

**Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da
Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região
Marinha e Costeira Adjacente**

Material Suplementar Ambiente Dulcícola

**Tema: Bacia Integração - Reflexos de Ações na Bacia do Doce nos
Sistemas Aquáticos Continental e Marinho**

RT- 44/ NOV23

RSE2023 PMBA/Fest

Vitória,

Novembro de 2023

SUMÁRIO

1	HISTÓRICO DE MALHA E FREQUÊNCIA AMOSTRAL	3
2	RESULTADOS DOS INDICADORES	3
2.1	CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA GLOBAL PARA COMPREENSÃO DO APORTE DE ÁGUA DOCE E DO TRANSPORTE DE SEDIMENTOS NO AMBIENTE ESTUARINO-MARINHO DO RIO DOCE.....	4
2.1.1	Produção De Água Na Bacia Do Rio Doce	4
2.1.2	Geração e Transporte de Sedimentos	19
2.2	CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DE INTERRELAÇÕES ENVOLVENDO AÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA E ASPECTOS DE QUANTIDADE/QUALIDADE DA ÁGUA E BIODIVERSIDADE AQUÁTICA	26
2.2.1	Quantidade De Material Dragado Na UHE Risoleta Neves	26
2.2.2	Índice De Repasse Para Ações De Esgotamento Sanitário	28
2.2.3	Índice De Nascentes Recuperadas	33
2.2.4	Índice De Áreas Reflorestadas	35
2.2.5	Índice De Áreas De Preservação Permanente Recuperadas	37
2.2.6	Índices de Estimativas de Esgotamento Sanitário.....	39
2.2.7	Levantamento e análise de informações relativas a monitoramentos de qualidade de água.....	45
2.3	HIDROLOGIA E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS	61
2.3.1	Vazão	61
2.3.2	Resultados De Fluxos De Metais	64
2.3.3	Resultados De Fluxos De Nutrientes	65
3	REFERÊNCIAS	66

1 HISTÓRICO DE MALHA E FREQUÊNCIA AMOSTRAL

O histórico de malha e frequência amostrais do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I (PMBA/Fest) abrange informações de suma importância para o balizamento do presente programa, uma vez que passou por modificações ao longo do tempo, visando melhor atender aos objetivos do PMBA/Fest. Estas alterações foram aprovadas pela Câmara Técnica da Biodiversidade (CTBio) por meio de: (1) ofício SEI nº 1/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio, de outubro de 2019 (para o período de transição) e (2) Proposta Técnica de continuidade do monitoramento, apresentadas e aprovadas em 2022, visando o “Novo Ciclo do PMBA/Fest”.

As modificações implementadas se encontram nos seguintes Materiais Suplementares: 1) **MS – Malha e Frequência amostral**, onde as diferentes malhas e frequências amostrais são apresentadas nas abas “Ano 1”, “Transição”, “Novo Ciclo” e “Histórico Frequências” e 2) **MS – Mapas das malhas amostrais**, com a espacialização histórica referente às malhas amostrais dos Ambientes. Como forma de esclarecer os períodos contemplados em cada uma delas, “Ano 1” se refere às estações amostrais coletadas entre setembro de 2018 e setembro de 2019, “Transição” às estações entre outubro de 2019 e julho de 2022 e “Novo Ciclo” referente às estações amostrais coletadas a partir de agosto de 2022, à exceção do grupo da Ecotoxicologia, que iniciou a amostragem referente ao Novo Ciclo em janeiro de 2023.

2 RESULTADOS DOS INDICADORES

Nesta seção serão apresentados os resultados dos indicadores de qualidade ambiental e da biodiversidade aquática do Tema, os quais foram desenvolvidos pelo PMBA/Fest e obtidos ao longo do monitoramento (setembro/2018 – março/2023) na área ambiental I. Vale ressaltar que, os indicadores aqui apresentados têm como propósito clarificar e sintetizar a historicidade dos resultados, interpretação e conclusões do monitoramento, promovendo o acompanhamento espaço-temporal da qualidade ambiental e biodiversidade, além de configurarem importantes ferramentas de suporte aos gestores ambientais. A partir destes indicadores, pode-se identificar os impactos com relação direta ou indireta ao rompimento da Barragem de Fundão, em Mariana (MG).

Os indicadores do PMBA/Fest vêm se consolidando ao longo do monitoramento e, seguindo a proposta estabelecida desde o Relatório Anual de 2022 (RA2022), a apresentação dos resultados será exclusivamente a partir da apresentação dos indicadores, acompanhados de legenda estendida com a explicação de sua variação espaço-temporal de forma mais direta e objetiva como se segue:

2.1 CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA GLOBAL PARA COMPREENSÃO DO APORTE DE ÁGUA DOCE E DO TRANSPORTE DE SEDIMENTOS NO AMBIENTE ESTUARINO-MARINHO DO RIO DOCE

2.1.1 Produção De Água Na Bacia Do Rio Doce

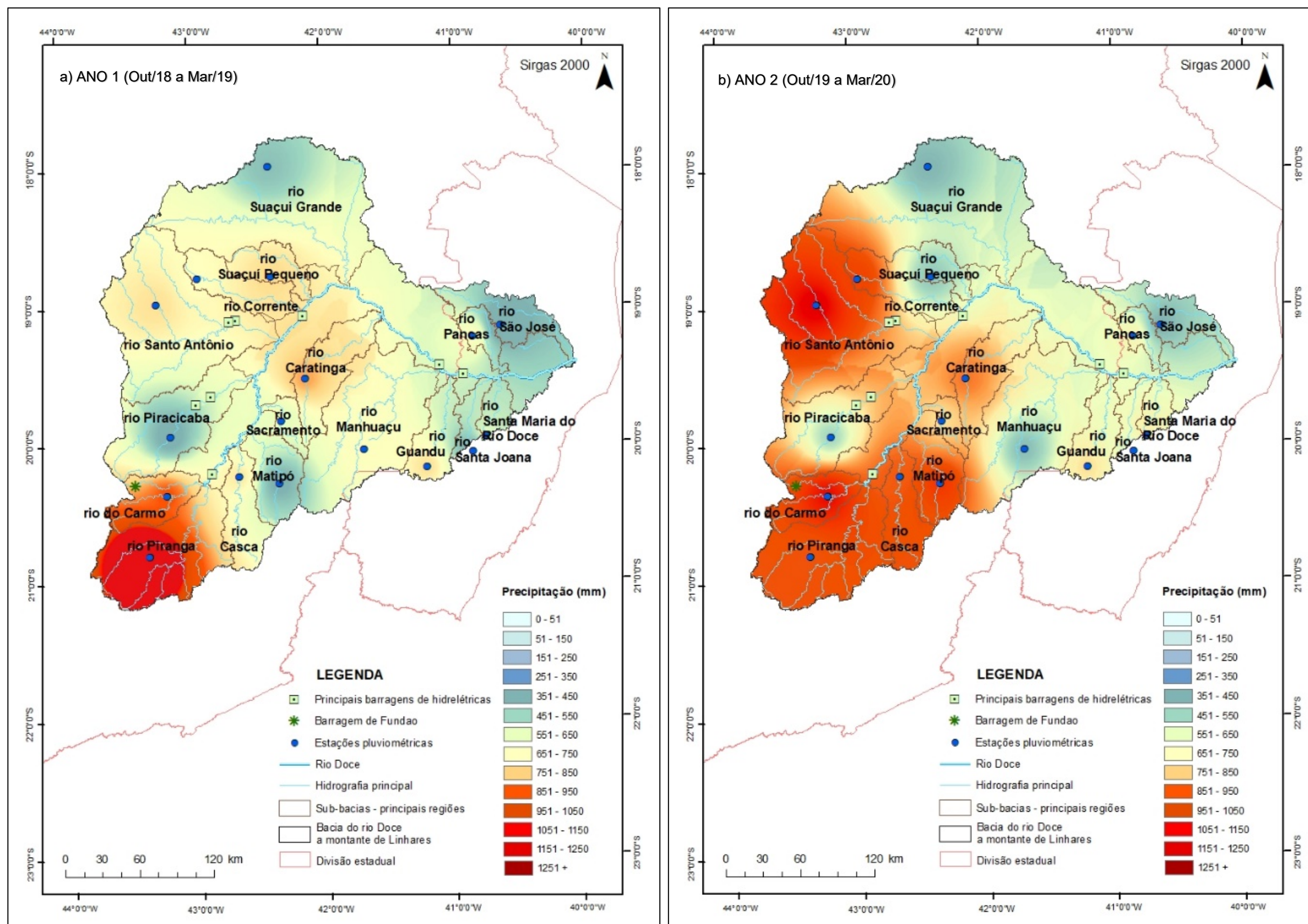
Tabela 1: Comparação das médias dos totais pluviométricos durante os períodos chuvoso e seco durante o PMBA/Fest

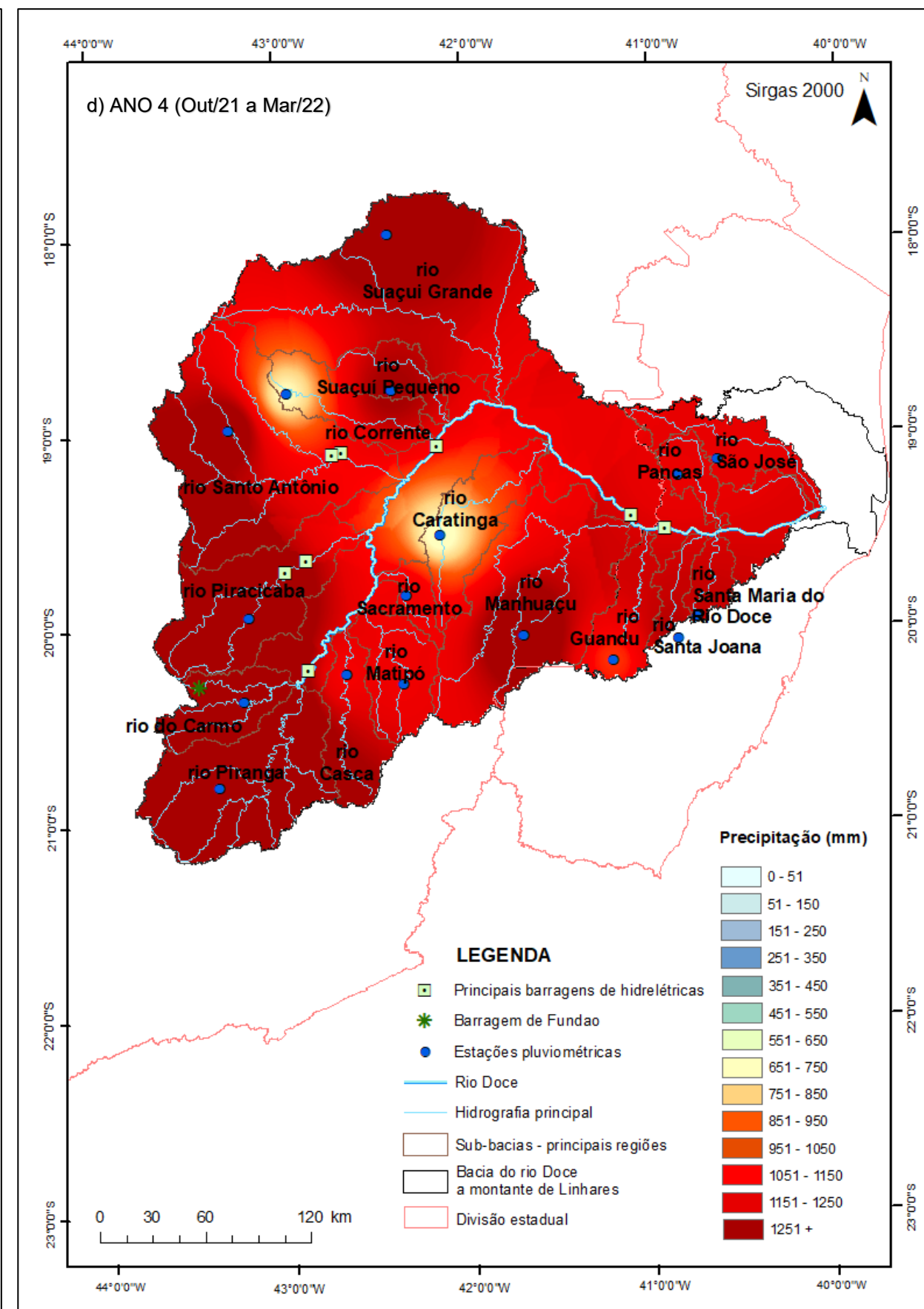
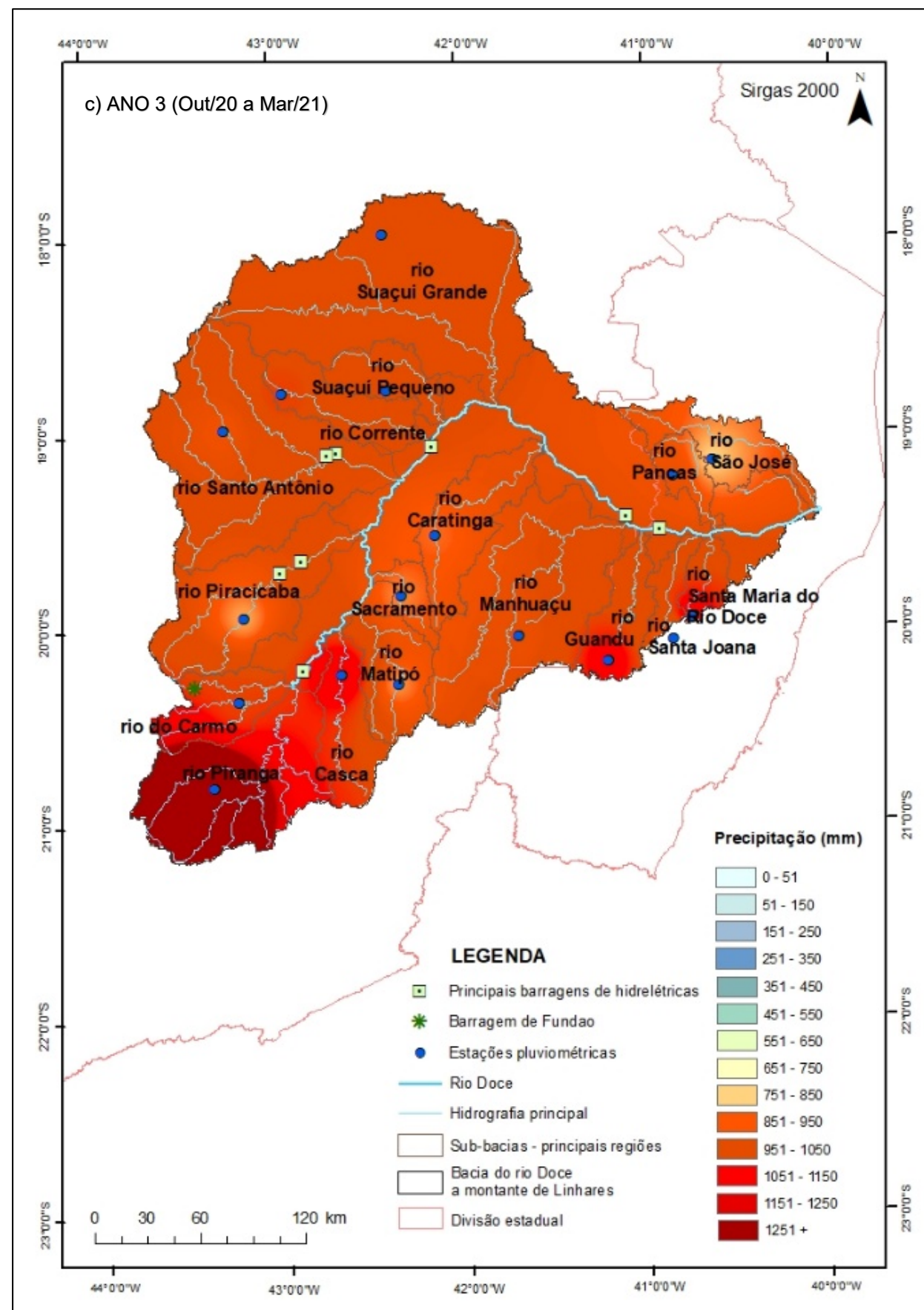
Região	Estação	MÉDIA DO TOTAL PLUVIOMÉTRICO (mm)								
		Ano 1 (Out/18 a Set/19)		Ano 2 (Out/19 a Set/20)		Ano 3 (Out/20 a Set/21)		Ano 4 (Out/21 a Set/22)		Ano 5 (Out/22 a Mar/23)
		Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Suaçuí Grande MG	Água Boa Centro	486,8	132,2	490,1	257,4	956,2	75,4	1372,2	33,4	933,4
Suaçuí Pequeno MG	Sardoá Centro	815,0	103,1	535,2	225,4	1011,2	165,2	1278	142,0	1587,8
Corrente MG	Guanhães	740,2	160,8	1028,4	335,9	604,3	88,8	697,8	43,0	848,6
Caratinga MG	PCH Inhapim Jusante	878,0	119,1	928,4	155,2	895	105,3	666,1	22,0	565,5
Santo Antônio MG	Dom Joaquim Centro	804,0	177,7	1212,8	57,4	522	17	1349,2	70,4	1407,2
São José ES	São Domingos do Norte	344,1	182,2	479,0	210,4	846,26	161,13	1121,9	92,49	783,76
Pancas ES	Pancas	727,6	208,1	735,1	337,2	938,9	89,21	1115,6	128,2	900,13
Manhuaçu MG	Chalé Centro	740,2	147,2	510,3	210,1	1261,2	53,94	1452	91,0	1223,6
Piracicaba MG	Piracicaba Centro	404,8	33,8	573,7	105,4	867,8	49,4	1606,8	172,8	1620,2
Santa Maria do Rio Doce ES	Santa Teresa Alto Caldeirão	642,7	147,4	763,3	283,7	1131,51	192,77	1191,1	211,9	720,19
Guandu ES	Afonso Cláudio Piracema	801,3	255,7	795,4	198,8	1102,93	205,32	973,9	95,8	1005,76
Santa Joana ES	Alto Rio Possmoser	403,5	155,8	620,8	270,1	863,51	207,91	1266,5	186,5	555,47
Sacramento MG	GCH Bom Jesus do Galho	637,6	134,0	794,7	190,3	880,8	44,2	1081,6	109,8	1078
Matipó MG	PCH Tulio Cordeiro de Mello Montante 2	423,2	178,0	1057,4	145,4	877,2	55,4	1092,2	133	970,8
Casca MG	Rio Casca Centro	784,0	290,0	967,4	168,4	1140	101,23	1059,6	94,4	1026,6

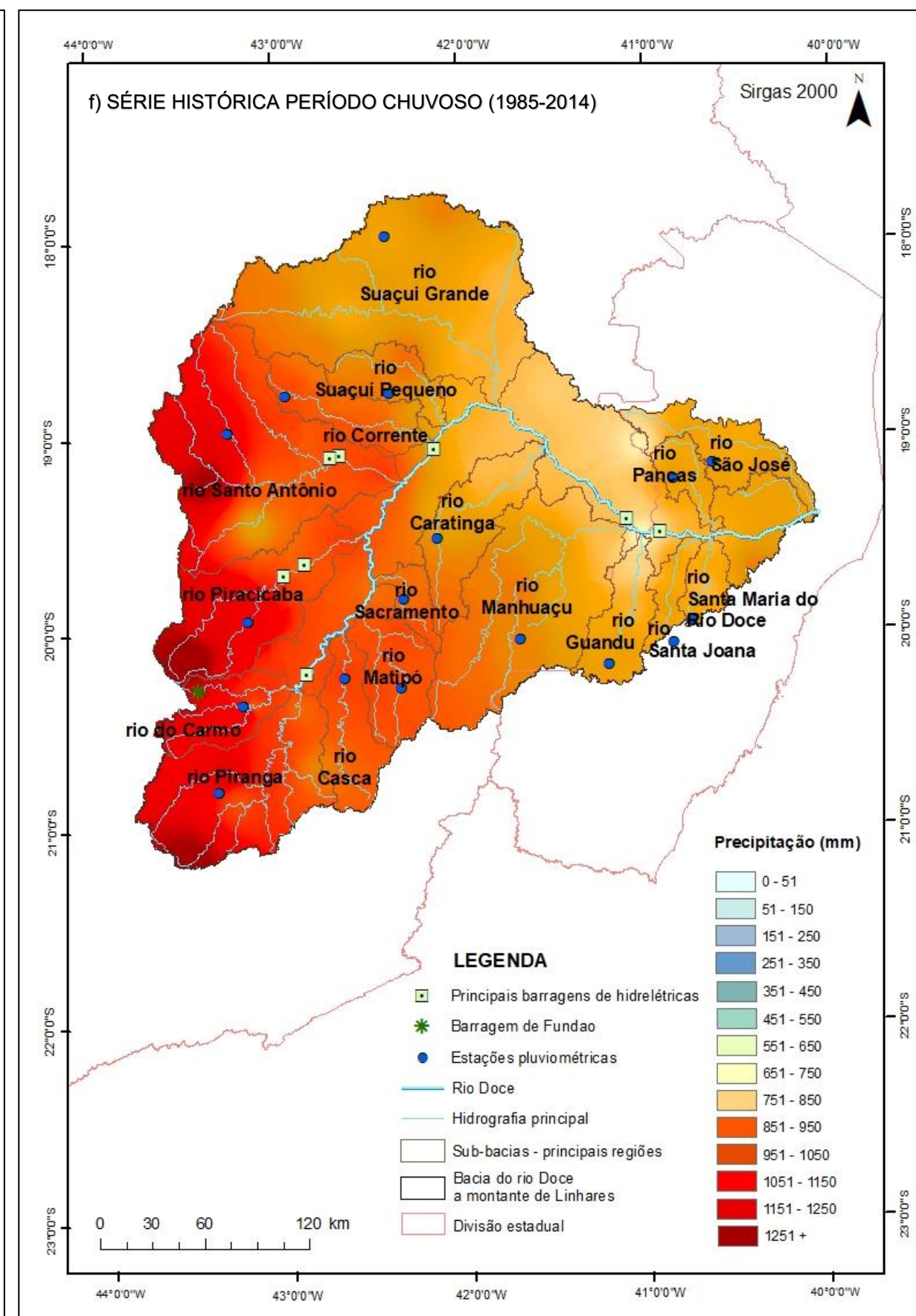
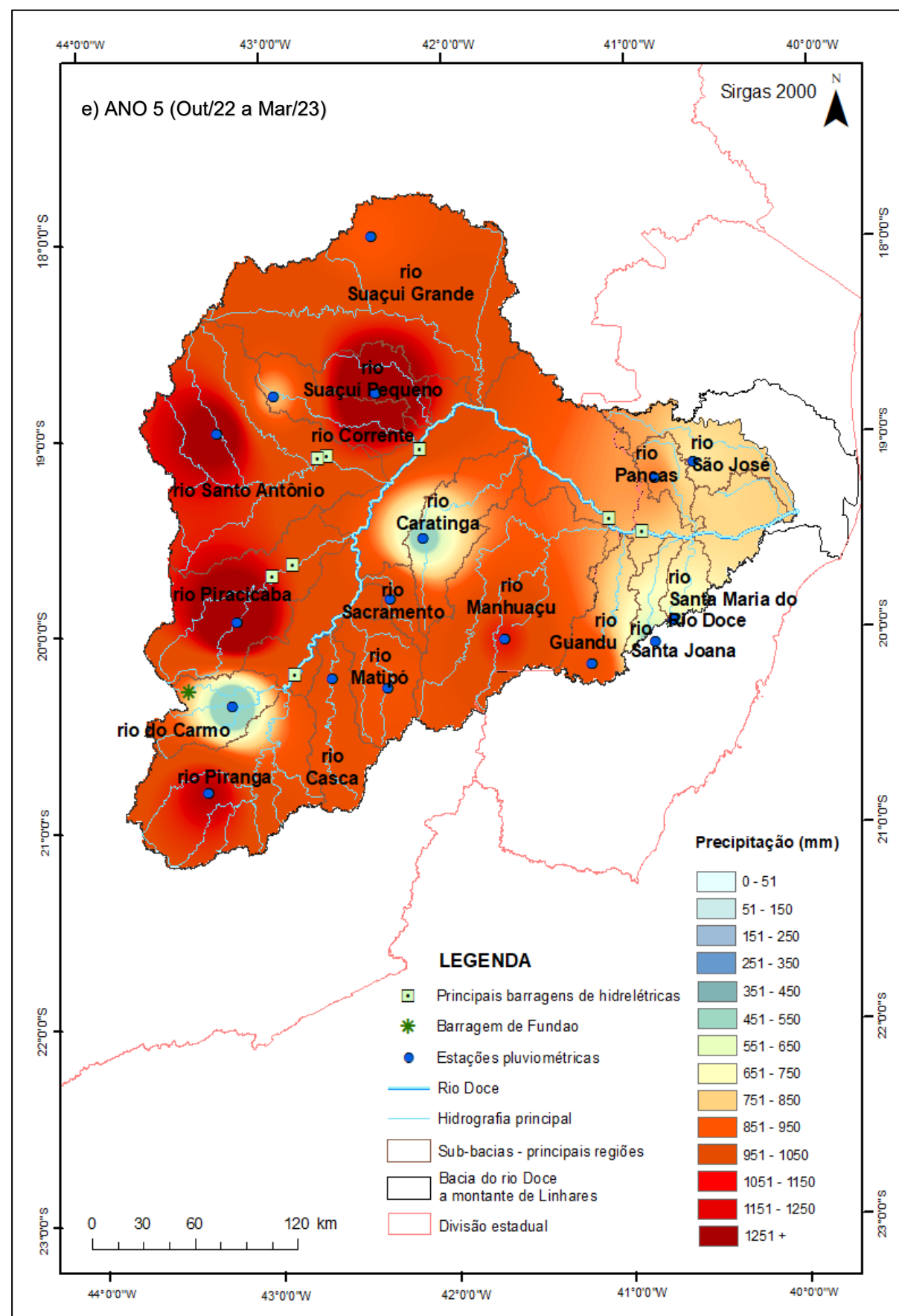
Região	Estação	MÉDIA DO TOTAL PLUVIOMÉTRICO (mm)								
		Ano 1 (Out/18 a Set/19)		Ano 2 (Out/19 a Set/20)		Ano 3 (Out/20 a Set/21)		Ano 4 (Out/21 a Set/22)		Ano 5 (Out/22 a Mar/23)
		Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Carmo MG	PCH Furquim Jusante	947,9	427,2	1175,9	157,7	1029,2	89,5	1727,8	62,5	447,9
Piranga MG	Senhora de Oliveira Centro	1253,0	294,8	972,4	238,6	1414,4	95,4	1653,4	265,8	1303,4
MÉDIA (mm)		696,11	185,12	185,12	208,67	961,32	105,71	1217,98	115,00	998,72

A comparação das médias dos totais pluviométricos em cada ano do PMBA/Fest (Tabela 1) é um importante fator, que faz parte da composição do indicador “Produção de Água na Bacia do Rio Doce”, uma vez que a chuva é necessária para alimentar o modelo SWAT, que faz a transformação da chuva em vazão, utilizando como base o ciclo hidrológico, que leva em consideração a declividade, os tipos de solos existentes na bacia e o uso e ocupação do território. Com a vazão simulada pelo modelo é possível calcular a produção de água na bacia. No Ano 1 do PMBA/Fest (outubro de 2018 a setembro de 2019), as regiões com maiores médias foram as bacias do rio Piranga e do Carmo, bacias formadoras do Rio Doce (região de cabeceira); No Ano 2 (outubro de 2019 a setembro de 2020) as maiores médias foram nas bacias do rio Santo Antônio e do Carmo; No Ano 3 (outubro de 2020 a setembro de 2021) as maiores médias foram nas bacias do rio Piranga e Santa Maria do Rio Doce, no ES; Para o Ano 4 (outubro de 2021 a setembro de 2022) repetiram-se as bacias com maiores médias no Ano 1, do rio do Carmo e do rio Piranga. E no Ano 5, considerando apenas o período chuvoso (outubro de 2022 a março de 2023), as bacias com maiores médias foram as do rio Suaçuí Pequeno e do rio Santo Antônio, em Minas Gerais.

Figura 1: Interpolação IDW da distribuição de chuva na Bacia do Rio Doce no período chuvoso de cada ano do PMBA/Fest e da série histórica pré-rompimento (1985-2014) a) Ano 1 (outubro de 2018 a setembro de 2019); b) Ano 2 (outubro de 2019 a março de 2020); c) Ano 3 (outubro de 2020 a março de 2021); d) Ano 4 (outubro de 2021 a março de 2022); e) Ano 5 (outubro de 2022 a março de 2023) e f) Série histórica pré-rompimento (1985-2014).

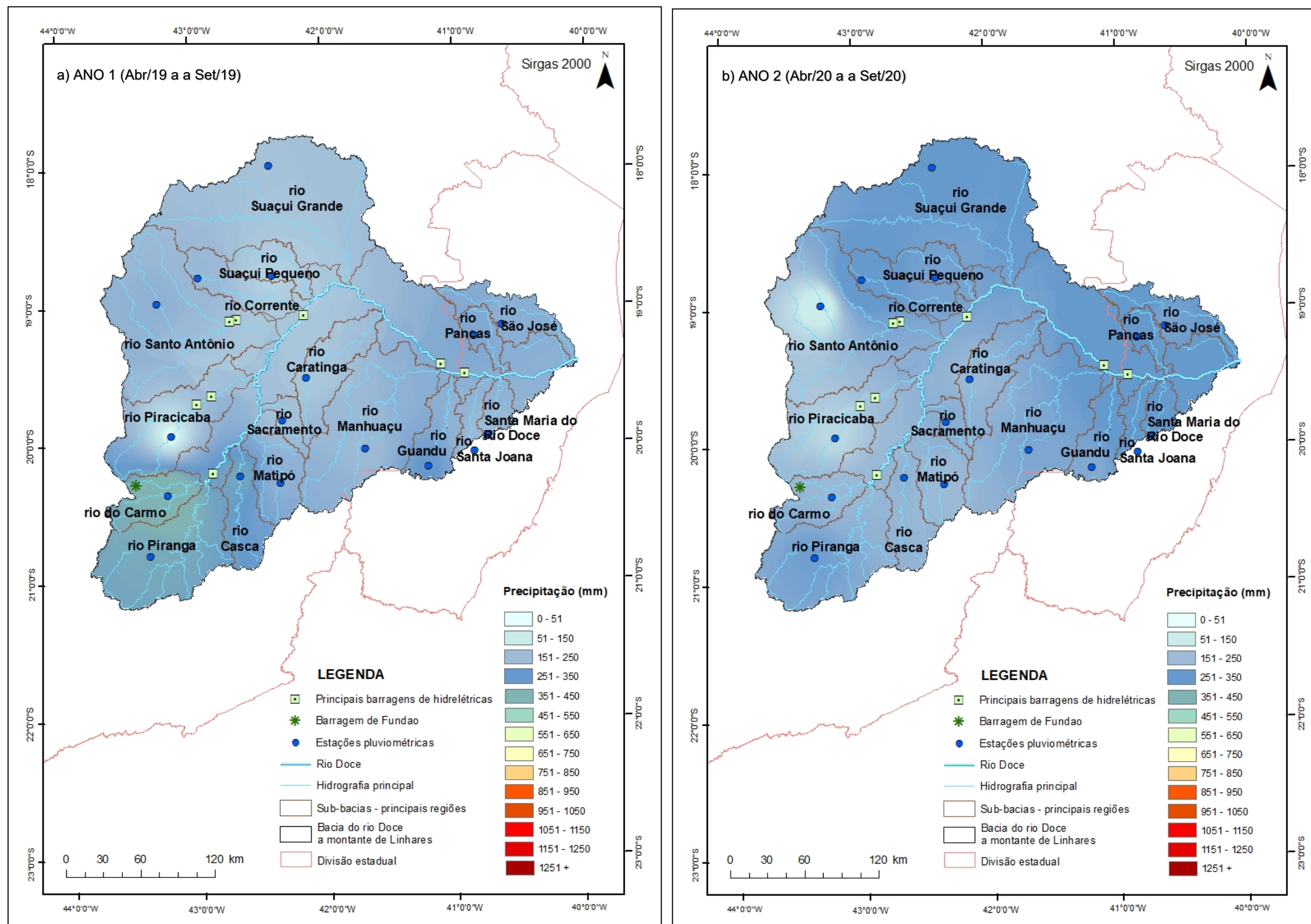


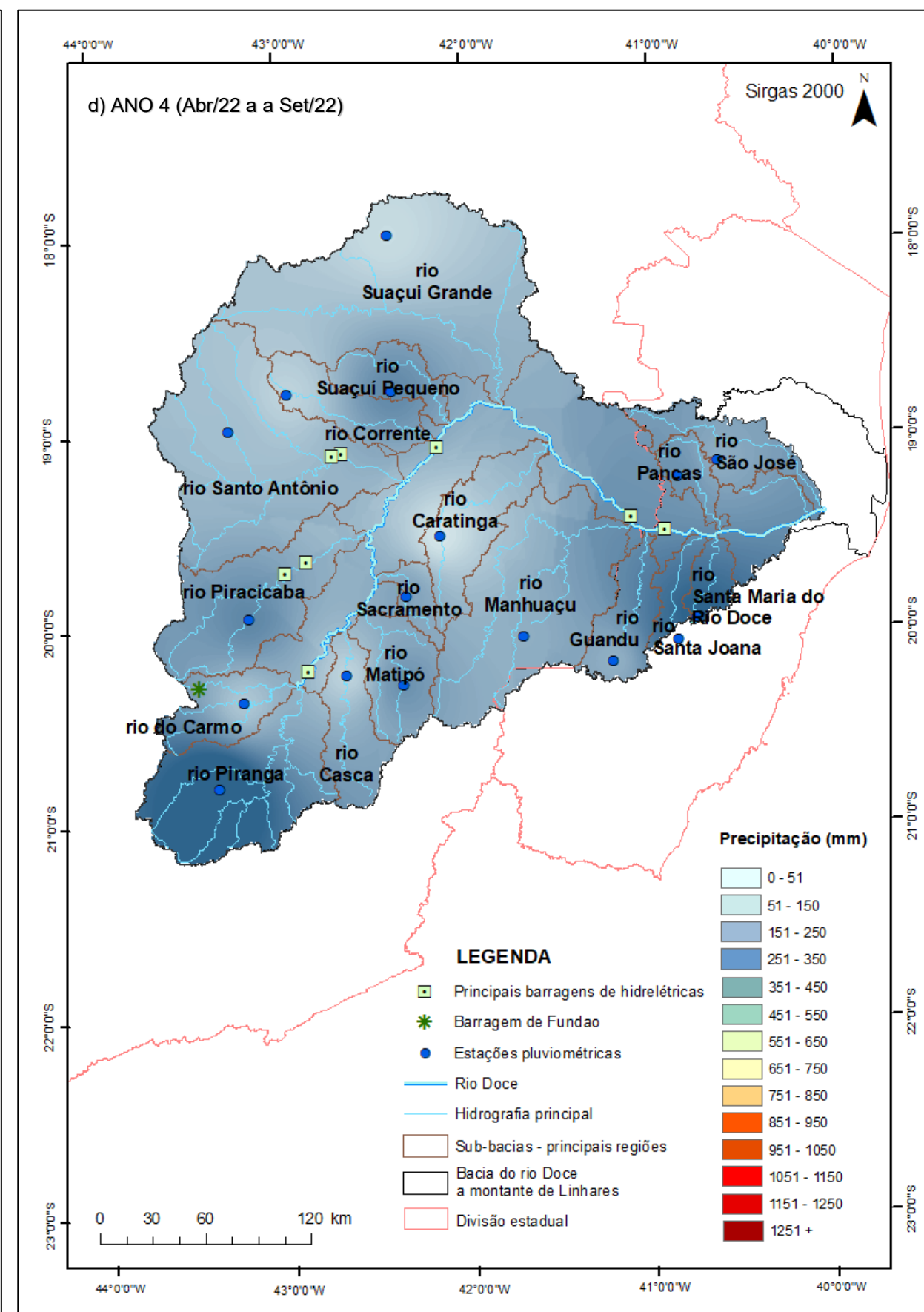
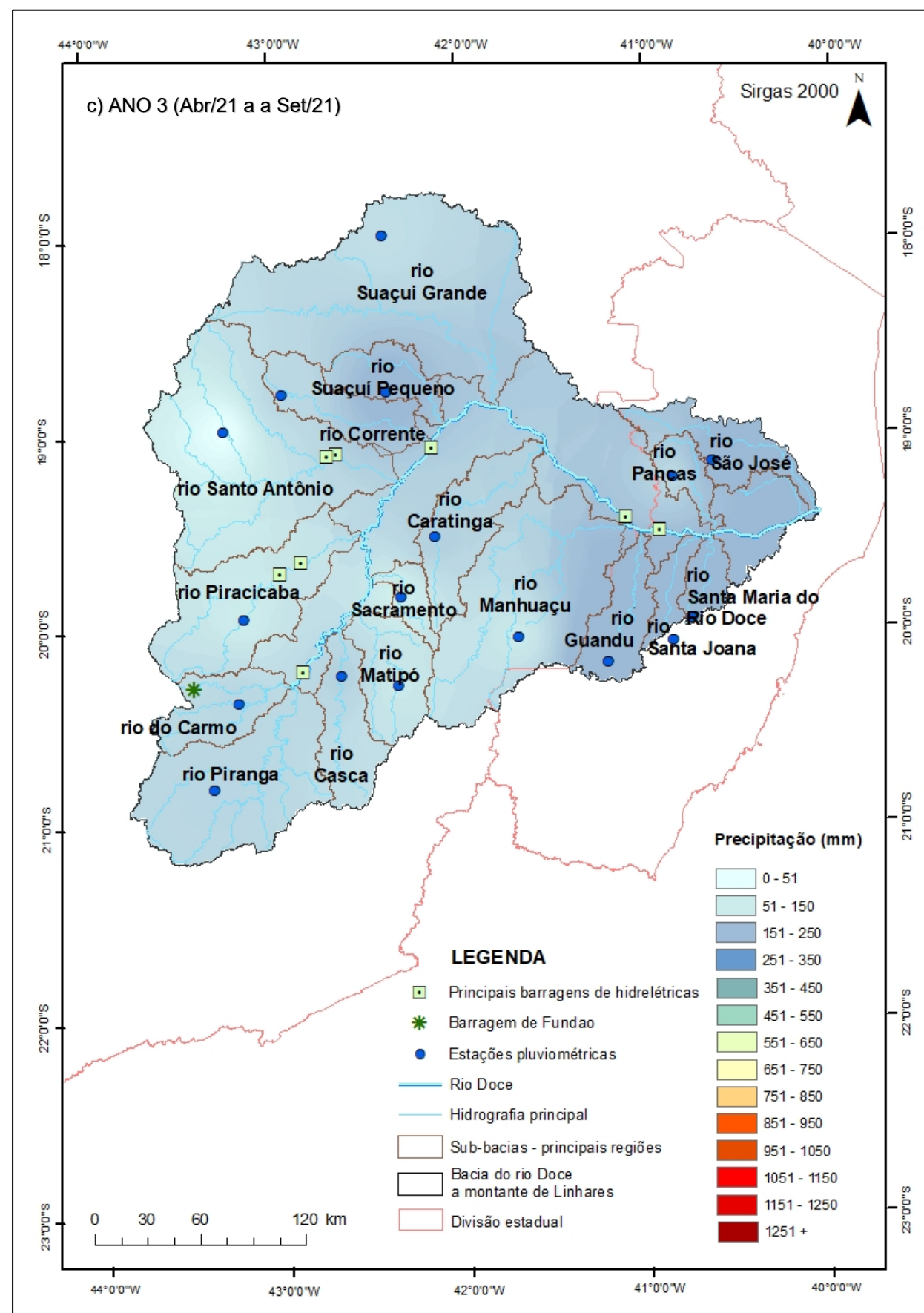


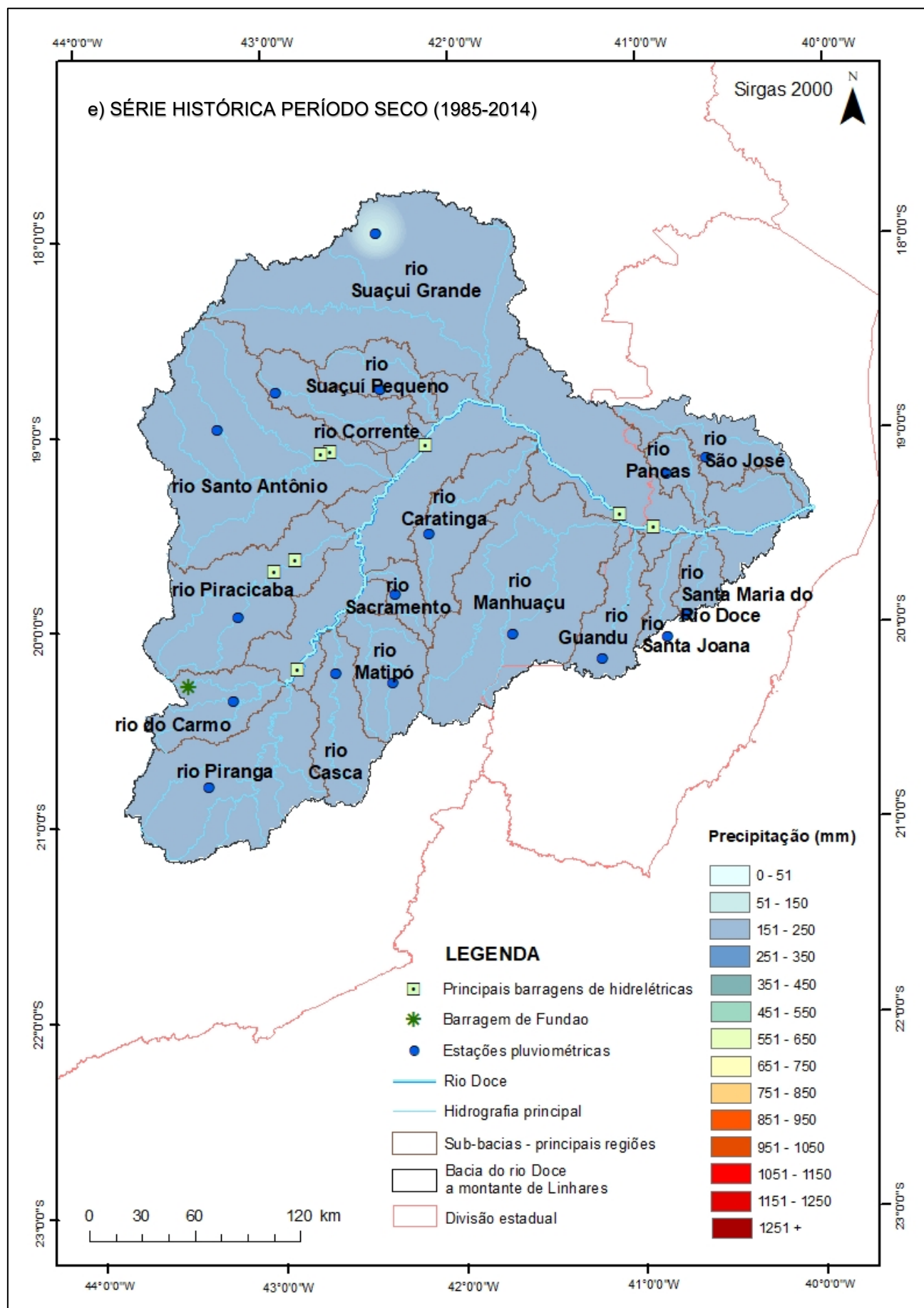


A Figura 1 representa a distribuição espaço-temporal da chuva nos períodos chuvosos do PMBA/Fest e o período chuvoso da série histórica pré-rompimento, que correspondem aos meses de outubro de um ano a março do outro. A região de cabeceira da bacia, onde se encontram os rios Santo Antônio e Piracicaba, e os rios formadores do Rio Doce – do Carmo e Piranga, é onde mais chove na bacia do Rio Doce. No Ano 1 (outubro de 2018 a março de 2019) ocorreu maior precipitação pluviométrica nas bacias dos rios Piranga e do Carmo, no Ano 2 (outubro de 2019 a março de 2020) nas bacias dos rios Santo Antônio e do Carmo, no Ano 3 (outubro de 2020 a março de 2021) nas bacias dos rios Piranga e em uma parte do ES (bacias dos rios Santa Maria do Rio Doce e Guandu) e no Ano 4 (outubro de 2021 a março de 2022) as maiores chuvas ocorreram nas bacias dos rios Piranga e Piracicaba. O Ano 1 (outubro de 2018 a março 2019) foi menos chuvoso que a série histórica pré-rompimento, sendo este o ano em que menos choveu durante os anos de realização do PMBA. O Ano 2 (outubro de 2019 a março de 2020) continuou menos chuvoso que o período chuvoso da série histórica e o Ano 3 (outubro de 2020 a março de 2021) teve o período chuvoso que mais se aproximou da série histórica pré-rompimento. O período chuvoso do Ano 4 (outubro 2021 de a março de 2022) ficou acima da média da série histórica em quase toda a bacia do Rio Doce e já no período chuvoso do Ano 5 (outubro 2022 de a março de 2023) algumas áreas choveram mais que a série histórica enquanto outras choveram bem menos, como pode ser observado nas bacias dos rios do Carmo e Caratinga.

Figura 2: Interpolação IDW da distribuição de chuva na Bacia do Rio Doce no período seco de cada ano do PMBA/Fest e da série histórica pré-rompimento (1985-2014) a) Ano 1 (abril a setembro de 2019); b) Ano 2 (abril a setembro de 2020); c) Ano 3 (abril a setembro de 2021); d) Ano 4 (abril a setembro de 2022); e) Ano 5 (abril a setembro de 2023) e f) Série histórica pré-rompimento (1985-2014).

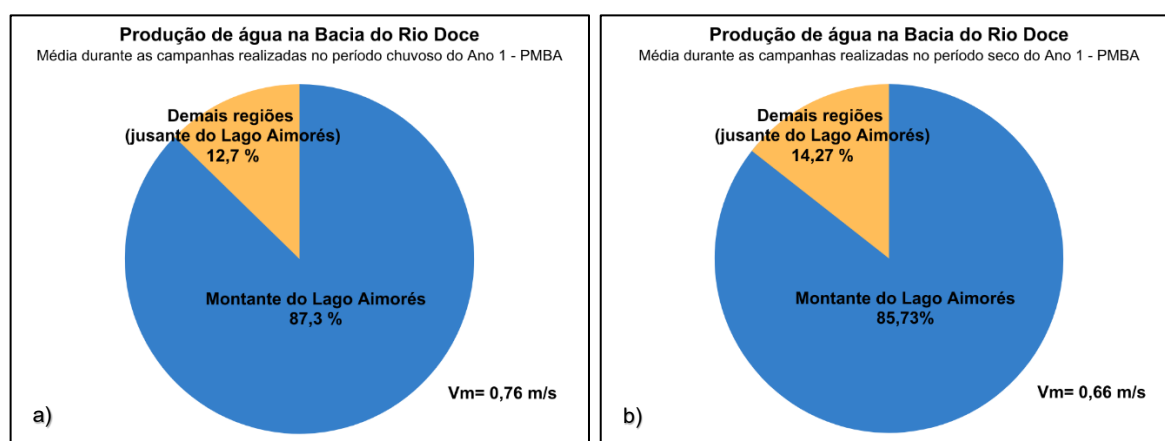






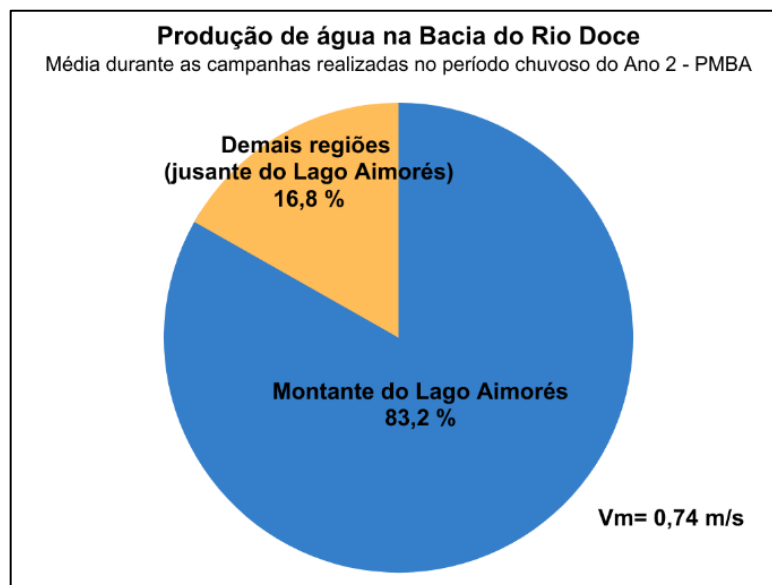
A Figura 2 representa a distribuição espaço-temporal da chuva nos períodos secos do PMBA/Fest e o período seco da série histórica pré-rompimento. Espacialmente, no Ano 1 (abril a setembro de 2019) choveu menos na região da bacia do rio Piracicaba, no Ano 2 (abril a setembro de 2020) foi menor a precipitação pluviométrica na bacia do rio Santo Antônio, no Ano 3 (abril a setembro de 2021) as bacias com menor quantidade de chuva foram as do rio Santo Antônio seguida pela do rio Sacramento, em MG. Já no Ano 4 (abril a setembro de 2022) as regiões com menor precipitação foram as dos rios Caratinga e Corrente, em MG. Entre os períodos secos dos anos monitorados pelo PMBA, o Ano 3 (abril a setembro de 2021) foi o que teve menos chuvas (Figura 2c), com uma média mensal de 105 mm. O Ano 4 (abril a setembro de 2022) teve uma média mensal de 115 mm, o Ano 1 (abril a setembro de 2019) uma média mensal de 185,12 mm e o ano com mais precipitação no período seco foi o Ano 2 (abril a setembro de 2020), com 208,67 mm.

Figura 3: Produção de água na bacia do Rio Doce a montante e a jusante do Lago do reservatório Aimorés para o Ano 1 do PMBA/Fest (outubro de 2018 a setembro de 2019) a) Período chuvoso do Ano 1 (outubro de 2018 a março de 2019); b) Período seco do Ano 1 (abril a setembro de 2019)



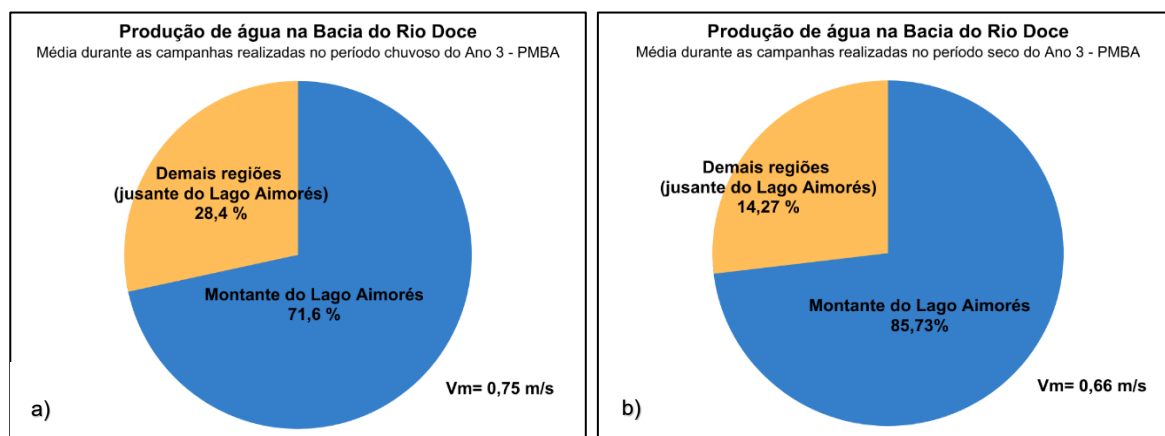
Durante as campanhas realizadas no Ano 1 do PMBA/Fest (outubro de 2018 a setembro de 2019), a média de produção de água advinda de montante do Lago Aimorés, ou seja, da parte alta da bacia (porção mineira), que aportaram na foz do Rio Doce, no período chuvoso (outubro de 2018 a março de 2019) foi de 87,3 % e no período seco foi de 85,73%. Já a velocidade média no período seco do Ano 1 (abril a setembro de 2019) foi de 0,76 m/s, enquanto no período seco foi de 0,66 m/s. Durante o Ano 1 houve campanha de monitoramento em todos os meses.

Figura 4: Produção de água na bacia do Rio Doce a montante e a jusante do Lago do reservatório Aimorés para o período chuvoso do Ano 2 do PMBA/Fest (novembro de 2019 a março de 2020)



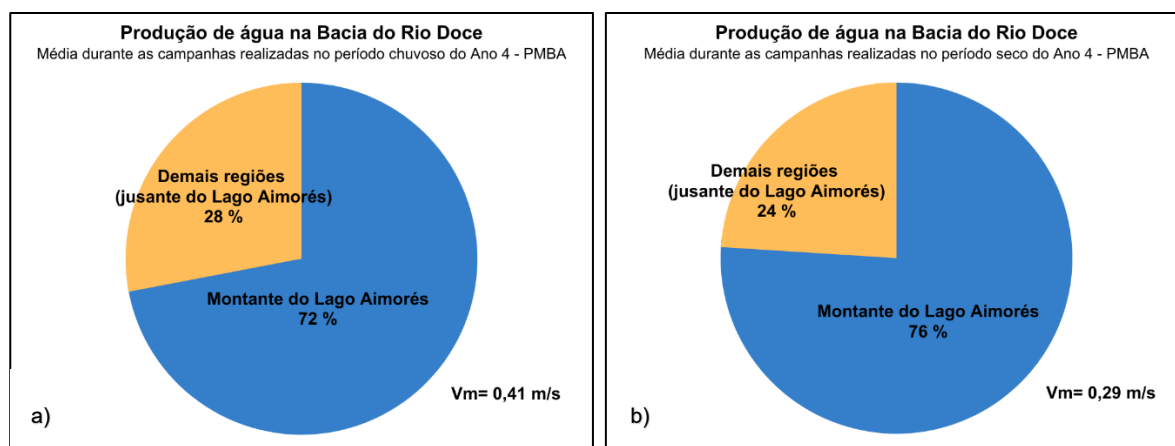
Durante as campanhas realizadas no Ano 2 do PMBA/Fest (novembro de 2019 a março de 2020), a média de produção de água advinda de montante do Lago Aimorés, ou seja, da parte alta da bacia (porção mineira), que aportaram na foz do Rio Doce, no período chuvoso foi de 83,2 %, com velocidade média das águas de 0,74 m/s. Observando que não houve campanha no mês de outubro de 2019, e no período seco do Ano 2 não foram realizadas campanhas de monitoramento, devido à pandemia de COVID-19.

Figura 5: Produção de água na bacia do Rio Doce a montante e a jusante do Lago do reservatório Aimorés para o Ano 3 do PMBA/Fest (outubro de 2020 a setembro de 2021) a) Período chuvoso do Ano 3 (outubro de 2020 a março de 2021); b) Período seco do Ano 3 (abril a setembro de 2021)



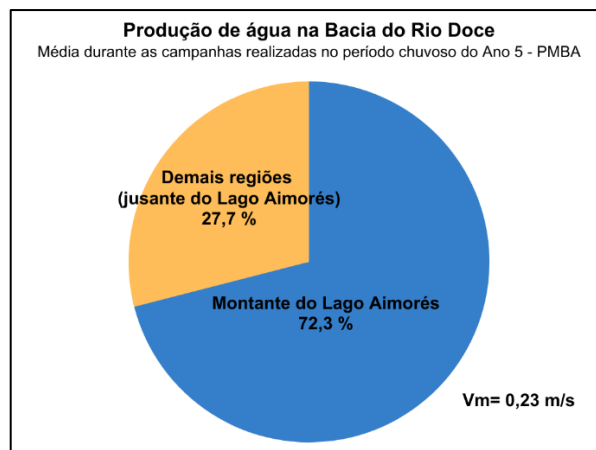
Durante as campanhas realizadas no Ano 3 do PMBA/Fest (outubro de 2020 a março de 2021), a média de produção de água advinda de montante do Lago Aimorés, ou seja, da parte alta da bacia (porção mineira), que aportaram na foz do Rio Doce, no período chuvoso foi de 71,6 % com velocidade médias das águas de 0,75 m/s, observando que o período chuvoso corresponde aos meses de outubro a março, sendo que no Ano 3 só foram realizadas campanhas de monitoramento durante os meses de dezembro, janeiro e fevereiro no período chuvoso. Já no período seco foram realizadas campanhas de monitoramento em todos os meses correspondentes (abril a setembro de 2021) e a média de produção de água advinda de montante do Lago Aimorés que aportaram na foz do Rio Doce foi de 85,3 %, com velocidade média das águas de 0,66 m/s.

Figura 6: Produção de água na bacia do Rio Doce a montante e a jusante do Lago do reservatório Aimorés para o Ano 4 do PMBA/Fest (outubro de 2021 a setembro de 2022) a) Período chuvoso do Ano 4 (outubro de 2021 a março de 2022); b) Período seco do Ano 4 (abril a setembro de 2022)



Durante as campanhas realizadas no Ano 4 do PMBA/Fest (outubro de 2021 a março de 2022), a média de produção de água advinda de montante do Lago Aimorés, ou seja, da parte alta da bacia (porção mineira), que aportaram na foz do Rio Doce, no período chuvoso foi de 72 %, com velocidade média das águas de 0,41 m/s, observando que o período chuvoso corresponde aos meses de outubro a março. No Ano 4 foram realizadas campanhas de monitoramento em quase todos meses do período chuvoso, com exceção do mês de outubro. Já no período seco foram realizadas campanhas de monitoramento somente nos meses abril, maio e agosto, conforme o cronograma estipulado. A média de produção de água advinda de montante do Lago Aimorés que aportaram na foz do Rio Doce no período seco do Ano 4 (abril a setembro de 2022) foi de 76 % e a velocidade média das águas foi de 0,29 m/s.

Figura 7: Produção de água na bacia do Rio Doce a montante e a jusante do Lago do reservatório Aimorés para o período chuvoso do Ano 5 do PMBA/Fest (outubro de 2022 a março de 2023)



Durante as campanhas realizadas no período chuvoso do Ano 5 do PMBA/Fest (outubro de 2022 a março de 2023), a média de produção de água advinda de montante do Lago Aimorés, ou seja, da parte alta da bacia (porção mineira), que aportaram na foz do Rio Doce, foi de 72,3 %, com velocidade média das águas de 0,23 m/s. Durante o Ano 5 houve campanha de monitoramento em todos os meses do período chuvoso.

Tabela 2: Tempos de detenção estimados, em dias, para o reservatório da UHE Aimorés nos 7 dias que antecederam as campanhas (Variável auxiliar do indicador “Produção de Água na Bacia do Rio Doce”)

Período que antecede cada campanha	Tempo de detenção (dias)
Antes da campanha 1 (15 a 21 de outubro de 2018)	12,3
Antes da campanha 2 (12 a 18 de novembro de 2018)	5,0
Antes da campanha 3 (3 a 9 de dezembro de 2018)	8,7
Antes da campanha 4 (7 a 13 de janeiro de 2019)	4,4
Antes da campanha 5 (4 a 10 de fevereiro de 2019)	7,8
Antes da campanha 6 (11 a 17 de março de 2019)	7,8
Antes da campanha 7 (1 a 7 de abril de 2019)	7,5
Antes da campanha 8 (6 a 12 de maio de 2019)	9,0
Antes da campanha 9 (3 a 9 de junho de 2019)	11,3
Antes da campanha 10 (8 a 14 de julho de 2019)	13,9
Antes da campanha 11 (5 a 11 de agosto de 2019)	15,3
Antes da campanha 12 (9 a 15 de setembro de 2019)	16,1
Antes da campanha 13 (18 a 24 de novembro de 2019)	5,0
Antes da campanha 14 (2 a 8 de dezembro de 2019)	1,5
Antes da campanha 15 (13 a 19 de janeiro de 2020)	5,5
Antes da campanha 16 (27 de janeiro a 2 de fevereiro de 2020)	0,8

Período que antecede cada campanha	Tempo de detenção (dias)
Antes da campanha 17 (9 a 15 de março de 2020)	2,0
Antes da campanha 27 (7 a 13 de dezembro de 2021)	2,3
Antes da campanha 28 (4 a 10 de janeiro de 2021)	1,8
Antes da campanha 29 (3 a 9 de fevereiro de 2021)	5,0
Antes da campanha 31 (19 a 25 de abril de 2021)	5,3
Antes da campanha 32 (3 a 9 de maio de 2021)	5,7
Antes da campanha 33 (7 a 13 de junho de 2021)	7,0
Antes da campanha 34 (5 a 11 de julho de 2021)	7,7
Antes da campanha 35 (9 a 15 de agosto de 2021)	11,7
Antes da campanha 36 (13 a 19 de setembro de 2021)	14,8
Antes da campanha 38 (1 a 7 de novembro de 2021)	2,0
Antes da campanha 39 (6 a 12 de dezembro de 2021)	1,8
Antes da campanha 40 (18 a 24 de janeiro de 2022)	1,8
Antes da campanha 41 (7 a 13 de fevereiro de 2022)	1,0
Antes da campanha 42 (7 a 13 de março de 2022)	2,3
Antes da campanha 43 (28 de março a 3 de abril de 2022)	3,4
Antes da campanha 44 (2 a 8 de maio de 2022)	4,0
Antes da campanha 45 (15 a 21 de agosto de 2022)	7,1
Antes da campanha 46 (26 de setembro a 2 de outubro de 2022)	7,5
Antes da campanha 47 (31 de outubro a 6 de novembro de 2022)	4,7
Antes da campanha 48 (5 a 11 de dezembro de 2022)	1,9
Antes da campanha 49 (2 a 8 de janeiro de 2023)	1,6
Antes da campanha 50 (30 de janeiro a 5 de fevereiro de 2023)	1,5
Antes da campanha 51 (27 de fevereiro a 5 de março de 2023)	3,3

Os tempos de detenção para o lago de Aimorés durante todo o PMBA/Fest foram calculados com a finalidade de mostrar a influência do mesmo nas vazões que aportam na foz da bacia do Rio Doce. Nas semanas que antecederam as campanhas de monitoramento (Tabela 2) os tempos de detenção variaram ao longo do PMBA/Fest de menos de 1 dia (0,8) a mais de 16 dias (16,1).

Tabela 3: Tempos de detenção estimados, em dias, para o reservatório da UHE Aimorés durante as campanhas (Variável auxiliar do indicador "Produção de Água na Bacia do Rio Doce")

Período da campanha	Tempo de detenção (dias)
Campanha 1 (22 a 27 de outubro de 2018)	9,6
Campanha 2 (19 a 23 de novembro de 2018)	6,2
Campanha 3 (10 a 14 de dezembro de 2018)	3,0
Campanha 4 (14 a 18 de janeiro de 2019)	7,6
Campanha 5 (11 a 15 de fevereiro de 2019)	6,8
Campanha 6 (18 a 22 de março de 2019)	4,3
Campanha 7 (8 a 12 de abril de 2019)	5,7

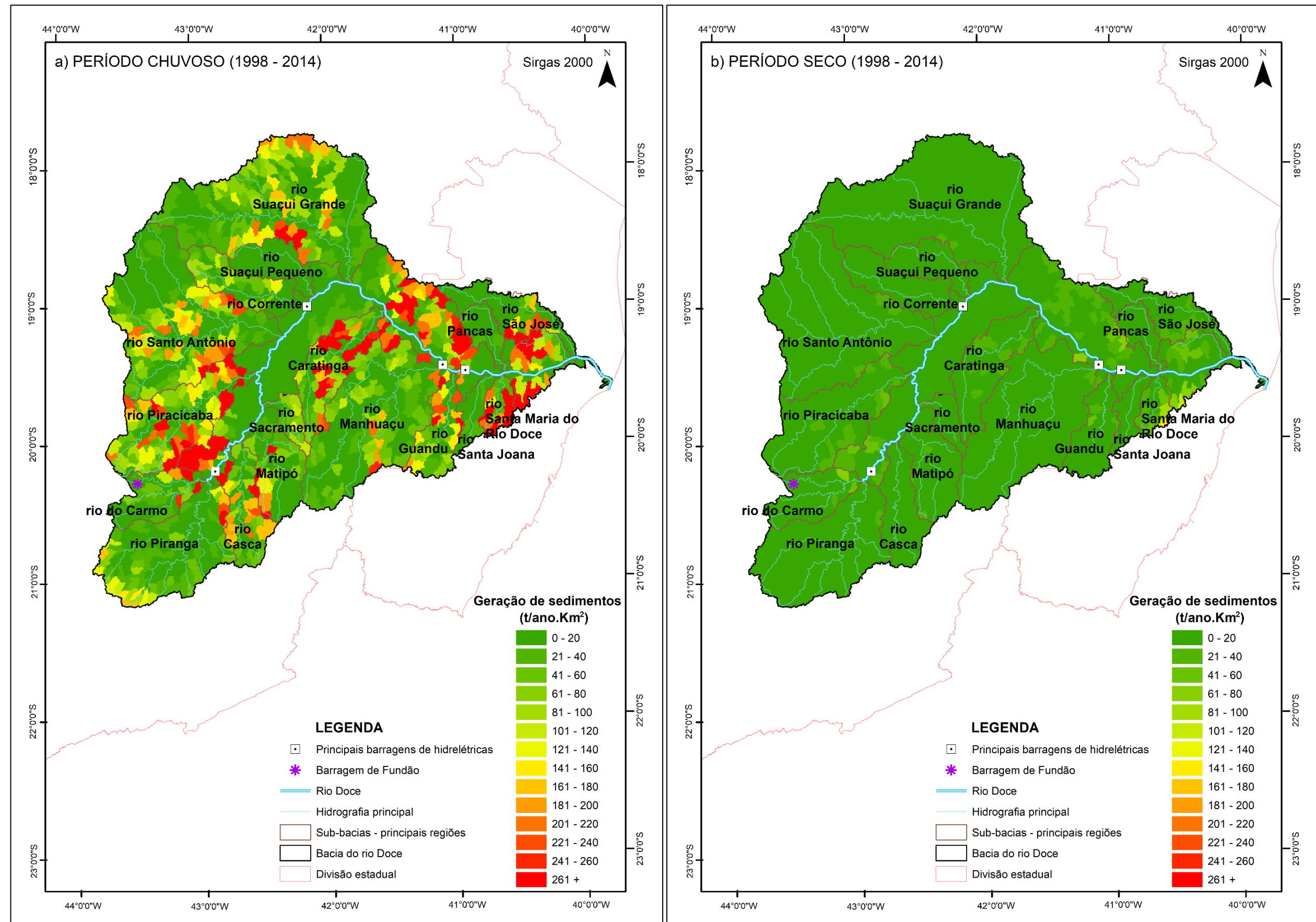
Período da campanha	Tempo de detenção (dias)
Campanha 8 (13 a 17 de maio de 2019)	8,1
Campanha 9 (10 a 14 de junho de 2019)	10,8
Campanha 10 (15 a 19 de julho de 2019)	15,0
Campanha 11 (12 a 16 de agosto de 2019)	15,8
Campanha 12 (16 a 20 de setembro de 2019)	17,4
Campanha 13 (25 a 28 de novembro de 2019)	4,6
Campanha 14 (9 a 12 de dezembro de 2019)	1,8
Campanha 15 (20 a 23 de janeiro de 2020)	2,9
Campanha 16 (3 a 6 de fevereiro de 2020)	2,4
Campanha 17 (16 e 17 de março de 2020)	0,9
Campanha 27 (14 a 17 de dezembro de 2021)	2,3
Campanha 28 (11 a 14 de janeiro de 2021)	2,5
Campanha 29 (10 a 13 de fevereiro de 2021)	2,0
Campanha 31 (26 a 29 de abril de 2021)	5,9
Campanha 32 (10 a 13 de maio de 2021)	6,4
Campanha 33 (14 a 17 de junho de 2021)	7,3
Campanha 34 (12 a 15 de julho de 2021)	9,7
Campanha 35 (16 a 19 de agosto de 2021)	10,2
Campanha 36 (20 a 23 de setembro de 2021)	14,8
Campanha 38 (8 a 11 de novembro de 2021)	2,6
Campanha 39 (13 a 16 de dezembro de 2021)	2,2
Campanha 40 (25 a 28 de janeiro de 2022)	2,8
Campanha 41 (14 a 18 de fevereiro de 2022)	0,8
Campanha 42 (14 a 17 de março de 2022)	2,8
Campanha 43 (4 a 7 de abril de 2022)	3,5
Campanha 44 (9 a 12 de maio de 2022)	3,9
Campanha 45 (22 a 25 de agosto, 29 e 31 de agosto e 1 de setembro de 2022)	7,7
Campanha 46 (3 a 7 de outubro de 2022)	5,8
Campanha 47 (7 a 11 de novembro de 2022)	4,3
Campanha 48 (12 a 16 de dezembro de 2022)	1,8
Campanha 49 (8 a 12 de janeiro de 2023)	0,6
Campanha 50 (6 a 10 de fevereiro de 2023)	2,2
Campanha 51 (6 a 10 de março de 2023)	3,9

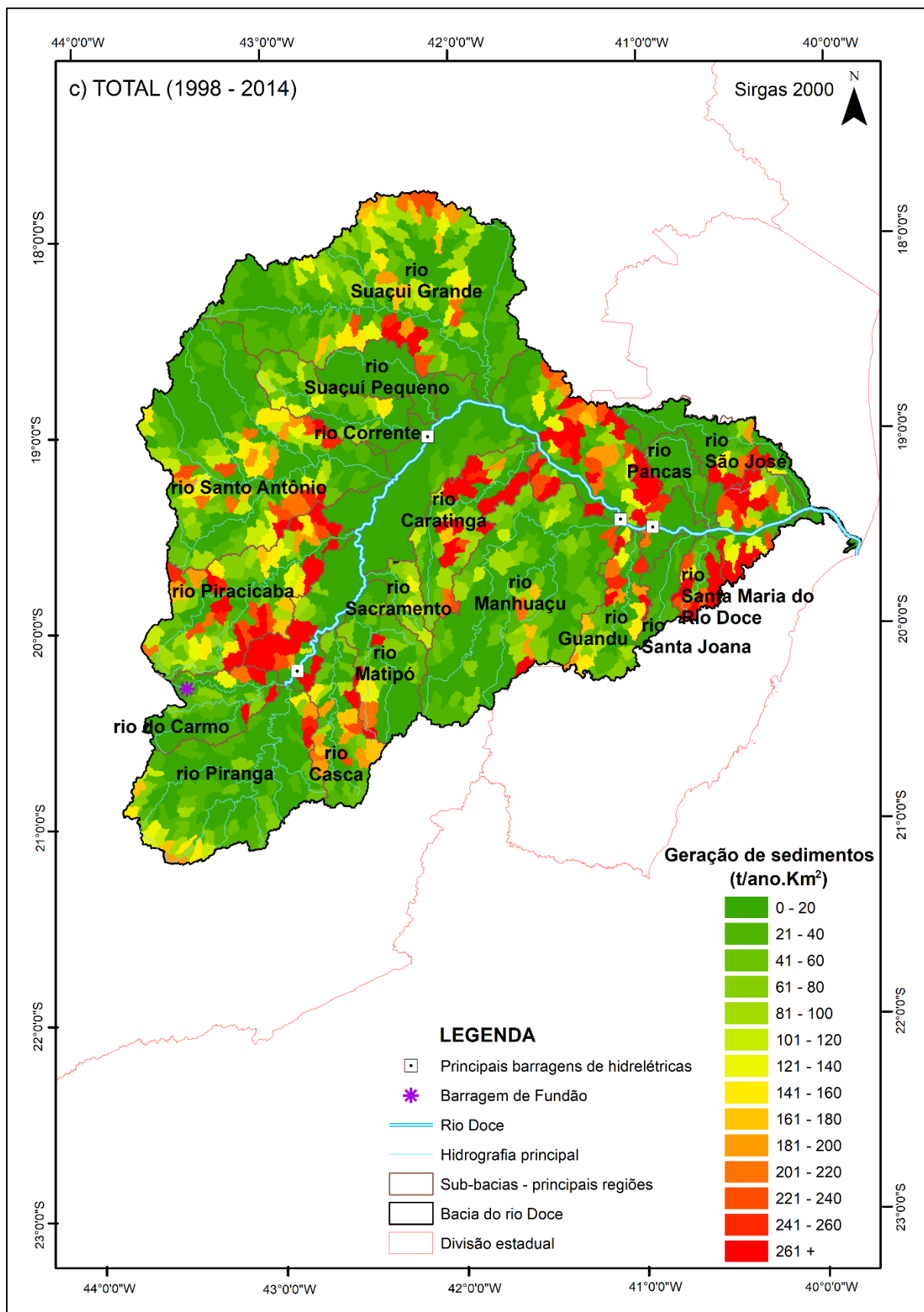
A Tabela 3 mostra os tempos de detenção durante as campanhas de monitoramento realizadas no PMBA, e variaram de menos de 1 dia (0,8) a 17,4 dias.

2.1.2 Geração e Transporte de Sedimentos

Para o presente relatório foram incluídas informações referentes a modelagem hidrosedimentológica para a caracterização da geração e transporte de sedimentos da bacia do Rio Doce. Foram inseridas as fontes de coleta de dados diários hidrológicos, sedimentos em suspensão, climáticos e informações sobre reservatórios. Foram incluídas ainda, descrição sucinta do modelo hidrosedimentológico MGB-SED, assim como os principais inputs do modelo e os resultados da calibração e validação hidrosedimentológica que proporcionou a criação do indicador de Geração e Transporte de Sedimentos. O detalhamento metodológico da referida inclusão fará parte dos produtos técnicos que serão entregues no RA2023, previsto para o primeiro semestre de 2024.

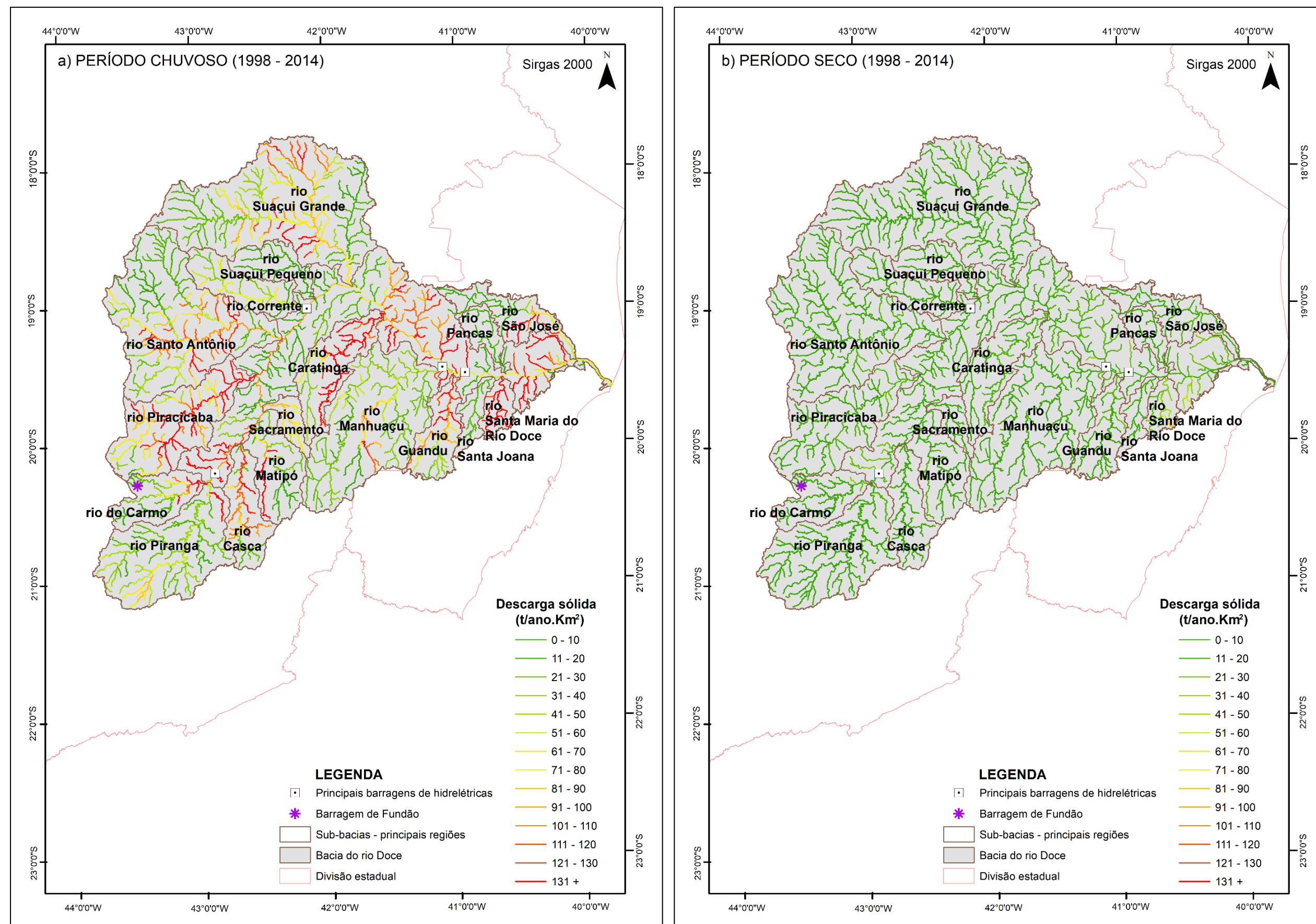
Figura 8: Estimativa da geração de sedimentos específica na bacia do Rio Doce no período pré-rompimento (1998-2014): a) período chuvoso, b) período seco e c) Total.

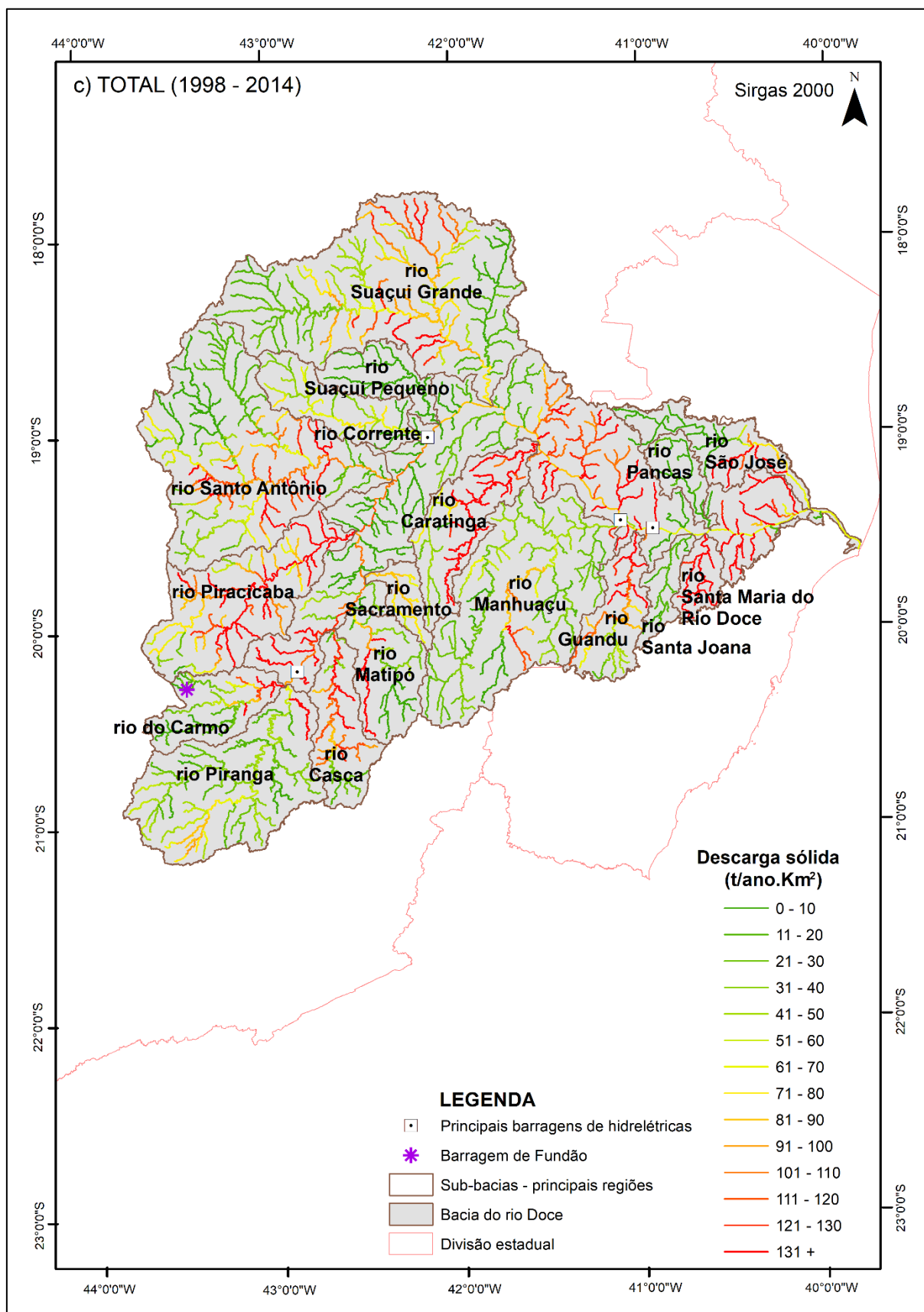




A Figura 8 apresenta a variabilidade espacial da geração média específica de sedimentos na bacia do Rio Doce para o período pré-rompimento, compreendido entre os anos de 1998 e 2014 (Figura 8c). Adicionalmente, também foram estabelecidas a variabilidade da geração de sedimentos considerando o período chuvoso (Figura 8a) e seco (Figura 8b) para o mesmo período. Com base nas figuras, a bacia do Rio Doce apresenta baixo potencial de geração de sedimentos no período seco, quando comparado ao período chuvoso, que apesar da alta variabilidade na quantidade média de sedimentos produzida apresentou alta potencial de geração de sedimentos, principalmente nas áreas de maior declividade em função do relevo acentuado. No período chuvoso, os meses de Novembro, Dezembro e Janeiro se destacam como os meses de maior geração de sedimentos no período de pré-rompimento, enquanto os meses de Maio e Junho como o de menor geração. Em relação às sub-bacias, destacam-se as sub-bacias dos rios Caratinga, do Carmo, Piracicaba e Guandu como os tributários que mais contribuem com a geração de sedimentos para a bacia do Rio Doce, todas contribuindo com mais de 200 t/ano.km².

Figura 9. Descarga sólida em suspensão específica na bacia do Rio Doce no período pré-rompimento (1998-2014): a) período chuvoso, b) período seco e c) Total.





A Figura 9 apresenta a variabilidade espacial da descarga sólida em suspensão média específica de sedimentos na bacia do Rio Doce para o período pré-rompimento, compreendido entre os anos de 1998 e 2014 (Figura 9c). Adicionalmente, também foram estabelecidas a variabilidade da descarga sólida em suspensão média de sedimentos considerando o período chuvoso (Figura 9a) e seco (Figura 9b) para o mesmo período. Com base nas figuras é possível observar que os cursos d'água apresentam baixa capacidade de transporte de sedimentos no período seco e trechos com alta capacidade no período chuvoso, o que está diretamente relacionado ao relevo e a sazonalidade da precipitação. No período pré-rompimento as maiores descargas sólidas em suspensão foram observadas nos meses de Dezembro e Janeiro e as menores nos meses de Maio e Junho. Entre os tributários com maior aporte de sedimentos para o Rio Doce destacam-se os rios do Carmo, Caratinga e Piracicaba, regiões com alto índice de pluviosidade (Figura 1) e/ou geração de sedimentos (Figura 8).

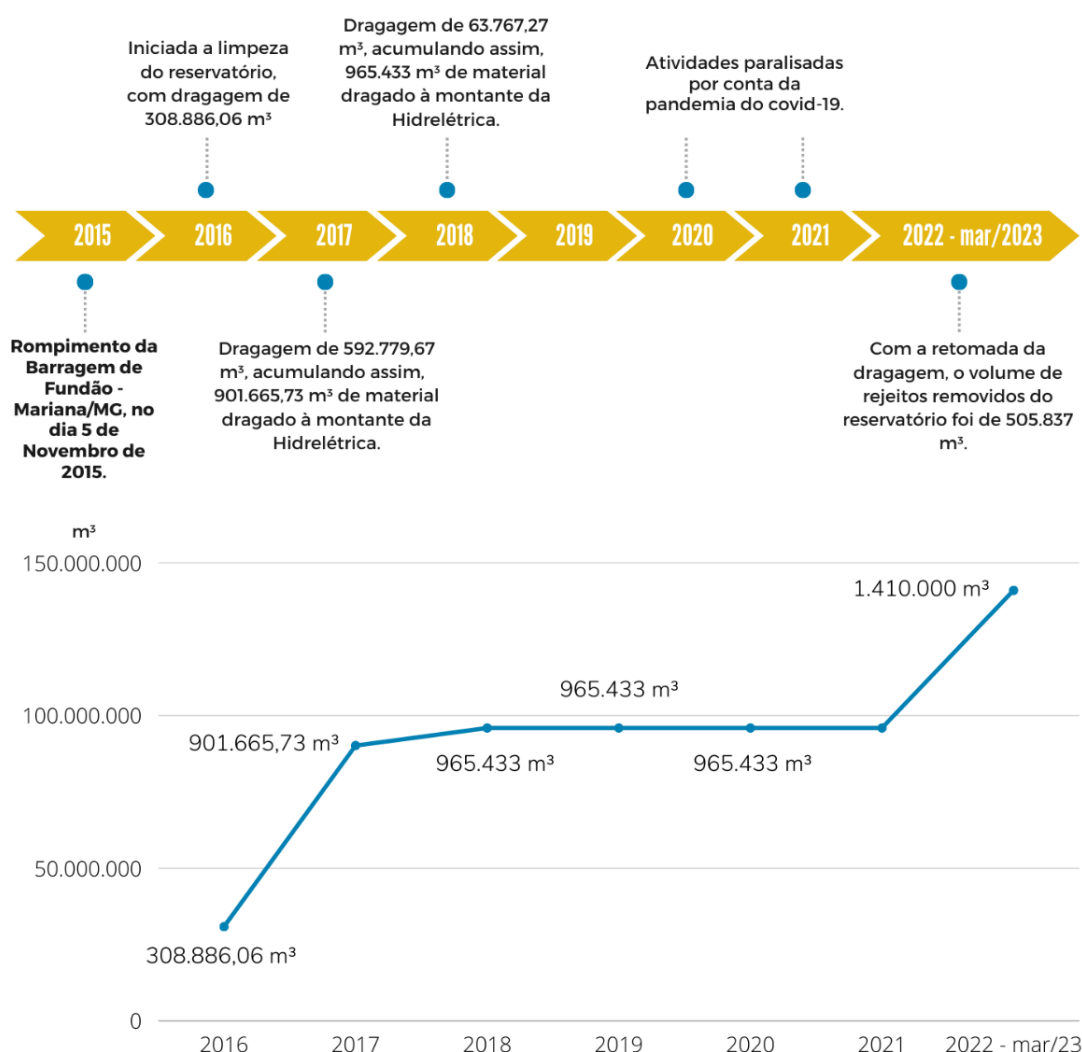
2.2 CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DE INTERRELAÇÕES ENVOLVENDO AÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA E ASPECTOS DE QUANTIDADE/QUALIDADE DA ÁGUA E BIODIVERSIDADE AQUÁTICA

2.2.1 Quantidade De Material Dragado Na UHE Risoleta Neves

Figura 10: Índice de quantidade de material dragado na UHE Risoleta Neves.

LINHA DO TEMPO DOS PRINCIPAIS NÚMEROS DE RECUPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO DA UHE RISOLETA NEVES, POR PARTE DA FUNDAÇÃO RENOVA

Baseado nos dados do Programa 09- Recuperação do Reservatório da UHE Risoleta Neves



META

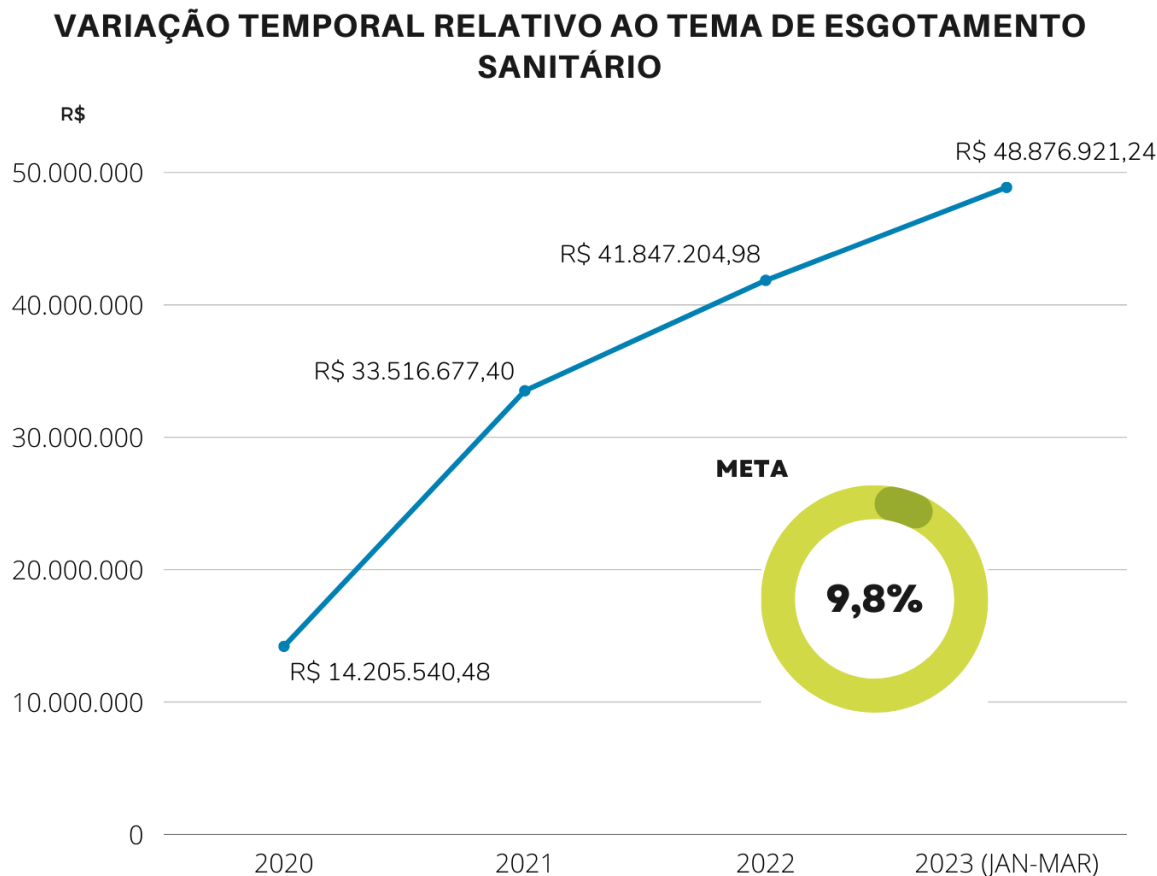
Restabelecimento das condições de operação da Usina Hidrelétrica Risoleta Neves por meio da implantação de ações de desassoreamento na área de alagamento da hidrelétrica e de reparo de infraestrutura, com remoção emergencial de 960.000 m³ de rejeito e remoção de 450.000 m³ na retomada da dragagem após a paralisação das obras por conta da pandemia do COVID-19.



Para o índice de quantidade de material dragado, foi identificada ação, no âmbito do programa 09 da Fundação Renova, que objetiva: “Restabelecimento das condições de operação da Usina Hidrelétrica Risoleta Neves por meio da implantação de ações de desassoreamento na área de alagamento da hidrelétrica e de reparo de infraestrutura.” As atividades foram iniciadas em 2016, com o objetivo de remoção emergencial do rejeito, sendo definida a área prioritária para as obras de dragagem como “400 m a montante do barramento”. Nessa região foram identificados, logo após o rompimento, 550.000 m³ de material. Porém, após o período chuvoso de 2015/2016, a quantidade de material subiu para 1.600.000 m³ por conta do aporte de sedimentos. Nesse contexto, a primeira meta das obras de dragagem consistiu na remoção de 960.000 m³, até 2019. Nos anos de 2020 e 2021 as obras foram paralisadas devido à pandemia da COVID-19, sendo retomadas, então, em maio de 2022. Desde seu retorno, as obras de dragagem atingiram as metas impostas pela Fundação Renova, acumulando atualmente 1.410.000 m³ de material dragado. Vale ressaltar que o cumprimento da meta não significa que todo o material depositado no reservatório usina foi removido. Portanto, está prevista continuidade da remoção. Todo o material dragado é acomodado na Fazenda Floresta, localizada a 3 km da usina. A Fazenda Floresta foi proposta em 2016 como uma área definitiva para disposição dos rejeitos dragados do reservatório da UHE Risoleta Neves. No local, o rejeito é disposto em pilhas de rejeito/estéril após o desaguamento do material, ocupando uma área estimada de 39,52 ha.

2.2.2 Índice De Repasse Para Ações De Esgotamento Sanitário

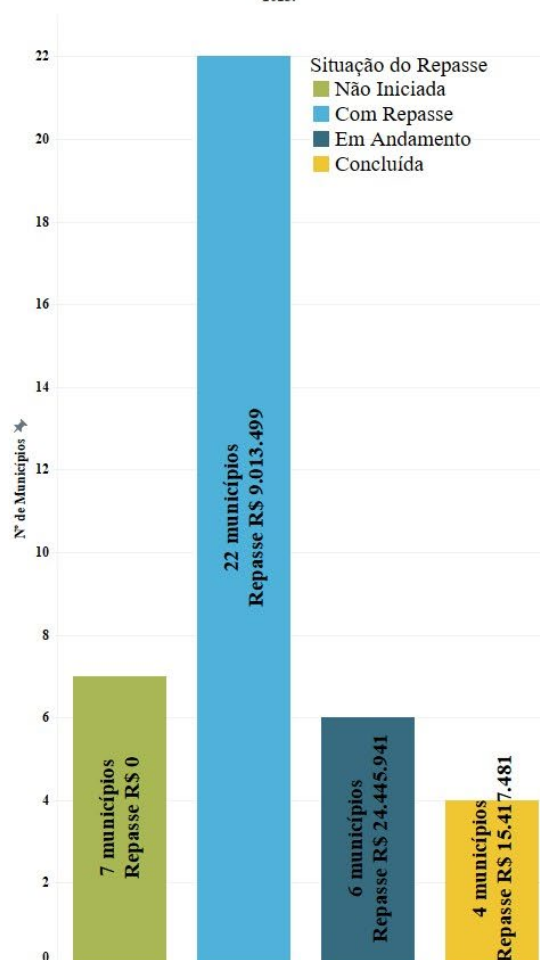
Figura 11: Variação Temporal do Repasse Financeiro (R\$) do Programa 31 da Fundação Renova



As ações de esgotamento sanitário compõem o Programa 31 (PG 31) da Fundação Renova. Para estas ações foram avaliados os repasses financeiros e suas distribuições entre os municípios, a situação dos repasses e os quantitativos de municípios em cada situação (referente aos repasses). A Figura 11 apresenta a evolução temporal dos repasses financeiros. Estima-se que foi repassado até março de 2023 um valor total R\$ 48.876.921,24, que corresponde a 9,8% do total acordado no TTAC, R\$ 500.000.000.

Figura 12: Distribuição dos repasses financeiros aos municípios do Programa 31 - Situação identificada até março de 2023

Quantidade de municípios por situação quanto ao repasse financeiro em março de 2023.

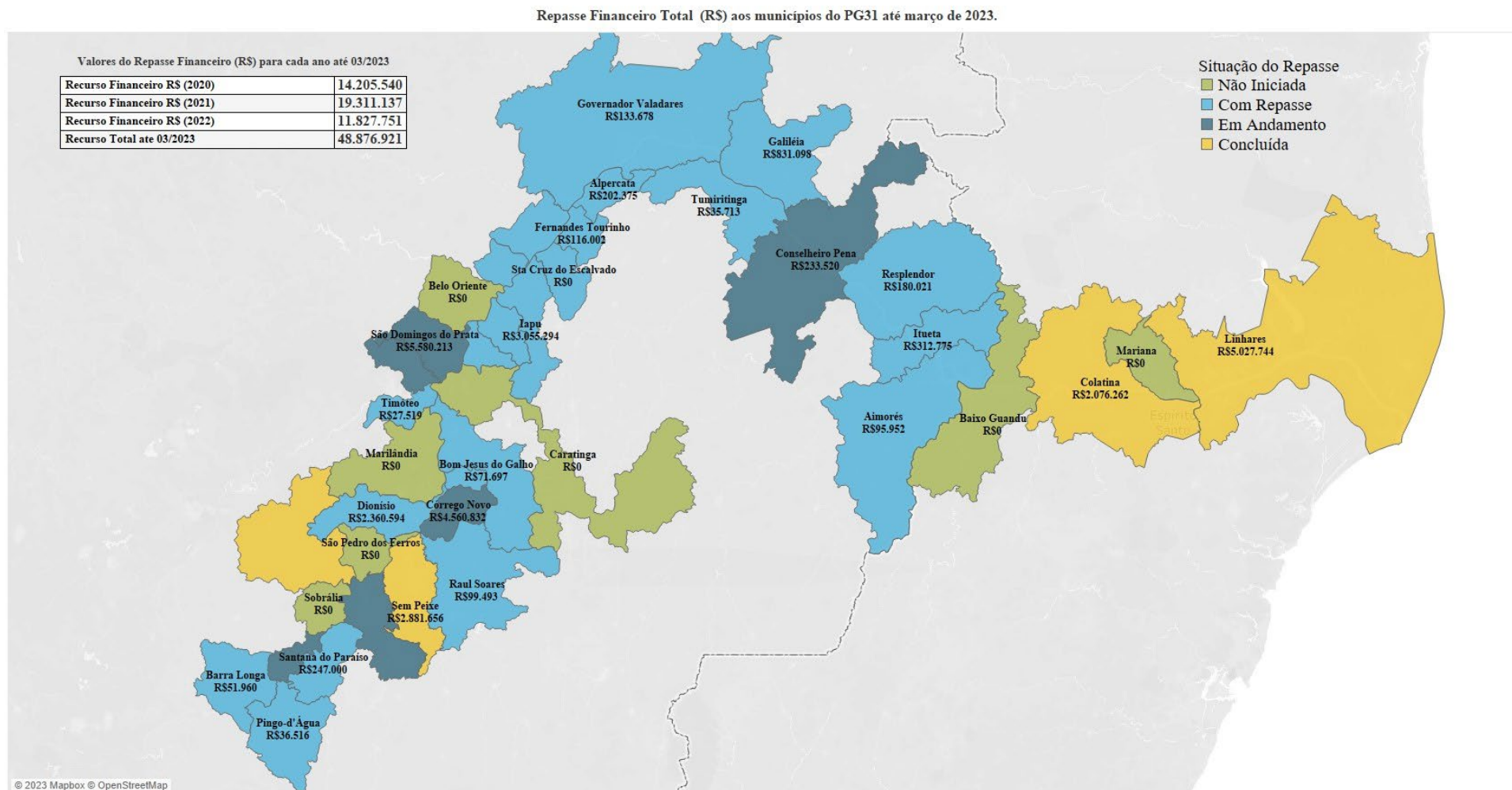


Identificação dos municípios quanto a situação do Repasse Financeiro até março de 2023

Aimorés Repasso R\$95.952	Alpercata Repasso R\$202.375	Barra Longa Repasso R\$51.960	Bom Jesus do Galho Repasso R\$71.697	Bugre Repasso R\$285.760	Baixo Guandu Repasso R\$0	Belo Oriente Repasso R\$0	Conselheiro Pena Repasso R\$233.520	Córrego Novo Repasso R\$4.560.832
Dionísio Repasso R\$2.360.594	Ipaba Repasso R\$290.841	Itueta Repasso R\$312.775	Marliéria Repasso R\$25.349	Naque Repasso R\$326.869	Caratinga Repasso R\$0	Mariana Repasso R\$0	Ipatinga Repasso R\$7.200.101	Rio Casca Repasso R\$3.665.381
Fernandes Tourinho Repasso R\$116.002	Galiléia Repasso R\$831.098	Periquito Repasso R\$226.993	Resplendor Repasso R\$180.021	Santana do Paraíso Repasso R\$247.000	Marilândia Repasso R\$0	São Pedro dos Ferros Repasso R\$0	Rio Doce Repasso R\$3.205.894	São Domingos do Prata Repasso R\$5.580.213
Governador Valadares Repasso R\$133.678	Pingo-d'Água Repasso R\$36.516	Sta Cruz do Escalvado Repasso R\$0	Tumiritinga Repasso 35.713		Sobralia Repasso R\$0	Colatina Repasso R\$2.076.262	Sem Peixe Repasso R\$2.881.656	
Iapu Repasso R\$3.055.294	Raul Soares Repasso R\$99.493	Timóteo Repasso R\$27.519			Linhares Repasso R\$5.027.744	São José do Goiabal Repasso R\$5.431.819		

A Figura 12 apresenta a distribuição dos repasses financeiros aos municípios dentro do Programa 31. É apresentada também a situação do desenvolvimento das obras correlatas. Dos municípios contemplados pelas ações do PG31 verificou-se que 7 se encontram com repasse ainda não iniciado, 22 estão em fase inicial do repasse da verba, seis se encontram com obras em andamento e quatro com obras concluídas.

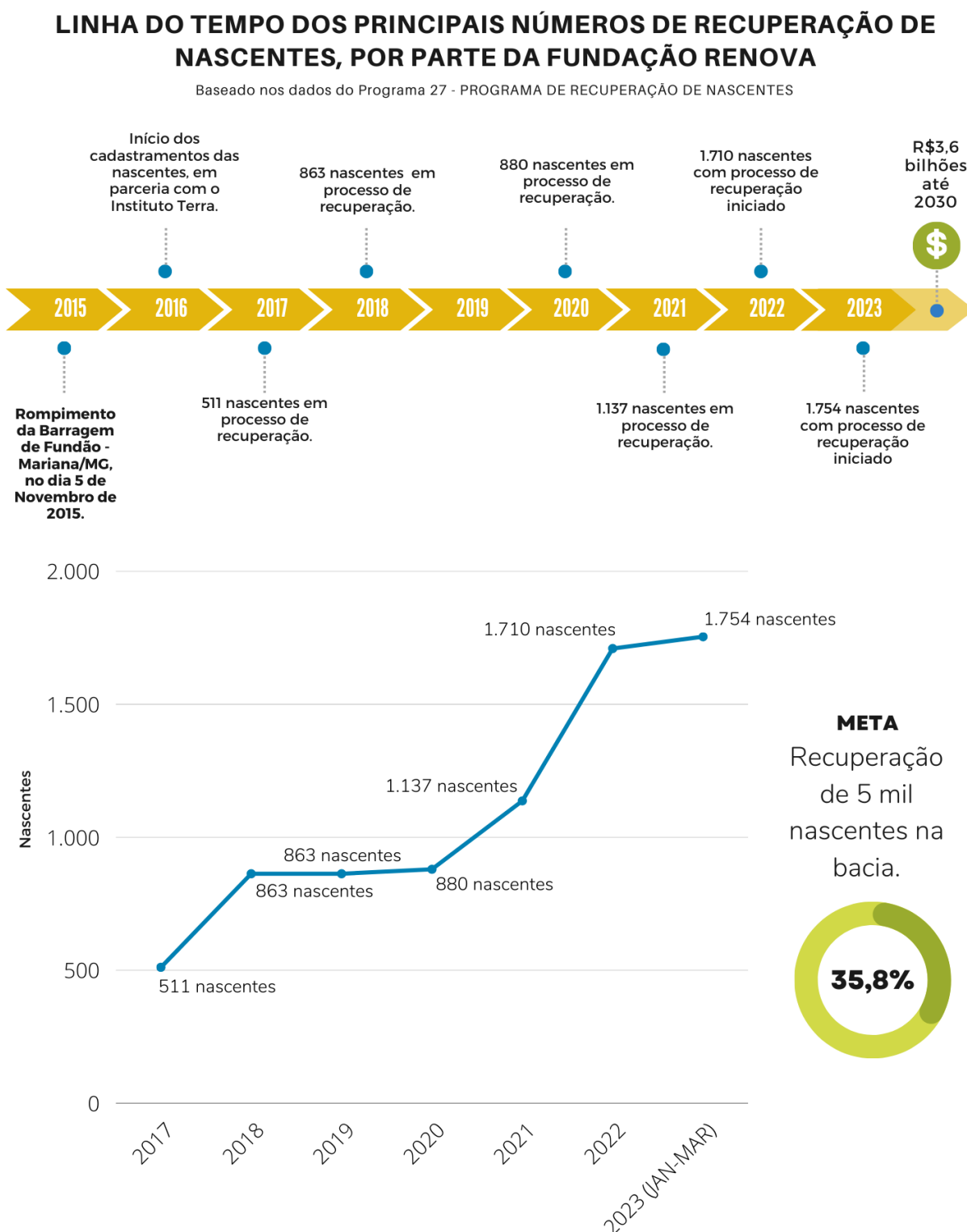
Figura 13: Localização dos municípios e situação quanto aos repasses financeiros (R\$)



Na Figura 13, estão mapeados os municípios inseridos no Programa 31 e suas respectivas situações quanto aos repasses financeiros. Os municípios que tiveram obras de esgotamento sanitário concluídas são Sem-Peixe e São José do Goiabal, no Estado de Minas Gerais, e Colatina e Linhares, no Estado do Espírito Santo. Os repasses financeiros anuais foram R\$14.205.540 no ano de 2020, R\$19.311.137 no ano de 2021 e R\$ 11.827.751 no ano de 2022, totalizando até março de 2023 R\$ 42.990. 988.

2.2.3 Índice De Nascentes Recuperadas

Figura 14: Índice de nascentes recuperadas.



Municípios beneficiados até março/23: Alpercata, Governador Valadares, Tumiritinga, Galiléia, Resplendor, Itueta, , Mariana, Barra Longa, Ponte Nova, Santana do Paraíso, Belo Oriente, Periquito, Fernandes Tourinho, Aimorés, Santa Cruz do Escalvado, **Baixo Guandu (ES), Colatina (ES), Linhares (ES) e Marilândia (ES).**

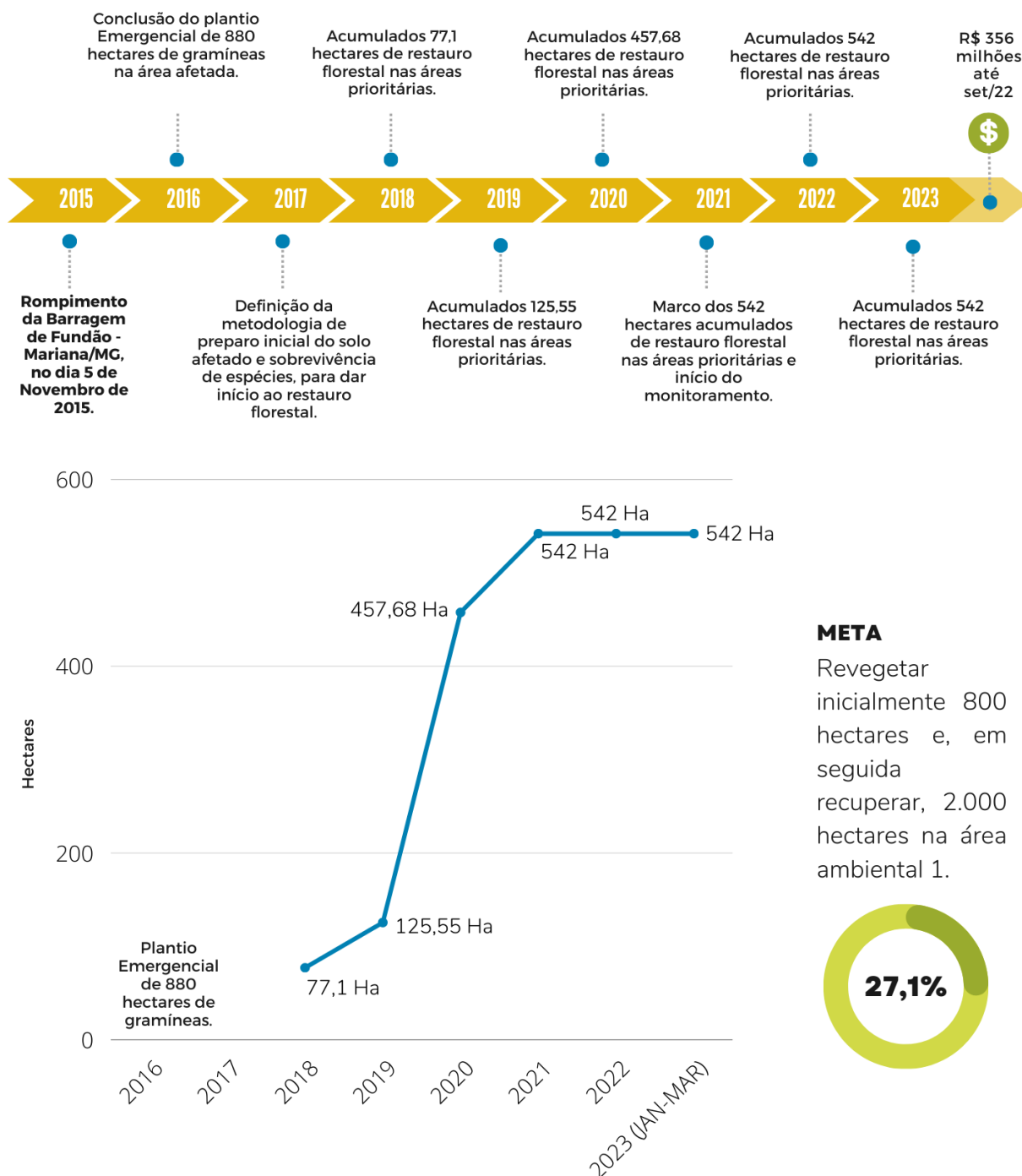
Para o índice de nascentes recuperadas, foram identificadas ações, no âmbito do programa 27 da Fundação Renova, que visam a recuperação de nascentes na bacia do rio Doce até 2030, demandando investimento previsto de R\$ 3,6 bilhões. Até março de 2023, 35,8% da meta foi executado. O programa visa abranger nascentes localizadas nos municípios de Mariana, Barra Longa, Santa Cruz do Escalvado, Alpercata, Governador Valadares, Tumiritinga, Galiléia, Resplendor, Itueta, Ponte Nova, Santana do Paraíso, Belo Oriente, Periquito, Fernandes Tourinho e Aimorés, em Minas Gerais, bem como em Baixo Guandu, Colatina, Marilândia e Linhares, no Espírito Santo. Em 2017, o total de 511 nascentes protegidas foi alcançado, em regiões das bacias dos rios Suaçuí Grande, em Minas Gerais, e Santa Maria do Rio Doce e Pancas, no Espírito Santo. Em 2018, 352 foram protegidas e recuperadas, totalizando 863 nascentes com processos de recuperação iniciados. Em 2019, ocorreu plantio de 355 mil mudas para recuperação dessas 863 nascentes protegidas. Em 2020, 880 nascentes, no total, entraram em processo de recuperação e 239 mil mudas foram plantadas. Em 2021, este número cresceu para 1.137 nascentes e o total acumulado para 2022 foi de 1.710 nascentes em processo de recuperação. Para o período do presente relatório, até o mês de março de 2023, foi acumulado um montante de 1.754 nascentes em processo de recuperação.

2.2.4 Índice De Áreas Reflorestadas

Figura 15: Índice de Restauro Florestal

LINHA DO TEMPO DOS PRINCIPAIS NÚMEROS DO RESTAURO FLORESTAL NAS ÁREAS PRIORITÁRIAS, POR PARTE DA FUNDAÇÃO RENOVA

Baseado nos dados do Programa 25 - REVEGETAÇÃO, ENROCAMENTOS E OUTROS MÉTODOS



Municípios beneficiados até março/2023: Mariana, Barra Longa, Ponte Nova e Santa Cruz do Escalvado

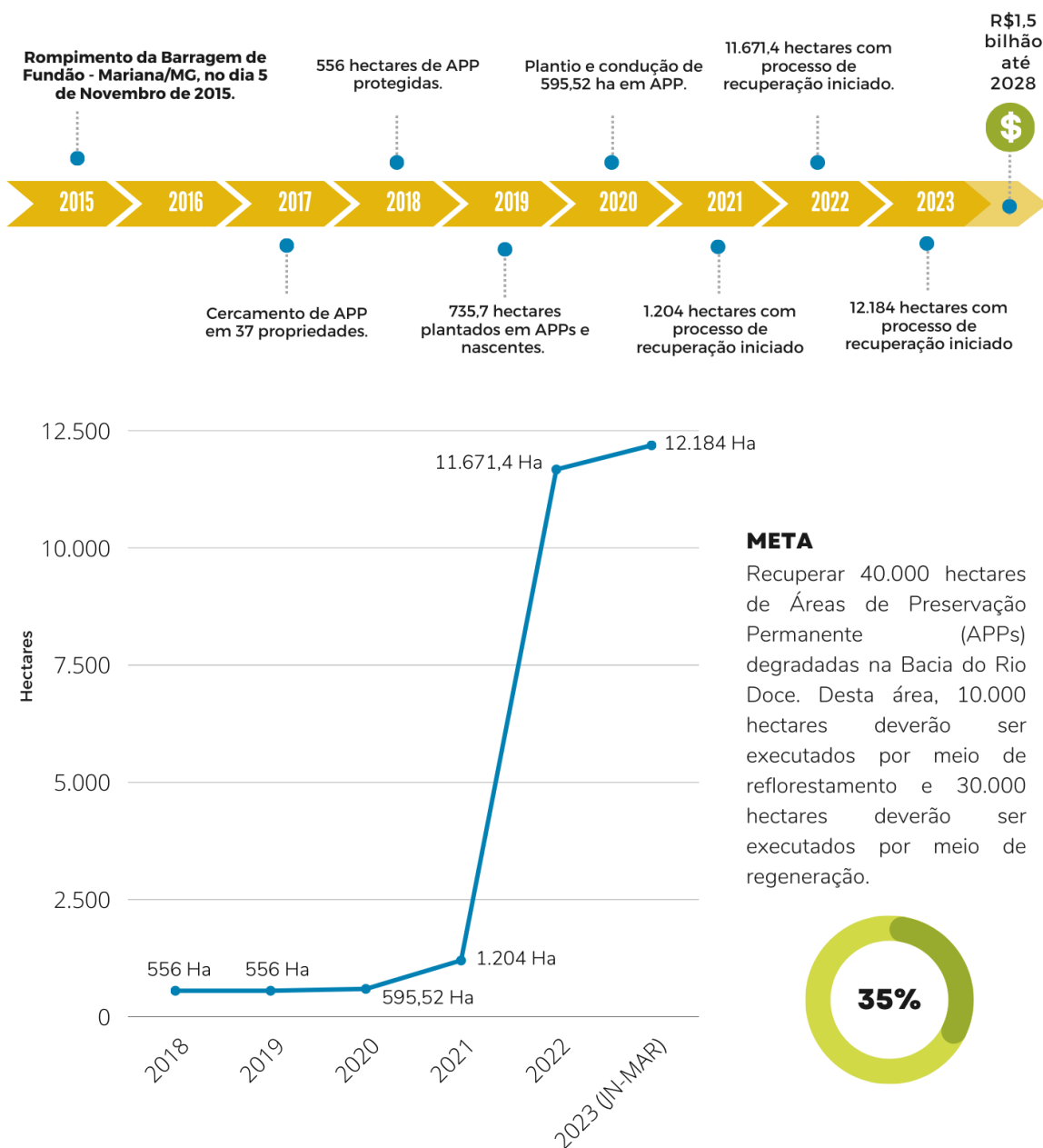
Para o índice de áreas reflorestadas, foram identificadas ações, no âmbito do programa 25 da Fundação Renova, que visam a recuperação das áreas diretamente atingidas pelo rompimento da barragem. Estas áreas englobam os municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado. As ações foram iniciadas em 2016, ano seguinte ao rompimento da Barragem de Fundão, com o plantio emergencial de 800 ha de gramíneas na área diretamente afetada, que tem porções nos municípios listados. Em 2017, foi elaborada a metodologia de restauro florestal para a área afetada, visando preparação do solo e sobrevivência das espécies. Desde então, foram restaurados nessa área 542 hectares, com investimento de R\$ 356 milhões. Considerando que 1.026,65 hectares foram devastados e tiveram coberturas vegetais removidas pela lama na área diretamente afetada (FREITAS; SILVA; MENEZES, 2016), de acordo com os dados levantados, 56,6% foram recuperados. A meta da Fundação Renova consiste em recuperar 2.000 hectares dessa área. É observado na Figura 15 que, até março de 2023, 27,1% da meta proposta foi alcançada. Ressalta-se ainda que a partir de 2021 foi iniciado monitoramento das áreas restauradas, previsto para ser realizado até 2026, com investimento de R\$ 81 milhões. A Fundação Renova é responsável pela manutenção das ações, incluindo roçadas, adubações, combates a formigas e replantios.

2.2.5 Índice De Áreas De Preservação Permanente Recuperadas

Figura 16: Índice de Recuperação de APPs.

LINHA DO TEMPO DOS PRINCIPAIS NÚMEROS DA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP), POR PARTE DA FUNDAÇÃO RENOVA

Baseado nos dados do Programa 26 - RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPS) E RECARGAS HÍDRICAS

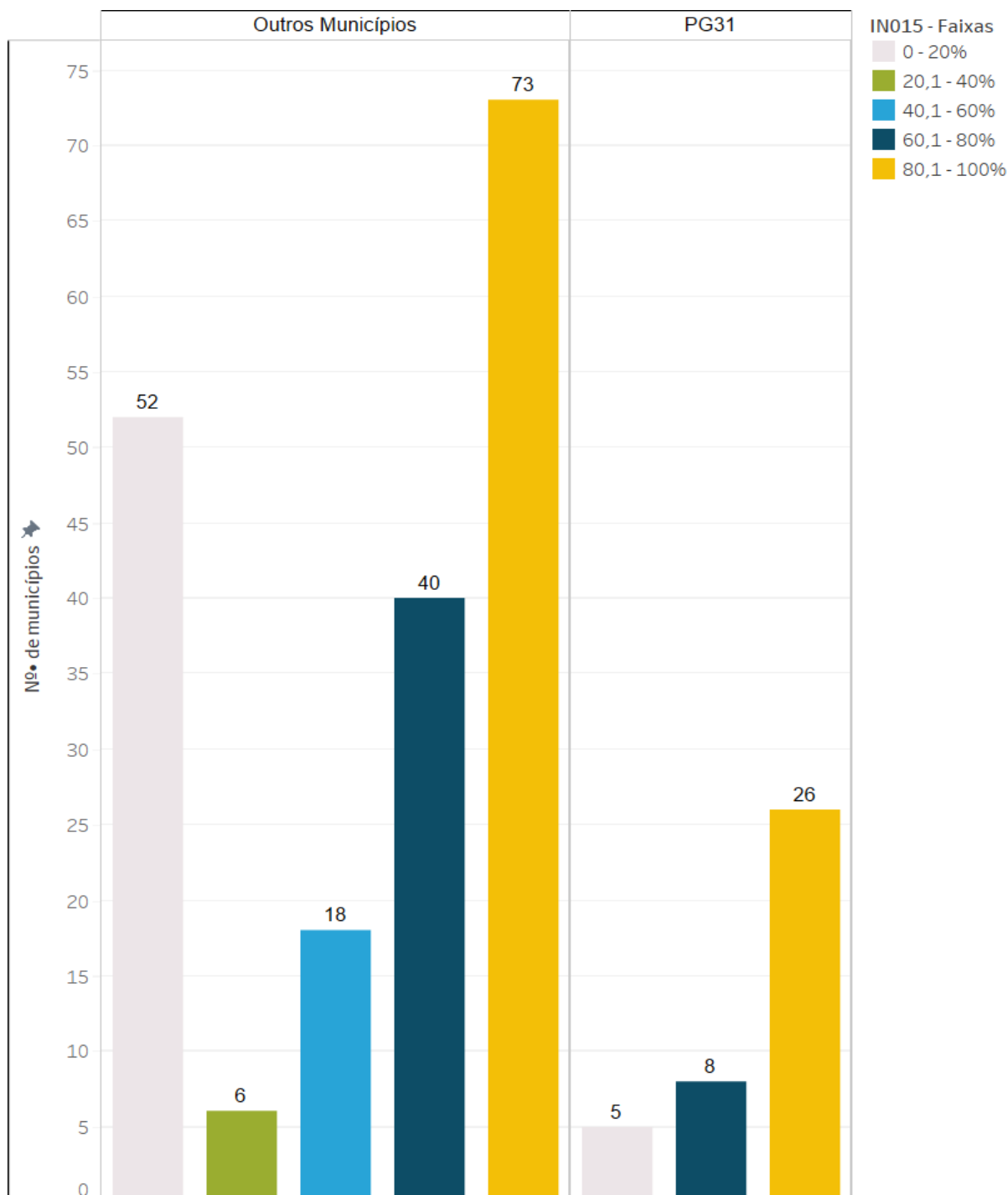


Municípios beneficiados até março/23: Alpercata, Governador Valadares, Tumiritinga, Galiléia, Resplendor, Itueta, Mariana, Barra Longa, Ponte Nova, Santana do Paraíso, Belo Oriente, Periquito, Fernandes Tourinho, Santa Cruz do Escalvado, Marilândia (ES), Pancas (ES), Baixo Guandu (ES), Colatina (ES), Linhares (ES).

Para o índice de áreas de APPs em recuperação, foram identificadas ações, no âmbito do programa 26 da Fundação Renova, que visam recuperar áreas de preservação permanente da bacia do rio Doce. As principais ações relacionadas com este tema foram iniciadas em 2017, com o cercamento de APPs em 37 propriedades, no município de Mariana. Em 2018, houve expansão das ações de proteção de APPs, com 556 hectares em processos de recuperação e contemplando áreas nos municípios de Galiléia, São Vitor (Governador Valadares), Periquito e Coimbra, no estado de Minas Gerais, bem como em Pancas, Marilândia e Colatina, no estado do Espírito Santo. Destes. Dos municípios listados, Pancas e Coimbra não fazem parte do grupo de municípios diretamente afetados pelo rompimento da Barragem de Fundão. A área se manteve em 556 hectares em 2019 e aumentou para 595,52 hectares em 2020. No ano de 2021, a área aumentou para 1.204 hectares. Em 2022 houve aumento para 11.671 hectares. Em 2023 a área acumulada equivaleu a 12.184 hectares. Estima-se até 2028 investimento de 1,5 bilhão, contemplando áreas nos municípios de Mariana, Barra Longa, Santa Cruz do Escalvado, Alpercata, Governador Valadares, Tumiritinga, Galiléia, Resplendor, Itueta, Ponte Nova, Santana do Paraíso, Belo Oriente, Periquito, Fernandes Tourinho, em Minas Gerais, e Marilândia, Pancas, Baixo Guandu, Colatina e Linhares, no Espírito Santo. Todos estes municípios foram diretamente afetados pelos impactos do rompimento da barragem. No total, a Fundação Renova pretende recuperar 40.000 hectares de APPs degradadas na Bacia do Rio Doce, sendo 10.000 hectares por meio de reflorestamento e 30.000 hectares por meio de regeneração. Até março de 2023, 35% da meta proposta foi alcançada.

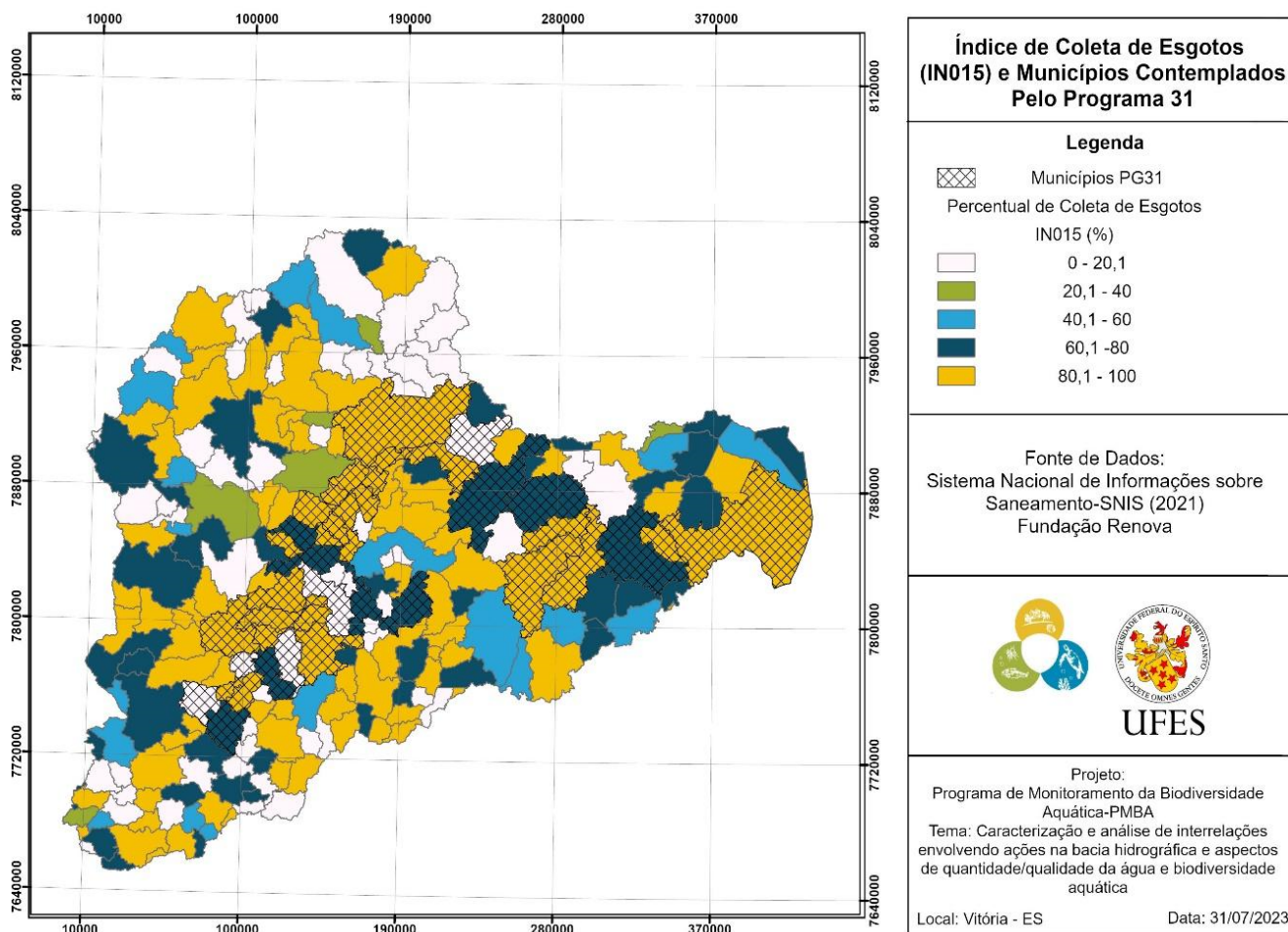
2.2.6 Índices de Estimativas de Esgotamento Sanitário

Figura 17: Distribuição dos municípios quanto ao IN015 - Taxa de cobertura do serviço de coleta de esgotos em relação à população total do município do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento



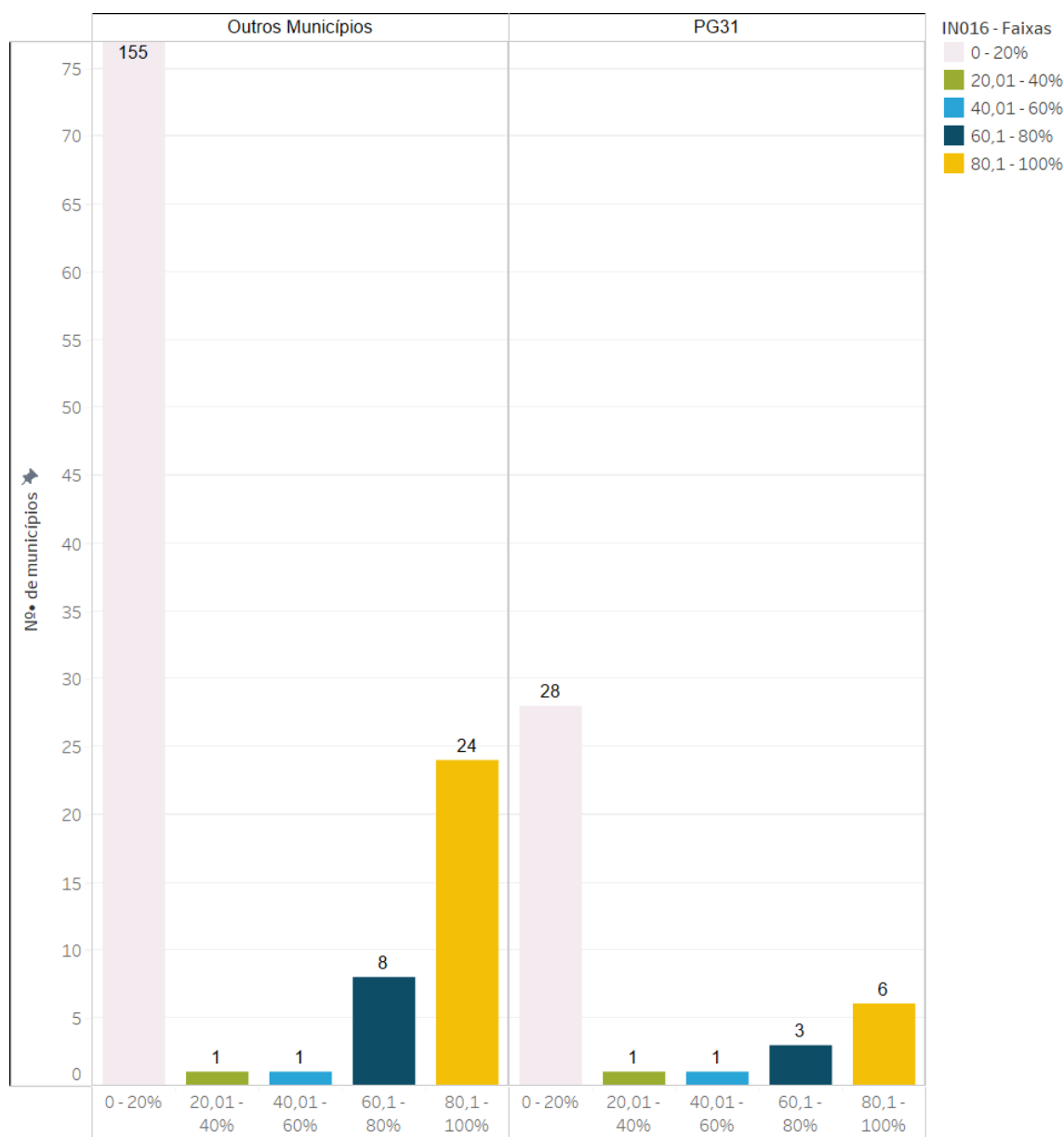
A Figura 17 agrupa os municípios em 5 diferentes faixas de atendimento ao IN015, separando estes quanto à participação ou não no Programa 31 (PG31) da Fundação Renova. Dos 39 municípios que compõem o PG031, 26 possuem de 80,1 a 100% de atendimento de coleta de esgotos, correspondendo a um percentual de aproximadamente 66,6%. Os valores de números de municípios não participantes do PG 31 são apresentados no lado esquerdo do gráfico sob o título “Outros Municípios”, havendo 73 municípios presentes na faixa de 80,1 a 100%, o que corresponde aproximadamente a 38,62% do total de municípios pertencentes ao grupo “Outros Municípios”. O grupo “Outros Municípios” possui 27,51%, o que corresponde a 52 municípios, com valores de atendimento do IN015 dentro da faixa inferior (0-20%), enquanto que o grupo do PG 31 apresenta 12,82% (5 municípios) de seu conjunto de municípios dentro dessa mesma faixa.

Figura 18: Espacialização do IN015 e municípios integrantes do PG31.



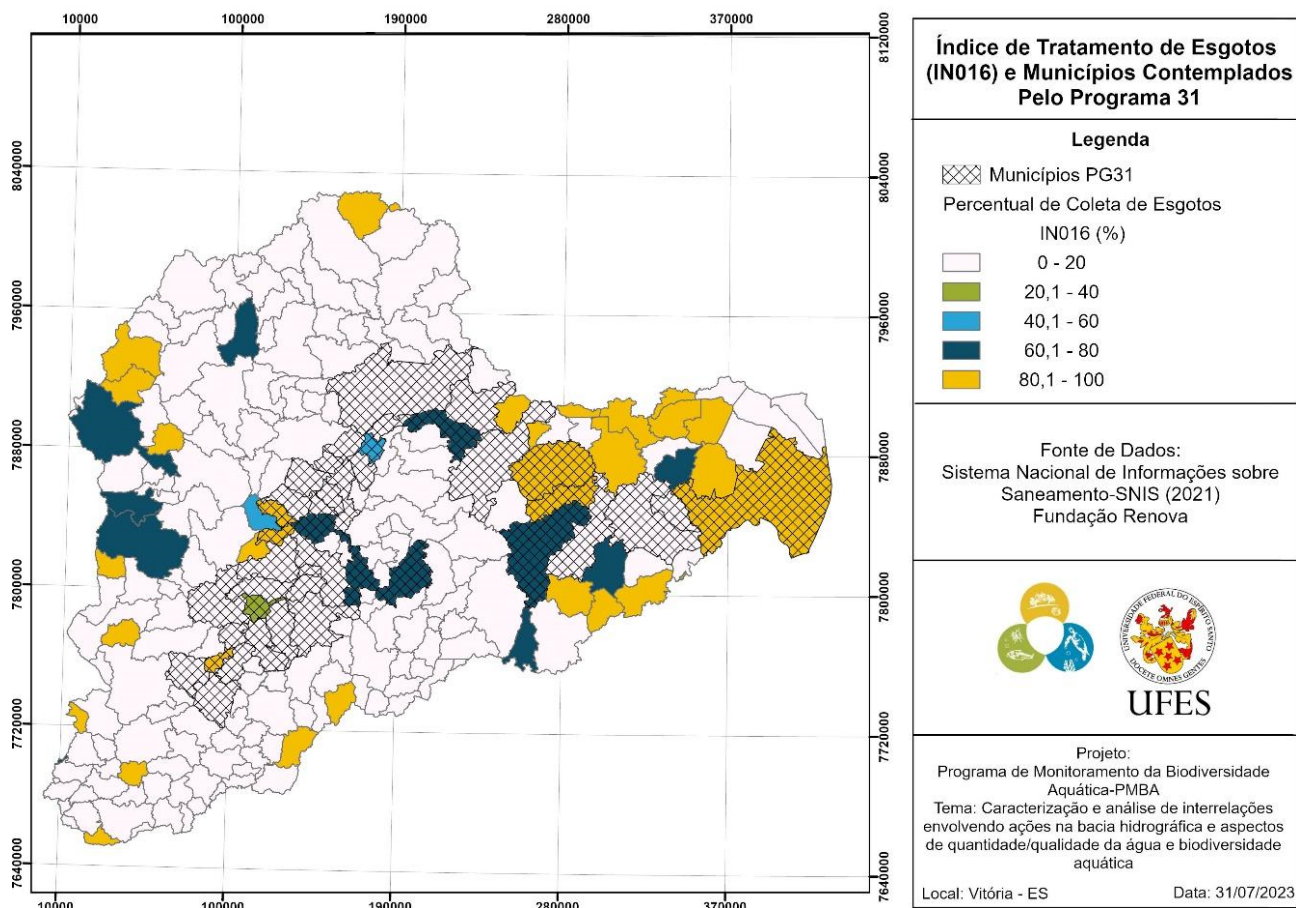
A Figura 18 apresenta a espacialização do IN015 e destaca o conjunto de municípios participantes do PG 31.

Figura 19: Distribuição dos municípios quanto ao IN016 - Taxa de cobertura do serviço de tratamento de esgotos em relação à população total do município do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.



A Figura 19 agrupa os municípios em 5 diferentes faixas de atendimento ao IN016, separando estes quanto a participação ou não no Programa 31 (PG31) da Fundação Renova. Dos 39 municípios que compõem o PG031, seis apresentam atendimento de tratamento de esgotos (IN016) dentro da faixa de 80,1 a 100%, correspondendo a um percentual de aproximadamente 15,38%. Os municípios não participantes do PG 31 se encontram apresentados no lado esquerdo do gráfico sob o título “Outros Municípios”, havendo 24 municípios presentes na faixa de 80,1 a 100%, o que corresponde aproximadamente a 10,52% do total de municípios pertencentes ao grupo “Outros Municípios”. O grupo “Outros Municípios” possui 67,98%, o que corresponde a 155 municípios com valores de atendimento do IN016 dentro da faixa inferior (0-20%), enquanto que o grupo do PG 31 apresenta 71,79% (28 municípios) de seu conjunto de municípios dentro dessa mesma faixa.

Figura 20: Espacialização do IN016 e municípios integrantes do PG31.



A Figura 20 apresenta a espacialização do IN016 e destaca o grupo do PG31, que se encontra hachurado.

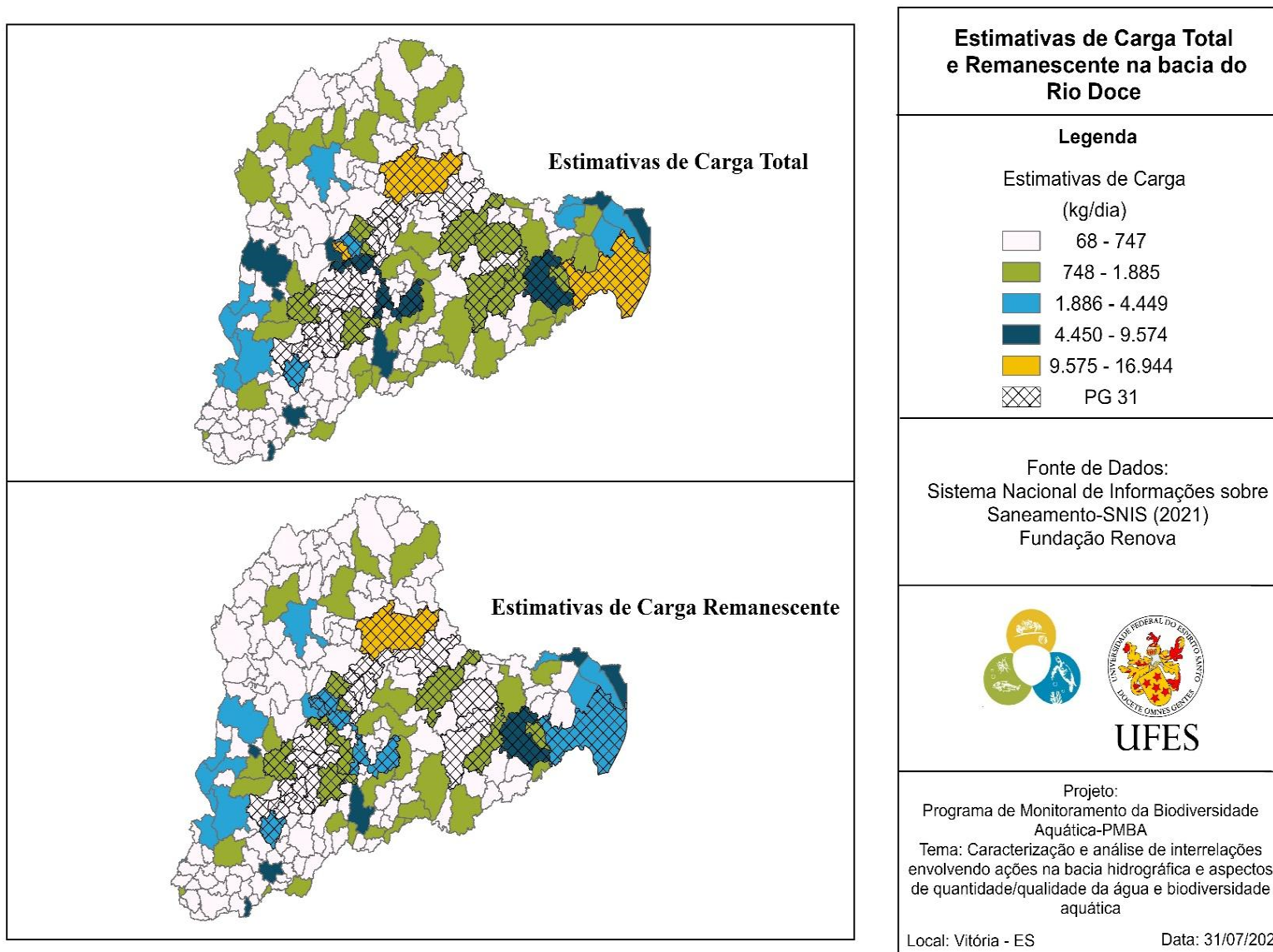
Tabela 4: Dados gerais dos municípios da bacia do Rio Doce.

Grupo	Carga Total (Kg/dia)	Carga Remanescente (Kg/dia)	Nº Municípios	Média IN015	Média IN016
Outros Municípios	173.745	146.240	189	59	16
PG31	91.586	56.505	39	77	23

Fonte: SNIS, 2021.

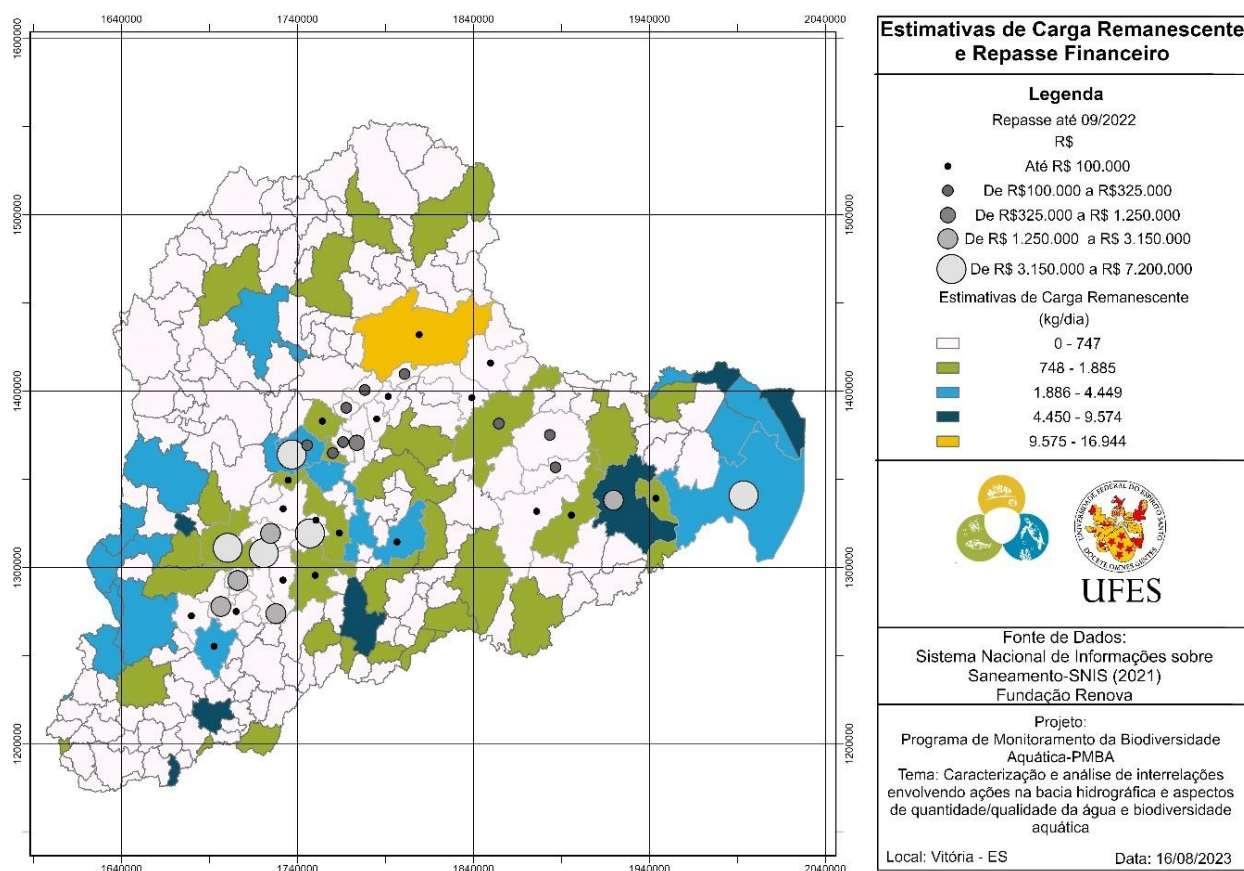
A Tabela 4 apresenta as estimativas totais de carga total (Kg/dia), carga remanescente (Kg/dia), número de municípios e média dos IN015 e IN016 para o conjunto de municípios do PG31 e para o conjunto formado pelos demais municípios (Outros Municípios). O conjunto de municípios do PG31 apresenta valores médios de coleta e tratamento de esgotos ligeiramente superiores aos do grupo “Outros Municípios”, entretanto estes valores ainda são relativamente baixos, principalmente quanto à taxa de tratamento (IN016).

Figura 21: Estimativas de Carga Total e Remanescente (kg/dia) para os municípios da bacia do Rio Doce.



A partir da metodologia apresentada nos itens 2.1.2 e 2.2.2 foram estimadas as cargas de DBO geradas por cada município da bacia do Rio Doce, e em seguida aplicados os índices de coleta - IN015 e tratamento - IN016, identificando -se assim a carga removida e a partir desta e da carga total calculou-se a carga remanescente, ou seja, não tratada, que cada município potencialmente produz. Os resultados da espacialização destas cargas são apresentados na Figura 21. A partir desta Figura é possível observar que alguns municípios mudam de faixa quanto á Carga Remanescente destacando, por exemplo, os municípios de Linhares (ES) e Ipatinga (MG).

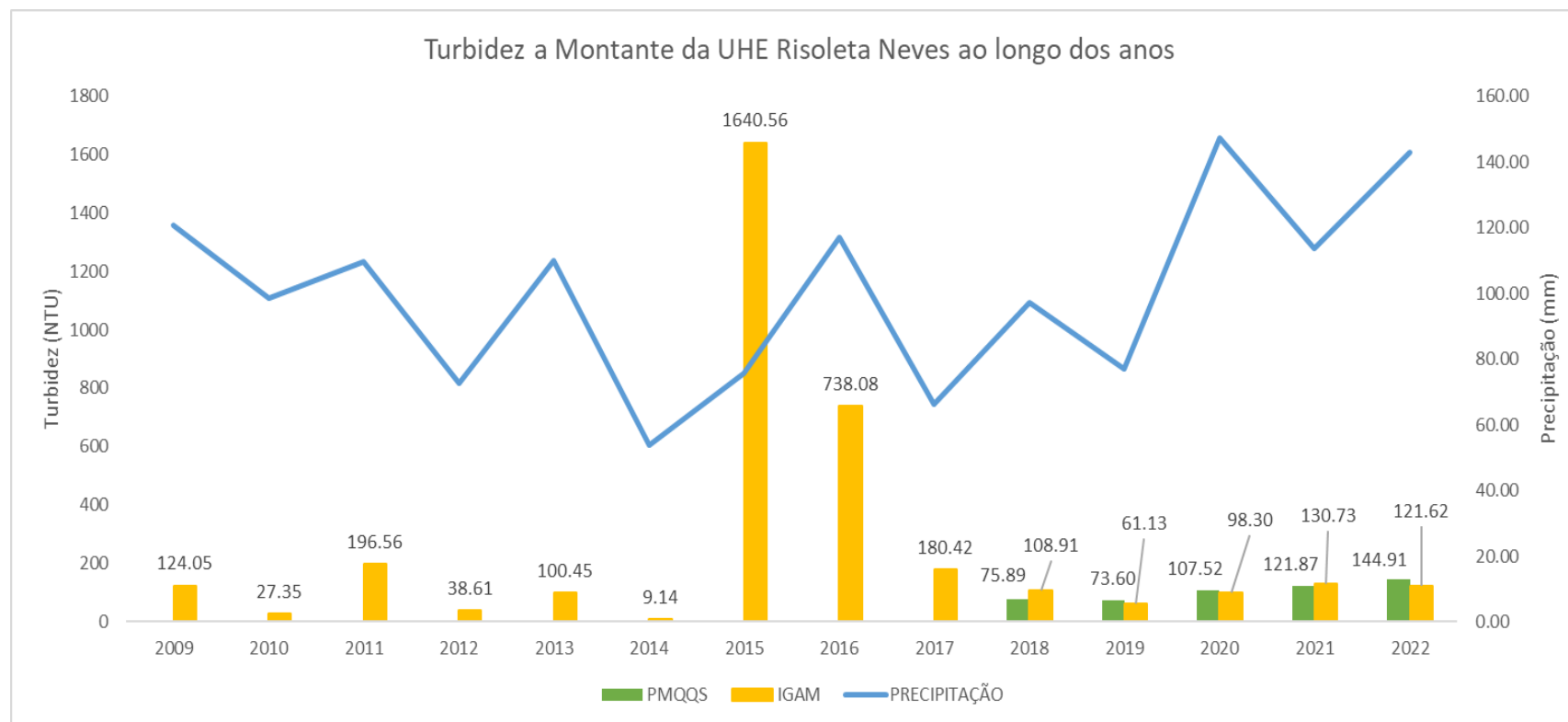
Figura 22: Valores (R\$) repassados pelo PG31 e Estimativas de Carga Remanescente (kg/dia).



A Figura 22 mostra os valores repassados pelo PG31 aos municípios que o compõem e as faixas de cargas remanescentes estimadas para cada município da bacia do Rio Doce. Destaca-se neste cenário o município de Governador Valadares, que possui o maior valor de Carga Total 16.900 kg/dia, com IN015 de 85% e sem tratamento de esgotos, não tendo recebido repasse financeiro.

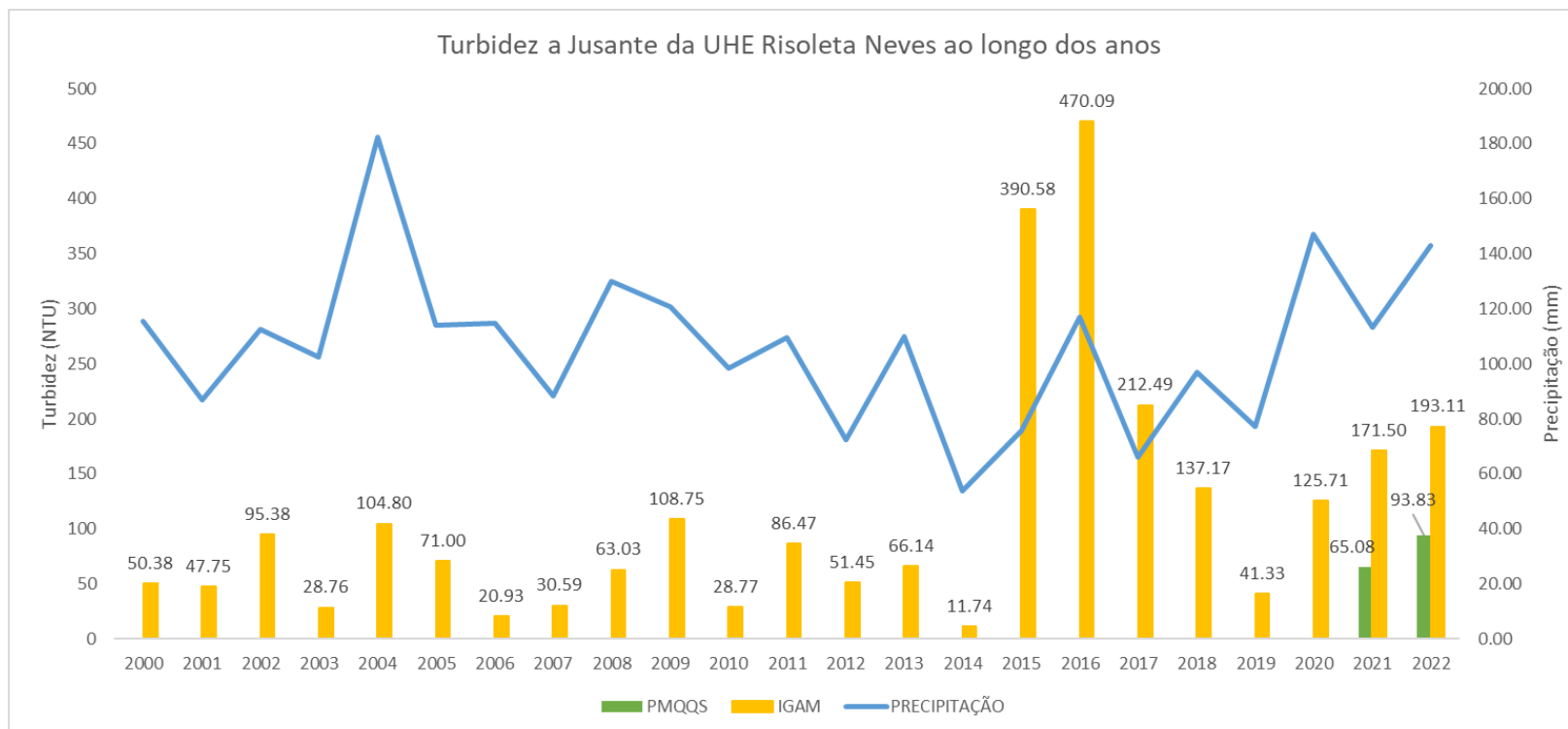
2.2.7 Levantamento e análise de informações relativas a monitoramentos de qualidade de água

Figura 23: Valores de Turbidez a montante do reservatório da UHE Risoleta Neves.



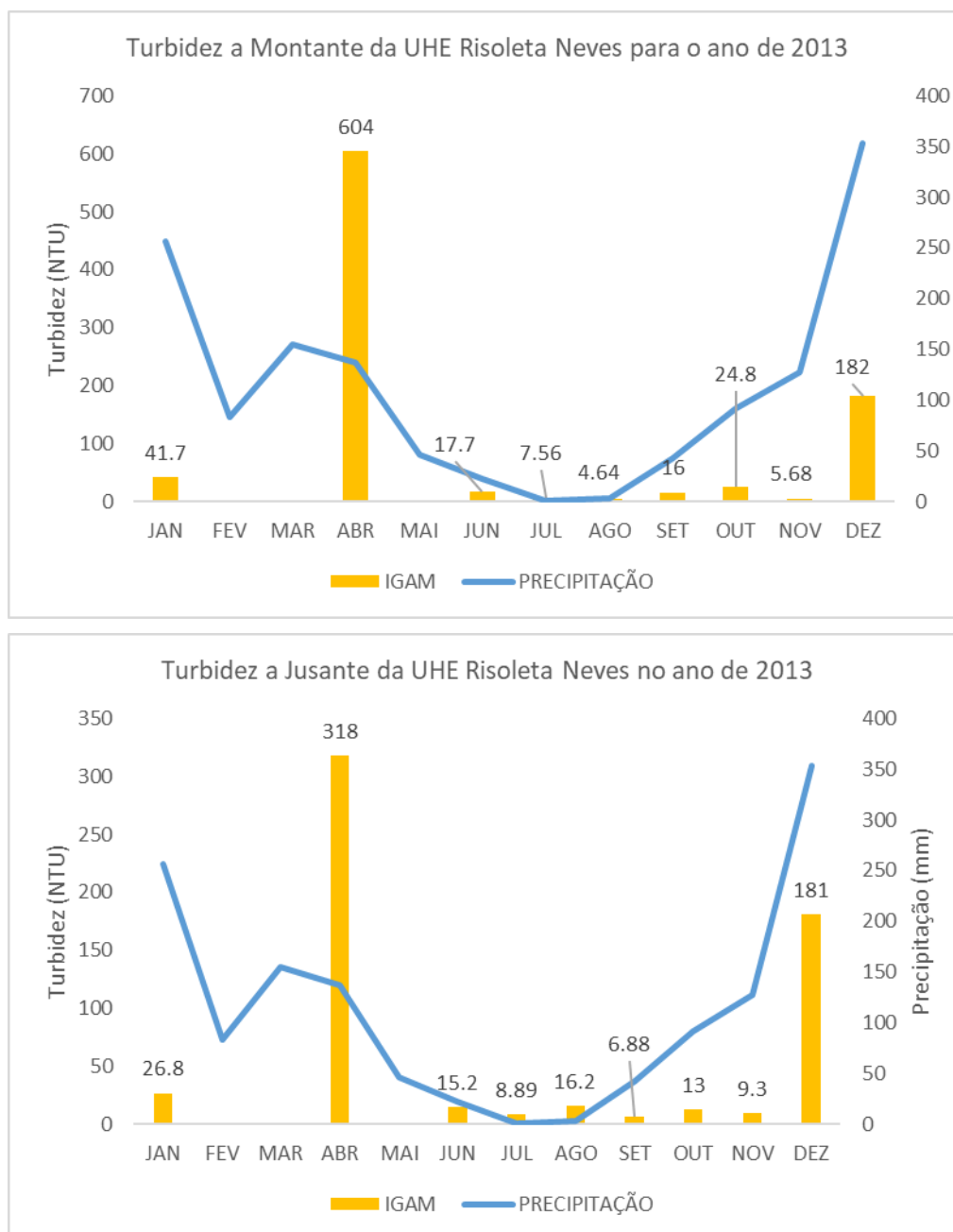
Na Figura 23 são apresentados os valores de turbidez a montante do reservatório da UHE Risoleta Neves ao longo dos anos de 2009 a 2022. Os dados contemplam estações operadas pelo IGAM e registradas no PMQQS (após o rompimento da barragem). Observa-se elevados valores médios de turbidez para os anos de 2015 e 2016 (1.640,56 NTU e 738,08 NTU, respectivamente), imediatamente após o rompimento da barragem de rejeitos de Mariana.

Figura 24: Valores de Turbidez a jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves.



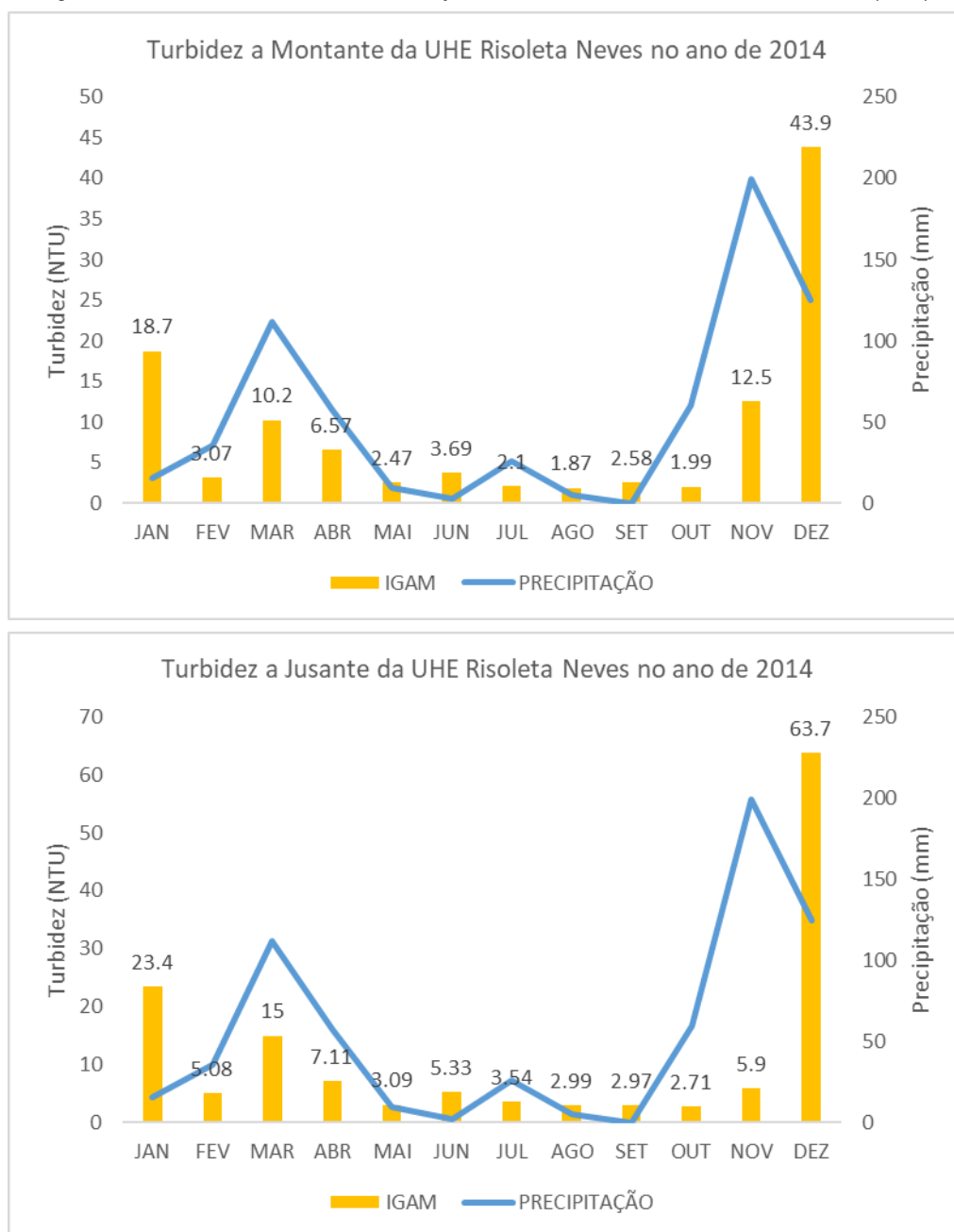
Na Figura 24 são apresentados valores de turbidez a jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves ao longo dos anos de 2000 a 2022. Cabe ressaltar que para a estação de jusante só foram identificados no portal de monitoramento do PMQQS dados referentes aos anos de 2021 e 2022. Os dados contemplam estações operadas pelo IGAM e registradas no PMQQS (após o rompimento da barragem). Observa-se elevados valores de médios de turbidez para os anos de 2015 e 2016 (390,58 NTU e 470,09 NTU, respectivamente), imediatamente após o rompimento da barragem de rejeitos de Mariana. Os valores de turbidez a jusante do reservatório, quando comparados com valores a montante, para os anos de 2015 e 2016, indicam redução relativa a este parâmetro, indicando retenção de material proveniente do rompimento da barragem de rejeitos no reservatório. Observa-se ainda, diferenças significativas nos valores de turbidez registrados nas estações do IGAM e do PMQQS nos anos de 2021 e 2022. Essa discrepância pode ter ocorrido devido às diferentes localidades onde as estações estão inseridas e às diferentes datas e horários.

Figura 25: Valores de Turbidez a montante e jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves (2013).



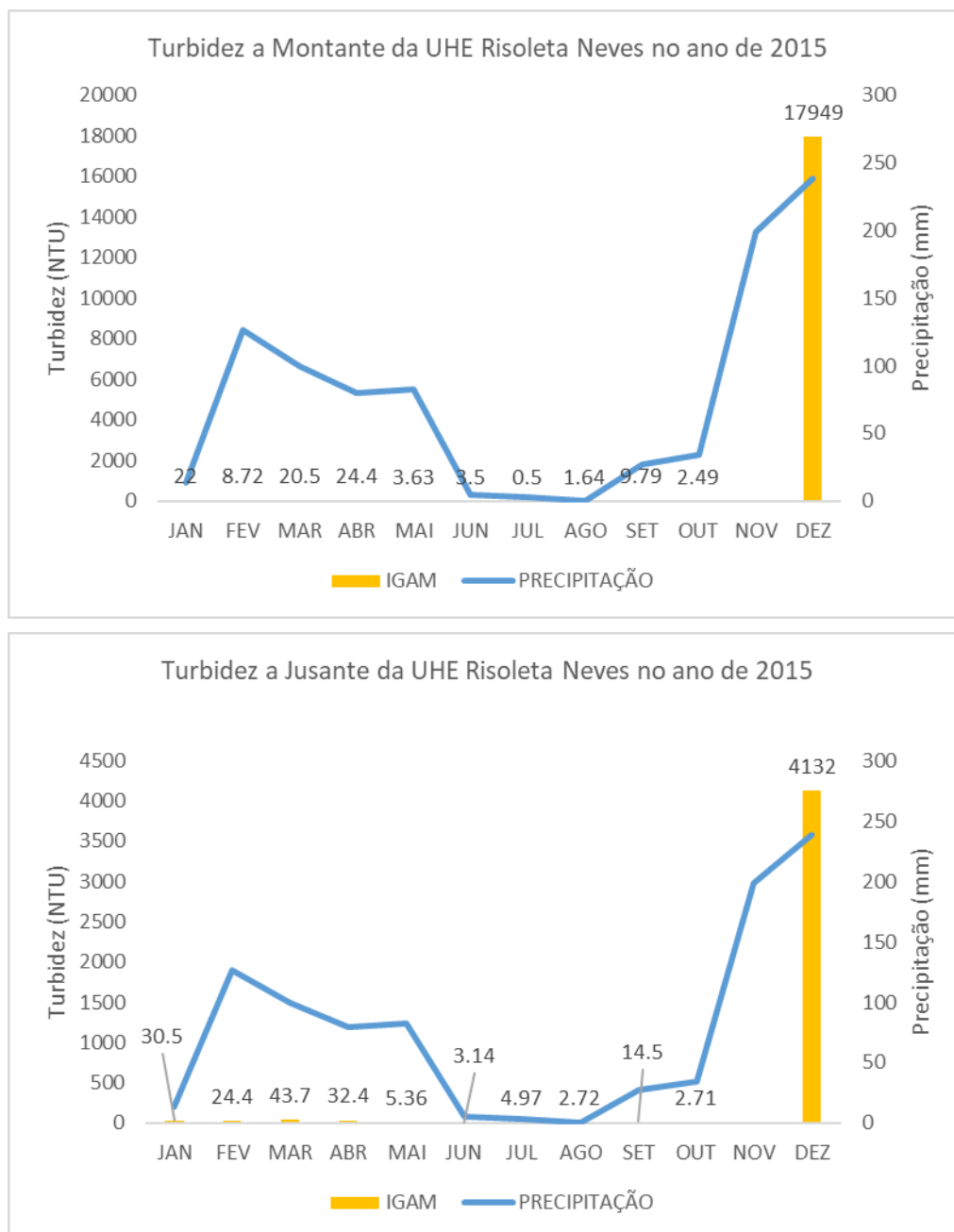
Na Figura 25 são apresentados os valores médios mensais de turbidez a montante e a jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves durante o ano de 2013, período anterior ao rompimento da barragem de rejeitos. Vale ressaltar que estes dados foram registrados em estações operadas pelo IGAM. Observa-se valores mais elevados de turbidez para os meses de abril (318 NTU) e de dezembro (181 NTU) a montante e a jusante do reservatório da UHE, respectivamente.

Figura 26: Valores de Turbidez a montante e jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves (2014).



Na Figura 26 são apresentados os valores médios mensais de turbidez a montante e a jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves durante o ano de 2014, período também anterior ao rompimento da barragem. Os dados apresentados foram registrados em estações do IGAM. Observa-se maiores valores de turbidez para o mês de dezembro, 43,9 NTU a montante e 63,7 NTU a jusante.

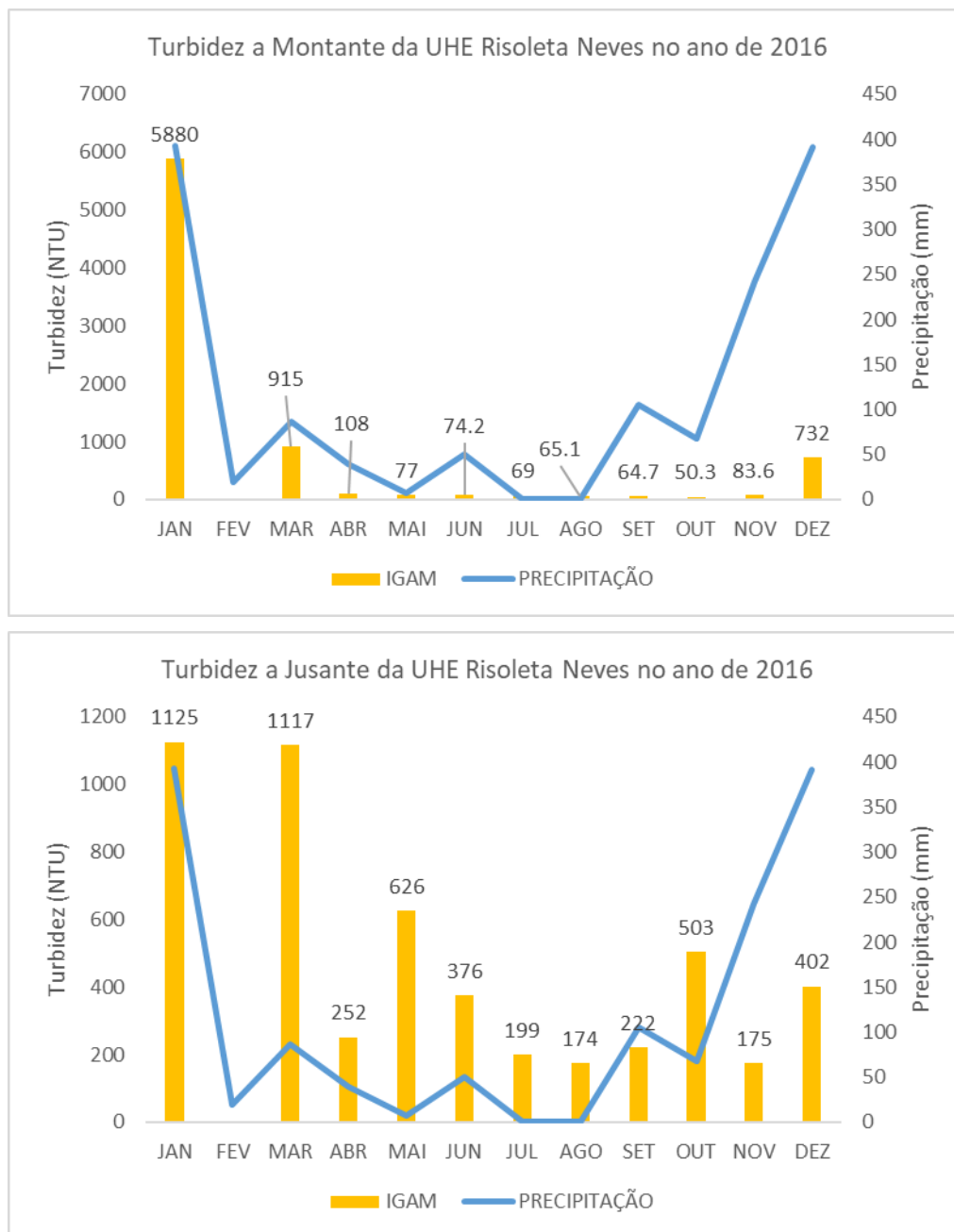
Figura 27: Valores de Turbidez a montante e jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves (2015).



Na Figura 27 são apresentados valores médios mensais de turbidez a montante e a jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves ao longo do ano de 2015. Os dados contemplam estações operadas pelo IGAM. Observa-se elevadas médias de turbidez para o mês de dezembro tanto a montante como a jusante da UHE, sendo 17.949 NTU na estação a montante do reservatório e 4.132 NTU a jusante. Em toda a série histórica avaliada, entre 2009 e 2022, estes foram os maiores valores médios de turbidez identificados. Este fato é consequência da passagem dos rejeitos provenientes do rompimento da barragem de Mariana, ocorrido em 05 de novembro de 2015, pelas estações de

monitoramento. Devido à retenção de rejeitos no reservatório da UHE os valores médios de turbidez a jusante são muito inferiores àqueles a montante.

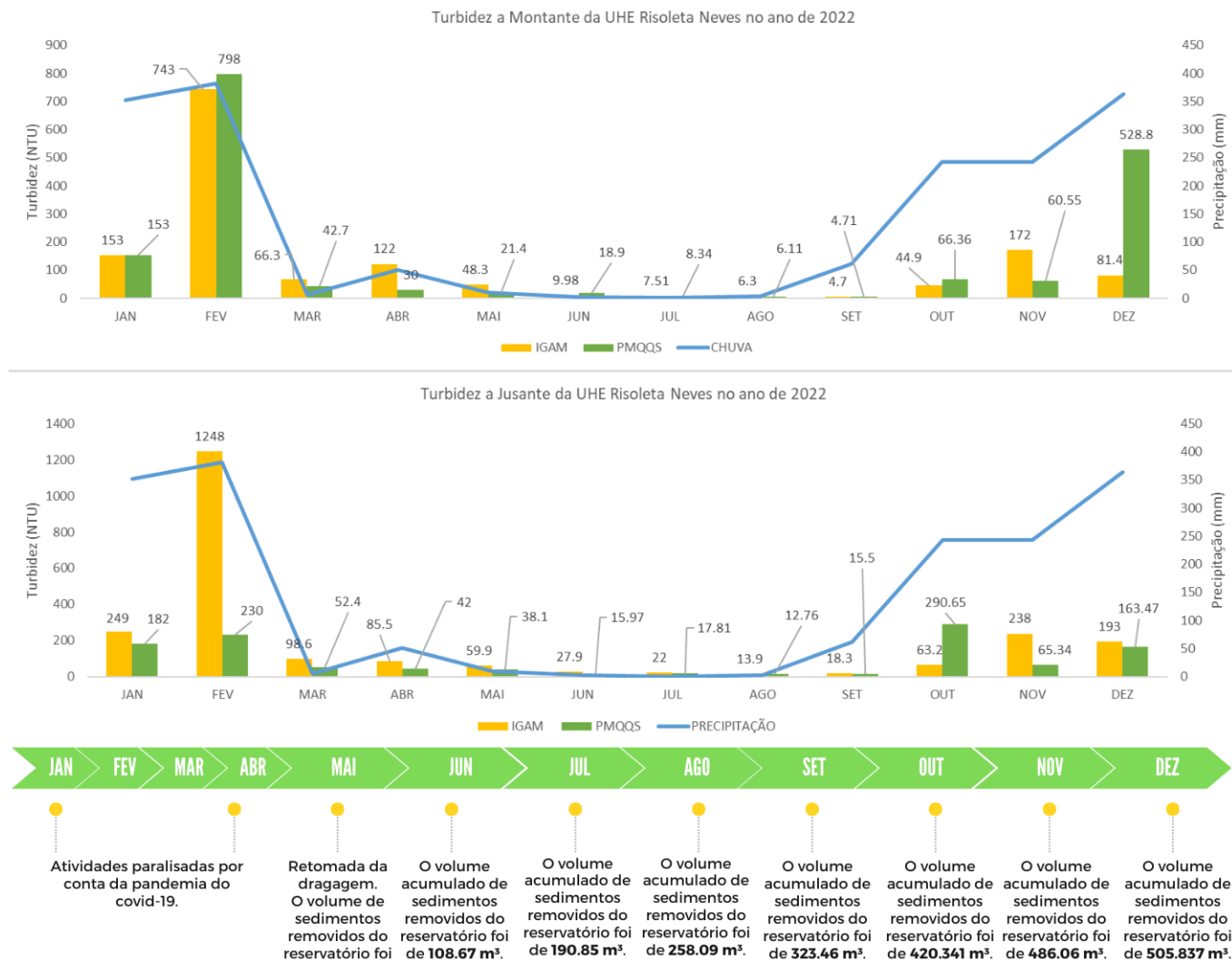
Figura 28: Valores de Turbidez a montante e a jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves (2016).



Na Figura 28 são apresentados os valores médios mensais de turbidez a montante e a jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves durante o ano de 2016, período posterior ao rompimento da barragem. Os dados foram registrados em estações operadas pelo IGAM. Podem ser observadas reduções de valores de turbidez em janeiro de 2016 em relação aos registrados em dezembro de 2015,

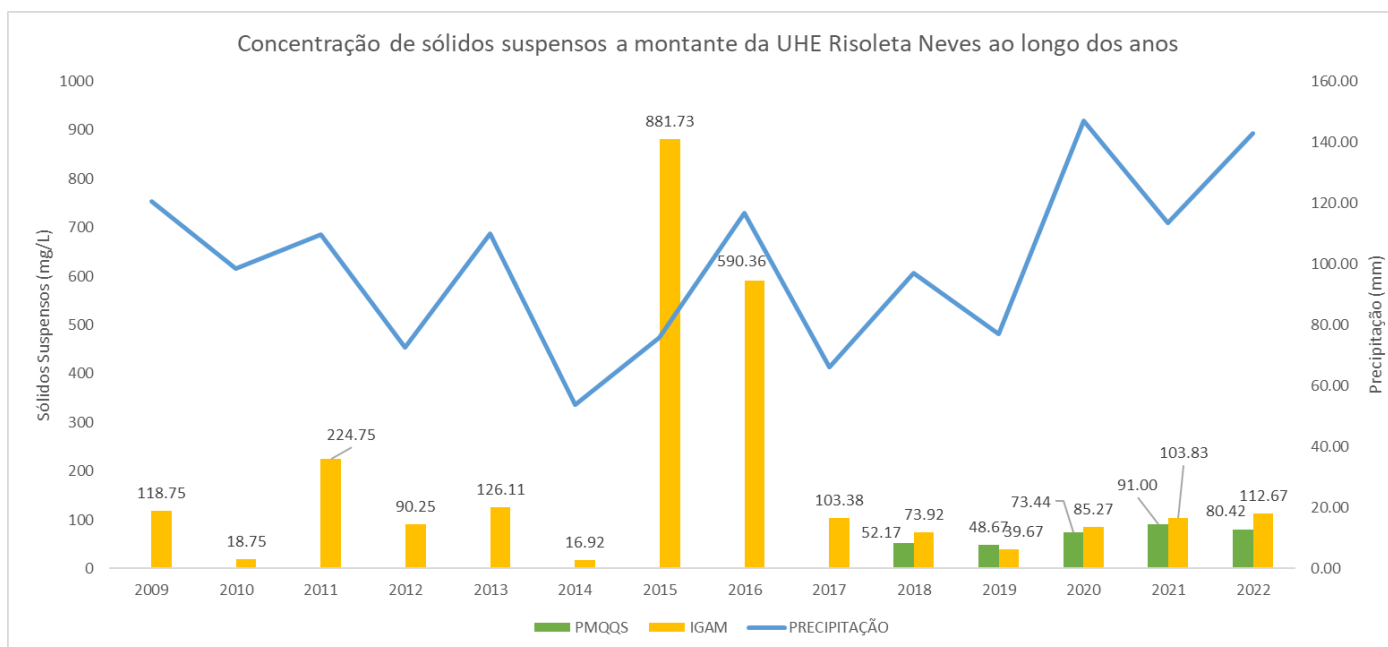
tanto a montante como a jusante do reservatório. Destaca-se que de acordo com o banco de ações executadas na bacia, limpeza do reservatório foi iniciada em fevereiro de 2016, visando reinício da operação da Usina Hidrelétrica. Outras ações identificadas no banco de dados também foram executadas em 2016, como a construção da barragem Nova Santarém, construção de diques e alinhamento dos tributários com reconfirmação de calhas e planícies dos rios principais. Tais ações podem ter contribuído para alterações relacionadas com o parâmetro Turbidez. Não foram identificados no banco de dados do IGAM dados de Turbidez referentes ao mês de fevereiro de 2016.

Figura 29: Valores de Turbidez a montante e jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves (2022).



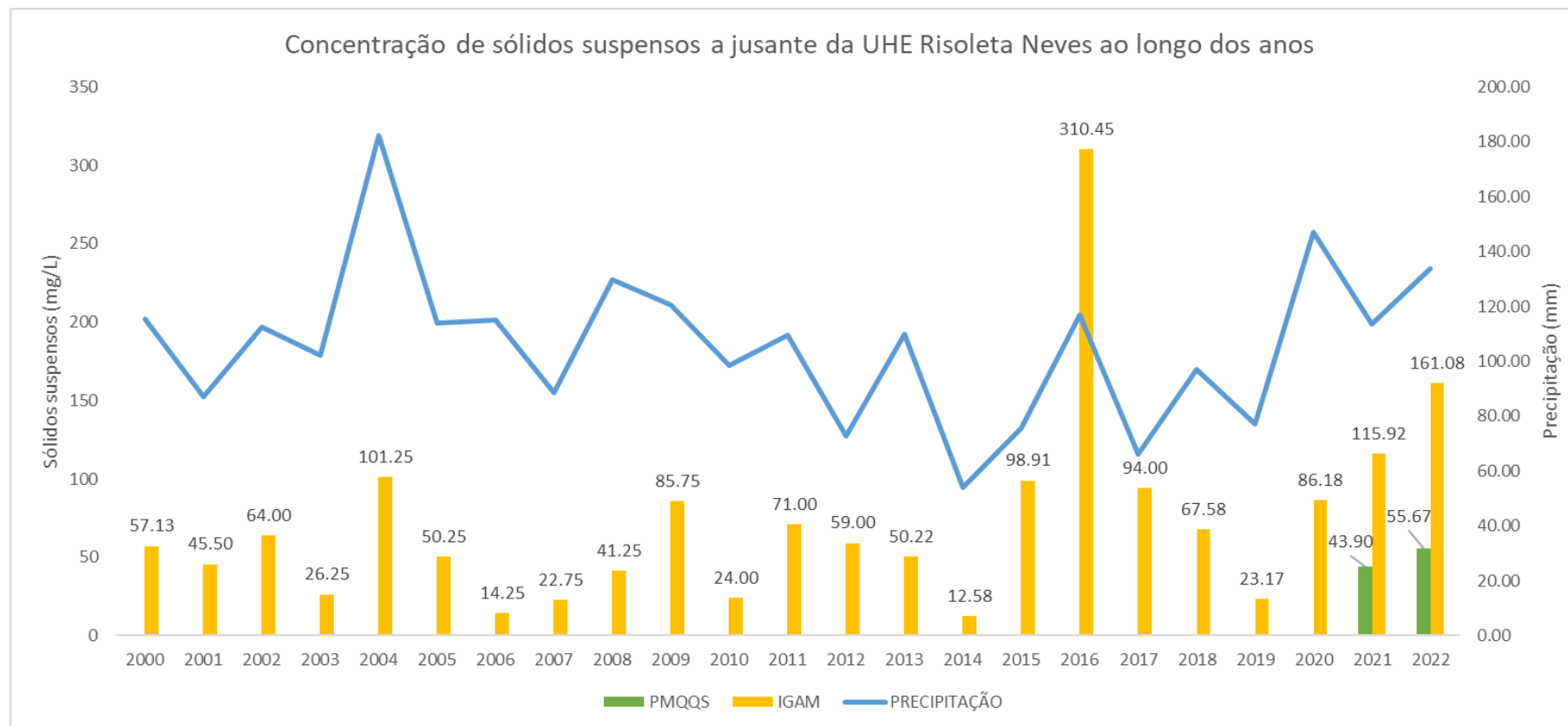
Na Figura 29 são apresentados valores médios mensais de turbidez a montante e a jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves durante o ano de 2022. Os dados contemplam estações relativas ao IGAM e ao PMQQS. Os gráficos de turbidez foram combinados com o acompanhamento de ações no reservatório ao longo do ano. Essas ações são relacionadas com dragagem, para remoção de rejeitos retido no reservatório da UHE. É possível observar que as obras foram conduzidas, em sua maior parte, no período seco. Observa-se que para todo o período de obras os valores de turbidez a montante do reservatório foram inferiores aos registrados a jusante, excetuando-se os casos dos registros do PMQQS referentes ao mês de junho. Esse comportamento pode estar relacionado com a ressuspensão de material de fundo durante a dragagem. Além disso, podem ser observados maiores valores médios de turbidez no período chuvoso. As discrepâncias entre os valores medidos nas estações do IGAM e do PMQQS podem ocorrer devido às diferentes localidades das estações e aos diferentes momentos de monitoramento.

Figura 30: Concentração de sólidos suspensos a montante do reservatório da UHE Risoleta Neves.



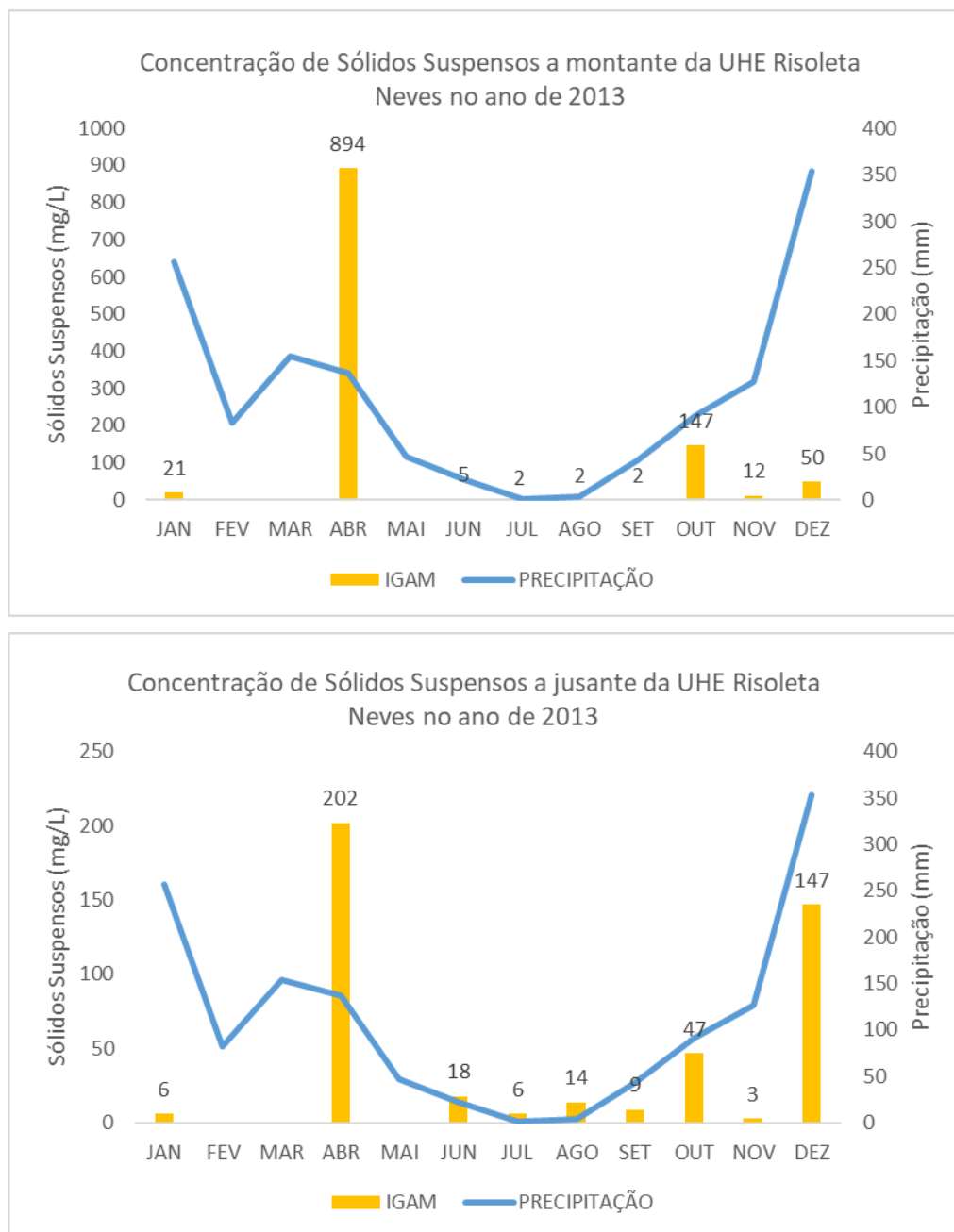
Na Figura 30 são apresentadas concentrações de sólidos suspensos a montante do reservatório da UHE Risoleta Neves ao longo dos anos de 2009 a 2022. Os dados contemplam estações operadas pelo IGAM e registradas no PMQQS (após o rompimento da barragem). Observa-se elevadas concentrações médias de sólidos suspensos para os anos de 2015 (881,73 mg/L) e 2016 (590,36 mg/L), imediatamente após o rompimento da barragem de rejeitos de Mariana.

Figura 31: Concentração de sólidos suspensos a jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves.



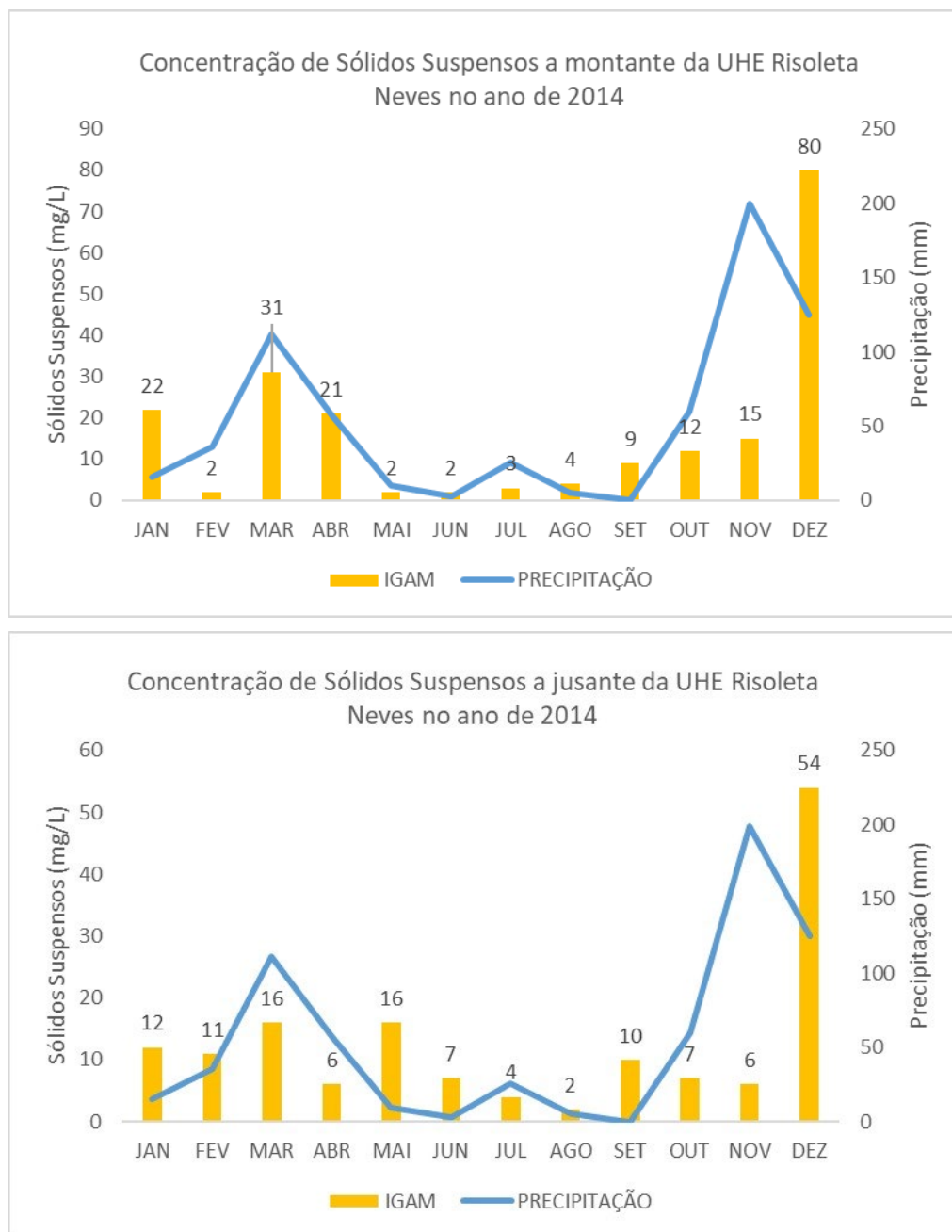
Na Figura 31 são apresentadas concentrações de sólidos suspensos a jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves ao longo dos anos de 2000 a 2022. Os dados contemplam estações operadas pelo IGAM e registrados no PMQQS (após o rompimento da barragem). Observa-se elevadas concentrações de sólidos suspensos para o ano de 2016 (310,45 mg/L), imediatamente após o rompimento da barragem de rejeitos de Mariana. Observa-se ainda, diferenças significativas nas concentrações de sólidos suspensos registrados nas estações do IGAM e do PMQQS nos anos de 2021 e 2022 quando avaliada à jusante do reservatório. Essa discrepância pode ter ocorrido devido às diferentes localidades onde as estações estão inseridas e às diferentes datas e horários de monitoramentos.

Figura 32: Concentração de sólidos suspensos a montante e a jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves (2013).



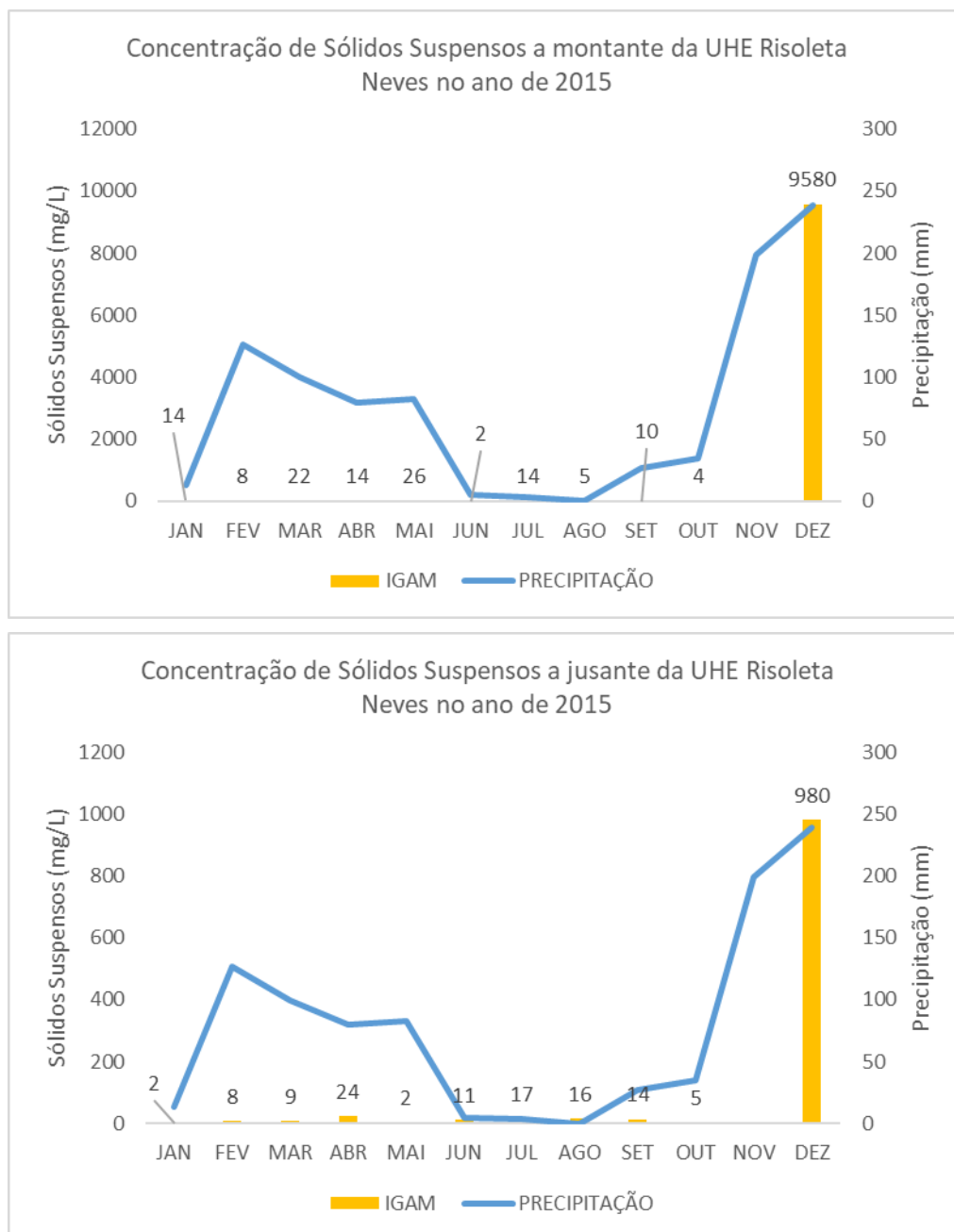
Na Figura 32 são apresentadas concentrações médias mensais de sólidos suspensos a montante e a jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves durante o ano de 2013, período anterior ao rompimento da barragem. Os dados contemplam registros de estações do IGAM. Observa-se mais elevadas concentrações nos meses de abril e dezembro.

Figura 33: Concentração de sólidos suspensos a montante e jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves (2014).



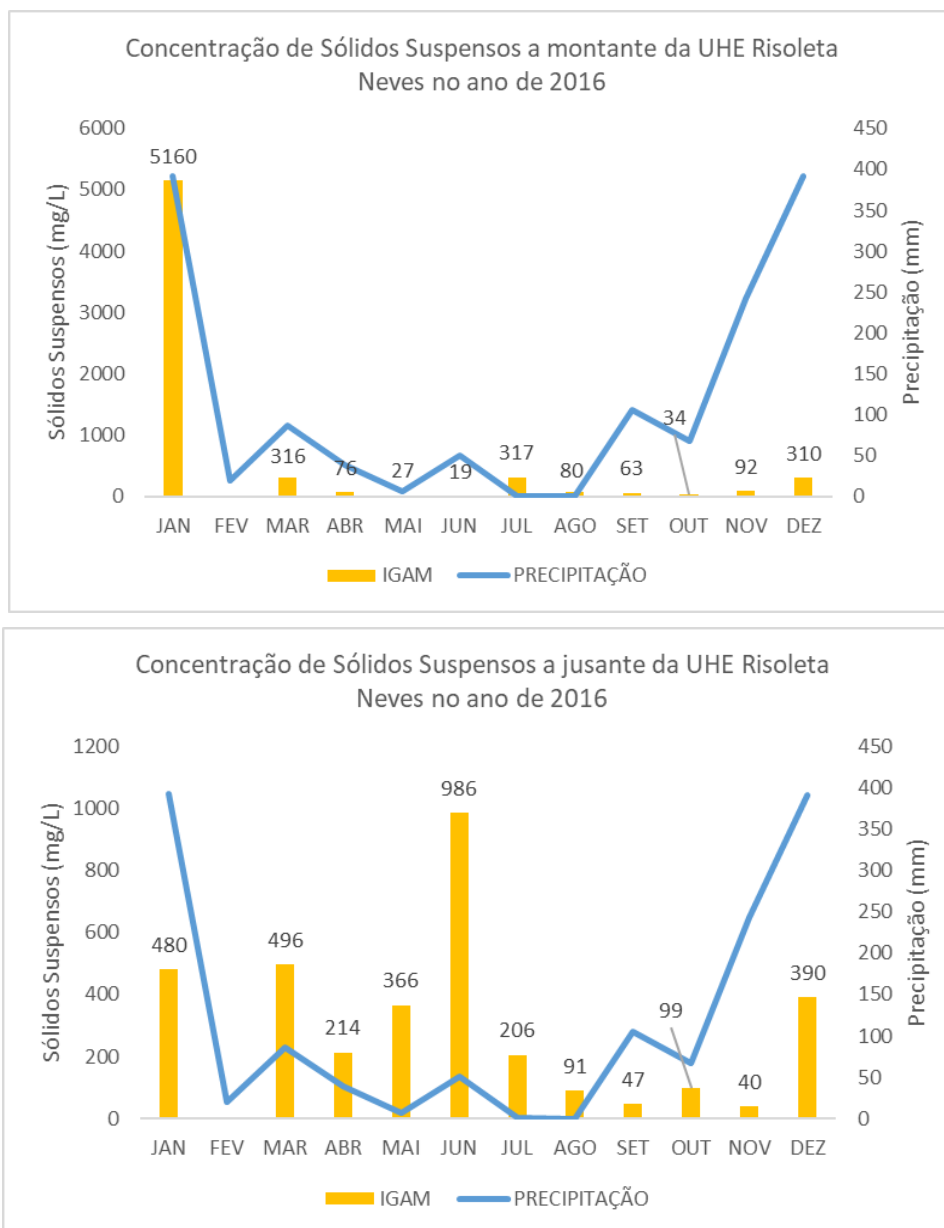
Na Figura 33 estão as concentrações médias mensais de sólidos suspensos a montante e jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves durante o ano de 2014, período que antecede o rompimento da barragem. Os dados contemplam estações do IGAM. Observa-se concentrações mais elevadas à montante e jusante do reservatório no mês de dezembro, sendo respectivamente de 80 mg/L e 54mg/L.

Figura 34: Concentração de sólidos suspensos a montante e jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves (2015).



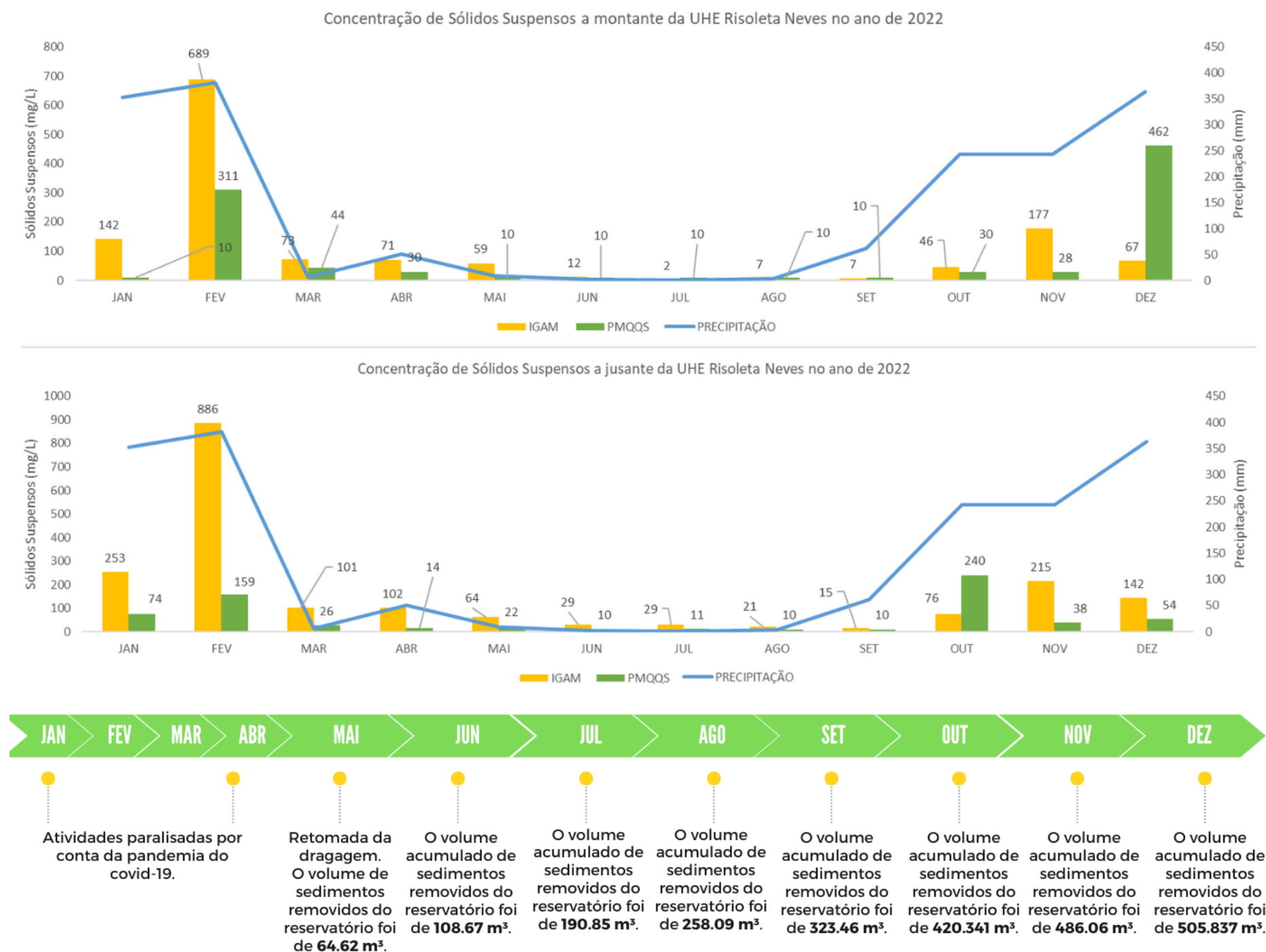
Na Figura 34 são apresentadas as concentrações médias mensais de sólidos suspensos a montante e a jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves durante o ano de 2015. Os dados contemplam estações do IGAM. Observa-se concentrações elevadas para o mês de dezembro tanto a montante como a jusante da UHE, sendo 9.580 mg/L na estação a montante do reservatório e 980 mg/L a jusante. Este fato é consequência da passagem dos rejeitos provenientes do rompimento da barragem de Mariana, ocorrido em 05 de novembro de 2015, pelas estações de monitoramento. Devido à retenção de rejeitos no reservatório da UHE os valores médios de sólidos suspensos a jusante são inferiores àqueles a montante.

Figura 35: Concentração de sólidos suspensos a montante e jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves (2016).



Na Figura 35 são apresentadas as concentrações médias mensais de sólidos suspensos a montante e a jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves durante o ano de 2016, período posterior ao rompimento da barragem. Os dados foram registrados em estações operadas pelo IGAM. Podem ser observadas reduções de valores de sólidos suspensos em janeiro de 2016 em relação aos registrados em dezembro de 2015, tanto a montante como a jusante do reservatório. Destaca-se que de acordo com o banco de ações executadas na bacia, limpeza do reservatório foi iniciada em fevereiro de 2016, visando reinício da operação da Usina Hidrelétrica. Outras ações identificadas no banco de dados também foram executadas em 2016, como a construção da barragem Nova Santarém, construção de diques e alinhamento dos tributários com reconformação de calhas e planícies dos rios principais. Tais ações podem ter contribuído para alterações relacionadas com o parâmetro Turbidez. Não foram identificados no banco de dados do IGAM dados de sólidos suspenso referentes ao mês de fevereiro de 2016.

Figura 36: Concentrações de sólidos suspensos a montante e jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves (2022).

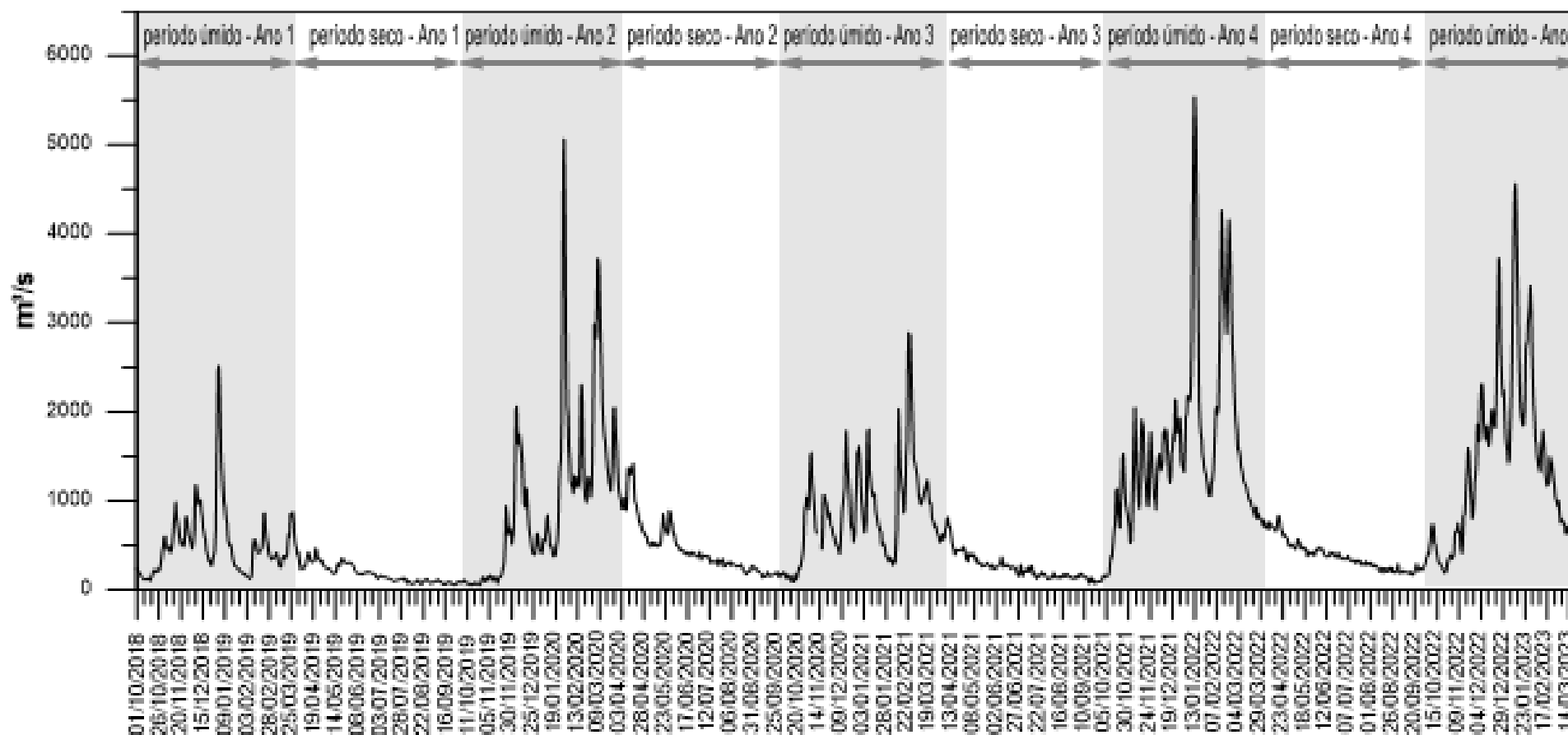


Na Figura 36 são apresentadas concentrações médias mensais de sólidos suspensos a montante e a jusante do reservatório da UHE Risoleta Neves durante o ano de 2022. Os dados contemplam estações relativas ao IGAM e ao PMQQS. Os gráficos de sólidos suspensos foram combinados com o acompanhamento de ações no reservatório ao longo do ano. Essas ações são relacionadas com dragagem, para remoção de rejeitos retidos no reservatório da UHE. É possível observar que as obras foram conduzidas, em sua maior parte, no período seco. Observa-se que para todo o período de obras os valores de sólidos suspensos a montante do reservatório foram inferiores aos registrados a jusante, excetuando-se os casos dos registros do PMQQS referentes ao mês de dezembro. Esse comportamento pode estar relacionado com a ressuspensão de material de fundo durante a dragagem. Além disso, podem ser observados maiores valores médios de sólidos suspensos no período chuvoso. As discrepâncias entre os valores medidos nas estações do IGAM e do PMQQS podem ter ocorrido devido às diferentes localidades das estações e aos diferentes momentos de monitoramento.

2.3 HIDROLOGIA E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

2.3.1 Vazão

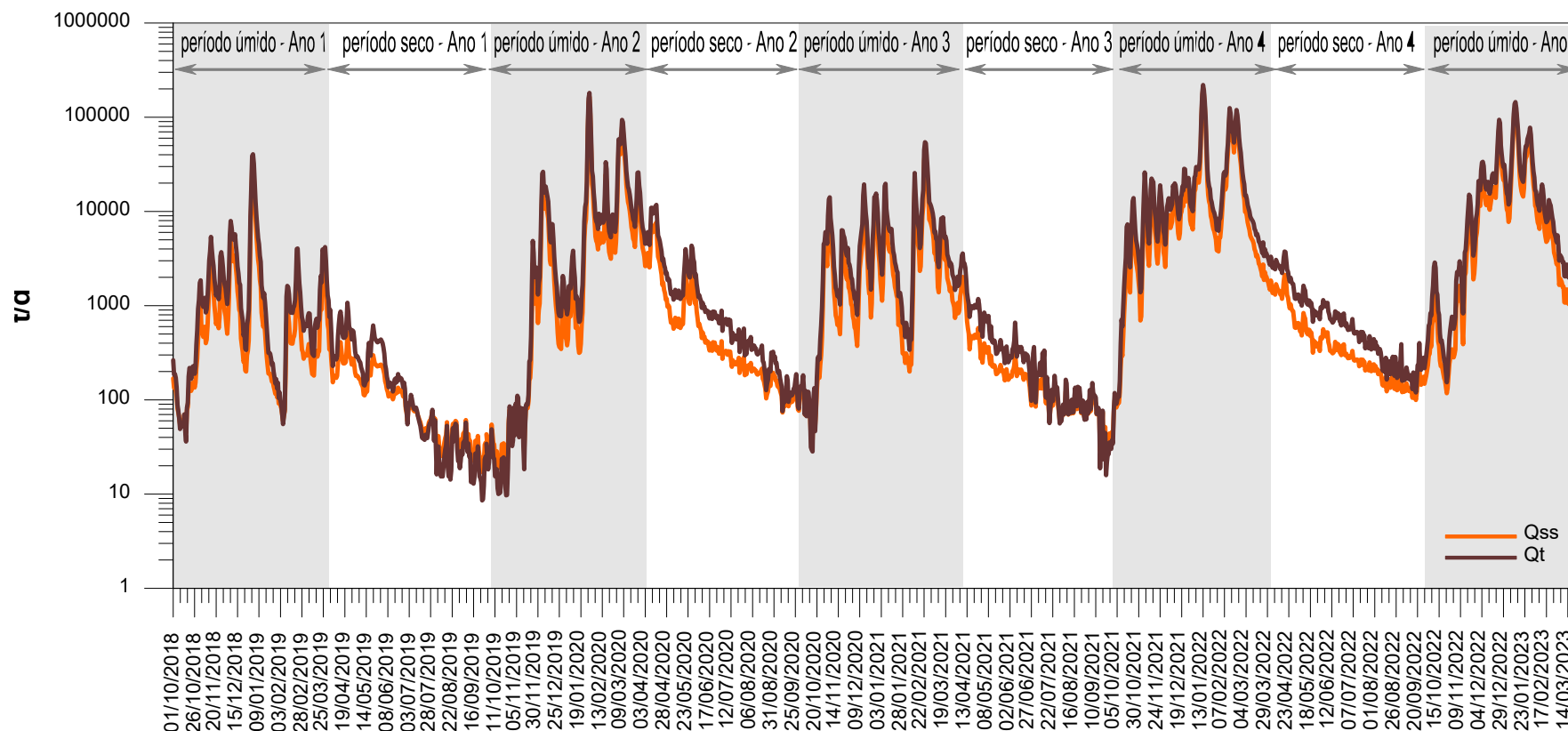
Figura 37: Vazões médias diárias estimadas no Rio Doce (E21 - Linhares), obtidas com dados do PMBA/Fest.



As vazões média e máxima diárias para o período chuvoso do Ano 5 (1.382 e 4.565 m³/s) foram superiores às obtidas nos demais anos de monitoramento, para o mesmo período: 519 e 2.584 m³/s (Ano 1 – outubro de 2018 a setembro de 2019), 988 e 5.179 m³/s (Ano 2 – outubro de 2019 a setembro de 2020) e 873 e 2.889 m³/s (Ano 3 – outubro de 2020 a setembro de 2021), com exceção do Ano 4 (outubro de 2021 a setembro de 2022) que apresentou valores superiores (1.600 e 5.539 m³/s) (RRDM. 2022). As vazões máximas obtidas no monitoramento PMBA/Fest foram inferiores a registros históricos de cheia do Rio Doce, com valores da ordem de 13.000 m³/s (1979), 8.000 m³/s (1997) e 10.700 m³/s (2013) (SNIRH, 2019). Em comparação à série histórica da estação fluviométrica Colatina (569945000 – 1938-2014), cuja vazão média de longo termo é 914 m³/s, a série histórica do PMBA/FEST apresentou valor inferior, 736 m³/s.

DESCARGA DE SEDIMENTOS

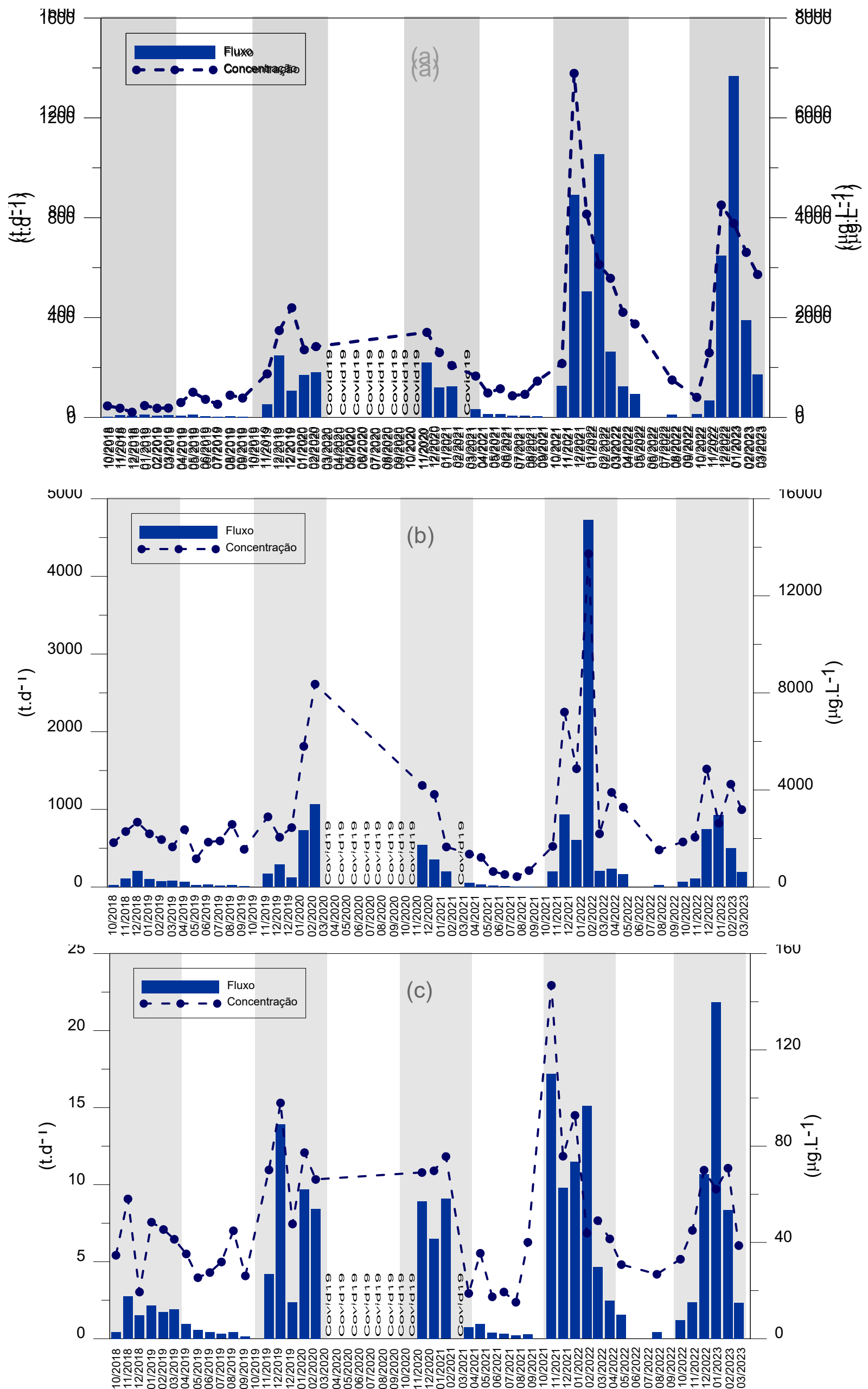
Figura 38: Descargas médias diárias de sedimentos totais e suspensos estimadas para o Rio Doce (E21 – Rio Doce), obtidas com dados do PMBA/Fest.



Descargas média e máxima diárias de sedimentos totais para o período chuvoso do Ano 5 (17.857 e 144.979 t/d) superiores às obtidas nos demais anos de monitoramento, para o mesmo período: 2.260 e 36.589 t/d (Ano 1 – outubro de 2018 a setembro de 2019), 10.700 e 155.254 t/d (Ano 2 – outubro de 2019 a setembro de 2020) e 5.774 e 48.635 t/d (Ano 3 – outubro de 2020 a setembro de 2021), exceto para o Ano 4 (outubro de 2021 a setembro de 2022) (20.809 e 186.983 t/d) (RRDM. 2022).

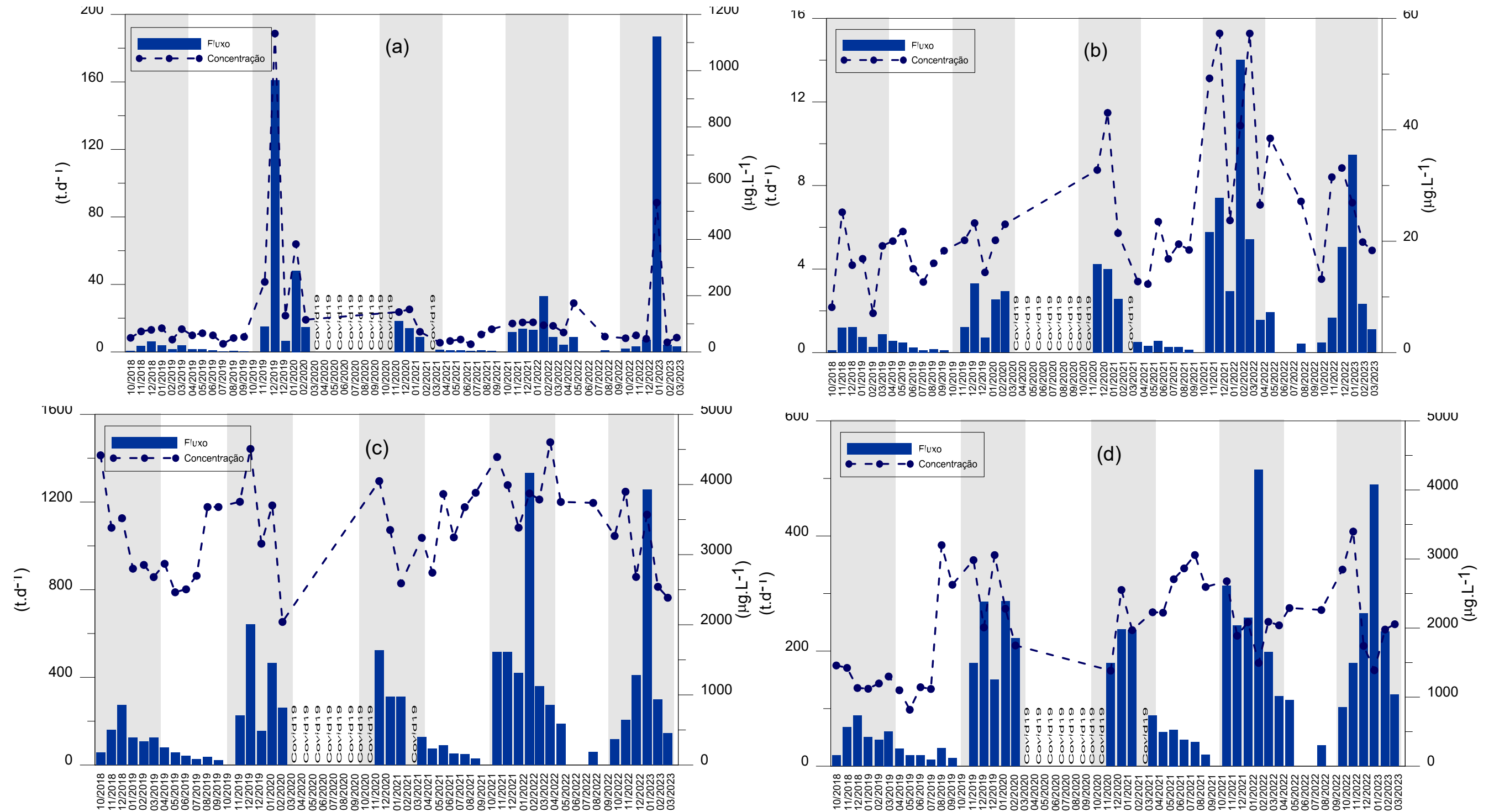
2.3.2 Resultados De Fluxos De Metais

Figura 39: Fluxos instantâneos de metais no Rio Doce (E21 – Rio Doce), obtidas no PMBA/Fest. (a) Alumínio Total. (b) Ferro Total. (c) Manganês Total.



2.3.3 Resultados De Fluxos De Nutrientes

Figura 40: Fluxos instantâneos de nutrientes no Rio Doce (E21 – Rio Doce), obtidas no PMBA/Fest. (a) Fósforo Total. (b) Fósforo Inorgânico Dissolvido. (c) Nitrogênio Total. (d) Nitrogênio Inorgânico Dissolvido.



3 REFERÊNCIAS

ABBASPOUR, K.C. 2005. **Calibration of hydrologic models: when is a model calibrated.** In: ZERGER, A.; ARGENT, R.M. (eds) MODSIM 2005 International Congress on Modelling and Simulation. Canberra: Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, 2005.

ANDRIOLO, M. V. et al. **Calibração do modelo SWAT para a produção e transporte de sedimentos.** VI Simpósio Sobre Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas. Belo horizonte: Comitê Brasileiro de Barragens, 2008. p.1-17.

BRASIL, Agência Nacional de Águas. **Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017 5k (BHO 2017 5k).** Brasília: ANA, 2018. Disponível em: <<https://metadados.ana.gov.br/geonetwork>>

BRASIL, Agência Nacional de Águas. **Cota x Área x Volume dos Reservatórios de Usinas Hidrelétricas.** Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <<https://metadados.ana.gov.br/geonetwork>>

BRASIL, Agência Nacional de Águas. **Portal de Informações e Dados Especiais da agência nacional de águas – GeoNetwork.** Brasília: ANA, 2018. Disponível em: <<https://metadados.ana.gov.br/geonetwork>>.

BRITO NETO, R. L. et al. Aplicação do modelo MGB-IPH na bacia hidrográfica do Rio Pardo em diferentes cenários de uso e ocupação do solo. **Ciência Florestal**, v. 3, p. 191–213, 2021.

BUARQUE, D. C. **Simulação da geração e transporte de sedimentos em grandes bacias: Estudo de caso do rio Madeira.** 2015. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

CARVALHO, N. O. (2008). **Hidrossedimentologia prática.** 2º ed. Rio de Janeiro, Interciência

COLBY, B. R., HEMBREE, C. H. Computation of total sediment discharge: Niobrara river near Cody, Nebraska. US Geological Survey, **Water-Supply Paper.** 1357. Washington. 1955.

COLLISCHONN, W. et al. The MGB-IPH model for large-scale rainfall—runoff modelling. **Hydrological Sciences Journal**, v. 52, n. 5, p. 878–895, 2007.

COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Simulação Hidrológica de grandes Bacias. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 1, p. 95–118, 2001.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS – CEMIG. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/ambientais/peixe_vivo/Paginas/usinas_rio_doce.aspx?>>.

ESA. **Copernicus DEM - Global and European Digital Elevation Model (COP-DEM)**. Disponível em: <<https://doi.org/10.5270/ESA-c5d3d65>>

FAGUNDES, H. de O. **Modelagem hidrossedimentológica de grandes bacias com apoio de dados in situ e sensoriamento remoto**. 2018. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

FAGUNDES, H. de O. Sediment modeling of a large-scale basin supported by remote sensing and in-situ observations. **CATENA**, v. 190, p. 104535, 2020.

FÖEGER, L. B. et al. Large-scale sediment modeling with inertial flow routing: Assessment of Madeira river basin. **Environmental Modelling & Software**, v. 149, p. 105332, 2022.

FUNDAÇÃO RENOVA. Relatório De Impacto Ambiental – RIMA. **Regularização Ambiental das Obras de Dragagem e Disposição de Rejeitos na Fazenda Floresta e Recuperação das Margens e Setores da área denominada como Trecho 12** (Área do reservatório da UHE Risoleta Neves). 2020.

FUNDAÇÃO RENOVA. **Relatório Anual de Atividades**. 2017. Disponível em: https://www.fundacaorenova.org/wp-content/uploads/2018/01/relatorio-mensal-de-atividades_dezembro_v02.pdf. Acesso em: 20 mar. 2023.

FUNDAÇÃO RENOVA. **Relatório Anual de Atividades**. 2018. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/wp-content/uploads/2019/01/renovaanual-1.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023.

FUNDAÇÃO RENOVA. **Relatório Anual de Atividades**. 2019. Disponível em: https://www.fundacaorenova.org/wp-content/uploads/2020/01/pmorld01200cifanual_200117.pdf. Acesso em: 20 mar. 2023.

FUNDAÇÃO RENOVA. **Relatório Anual de Atividades**. 2020. Disponível em: https://www.fundacaorenova.org/wp-content/uploads/2021/01/relatorio_anual_de_atividades_2021ref.2020.pdf. Acesso em: 20 mar. 2023.

FUNDAÇÃO RENOVA. **Relatório Anual de Atividades**. 2021. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/wp-content/uploads/2022/02/doc.-01-relatorio-anual-de-atividades-2022-ref.-2021.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023.

FUNDAÇÃO RENOVA. **Relatório Anual de Atividades**. 2022. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/relatorios-anuais/>. Acesso em: 20 mar. 2023.

FUNDAÇÃO RENOVA. **Relatório Mensal de Atividades – Janeiro/23**. 2023. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/wp-content/uploads/2023/02/Relatorio-Mensal-de-Atividades-FEVEREIRO-23-ref.-JANEIRO-23.pdf>. Acesso em: 9 out. 2023.

FUNDAÇÃO RENOVA. **Relatório Mensal de Atividades – Fevereiro/23**. 2023. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/wp->

content/uploads/2023/03/relatorio_mensal_de_atividades_marco_2023_ref_fevereiro_23.pdf. Acesso em: 9 out. 2023.

FUNDAÇÃO RENOVA. **Relatório Mensal de Atividades – Março/23**. 2023. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/wp-content/uploads/2023/04/Relatorio-Mensal-de-Atividades-ABRIL-23-ref.-MARCO-23.pdf>. Acesso em: 9 out. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia**. Coleção Manuais Técnicos em Geociências. Vol. 4. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

JACOMINE, P. K. T. et al. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Boletim Técnico n. 60. **Levantamento exploratório – Reconhecimento de Solos do Norte de Minas Gerais (Área de Atuação da SUDENE)**. Recife: EMBRAPA, 1979.

KUMAR, S.; MISHRA, A. Critical Erosion Area Identification Based on Hydrological Response Unit Level for Effective Sedimentation Control in a River Basin. **Water Resources Management**, v. 29, n. 6, p. 1749–1765, 2015.

MARCHIORO, E. **Modelagem hidrossedimentológica na bacia do córrego Santa Maria: Subsídios à aplicação de práticas de conservação de água e solo no noroeste fluminense**. 2008. 189 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

MORIASI, D. N. et al. Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. **Transactions of the ASABE**, v. 50, n. 3, p. 885–900, 2007.

MOTTA, P. E. F.; BARUQUI, A. M.; SANTOS, H. G. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento – 44. **Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos da Região do Alto Paraíba, Minas Gerais**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2004.

NEITSCH, S. L. **Soil and Water Assessment Tool – Theoretical Documentation**. Temple, Texas: Texas Water Resources Institute, 2005.

PAIVA, R. C. D.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Large scale hydrologic and hydrodynamic modeling using limited data and a GIS based approach. **Journal of Hydrology**, v. 406, n. 3–4, p. 170–181, 2011.

PANOSO, L. A. (Coord.). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Boletim Técnico n. 76. **Levantamento Semidetalhado de Solos de Solos da Área do Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite, Coronel Pacheco, MG**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1980.

PANOSO, L. A. (Coord.). Boletim Técnico n. 45. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Espírito Santo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1978.

RRDM, Rede Rio Doce Mar. Relatório Anual do PMBA/Fest-RRDM – Ambiente Dulcícola. RT-39B, **Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática**, Fundação Espírito-santense de Tecnologia. 613 pag. 2022.

SIQUEIRA, V. A. et al. IPH-Hydro Tools: a GIS coupled tool for watershed topology acquisition in an open- source environment. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 1, p. 274–287, 2016.

VERGASTA, L. A. et al. Avaliação do Balanço de água na Bacia do Rio Madeira Simulado Pelo Modelo Regional Climático Eta e o Modelo Hidrológico de Grandes Bacias MGB. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, n. 2, p. 153–169, 2021.

WILLIAMS, J. **Sediment-yield prediction with Universal Equation using runoff energy factor**. Oxford, 1975.

YANG, C. T. Unit Stream Power Equation for Gravel. **Journal of Hydraulic Engineering**, v. 110, n. 12, p. 1783–1797, 1984.