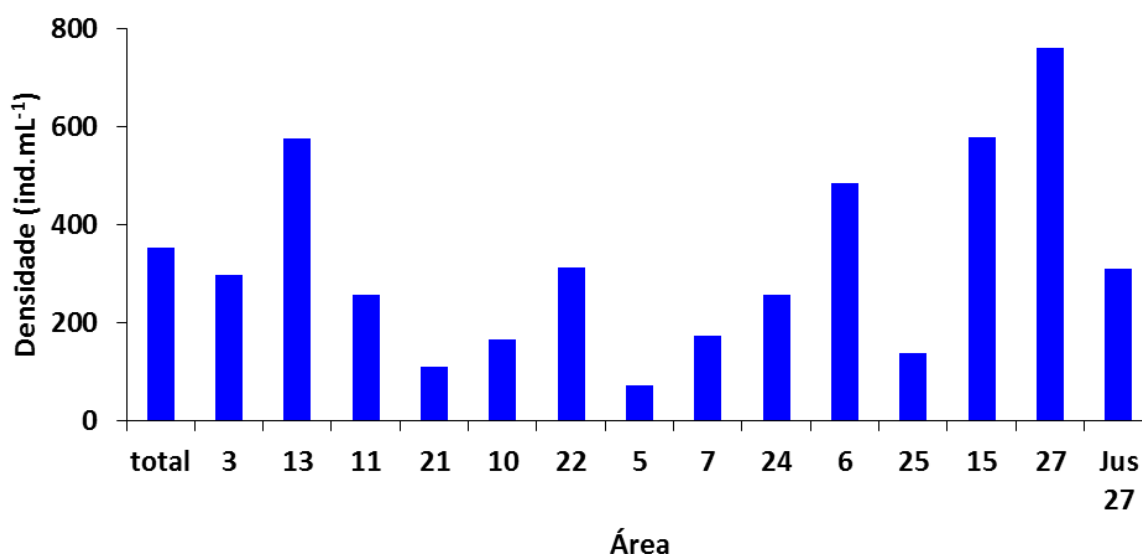
Como padrão ao longo das áreas amostradas, diatomáceas apresentou maior contribuição para o número de táxons, seguido por clorofíceas, zignemafíceas e cianobactérias (**Figura 6.3.3-1**). Crisofíceas, xantofíceas, e criptofíceas apresentaram, no geral, baixa contribuição em número de táxons. As áreas que apresentaram maior número de táxons foram a Área 13 (176 táxons) e a jusante da Área 27 (169 táxons). A Área 13 apresenta uma região onde abrigava uma pequena central hidrelétrica (PCH Bicas, em Mariana/MG) antes do rompimento da barragem de Fundão, enquanto que a jusante da Área 27 possui a usina hidrelétrica de Risoleta Neves. (UHE Risoleta Neves/Candonga). As características específicas destas duas áreas podem estar influenciando a composição e maior riqueza de espécies, onde, mesmo se tratando de um reservatório do tipo fio d'água (reservatório mais dinâmico, com curto tempo de residência) estas duas regiões permitem a formação de um ambiente propício para o desenvolvimento de comunidades mais verdadeiramente planctônicas.

Figura 6.3.3-1 - Contribuição relativa (%) da riqueza taxonômica de espécies para o conjunto total de dados nas áreas prioritárias e não prioritárias amostradas nos rios Gualaxo do Norte (áreas 3, 13, 11, 21, 10, 22, 5, 7, 24, 6, 25), Carmo (áreas 15, 27) e Doce (jusante da Área 27 - Jus 27)



Considerando as amostras quantitativas, foram registrados 271 táxons distribuídos em nove classes (26 cianobactérias, 7 crisofíceas, 4 xantofíceas, 84 diatomáceas, 4 criptofíceas, 3 dinoflagelados, 17 euglenóides, 97 clorofíceas e 21 zignemafíceas), estando a lista de espécies registradas em cada ponto e data coletados até o momento no **Anexo 6.3.3-2**. A densidade média ($\pm$ desvio padrão) foi de $355 (\pm 629)$ ind.mL⁻¹ nas áreas monitoradas, sendo o mínimo de 0 (zero) ind.mL⁻¹ em RD 02 (rio Doce, jusante da Área 27) e máximo de 3.069 ind.mL⁻¹ em RG 04 (rio Gualaxo do Norte, Área 13). Observando os dados num eixo longitudinal dos rios monitorados (**Figura 6.3.3-2**), é possível evidenciar maiores densidades na Área 13 (rio Gualaxo do Norte), com $576 (\pm 915)$ ind.mL⁻¹, e na área 27 (rio do Carmo), com $761 (\pm 1.146)$ ind.mL⁻¹, enquanto que os menores valores foram registrados na Área 5 (rio Gualaxo do Norte), com $73 (\pm 76)$ ind.mL⁻¹ (**Quadro 6.3.3-1**), sendo esta uma área localizada na porção média do rio Gualaxo do Norte.

Figura 6.3.3-2 – Densidade média (ind.mL⁻¹) da comunidade fitoplanctônica para o conjunto total de dados nas áreas prioritárias e não prioritárias amostradas nos rios Gualaxo do Norte (áreas 3, 13, 11, 21, 10, 22, 5, 7, 24, 6, 25), Carmo (áreas 15, 27) e Doce (jusante da Área 27- Jus 27)



A riqueza média, considerando todos os pontos amostrados, foi de 14 ± 9 (táxon.amostra⁻¹), sendo os valores médios mínimos registrados nas áreas 11 (10 ± 6 táxon.amostra⁻¹) e 21 (10 ± 12 táxon.amostra⁻¹) e maior na área 15 (23 ± 8 táxon.amostra⁻¹); (**Quadro 6.3.3-1**). De maneira geral, não é possível observar um padrão longitudinal para a riqueza de táxons entre as áreas amostradas, uma vez que a variação média foi muito semelhante ao longo dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce. A diversidade média foi de $1,8 \pm 0,8$ bits.ind⁻¹, sendo menor na Área 21 ($1,1 \pm 0,6$ bits.ind⁻¹) e maior na Área 15 ($2,8 \pm 0,3$ bits.ind⁻¹, **Quadro 6.3.3-1**). A diversidade nas diferentes áreas foi considerada baixa, com valores menores que 2,5 bits.ind⁻¹ (Margalef, 1973). No entanto, pontualmente e num aspecto temporal, a diversidade foi considerada elevada ($>2,5$ bits.ind⁻¹) especialmente nos meses de novembro/2017 e dezembro/2017 (**Figura 6.3.3-5**, **Figura 6.3.3-11**, **Figura 6.3.3-13**, **Figura**

6.3.3-15). A equitabilidade média foi elevada de $0,8 \pm 0,2$, sem ampla variação nas áreas amostradas, e o índice de dominância (lambda) médio de $0,3 \pm 0,3$, sendo mais elevada na Área 21 ($0,5 \pm 0,3$ lambda) e menor na Área 15 ($0,9 \pm 0,1$); (**Quadro 6.3.3-1**).

Quadro 6.3.3-1 – Valores de média ($\pm$ desvio padrão), mínimos (mín) e máximos (máx) considerando o conjunto total dos dados e cada área amostrada para densidade total, riqueza, equitabilidade, diversidade e dominância.

		Densidade (ind.mL-1)	Riqueza (táxon.amostra-1)	Diversidade (bits.ind-1)	Equitabilidade (J')	Dominância de Simpson (Lambda)
Área 3	Média $\pm$ DV	297 $\pm$ 573	13 $\pm$ 8	1,6 $\pm$ 0,6	0,7 $\pm$ 0,2	0,3 $\pm$ 0,2
	Mín - Máx	2 - 1973	2 - 29	0,7 - 2,5	0,4 - 1	0 - 0,7
Área 3	Média $\pm$ DV	576 $\pm$ 915	15 $\pm$ 10	1,8 $\pm$ 0,9	0,7 $\pm$ 0,3	0,3 $\pm$ 0,3
	Mín - Máx	6 - 3069	1 - 41	0 - 3,4	0,1 - 1	0 - 1
Área 11	Média $\pm$ DV	257 $\pm$ 652	10 $\pm$ 6	1,7 $\pm$ 0,6	0,8 $\pm$ 0,2	0,2 $\pm$ 0,2
	Mín - Máx	2 - 2093	2 - 18	0,7 - 2,5	0,4 - 1	0 - 0,6
Área 21	Média $\pm$ DV	111 $\pm$ 180	10 $\pm$ 12	1,1 $\pm$ 0,6	0,7 $\pm$ 0,3	0,5 $\pm$ 0,3
	Mín - Máx	6 - 319	2 - 23	0,3 - 1,6	0,5 - 1	0,1 - 0,8
Área 10	Média $\pm$ DV	165 $\pm$ 232	12 $\pm$ 11	1,5 $\pm$ 1,3	0,8 $\pm$ 0,1	0,4 $\pm$ 0,5
	Mín - Máx	3 - 431	1 - 23	0 - 2,6	0,7 - 0,8	0,1 - 1
Área 22	Média $\pm$ DV	312 $\pm$ 440	13 $\pm$ 8	1,8 $\pm$ 0,7	0,7 $\pm$ 0,2	0,3 $\pm$ 0,2
	Mín - Máx	11 - 1198	2 - 26	0,3 - 2,6	0,4 - 0,9	0,1 - 0,8
Área 5	Média $\pm$ DV	73 $\pm$ 76	19 $\pm$ 18	1,8 $\pm$ 1,4	0,8 $\pm$ 0	0,4 $\pm$ 0,4
	Mín - Máx	10 - 171	1 - 39	0 - 3	0,8 - 0,8	0,1 - 1
Área 7	Média $\pm$ DV	175 $\pm$ 243	11 $\pm$ 10	1,5 $\pm$ 1	0,8 $\pm$ 0,1	0,3 $\pm$ 0,4
	Mín - Máx	3 - 537	1 - 23	0 - 2,6	0,7 - 1	0,1 - 1
Área 24	Média $\pm$ DV	258 $\pm$ 332	15 $\pm$ 13	1,7 $\pm$ 1,1	0,8 $\pm$ 0,1	0,3 $\pm$ 0,4
	Mín - Máx	7 - 796	1 - 32	0 - 2,8	0,6 - 0,9	0,1 - 1
Área 6	Média $\pm$ DV	486 $\pm$ 626	18 $\pm$ 14	2,2 $\pm$ 0,8	0,8 $\pm$ 0,1	0,1 $\pm$ 0,1
	Mín - Máx	8 - 1334	6 - 37	1,6 - 3,3	0,7 - 1	0 - 0,3
Área 25	Média $\pm$ DV	138 $\pm$ 169	17 $\pm$ 13	2,0 $\pm$ 1,2	0,8 $\pm$ 0,2	0,3 $\pm$ 0,3
	Mín - Máx	8 - 445	2 - 35	0,4 - 3,1	0,5 - 1	0 - 0,8
Área 5	Média $\pm$ DV	580 $\pm$ 949	23 $\pm$ 8	2,8 $\pm$ 0,3	0,9 $\pm$ 0,1	0,1 $\pm$ 0
	Mín - Máx	30 - 1676	14 - 29	2,5 - 3,1	0,8 - 1	0 - 0,1

		Densidade (ind.mL-1)	Riqueza (táxon.amostra-1)	Diversidade (bits.ind-1)	Equitabilidade (J')	Dominância de Simpson (Lambda)
Área 27	Média ± DV	761 ± 1146	16 ± 5	2,0 ± 0,6	0,7 ± 0,2	0,2 ± 0,2
	Mín - Máx	23 - 2658	11 - 24	0,7 - 2,5	0,3 - 0,9	0,1 - 0,7
Jusante área 27	Média ± DV	310 ± 461	15 ± 8	2,0 ± 0,7	0,8 ± 0,1	0,2 ± 0,1
	Mín - Máx	0 - 1505	0 - 27	0 - 2,8	0,4 - 1	0,1 - 0,6
Total	Média ± DV	355 ± 629	14 ± 9	1,8 ± 0,8	0,8 ± 0,2	0,3 ± 0,3
	Mín - Máx	0 - 3069	0 - 41	0 - 3,4	0,1 - 1	0 - 1

Como um panorama geral das áreas monitoradas, é possível observar que a densidade total registrada no rio Gualaxo do Norte foi predominantemente composta por clorófitas no seu canal principal (**Figura 6.3.3-4, Figura 6.3.3-6, Figura 6.3.3-8, Figura 6.3.3-10, Figura 6.3.3-12, Figura 6.3.3-14**), e por uma composição mais diversa nos seus tributários, como diatomáceas (TG 14M e TG 22M; **Figura 6.3.3-8 e Figura 6.3.3-10**), euglenóides (TG 11M; **Figura 6.3.3-6**) e cianobactérias (TG 13; **Figura 6.3.3-6**). Já os pontos localizados no rio do Carmo e Doce apresentam uma característica diferente na composição fitoplanctônica, com predominância de diatomáceas (**Figura 6.3.3-16 e Figura 6.3.3-18**).

Considerando o período do presente relatório, as primeiras chuvas na região ocorreram ao final de outubro/2017 (poucos dias antes da primeira coleta de monitoramento das intervenções), com picos em meados de novembro/2017, permanecendo elevada até dezembro/2017, especialmente nos pontos próximos à UHE Risoleta Neves (vide **item 6.2.1** do presente relatório). Esses picos de precipitação coincidem com as baixas densidades fitoplanctônicas nas campanhas de outubro/2017, assim como nas de dezembro/2017 e janeiro/2018 (**Figura 6.3.3-3, Figura 6.3.3-5, Figura 6.3.3-7, Figura 6.3.3-9, Figura 6.3.3-11, Figura 6.3.3-13, Figura 6.3.3-15, Figura 6.3.3-17**). A análise de modelos lineares mistos (**Quadro 6.3.3-2**), considerando valores de chuva acumulada nos 20 dias anteriores à

coleta em cada ponto, indica esta relação negativa para a densidade total da comunidade fitoplanctônica, assim como para os grupos das cianobactérias, diatomáceas, clorofíceas e zignematofíceas.

Quadro 6.3.3-2 - Resultados dos modelos lineares mistos (*Mixed Linear Models*) para densidade fitoplanctônica total e grupos taxonômicos em função do acumulado de 20 dias de chuvas (fator fixo) e pontos amostrais (fator aleatório)

	Equação	Valor F	valor p
Log Densidade fitoplanctônica total	7,7 - 0,77 log Chuva	8,76	0,004
Log cianobactérias	4,01 - 0,64 log Chuva	7,73	0,009
Log diatomáceas	9,34 - 1,52 log Chuva	13,99	0,002
Log clorofíceas	7,05 - 0,87 log Chuva	4,69	0,05
Log zignematofíceas	3,48 - 0,56 log Chuva	8,68	0,004

Considerando as áreas monitoradas, RGN 01 é um ponto amostrado no rio Gualaxo do Norte localizado à montante da Área 3, sendo este o único ponto que não recebeu o rejeito do rompimento da barragem de Fundão. Mesmo se tratando de um ponto sem o impacto direto do evento, apresentou uma variação de dados muito semelhante aos pontos RG 01 e RG 02 (**Figura 6.3.3-3, Figura 6.3.3-4**), pontos atingidos pelos rejeitos no rio Gualaxo do Norte e que receberam intervenção no período de setembro/2016 a maio/2017. Baixas densidades foram registradas nos três pontos desta área, especialmente nas duas últimas campanhas (dezembro/2017 e janeiro/2018), quando houve maior pluviosidade, além de picos de densidade em novembro/2017 (**Figura 6.3.3-3**). A composição taxonômica foi semelhante nos três pontos amostrados nos diferentes meses de monitoramento (**Figura 6.3.3-4**), sendo clorofíceas o que apresentou maior contribuição para a densidade total, seguido por diatomáceas. Em dezembro/2017, foi registrada elevada contribuição de cianobactérias, com

dominância de *Planktothrix* sp. em RGN 01 (**Anexo 6.3.3-4**), sendo este um organismo de forma filamentosa, boa competidora por luz e tolerante a ambientes mais turbulentos. Outras espécies dominantes nesta área foram a diatomácea *Achnanthes* sp. (RGN 01, em dezembro/2017), e as clorofíceas *Chlorella minutissima* e organismos pertencentes à ordem *Chlorococcales* em fase de autoesporulação (processo de reprodução assexuada que pode dificultar a identificação taxonômica das espécies) (**Anexo 6.3.3-4**).

Figura 6.3.3-3 - Principais métricas calculadas para a comunidade fitoplanctônica na Área 3 no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018. O asterisco (*) indica área que não sofreu influência do rejeito da barragem de Fundão. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos

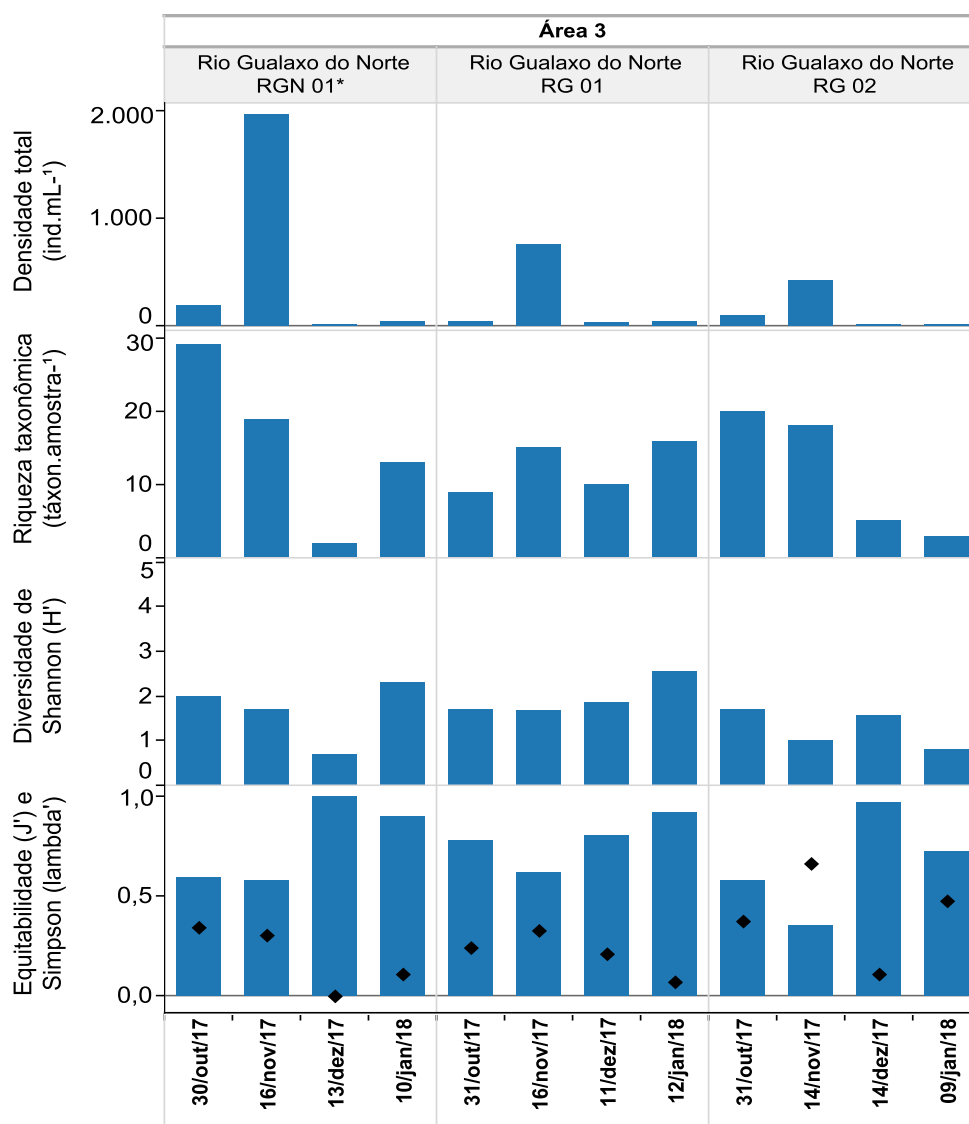


Figura 6.3.3-4 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade fitoplancônica na área 3 no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018. O asterisco (*) indica área que não sofreu influência do rejeito da barragem de Fundão

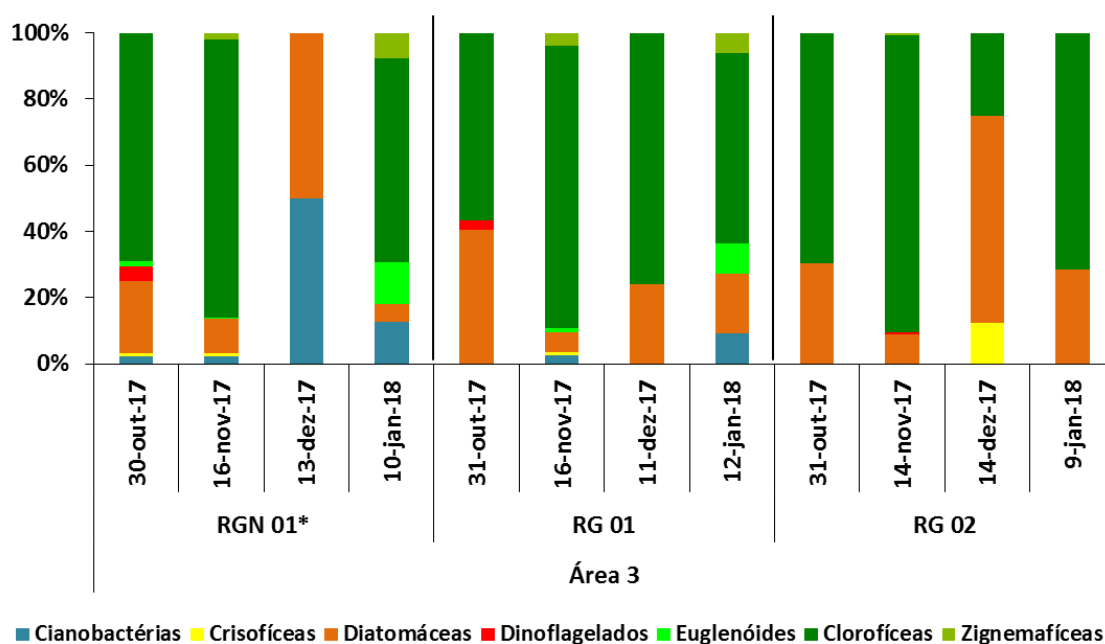


Figura 6.3.3-5 – Principais métricas calculadas para a comunidade fitoplanctônica na área 13 no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018.

O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos

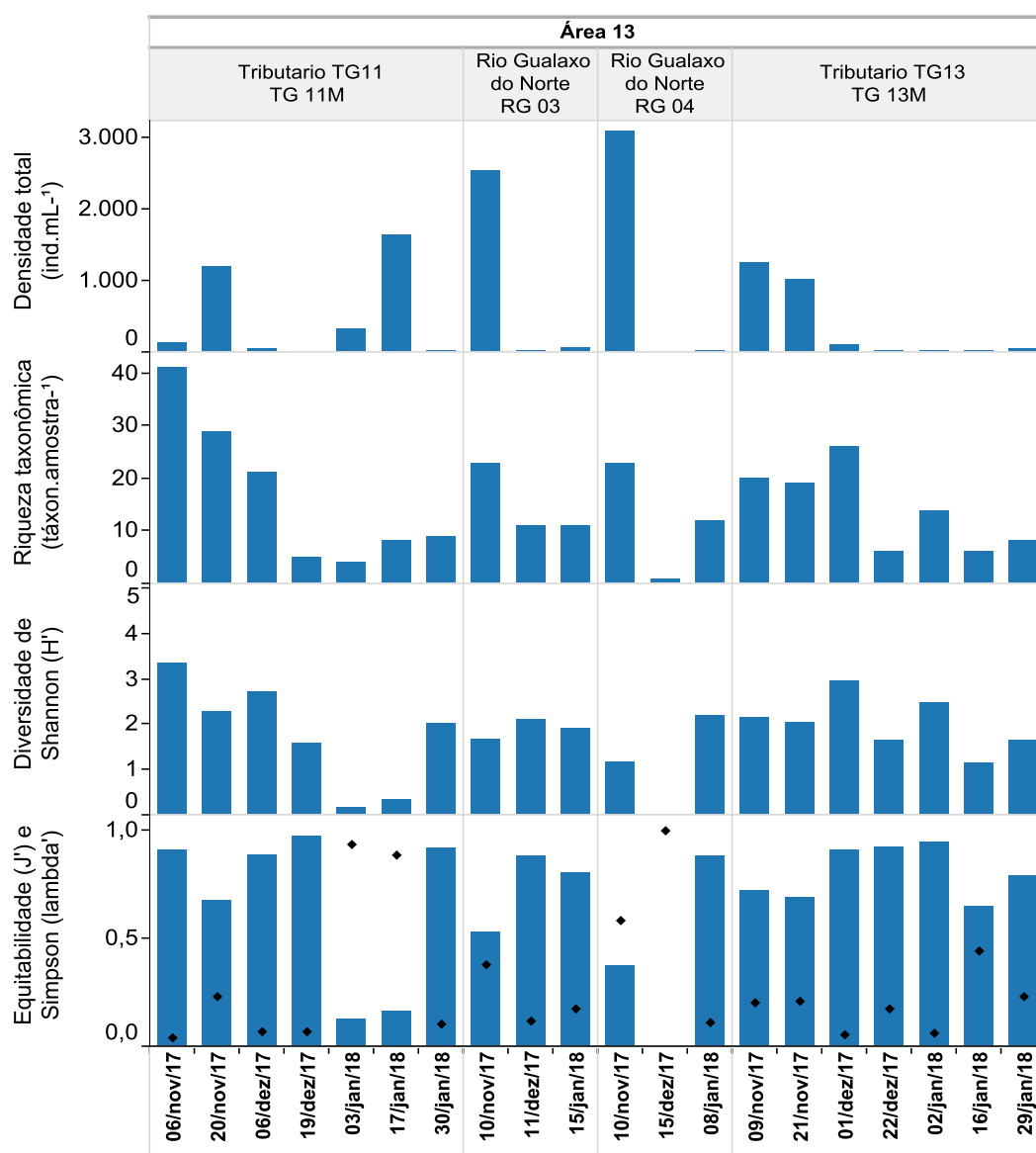


Figura 6.3.3-6 – Densidade relativa dos dos grupos taxonômicos da comunidade fitoplanctônica na área 13 no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018

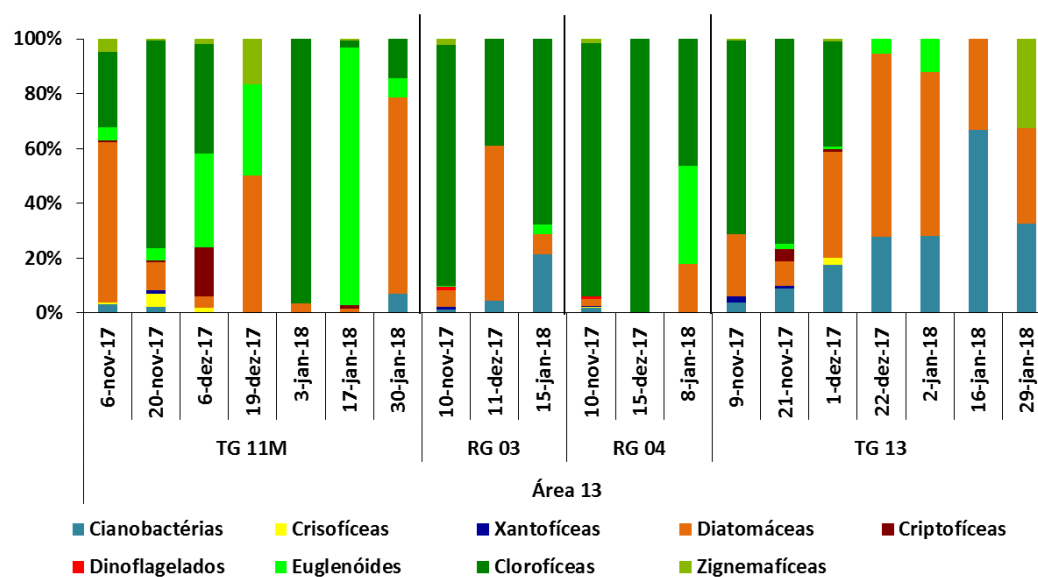


Figura 6.3.3-7 – Principais métricas calculadas para a comunidade fitoplanctônica na área 11 (TG 14M, RG 05) e área 21 (RG 06) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos

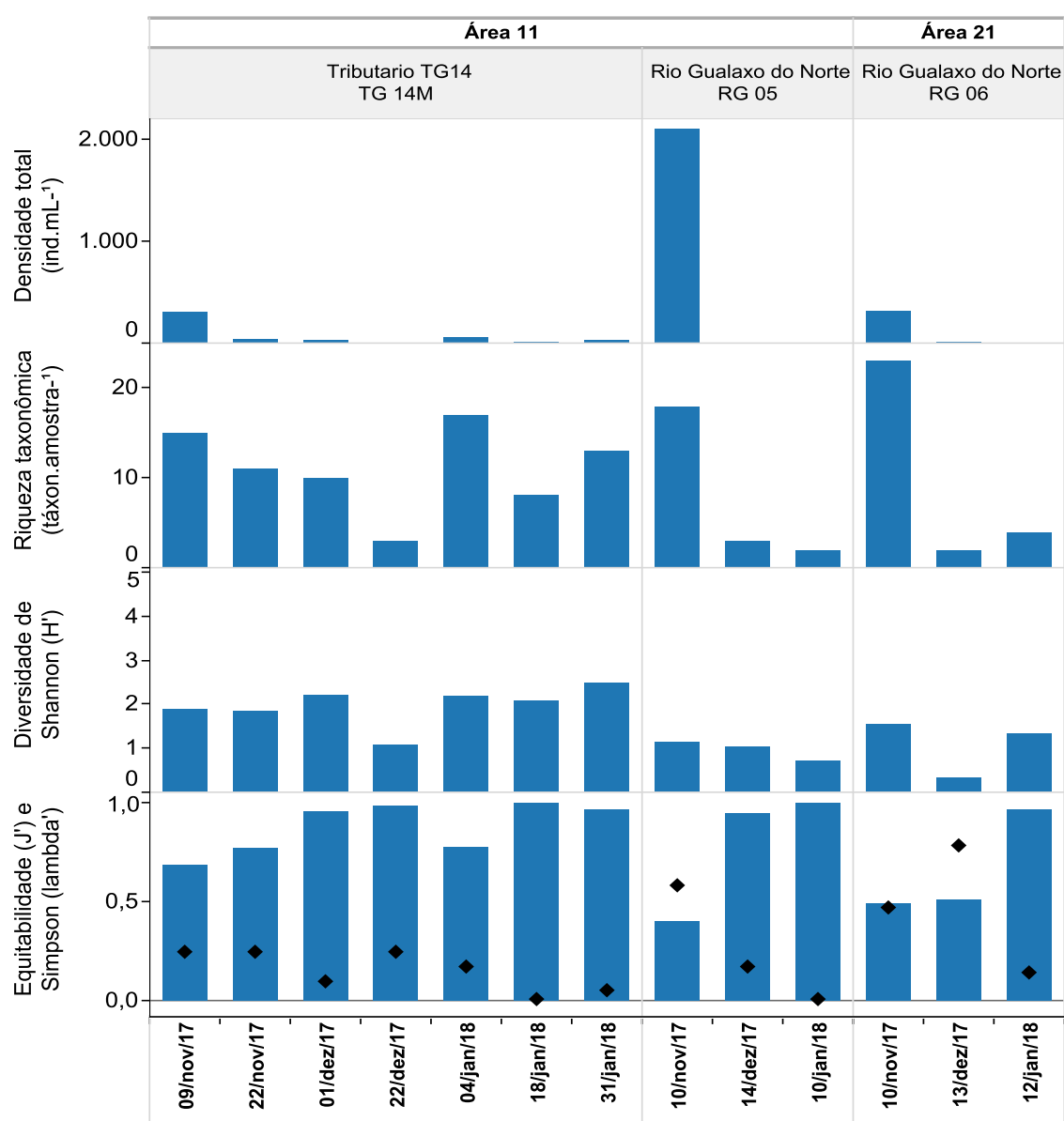


Figura 6.3.3-8 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade fitoplanctônica na área 11 (TG 14M, RG 05) e área 21 (RG 06) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018

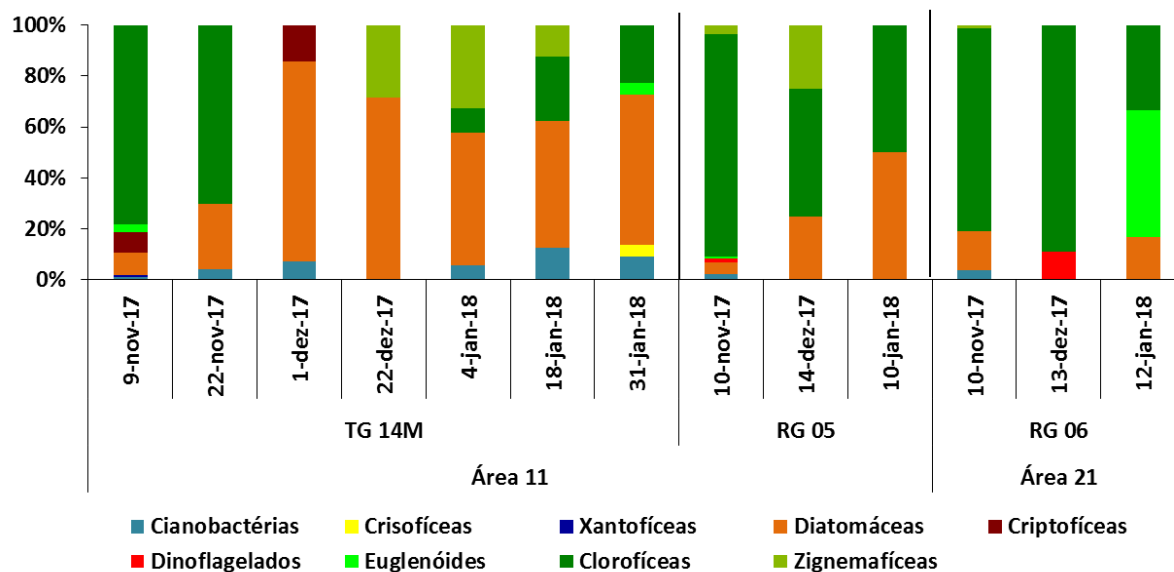


Figura 6.3.3-9 – Principais métricas calculadas para a comunidade fitoplancônica na área 10 (RG 07) e área 22 (TG 22M e RG 08) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos

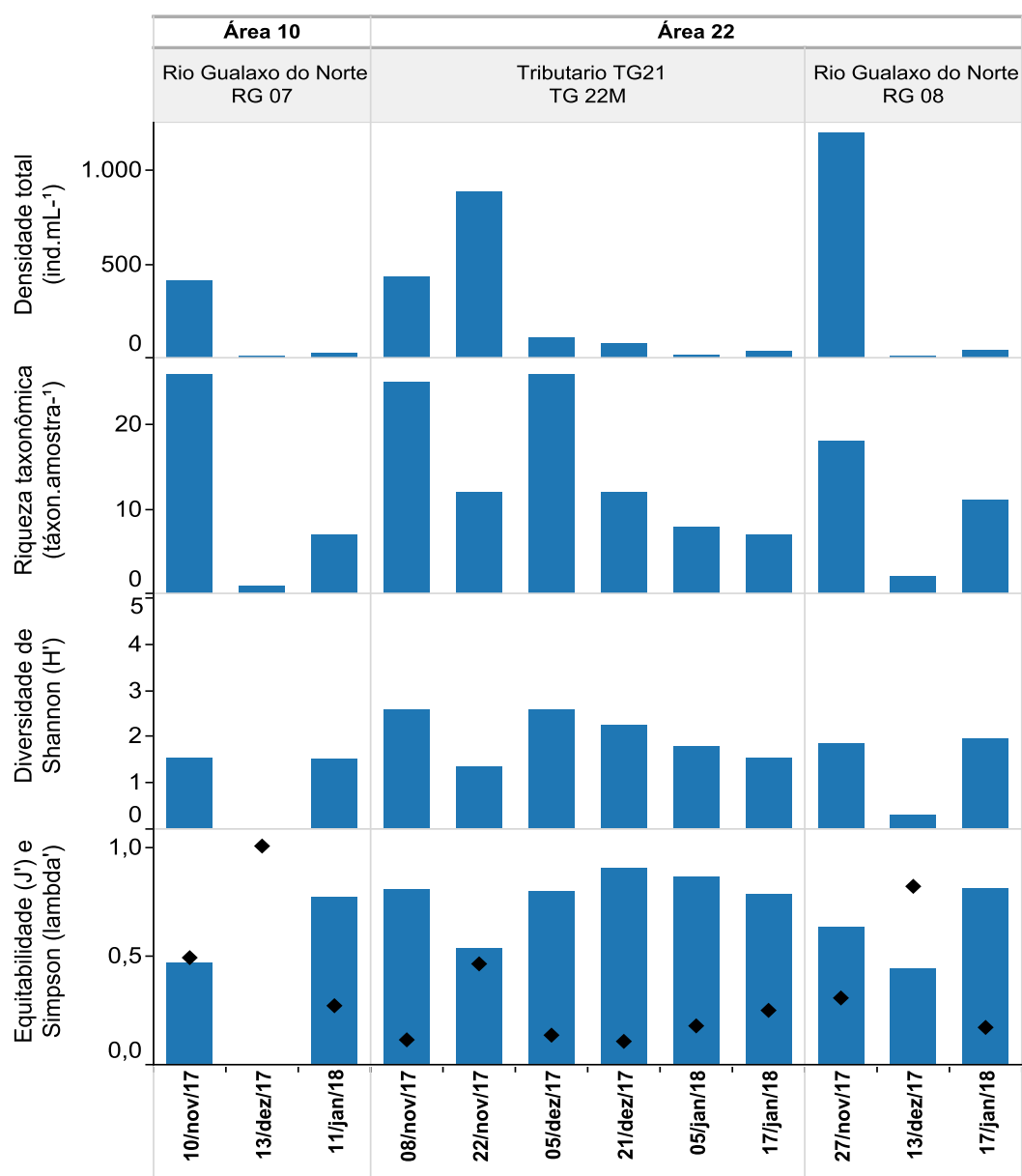


Figura 6.3.3-10 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade fitoplanctônica na área 10 (RG 07) e área 22 (TG 22M e RG 08) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018

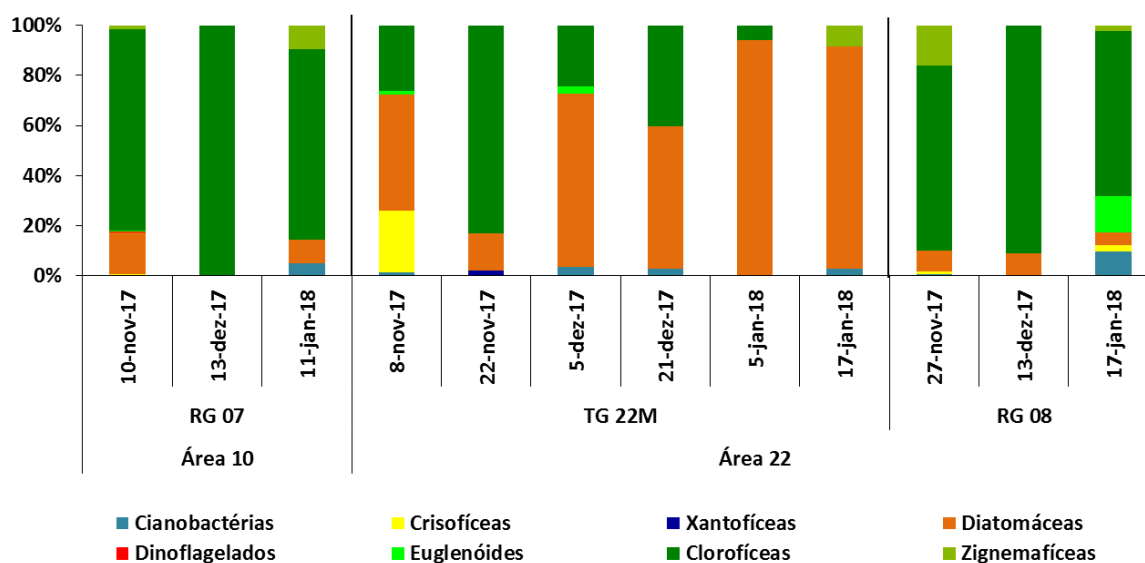


Figura 6.3.3-11 – Principais métricas calculadas para a comunidade fitoplancônica na área 5 (RGN 06) e área 7 (RG 09 e RG 10) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos

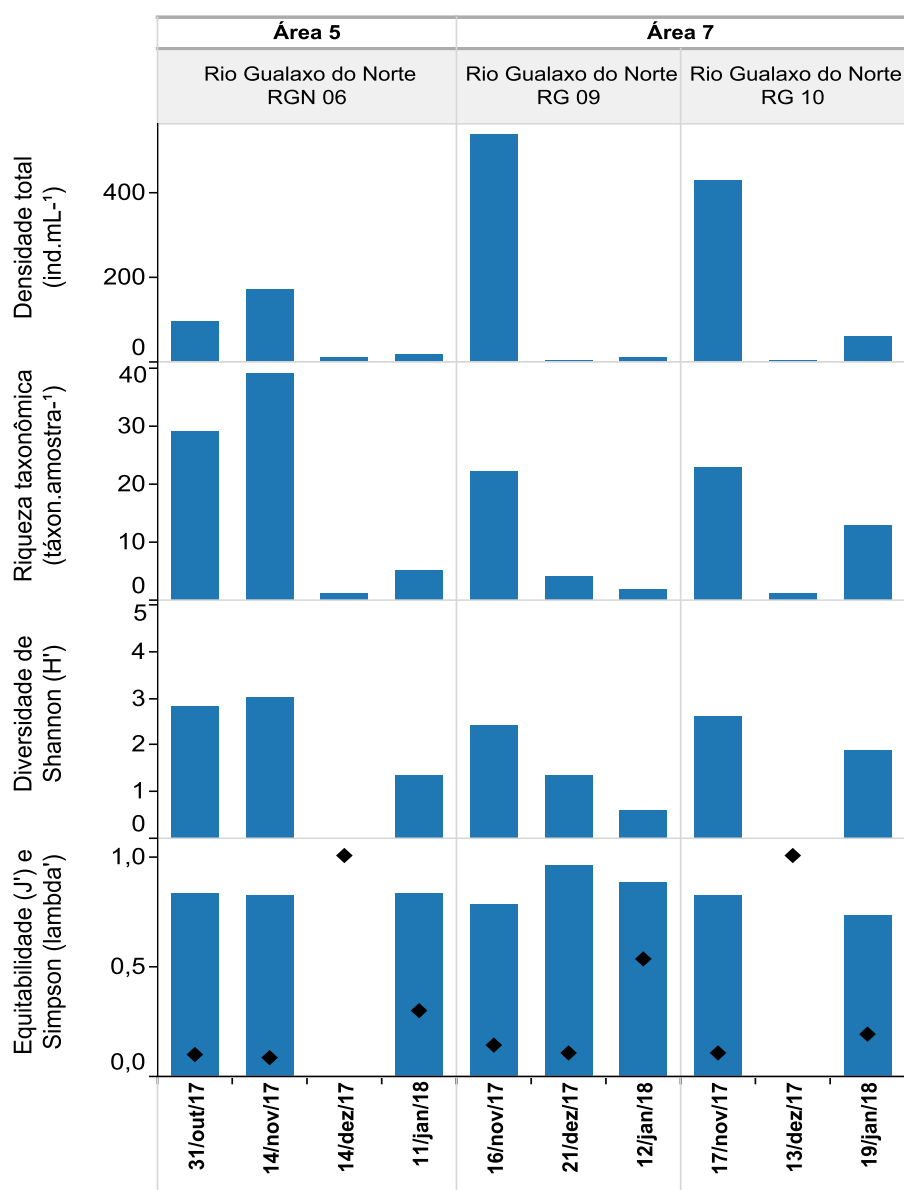
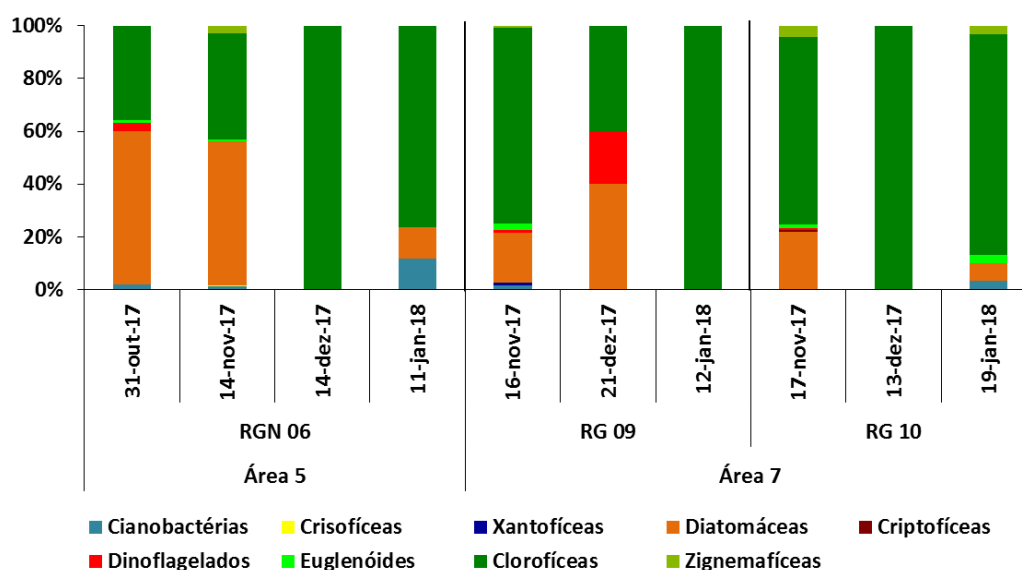
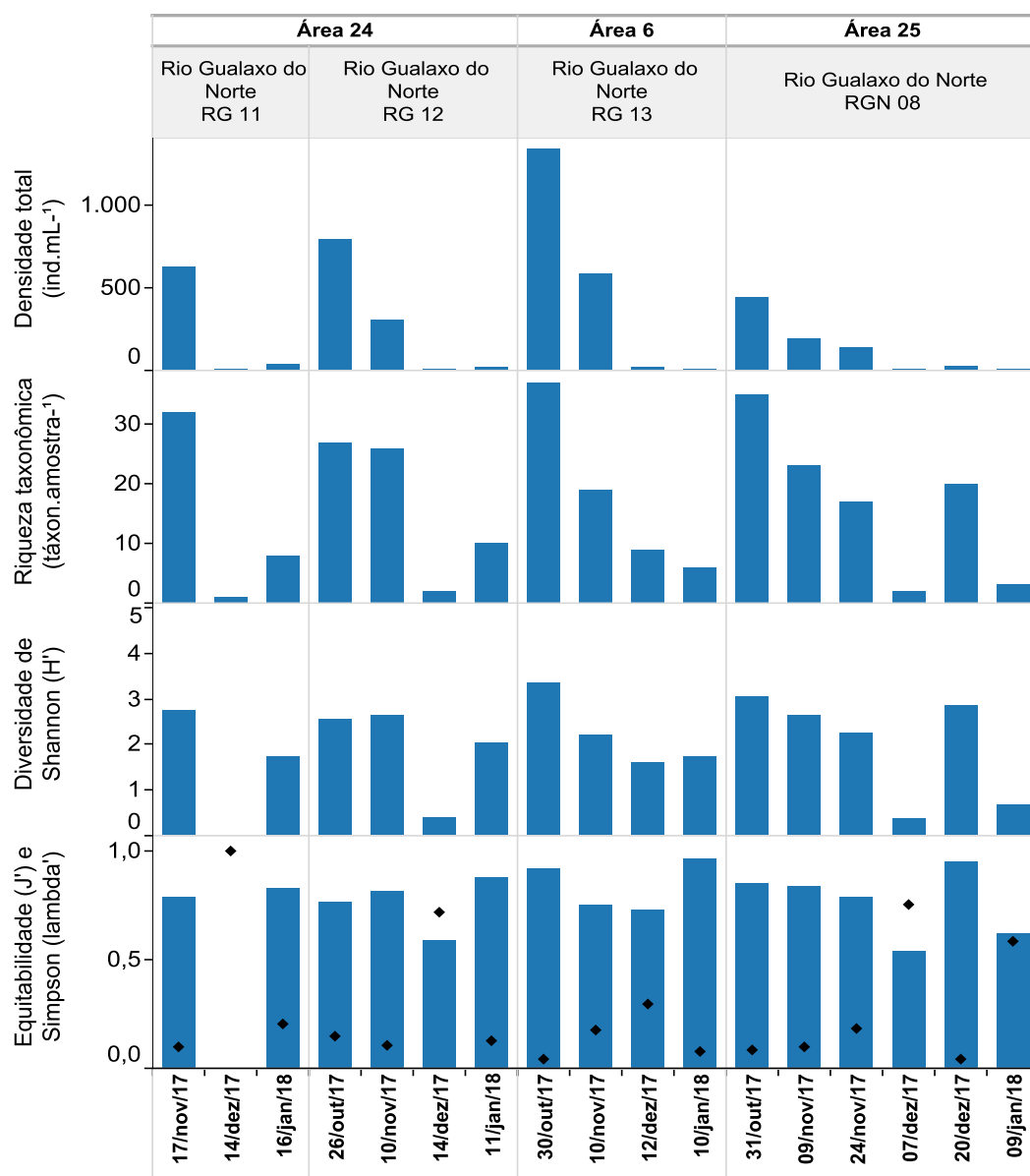


Figura 6.3.3-12– Densidade relativa dos dos grupos taxonômicos da comunidade fitoplancônica na área 5 (RGN 06) e área 7 (RG 09 e RG 10) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018



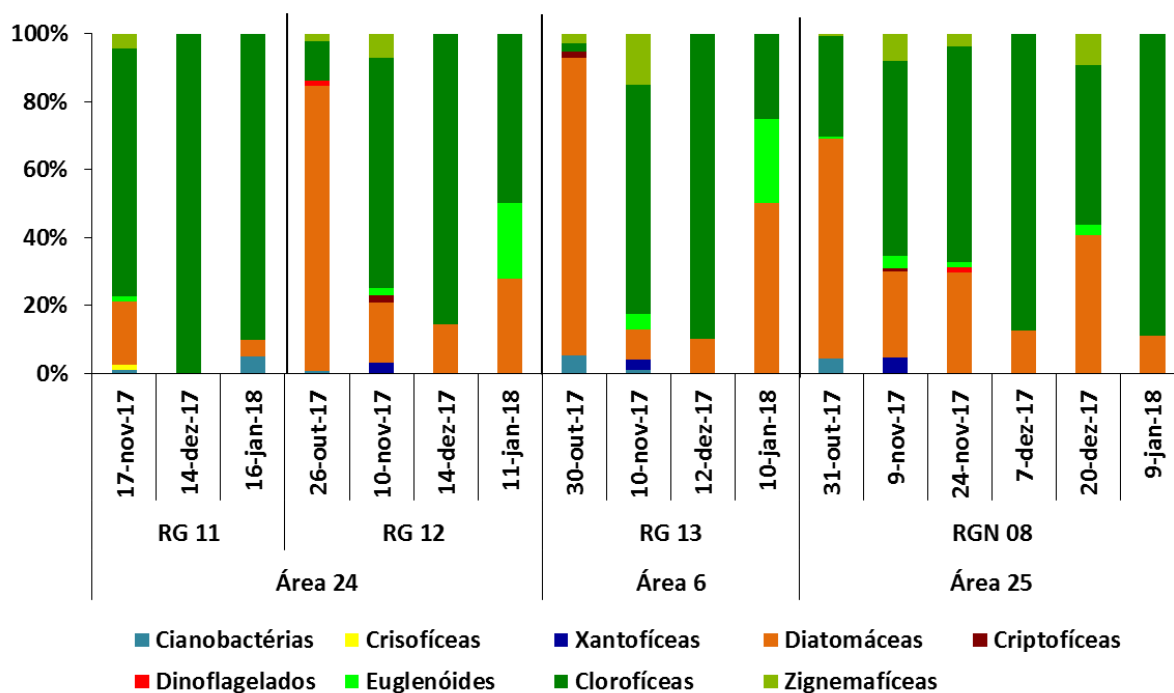
O ponto RGN 08 (Área 25 - rio Gualaxo do Norte) teve suas obras de intervenção iniciadas em junho/2017 e finalizadas em dezembro/2017 e o monitoramento iniciado no final de outubro/2017, com frequência quinzenal. Os valores de densidade total e riqueza seguiram o mesmo padrão que o observado nas áreas adjacentes, com redução dos valores ao longo dos meses até o presente momento do relatório (janeiro/2017) (**Figura 6.3.3-13**). A composição taxonômica também foi semelhante aos diferentes pontos de amostragem, com elevada contribuição de diatomáceas no início do monitoramento e por clorofíceas nos demais meses (**Figura 6.3.3-14**). Assim como observado nos pontos a montante de RGN 08, a diversidade ($<2,5 \text{ bits.ind}^{-1}$, Margalef 1983) e dominância de Simpson foram baixas, além de elevada equitabilidade (com exceção de dezembro/2017, quando apresentou elevados valores) (**Figura 6.3.3-13**).

Figura 6.3.3-13 – Principais métricas calculadas para a comunidade fitoplancônica na área 24 (RG 11 e RG 12), área 6 (RG 13) e área 25 (RGN 08) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos



O ponto RGN 08 apresentou seis espécies constantes (com mais que 50% de frequência das amostras, **Anexo 6.3.3-3**), sendo estas as clorófitas *Chlorella vulgaris*, *Chlorella minutissima*, clorófitas em autoesporulação e as diatomáceas *Ulnaria ulna* e *Navicula* sp. Os organismos que apresentaram contribuição de 50% ou mais sobre a densidade total (espécies dominantes) foram algas clorófitas em autoesporulação, tendo esse mesmo padrão observado em RG 13 (Área 6 – rio Gualaxo do Norte, montante de RGN 08) (**Anexo 6.3.3-4**).

Figura 6.3.3-14 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade fitoplantônica na área 24 (RG 11 e RG 12), área 6 (RG 13) e área 25 (RGN 08) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018



O ponto RCA 01 (Área 27 – rio Carmo) foi monitorado concomitantemente às execuções de intervenções (que duraram de julho/2017 a janeiro/2018), e os resultados do monitoramento apresentado de outubro/2017 ao final de janeiro/2018. Com exceção do pico de densidade observado em 19/01/2018, a densidade total neste ponto sofreu forte redução a partir de 22/11/2017 e o mesmo ocorreu para riqueza taxonômica (**Figura 6.3.3-15**). Além da baixa densidade, a diversidade se manteve relativamente baixa ($<2,5 \text{ bits.ind}^{-1}$), mas elevada equitatividade e baixa dominância, com exceção de 19/01/2018 (**Figura 6.3.3-15**). A composição foi predominantemente de cianobactérias na primeira campanha do monitoramento, sendo substituída por diatomáceas até a segunda quinzena de janeiro (04/01/2018), quando houve uma dominância de clorofíceas, seguida por diatomáceas novamente (**Figura 6.3.3-16**). O dia 19/01/2018 coincide não apenas com o encerramento de obras na Área 27, mas também com o último pico de chuva, em período superior a 10 dias antes da referida coleta. Diferentemente do padrão observado no rio Gualaxo do Norte, o rio do Carmo apresentou uma importante contribuição de cianobactérias em novembro/2017 e de diatomáceas nas demais campanhas em ambos os pontos neste rio.

Em relação à frequência de espécies fitoplanctônicas em RC 01 (Área 27 – rio do Carmo), seis espécies foram consideradas constantes (registro em 50% ou mais das amostras), sendo estas as diatomáceas *Achnathidium minutissimum*, *Cymbella* sp., *Navicula* sp., *Nitzschia* sp., *Pinnularia* sp. e *Ulnaria ulna* (**Anexo 6.3.3-3**). Ao considerar a contribuição dos táxons para a densidade total da amostra, *Cyanogranis ferruginea* (cianobactéria, em 10/11/2017) e *Kirchneriella* sp. (clorofícea, em 19/01/2017) foram dominantes (**Anexo 6.3.3-4**).

Figura 6.3.3-15 – Principais métricas calculadas para a comunidade fitoplanctônica na área 15 (RCA 02) e área 27 (RC 01) no rio do Carmo, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos

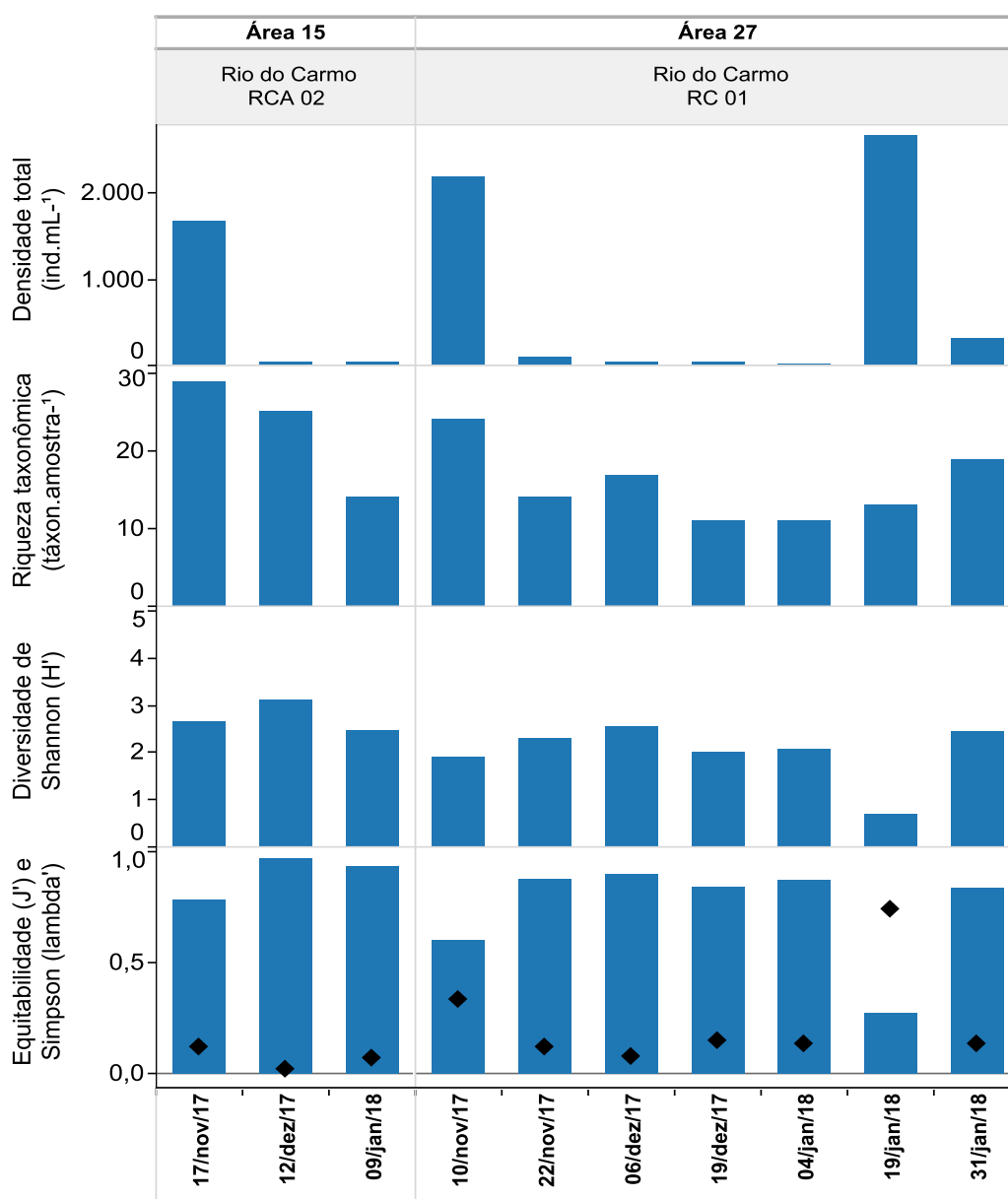
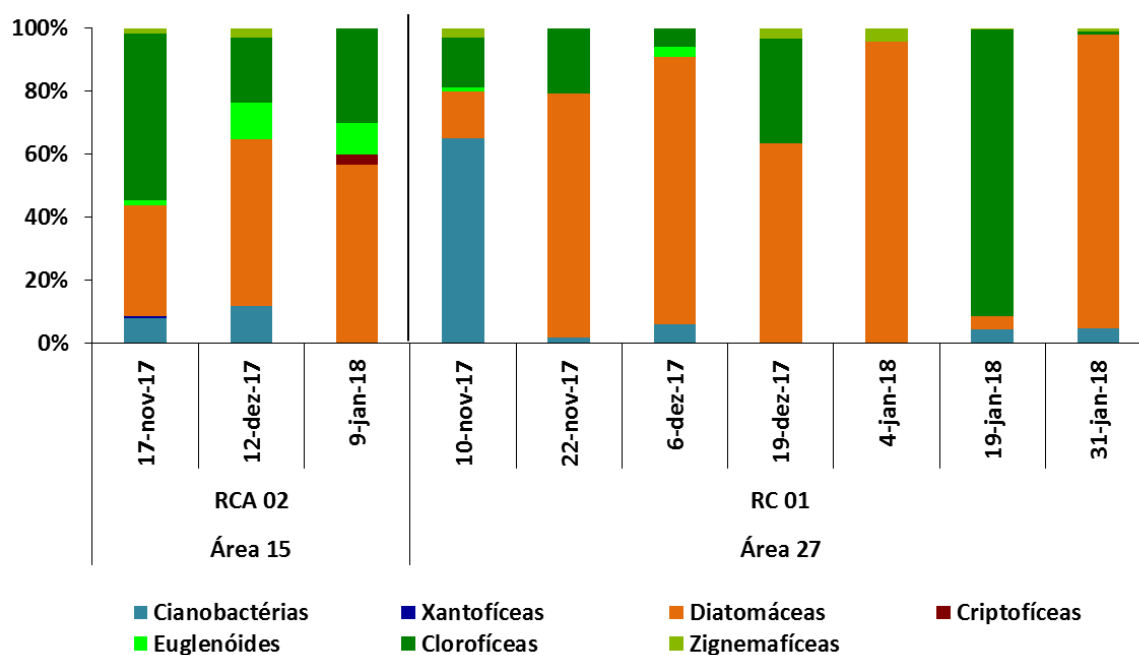


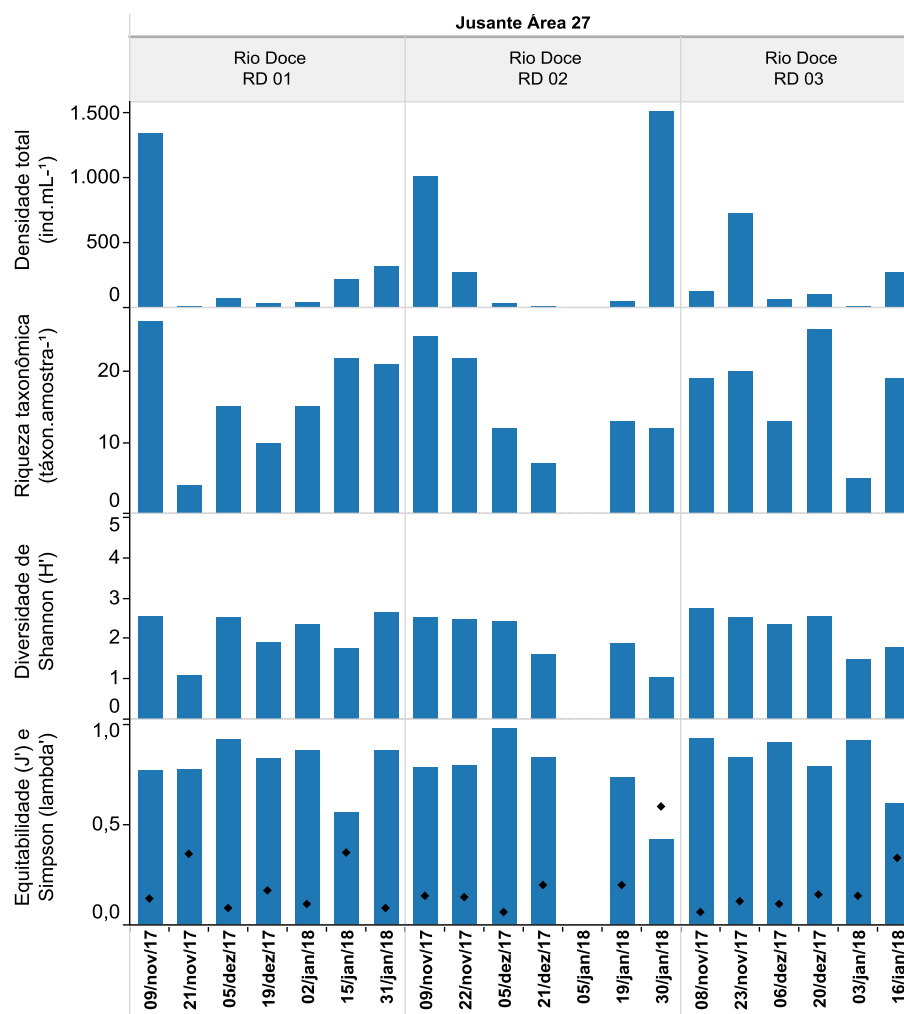
Figura 6.3.3-16 – Densidade relativa dos dos grupos taxonômicos da comunidade fitoplanctônica na área 15 (RCA 02) e área 27 (RC 01) no rio do Carmo, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018



Os pontos amostrados no rio Doce que estão à jusante da Área 27 (RD 01, RD 02 e RD 03) também apresentaram monitoramento concomitantemente às intervenções, sendo que nessas ações não houve atividade do programa de Revegetação na área. O início das intervenções em RD 03 foi em maio/2017 e julho/2017 em RD 01 e RD 02, tendo o monitoramento iniciado na primeira quinzena de novembro/2017. O ponto RD 01 é o mais a montante dos três pontos monitorados no rio Doce, localizado cerca de 7 km após a confluência do rio do Carmo, o RD 02 no início do reservatório da UHE Risoleta Neves e o RD 03 a jusante do maciço da barragem. Nos três pontos de amostragem, as menores densidades foram observadas nos meses de dezembro/2017 e janeiro/2018, com maiores

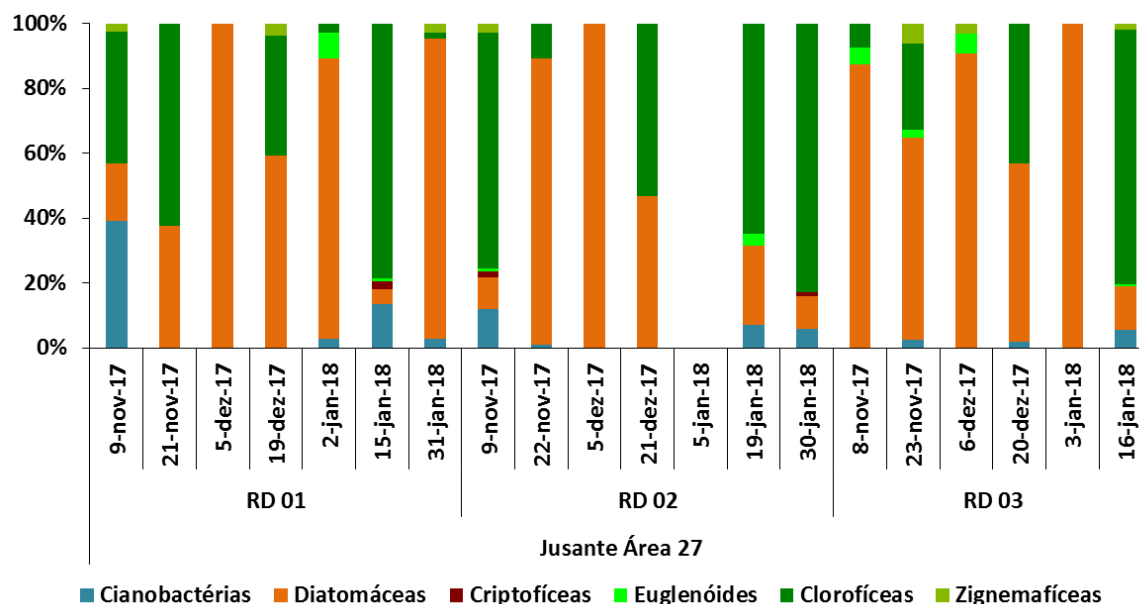
densidades em novembro/2017 e ao final de janeiro/2018 (**Figura 6.3.3-17**). Além disso, foram registrados baixos valores de densidade ($<2,5 \text{ bits.ind}^{-1}$, Margalef 1983), elevada equitabilidade e baixa dominância (**Figura 6.3.3-17**).

Figura 6.3.3-17 – Principais métricas calculadas para a comunidade fitoplancônica à jusante da Área 27 (RD 01, RD 02 e RD 03) no Doce, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos



A composição taxonômica foi semelhante nos três pontos de amostragem, sendo constituída principalmente de diatomáceas ao longo dos meses monitorados, e maior contribuição de cianobactérias em RD 01 em 09/11/2017 e clorofíceas em janeiro/2018 (**Figura 6.3.3-18**). Ao considerar os três pontos amostrados, apenas quatro táxons foram consideradas constantes (**Anexo 6.3.3-3**), sendo estes as diatomáceas *Cymbella* sp., *Navicula* sp., *Nitzschia* sp. e *Ulnaria ulna*. Quando considerada a contribuição dos táxons para a densidade total das amostras, apenas as clorofíceas *Chlorella vulgaris* (RD 01, em 21/11/2017), *Kirchneriella diana* (RD 03, em 16/01/2018) e *Kirchneriella* sp. (RD 01, em 15/01/2018 e RD 02, em 30/01/2018) foram dominantes (contribuição de 50% ou mais da densidade total da amostra; **Anexo 6.3.3-4**).

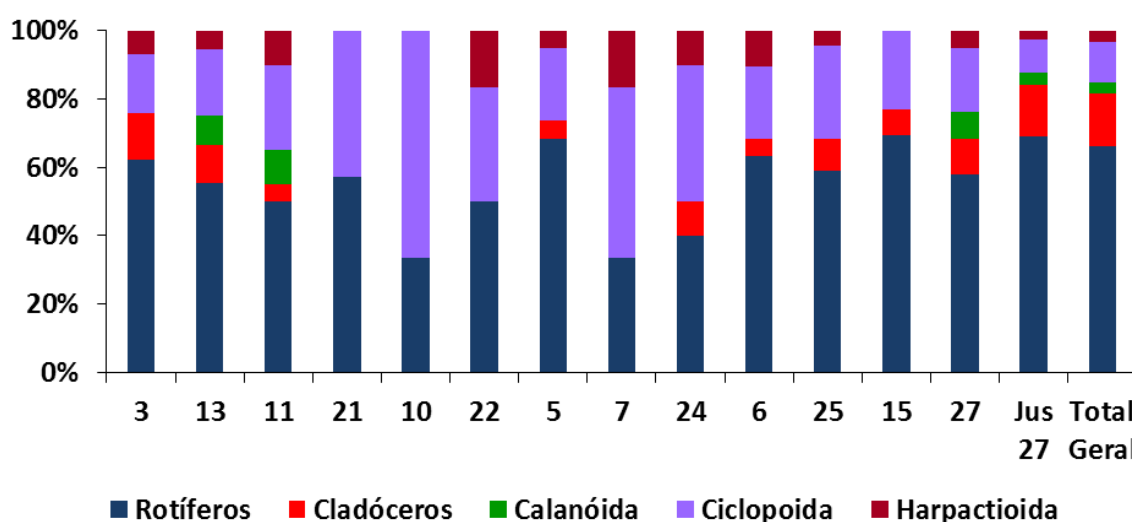
Figura 6.3.3-18 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade fitoplantônica na área jusante da Área 27 (RD 01, RD 02 e RD 03) no Doce, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018



6.3.3.2 - Zooplâncton

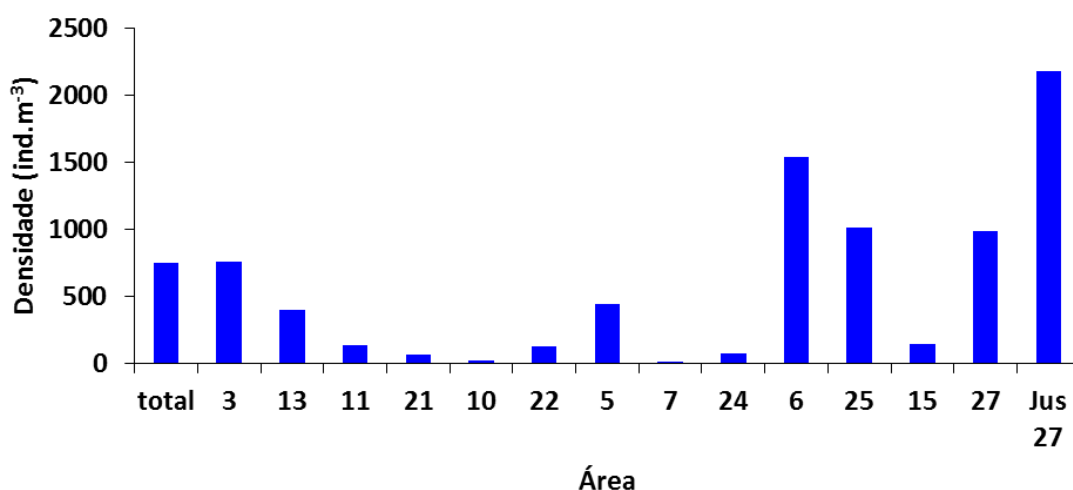
A lista qualitativa de espécies com base nas amostras qualitativas e quantitativas obtidas em cada ponto e data nas áreas prioritárias e não prioritárias está indicada no **Anexo 6.3.3-5**. Considerando todos os pontos amostrados no plano de monitoramento das intervenções, foram registrados 92 táxons, distribuídos em nove cinco grupos (61 rotíferos, 14 cladóceros, 3 copépodos calanóida, 11 copépodos ciclopóida e 3 harpactioida). Como padrão ao longo das áreas amostradas, rotíferos foi um importante grupo em todas as áreas amostradas tanto no rio Gualaxo do Norte, quanto nos rios Carmo e Doce (**Figura 6.3.3-19**), com maior contribuição de copépodo ciclopóida nas áreas 10 e 7. Cladocera e especialmente copépodo calanóida apresentaram baixa contribuição de táxons no trecho monitorado. Assim como para o observado na comunidade fitoplanctônica, os maiores valores de riqueza taxonômica foram registrados na Área 13 (36 táxons) e a jusante da Área 27 (81 táxons).

Figura 6.3.3-19 - Contribuição relativa (%) da riqueza taxonômica de espécies para o conjunto total de dados nas áreas prioritárias e não prioritárias amostradas nos rios Gualaxo do Norte (áreas 3, 13, 11, 21, 10, 22, 5, 7, 24, 6, 25), Carmo (áreas 15, 27) e Doce (jusante área 27 – Jus 27)



Considerando as amostras quantitativas, a lista de espécies registradas em cada ponto e data coletado está no **Anexo 6.3.3-5**. A densidade média ($\pm$ desvio padrão) nas áreas monitoradas foi de 750 (± 2.517) ind.m⁻³, sendo o mínimo de 0 (zero) ind. m⁻³ em RG 03 e RG 11 (rio Gualaxo do Norte, Áreas 13 e 24, respectivamente). Foram registrados 87 táxons, sendo 56 rotíferos, 14 cladóceros e 17 formas taxonômicas de copépodos, divididas entre formas adultas e juvenis (náuplios e copepoditos) e entre as classes calanóida, ciclopóida e harpacticóida. Observando os dados médios num eixo longitudinal dos rios monitorados (**Figura 6.3.3-20**) é possível observar maiores densidades médias na à jusante da Área 27 (rio Doce), com 2.185 (± 5.412) ind.mL⁻¹, e na área 6 (rio Gualaxo do Norte), com 1.541 (± 2.698) ind. m⁻³, enquanto que os menores valores foram registrados na Área 7 (rio Gualaxo do Norte), com 15 (± 11) ind. m⁻³ (**Quadro 6.3.3-3**).

Figura 6.3.3-20 - Densidade média (ind. m⁻³) da comunidade zooplanctônica para o conjunto total de dados nas áreas prioritárias e não prioritárias amostradas nos rios Gualaxo do Norte (áreas 3, 13, 11, 21, 10, 22, 5, 7, 24, 6, 25), Carmo (áreas 15, 27) e Doce (jusante área 27 – Jus 27)



A riqueza média, considerando todos os pontos amostrados, foi de 8 ± 7 (táxon.amostra⁻¹), sendo os valores médios mínimos registrados nas áreas 10 e 7 (ambas com 2 ± 1 táxon.amostra⁻¹) e maior à jusante da Área 27 (16 ± 10 táxon.amostra⁻¹; **Quadro 6.3.3-3**). De maneira geral, não é possível observar um padrão longitudinal para a riqueza de táxons entre as áreas amostras, uma vez que a variação média foi muito semelhante ao longo dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce. A diversidade média foi de $1,3 \pm 0,7$ bits.ind⁻¹, sendo menor nas Áreas 10 e 7 ($0,5 \pm 0,5$ bits.ind⁻¹) e maior nas Áreas 27 ($1,9 \pm 0,3$ bits.ind⁻¹) e 16 ($1,9 \pm 0,6$ bits.ind⁻¹, **Quadro 6.3.3-3**). A diversidade nas diferentes áreas foi considerada baixa, com valores menores que 2,5 bits.ind⁻¹ (Margalef, 1973). A equitabilidade média foi elevada de $0,8 \pm 0,2$, sem ampla variação nas áreas amostradas e o índice de dominância (lambda) médio de $0,4 \pm 0,2$, sendo mais elevado na Área 7 ($0,7 \pm 0,3$ lambda) e menor na Área 15 ($0,9 \pm 0,1$; **Quadro 6.3.3-3**).

Quadro 6.3.3-3 - Valores de média ($\pm$ desvio padrão), mínimos (mín) e máximos (máx) considerando o conjunto total dos dados de zooplâncton e cada área amostrada ? para densidade total, riqueza, equitabilidade, diversidade e dominância

		Densidade total (ind. m ⁻³)	Riqueza (táxon.amostra ⁻¹)	Equitabilidade (J')	Diversidade (bits.ind ⁻¹)	Dominância de Simpson (Lambda)
Área 3	Média $\pm$ DV	760 $\pm$ 1611	6 $\pm$ 5	0,8 $\pm$ 0,2	1,2 $\pm$ 0,7	0,4 $\pm$ 0,3
	Mín - Máx	5 - 5335	1 - 16	0,4 - 1	0 - 1,9	0,2 - 1
Área 13	Média $\pm$ DV	395 $\pm$ 606	6 $\pm$ 3	0,8 $\pm$ 0,2	1,3 $\pm$ 0,6	0,4 $\pm$ 0,2
	Mín - Máx	0 - 2535	0 - 14	0,1 - 1	0 - 2,2	0,1 - 1
Área 11	Média $\pm$ DV	134 $\pm$ 193	5 $\pm$ 3	0,9 $\pm$ 0,1	1,3 $\pm$ 0,8	0,4 $\pm$ 0,3
	Mín - Máx	5 - 560	1 - 10	0,6 - 1	0 - 2	0,2 - 1
Área 21	Média $\pm$ DV	60 $\pm$ 70	3 $\pm$ 2	1 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,7	0,6 $\pm$ 0,4
	Mín - Máx	10 - 140	1 - 5	0,9 - 1	0 - 1,5	0,2 - 1
Área 10	Média $\pm$ DV	20 $\pm$ 13	2 $\pm$ 1	0,9 $\pm$ 0,2	0,5 $\pm$ 0,5	0,6 $\pm$ 0,3
	Mín - Máx	5 - 30	1 - 3	0,8 - 1	0 - 1,1	0,3 - 1
Área 22	Média $\pm$ DV	129 $\pm$ 188	5 $\pm$ 3	0,9 $\pm$ 0,1	1,2 $\pm$ 0,6	0,4 $\pm$ 0,3
	Mín - Máx	5 - 600	1 - 12	0,7 - 1	0 - 2	0,2 - 1
Área 5	Média $\pm$ DV	440 $\pm$ 800	7 $\pm$ 8	0,8 $\pm$ 0,2	1,3 $\pm$ 0,4	0,3 $\pm$ 0,1
	Mín - Máx	15 - 1640	3 - 19	0,6 - 1	1 - 1,8	0,3 - 0,4
Área 7	Média $\pm$ DV	15 $\pm$ 11	2 $\pm$ 1	0,9 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,5	0,7 $\pm$ 0,3
	Mín - Máx	5 - 30	1 - 3	0,8 - 1	0 - 1,1	0,3 - 1
Área 24	Média $\pm$ DV	74 $\pm$ 83	3 $\pm$ 2	0,9 $\pm$ 0,1	0,8 $\pm$ 0,5	0,4 $\pm$ 0,1
	Mín - Máx	0 - 210	0 - 6	0,7 - 1	0 - 1,4	0,3 - 0,6
Área 6	Média $\pm$ DV	1541 $\pm$ 2698	7 $\pm$ 7	0,8 $\pm$ 0,2	1,2 $\pm$ 0,4	0,4 $\pm$ 0,1
	Mín - Máx	15 - 5580	2 - 17	0,5 - 0,9	0,6 - 1,5	0,3 - 0,5
Área 25	Média $\pm$ DV	1014 $\pm$ 1493	9 $\pm$ 4	0,8 $\pm$ 0,1	1,6 $\pm$ 0,2	0,2 $\pm$ 0
	Mín - Máx	25 - 4000	4 - 14	0,7 - 1	1,3 - 1,8	0,2 - 0,3
Área 15	Média $\pm$ DV	140 $\pm$ 111	6 $\pm$ 2	0,8 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,2	0,3 $\pm$ 0,1
	Mín - Máx	55 - 265	5 - 8	0,7 - 0,9	1,4 - 1,6	0,2 - 0,4
Área 27	Média $\pm$ DV	982 $\pm$ 1967	11 $\pm$ 7	0,9 $\pm$ 0,1	1,9 $\pm$ 0,3	0,2 $\pm$ 0,1
	Mín - Máx	20 - 5373	4 - 26	0,7 - 1	1,4 - 2,3	0,1 - 0,3
Jusante área 27	Média $\pm$ DV	2185 $\pm$ 5412	16 $\pm$ 10	0,7 $\pm$ 0,1	1,9 $\pm$ 0,6	0,2 $\pm$ 0,1
	Mín - Máx	65 - 24720	2 - 32	0,5 - 1	0,7 - 2,8	0,1 - 0,5
Total	Média $\pm$ DV	750 $\pm$ 2517	8 $\pm$ 7	0,8 $\pm$ 0,2	1,3 $\pm$ 0,7	0,4 $\pm$ 0,2
	Mín - Máx	0 - 24720	0 - 32	0,1 - 1	0 - 2,8	0,1 - 1

Considerando uma visão geral das áreas monitoradas é possível verificar pelas **Figura 6.3.3-22, Figura 6.3.3-24, Figura 6.3.3-26, Figura 6.3.3-28, Figura 6.3.3-30, Figura 6.3.3-32** que a densidade relativa registrada no rio Gualaxo do Norte foi predominantemente composta por rotíferos e formas juvenis de copépodos ciclopidas. Alguns pontos apresentaram maior contribuição de formas adultas de ciclopida, como em TG 11M, RG 03 e RG 04 – Área 13 (**Figura 6.3.3-24**) e RG 06 – Área 21 (**Figura 6.3.3-26**) e RGN 06 – Área 5. O ponto RGN 01, localizado à montante da Área 3, é o único que não recebeu o rejeito do rompimento da barragem de Fundão. Mesmo se tratando de um ponto sem o impacto direto do evento, este apresentou uma variação de dados muito semelhante aos pontos RG 01 e RG 02 (**Figura 6.3.3-32**), pontos estes que também receberam intervenção no período de setembro/2016 a maio/2017. Este mesmo padrão também foi observado nessa área para a comunidade fitoplanctônica.

Nos rios do Carmo e Doce e seus respectivos tributários, há a contribuição de outros grupos taxonômicos, permanecendo constante a presença de rotíferos e ciclopidas adultos e formas juvenis (**Figura 6.3.3-34**). À jusante da Área 27, que compreende pontos amostrados no rio Doce (**Figura 6.3.3-36**), a contribuição dos grupos taxonômicos também é bastante diversificada, incluindo cladóceros, organismos menos presentes em ambientes lóticos. Esta área apresenta uma característica diferenciada das demais por abrigar o reservatório da UHE Risoleta Neves (barragem de Candonga), o que permite um melhor desenvolvimento destes organismos.

As chuvas na região começaram no final do mês de outubro/2017, com picos de meados de novembro/2017 e perdurando até dezembro/2017. De modo geral, as densidades e riquezas mais baixas foram registradas nos meses de dezembro/2017 e janeiro/2018, quando houve maior pluviosidade (**Figura 6.3.3-21, Figura 6.3.3-23, Figura 6.3.3-25, Figura 6.3.3-27, Figura 6.3.3-29, Figura 6.3.3-31, Figura 6.3.3-33 e Figura 6.3.3-35**). Foram

realizadas análises de modelos lineares mistos, considerando valores de chuva acumulada nos 20 dias anteriores à coleta em cada ponto, para os valores de densidade total da comunidade zooplanctônica, assim como para os diferentes grupos. Diferentemente do que foi evidenciado para a comunidade fitoplanctônica, não foi possível corroborar estatisticamente esta relação para a comunidade zooplanctônica, uma vez que a variação temporal registrada não apresentou um claro padrão nos diferentes pontos de amostragem.

Dentre os organismos zooplanctônicos encontrados em maior densidade (contribuindo com 50% ou mais da densidade em uma amostra, **Anexo 6.3.3-8**), destacam-se os rotíferos do grupo dos Bdelloides, além de *Brachionus angularis*. *B. bidentata*, *B. falcatus*, *Cephalodella* sp., *Euchlanis* sp., *Lecane* sp, sendo estas também espécies constantes ao longo do monitoramento (**Figura 6.3.3-31**). As formas juvenis de copépodos também apresentaram elevada contribuição em diferentes pontos do rio Gualaxo do Norte, seus tributários e rio Doce (**Figura 6.3.3-23**). Cabe ressaltar que nos pontos no rio Gualaxo do Norte RG 13 (Área 6) e RGN 08 (Área 25) (**Figura 6.3.3-31**) as densidades atingiram maior pico dentre todos os pontos, em outubro/2017, com destaque para *B. falcatus* (3.540 ind.m^{-3} , em RG-13 e 1.628 ind.m^{-3} , em RGN 08), bem como a riqueza (acima de $15 \text{ taxon.amostra}^{-1}$). O mesmo ocorreu nas áreas 3 (RGN 01) e 13, no tributário TG 13M (**Figura 6.3.3-23**).

Com relação a diversidade de Shannon, quase todos os pontos apresentaram baixa diversidade ($<2,5 \text{ bits.ind}^{-1}$, Margalef 1983), sendo a única exceção em RD 02 e RD 03 (rio Doce – jusante área 27), local onde está inserida a barragem de Candonga. Ainda assim, a diversidade é reduzida, atingindo máximo de $2,8 \text{ bits.ind}^{-1}$, em RD 02, em novembro/2017.

Figura 6.3.3-21 - Principais métricas calculadas para a comunidade zooplancônica na Área 3 no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018.

O asterisco indica área que não sofreu influência do rejeito da barragem de Fundão. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos

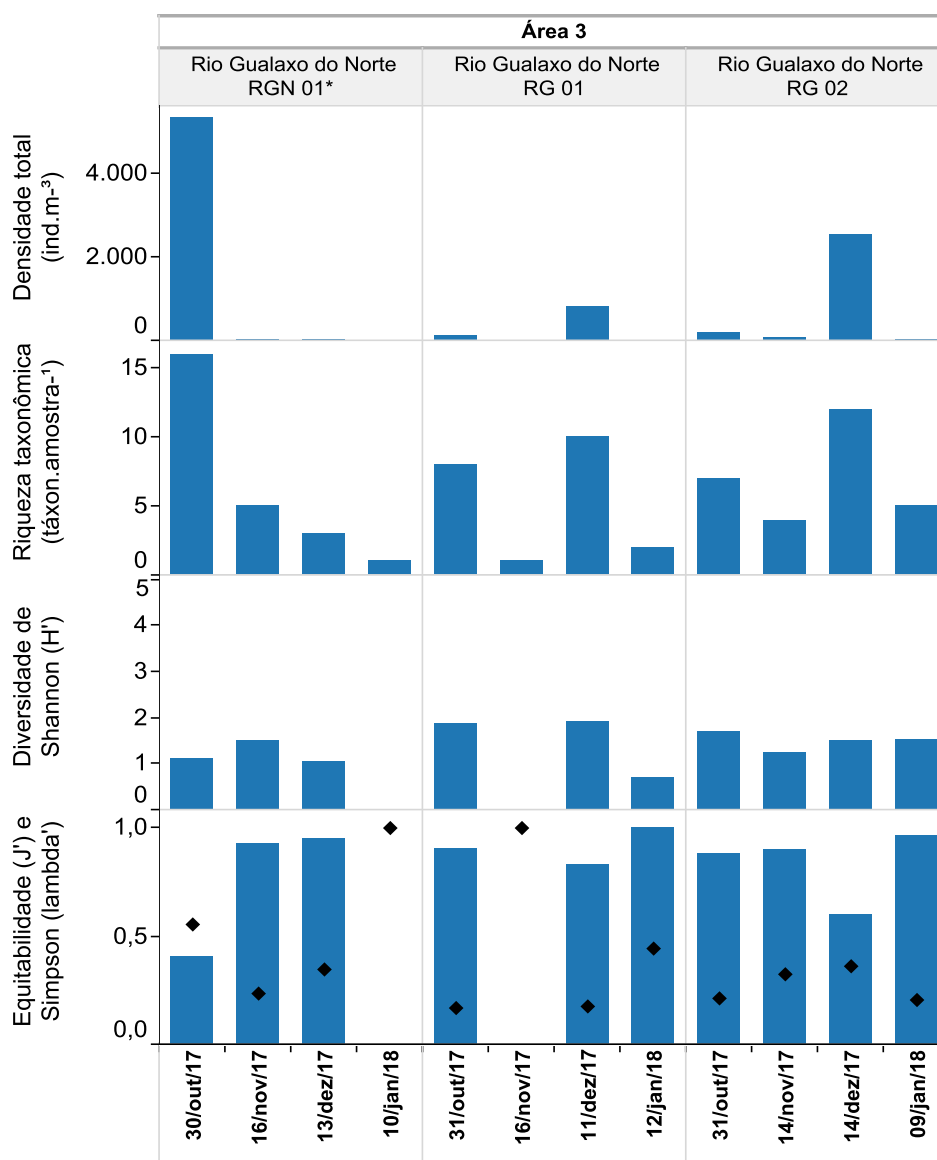


Figura 6.3.3-22 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade zooplancônica na área 3 no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018

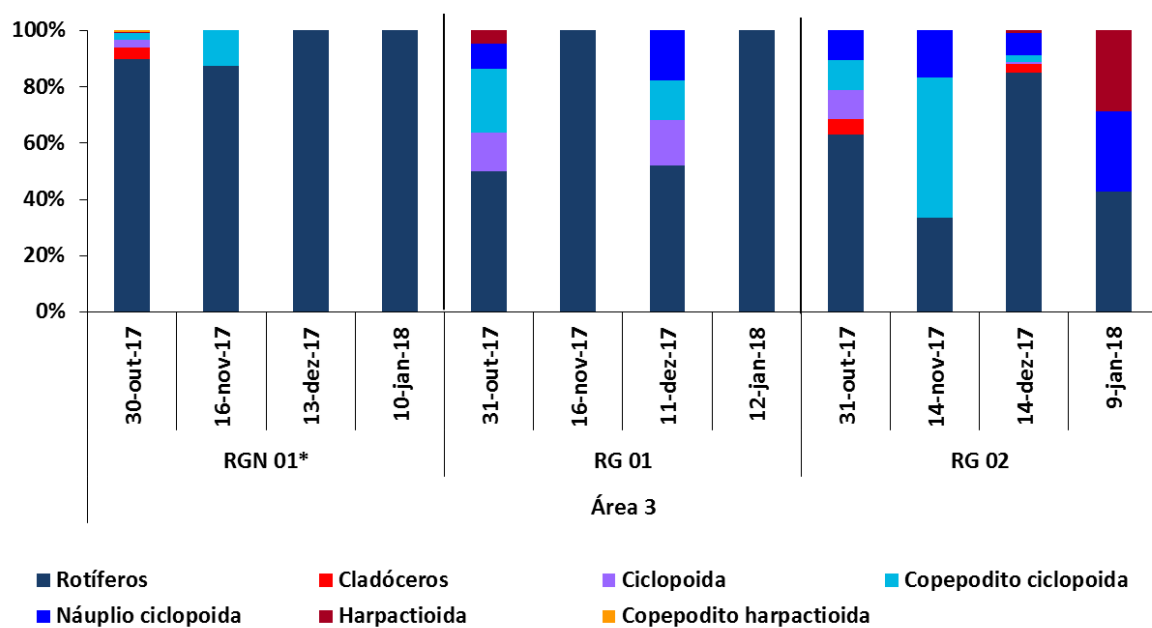


Figura 6.3.3-23– Principais métricas calculadas para a comunidade zooplancônica na área 13 no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018.

O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos

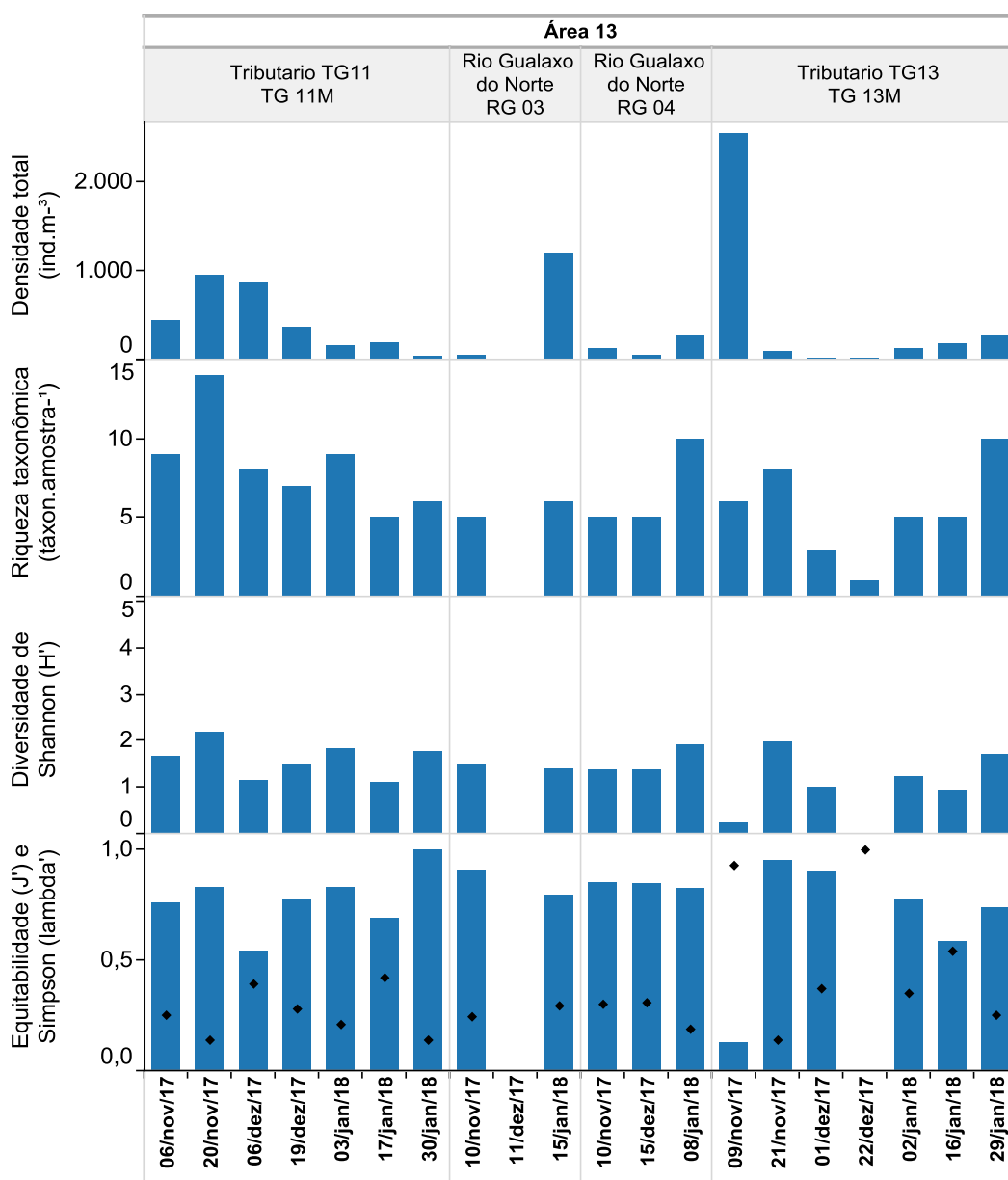


Figura 6.3.3-24 – Densidade relativa dos grupos dos grupos taxonômicos da comunidade zooplantônica na área 13 no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018

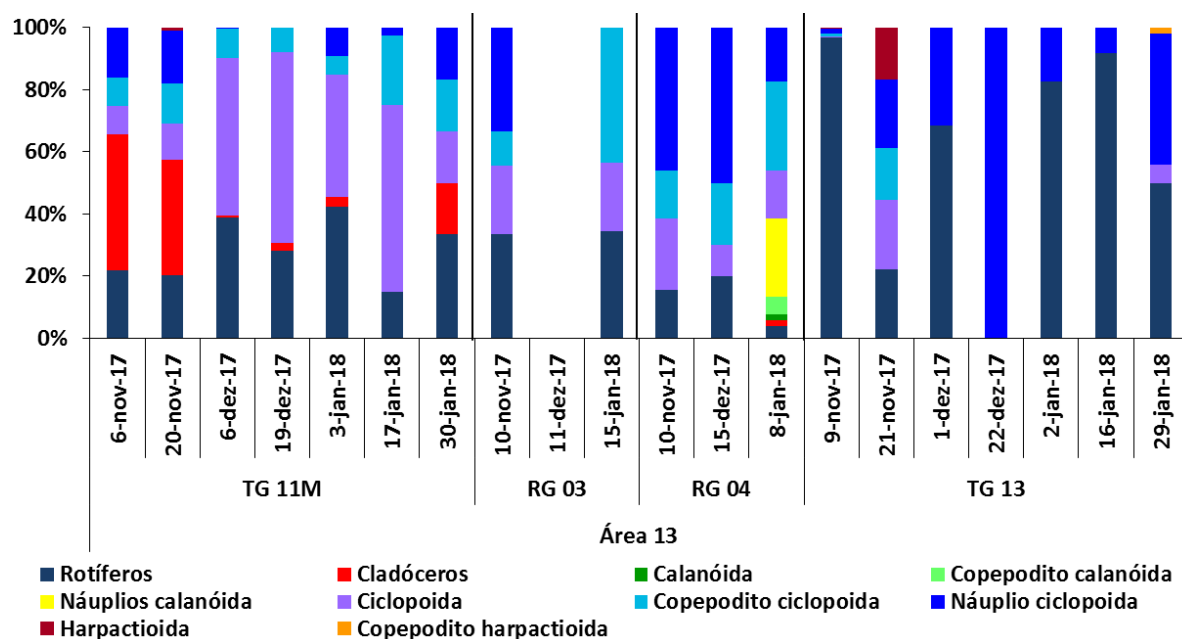


Figura 6.3.3-25 – Principais métricas calculadas para a comunidade zooplancônica na área 11 (TG 14M e RG 05) e área 21 (RG 06) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos

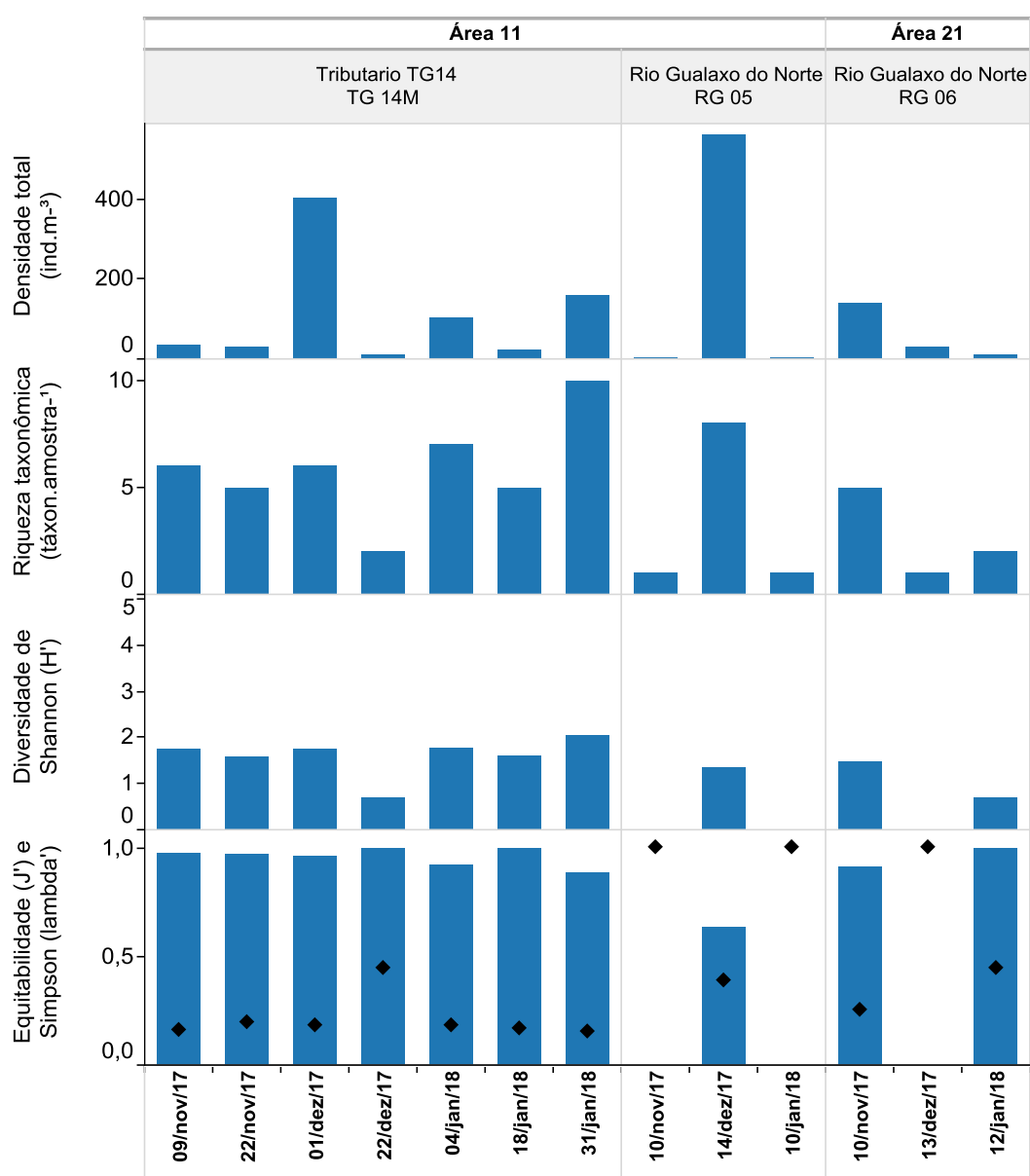


Figura 6.3.3-26 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade zooplancônica na área 11 (TG 14M e RG 05) e área 21 (RG 06) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018

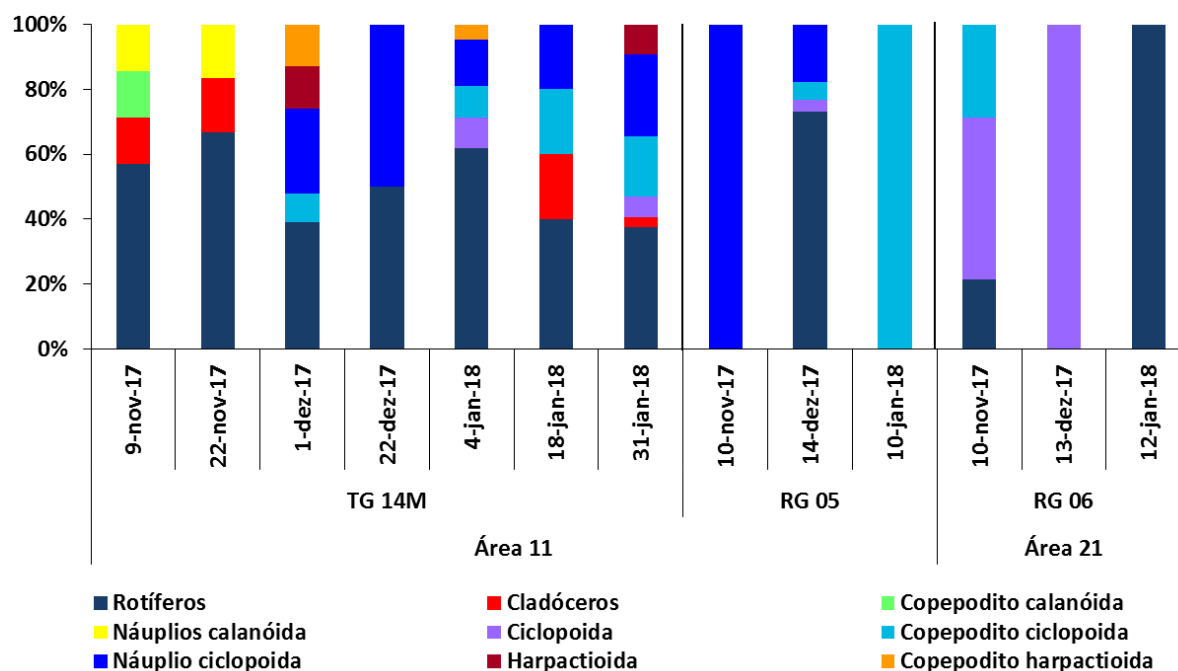


Figura 6.3.3-27 – Principais métricas calculadas para a comunidade zooplanctônica na área 10 (RG 07) e área 22 (TG 22M e RG 08) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos

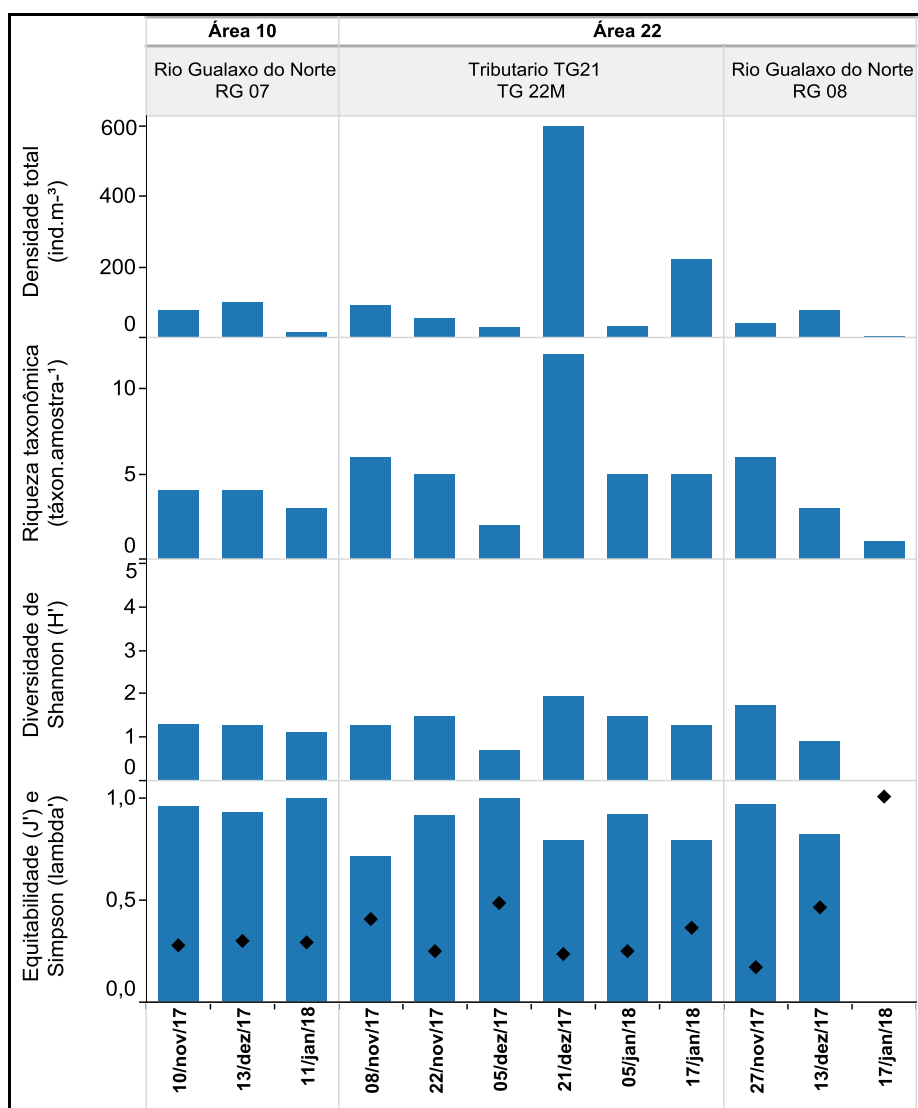


Figura 6.3.3-28 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade fitoplanctônica na área 10 (RG 07) e área 22 (TG 22M e RG 08) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018

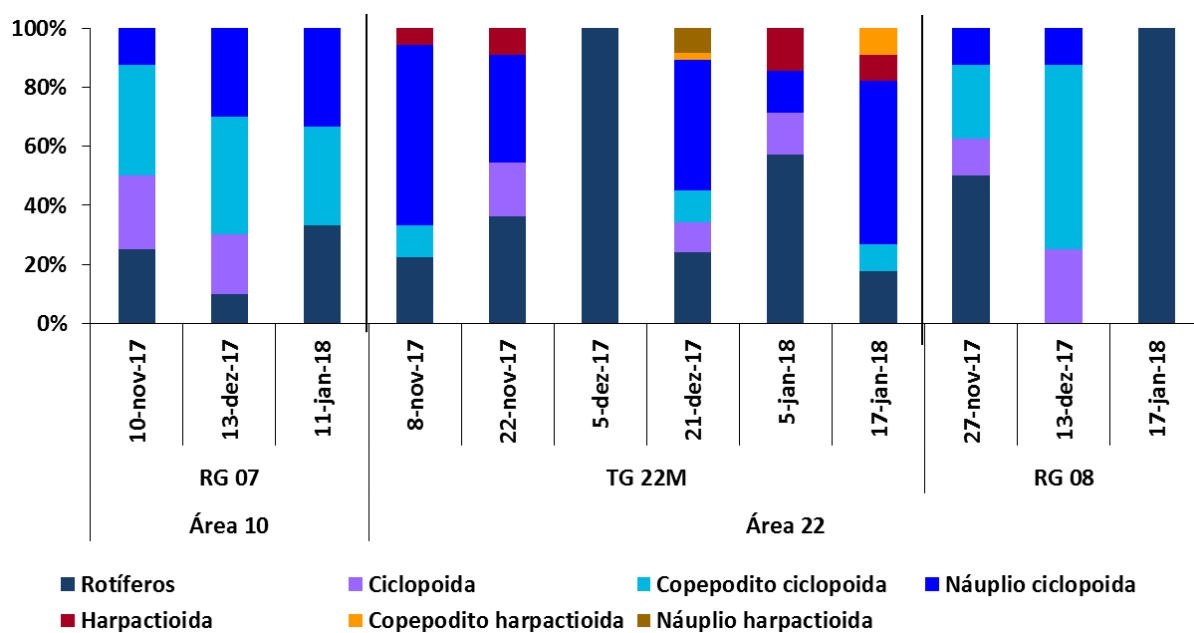


Figura 6.3.3-29 – Principais métricas calculadas para a comunidade zooplancônica na área 5 (RGN 06) e área 7 (RG 09 e RG 10) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos

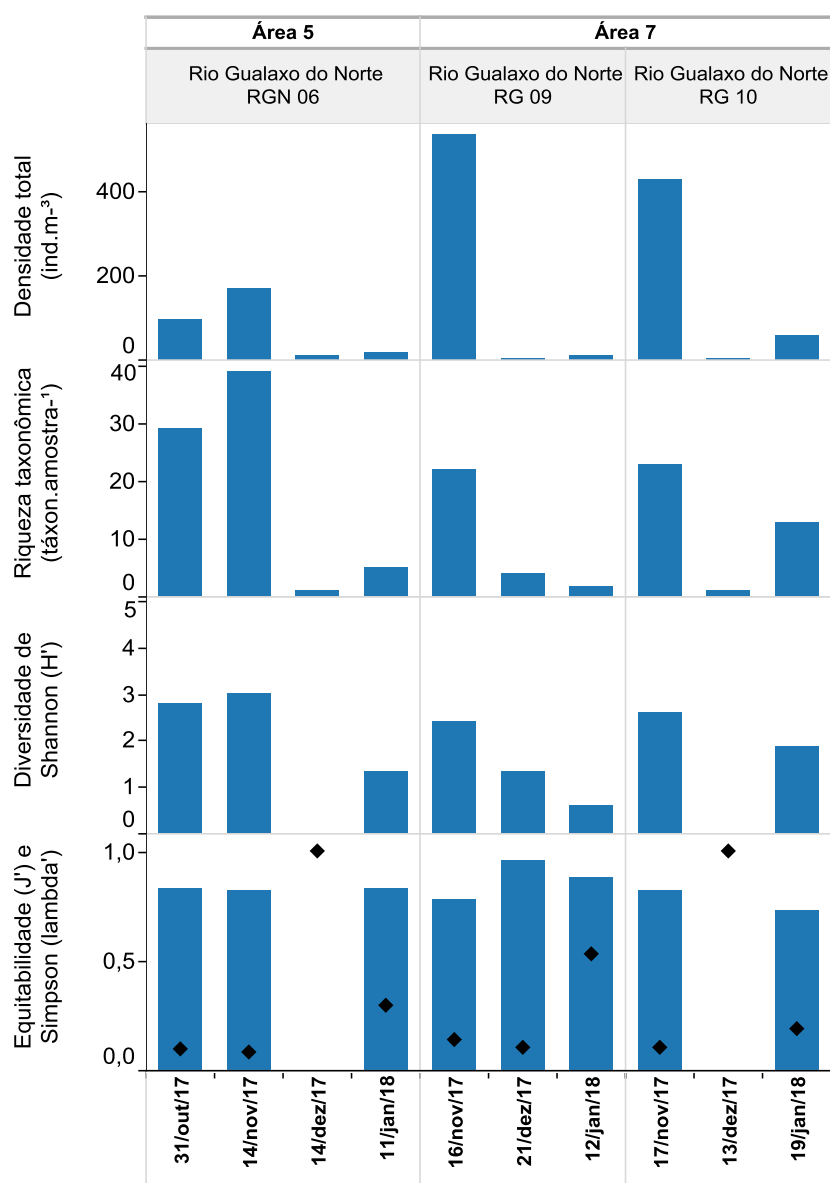


Figura 6.3.3-30 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade fitoplanctônica na área 5 (RGN 06) e área 7 (RG 09 e RG 10) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018

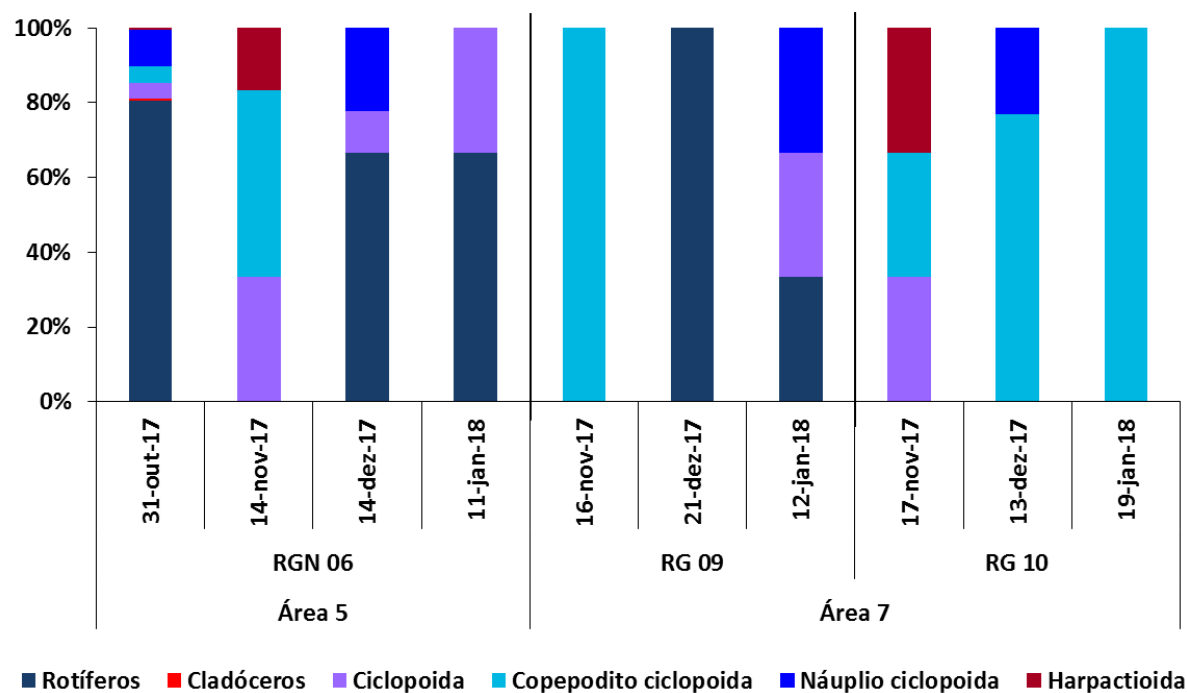


Figura 6.3.3-31 – Principais métricas calculadas para a comunidade zooplancônica na área 24 (RG 11 e RG 12), área 6 (RG 13) e área 25 (RGN 08) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos

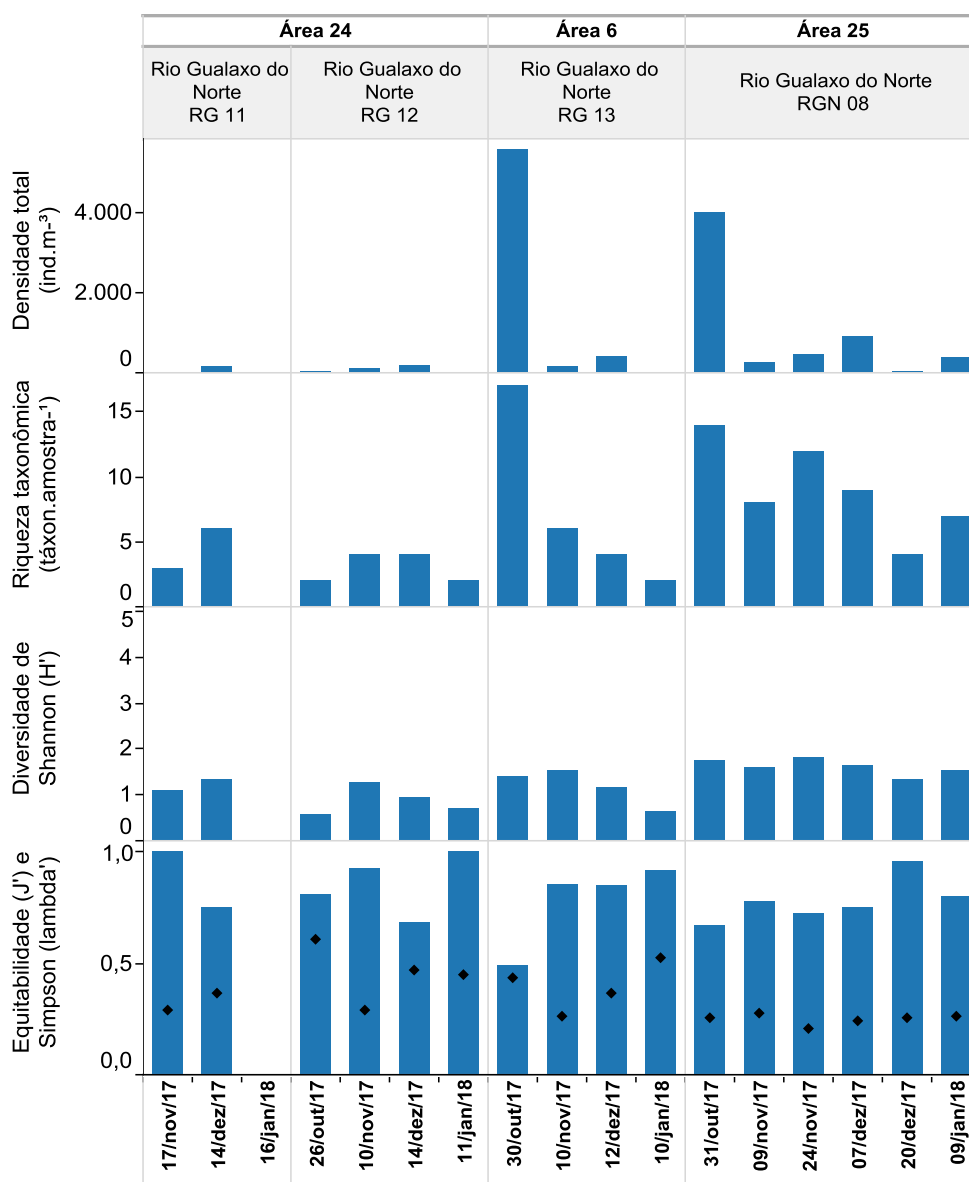
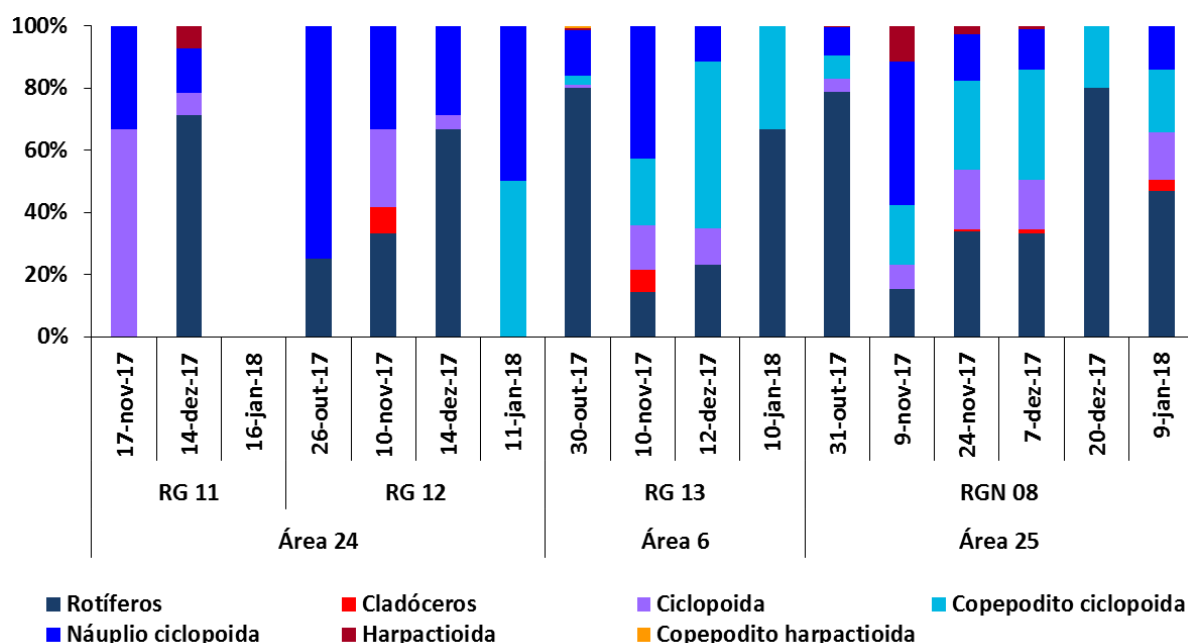


Figura 6.3.3-32 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade zooplancônica na área 24 (RG 11 e RG 12), área 6 (RG 13) e área 25 (RGN 08) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018



Nos pontos no rio do Carmo, o RC 01 (Área 27 – rio do Carmo) teve o início de monitoramento em outubro/2017, concomitantemente às execuções de intervenções, que duraram de julho/2017 a janeiro/2018. Com exceção de um pico de densidade e riqueza em 22/11/2018, a densidade total neste ponto foi reduzida (**Figura 6.3.3-33**). Além da baixa densidade, a diversidade também se manteve relativamente baixa ($<2,5 \text{ bits.ind}^{-1}$), mas elevada equitatividade e baixa dominância. Diferentemente do padrão observado no rio Gualaxo do Norte, o rio do Carmo apresentou uma contribuição de cladóceros, principalmente espécies de *Bosmina*, *Ceriodaphnia* sp. e Chydoridae, além dos já abundantes rotíferos *B. angularis* e Bdelloidea e copepoditos de ciclopóide (**Figura 6.3.3-34**).

Figura 6.3.3-33 – Principais métricas calculadas para a comunidade zooplancônica na área 15 (RCA 02) e área 27 (RC 01) no rio do Carmo, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos

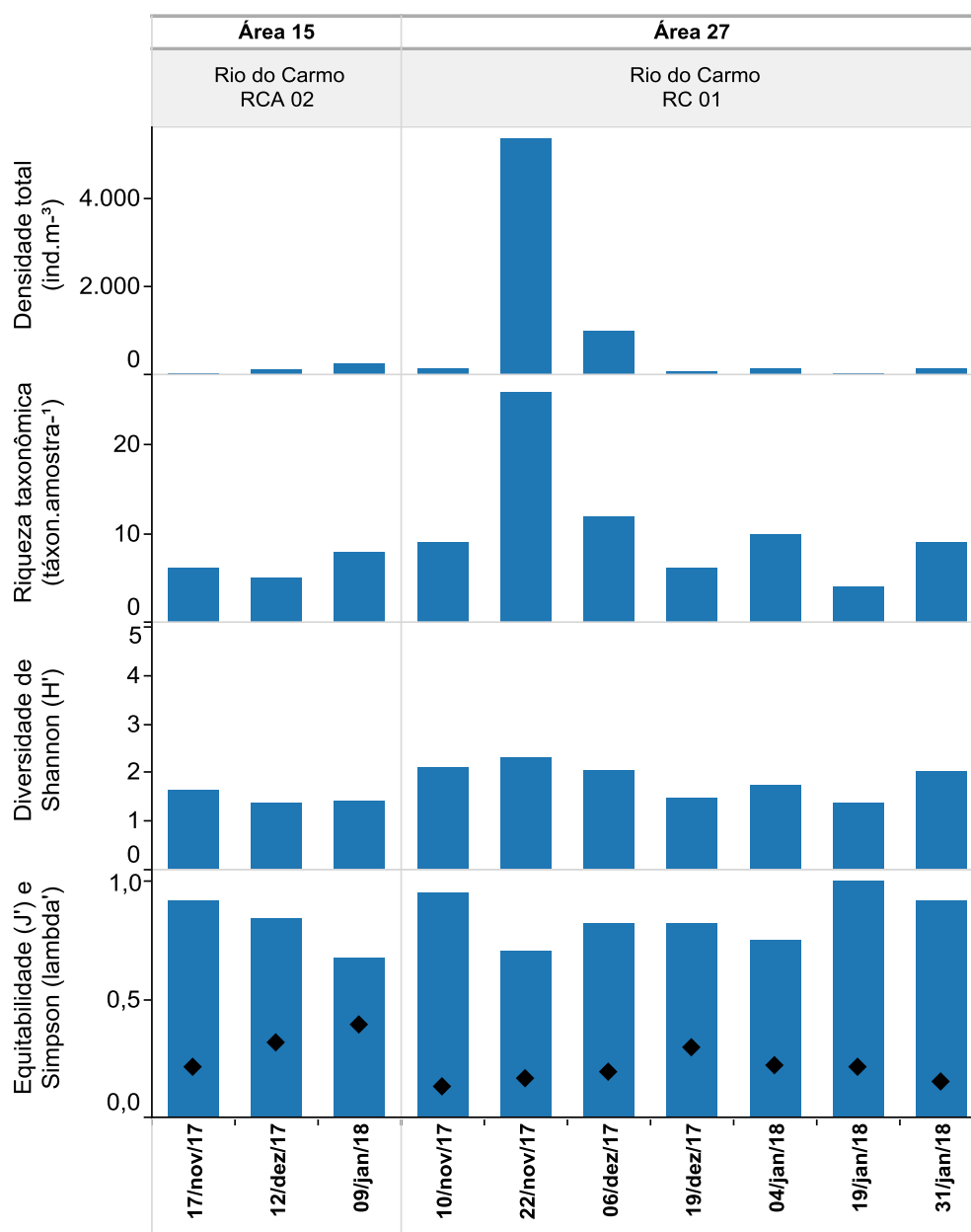
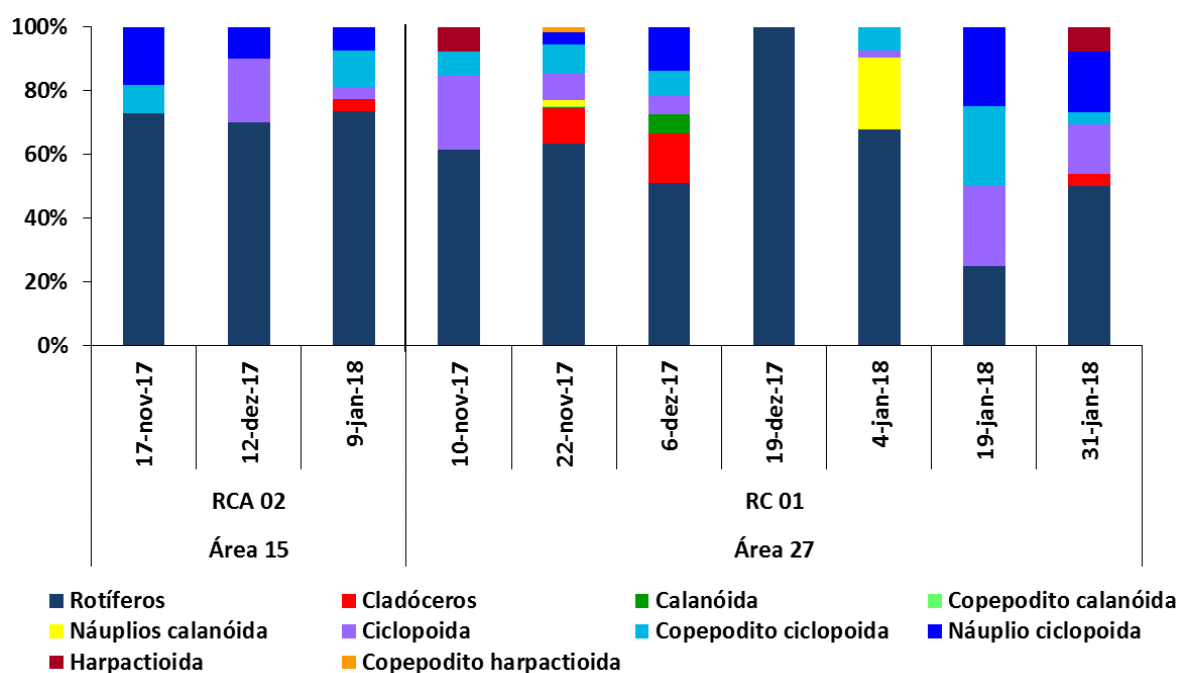


Figura 6.3.3-34 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade zooplanctônica na área 15 (RCA 02) e área 27 (RC 01) no rio do Carmo, nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018



Os pontos amostrados no rio Doce (RD 01, RD 02 e RD 03) também apresentaram monitoramento concomitantemente às intervenções. O início das intervenções em RD 03 foi em maio/2017 e em julho/2017 em RD 01 e RD 02, tendo o monitoramento iniciado na primeira quinzena de novembro/2017. O ponto RD 01 é o mais a montante dos três pontos monitorados no rio Doce, a jusante da área 27 e localizado cerca de 7 km após a confluência do rio do Carmo. O ponto RD 02 no início do reservatório da UHE Risoleta Neves e o RD 03 a jusante do maciço da barragem.

O ponto RD 02 apresentou a maior densidade zooplanctônica registrada para a área, em 9/11/2017, com um total de 24.720 ind.m⁻³ (**Figura 6.3.3-35**). A partir de então, as densidades para este ponto amostral variaram de 95 a 2.080 ind.m⁻³, apresentando contribuição de 50% ou mais da densidade em uma amostra (espécies dominantes) das formas juvenis de ciclopora, o cladóceros Chydoridae e os rotíferos Bdelloidea, *Brachionus bidentata* e *Lecane* sp. (**Anexo 6.3.3-8**). Alguns táxons foram constantes (presença em 50% ou mais das amostras avaliadas), sendo estes os rotíferos Bdelloidea, *Cephalodella* sp., *Lecane* sp.; os cladóceros Chydoridae e as formas juvenis de cicloporas assim como organismos do gênero *Paracyclops* sp (**Anexo 6.3.3-7**). Em um estudo abordando a diversidade de espécies de cladóceros no estado de Minas Gerais indicam que, de fato, a família Chydoridae apresenta elevado registro na bacia do rio Doce (SANTOS-WISNIEWSKI *et al*, 2011).

Nos três pontos de amostragem, as menores densidades foram observadas nos meses de dezembro/2017 e janeiro/2018, período de maior pluviosidade na região. Além disso, foram registrados valores de diversidade similares entre os pontos ($1,9 \pm 0,6$ bits.ind⁻¹), baixa equitabilidade e dominância (**Figura 6.3.3-35**). Mesmo considerando que RD 03 ainda se encontra sob efeitos das dragagens realizadas próximas à barragem, este apresenta atributos da comunidade zooplanctônica (densidade, diversidade, riqueza, equitabilidade, índice de dominância e composição taxonômica) semelhante aos pontos monitorados a sua jusante.

Figura 6.3.3-35 – Principais métricas calculadas para a comunidade zooplancônica à jusante da área 27 (RD 01, RD 02 e RD 03) no Doce, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é apresentado pelos pontos pretos

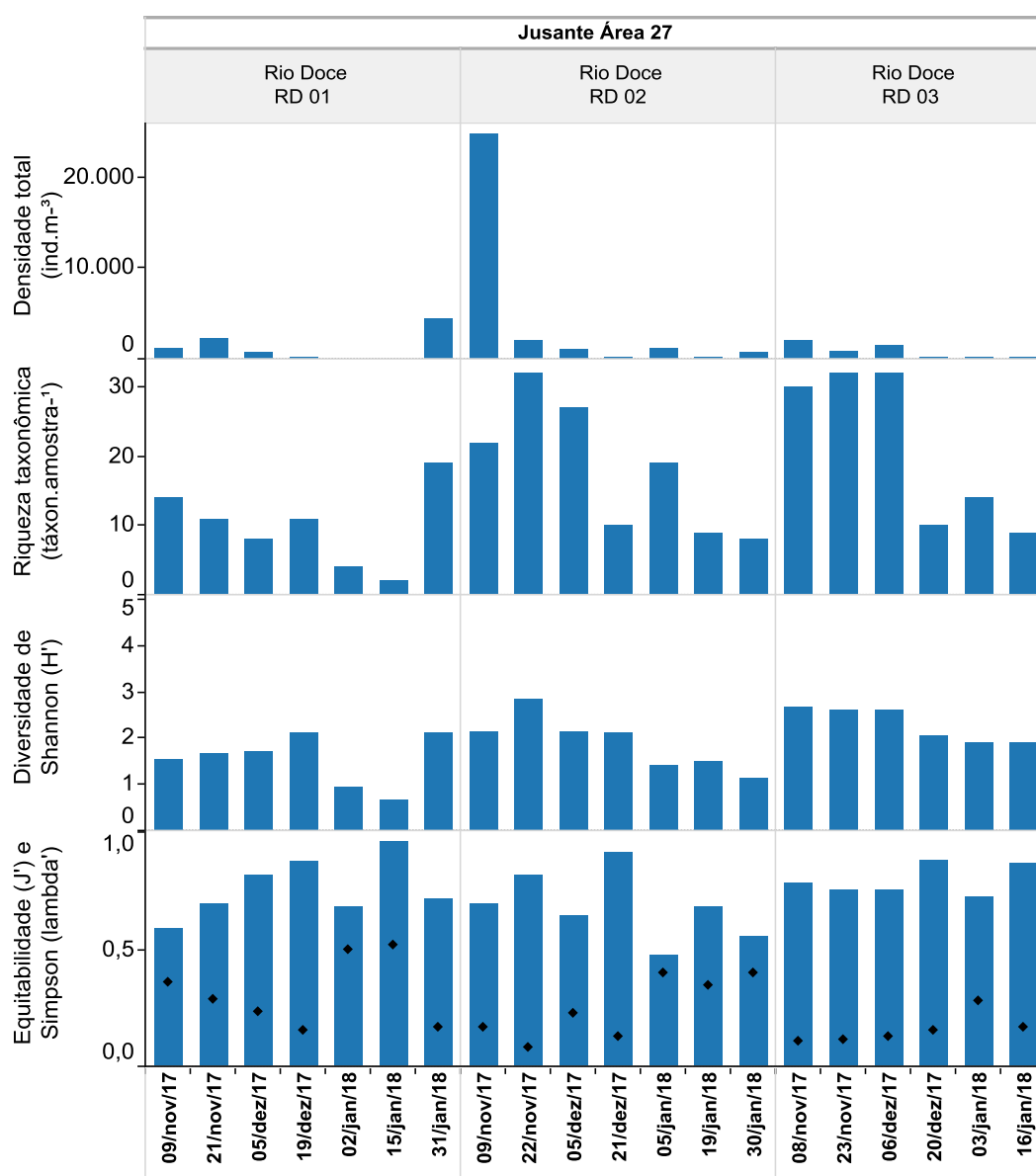
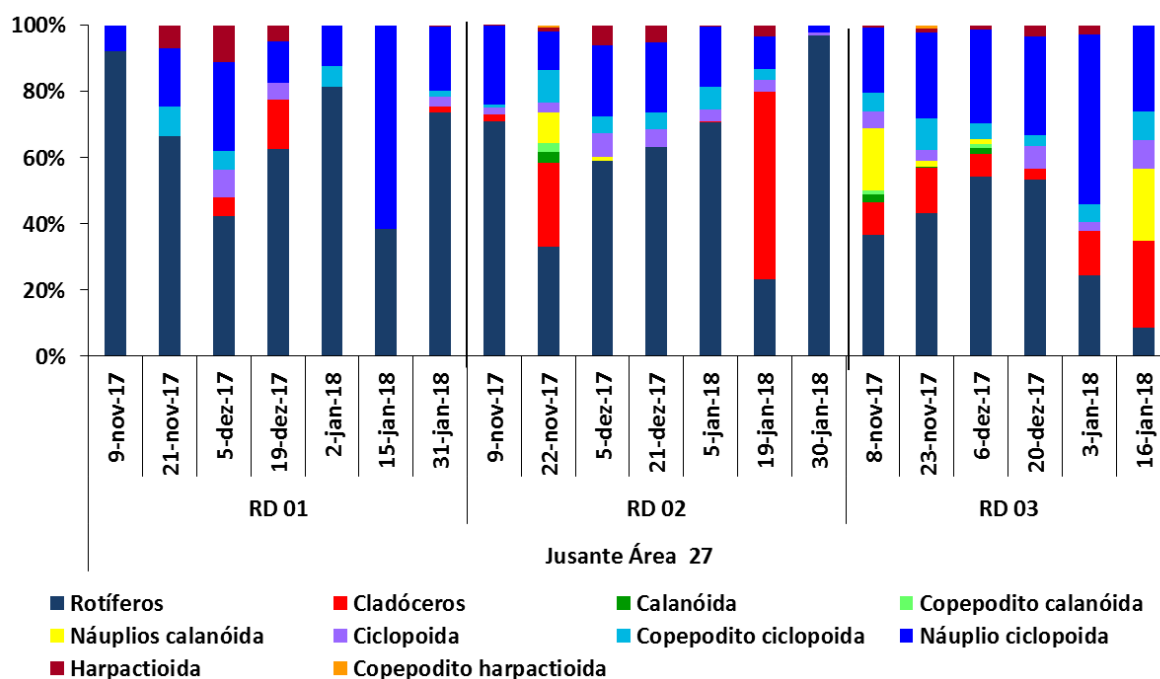


Figura 6.3.3-36 – Densidade relativa dos grupos taxonômicos da comunidade zooplanctônica na área jusante a 27 (RD 01, RD 02 e RD 03) no Doce, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018



Em estudo pretérito na sub-bacia do rio do Carmo (SILVA 2013) já indicou a presença predominante dos grupos de rotíferos e copépodo ciclopoidea adultos e nas fases de náuplio e copepodito neste ambiente. No entanto, a contribuição de copépoda ciclopoidea no monitoramento das intervenções foi relativamente maior se comparado ao referido estudo, assim como menor diversidade de Shannon. Além disso, esse mesmo estudo (SILVA 2013), já indicava a relação inversa da densidade zooplânctônica e pluviosidade, assim como observado nos dados ora apresentados.

Diante do exposto, é possível observar que o grupo trófico predominante das espécies registradas na região monitorada compreende predominantemente os micrófagos (maioria dos táxons de rotíferos registrados, e.g. espécies do gênero *Brachionus*, *Lecane*, além de náuplios) e raptoriais (copépodos ciclopoideas e alguns táxons de rotíferos, e.g. *Polyarthra*, *Synchaeta*, *Trichocerca*, *Cephalodella*), além de baixa contribuição organismos filtradores (cladóceros). Esta estrutura trófica também já foi reportada de forma semelhante para a sub-bacia do rio do Carmo (SILVA, 2013). Dessa maneira, com os registros obtidos até o momento não se pode afirmar que a composição da comunidade zooplânctônica está respondendo aos efeitos das intervenções realizadas. Apenas com maior tempo amostral será possível se fazer uma discussão mais clara sobre os impactos dos rejeitos e das obras de intervenção.

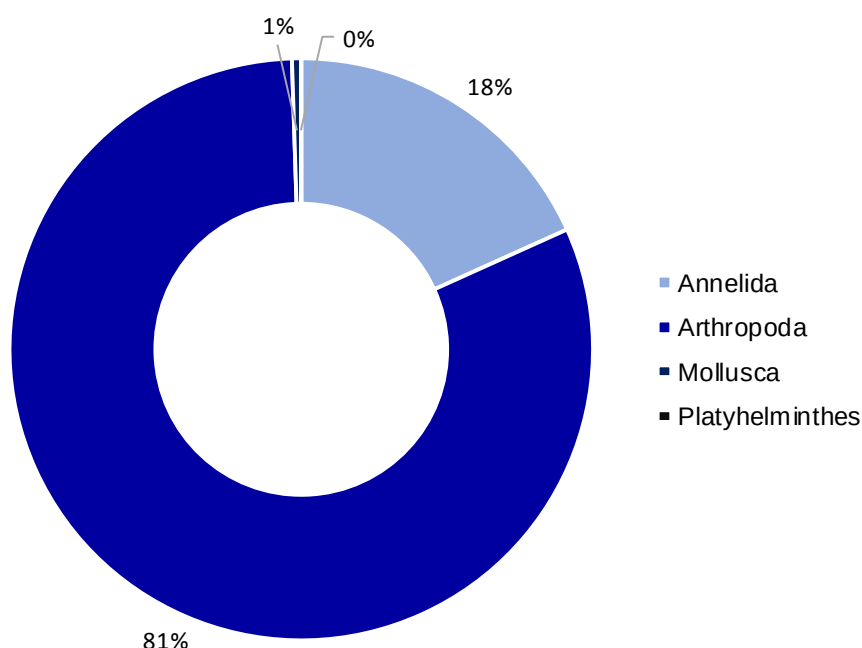
6.3.3.3 - Macroinvertebrados dulcícolas

Composição taxonômica da comunidade de macroinvertebrados bentônicos

No período de outubro/2017 a janeiro/2018 foram coletados um total de 69.839 organismos bentônicos, distribuídos em 71 táxons, nos 25 pontos amostrais localizados no rio Gualaxo do Norte e tributários, Carmo e Doce em áreas determinadas como prioritárias e não prioritárias conforme escopo do plano de monitoramento da bacia do rio Doce em função das intervenções nos pontos PMQQVAI e Tipo II.

Os principais grupos taxonômicos identificados foram Arthropoda representando 81,2% do total amostrado (56.793 indivíduos coletados), Annelida representando 18,2% do total (12.742 indivíduos), Mollusca representando 0,5% do total (353 indivíduos) e Platyhelminthes com apenas 5 indivíduos coletados (representando menos de 0,5%) (**Figura 6.3.3-37**). Entre os Arthropoda, Chironomidae foi a família mais abundante com um total de 19.134 indivíduos coletados, representando 27,4% do total coletado. Entre os anelídeos, Oligochaeta foi o grupo de maior abundância, representando 18,2% do total amostrado (12.726 indivíduos). A lista taxonômica completa da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em cada ponto amostral está indicada no **Anexo 6.3.3-9**.

Figura 6.3.3-37 - Abundâncias relativas (% do total) para os principais filos de macroinvertebrados bentônicos identificados em pontos amostrais do localizados no rio Gualaxo do Norte e tributários, Carmo e Doce entre os meses de outubro/2017 a janeiro/2018.



Em relação à composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, destaca-se a presença de famílias pertencentes às ordens indicadoras EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), representando 15% do total coletado. Entre os Ephemeroptera, a família Baetidae foi a mais abundante, seguida por Leptobhlebiidae, Leptohyphidae, Caenidae e Polymitarciidae. Na ordem Trichoptera, Hydropsychidae foi a família mais abundante, tendo sido coletados também indivíduos das famílias Anomalopsychidae, Calamoceratidae, Ecnomidae, Hydrobiosidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Odontoceridae, Philopotamidae e Polycentropodidae. Grypopterygidae e Perlidae foram as famílias identificadas da ordem Plecoptera. A presença de EPT foi rara ou ocasional nos pontos amostrais localizados no rio

do Carmo (área 15 e 27) e no rio Doce (jusante da Área 27), tendo sido mais abundantes nos pontos localizados no rio Gualaxo do Norte e seus tributários.

A resolução taxonômica utilizada não permitiu identificar com segurança a presença de espécies exóticas entre os organismos macroinvertebrados bentônicos coletados. No entanto, foram identificados 89 indivíduos pertencentes a família Corbiculidae, indicando possivelmente a presença do bivalve invasor *Corbicula fluminea*. Esse total de indivíduos representa menos de 0,1% do total de amostrado. Espécies de interesse médico não foram identificadas em nenhum ponto durante o período amostral.

Avaliação da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nas áreas inseridas no plano de monitoramento quali-quantitativo das águas do rio Doce e seus tributários em função das intervenções

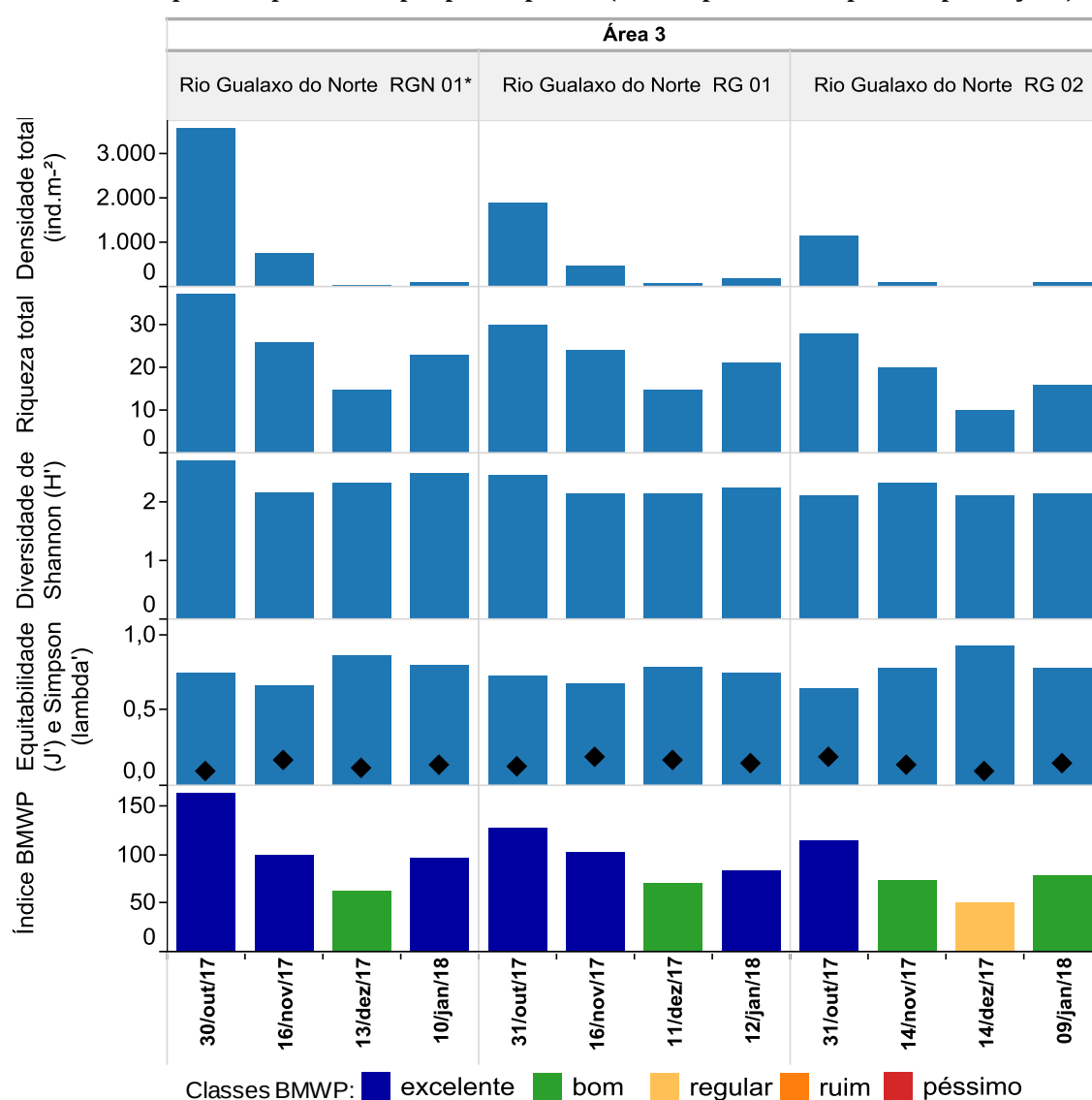
Com obras de intervenção finalizadas em maio/2017, aproximadamente 5 meses antes do início do monitoramento, a Área 3 apresenta três pontos amostrais localizados no rio Gualaxo do Norte, dois deles impactados pelos rejeitos do rompimento da barragem (RG 01 e RG 02) e um ponto localizado a montante destes, que não foi impactado por rejeitos (RGN 01).

A **Figura 6.3.3-38** apresenta os resultados obtidos para as principais métricas de macroinvertebrados bentônicos calculadas para cada ponto amostral localizado no rio Gualaxo do Norte (Área 3) nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018. Em todos os pontos amostrais foi observada maior densidade de organismos no mês de outubro/2017 seguida de uma queda nos meses seguintes, principalmente no mês de dezembro/2017 onde, em todos os pontos, foram observadas menores densidades de organismos. Os valores de densidade de organismos (ind.m^{-2}) variaram de 9,4 ind.m^{-2} no ponto RG 02 (dezembro/2018) a 3.560 ind.m^{-2} no ponto RGN01 (outubro/2017).

Padrão similar foi observado para riqueza taxonômica total, onde, novamente o maior valor foi obtido no mês de outubro/2017 e menor valor no mês de dezembro/2017 em todos os três pontos amostrais. A variação da riqueza taxonômica total foi de 10 táxons no ponto RG 02 em dezembro/2017 a 37 táxons no ponto RGN 01 em outubro/2017. O índice de diversidade de Shannon variou pouco entre os meses de amostragem e entre os pontos amostrais. Valores ligeiramente mais baixos foram observados nos meses de novembro/2017 e dezembro/2017. A média ($\pm$ desvio padrão) de diversidade foi de $2,4 \pm 0,2$ no ponto RGN 01; $2,2 \pm 0,2$ no ponto RG 01 e $2,2 \pm 0,2$ no ponto RG 02. A distribuição dos indivíduos entre os táxons foi relativamente uniforme com valores médios de equitabilidade próximos a 0,8 em todos os pontos amostrais. Além disso, o índice de Simpson não evidenciou dominância por nenhum táxon, com valores próximos de 0,1 também nos três pontos amostrais.

O índice BMWP (*Biological Monitoring Working Party*, JUNQUEIRA & CAMPOS, 1998; JUNQUEIRA *et al.* 2000) atribui a cada táxon um escore de acordo com a sua tolerância a impactos. A soma dos escores fornece a pontuação final do BMWP que é categorizada em classes de qualidade de água (excelente, bom, regular, ruim e péssimo). Os resultados do BMWP foram similares ao padrão observado para densidade de organismos e riqueza taxonômica total. O maior valor foi observado no ponto RGN 01 em outubro/2017 e o menor valor no ponto RG 02 em dezembro/2017. Os pontos RGN 01 e RG 01 tiveram suas águas classificadas como “excelente” em todos os meses, exceto em dezembro/2017 quando foram classificadas como “boa”. O ponto RG 02 por sua vez foi classificado como “excelente” em outubro/2017, “boa” em novembro/2017 e janeiro/2018 e “regular” no mês de dezembro/2017.

Figura 6.3.3-38 - Principais métricas calculadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos na área 3 (RGN 01*, RG 01 e RG 02) no rio Gualaxo do Norte, nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é representado por pontos pretos. (*indica ponto não impactado pelo rejeito).



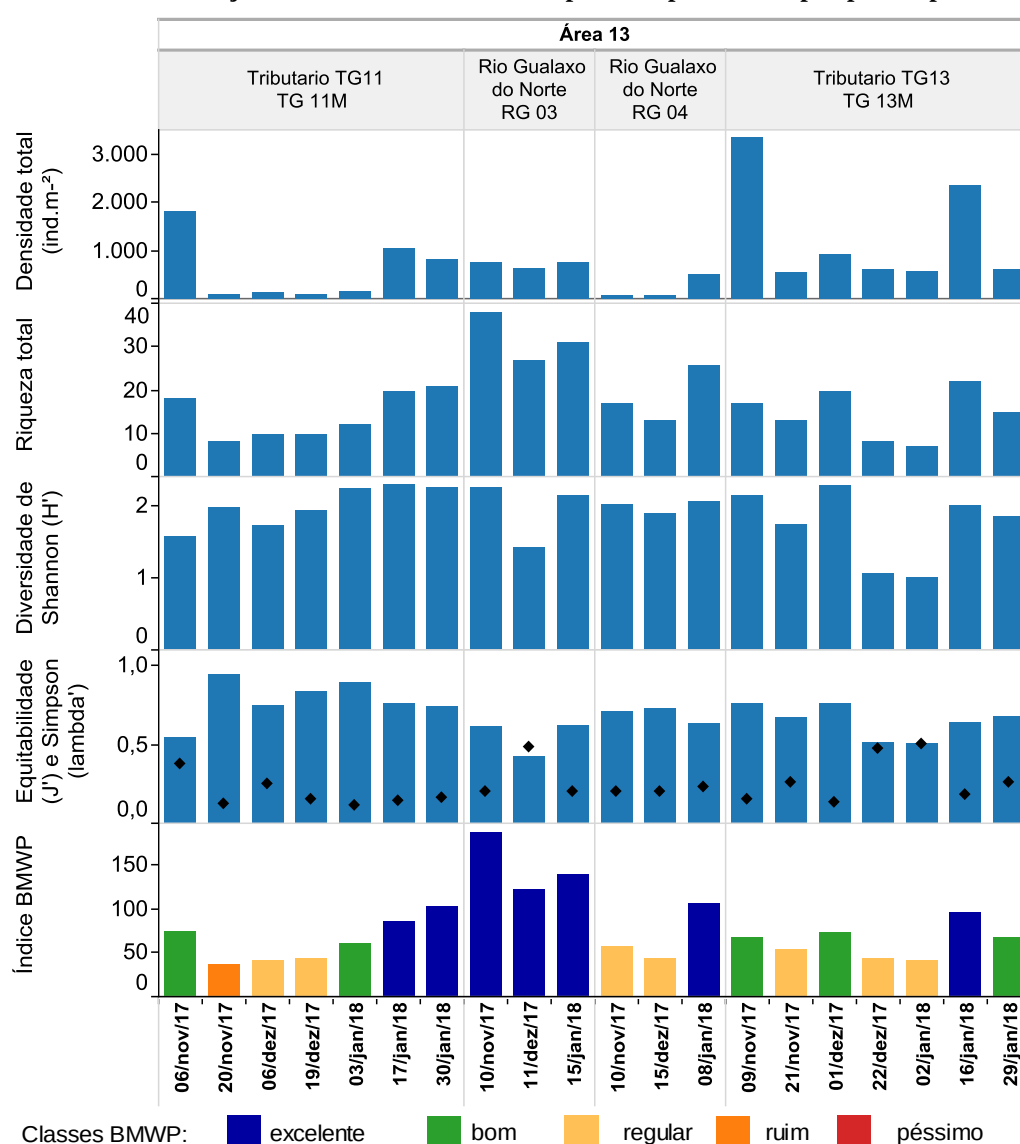
A Área 13 possui dois pontos localizados no rio Gualaxo do Norte (RG 03 e RG 04) e dois pontos localizados em tributários (TG 11M e TG 13M). Nesta área, o período de obras de intervenção durou de outubro/2016 até o final de abril/2017, tendo o monitoramento iniciado, portanto, após 6 meses do fim das obras.

A **Figura 6.3.3-39** apresenta os resultados para as principais métricas calculadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Observa-se que a densidade total de organismos (ind.m^{-2}) nos tributários apresentou valores mais elevados na primeira campanha de novembro/2017 e nas duas últimas campanhas de janeiro/2018. A densidade total de organismos no ponto TG 13M chegou a 3.352 ind.m^{-2} na primeira campanha de novembro/2017. Os menores valores de densidade de organismos foram observados no ponto TG 11M, que nas campanhas de 20/novembro/2017 a 3/janeiro/2018 apresentou valores próximos de 100 ind.m^{-2} . Nestes pontos, a riqueza taxonômica apresentou o mesmo padrão de variação da densidade total. A riqueza total variou de 8 a 21 táxons no ponto TG 11M e de 7 a 22 no ponto TG 13M. A diversidade de Shannon nos tributários apresentou valores médios ($\pm$ desvio padrão) de $2,0 \pm 0,3$ no ponto TG 11M e $1,7 \pm 0,5$ no ponto TG 13M.

Nos pontos localizados no rio Gualaxo do Norte, a média ($\pm$ desvio padrão) da densidade foi de $729 \pm 74 \text{ ind.m}^{-2}$ no ponto RG 03 e $215 \pm 256 \text{ ind.m}^{-2}$ no ponto RG 04. Nestes pontos observaram-se valores de riqueza total ligeiramente inferior no mês de dezembro/2017 em relação às outras duas campanhas de novembro/2017 e janeiro/2018. A diversidade de Shannon apresentou média ($\pm$ desvio padrão) de $1,9 \pm 0,5$ no ponto RG 03 e $2,0 \pm 0,1$ no ponto RG 04. De maneira geral, valores observados para equitabilidade foram superiores aos de dominância (índice de Simpson), evidenciando relativa uniformidade na distribuição dos indivíduos entre os táxons, em todos os pontos amostrais da Área 13.

Baseado no índice biológico BMWP, a qualidade das águas no ponto RG 03 foi classificada como “excelente” nas três campanhas amostrais. O ponto RG 04 foi classificada como “regular” (novembro/2017 e dezembro/2017) e “excelente” (janeiro/2018). Já nos tributários TG 11M e TG 13M essa classificação variou entre “excelente”, “boa”, “regular” e “ruim”, sendo os maiores valores para o índice observados no início de novembro/2017 e no meio e fim de janeiro/2018.

Figura 6.3.3-39 - Principais métricas calculadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos na área 13 no rio Gualaxo do Norte (RG 03 e RG 04) e seus tributários (TG 11M e TG 13M), nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é representado por pontos pretos.



A **Figura 6.3.3-40** e a **Figura 6.3.3-41** apresentam os resultados das principais métricas calculadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em 4 áreas localizadas no rio Gualaxo do Norte e tributários (Áreas 11 e 21; 10 e 22). Na Área 10, as obras se iniciaram no final de outubro/2016 e foram concluídas no fim de abril/2017. Na Área 11, as obras se iniciaram em meados de setembro/2016 e foram concluídas em maio/2017. As Áreas 21 e 22 tiveram início em 2017: Área 21 em julho/2017 com conclusão em outubro/2017 e Área 22 com início em maio/2017 e conclusão em julho/2017. Em todos os pontos amostrais, as obras já haviam sido concluídas (em diferentes períodos) antes do monitoramento, sendo o ponto RG 06, na Área 21, o que concluiu mais recente.

Nos tributários foi possível observar elevada densidade de organismos na primeira campanha do mês de novembro/2017, com valores próximos a 4.000 ind.m^{-2} tanto no ponto TG 14M (tributário TG 14, Área 11) quanto no ponto TG 22M (Tributário TG 21, Área 22). Neste último, observa-se também um pico de densidade (4.507 ind.m^{-2}) em 21/dezembro/2017, devido à elevada abundância de Simuliidae, família de organismos adaptados a fortes correntezas. No tributário TG 14M (Área 11), a riqueza taxonômica total e o índice de diversidade de Shannon seguiram padrão similar entre si, com uma tendência de diminuição seguida de aumento nos valores observados ao longo do tempo. No ponto TG 22M, estas métricas oscilaram entre os meses, mas com menor valor observado na segunda campanha de novembro/2017. Nestes tributários, os valores de equitabilidade foram superiores aos de dominância (índice de Simpson), evidenciando relativa uniformidade na distribuição dos indivíduos entre os táxons.

Nos pontos localizados no rio Gualaxo do Norte, RG 05 (Área 11) e RG 07 (Área 10) observam-se valores de densidade de organismos ligeiramente mais elevados nas campanhas do início de novembro/2017 e do início de janeiro/2018, e valores mais baixos em dezembro/2017. Já nos pontos RG 06 (Área 21) e RG 08 (Área 22), cujas obras de

intervenção começaram mais tardiamente, a densidade é relativamente baixa em todo período amostral. Para riqueza taxonômica e índice de diversidade de Shannon, observa-se o padrão de menores valores no mês de dezembro/2017 e valores mais elevados no início de novembro/2017 e janeiro/2018. A exceção ocorreu no ponto RG 08 (Área 22), cuja primeira campanha de amostragem aconteceu no final de novembro, com maior influência pluviométrica e, portanto, valores mais baixos para estas métricas neste mês. Embora o padrão tenha sido similar entre estes pontos do rio, a média ($\pm$ desvio padrão) observada nas áreas 11 e 10 foram ligeiramente superiores às observadas na área 21 e 22, cujo início de obras foi posterior. No geral, os valores para equitabilidade foram superiores aos de dominância (índice de Simpson), evidenciando relativa uniformidade na distribuição dos indivíduos entre os táxons, nos pontos localizados no Gualaxo do Norte da Área 11, 21, 10 e 22.

Tanto para os pontos localizados no Gualaxo do Norte quanto para os tributários, os resultados do índice BMWP mostraram que as campanhas do final de novembro/2017 e do mês de dezembro/2017 resultaram no valor mais baixo para o índice BMWP, classificando os pontos neste período como em condição “péssima” ou “ruim”. Já no início de novembro/2017 e meio para o final de janeiro/2018, os pontos tiveram valores mais elevados para o índice com qualidade de água classificada como “excelente” e “boa”, na maioria das ocasiões. A exceção é o ponto RG 06 (Área 21), que pode ter sido influenciado pelas intervenções, uma vez que foram registrados valores relativamente mais baixos de riqueza taxonômica total e índice BMWP em relação aos locais cujas obras finalizaram a mais tempo, indicando, portanto, maior tempo de recuperação e reestruturação da comunidade de macroinvertebrados. Esse padrão de recuperação da comunidade de macroinvertebrados bentônicos devido às obras de intervenções poderá ser confirmado quando houver um maior número de amostras, abrangendo maior variação sazonal (seca x chuva).

Figura 6.3.3-40 - Principais métricas calculadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos na área 11 e 21 no rio Gualaxo do Norte (RG 05 e RG 06) e tributário (TG 14M), nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é representado por pontos pretos.

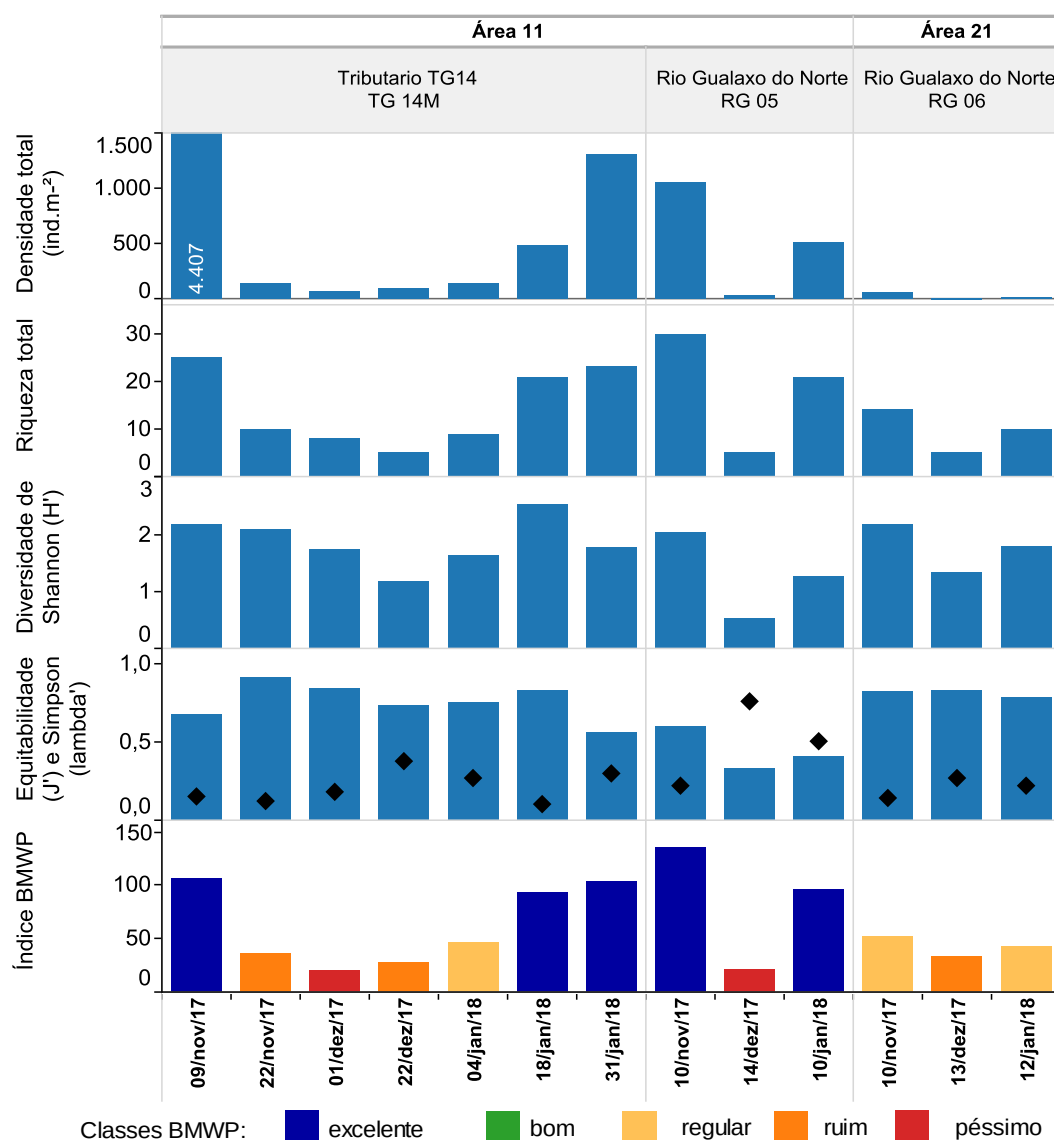
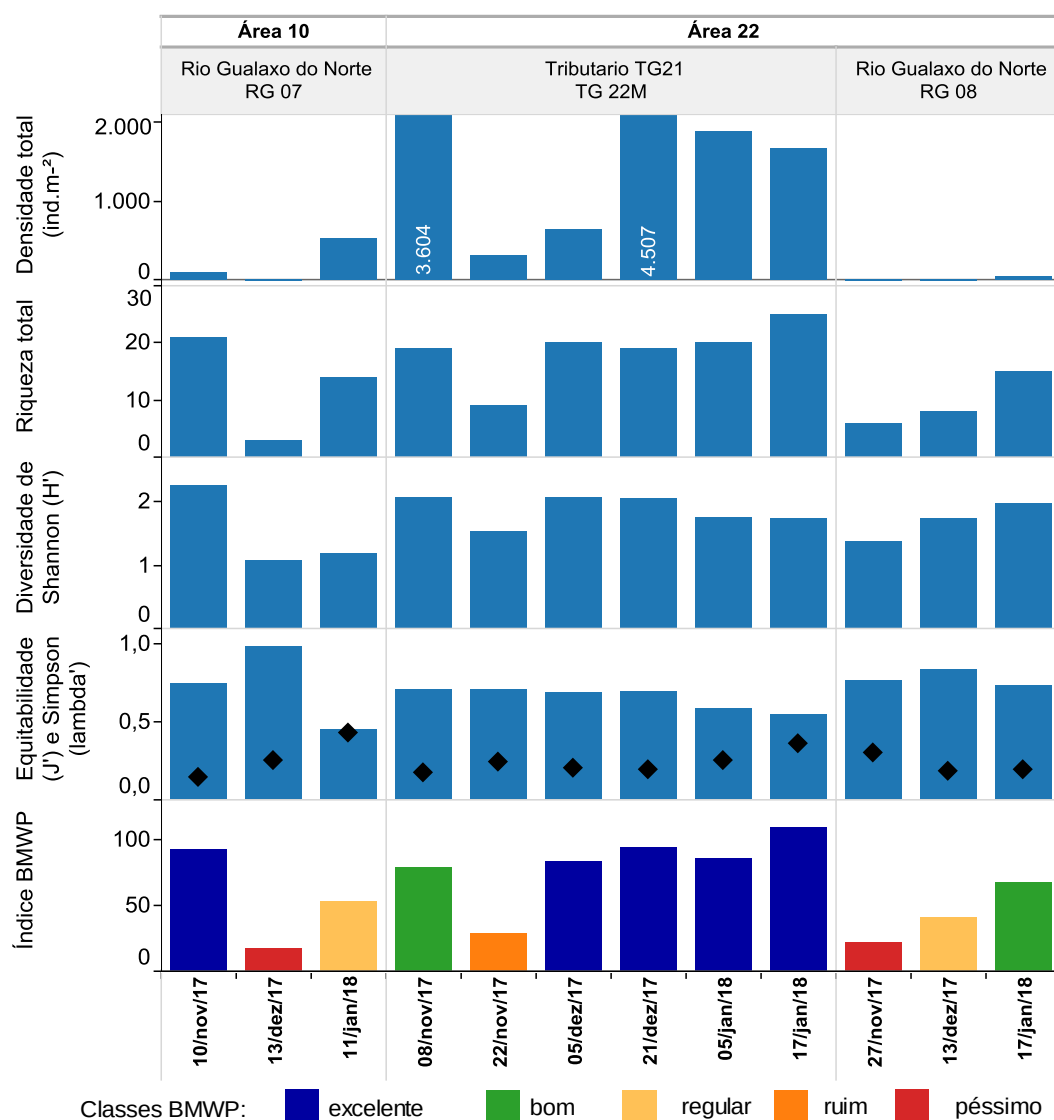


Figura 6.3.3-41 - Principais métricas calculadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos na área 10 e 22 no rio Gualaxo do Norte (RG 07 e RG 08) e tributário (TG 22M), nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é representado por pontos pretos.



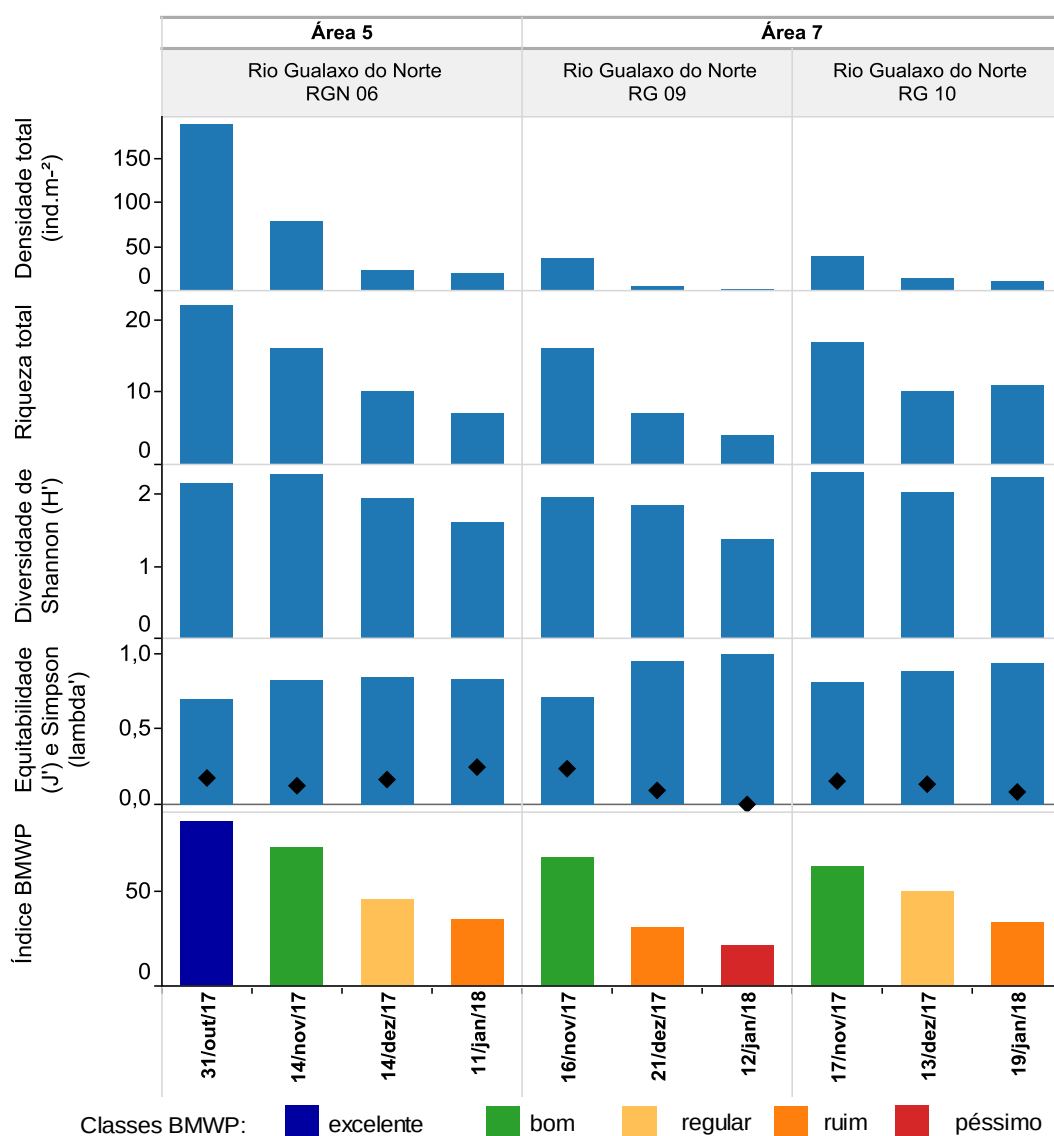
A **Figura 6.3.3-42** apresenta os resultados das principais métricas calculadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos nas áreas 5 e 7, localizadas no rio Gualaxo do Norte. Na Área 5 as obras tiveram início em novembro/2016 e foram finalizadas no fim de maio/2017. Já na Área 7 as obras iniciaram-se em meados de novembro/2016 e foram concluídas em meados de julho/2017. Portanto, o monitoramento nestas áreas teve início com as obras concluídas há, aproximadamente, 5 meses.

Pela **Figura 6.3.3-42** é possível observar que os valores para as métricas de densidade riqueza total decresceram ao longo do período amostral. Valores ligeiramente mais elevados são observados em RGN 06 (rio Gualaxo do Norte, Área 5). Para o índice de Shannon, a média ($\pm$ desvio padrão) foi de $2,0 \pm 0,3$ no ponto RGN 06 (Área 5), $1,7 \pm 0,3$ no ponto RG 09 e $2,2 \pm 0,1$ no ponto RG 10 (Área 7). Valores de equitabilidade foram superiores aos do índice de Simpson (dominância), sendo próximos de 1, indicando relativa uniformidade na distribuição dos indivíduos entre os táxons nos pontos amostrais das Áreas 5 e 7.

A pontuação do índice BMWP decresce ao longo do período amostral com o aumento da pluviosidade. De maneira geral, nas campanhas de outubro/2017 e novembro/2017 a qualidade das águas nos pontos amostrais das Áreas 5 e 7 foram classificadas como “excelente” ou “boa”. Já nos meses seguintes, dezembro/2017 e janeiro/2018 a classificação foi de “regular”, “ruim” ou “péssima”.

Figura 6.3.3-42 - Principais métricas calculadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos na área 5 e 7 no rio Gualaxo do Norte (RGN 06, RG 09 e RG 10), nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018.

O índice de Simpson é representado por pontos pretos.

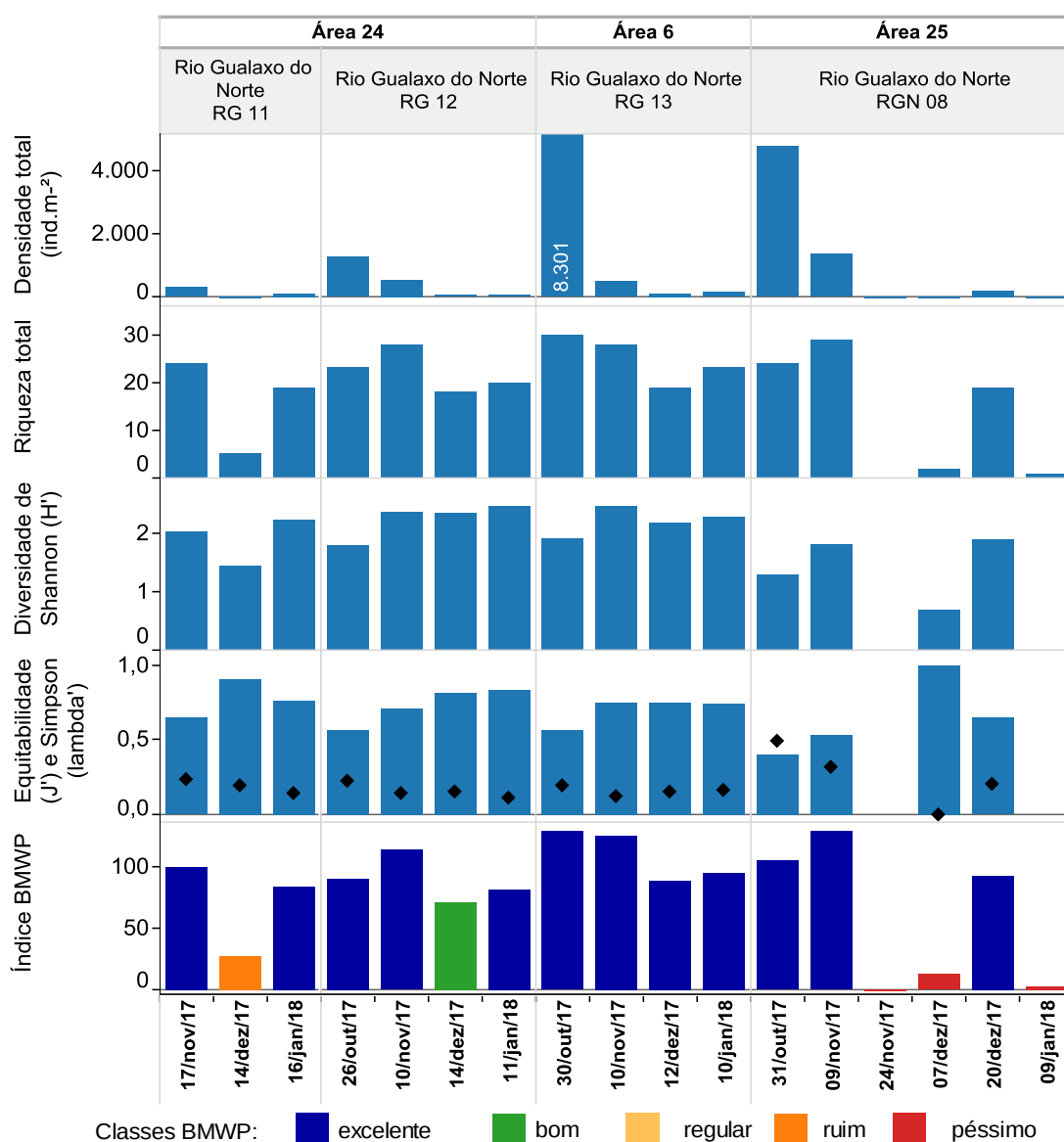


A **Figura 6.3.3-43** apresenta os resultados para as principais métricas de macroinvertebrados bentônicos calculadas para pontos amostrais localizados no rio Gualaxo do Norte nas áreas 24, 6 e 25. Na Área 24, pontos RG 11 e RG 12, as obras de intervenção tiveram início no final de maio/2017 e conclusão em agosto/2017. Na Área 6, ponto RG 13, as obras se iniciaram em dezembro/2016 com conclusão em abril/2017. Na Área 25, ponto RGN 08, iniciou-se em junho/2017 e foi concluída em dezembro/2017. Dessa forma, apenas o ponto RGN 08, localizado na área 25 teve o monitoramento iniciado com obras de intervenção em andamento.

Nestes locais a densidade total de organismos foi baixa, apresentando picos no final de outubro/2017 nos pontos RG 13 na Área 6 (8.301 ind.m⁻²) e no ponto RGN 08 na Área 25 (4.801 ind.m⁻²). Os menores valores de densidade também foram observados no ponto RGN 08 em 24/novembro/2017, 7/dezembro/2017 e 9/janeiro/2018. Vale ressaltar que neste ponto também houve alternância no tipo de amostrador utilizado durante as campanhas. A riqueza taxonômica e a diversidade de Shannon apresentaram padrões similares entre si, com valores relativamente inferiores no mês de dezembro/2017. No geral, valores de equitabilidade foram superiores aos do índice de Simpson (dominância), indicando relativa uniformidade na distribuição dos indivíduos entre os táxons nos pontos amostrais das Áreas 24, 6 e 25.

A classificação da qualidade das águas do ponto RG 13 (Área 6) de acordo com o índice biológico BMWP foi “excelente” durante todo o período amostral. Nos pontos RG 11 e RG 12 (Área 24), a qualidade das águas foi “ruim” e “boa”, respectivamente apenas no mês de dezembro/2017. No ponto RGN 08 essa classificação variou entre “excelente” e “péssima” durante o período amostral.

Figura 6.3.3-43 - Principais métricas calculadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos na área 24, 6 e 25 no rio Gualaxo do Norte (RG 11, RG 12, RG 13 e RGN 08), nos meses de outubro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é representado por pontos pretos.

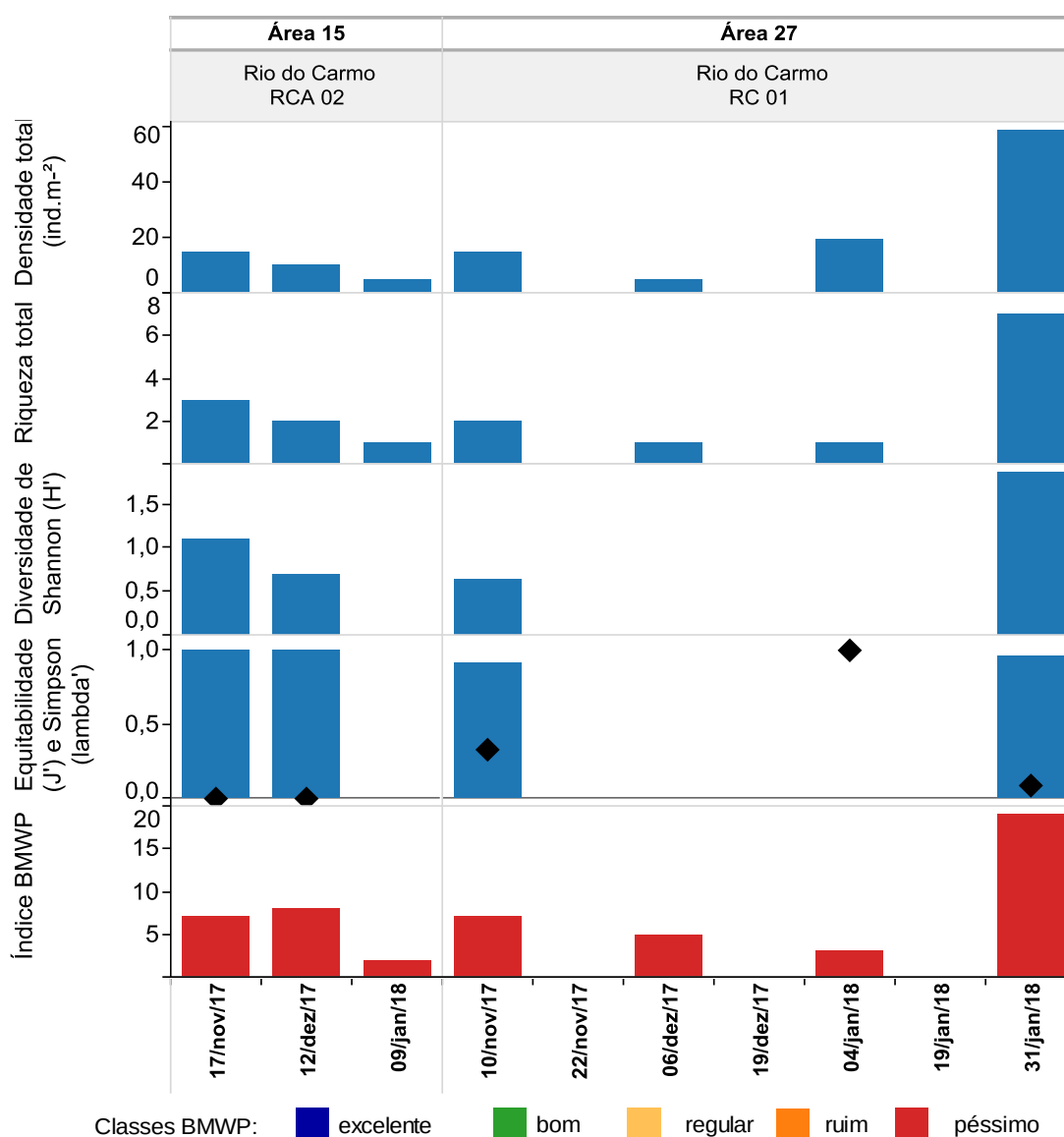


As áreas 15 e 27 estão localizadas em trechos do rio do Carmo, com monitoramento nos pontos RCA 02 (Área 15) e RC 01 (Área 27). Na Área 15, as obras de intervenção tiveram início no final de janeiro/2017 e término no final de julho/2017, e, portanto, início de monitoramento passados 3 meses do final das obras. Na área 27, as obras se iniciaram em meados de julho/2017 e finalizaram-se no fim de janeiro/2018. Portanto, o monitoramento no ponto RC 01 iniciou-se com as obras em andamento e, conseqüentemente, maior frequência amostral.

Conforme mostra a **Figura 6.3.3-44**, as densidades de organismos (ind.m^{-2}) foram baixas em todo o período amostral nos pontos RCA 01 e RC 01. As maiores variações ocorreram no ponto RC 01: em três campanhas (22/novembro/2017, 19/dezembro/2017 e 19/janeiro/2018) não foram observados organismos pertencentes à comunidade bentônica, e na campanha de 31/janeiro/2018 foram coletados $58,7 \text{ ind.m}^{-2}$, maior densidade de organismos observada no período.

A riqueza taxonômica total seguiu exatamente o mesmo padrão da densidade, com valor mínimo de 0 (22/novembro/2017, 19/dezembro/2017 e 19/janeiro/2018) e máximo de 7 táxons, ambas as situações no ponto RC 01 (Área 27). A baixa densidade de organismos e baixa riqueza taxonômica se refletiram no índice de diversidade de Shannon, que apresentou valores baixos (próximos de 1) ou nulos. A exceção foi na campanha do final de janeiro/2018 no ponto RC 01 (Área 27) com o maior valor observado para o período (1,87). Por fim, o índice BMWP classificou a qualidades das águas nos pontos RCA 02 (Área 15) e RC 01 (Área 27) em todo o período de amostragem como “péssima”, sintetizando dessa forma o que foi também observado pelas demais métricas em relação às condições ecológicas nestes pontos.

Figura 6.3.3-44 - Principais métricas calculadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos na área 15 e 27 no rio do Carmo (RCA 02 e RC 01), nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é representado por pontos pretos.

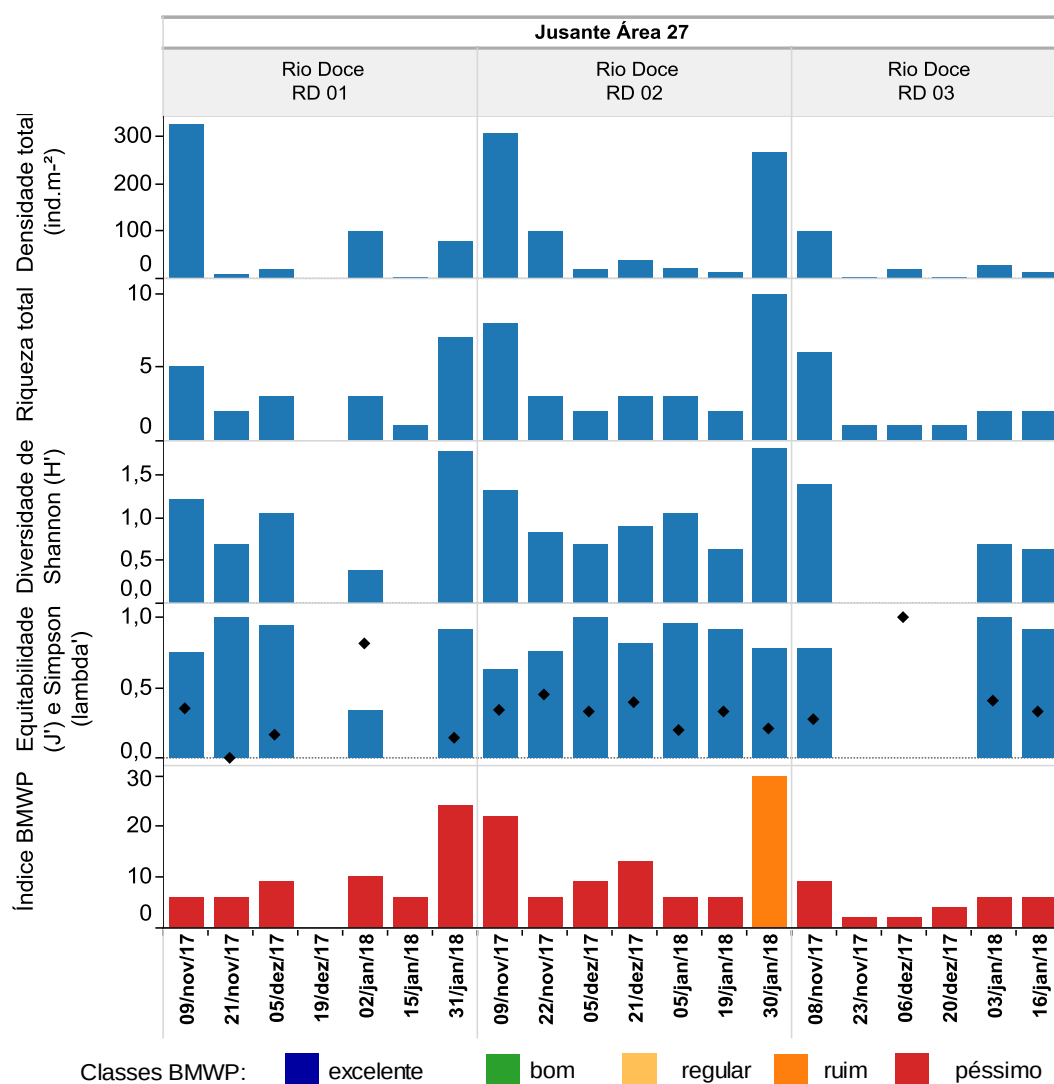


No rio Doce, à jusante da Área 27, é feito o monitoramento dos pontos RD 01, RD 02 e RD 03. Nesta área, mais precisamente no reservatório de Candonga, são feitas ações de dragagem e manejo de rejeitos e regularização de vazão, refletidos no ponto RD 03 (ponto jusante ao reservatório).

A **Figura 6.3.3-45** apresenta os resultados das principais métricas calculadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos a jusante da Área 27. No geral, as densidades de organismos (ind.m^{-2}) foram baixas, embora tenha sido observado um pico na primeira campanha de novembro/2017 nos três pontos amostrais e na última campanha (30/janeiro/2018) no ponto RD 02. O mesmo padrão foi observado para riqueza taxonômica total, que variou de 0 a 10 táxons e para o índice de diversidade de Shannon que variou de 0 a 1,8 táxons.

Através da aplicação do índice biológico BMWP, a qualidade das águas nos pontos a jusante da Área 27 foram classificadas como “péssima”. A exceção ocorreu no ponto RD 02, que na campanha do final de janeiro foi classificado como “ruim”, novamente semelhante ao observado nos pontos amostrais do rio do Carmo RCA 02 (Área 15) e RC 01 (Área 27).

Figura 6.3.3-45 - Principais métricas calculadas para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos a jusante da Área 27, no rio Doce (RD 01, RD 02 e RD 03), nos meses de novembro/2017 a janeiro/2018. O índice de Simpson é representado por pontos pretos.



Relações entre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos e a pluviosidade acumulada

Para avaliar a influência do volume de chuvas sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi utilizada a métrica de riqueza taxonômica total e a densidade total de organismos x volume de chuvas acumulado durante 30 dias que antecederam a coleta. Por ser fortemente correlacionada com a riqueza taxonômica total, optou-se por não apresentar resultados redundantes para as métricas de riqueza de EPT ($r^2 = 0,91$), BMWP ($r^2 = 0,97$) e diversidade de Shannon ($r^2 = 0,61$).

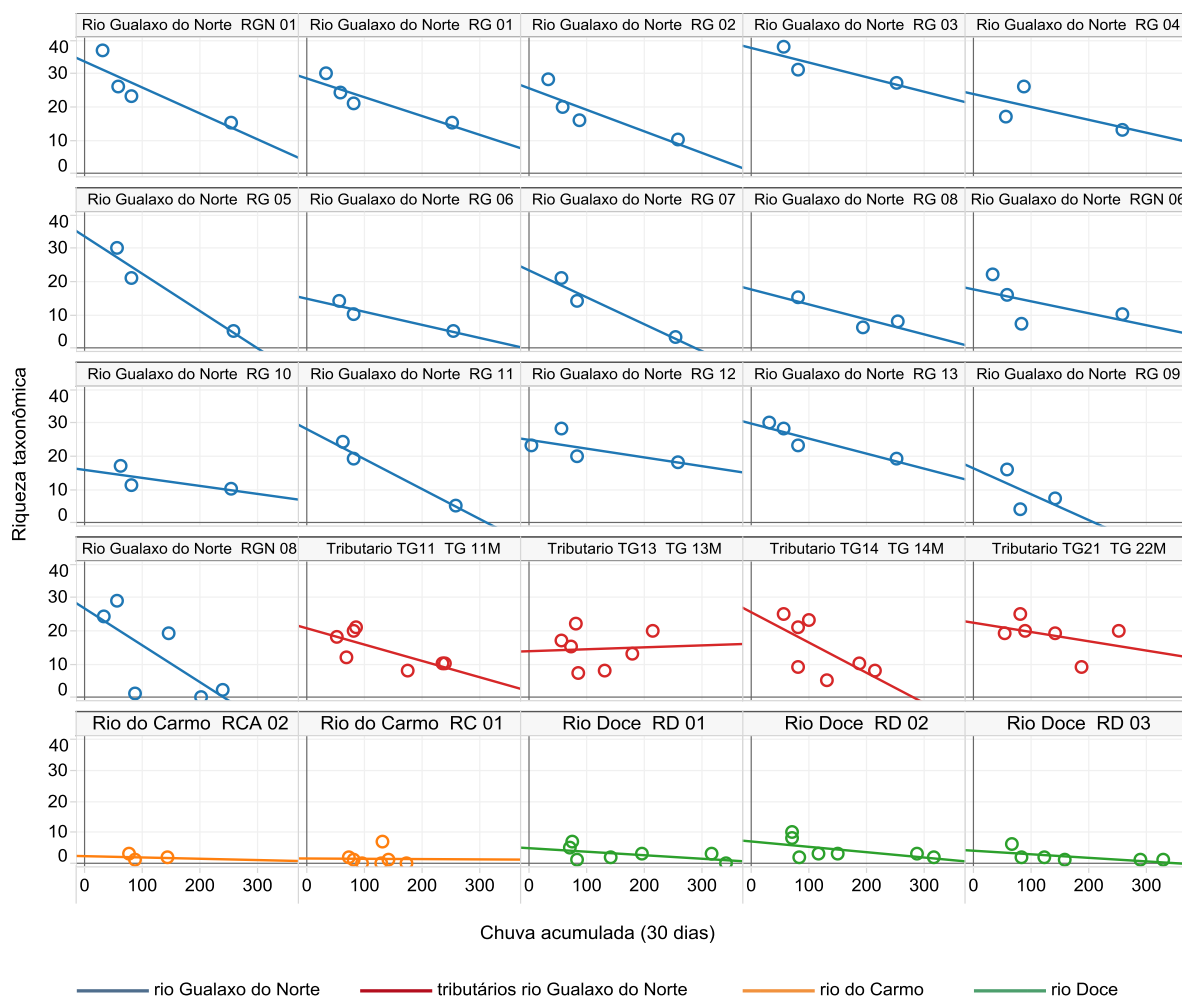
A **Figura 6.3.3-46** apresenta as relações entre a riqueza taxonômica da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e o volume de chuva acumulada durante 30 dias que antecederam a coleta em cada ponto amostral. Observa-se, principalmente nos pontos localizados no rio Gualaxo do Norte, um decréscimo na riqueza com o aumento do volume de chuva acumulada. Os resultados dos modelos lineares mistos (*Mixed Linear Models*) confirmam essa influência da pluviosidade na estruturação da comunidade de macroinvertebrados bentônicos (**Quadro 6.3.3-4**), ou seja, quanto maior a quantidade de chuva acumulada em 30 dias, menor a riqueza taxonômica observada ($t = -4,77$; $p < 0,01$). De maneira semelhante, observa-se pela **Figura 6.3.3-47** que a densidade total de organismos (ind.m^{-2}) também declina com o aumento de chuva acumulada durante 30 dias que antecederam a coleta, confirmado também pelos resultados dos modelos lineares mistos ($t = -8,304$; $p < 0,01$; **Quadro 6.3.3-4**). Dessa forma, a variação que se observa nas métricas de macroinvertebrados bentônicos ao longo do período amostral é em grande parte explicada pelo volume de chuvas acumulado nos 30 dias que antecederam a coleta.

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

Figura 6.3.3-46 - Correlações entre a riqueza taxonômica (eixo y) e a chuva acumulada no período de 30 dias (eixo x) que antecederam a amostragem nos pontos localizados no rio Gualaxo do Norte e seus tributários, Carmo e Doce.

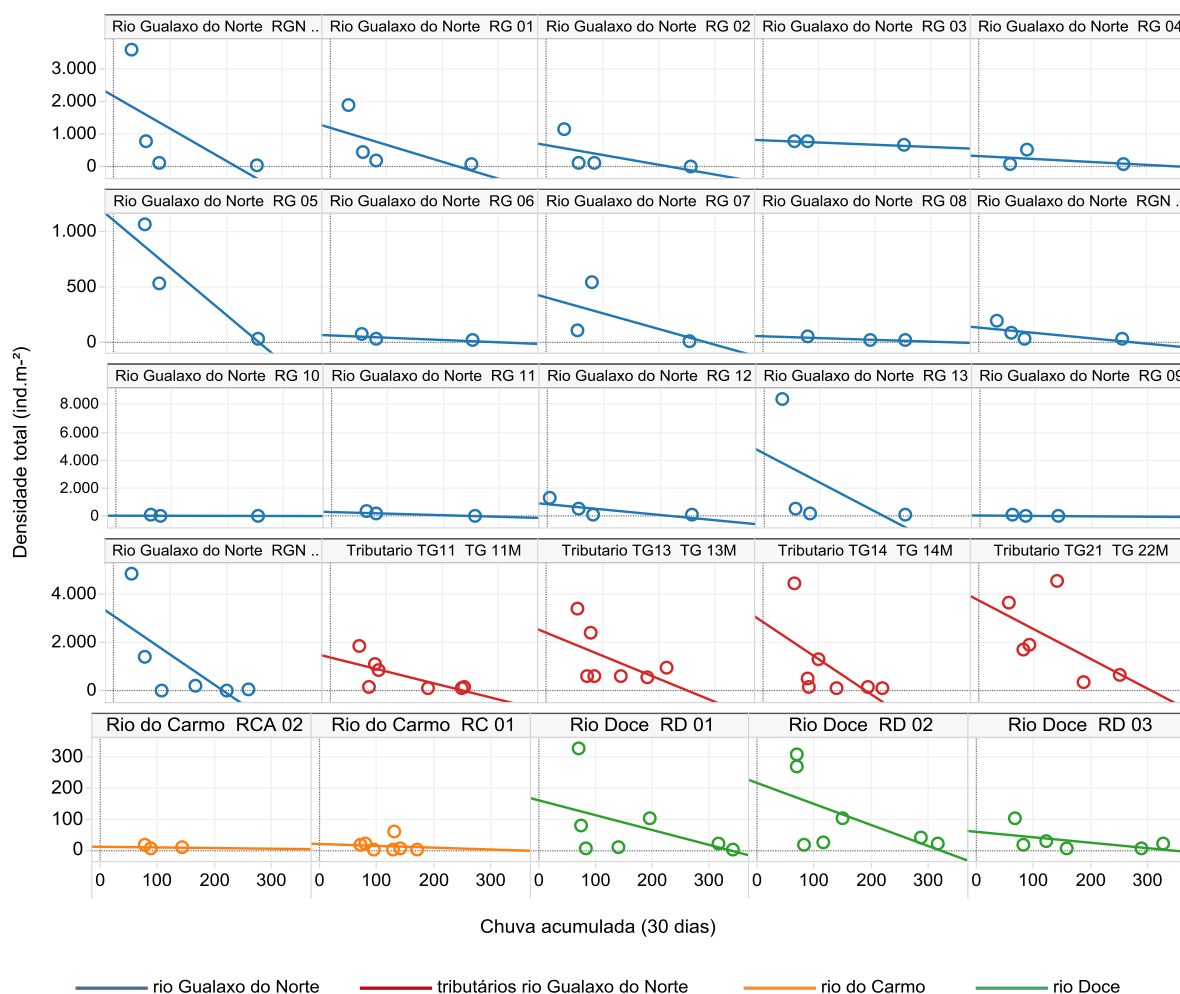


PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

Figura 6.3.3-47 - Correlações entre densidade total (ind⁻²) (eixo y) e a chuva acumulada no período de 30 dias (eixo x) que antecederam a amostragem nos pontos localizados no rio Gualaxo do Norte e seus tributários, Carmo e Doce.



Quadro 6.3.3-4 - Resultados do modelo linear misto (*Mixed Linear Models*) para riqueza taxonômica e a densidade total (ind.m⁻²) em função do acumulado de 30 dias de chuvas (fator fixo) e pontos amostrais (fator aleatório).

	Estimativa	Erro padrão	Graus de liberdade	Valor t	Pr (> t)
Riqueza taxonômica log	-0,6801	0,1425	25,6647	-4,772	6,33 ⁻⁵
Densidade total (ind.m ⁻²) log	-1.5636	0.1883	24.1806	-8.304	1.53 ⁻⁸

CONSIDERAÇÕES GERAIS

A comunidade fitoplanctônica submetida a ambientes de mineração tendem a apresentar maior tolerância a altas concentrações de metais e a determinadas concentrações tóxicas, indicando que os táxons ali registrados desenvolvem mecanismos complexos de proteção de seus aparatos biológicos (CAO e KALIN, 1999). Nesse sentido, a comunidade fitoplanctônica desempenha um importante papel para a reestruturação do ambiente, proporcionando matéria orgânica a comunidades microbianas nas águas, sedimentos ou para a biomineralização (CAO e KALIN, 1999).

Dos 271 táxons registrados, poucas espécies foram consideradas constantes nas diferentes áreas amostradas, sendo estas as diatomáceas *Achnantheidium* sp., *Cymbella* sp., *Navicula* sp., *Nitzschia* sp., *Pinnularia* sp. e *Ulnaria ulna*, especialmente no rio do Carmo e Doce, e as clorofíceas *Chlorella vulgaris*, *Chlorella minutissima*, e clorofíceas em autoesporulação nas áreas do Gualaxo do Norte. Ao avaliar todas as amostras analisadas (n=114), *Navicula* sp e *Chlorella vulgaris* foram consideradas constantes (frequência em 50% ou mais das amostras analisadas), podendo indicar espécies residentes desses ambientes. Poucas espécies foram consideradas dominantes (com 50% ou mais da contribuição para a densidade total da amostra), sendo estas as cianobactérias *Planktothrix* sp. e *Cyanogranis ferruginea*, as diatomáceas *Achnantheidium* sp. e *Gomphonema* sp., e as clorofíceas *Chlorella minutissima*, *Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas* spp., *Kirchneriella diane*, *Kirchneriella* sp. e principalmente os organismos pertencentes à ordem *Chlorococcales* em fase de autoesporulação.

Revisões sobre as respostas de espécies fitoplanctônicas quanto a contaminantes por metais indicam que geralmente as algas verdes são mais tolerantes do que cianobactérias e diatomáceas (CAO e KALIN, 1999). O gênero *Chlamydomonas*, *Chlorella* e *Nitzschia*

também apresentam tolerâncias a estes tipos de ambientes, enquanto que *Ankistrodesmus* e *Tabellaria* seriam considerados gêneros mais sensíveis (CAO e KALIN, 1999; KALIN *et al.*, 2006). De fato, *Chlamydomonas* e *Nitzschia* foram gêneros dominantes e constantes ao longo do período estudado, enquanto que a contribuição de *Ankistrodesmus* foi baixa, apenas no rio Doce e *Tabellaria* ausente nas amostras analisadas. Além disso, pequenas algas verdes, e.g. *Chlorella*, *Chlamydomonas* apresentam rápido crescimento, podendo garantir sua manutenção em ambientes impactados, como é o caso do rio Gualaxo do Norte.

O distúrbio a ambientes aquáticos a partir de metais pesados é percebido também pela baixa diversidade biológica (AFKAR & FATHI, 2010). De fato, os valores observados de diversidade nos diferentes pontos amostrados ao longo desses três meses foram, em sua maioria, baixas ($<2,5 \text{ bits.ind}^{-1}$; MARGALEF, 1983), incluindo aquelas áreas que estiveram sofrendo intervenções durante o monitoramento (Áreas 25, 27 e 16), podendo ainda indicar um ambiente impactado. Cabe destacar que os rios monitorados e seus tributários apresentaram algumas concentrações acima do limite da Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces de classe 2 para os metais alumínio, ferro, manganês em parte dos pontos amostrais (ver **item 6.2.2**).

A composição taxonômica nos pontos monitorados nos tributários do rio Gualaxo do Norte (TG 11M, TG 13, TG 14M e TG 22M) variaram entre si e também diferiram do seu receptor. Estes tributários apresentaram uma maior contribuição de diatomáceas, euglenóides e cianobactérias, diferentemente das clorofíceas no rio Gualaxo do Norte. Essa composição taxonômica variada dos tributários pode conferir um importante inoculo de espécies residentes da sub-bacia do rio Gualaxo do Norte neste ambiente fortemente impactado pelo rejeito do rompimento da barragem de Fundão Mesmo com a variada composição entre as sub-bacias monitoradas, a variação de densidade foi semelhante, com menores concentrações

nos meses de dezembro/2017 e janeiro/2018, períodos de maior pluviosidade como corroborada pela análise de modelos mistos.

Da mesma forma que o fitoplâncton, os organismos zooplancônicos também são um importante e sensível indicador da integridade ecológica de um sistema. O zooplâncton responde rapidamente a modificações ambientais na sua estrutura e composição de espécies. Por estar estritamente ligada à comunidade fitoplanctônica e a outros componentes do plâncton, o zooplâncton também é um importante recurso alimentar para peixes e organismos bentônicos. No caso de ambientes impactados por alta turbidez, como é o caso do rio Doce e seus tributários, a comunidade zooplanctônica pode ser influenciada diretamente, no caso de ingestão de partículas inorgânicas associadas ao fitoplâncton, reduzindo o valor nutricional do alimento (MOREIRA *et al.*, 2016) ou indiretamente, no caso da redução de incidência solar na coluna d'água, o que afeta a comunidade fitoplanctônica.

Rotíferos e copépodos ciclopóida (estágios de náuplios a adultos) foram os organismos predominantes nos sistemas hídricos avaliados, sendo cladóceros observados com maior contribuição apenas em TG 11M e TG 14M (tributários do rio Gualaxo do Norte), em RC 01 (rio do Carmo) e RD 01, RD 02 e RD 03 (rio Doce). No entanto, considerando os pontos monitorados durante processos de intervenções (RGN 08, RC 01 e RD 03), não foi possível observar uma clara interferência das obras sobre a comunidade zooplanctônica até o momento.

Bdeloidea é um grupo de rotíferos paternogênicos que apresentou importante contribuição nos diferentes pontos analisados no presente monitoramento. Estes organismos vivem em água doce e apresentam capacidade de sobreviver a ambientes secos e severos devido ao estágio de dormência induzida por dessecação em qualquer uma das fases do ciclo de vida (FONTANETO e RICCI, 2004). São organismos, na grande maioria, filtradores

ou rapadores de partículas pequenas como bactérias, algas unicelulares, ou matéria orgânica particulada, podendo habitar ambientes lóticos e lênticos e água circundante a partículas do solo (FONTANETO e RICCI, 2004; MOREIRA *et al.* 2015). Essas características auxiliam na compreensão da maior contribuição desses organismos ao longo do rio Gualaxo do Norte, do Carmo e Doce.

O desenvolvimento de copépodos e cladóceros depende muito de fatores intrínsecos de cada espécie, mas também por fatores ambientais como temperatura e disponibilidade de alimento (MELÃO, 1999). Devido o desenvolvimento mais lento e os primeiros estágios de desenvolvimento de copepoditos se dar a partir de reservas alimentares, copépodos apresentam menor dependência das condições alimentares para o estágio adulto quando comparado a cladóceros e rotíferos (MELÃO 1999). Além disso, os copépodos, nos seus estágios finais de copepodito e fase adulta, apresentam um amplo espectro alimentar: os calanóida possuem uma alimentação mais herbívora, enquanto que os ciclopóida são considerados onívoros a carnívoros, podendo se alimentar de fitoplâncton, microzooplâncton, além de detritos, bactérias e até seus próprios ovos e náuplios (MELÃO, 1999; MOREIRA *et al.* 2016). No entanto, as fases juvenis de copépodos (náuplios e fases iniciais de copepoditos) apresentam um comportamento alimentar coletor pouco seletivo ou sem qualquer seletividade (MOREIRA *et al.*, 2016). Já os cladóceros possuem hábito filtrador predominantemente não seletivo, com alimentação herbívora, bactívora e/ou detritívora. Estudos em ambientes impactados por mineração de bauxita (lago Batata, PA) indicaram que o rejeito derivado deste empreendimento pode interferir negativamente sobre a o grupo de cladóceros, principalmente por dificultar o pleno funcionamento do seu aparato filtrador (MELÃO, 1999; SODRE *et al* 2015). Já copépodos, principalmente aqueles que apresentam uma alimentação mais raptorial, seriam menos dependentes das variações de turbidez (BOZELLI, 1992).

Para os organismos bentônicos, embora não haja informações a respeito da condição anterior às intervenções realizadas, observa-se na Área 3, os pontos atingidos pelo rejeito RG 01 e RG 02 (Rio Gualaxo do Norte) apresentaram valores e padrões similares àqueles do ponto RGN 01, ponto de “referência” não atingido pelos rejeitos. Embora tenha apresentando densidade de organismos mais elevadas no ponto RGN 01 em relação aos pontos atingidos pelos rejeitos, a riqueza de organismos foi semelhante entre os três pontos, o mesmo sendo observado para as demais métricas calculadas. Isso demonstra que padrões ecológicos nas áreas atingidas se assemelham àqueles da área não atingida, tendo sido observado variações muito mais em função de condições ambientais naturais (pluviosidade) com consequente lavagem e desalojamento de organismos.

A presença do grupo EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) foi observada principalmente nos pontos localizados no rio Gualaxo do Norte. Estes organismos são considerados excelentes indicadores de boa qualidade de água e habitat (ROSENBERG & RESH, 1993; LIGEIRO *et al.*, 2013; MACEDO *et al.*, 2016). Embora não seja possível estabelecer comparativos com a condição pretérita ao rompimento da barragem, a presença deste grupo indica que os pontos localizados no rio Gualaxo do Norte fornecem condições para colonização e estabelecimento destes organismos sensíveis a distúrbios no meio.

De maneira semelhante, a baixa representatividade de EPT nos pontos localizados no rio do Carmo e Doce, sugere que as condições ecológicas nestes locais não fornecem qualidade de água e diversidade de habitat suficiente para esses indivíduos, comprometendo a sua colonização (MAYRINK *et al.*, 2002). Pontos amostrais em diferentes áreas no rio Gualaxo do Norte tiveram a qualidade de suas águas classificadas como “excelentes” ou “boas” pelo índice biológico BMWP, principalmente no período em que foi observada menor pluviosidade (outubro/2017, início de novembro/2017 e final de janeiro/2018). Embora não haja como comparar com a situação ecológica anterior ao rompimento da barragem, é

possível afirmar, de acordo com a aplicação do índice BMWP, que estes pontos fornecem condições para desenvolvimento de comunidades de macroinvertebrados bentônicos diversas.

Embora tenham sido feitas intervenções para retenção de sedimentos, o leito do rio do Carmo nos pontos RCA 02 e RC 01 (Área 15 e 27) é formado predominantemente por partículas finas de sedimento (item 6.2.1 - Granulometria dos sedimentos). Além disso, a bacia do rio do Carmo é fortemente antropizada, com presença de casas e atividades ao longo do trecho. Além disso, o período de chuva contribui com o aumento do carreamento de partículas finas de sedimento para os leitos dos rios. A pluviosidade também resulta em lavagem e desestabilização do leito, reduzindo a densidade de organismos bentônicos, o que é refletido nas demais métricas calculadas. Neste trecho foram observados os menores valores de riqueza, diversidade e do índice BMWP que classificou a qualidade das águas em todo período amostral como “péssima”.

Os resultados observados nos pontos do rio Doce, a jusante da Área 27 (RD 01, RD 02 e RD 03), apresentaram baixa riqueza taxonômica, baixa diversidade, rara presença do grupo EPT e baixa pontuação no índice BMWP. Este padrão foi também observado no monitoramento do programa PMQQS em pontos monitorados no rio Doce, cujo leito é formado predominantemente por partículas finas de sedimento (item 6.2.1 - Granulometria dos sedimentos), o que reflete em baixa heterogeneidade de habitats para as comunidades de macroinvertebrados bentônicos. Embora a presença de rejeitos no leito e margens tenha contribuído para estes resultados, condições pretéritas ao rompimento apresentavam baixa integridade ecológica, não abrigando a diversidade biológica esperada para ecossistemas lóticos.

A pluviosidade explicou de maneira significativa as variações encontradas na riqueza taxonômica e na densidade total de organismos bentônicos ao longo do período amostral, de

tal forma que quanto maior o volume de chuvas acumulado menor tende ser o valor destas métricas.

Finalmente, os diferentes períodos de início e conclusão de obras, podem indicar diferentes estágios de recuperação de processos ecológicos bem como o reestabelecimento das comunidades biológicas diretamente impactadas pelos rejeitos da barragem. Dessa forma, o monitoramento em longo prazo permitirá avaliar melhor as respostas biológicas em função das ações de intervenção.

6.4 - Pontos operações áugias

Nesse tópico são apresentados em forma tabular os resultados de turbidez, sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais e sólidos totais para o período de outubro/2017 a janeiro/2018 em 145 pontos da Operação Áugias.

A Operação Áugias foi concebida após vistoria realizada pelo IBAMA em abril de 2016 nas áreas mais impactadas pelo rompimento da Barragem de Fundão em Mariana/MG. Estas áreas estão situadas entre a Barragem de Fundão e a UHE Risoleta Neves (Candonga), sendo o trecho mais afetado pelo incidente, com grande quantidade de matas ciliares destruídas e um elevado volume de rejeito depositado nas margens de cursos d'água e de seus tributários (IBAMA, 2017). A Operação encontra-se descrita no memorando nº 02001.006863/2016-81, emitido pela Coordenação Geral de Autorização de Uso da Flora e Floresta – CGAUF da Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas – DBFLO.

Essa operação foi adotada como estratégia para analisar o cumprimento das Cláusulas 158 a 160 do TTAC em atendimento à Deliberação CIF nº 11/2016. Tendo como principais objetivos: realizar um diagnóstico completo do estado de degradação das áreas atingidas; avaliar as intervenções que estão sendo realizadas; e monitorar as ações de recuperação durante todo o processo de restauração ambiental.

Visando o atendimento às recomendações do termo supracitado, foram vistoriados no âmbito da Operação Áugias corpos hídricos situados no Córrego Santarém, rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, bem como seus tributários, localizados entre a Barragem de Fundão e a UHE Risoleta Neves. Estas vistorias foram divididas em fases, sendo a primeira denominada Fase Hélios e as posteriores denominadas Fase Argos. No presente relatório serão apresentados os resultados de turbidez e da série de sólidos dos pontos vistoriados durante as fases da Operação Áugias. Os pontos estão separados de acordo com a sua classificação definida em grupos (G1 a G4) nas fases: Argos IV (realizada no período de 21 a 30 de

agosto/2017), V (realizada no período de 16 a 26 de outubro/2017) e VI (realizada no período de 09 a 19 de abril/2018) e 33 pontos que não estão classificados em nenhuma dessas fases. Na fase Argos IV, não foram realizadas vistorias para pontos classificados como G1 e G4.

Os quatro grupos de tributários foram definidos com base nos objetivos da Operação Águas e possibilitam a tomada de decisão em relação ao prosseguimento das ações de recuperação ambiental, sendo eles: G1 - são aqueles aptos a avançar para a fase de plantio de mudas vegetais nativas; G2 - aptos a avançar para a fase de plantio de mudas vegetais nativas, concomitante com ações corretivas de baixa complexidade; G3 – também aptos a avançar para a fase de plantio de mudas vegetais nativas, concomitante com ações corretivas de média e alta complexidade e G4 - inaptos a avançar para a fase de plantio de mudas vegetais nativas, necessitando da implementação de ações corretivas e preparatórias com o devido monitoramento.

As obras de regularização de calhas e margens e o controle de processos erosivos dos tributários mapeados iniciaram logo após a vistoria da Operação Águas que ocorreu em abril de 2016 e se estendeu até junho de 2017.

Operação Águas: Fase Argos IV

Nesta seção são apresentados os pontos de amostragem referentes à Operação Águas – Fase Argos IV. Foram monitorados entre outubro/2017 a janeiro/2018 cinco tributários, classificados como G2 pela Operação Águas por estarem em estágio avançado de recuperação, estando aptos para ao plantio de mudas nativas, necessitando apenas de algumas ações corretivas de baixa complexidade (IBAMA, 2017).

No mês de dezembro/2017 foi observado o maior número de amostragens com valores acima do limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (100 UNT). O ponto ITG 34 (tributário TG28 – Área 8) foi o que mais apresentou valores

acima do limite preconizado pela referida Resolução para o período de amostragem, com valores chegando a 964 UNT (**Quadro 6.4-1**).

Para a série de sólidos, apenas para sólidos suspensos totais (SST) foram observadas concentrações acima do limite preconizado pela Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2, principalmente no mês de dezembro/2017, como já observado para a turbidez. Tanto para sólidos dissolvidos totais quanto para sólidos totais as maiores concentrações também foram observadas nas amostragens de dezembro/2017. Vale ressaltar que para sólidos totais não existe um valor de referência legal (**Quadro 6.4-1**).

Os valores de turbidez e SST acima do limite das suas referidas legislações no período chuvoso indicam variação sazonal para os parâmetros analisados, o que deve estar relacionado com o maior escoamento superficial nos períodos de chuva. No período chuvoso, há maior escoamento superficial de partículas das margens e da bacia do entorno para as águas dos rios, resultando em uma maior erosão, além de maior carreamento de sedimentos do leito do rio. Este cenário ajuda a interpretar os maiores valores de turbidez e SST nos resultados das campanhas de dezembro/2017.

Quadro 6.4-1 – Resultados de turbidez, sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos e sólidos totais de outubro/2017 a janeiro/2018 para tributários da fase Argos IV, grupo G2 da Operação Águas. Resultados em vermelho representam valores acima do limite da Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 para a turbidez e sólidos dissolvidos totais e Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2 para sólidos suspensos totais. Os números ordinais representam a semana do mês em que foi realizada a amostragem.

Pontos de Amostragem	Turbidez (UNT)															Sólidos suspensos totais (mg.L ⁻¹)																Sólidos dissolvidos totais (mg.L ⁻¹)																Sólidos totais (mg.L ⁻¹)																
	100 UNT (Resolução CONAMA 357/2005)															100 mg.L ⁻¹ (Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MGN.º 1/08)																500 mg.L ⁻¹ (Resolução CONAMA 357/2005)																																
	out/17		nov/17					dez/17				jan/18						out/17		nov/17					dez/17				jan/18							out/17		nov/17					dez/17				jan/18																	
	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º	5º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º	5º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º								
Mariana - Tributario TG25 - ITG 31	2,12	0,65	16,9	2,35	61,4	3,59	-	115	10,4	37,2	26,12	2,26	4,56	2,22	4,95	2,84	<5	<5	13	<5	15	<5	-	62	6	16	<5	<5	5	6	<5	<5	75	50	86	70	82	54	-	97	63		54	40	54		28	40	78	54	99	70	100	56	-	161	68	95	54	42	59	40	31	41
Mariana - Tributario TG26 - ITG 32	1,97	3,28	25,8	4,7	72,3	19,7	-	822	12,4	7,93	16,3	4,58	11,2	9,99	7,98	36	<5	<5	<5	<5	15	<5	-	849	<5	5	<5	<5	<5	<5	6	35	46	39	42	107	86	-	134	55	43	59	40	32	32	33	70	41	46	43	44	123	88	-	993	58	49	61	43	34	35	34	78	
Mariana - Tributario TG27 - ITG 33	3,02	8,01	37,6	3,97	40,3	11,3	-	581	172	4,3	6,07	7,79	9,64	13,3	6,67	5,89	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	325	60	<5	<5	<5	<5	<5	<5	39	40	81	72	110	48	-	161	101	47	53	45	48	41	42	39	39	42	83	75	113	49	-	489	152	43	54	48	53	42	43	42	
Mariana - Tributario TG28 - ITG 34	P.S	244	12,1	86,1	115	P.S	-	964	752	116	4,27	2,9	5,32	0,94	4,25	1	P.S	56	<5	10	48	P.S	-	485	185	13	<5	<5	<5	<5	<5	P.S	81	165	109	136	P.S	-	226	188	51	104	78	69	61	65	88	P.S	140	168	119	188	P.S	-	712	377	61	105	78	70	66	66	93	
Ponte Nova - Tributario TC10 - NTC06	P.S	-	P.S	26,9	42,8	38,4	-	13,8	26,7	41,7	298	60,9	-	43,9	130	-	P.S	-	P.S	<5	17	<5	-	6	13	15	415	26	-	136	114	-	P.S	-	P.S	111	217	141	-	71	90	110	122	91	-	111	111	-	P.S	-	P.S	114	235	142	-	79	106	128	560	129	-	258	221	-

P.S – Pontos secos no momento da amostragem; Células com “-“ - Pontos onde não houve amostragem;

Nos tributários classificados como G3 foram monitorados quatro pontos, sendo um em cada tributário, no mesmo período. Estes tributários foram classificados dessa forma por estarem aptos para o plantio de mudas nativas, concomitante com algumas ações corretivas de média e alta complexidade.

Os resultados de turbidez variaram entre 0,1 e 711 UNT, tendo violado o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (100 UNT) os pontos NTG 03 (tributário TG42A – Área 24), NTD 01 (tributário TD01 – Área 27) e NTG 06 (tributário TG49F – Área 6) em apenas uma amostragem nos meses de janeiro/2018, dezembro/2017 e novembro/2017 (**Quadro 6.4-2**).

Na serie de sólidos, muitos valores de SST estiveram abaixo do limite de quantificação do método ($<5 \text{ mg.L}^{-1}$). Entretanto, o ponto NTG 03 (tributário TG42A – Área 24) na primeira semana de janeiro/2018 e o ponto NTD 01 (tributário TD01 – Área 27) na primeira semana de dezembro/2017 apresentaram concentrações acima do limite permitido pela Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2 (100 mg.L^{-1}). Já as concentrações de sólidos dissolvidos totais (SDT) variaram entre 5 e 188 mg.L^{-1} , estando sempre dentro do limite permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (500 mg.L^{-1}).

Esses pontos, apesar de demandarem algumas ações corretivas de média e alta complexidade, apresentaram uma menor incidência de resultados acima do limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 para turbidez (100 UNT) e sólidos dissolvidos totais (500 mg.L^{-1}) e Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2 para sólidos suspensos totais (100 mg.L^{-1}).

Quadro 6.4-2 - Resultados de turbidez, sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos e sólidos totais de outubro/2017 a janeiro/2018 para tributários da fase Argos IV, grupo G3 da Operação Águas.
Resultados em vermelho representam valores acima do limite da Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 para a turbidez e sólidos dissolvidos totais e Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2 para sólidos suspensos totais. Os números ordinais representam a semana do mês em que foi realizada a amostragem.

Pontos de Amostragem	Turbidez (UNT)															Sólidos suspensos totais (mg.L ⁻¹)															Sólidos dissolvidos totais (mg.L ⁻¹)															Sólidos totais (mg.L ⁻¹)																			
	100 UNT (Resolução CONAMA 357/2005)															100 mg.L ⁻¹ (Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1/08)															500 mg.L ⁻¹ (Resolução CONAMA 357/2005)																																		
	out/17		nov/17					dez/17				jan/18						out/17		nov/17					dez/17				jan/18						out/17		nov/17					dez/17				jan/18																			
	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º	5º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º															
Mariana - Tributario TG42A - NTG03	-	<0,1	3,36	S.A	4,4	S.A	15,6	S.A	12,2	7,88	S.A	185	6,56	6,36	28,5	44,5	-	<5	35	S.A	29	S.A	30	S.A	42	34	S.A		22	49	35	60	-	<5	<5	S.A	<5	S.A	<5	S.A	5	<5	S.A	73	<5	<5	<5	<5	-	<5	39	S.A	30	S.A	33	S.A	47	36	S.A	162	26	52	37	62	
Barra Longa - Tributario TG49F - NTG06	-	0,45	1,38	4,44	1,61	271	23,8	14,8	10,8	6,13	8,17	10,3	4,25	2,7	4,23	4,52	-	<5	<5	<5	11	63	<5	<5	10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	35	15	14	22	30	64	51	35	69	42	22	32	30	52	42	-	38	19	14	36	96	67	52	46	71	46	26	34	33	56	44
Barra Longa - Tributario TG53 - ITG 63	-	1,05	2,61	3,57	2,42	13,3	8,03	14,5	16,9	10,2	8,1	22,7	9,32	8,93	7,95	48	-	<5	<5	<5	<5	11	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	10	-	65	60	74	60	65	65	73	71	44	74	37	28	54	57	47	-	68	61	75	62	77	67	74	79	47	81	38	31	55	59	62	
Rio Doce - Tributario TD01 - NTD01	1,44	2,73	2,78	8,03	6,73	4,7	-	711	27,9	6,33	5,78	5,59	3,91	3,76	5,02	-	<5	14	<5	12	<5	<5	-	263	10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	5	54	94	59	107	97	-	188	92	98	86	87	84	67	79	-	11	72	94	74	109	98	-	454	104	94	89	32	88	70	83	-

P.S – Pontos secos no momento da amostragem; S.A - Pontos sem acesso; Células com “-” - Pontos onde não houve amostragem;

Operação Águas: Fase Argos V

No total foram avaliados 42 pontos de amostragem na Fase V da Operação Águas, dos quais 12 foram classificados como G1 (**Quadro 6.4-3**), 15 como G2 (**Quadro 6.4-4**), 11 como G3 (**Quadro 6.4-5**) e 4 como G4 (**Quadro 6.4-6**).

No grupo G1, classificados desta forma por estarem aptos a avançar para a fase de plantio de mudas vegetais nativas, no mês de dezembro/2017 e janeiro/2018 (período de chuvas) foi observado que seis dos 12 tributários apresentaram valores de turbidez acima do limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (100 UNT). O ponto NTC 05 (tributário TC09A – Área 27) foi o que apresentou o maior resultado de turbidez, com valor de 1080 UNT para a primeira semana de dezembro/2017 (**Quadro 6.4-3**).

Para a série de sólidos, no caso do SST, foram observados valores acima do limite preconizado pela Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2 (100 mg.L⁻¹) em quatro pontos. Para esse parâmetro também foi observado um elevado número de resultados abaixo do limite de quantificação do método. Para sólidos dissolvidos totais não foram observados valores acima do limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (500 mg.L⁻¹). Os sólidos totais, por ser o somatório de todas as séries de sólidos da água, seguiu os resultados das outras frações, variando de 13 a 1.518 mg.L⁻¹. (**Quadro 6.4-3**).

Pontos de Amostragem	Turbidez (UNT)															Sólidos suspensos totais (mg.L ⁻¹)																				Sólidos dissolvidos totais (mg.L ⁻¹)																				Sólidos totais (mg.L ⁻¹)																			
	100 UNT (Resolução CONAMA 357/2005)															100 mg.L ⁻¹ (Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1/08)																				500 mg.L ⁻¹ (Resolução CONAMA 357/2005)																																							
	out/17		nov/17					dez/17				jan/18					out/17		nov/17					dez/17				jan/18					out/17		nov/17					dez/17				jan/18																															
	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º	5º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º																									
Mariana - Tributario TG01B - NTG 16	-	0,51	0,16	5,26	8,14	3,63	-	108	3,08	1,58	1,36	1,2	1,25	1,31	1,99	1,16	-	<5	<5	<5	<5	<5	-	19	<5	<5	<5	<5	<5	-	15	55	21	27	21	-	60	23	26	15	30	28	24	22	28	-	14	57	21	29	22	-	78	29	28	15	32	28	26	25	29														
Mariana - Tributario TG01 - NTG 1	-	3,82	2,17	1,46	3,89	18,1	24,9	20,1	8,5	13,3	14	10,8	18,9	9,77	9,53	8,4	-	12	<5	<5	<5	6	<5	11	<5	<5	<5	<5	5	10	<5	<5	-	22	15	27	11	23	27	28	26	27	38	19	32	16	14	29	-	36	15	28	13	32	33	40	23	27	82	21	38	26	15	31											
Mariana - Tributario TG14B - NTG14	5,78	18,1	6,08	3,1	9,19	6,81	-	3,56	21,8	36,8	18	1,66	2,87	7,23	4,22	4,13	<5	<5	<5	<5	<5	-	<5	<5	<5	19	<5	<5	<5	<5	<5	26	47	45	29	42	39	-	31	31	34	32	28	21	17	25	26	27	51	46	30	43	39	-	32	33	37	53	31	26	39	25	26												
Mariana - Tributario TG30 - ITG 37	-	6,28	11,2	35,5	4,71	56,4	18,2	665	41,9	21,9	7,49	42,3	5,1	7,2	261	9,7	-	5	<5	188	<5	6	<5	355	8	<5	<5	10	<5	<5	39	<5	-	43	50	84	36	162	46	111	60	53	35	60	41	24	55	35	-	50	54	274	37	180	47	469	71	55	40	73	46	27	99	38											
Mariana - Tributario TG30A - ITG 38	-	1,88	3,54	27,1	3,35	55,6	7,44	315	77,4	5,78	10,5	420	4,38	5,25	4,47	5,71	-	<5	6	<5	<5	9	<5	171	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	55	47	98	55	97	58	176	127	55	16	37	48	41	43	35	-	55	56	99	58	108	60	349	130	55	16	38	55	42	46	35												
Mariana - Tributario TG38 - ITG 45	-	1,05	2,66	11,2	2,75	31,8	47,7	12,4	6,13	6,91	6,21	29,8	6,59	7,04	9,89	134	-	<5	<5	<5	10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	49	-	55	46	44	21	58	72	51	53	37	21	49	42	45	33	50	-	55	46	48	32	60	74	52	58	42	23	55	47	45	36	102												
Barra Longa - Tributario TG49B - NTG04	-	<0,1	<0,1	17	3,43	13,7	15,5	6,91	3,3	3,01	2,35	3,66	<0,1	1,39	1,54	6,39	-	5	<5	8	9	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	69	71	85	48	90	82	57	64	58	42	51	45	42	62	40	-	71	74	95																								

P.S – Pontos secos no momento da amostragem; Células com “-“ - Pontos onde não houve amostragem;

Para tributários do grupo G2, aptos a avançar para a fase de plantio de mudas vegetais nativas, concomitante com ações corretivas de baixa complexidade, os valores de turbidez variaram entre 0,43 e 1390 UNT, tendo violado a Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (100 UNT) em 7 dos 15 pontos de amostragem, exclusivamente nos meses de novembro/2017, dezembro/2017 e janeiro/2018 (**Quadro 6.4-4**).

Na serie de sólidos, assim como o grupo anterior, somente para sólidos suspensos totais foram observadas concentrações acima do limite preconizado pela Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2. Entretanto, a contribuição da parcela dissolvida total foi maior que a dos suspensos totais no somatório dos sólidos na água, em razão de grande parte dos valores da parcela suspensa estar abaixo do limite de quantificação do método (**Quadro 6.4-4**). Os pontos situados nos tributários do rio Doce apresentaram maiores valores de turbidez e sólidos em relação aos pontos dos tributários do rio Gualaxo do Norte e do Carmo.

[illegible]

Fevereiro de 2019 | 6.4 – Pontos operações águia

Nos pontos do grupo G3, aptos a avançar para a fase de plantio de mudas vegetais nativas, concomitante com ações corretivas de média e alta complexidade, oito pontos monitorados são tributários do rio Gualaxo do Norte, enquanto dois são tributários do rio do Carmo. Os resultados de turbidez variaram entre 0,1 e 126 UNT nos pontos dos tributários do Gualaxo do Norte e entre 1,15 e 1100 UNT nos tributários do Carmo. Foi observado para tributários do rio do Carmo uma maior frequência de amostragens acima do limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (100 UNT), nos meses de novembro/2017, dezembro/2017 e janeiro/2018. O ponto NTC 04 (Tributário TC 01A – Barra Longa/MG) foi o que mais apresentou valores acima do limite preconizado pela referida resolução para o período de amostragem, com valores chegando a 1100 UNT na quarta semana de novembro/2017 (**Quadro 6.4-5**).

Novamente na serie de sólidos, os valores da parcela suspensa total apresentou muitos valores abaixo do limite de quantificação, tendo valores acima do preconizado pela Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2 (100 mg.L⁻¹), seguindo o mesmo padrão da turbidez com maior parte desses valores concentrados nos tributários do rio do Carmo e apenas uma amostragem no tributário NTG 09 (Tributário TG 54B – Barra Longa/MG). Para sólidos dissolvidos totais não foram observado valores acima do limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (500 mg.L⁻¹). No caso dos sólidos totais os maiores valores foram observados também para os tributários do rio do Carmo (**Quadro 6.4-5**).

Quadro 6.4-5 - Resultados de turbidez, sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos e sólidos totais de outubro/2017 a janeiro/2018 para tributários da fase Argos V, grupo G3 da Operação Águas. Resultados em vermelho representam valores acima do limite da Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 para a turbidez e sólidos dissolvidos totais e Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2 para sólidos suspensos totais. Os números ordinais representam a semana do mês em que foi realizada a amostragem.

Pontos de Amostragem	Turbidez (UNT)															Sólidos suspensos totais (mg.L ⁻¹)															Sólidos dissolvidos totais (mg.L ⁻¹)															Sólidos totais (mg.L ⁻¹)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	100 UNT (Resolução CONAMA 357/2005)															100 mg.L ⁻¹ (Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1/08)															500 mg.L ⁻¹ (Resolução CONAMA 357/2005)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	out/17		nov/17					dez/17					jan/18					out/17		nov/17					dez/17					jan/18					out/17		nov/17					dez/17					jan/18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Mariana - Tributario TG31 - NTG02	-	3,43	7,65	13,9	5,5	27	12,8	48,5	11,7	9,84	7,59	87,4	7,32	4,2	4,52	14	-	7	<5	<5	<5	10	<5	5	<5	5	<5	15	<5	<5	<5	<5	-	57	94	85	44	118	77	95	80	57	56	89	65	27	51	83	-	70	97	88	47	129	79	102	80	63	56	109	71	31	54	84																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Mariana - Tributario TG33 - ITG 41	-	4,99	5,92	15,6	18	58,8	11,5	34,6	7,81	13,2	10,5	26,3	13,1	14,5	3,95	2,78	-	6	<5	8	<5	82	<5	<5	13	6	5	<5	<5	<5	5	-	37	50	34	55	93	53	47	64	35	45	57	41	34	45	65	-	45	50	44	56	175	54	51	65	47	49	59	42	35	48	73																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Mariana - Tributario TG37 - NTG20	-	-	P.S	P.S	P.S	126	71,3	43,9	37,2	P.S	P.S	30,2	37,9	23,8	P.S	76,4	-	-	P.S	P.S	P.S	17	<5	<5	<5	P.S	P.S	<5	<5	<5	P.S	7	-	-	P.S	P.S	P.S	8	185	131	145	P.S	P.S	114	107	89	P.S	104	-	-	P.S	P.S	P.S	26	189	135	149	P.S	P.S	119	113	91	P.S	120																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Barra Longa - Tributario - NTG13	-	-	-	-	-	-	-	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

P.S – Pontos secos no momento da amostragem; Células com “-“ - Pontos onde não houve amostragem;

Os pontos do grupo G4 foram classificados desta forma por necessitarem de ações corretivas e preparatórias com o devido monitoramento, estando inaptos a avançar para a fase de plantio de mudas vegetais nativas. Foram monitorados quatro tributários, sendo três do rio Gualaxo do Norte e um do rio do Carmo. Apesar do grupo que esses tributários estão inseridos (ainda necessitando de ações corretivas e preparatórias), durante o período de amostragem, apenas um ponto (Barra Longa/MG – Tributário TC01C – NTC02) apresentou valor de turbidez acima do limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (100 UNT) no mês de novembro/2017 (**Quadro 6.4-6**).

Resultado semelhante foi observado para sólidos suspensos totais, onde apenas o ponto NTG07 (Tributário TG53A – Barra Longa/MG) em janeiro/2018 apresentou concentração de 292 mg.L^{-1} , violando a Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2 (100 mg.L^{-1}). Para sólidos dissolvidos totais os valores variaram de 15 a 144 mg.L^{-1} , não excedendo os limites da Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (500 mg.L^{-1}). Os valores de sólidos totais variaram de 22 a 420 mg.L^{-1} (**Quadro 6.4-6**).

[illegible]

P.S – Pontos secos no momento da amostragem; S.A - Pontos sem acesso; Células com “-” - Pontos onde não houve amostragem.

Operação Áugias: Fase Argos VI

Na fase VI da Operação Áugias foram amostrados 61 pontos nos tributários avaliados para o período de outubro/2017 a janeiro/2018, nos quais 21 foram classificados como G1 (**Quadro 6.4-7**), 17 como G2 (**Quadro 6.4-8**), 14 como G3 (**Quadro 6.4-9**) e 9 como G4 (**Quadro 6.4-10**).

Nos pontos do grupo G1, os resultados de turbidez variaram de 0,3 e 638 UNT, com oito dos 12 pontos apresentando valores acima do limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (100 UNT), principalmente nos meses de novembro/2017 e dezembro/2017. O ponto ITGE 19 (Rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG) esteve acima da legislação supracitada durante mais da metade do período amostrado (**Quadro 6.4-7**). Esses elevados valores de turbidez ocorreram no período de maior pluviosidade, com maior carreamento de partículas sólidas para os rios. De acordo com o Relatório nº 2539893/2018-COREC/CGBIO/DBFLO que apresenta os resultados gerais das vistorias realizadas na sexta etapa da fase Argos da Operação Áugias, os pontos da fase VI, nos casos de erosão e movimentações em taludes, acredita-se que a piora na avaliação se deve ao período chuvoso no qual alguns pontos de monitoramento tiveram suas obras classificadas como insatisfatórias, ruins, péssimas, ou ainda, evidenciando a necessidade de implementações nos tributários onde não existiam anteriormente.

Para a série de sólidos, muitos valores de sólidos suspensos totais (SST) estiveram abaixo do limite de quantificação do método, com concentrações acima do limite preconizado pela Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2 (100 mg.L⁻¹) em algumas ocasiões. Já os valores de sólidos dissolvidos totais (SDT) estiveram dentro do permitido da Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (500 mg.L⁻¹), variando de 5 a 280 mg.L⁻¹ (**Quadro 6.4-7**).

Vale ressaltar que para sólidos totais não existe um valor de referência legal, porém, tanto para sólidos dissolvidos totais quanto para sólidos totais, as maiores concentrações também foram observadas nas amostragens de dezembro/2017. Os pontos ITG 19 (Tributário TG 17A – Mariana/MG) e ITG 43 (Tributário TG 35 – Mariana/MG) estiveram secos durante todo o período amostrado.

Pontos de Amostragem	Turbidez (UNT)												Sólidos suspensos totais (mg.L ⁻¹)												Sólidos dissolvidos totais (mg.L ⁻¹)												Sólidos totais (mg.L ⁻¹)																													
	100 UNT (Resolução CONAMA 357/2005)												100 mg.L ⁻¹ (Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1/08)												500 mg.L ⁻¹ (Resolução CONAMA 357/2005)																																									
	out/17						dez/17						jan/18						out/17						nov/17						dez/17						jan/18						out/17						nov/17						dez/17						jan/18					
	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	out/17	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	out/17	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	out/17	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	out/17	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º												
Barra Longa - Tributário - ITC 04	-	3,9	10,5	44,7	8,13	27,7	10,4	65,8	184	20,4	23,5	5,31	6,34	5,94	7,8	11,5	-	<5	<5	9	10	<5	<5	69	124	5	31	<5	<5	<5	<5	9	-	70	93	100	76	112	50	131	105	98	48	58	59	54	62	51	-	78	93	111	88	114	51	188	213	102	78	60	59	56	63	65		
Barra Longa - Tributário - ITC 04 - Ponto 02	-	7,66	12,6	20,2	9,43	35,7	14,8	17,7	86,5	11,8	9,65	3,89	4,3	3,01	5,19	8,52	-	9	<5	<5	<5	<5	<5	5	64	22	7	<5	<5	<5	<5	<5	-	83	101	120	59	124	88	85	86	63	59	84	70	64	53	49	-	91	101	123	61	129	89	92	144	81	66	87	76	67	54	54		
Barra Longa - Tributário TC08 - ITC 09	5,88	6,98	-	21,3	10,4	14,1	85,1	17	20,5	17,5	13,2	11,8	11	10,1	9,72	-	8	<5	-	<5	12	<5	20	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	12	40	-	32	15	70	60	41	50	38	12	34	45	29	27	-	20	42	35	30	74	81	44	51	39	12	34	47	29	29	-			
Mariana - Tributário TG13 - ITG 11	P.S	4,74	3,11	2,74	11,3	8,42	-	4,37	3,32	3,81	3,36	2,28	2,27	3,55	2,62	5,88	P.S	<5	<5	<5	<5	<5	-	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	P.S	56	40	37	43	40	38	38	37	27	39	18	7	26	32	-	P.S	60	42	40	43	43	-	39	40	28	41	19	9	28	34	24		
Mariana - Rio Gualaxo do Norte - ITG 12	P.S	P.S	S.A	P.S	S.A	S.A	-	P.S	120	97,1	41,6	7,82	52,4	22,4	26	23	P.S	P.S	S.A	P.S	S.A	S.A	-	P.S	46	22	<5	9	72	27	<5	<5	P.S	P.S	S.A	P.S	S.A	S.A	-	P.S	58	33	55	50	54	54	41	35	P.S	112	54	60	63	118	85	43	36									
Mariana - Rio Gualaxo do Norte - ITG 16	14,8	284	-	56,3	2,74	613	244	299	86,4	97,5	50,5	50,6	99	23,3	34,5	66,2	5	193	-	7	14	208	31	127	36	18	10	19	18	28	<5	14	48	57	53	41	117	51	54	40	56	59	52	43	34	46	56	253	62	57	335	83	167	79	76	70	72	62	67	47	44					
Mariana - Tributário TG16 - ITG 17	-	-	12,2	24	8,41	70,2	3,15	29,3	27	22,3	29,3	40,6	12,7	27,5	17,1	21,5	-	-	<5	7	<5	<5	<5	<5	6	<5	<5	12	<5	<5	-	37	29	39	151	36	52	46	50	35	45	54	43	47	60	-	-	38	35	40	154	38	54	53	53	40	60	58	44	47</						

P.S – Pontos secos no momento da amostragem; S.A - Pontos sem acesso; Células com “-” - Pontos onde não houve amostragem;

Nos pontos do grupo G2, dos 14 pontos monitorados, quatro estão situados em tributários do rio do Carmo e os demais em tributários do rio Gualaxo do Norte, sendo três desses na calha principal, entretanto, não foi observado nenhum padrão em relação à distribuição longitudinal dos pontos. Assim como observado para os pontos do grupo G1, foi no rio Gualaxo do Norte (ITG 14 – Mariana/MG) onde se observou o maior número de amostragens com valores acima do limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (100 UNT), principalmente nos meses de novembro/2017 e dezembro/2017, com poucos casos em janeiro/2018 (**Quadro 6.4-8**).

Na serie de sólidos, para a fração dos sólidos suspensos totais, grande parte dos resultados estiveram abaixo do limite de quantificação do método, embora quando quantificável foram observadas concentrações acima do limite preconizado pela Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2 (100 mg.L⁻¹), com valor máximo de 922 mg.L⁻¹ no ponto ITG 60 (Tributário TG 50 – Barra Longa/MG). Para sólidos dissolvidos totais, no período amostrado todos os valores estiveram sempre dentro do limite definido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (500 mg.L⁻¹), com concentrações variando entre 5 e 176 mg.L⁻¹. Já as concentrações de sólidos totais acompanharam os valores das demais frações, variando entre 6 e 998 mg.L⁻¹ (**Quadro 6.4-8**).

PLANO DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE E SEUS TRIBUTÁRIOS EM FUNÇÃO DAS INTERVENÇÕES - PMQQVAI

Primeiro Relatório Trimestral

3463-00-VAI-RL-0001-00

Quadro 6.4-8 - Resultados de turbidez, sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos e sólidos totais de outubro/2017 a janeiro/2018 para tributários da fase Argos VI, grupo G2 da Operação Águas. Resultados em vermelho representam valores acima do limite da Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 para a turbidez e sólidos dissolvidos totais e Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2 para sólidos suspensos totais. Os números ordinais representam a semana do mês em que foi realizada a amostragem.

Pontos de Amostragem	Turbidez (UNT)															Sólidos suspensos totais (mg.L ⁻¹)															Sólidos dissolvidos totais (mg.L ⁻¹)															Sólidos totais (mg.L ⁻¹)																		
	100 UNT (Resolução CONAMA 357/2005)															100 mg.L ⁻¹ (Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG.n.º 1/08)															500 mg.L ⁻¹ (Resolução CONAMA 357/2005)																																	
	out/17		nov/17				dez/17				jan/18					out/17		nov/17				dez/17				jan/18					out/17		nov/17				dez/17				jan/18					out/17		nov/17				dez/17				jan/18								
	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º	5º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º												
Barra Longa - Tributario TC06 - ITC 06	<0,1	26,7	11,7	7,05	19,1	88,7	-	23,4	15,2	11,7	5,5	28,7	6,65	4,68	6,37	-	7	7	<5	11	5	<5	-	8	6	6	8	12	9	7	54	-	63	79	90	49	104	127	-	84	75	77	49	36	41	50	-	66	87	93	61	110	128	-	96	81	78	55	57	47	47	104	-	
Barra Longa - Tributario TC07 - ITC 08	1,25	12,5	7,74	3,75	10,5	76	-	10,4	11,7	10,7	6,93	22,9	6,58	4,63	5,26	-	10	<5	<5	9	<5	18	-	<5	<5	<5	<5	6	<5	<5	<5	-	<5	72	29	42	85	97	-	39	61	43	27	45	37	28	32	-	19	74	29	53	87	117	-	40	58	46	31	55	37	30	36	-
Barra Longa - Tributario TC08A - ITC 10	-	P.S	P.S	P.S	P.S	P.S	P.S	24,3	7,69	39,3	36,6	63	31,3	38,9	17,7	20	-	P.S	P.S	P.S	P.S	P.S	P.S	8	<5	<5	<5	9	21	12	<5	<5	-	P.S	P.S	P.S	P.S	P.S	P.S	69	91	93	82	56	64	57	72	64	-	P.S	P.S	P.S	P.S	P.S	P.S	75	98	96	93	70	92	70	73	64
Mariana - Tributario TG11 - ITG 07	2,86	50	69,8	4,01	26,3	8,14	-	525	11,8	5,36	5,51	28,8	4,78	4,26	4,54	29,2	<5	10	33	<5	30	<5	-	325	<5	<5	<5	30	<5	34	<5	<5	58	69	47	51	24	44	-	49	39	37	31	36	25	31	18	42	65	82	82	55	58	48	-	<5	40	39	32	66	26	70	19	47
Mariana - Rio Gualaxo do Norte – ITG 14	19,9	306	91,6	83,6	-	650	217	255	72,2	84,6	36,5	8,32	25,1	37,2	63,8	-	5	176	43	13	21	242	63	123	36	17	<5	<5	9	<5	25	-	47	58	82	64	-	65	58	67	45	38	50	25	34	41	25	-	51	236	126	78	-	309	124	180	81	57	50	25	41	42	50	-
Mariana - Tributario - ITG 20	-	P.S	-	5,89	1,53	29,1	11,2	11,9	8,33	5,35	8,67	13,7	5,38	2	0,71	530	-	P.S	-	<5	8	<5	<5	<5	<5	<5	<5	11	<5	<5	<5	<5	-	P.S	-	40	58	112	73	55	61	83	62	65	58	45	64	80	-	P.S	-	41	69	113	74	55	66	85	78	67	59	48	64	80
Mariana - Tributario TG17B - ITG 21	-	3,68	9,5	23,1	8,64	64,1	30,2	33	7,59	7,95	6,97	21,7	14,6	9,74	11,6	19,2	-	<5	<5	<5	<5	26	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	14	<5	-	66	48	45	43	61	62	52	46	34	47	57	25	28	40	52	-	74	51	47	48	87	62	53	45	34	51	60	28	28	58	55	
Mariana - Tributario TG18 - ITG 22	-	5,59	3,69	60,4	16	148	37	48,9	20,6	14	22,3	77,6	30,1	21,3	41,1	47,5	-	<5	<5	12	14	35	<5	<5	<5	<5	<5	21	<5	<5	<5	<5	-	39	53	69	45	48	83	55	69	44	58	75	55	57	71	66	-	42	56	82	61	83	85	57	71	51	80	99	55	62	77	70
Mariana - Tributario TG22 - ITG 27	1,12	1,25	22,5	2,81	25,6	4,23	-	9,98	4,71	4,3	4,88	2,78	5,79	4,28	5,3	4,88	<5	<5	7	<5	<5	<5	-	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	40	45	67	39	90	35	-	52	53	47	32	34	39	42	52	37	44	46	76	43	94	37	-	53	54	51	37	37	45	45	52	41
Mariana - Tributario TG24 - ITG29	8,12	6,22	340	6,51	85,9	37,3	-	108	10,1	6,99	9,12	5,85	38,4	8,21	10,6	9,89	<5	<5	18	<5	26	<5	-	30	<5	<5	<5	<5	101	<5	<5	<5	60	60	78	32	84	61	-	80	36	51	58	22	59	56	43	40	62	61	98	34	111	65	-	112	39	52	59	44	162	61	45	41
Mariana - Tributario TG32 - ITG 40	-	0,99	1,96	4,82	3,75	25,3	0,38	41,8	18,4	5,96	3,87	45,6	6,01	4,24	4,51	11,7	-	<5	<5	<5	<5	7	<5	<5	<5	<5	<5	18	<5	<5	<5	<5	-	28	56	40	48	84	25	26	59	72	32	61	27	38	38	35	-	30	58	43	49	92	28	28	63	75	33	83	30	42	39	39
Mariana - Tributario TG40 - ITG 47	-	P.S	P.S	P.S	P.S	18,6	6,48	21,6	11,2	10	2,23	6,92	3,59	2,53	2,47	44,8	-	P.S	P.S	P.S	P.S	9	<5	<5	<5	19	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	P.S	P.S	P.S	P.S	144	5	176	80	48	60	64	50	57	50	47	-	P.S	P.S	P.S	P.S	155	6	181	82	69	68	76	54	61	51	50
Mariana - Tributario TG41 - ITG 49	-	0,36	0,64	1,59	1,61	10,2	3,27	6,61	6,99	4,46	2,13	1,81	1,91	1,64	2,11	14,6	-	20	<5	<5	<5	<5	<5	<5	8	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	19	37	67	42	71	50	51	35	44	40	36	39	24	44	18	-	40	38	70	44	71	50	53	43	46	42	40	44	29	49	23	
Barra Longa - Tributario TG45 - ITG 54	-	26,3	7,19	10,1	2,88	25,4	4,84	242	4,54	3,55	4,63	3,04	3,73	3,22	4,35	1,97	-	<5	<5	<5	<5	11	<5	209	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	89	68	87	88	112	54	174	85	81	80	62	60	73	65	53	-	91	72	90	90	125	58	386	87	83	80	65	60	74	66	55	
Barra Longa - Tributario TG46 - ITG 55	1,76	<0,1	12,6	<0,1	40	1,89	-	67,5	18,7	5,79	1,71	1,87	1,38	0,88	4,1	177	<5	<5	<5	27	7	-	24	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	97	57	59	36	45	38	-	80	44	46	45	37	28	69	31	34	97	60	61	39	72	45	-	106	46	48	45	41	31	69	31	438
Barra Longa - Tributario TG50 - ITG60	-	1,28	6,55	2,4	1,17	2,56	3,93	13	6,92	5,32	29,3	3,98	5,48	4,67	94,4	533	-	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	7	<5	32	<5	<5	7	83	922	-	88	81	49	69	94	71	55	54	53	37	77	49	70	58	-	95	81	51	73	96	75	57	60	55	99	42	81	60	165	998	
Barra Longa - Tributario TG56 - ITG 66	0,84	1,11	-	2,16	2,37	5,26	5,46	23,3	5,79	5,22	4,58	478	4,27	3,96	3,57	3,3	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	8	15	<5	<5	301	<5	<5	<5	<5	35	61	36	43	53	45	50	81	54	53	73	55	29	67	42	37	63	-	37	45	55	49	59	106	56	59	408	57	30	67	47	

P.S – Pontos secos no momento da amostragem; S.A - Pontos sem acesso; Células com “-” - Pontos onde não houve amostragem;

Nos pontos do grupo G3, dos 14 pontos monitorados, dois estão localizados nos tributários do rio do Carmo, dez nos tributários do Gualaxo do Norte e dois nos tributários do córrego Santarém. Para turbidez, no mês de novembro/2017, foi observado o maior número de amostragens com valores acima do limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (100 UNT), sendo o ponto ITG 57 (Tributário TG 47A- Barra Longa/MG) o que apresentou mais desconformidades com a referida resolução. No início do mês de dezembro/2017 foi registrado o maior valor de turbidez entre os pontos monitorados (648 UNT) no ponto ITG 09 (Tributário TG 12A – Mariana/MG) (**Quadro 6.4-9**).

Assim como os demais grupos, os sólidos suspensos totais em sua maioria foram abaixo do limite de quantificação do método, embora em algumas amostragens tenha violado o limite preconizado pela Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2 (100 mg.L⁻¹), somente nos meses de novembro/2017 e dezembro/2017. Os resultados de sólidos dissolvidos totais estiveram sempre dentro do limite permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (500 mg.L⁻¹), com exceção o ponto ITG 57 (Tributário TG 47A- Barra Longa/MG). Os sólidos totais não apresentaram nenhum padrão ou resultados que mereçam ser destacados, tendo concentrações que concordam os valores das demais parcelas da serie de sólidos, sendo que para esse parâmetro os valores variaram de <5 a 555 mg.L⁻¹ (**Quadro 6.4-9**).

Quadro 6.4-9 - Resultados de turbidez, sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos e sólidos totais de outubro/2017 a janeiro/2018 para tributários da fase Argos VI, grupo G3 da Operação Águas. Resultados em vermelho representam valores acima do limite da Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 para a turbidez e sólidos dissolvidos totais e Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2 para sólidos suspensos totais. Os números ordinais representam a semana do mês em que foi realizada a amostragem.

Pontos de Amostragem	Turbidez (UNT)															Sólidos suspensos totais (mg.L ⁻¹)															Sólidos dissolvidos totais (mg.L ⁻¹)															Sólidos totais (mg/L)																			
	100 UNT (Resolução CONAMA 357/2005)															100 mg.L ⁻¹ (Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1/08)															500 mg.L ⁻¹ (Resolução CONAMA 357/2005)																																		
	out/17		nov/17					dez/17					jan/18					out/17		nov/17					dez/17					jan/18					out/17		nov/17					dez/17					jan/18																		
	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º	5º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º															
Barra Longa - Tributario TC05 - ITC 05	-	1,25	11,1	21,3	6,16	29,2	448	19,7	88,7	18,3	9,14	4,55	8,16	8,65	7,24	6,85	-	<5	<5	<5	10	<5	128	<5	31	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	58	67	60	43	98	55	39		68	54	49	50	51	37	31	-	59	71	62	56	100	185	39	103	73	55	54	51	53	37	35
Barra Longa - Tributario TC03 - ITCE 02	-	2,49	1,83	111	4,6	108	51	65,8	19,3	7,26	7,16	20,9	7,83	6,44	6,86	7,78	-	<5	<5	39	9	21	<5	<5	6	<5	<5	5	<5	<5	<5	<5	-	100	72	138	57	131	141	67	95	59	63	45	41	45	34	45	-	102	75	179	69	157	142	72	107	62	63	53	45	50	38	50	
Mariana - Tributario TG12A - ITG 09	4,95	12,3	13,2	6	25,3	9,39	-	648	12,3	6,29	8,02	20	6,95	6,82	39,4	7,01	<5	<5	9	<5	<5	<5	-	409	<5	<5	<5	7	<5	<5	<5	<5	17	29	13	10	30	33	-	143	36	24	37	37	7	35	20	17	18	30	22	14	35	35	-	555	40	27	38	46	10	36	20	18	
Mariana - Tributario TG23 - ITG 28	1,59	2,82	12,4	3,41	22,5	9,89	-	306	9,6	76,4	6,75	6,84	13,5	6,54	6,77	7,04	<5	<5	<5	<5	<5	-	139	<5	35	<5	<5	<5	<5	<5	<5	68	67	100	69	125	66	-	189	58	51	72	67	55	59	49	62	72	68	104	69	128	68	-	331	58	85	80	71	55	60	50	63		
Mariana - Tributario TG36 - ITG 44	-	1,79	4,51	12,5	4,03	37,3	21,9	16,6	11	7,84	6,16	29,4	10,2	5,7	4,77	7,11	-	<5	<5	<5	<5	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	50	57	49	65	91	75	55	55	33	29	74	40	51	33	48	-	51	57	49	65	98	79	60	60	33	30	78	42	56	35	49		
Mariana - Tributario TG40A - ITG 48	-	0,37	3,92	6,72	2,39	259	9,81	59,7	9,33	8,92	9,12	4,69	3,73	6,43	5,3	72,2	-	<5	<5	<5	<5	71	<5	16	5	<5	<5	<5	<5	5	<5	8	-	<5	56	58	35	218	66	60	69	53	53	50	54	42	41	76	-	6	56	61	37	289	67	73	69	58	58	57	54	47	45	87	
Mariana - Tributario TG43 - ITG 51	-	31	46,2	28,3	233	24,3	-	133	52,8	32,6	61,2	4,95	24	28,4	9,99	39,8	-	24	8	10	218	7	-	10	16	38	35	27	49	30	25	22	-	57	112	139	188	89	-	147	116	56	99	104	62	102	63	112	-	80	122	149	406	100	-	158	141	99	124	138	117	139	88	132	
Barra Longa - Tributario TG47A - ITG 57	-	1,39	3,98	151	1,87	179	6,72	187	9,15	7,61	3,69	3	1,32	2,23	2,2	5,15	-	8	<5	23	<5	31	<5	35	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-		60	392	46	501	68	263	100	74	47	60	50	35	44	55	-	47	63	415	49	527	70	300	102	77	47	67	55	40	44	64	
Barra Longa - Tributario TG49 - ITG 59	-	1,09	1,34	135	2,47	41,7	8,22	200	11,4	5,8	4,44	9,38	5,73	0,33	3,8	86,9	-	<5	<5	51	<5	27	<5	109	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	20	-	50	64	80	41	52	38	83	49	64	16	39	31	60	42	74	-	48	66	135	41	84	40	194	50	65	18	40	36	65	44	96	
Barra Longa - Tributario TG51 - ITG 61	-	1,51	1,69	7,39	3,65	21,3	341	22,9	11,1	14,1	6,9	7,23	7,84	10,6	7,89	8,4	-	<5	<5	<5	12	10	71	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	37	41	37		49	130	42	43	20	44	18	33	40	27	35	-	42	42	39	36	60	202	43	44	21	55	21	39	44	27	35		
Barra Longa - Tributario TG54 - ITG 64	-	1,13	0,9	3,28	3,2	27,2	9,53	8,71	8,23	4,3	4,99	5,18	6,86	4,35	3,3	-	-	<5	<5	<5	<5	11	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	19	28	29	54	93	60	60	38	35	52	37	31	37	38	-	25	30	29	56	105	63	61	37	39	54	41	35	37	40	-			
Mariana - Tributario - ITS 03	P.S	P.S	P.S	P.S	P.S	P.S	12,7	315	86,8	1,24	1,27	1,06	0,76	0,59	0,66	1,96	11,1	P.S	P.S	P.S	P.S	<5	<5	46	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	P.S	P.S	P.S	P.S	P.S	42	24	30	48	32	24	17	<5	17	30	63	P.S	P.S	P.S	P.S	P.S	45	29	80	51	33	31	20	<5	22	31	64	
Mariana - Tributario - ITS 05	2,73	3,77	10,9	3,02	10,1	3,55	-	17,5	4,09	3,06	3,61	2,52	3,69	2,68	3,09	14,1	69	24	41	18	31	24	-	29	39	23	26	15	16	12	18	21	<5	<5	<5	<5	<5	-	<5	<5	<5	18	<5	<5	<5	<5	<5	70	25	43	19	33	25	-	31	41	27	48	17	16	12	20	23		
Mariana - Tributario TG04 - ITS 19	-	0,43	1,9	3,31	1,92	32,7	7,18	10,6	4,23	5,85	4,39	7,22	2,82	3,88	4,09	3,89	-	<5	<5	<5	<5	11	<5	6	<5	<5	<5	<5	<5	6	<5	-	6	30	16	32	31	15	31	22	25	24	45	28	26	35	26	-	10	30	18	34	46	16	35	22	27	24	47	29	31	39	26		

P.S – Pontos secos no momento da amostragem; Células com “-“ - Pontos onde não houve amostragem;

Nos pontos do grupo G4, dos nove pontos monitorados, três estão situados nos tributários do córrego Santarém, um no tributário do rio do Carmo e cinco nos tributários do Gualaxo do Norte. Os pontos ITG 30 (Tributário TG 24A – Mariana/MG), ITG 36 (Rio Gualaxo do Norte – Mariana/MG), ITS 07 (Tributário córrego Santarém – Mariana/MG) e ITS 08 (Tributário córrego Santarém – Mariana/MG) estiveram em praticamente todo o período amostrado seco, só tendo resultados nas primeiras semanas de dezembro/2017.

Para turbidez os resultados variaram entre 0,3 e 802, tendo violado a Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (100 UNT). Dos nove pontos amostrados, oito apresentaram valores acima do limite permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (100 UNT), principalmente na primeira semana do mês de dezembro/2017. Somente o ponto ITS 02 (Tributário córrego Santarém – Mariana/MG) não apresentou valores acima do limite da referida resolução (**Quadro 6.4-10**).

Para a série de sólidos, foram observadas concentrações de sólidos suspensos totais (SST) acima do limite preconizado pela Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2 (100 mg.L^{-1}), com a maior parte dessas amostragens concentradas nas primeiras semanas de dezembro, como observado para turbidez. Assim como vem sendo observado para as outras fases e grupos da Operação Águas, as concentrações de sólidos dissolvidos totais estiveram sempre abaixo do limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 para águas doces classe 2 (500 mg.L^{-1}). Para sólidos totais os valores variaram entre <5 e 757 mg.L^{-1} (**Quadro 6.4-10**).

Resultados em vermelho representam valores acima do limite da Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 para a turbidez e sólidos dissolvidos totais e Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2 para sólidos suspensos totais. Os números ordinais representam a semana do mês em que foi realizada a amostragem.

[illegible]

P.S – Pontos secos no momento da amostragem; Células com “-“ - Pontos onde não houve amostragem;

Não classificados

Alguns pontos não foram classificados em nenhuma das fases e grupos da Operação Águas, esses somam 33 pontos, sendo sete tributários do rio Gualaxo do Norte, 17 na calha principal do próprio rio Gualaxo do Norte, cinco no rio do Carmo, dois no córrego Santarém e dois são tributários do rio Piranga. A maior parte desses pontos está localizada no município Mariana/MG, seguida por Barra Longa/MG e Santa Cruz do Escalvado/MG. No quadro de apresentação de resultados (Quadro 6.2.1-11) estes pontos estão representados seguindo a sequência de montante para jusante.

Para turbidez, 23 dos 33 pontos amostrados apresentaram valores acima o limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (100 UNT), os dois maiores valores registrados (1630 e 1810 UNT) foram observados nos tributários do rio Piranga durante a primeira semana de dezembro/2017 (**Quadro 6.4-11**).

Apesar da grande quantidade de amostras com valores abaixo do limite de quantificação, os resultados de sólidos suspensos totais revelaram também entre outubro/2017 e janeiro/2018 um elevado número de amostras acima do limite preconizado pela Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2 (100 mg.L⁻¹). Dos 33 pontos, 21 apresentaram valores acima do limite da referida resolução, principalmente nas amostragens de novembro/2017, dezembro/2017 e janeiro/2017. Para sólidos dissolvidos totais, assim como observado nas demais fases, as amostragens não apresentaram valores acima do limite estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (500 mg.L⁻¹). Para sólidos totais os valores variaram de <5 a 2833 mg.L⁻¹, seguindo o padrão das demais frações (**Quadro 6.4-11**).

P.S – Pontos secos no momento da amostragem; Células com “-“ - Pontos onde não houve amostragem;

Considerações finais

De acordo com a metodologia de classificação do Relatório de Vistoria da Operação Águas, os tributários são classificados em grupos que variam de G1 a G4. Essa classificação indica que os pontos classificados como G1 e G2 se encontram em estágio mais avançado de recuperação, ou pelo menos passaram por esse processo anteriormente aos pontos classificados nos grupos G3 e G4. Logo, é esperado que esses pontos pertencentes aos grupos G1 e G2 sejam apresentados um maior número de resultados em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2, para turbidez e Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2, no caso dos sólidos suspensos totais. Porém, para o grupo de pontos de determinadas fases o resultado esperado não foi corroborado, como pode ser observado nos pontos da fase IV e V, onde os pontos que necessitam mais implementações de ações corretivas apresentaram resultados melhores para turbidez e sólidos suspensos totais (**Figura 6.4-1**).

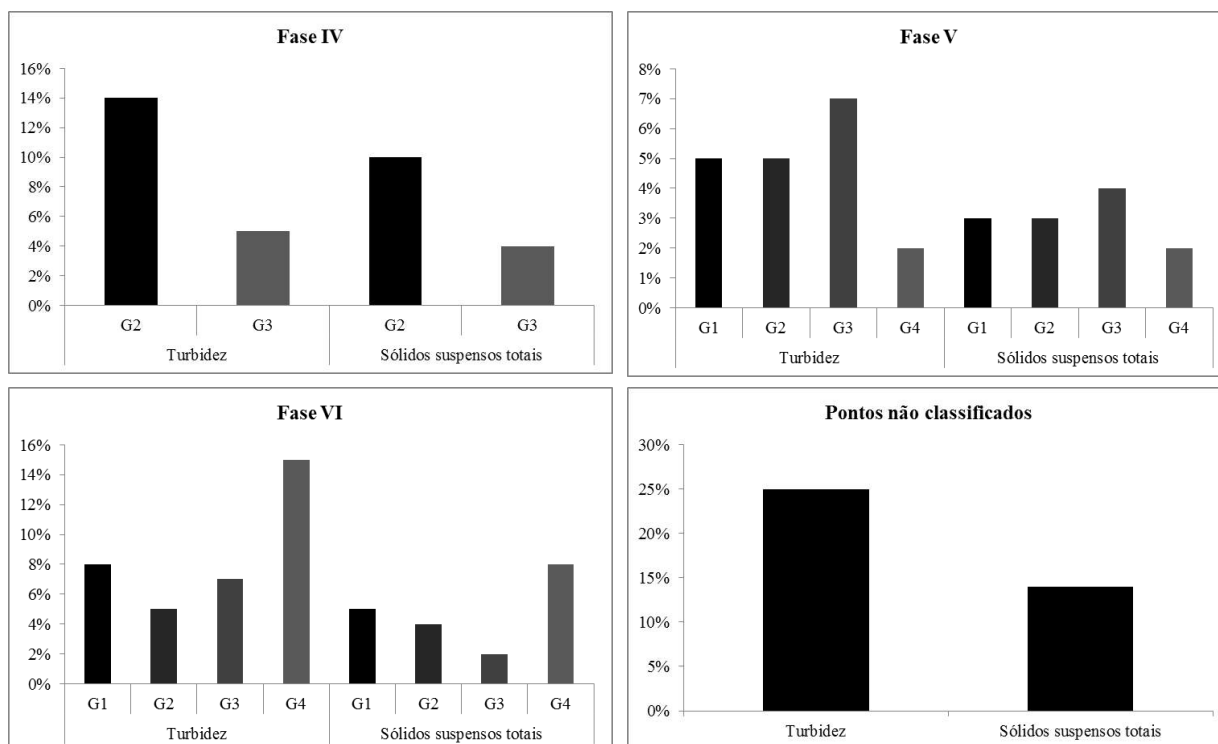
Os resultados de turbidez apresentaram uma correlação significativa com as concentrações de sólidos suspensos totais (Linear mixed model: $F(1, 76) = 195.7$, $p < 0.0001$). Essa relação positiva é esperada, uma vez que a turbidez representa uma propriedade ótica que mede a resistência da água à passagem de luz, devido à presença de partículas em suspensão.

Com relação a esses dois parâmetros (turbidez e sólidos suspensos totais) é preciso levar em consideração a questão da sazonalidade, uma vez que, no período chuvoso é esperado um maior escoamento superficial, maior erosão e carreamento de sedimentos do leito, das margens e da bacia do entorno para as águas dos rios. Apesar da dificuldade em se comparar os resultados dos períodos sazonais (seco e chuvoso) nesse relatório, devido ao fato de ter sido realizada apenas duas amostragens no período seco (outubro/2017), as amostragens com valores acima da Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2, no caso da

turbidez, e Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2, no caso dos sólidos suspensos totais (SST) foram, de forma evidente, mais frequentes nos meses de novembro/2017, dezembro/2017 e janeiro/2018, que de acordo com os resultados de precipitação observados no item **6.2.1 - Precipitações**, foram os meses de maior pluviosidade.

Vale ressaltar que o Relatório Geral de Vistoria do Ibama (**Relatório nº 2539893/2018-COREC/CGBIO/DBFLO**) que analisou os pontos da fase VI, verificou uma piora na classificação de alguns tributários desse grupos e os reclassificou dentro dos 4 grupos de tributários (G1, G2, G3 e G4). A reclassificação se deu devido à presença de animais de criação na área afetada, boa parte em decorrência de rompimentos na cerca. Outro problema relatado foi o surgimento de processos erosivos (ravinas e voçorocas), movimentações de taludes (deslizamentos e solapamentos) e problemas de drenagem e com as obras de contenção, ocasionados pelo severo período de chuvas ocorrido na região, essas constatações podem explicar alguns resultados de turbidez e SST nos pontos da fase VI.

Figura 6.4-1– Percentual de resultados acima do limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2, para a turbidez e Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2, para sólidos suspensos totais, nas três fases da Operação Águas e nos pontos não classificados.



CONCLUSÕES

Obras de intervenções de controle e mitigação dos impactos resultantes do rompimento da barragem de Fundão foram realizadas em áreas da bacia do rio Doce entre a barragem de Fundão até o reservatório da UHE Risoleta Neves (UHE Candonga). As intervenções adotadas foram ações de regularização das calhas e margens, bem como o controle de processos erosivos e revegetação no entorno dos rios e tributários acima mencionados. Para melhor efetividade dessas intervenções, áreas prioritárias foram definidas com base em critérios técnicos, como áreas com grandes depósitos de sedimentos e com sítios com planícies de inundação. Portanto, os pontos de monitoramento desse programa foram distribuídos em áreas definidas como prioritárias e não prioritárias. Contudo, o monitoramento foi realizado posteriormente às intervenções na maioria das áreas, exceto nas áreas não prioritárias 22, 25 e 27. Nessas três áreas o monitoramento ocorreu no mesmo período das intervenções, entre outubro/2017 e novembro/2017. Dessa forma, nos resultados e conclusão discutiu-se os possíveis efeitos das intervenções nessas áreas e não se priorizou as diferenças entre áreas prioritárias e não prioritárias, uma vez que a cronologia das obras não foi sincronizada com o monitoramento e as diferenças entre áreas prioritárias e não prioritárias se confunde com as intervenções recentes nas áreas 22, 25 e 27.

Vale ressaltar que os diferentes períodos de início e conclusão de obras podem indicar diferentes estágios de recuperação, no que diz respeito às características físicas, químicas e biológicas dos rios e tributários, bem como o reestabelecimento das comunidades biológicas diretamente impactadas pelos rejeitos da barragem. No relatório anual, com um maior conjunto dados, talvez seja possível avaliar se o tempo de início das obras possa estar influenciando nos resultados desse monitoramento, possibilitando uma reavaliação das áreas monitoradas.

6.1 - Programa de garantia e controle da qualidade (QA/QC)

Os dados do PMQQVAI foram validados e qualificados conforme Nota Técnica nº 16 do Grupo Técnico de Acompanhamento do PMQQS – GTA PMQQS. Os resultados laboratoriais e dados de campo, incluindo as campanhas amostrais e medições automáticas, atenderam satisfatoriamente ao Programa de Garantia e Controle de Qualidade para o período de outubro/2017 a janeiro/2018. Algumas inconsistências ou inconformidades ocorreram, o que era esperado, face a enorme malha amostral, a quantidade de parâmetros monitorados e ao curto tempo de monitoramento até aqui executado. Quando possível, houve a correção imediata. No entanto, aconteceram falhas em procedimentos de coleta e análise e medições automáticas. Um exemplo foi a amostragem de macroinvertebrados bentônicos, cujo procedimento de coleta e os amostradores utilizados foram diferenciados em alguns pontos/período. Como algumas medidas em campo tiveram resultados diferentes dos avaliados em laboratório, foi padronizada a utilização apenas dos dados avaliados *in situ*, uma vez que esta representa fielmente o instante da coleta.

O monitoramento da maioria dos pontos iniciou-se após as obras de intervenção, impossibilitando a avaliação a partir de um tempo inicial e prejudicando a discussão dos resultados. Com isso, não foi possível realizar um comparativo dos resultados gerados antes, durante e após as intervenções.

6.2 - Pontos tipo 1

6.2.2 Pontos tipo I - Cargas de sólidos suspensos totais (SST)

As vazões e carga de sólidos em suspensão foram menores nos pontos CS 01 – Córrego Santarém e tributários TG 42A-M, TG 49A-M e TC 02BL. Enquanto que as maiores cargas de sólidos em suspensão foram encontradas nos pontos RPG 01 – rio Piranga e RD 03 – rio Doce, que tem maiores vazões. O ponto RCA 01- rio do Carmo apresentou vazão e carga de sólidos em suspensão intermediária. Nessa fase do monitoramento, ainda não foi possível traçar as curvas chaves de vazão ou as curvas chaves de sedimentos, uma vez que ainda não há: i) um levantamento de dados por um período válido e representativo do ciclo hidrológico; ii) dados que apresentem uma faixa de amplitude em cotas mínimas e máximas representativa das oscilações dos níveis de água da seção monitorada e iii) número de pares de dados de cota-descarga líquida e descarga de sólidos em suspensão-descarga líquida suficientes. No monitoramento de longo tempo, as curvas chaves de sedimento permitirão avaliar melhor mudanças no transporte de sedimentos em função das ações de intervenção.

6.3 - Pontos PMQQVAI e tipo 2

6.3.1 - Físicos e químicos

Amostras com turbidez, manganês total e *E. coli* que ultrapassaram os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doce classe 2 foram frequentes. As violações quanto aos parâmetros manganês total e *E. coli* ocorreram em quase todos os pontos do universo amostral do monitoramento, exceto nos pontos TG 13M e TG 22M, que não apresentaram violações de ambos os parâmetros e o no ponto RG 09 - rio Gualaxo do Norte, que apresentou baixas densidades de *E. coli*. Algumas amostras, sobretudo nos pontos mais a jusante na malha amostral apresentaram concentrações de fósforo total que ultrapassaram o limite dessa Resolução. Menos frequentemente, algumas amostras apresentaram concentrações de SST, cor verdadeira, alumínio dissolvido e ferro dissolvido que também violaram os limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doce classe 2. A classe de qualidade definida nessa Resolução é o conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros. Águas de classe 2 podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas e à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho. Houve uma relação positiva dos parâmetros sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos totais, alumínio total, ferro total e manganês total, indicando uma perda da qualidade da água dos pontos nos períodos de chuva que pode estar associados ao carreamento e suspensão dos rejeitos depositados nas margens e calhas do rio. Os pontos que foram monitorados durante as obras de intervenção (RGN 08, RC 01, RD 01, RD 02 e RD 03) tiveram mais frequentemente amostras com elevadas concentrações de sólidos suspensos totais e de ferro total. Com a continuidade do monitoramento será possível avaliar se essas concentrações mais elevadas podem ter sido impacto das obras de intervenção.

6.3.2 - Sedimentos

De forma geral, foi possível identificar duas condições de alteração no perfil granulométrico, ambos ocorrendo em paralelo ao aumento do período de chuvas (campanhas amostrais de dezembro/2017 e janeiro/2018): 1) aumento dos valores percentuais das frações mais grossas; 2) aumento das frações mais finas. Na primeira situação, pode-se supor que as intervenções resultaram na contenção do rejeito acumulado nas margens do entorno destes pontos, e a chuva atuou na remoção das partículas mais finas dos sedimentos nos leitos dos rios e tributários avaliados, acarretando em aumentos das frações mais grossas nestas amostras. Na segunda situação, é possível que estes pontos ainda estejam sob influência de áreas onde o rejeito esteja sendo carregado das margens para dentro das calhas dos rios (RG 06, RG 08 e RGN 06, no rio Gualaxo do Norte), resultando no aumento dos valores percentuais das frações mais finas no período de chuvas.

Especificamente no ponto RD 03 (rio Doce – jusante da Área 27), a jusante do reservatório de Candonga, observou-se uma homogeneidade na distribuição das frações granulométricas ao longo das campanhas amostrais, com predomínio de areia muito fina. Esse resultado pode refletir o efeito da dragagem feita de forma contínua na região de 400 m a montante da barragem deste reservatório. Como as condições do reservatório favorecem a sedimentação das partículas mais finas (ambiente lântico), a atividade de dragagem aparentemente favorece a ressuspensão e a exportação destas partículas finas, para a região a jusante do reservatório.

Tomando como referência os níveis de alerta estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/2012, os resultados para Carbono orgânico total - COT (10%), nitrogênio Kjeldahl total (4.200 mg.kg^{-1}) e fósforo total (2.000 mg.kg^{-1}), apresentaram valores abaixo destes limites em todas as áreas estudadas.

Avaliando a distribuição dos resultados ao longo do período amostral para as áreas 3 e 13, observou-se que nos pontos TG 13M (tributário TG13 – Área 13) e RG 03 (rio Gualaxo do Norte – Área 13) apresentaram aumento das concentrações de manganês e mercúrio nos meses de maior pluviosidade (dezembro/2017 e janeiro/2018). O mesmo foi registrado para os pontos RG 03 e RG 04 (rio Gualaxo do Norte – Área 13) com relação a ferro e em TG 13M para alumínio. Em todos esses pontos, também se observou aumento dos valores percentuais da fração de argila do sedimento nestes meses. Desta forma, os dados indicam que o período de chuvas pode carrear partículas mais finas para as calhas dos rios, resultando em maiores concentrações destes elementos no sedimento, uma vez que as frações mais finas apresentam maior capacidade de retenção de metais.

As concentrações de metais e arsênio registradas no ponto RG 06 (rio Gualaxo do Norte – Área 21) que estava sob intervenção durante o período monitorado neste relatório, apresentaram valores comparáveis ou inferiores às observadas nas Áreas a montante (Área 11) e a jusante (Áreas 10 e 22) no rio Gualaxo do Norte. Com relação aos resultados da Área 25 (rio Gualaxo do Norte), que também estava sob intervenção durante o monitoramento, estes foram similares aos observados na Área a montante (rio Gualaxo do Norte, RG 13 - Área 6). O mesmo cenário foi observado na comparação dos valores de metais e arsênio registrados nos sedimentos do rio do Carmo, quando se compara a Área 27 (sob intervenção durante o monitoramento) e a Área 15. Analisando os resultados de metais e arsênio no ponto sob influência da dragagem do reservatório de Candonga, o RD 03 (rio Doce –jusante da Área 27) apresentou as concentrações mais baixas quando comparadas com os pontos RD 01 e RD 02 (rio Doce –jusante da Área 27).

6.3.3 - Comunidades aquáticas

6.3.3.1 - Fitoplâncton

Como um panorama geral das áreas monitoradas pelo PMQQVAI, a densidade total registrada no rio Gualaxo do Norte foi predominantemente composta por clorofíceas no seu canal principal e por uma composição mais diversa nos seus tributários, como diatomáceas (TG 14M e TG 22M), euglenóides (TG 11M) e cianobactérias (TG 13). Já os pontos localizados no rio do Carmo e Doce apresentam uma característica diferente na composição fitoplanctônica, com predominância de diatomáceas em ambos os sistemas. Os picos de precipitação observados ao longo do monitoramento coincidem com as baixas densidades fitoplanctônicas nas campanhas de outubro/2017, assim como nas de dezembro/2017 e janeiro/2018. Mesmo se tratando de um ponto sem o impacto direto do evento, RGN 01 apresentou uma variação de dados e composição taxonômica muito semelhante aos pontos RG 01 e RG 02, que foram atingidos pelos rejeitos no rio Gualaxo do Norte e que receberam intervenção no período de setembro/2016 a maio/2017. Os pontos RGN 08 e RCA 01 estiveram submetidos às obras de intervenções durante o período de monitoramento apresentado no presente relatório e RD 03, sob influência da dragagem à montante da barragem. No entanto, a variação observada nos referidos pontos foi semelhante aos registrados para os pontos de montante ou jusante destes, indicando que a comunidade fitoplanctônica foi mais direcionada por outros fatores, como precipitação, por exemplo, do que pelas obras de intervenções. Estudos e revisões de ambientes impactados por contaminantes como metais indicam que, geralmente, as algas verdes são mais tolerantes do que cianobactérias e diatomáceas, grupo esse predominante no rio Gualaxo do Norte, mais fortemente impactado pelo rejeito da barragem de Fundão.

6.3.3.2 - Zooplâncton

Dentre os grupos zooplanctônicos, rotíferos foi um importante grupo em todas as áreas amostradas tanto no rio Gualaxo do Norte, quanto nos rios Carmo e Doce, seguido por copépodo ciclopóida, nas suas fases juvenis e adultas. Cladocera e especialmente copépodo calanóida apresentaram baixa contribuição de táxons no trecho monitorado, tendo apresentado maior contribuição nos rios do Carmo e Doce e alguns tributários do Gualaxo do Norte (TG 11M, TG 14M). Mesmo se tratando de um ponto sem o impacto direto do evento, RGN 01 apresentou uma variação de dados muito semelhante aos pontos RG 01 e RG 02, pontos estes que receberam rejeitos da barragem de Fundão e obras de intervenção no período de setembro/2016 a maio/2017. Assim como observado para a comunidade fitoplanctônica, os pontos RGN 08, RCA 01 e RD 03, que estiveram submetidos às obras de intervenções durante o período de monitoramento, apresentaram variação semelhante aos registrados para os pontos de montante ou jusante destes. Dessa maneira, a comunidade zooplanctônica também parece ter sido mais direcionada por outros fatores, do que especificamente pelas obras de intervenções. O grupo trófico predominante foi representado por espécies micrófagas (maioria dos táxons de rotíferos registrados, e.g. espécies do gênero *Brachionus*, *Lecane*, além de náuplios) e raptorais (copépodos ciclopóidas e alguns táxons de rotíferos, e.g. *Polyarthra*, *Synchaeta*, *Trichocerca*, *Cephalodella*), além de baixa contribuição organismos filtradores (cladóceros). Dessa maneira, os registros obtidos até o momento podem indicar uma estrutura e composição da comunidade zooplanctônica mais tolerante aos efeitos do impacto do rejeito da barragem de Fundão nos cursos hídricos monitorados, mas ainda sem claros efeitos quanto às intervenções realizadas.

6.3.3.3 - Macroinvertebrados Dulcícolas

A composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos pontos amostrais monitorados pelo PMQQVAI foi predominantemente formada por organismos da classe Insecta, principalmente da família Chironomidae. A presença do grupo indicador EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) foi observada principalmente nos pontos localizados no rio Gualaxo do Norte, tendo sido raros ou ocasionais nos pontos do rio do Carmo e Doce. A composição e estrutura da comunidade bentônica na Área 3 foi similar tanto em pontos impactados pelos rejeitos (RG 01 e RG 02) quanto no ponto não impactado (RGN 01), indicando padrões ecológicos semelhantes entre estes pontos. Nos pontos do rio Gualaxo do Norte, a qualidade da água foi classificada como “excelente” ou “boa” pelo índice biológico BMWP (*Biological Monitoring Working Party*), principalmente no período em que foi observada menor pluviosidade. Embora não haja como comparar com a situação ecológica anterior ao rompimento da barragem, é possível afirmar, de acordo com a aplicação do índice BMWP, que estes pontos fornecem condições para desenvolvimento de comunidades de macroinvertebrados bentônicos diversas. Tanto pontos localizados no rio do Carmo quanto no Doce, apresentaram os menores valores de riqueza, diversidade e do índice BMWP. Nestes pontos, observa-se o predomínio de partículas finas de sedimento além de elevada influência antrópica no entorno. Boa parte da variação observada nas métricas ao longo do período amostral é significativamente correlacionada como volume de chuvas nos 30 dias que antecederam a coleta, de modo que quanto maior o volume de chuvas acumulado menor tende ser a riqueza, diversidade e pontuação no índice BMWP. Finalmente, os diferentes períodos de início e conclusão de obras, podem indicar diferentes estágios de recuperação de processos ecológicos bem como o reestabelecimento das comunidades biológicas diretamente impactadas pelos rejeitos da barragem. Dessa forma, o monitoramento em longo prazo permitirá avaliar melhor as respostas biológicas em função das ações de intervenção, da variação sazonais e das relações com variáveis abióticas.

6.4 - Pontos Operação Águas

Os tributários da Operação Águas são classificados em grupos que variam de G1 a G4. Essa classificação indica que os pontos classificados como G1 e G2 se encontram em estágio mais avançado de recuperação, ou pelo menos passaram por esse processo anteriormente aos pontos classificados nos grupos G3 e G4. Logo, é esperado que esses pontos pertencentes aos grupos G1 e G2 apresentem um maior número de resultados em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2, para turbidez e Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces classe 2, no caso dos sólidos suspensos totais. Porém, para grupos de pontos da fase IV e V o resultado esperado não foi corroborado, com os tributários dos grupos G1 e G2 apresentando uma maior quantidade de resultados acima do limite preconizado pelas referidas legislações em relação aos tributários dos grupos G3 e G4.

Apesar da dificuldade em se comparar os resultados por períodos sazonais (seco e chuvoso) nesse relatório, devido ao fato de ter sido realizada apenas duas amostragens no período seco (outubro/2017), os resultados de sólidos suspensos totais e turbidez acima dos limites legais para águas de classe 2 foram, de forma evidente, mais frequentes nos meses de novembro/2017, dezembro/2017 e janeiro/2018, que de acordo com os resultados de precipitação observados no item **6.2.1 – Precipitações**, foram os meses de maior pluviosidade. Os resultados então indicam variação sazonal para os parâmetros analisados, por estarem relacionados com o maior escoamento superficial nos períodos de chuva, onde há maior carreamento de partículas das margens e da bacia do entorno para as águas dos rios, resultando em uma maior erosão, além de maior carreamento de sedimentos do leito do rio.

7 - RECOMENDAÇÕES GERAIS

Recomendamos de forma geral a integração dos dados de outros programas da RENOVA que realizam intervenções na área de monitoramento do PMQQVAI.

- Para o relatório anual são recomendadas análises considerando um ano hidrológico, a elaboração de uma Curva-chave e a avaliação integral dos parâmetros abióticos e bióticos bem como suas relações com a pluviosidade. Recomendamos ainda para o relatório anual a elaboração de um ranking dos pontos de áreas prioritárias e não prioritárias para cada um dos grupos de pontos do PMQQVAI, levando em consideração critérios a serem definidos.
- Para pontos de controle em tributários submetidos à intervenção, sugere-se amostragens em um ponto a montante (500 m) deste durante a obra.
- Seria importante também, baixar os limites de quantificação (LQ) de nutrientes como das frações nitrogenadas e fósforo, uma vez que os valores obtidos para LQ ($LQ_{\text{Nitrito}}=0,5 \text{ mg.L}^{-1}$; $LQ_{\text{Nitrito}}=0,02 \text{ mg.L}^{-1}$ ou $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$; $LQ_{\text{nitrogênio amoniacal}}=0,1 \text{ mg.L}^{-1}$; $LQ_{\text{fósforo}}=0,01 \text{ mg.L}^{-1}$) são superiores às concentrações limitantes ao desenvolvimento do fitoplâncton (nitrogênio inorgânico dissolvido - DIN= $100 \mu\text{g.L}^{-1}$, Reynolds 2006; fósforo solúvel reativo - SRP= $10 \mu\text{g.L}^{-1}$, Sas, 1989).
- Visto que os pontos da Operação Águas podem ser reclassificados, passando de um grupo mais apto para um menos apto, ou de forma inversa, ressaltamos a importância de continuar o monitoramento em todos os pontos, independente dos grupos que estes estejam classificados.

- Após um ciclo hidrológico completo, será realizada uma análise de variância hierárquica (ANOVA NESTED) para quantificar a variância explicada da periodicidade amostral (semanal, quinzenal ou mensal) dos pontos da Operação Águas, com objetivo de ajustar a frequência de amostragem.

GLOSSÁRIO

Autoesporulação: processo de reprodução assexuada predominantemente registrado em organismos pertencentes à ordem Chlorococcales (Chlorophyceae), gerando células-filhas (autósporos) idênticas às células genitoras.

Calha do rio: leito do rio.

Cladocera: crustáceos, pertencentes à Classe Branchiopoda, que têm como características físicas cabeça livre, um exoesqueleto bivalve e o segundo par de antenas ramificadas.

Copepoda: pequenos crustáceos pertencentes à Classe Maxillopoda, e de extrema importância ecologicamente, pois predominam o primeiro nível trófico consumidor nas comunidades aquáticas.

Erosão: desgaste do solo ocasionado por diversos fatores, tais como: água corrente, geleiras, ventos, ondas e vagas. No sentido lato é o efeito combinado de todos os processos degradacionais terrestres, incluindo intemperismo, transporte, ação mecânica e química da água corrente, vento, gelo, entre outros.

Fluviais: relativo ao rio.

Granulometria: especificação do tamanho, a partir do diâmetro, dos grãos que compõem o solo.

Impacto ambiental: modificação do meio ambiente em virtude da ação humana, podendo tal modificação ser gerada por alteração das propriedades físicas, químicas e/ou biológicas do ecossistema.

Jusante: ponto subsequente a um ponto referente, tomando-se por base a direção da corrente do rio pela qual é banhado. Denomina-se a um local que fica abaixo de outro, considerando-se a corrente fluvial influente a qual o local se encontra.

Montante: ponto que se situa em posição anterior a outro ponto localizado no sentido da corrente do rio.

Pluviosidade/precipitação: quantidade de chuva incidente numa região num determinado intervalo de tempo.

Recuperação ambiental: Restituição de um ecossistema a uma condição não degradada, podendo essa ser diferente da condição original. O local degradado terá condições mínimas de proporcionar um novo equilíbrio dinâmico, com um novo solo e uma nova paisagem.

Rotífera: são pequenos animais que vivem na água cuja principal característica é a coroa de cílios na cabeça.

Sazonal: característica de um evento que acontece sempre em uma determinada época do ano.

Sessão transversal do rio: vista em perspectiva de um corte no leito do rio.

Silte: fragmento de mineral ou rocha cujo diâmetro encontra-se no intervalo de 4 µm a 64 µm.

Táxon: em biologia expressa a classificação do indivíduo ou do conjunto de espécies.

Zooplâncton: é a comunidade de organismos microscópicos encontrados na coluna d'água e heterotróficos, e de diferentes categorias taxonômicas, que tem capacidade muito baixa ou quase nula de locomoção, os fazendo se sujeitarem ao fluxo da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Introdução

Golder Associates Brasil – GOLDER. Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão. Relatório Técnico RT-023_159-515-2282. Belo Horizonte, 2016(a).

IBAMA-Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Relatório geral de vistoria – Operação Áugias fase Argos – Etapa VI. 21p, 2018

RENOVA.. Relatório de conclusão das Obras de Regularização de calhas, margens e controle de processos erosivos nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, no trecho a montante da UHE Risoleta Neves - Cláusula 160 do TTAC. Belo Horizonte, 2018.

RENOVA, 2018. Fundação Renova. Disponível em: <http://www.fundacaorenova.org/manejo-de-rejeitos/>. Acessado em: 10 maio 2018.

Materiais e métodos

ABNT. NBR 15469: Ecotoxicologia - Coleta, preservação e preparo de amostras. Rio de Janeiro. 2005.

ABNT. NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro. 1987.

APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater, 22nd ed. American Public Health Association, Washington, DC, 2005.

BATES, D., MÄCHLER, M., BOLKER, B., & WALKER, S. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. Journal of Statistical Software, 67(1), 1-48. 2015.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Fitoplâncton de água doce: métodos qualitativos e quantitativo – Método de ensaio. São Paulo. Norma Técnica L5. 303. 23p. 2005.

CETESB/ANA. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB; Brasília, DF: ANA. 2012.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). Monitoramento especial da bacia do rio Doce - Relatório 04: Hidrometria, sedimentometria e qualidade da água nas estações fluviométricas da RHN após a ruptura da barragem de rejeito - Quarta campanha de campo. Belo Horizonte, 2016.

CONAMA 357/2005 - Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução 357/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, 2005.

ELMOOR-LOUREIRO, L. M. Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil. Brasília.1997.

FERNANDO, C.H. A Guide to Tropical Freshwater Zooplankton – Identification, Ecology and Impact on Fisheries. Backhuys Publishers, Leiden, 2002.

FERREIRA, W.R. Índice biótico bentônico no biomonitoramento da bacia do rio das Velhas. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Montes Claros, MG, 96p. 2009.

GAZULLA, V. Zooplâncton Límnico – Manual Ilustrado. Technical Books Editora, Rio de Janeiro. 2012.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota 1. Teil Chroococcales. *In* Süßwasserflora von Mitteleuropa (H.Ettl, G.Gärtner, H.Heynig & D.Möllenbauer eds.). Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. 19(1), 548 p., 1998.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales. *In* Süßwasserflora von Mitteleuropa (B. Büdel G. Gärtner, L. Krientitz & M. Schagerl eds.). Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. 19(2). 759 p., 2005.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. Modern approach to the classification system of cyanophytes, 4: Nostocales, *Algological Studies* 56, 247-345, 1989.

KOSTE, W. Rotatória. Die Radertiere Mitteleuropas begründet von Max Voight. Gebrüder Borntraeger. Berlin. 1978.

KUZNETSOVA, A., BROCKHOFF, P.B., CHRISTENSEN, R.H.B. “lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models.” *Journal of Statistical Software*, 82(13), 1-26, 2017.

MATSUMURA-TUNDISI, T. Latitudinal distribution of Calanoida Copepods in freshwater aquatic systems of Brazil. *Rev. Brasil. Biol.*, 46 (3):527-553. Rio de Janeiro. 1986.

MELO, G.A.S. (Ed.) Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil. São Paulo. Ed. Loyola/Centro Univ. São Camilo/Museu de Zoologia-USP. 430p. 2003.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Executivo, Belo Horizonte, 2008.

R CORE TEAM R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018.

REID, J. W. Chave de identificação para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). Bolm. Zool. Univ. S. Paulo, 9: 1-74, 1995.

ROUND, F. E. Crawford, R. M. & Mann, D. G. The diatoms: biology and morphology of the genera. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

ROUND, F.E. The biology of the algae. Edward Arnold, London, 1965.

ROUND, F.E. The taxonomy of the Chlorophyta II. British Phycological Journal 6(2), 235-264, 1971.

SCHADEN, R. Manual de técnicas para a preparação de coleções zoológicas. 10: Rotifera. Sociedade Brasileira de Zoologia, São Paulo, 17p. 1985

SEGRS, H. Rotifera: The Lecanidae (Monogononta). In: Guides to the identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World-Coordinating editor: H.J.F. Dumont. SPB Academic Publishing, 1995.

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommen der quantitativen Phytoplankton: methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung fur Theoretische und Angewandte Limnologie 9, 1-38. 1958.

Programa de garantia e controle de qualidade - QA/QC

CETESB. Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo, 2014, Apêndice D – Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade. CETESB. São Paulo. 46p, 2005.

FEAM-Fundação Estadual do Meio Ambiente; IEF-Instituto Estadual de Florestas, IGAM, Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Secretaria de meio ambiente e desenvolvimento sustentável, Governo do Estado de Minas Gerais, 2018. Operação Watu – Fase V – Fiscalização dos trechos prioritários e não prioritários de recuperação atingidos pelos rejeitos da barragem de Fundão. 233p.

FUNASA. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde – Brasília/Brasil. 112p, 2014.

IBAMA-Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2018. Relatório geral de vistoria – Operação Águas fase Argos – Etapa VI. 21p.

RENOVA, 2018. Relatório de Conclusão das obras de regularização de calhas, margens e controle de processos erosivos nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, no trecho a montante da UHE Risoleta Neves – Cláusula 160 do TTAC. 121p.

SRK Consulting, 2018. Guia QAQC para verificação dos resultados analíticos de água, sedimentos, biota aquática e ecotoxicidade. Memorando SRK Consulting.

Sedimentos

ALLEN, H.E., FU, G., DENG, B. Analysis of Acid Volatile Sulphide (AVS) and simultaneously extracted metals (SEM) for the estimation of potential toxicity in aquatic sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 12(8):1441-1453. 1993.

CHAPMAN, P.M., WANG, F., JANSSEN, C., GUIDO PERSOONE, HERBERT E ALLEN. Ecotoxicology of metals in aquatic sediments: Binding and release, bioavailability, risk assessment, and remediation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55, 10, Research Library pg. 2221. 1998

COSTA, R. V. F.; LEITE, M. G. P.; MENDONÇA, F. P. C.; NALINI-JR, H. A. Geochemical mapping of arsenic in surface waters and stream sediments of the Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Revista Escola de Minas*. vol.68 no.1, 2015.

DI TORO, D.M., MAHONY, J.D., HANSEN, D.J., SCOTT, K.J., HICKS, M.B., MAYR, S.M., REDMOND M.S. Toxicity of cadmium in sediments: the role of acid volatile sulfide. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 9, p. 1487-1502. 1990.

HANSEN, D.J., W.J. BERRY. J.D MAHONY., W.S. BOOTHMAN, D.M DI TORO, D.L ROBSON., G.T., ANKLEY, D. MA, Q. YAN AND C.E PESCH. Predicting the toxicity of metal-contaminated field sediments using interstitial concentrations of metals and acid-volatile sulfide normalizations. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 15 (12), p. 2080-2094. 1996.

USEPA - US Environmental Protection Agency Integrated. Approach to Assessing the Bioavailability and Toxicity of Metals in Surface Waters and Sediments. Office of Research and Development, Washington, D.C. 1999.

WATU, Relatório Operação Fase V, 2018. Fiscalização dos trechos prioritários de recuperação atingidos pelos rejeitos da barragem de Fundão. 233p.

Comunidades Aquáticas – Fitoplâncton, Zooplâncton e Macroinvertebrados Dulcícolas

AFKAR, E. & FATHI, A.A. Toxicological response of the green alga *Chlorella vulgaris*, to some heavy metals. American Journal of Environmental Science 6(3): 230-237. 2010.

BOZELLI, R. L. Composition of the zooplankton community of Batata and Mussura Lakes and of the Trombetas River, State of Pará, Brazil. Amazoniana 12(2):239-26. 1992.

CAO, Y. & KALIN, M. Phytoplankton in mine waste water community structure, control factors and biological monitoring. Boojum Research Limited. 240 p. 1999

FONTANETO, D.;RICCI, C. Rotifera: Bdelloida. In: Yule C.M. & Yong H.S. (eds.), Freshwater invertebrates of the Malaysian Region. Academy of Sciences Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 121-126. 2004.

JUNQUEIRA, M.V. & CAMPOS, S.C.M. Adaptation of the “BMWP” method for water quality evaluation to Rio das Velhas watershed (Minas Gerais, Brazil). Acta Limnologica Brasiliensia, vol. 10(2), 125-135. 1998.

JUNQUEIRA, M.V., AMARANTE, M.C., DIAS, C.F.S., FRANÇA, E.S., 2000. Biomonitoramento da qualidade das águas da Bacia do Alto Rio das Velhas (MG/Brazil) através de macroinvertebrados. Acta Limnologica Brasiliensia, vol. 12, no. 1, p. 73-87. 2000.

KALIN, M., WHEELER, W. N., OLAVESON, M. M. Response of phytoplankton to ecological engineering remediation of a Canadian Shield Lake affected by acid mine drainage. Ecological Engineering 28: 296-310. 2006.

LIGEIRO, R., HUGHES, R.M., KAUFMANN, P.R., MACEDO, D.R., FIRMIANO, K.R., FERREIRA, W.R., & CALLISTO, M. Defining quantitative stream disturbance gradients and the additive role of habitat variation to explain macroinvertebrate taxa richness. *Ecological indicators*, 25, 45-57, 2013.

MACEDO, D.R., HUGHES, R.M., FERREIRA, W.R., FIRMIANO, K.R., SILVA, D.R., LIGEIRO, R., & CALLISTO, M. Development of a benthic macroinvertebrate multimetric index (MMI) for Neotropical Savanna headwater streams. *Ecological indicators*, 64, 132-141, 2016.

MARGALEF, R. *Limnología*. Ed. Omega, S.A., Barcelona. 1010 p, 1983.

MAYRINK, N., MORETTI, M., GOULART, M., MORENO, P., FERREIRA, W. & CALLISTO, M. Benthic macroinvertebrate diversity in the middle Doce River: the beginning of the Brazilian Long-Term Ecological Research (LTER) Program. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 28(4), 1827-1830, 2002.

MELÃO, M.G. Desenvolvimento e aspectos reprodutivos de cladóceros e copépodos de águas continentais brasileiras. In: Pompêo, M.L.M. *Perspectivas da Limnologia no Brasil*. Gráfica e Editora União, São Luis. p.45-58. 1999.

MOREIRA, F. W. A., LEITE, M. G. P., FUJACO, M. A. G., MENDONÇA, F. P. C., CAMPOS, L. P.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. Assessing the impacts of mining activities on zooplankton functional diversity. *Acta Limnologica Brasiliensia*. 28, e7. 2016.

MOREIRA, R. A., MANSANO, A.S., ROCHA, O. Taxas de filtração e ingestão de uma microalga por philodina roseola (rotifera: bdelloidea). *acta biológica colombiana*, 21(2):325-333. 2015.

ROSENBERG, D. M. & V. H. RESH (EDS). Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman & Hall, New York, 1993.

SANTOS-WISNIEWSKI, M.J., MATSUMURA-TUNDISI, T., NEGREIROS, N.F., SILVA, L.C., SANTOS, R.M. & ROCHA, O. Present knowledge on Cladocera (Crustacea, Branchiopoda) diversity of freshwaters in Minas Gerais State. *Biota Neotrop.* 11(3). 2011.

SILVA, CLÁUDIA DE LIMA. Estudo da qualidade da água na sub-bacia do Ribeirão do Carmo (MG), com ênfase na geoquímica e na comunidade zooplancônica. 2013.

SODRÉ, E. O., LOPES, P. M., FIGUEIREDO-BARROS, M. P., ROLAND, F., ESTEVES, F. A., BOZELLI, R. L.. The effects of mining tailings and flood pulse on zooplankton in an Amazonian floodplain environment (Batata Lake, Pará, Brazil). *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.*, Belém, v. 10, n. 2, p. 247-259, maio-ago. 2015.