

Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano - PMQACH

Relatório Técnico Anual

Abril 2022

Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano - PMQACH

Relatório Técnico Anual

Abril 2022

Apoio:

SUMÁRIO GERAL

1 -	Apresentação	1
2 -	Equipe Técnica	3
3 -	Introdução.....	4
3.1 -	PMQACH	5
4 -	Objetivo.....	8
5 -	METODOLOGIA	9
5.1 -	Apresentação da área de estudo	9
5.2 -	Malha amostral.....	10
5.3 -	Parâmetros e frequência de amostragem	13
5.4 -	Coleta e análise	16
5.5 -	Legislação aplicável.....	22
5.6 -	Avaliação da consistência dos dados	23
5.7 -	Comunicação dos dados.....	26
5.8 -	Apresentação dos resultados	26
6 -	Resultados	28
6.1 -	Mariana.....	33
6.1.1 -	Pontos sem tratamento.....	35
6.1.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	35
6.1.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	43
6.2 -	Barra Longa.....	60
6.2.1 -	Pontos com tratamento	62
6.2.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	62
6.2.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	67
6.3 -	Rio Doce	70
6.3.1 -	Pontos sem tratamento.....	72
6.3.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	72
6.3.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	76
6.4 -	Santa Cruz do Escalvado	80
6.4.1 -	Pontos sem tratamento.....	82
6.4.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	82
6.4.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	85
6.4.2 -	Pontos com tratamento	89
6.4.2.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	89
6.4.2.2 -	Avaliação temporal e sazonal	93
6.5 -	São José do Goiabal.....	95
6.5.1 -	Pontos sem tratamento.....	97
6.5.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	97
6.5.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	101
6.6 -	Santana do Paraíso.....	105
6.6.1 -	Pontos com tratamento	107
6.6.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	107
6.6.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	110

6.7 -	Bugre	112
6.7.1 -	Pontos sem tratamento.....	114
6.7.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	114
6.7.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	116
6.8 -	Naque	118
6.8.1 -	Pontos com tratamento	120
6.8.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	120
6.8.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	123
6.9 -	Belo Oriente	125
6.9.1 -	Pontos com tratamento	127
6.9.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	127
6.9.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	130
6.10 -	Fernandes Tourinho.....	132
6.10.1 -	Pontos sem tratamento.....	134
6.10.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	134
6.10.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	138
6.11 -	Periquito.....	142
6.11.1 -	Pontos com tratamento	144
6.11.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	144
6.11.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	147
6.12 -	Alpercata.....	150
6.12.1 -	Pontos com tratamento	152
6.12.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	152
6.12.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	154
6.13 -	Governador Valadares.....	157
6.13.1 -	Pontos com tratamento	159
6.13.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	159
6.13.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	169
6.14 -	Tumiritinga.....	181
6.14.1 -	Pontos com tratamento	183
6.14.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	183
6.14.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	188
6.15 -	Galiléia	192
6.15.1 -	Pontos com tratamento	194
6.15.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	194
6.15.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	196
6.16 -	Resplendor	199
6.16.1 -	Pontos com tratamento	201
6.16.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	201
6.16.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	207
6.17 -	Itueta	212
6.17.1 -	Pontos com tratamento	214
6.17.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	214
6.17.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	217

6.18 -	Aimorés	220
6.18.1 -	Pontos com tratamento	222
6.18.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	222
6.18.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	225
6.19 -	Baixo Guandu	229
6.19.1 -	Pontos sem tratamento.....	231
6.19.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	231
6.19.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	234
6.19.2 -	Pontos com tratamento	236
6.19.2.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	236
6.19.2.2 -	Avaliação temporal e sazonal	240
6.20 -	Colatina	244
6.20.1 -	Pontos sem tratamento.....	246
6.20.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	246
6.20.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	248
6.20.2 -	Pontos com tratamento	250
6.20.2.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	250
6.20.2.2 -	Avaliação temporal e sazonal	260
6.21 -	Marilândia	272
6.21.1 -	Pontos com tratamento	274
6.21.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	274
6.21.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	277
6.22 -	Linhares	279
6.22.1 -	Pontos sem tratamento.....	281
6.22.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	281
6.22.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	284
6.22.2 -	Pontos com tratamento	286
6.22.2.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	286
6.22.2.2 -	Avaliação temporal e sazonal	294
6.23 -	Aracruz	302
6.23.1 -	Pontos com tratamento	304
6.23.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	304
6.23.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	308
6.24 -	São Mateus.....	312
6.24.1 -	Pontos sem tratamento.....	314
6.24.1.1 -	Ocorrência de violações das legislações vigentes	314
6.24.1.2 -	Avaliação temporal e sazonal	317
7 -	Potenciais Efeitos à Saúde Humana	319
8 -	Conclusões	333
9 -	Referências Bibliográficas	336

LISTA DE TABELAS

Tabela 2 1 - Equipe Técnica envolvida na elaboração do relatório.	3
Tabela 5 1 - Resumo de todos os pontos monitorados no PMQACH, no período de junho/2020 a julho/2021.....	11

LISTA DE QUADROS

Quadro 5 1 - Parâmetros monitorado, unidades de medida, limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ) do método e a metodologia de análise empregadas pelo laboratório Tommasi.....	13
Quadro 5 2 – Interpretação dos resultados frente a legislação aplicável, conforme origem e destinação das águas dos pontos de coleta do PMQACH.	22
Quadro 5 3 - Laboratórios contratados e subcontratados para a coleta e análise das amostras, com os respectivos certificados de acreditação.....	23
Quadro 6 1 - Características dos pontos do município de Mariana considerados no presente relatório.....	33
Quadro 6 2 - Características dos pontos do município de Barra Longa considerados no presente relatório.	60
Quadro 6 3 - Características dos pontos do município de Rio Doce considerados no presente relatório.	70
Quadro 6 4 - Características dos pontos do município de Santa Cruz do Escalvado considerados no presente relatório.....	80
Quadro 6 5 - Características dos pontos do município de São José do Goiabal considerados no presente relatório.	95
Quadro 6 6 - Características do ponto do município de Santana do Paraíso considerado no presente relatório.....	105
Quadro 6 7 - Características do ponto do município de Bugre considerado no presente relatório.	112
Quadro 6 8 - Características do ponto do município de Naque considerado no presente relatório.	118
Quadro 6 9 - Características dos pontos do município de Belo Oriente considerados no presente relatório.	125
Quadro 6 10 - Características dos pontos do município de Fernandes Tourinho considerados no presente relatório.	132
Quadro 6 11 - Características do ponto do município de Periquito considerado no presente relatório.	142
Quadro 6 12 - Características do ponto do município de Alpercata considerado no presente relatório.	150
Quadro 6 13 - Características dos pontos do município de Governador Valadares considerados no presente relatório.....	157
Quadro 6 14 - Características dos pontos do município de Tumiritinga considerados no presente relatório.	181
Quadro 6 15 - Características dos pontos do município de Galiléia considerados no presente relatório.	192
Quadro 6 16 - Características dos pontos do município de Resplendor considerados no presente relatório.	199
Quadro 6 17 - Características do ponto do município de Itueta considerado no presente relatório.....	212
Quadro 6 18 - Características dos pontos do município de Aimorés considerados no presente relatório.	220
Quadro 6 19 - Características dos pontos do município de Baixo Guandu considerados no presente relatório.	229
Quadro 6 20 - Características dos pontos do município de Colatina considerados no presente relatório.....	244
Quadro 6 21 - Características dos pontos do município de Marilândia considerados no presente relatório.....	272
Quadro 6 22 - Características dos pontos do município de Linhares considerados no presente relatório.	279
Quadro 6 23 - Características dos pontos do município de Aracruz considerados no presente relatório.	302
Quadro 6 24 - Características do ponto do município de São Mateus considerado no presente relatório.	312
Quadro 7 1 – Principais grupos de alterações observadas na água para consumo.	313
Quadro 7 2 – Síntese dos efeitos potenciais para a saúde humana dos parâmetros que apresentaram violação no PMQACH.....	315

LISTA DE FIGURAS

Figura 3 1 - Principais etapas da implementação e desenvolvimento do PMQACH.	7
Figura 5 1 - Pannel de fotos exemplificando a coleta manual em diversos pontos do PMQACH.	18
Figura 5 2 - Modelo de ficha de campo utilizada pelo laboratório Tommasi.	20
Figura 5 3 - Modelo de laudo analítico utilizado pelo laboratório Tommasi.	21
Figura 6 1 - Exemplo de box-plot genérico com identificação de seus elementos.....	29
Figura 6 2 - Percentual total de violação dos parâmetros avaliados na captação dos pontos amostrais do PMQACH.	30
Figura 6 3 - Percentual total de violação dos parâmetros avaliados na saída dos pontos amostrais do PMQACH. Em verde estão representados os dados dos pontos com tratamento. Em amarelo estão representados os dados dos pontos sem tratamento.....	32
Figura 6 4 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Mariana-MG.	34
Figura 6 1 - Exemplo de box-plot genérico com identificação de seus elementos.....	29
Figura 6 2 - Percentual total de violação dos parâmetros avaliados na captação dos pontos amostrais do PMQACH.	30
Figura 6 3 - Percentual total de violação dos parâmetros avaliados na saída dos pontos amostrais do PMQACH. Em verde estão representados os dados dos pontos com tratamento. Em amarelo estão representados os dados dos pontos sem tratamento.....	32
Figura 6 4 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Mariana-MG.	34
Figura 6 5 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Mariana no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	37
Figura 6 6 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 417 e 423, localizados no município de Mariana, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.....	38
Figura 6 7 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 230, 238, 245 e 246, localizados no município de Mariana, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.	42
Figura 6 8 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 216, localizado município de Mariana, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.	43
Figura 6 9 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 423, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.	44
Figura 6 10 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 423, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.	45
Figura 6 11 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 417, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.	46
Figura 6 12 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 417, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.	47
Figura 6 13 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 230, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.	48
Figura 6 14 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 230, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.	49
Figura 6 15 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 238, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.	50
Figura 6 16 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 238, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.	52
Figura 6 17 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 245, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.	53
Figura 6 18 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 245, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.	55
Figura 6 19 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 246, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.	56
Figura 6 20 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 246, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.	57
Figura 6 21 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 216, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.	58

PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO-PMQACH

Relatório Técnico Anual

4034-00-QACH-RL-0001

Figura 6 22 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 216, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.....	59
Figura 6 23 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Barra Longa-MG.	61
Figura 6 24 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Barra Longa-MG no período de chuva e seca com base nos limites aplicáveis no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	63
Figura 6 25 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 36, localizado no município de Barra Longa-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.	64
Figura 6 26 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 37-38, localizados no município de Barra Longa-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.	65
Figura 6 27 - Percentual de violação dos parâmetros no ponto PMQACH 39, localizado no município de Barra Longa-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.	66
Figura 6 28 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 36, localizado no município de Barra Longa, e sua variação entre período chuvoso e seco.	67
Figura 6 29 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 36, localizado no município de Barra Longa, e sua variação entre período chuvoso e seco.	68
Figura 6 30 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 39, localizado no município de Barra Longa, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.	69
Figura 6 31 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 39, localizado no município de Barra Longa, e sua variação entre período chuvoso e seco.	70
Figura 6 32 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Rio Doce-MG.	71
Figura 6 33 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Rio Doce no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	73
Figura 6 34 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 313 e 314, localizados no município de Rio Doce-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.	75
Figura 6 35 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 313, localizado no município de Rio Doce, e sua variação entre período chuvoso e seco.	76
Figura 6 36 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 313, localizado no município de Rio Doce, e sua variação entre período chuvoso e seco.	77
Figura 6 37 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 314, localizado no município de Rio Doce, e sua variação entre período chuvoso e seco.	78
Figura 6 38 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 314, localizado no município de Rio Doce, e sua variação entre período chuvoso e seco.	79
Figura 6 39 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Santa Cruz do Escalvado-MG.	81
Figura 6 40 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos sem tratamento do município de Santa Cruz do Escalvado-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	83
Figura 6 41 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 316, localizado no município de Santa Cruz do Escalvado-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.	84
Figura 6 42 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 317, localizado no município de Santa Cruz do Escalvado-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.	85
Figura 6 43 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 316, localizado no município de Santa Cruz do Escalvado, e sua variação entre período chuvoso e seco.	86
Figura 6 44 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 316, localizado no município de Santa Cruz do Escalvado, e sua variação entre período chuvoso e seco.	87
Figura 6 45 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 317, localizado no município de Santa Cruz do Escalvado, e sua variação entre período chuvoso e seco.	88
Figura 6 46 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 317, localizado no município de Santa Cruz do Escalvado, e sua variação entre período chuvoso e seco.	89
Figura 6 47 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no ponto com tratamento do município de Santa Cruz do Escalvado-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	90

PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO-PMQACH

Relatório Técnico Anual

4034-00-QACH-RL-0001

Figura 6 48 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 315, localizado no município de Santa Cruz do Escalvado-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.	92
Figura 6 49 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 315, localizado no município de Santa Cruz do Escalvado, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.	93
Figura 6 50 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 315, localizado no município de Santa Cruz do Escalvado, e sua variação entre período chuvoso e seco.	94
Figura 6 51 - Localização geográfica dos pontos monitorados em São José do Goiabal-MG.	96
Figura 6 52 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de São Jose do Goiabal-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	98
Figura 6 53 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 328 e 329, localizados no município de São José do Goiabal-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.	100
Figura 6 54 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 328, localizado no município de São José do Goiabal, e sua variação entre período chuvoso e seco.	101
Figura 6 55 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 328, localizado no município de São José do Goiabal, e sua variação entre período chuvoso e seco.	102
Figura 6 56 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 329, localizado no município de São José do Goiabal, e sua variação entre período chuvoso e seco.	103
Figura 6 57 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 329, localizado no município de São José do Goiabal, e sua variação entre período chuvoso e seco.	104
Figura 6 58 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Santana do Paraíso-MG.	106
Figura 6 59 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Santana do Paraíso- MG no período de chuva e seca com base nos limites aplicáveis no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	108
Figura 6 60 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 319, localizado no município de Santana do Paraíso-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.	109
Figura 6 61 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 319, localizado no município de Santana do Paraíso, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.	110
Figura 6 62 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 319, localizado no município de Santana do Paraíso, e sua variação entre período chuvoso e seco.	111
Figura 6 63 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Bugre-MG.	113
Figura 6 64 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Bugre-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	115
Figura 6 65 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 414, localizado no município de Bugre-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.	116
Figura 6 66 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 414, localizado no município de Bugre, e sua variação entre período chuvoso e seco.	117
Figura 6 67 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 414, localizado no município de Bugre, e sua variação entre período chuvoso e seco.	118
Figura 6 68 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Naque-MG.	119
Figura 6 69 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Naque-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	121
Figura 6 70 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 272, localizado no município de Naque-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.	122
Figura 6 71 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 272, localizado no município de Naque, e sua variação entre período chuvoso e seco.	123
Figura 6 72 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 272, localizado no município de Naque, e sua variação entre período chuvoso e seco.	124
Figura 6 73 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Belo Oriente-MG.	126

PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO-PMQACH

Relatório Técnico Anual

4034-00-QACH-RL-0001

Figura 6 74 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Belo Oriente-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	127
Figura 6 75 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 76, localizado no município de Belo Oriente-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.....	129
Figura 6 76 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 76, localizado no município de Belo Oriente, e sua variação entre período chuvoso e seco.	130
Figura 6 77 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 76, localizado no município de Belo Oriente, e sua variação entre período chuvoso e seco.....	131
Figura 6 78 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Fernandes Tourinho-MG.	133
Figura 6 79 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Fernandes Tourinho no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	135
Figura 6 80 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 113 e 415, localizados no município de Fernandes Tourinho, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.	137
Figura 6 81 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 113, localizado no município de Fernandes Tourinho, e sua variação entre período chuvoso e seco.	138
Figura 6 82 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 113, localizado no município de Fernandes Tourinho, e sua variação entre período chuvoso e seco.....	139
Figura 6 83 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 415, localizado no município de Fernandes Tourinho, e sua variação entre período chuvoso e seco.	140
Figura 6 84 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 415, localizado no município de Fernandes Tourinho, e sua variação entre período chuvoso e seco.....	141
Figura 6 85 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Periquito-MG.	143
Figura 6 86 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Periquito-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	145
Figura 6 87 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 297, localizado no município de Periquito-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.	146
Figura 6 88 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 297, localizado no município de Periquito, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.	147
Figura 6 89 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 297, localizado no município de Periquito, e sua variação entre período chuvoso e seco.....	149
Figura 6 90 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Alpercata-MG.	151
Figura 6 91 - Percentual total de violação no município de Alpercata-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	153
Figura 6 92 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 02 localizado no município de Alpercata-MG, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	154
Figura 6 93 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 02, localizado no município de Alpercata, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.	155
Figura 6 94 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 02, localizado no município de Alpercata, e sua variação entre período chuvoso e seco.	156
Figura 6 95 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Governador Valadares-MG.....	158
Figura 6 96 - Percentual total de violação no município de Governador Valadares-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	160
Figura 6 97 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 134 localizado no município de Governador Valadares-MG, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	161
Figura 6 98 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 135 localizado no município de Governador Valadares-MG, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	163

PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO-PMQACH

Relatório Técnico Anual

4034-00-QACH-RL-0001

Figura 6 99 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 136 localizado no município de Governador Valadares-MG, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	164
Figura 6 100 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 137 localizado no município de Governador Valadares-MG entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	165
Figura 6 101 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 138, localizado no município de Governador Valadares-MG, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	167
Figura 6 102 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 139 localizado no município de Governador Valadares-MG, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	168
Figura 6 103 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 134, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco.	169
Figura 6 104 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 134, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco.	170
Figura 6 105 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 135, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.	171
Figura 6 106 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 135, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco.	172
Figura 6 107 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 136, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco.	173
Figura 6 108 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 136, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco.	174
Figura 6 109 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 137, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.	175
Figura 6 110 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 137, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco.	176
Figura 6 111 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 138, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco.	177
Figura 6 112 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 138, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco.	178
Figura 6 113 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 139, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco.	179
Figura 6 114 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 139, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco.	180
Figura 6 115 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Tumiritinga-MG.	182
Figura 6 116 - Percentual total de violação no município de Tumiritinga-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	184
Figura 6 117 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 350 localizado no município de Tumiritinga-MG entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	185
Figura 6 118 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 351 localizado no município de Tumiritinga-MG, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	187
Figura 6 119 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 350, localizado no município de Tumiritinga, e sua variação entre período chuvoso e seco.	188
Figura 6 120 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 350, localizado no município de Tumiritinga, e sua variação entre período chuvoso e seco.	189
Figura 6 121 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 351, localizado no município de Tumiritinga, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.	190
Figura 6 122 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 351, localizado no município de Tumiritinga, e sua variação entre período chuvoso e seco.	191
Figura 6 123 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Galiléia-MG.	193

PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO-PMQACH

Relatório Técnico Anual

4034-00-QACH-RL-0001

Figura 6 124 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Galiléia-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	194
Figura 6 125 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 121, localizado no município de Galiléia-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.	196
Figura 6 126 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 121, localizado no município de Alpercata, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.	197
Figura 6 127 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 121, localizado no município de Alpercata, e sua variação entre período chuvoso e seco.	198
Figura 6 128 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Resplendor-MG.	200
Figura 6 129 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Resplendor-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	202
Figura 6 130 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 303, localizado no município de Resplendor-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.	203
Figura 6 131 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 429, localizado no município de Resplendor-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.	204
Figura 6 132 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 304, localizado no município de Resplendor-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.	206
Figura 6 133 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 303, localizado no município de Resplendor, e sua variação entre período chuvoso e seco.	207
Figura 6 134 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 303, localizado no município de Resplendor, e sua variação entre período chuvoso e seco.	208
Figura 6 135 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 304, localizado no município de Resplendor, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.	209
Figura 6 136 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 304, localizado no município de Resplendor, e sua variação entre período chuvoso e seco.	210
Figura 6 137 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 429, localizado no município de Resplendor, e sua variação entre período chuvoso e seco.	211
Figura 6 138 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Itua-MG.	213
Figura 6 139 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Itua-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	214
Figura 6 140 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 158, localizado no município de Itua-MG, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	216
Figura 6 141 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 158, localizado no município de Itua, e sua variação entre período chuvoso e seco.	217
Figura 6 142 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 158, localizado no município de Itua, e sua variação entre período chuvoso e seco.	219
Figura 6 143 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Aimorés-MG.	221
Figura 6 144 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Aimorés-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	223
Figura 6 145 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 416, localizado no município de Aimorés-MG, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	224
Figura 6 146 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 01, localizado no município de Aimorés-MG, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	225
Figura 6 147 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 416, localizado no município de Aimorés, e sua variação entre período chuvoso e seco.	226
Figura 6 148 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 01, localizado no município de Aimorés, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados	

PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO-PMQACH

Relatório Técnico Anual

4034-00-QACH-RL-0001

semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.	227
Figura 6 149 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 01, localizado no município de Aimorés, e sua variação entre período chuvoso e seco.	228
Figura 6 150 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Baixo Guandu-ES.	230
Figura 6 151 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos sem tratamento do município de Baixo Guandu-ES no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	232
Figura 6 152 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 29, localizado no município de Baixo Guandu-ES entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	233
Figura 6 153 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 29, localizado no município de Baixo Guandu, e sua variação entre período chuvoso e seco.	234
Figura 6 154 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 29, localizado no município de Baixo Guandu, e sua variação entre período chuvoso e seco.	235
Figura 6 155 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos com tratamento do município de Baixo Guandu-ES no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	237
Figura 6 156 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 34, localizado no município de Baixo Guandu-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	238
Figura 6 157 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 35, localizado no município de Baixo Guandu-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	239
Figura 6 158 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 34, localizado no município de Baixo Guandu, e sua variação entre período chuvoso e seco.	240
Figura 6 159 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 34, localizado no município de Baixo Guandu, e sua variação entre período chuvoso e seco.	241
Figura 6 160 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 35, localizado no município de Baixo Guandu, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.	242
Figura 6 161 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 35, localizado no município de Baixo Guandu, e sua variação entre período chuvoso e seco.	243
Figura 6 162 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Colatina-ES.	245
Figura 6 163 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos sem tratamento do município de Colatina-ES no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	247
Figura 6 164 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 102, localizado no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	248
Figura 6 165 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 102, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.	249
Figura 6 166 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 102, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.	250
Figura 6 167 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos com tratamento do município de Colatina-ES no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	251
Figura 6 168 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 103, localizado no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	252
Figura 6 169 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 107, localizado no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	254
Figura 6 170 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 108, localizado no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.	255
Figura 6 171 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 109, localizado no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	257
Figura 6 172 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 110, localizado no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	258

PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO-PMQACH

Relatório Técnico Anual

4034-00-QACH-RL-0001

Figura 6 173 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 111, localizado no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	259
Figura 6 174 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 103, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.	260
Figura 6 175 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 103, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.	261
Figura 6 176 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 107, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.	262
Figura 6 177 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 107, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.	263
Figura 6 178 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 108, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.	264
Figura 6 179 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 108, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.	265
Figura 6 180 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 109, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.	266
Figura 6 181 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 109, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.	267
Figura 6 182 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 110, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.	268
Figura 6 183 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 110, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.	269
Figura 6 184 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 111, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.	270
Figura 6 185 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 111, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.	271
Figura 6 186 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Marilândia-ES.	273
Figura 6 187 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Marilândia-ES período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	275
Figura 6 188 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 253, localizado no município de Marilândia-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	276
Figura 6 189 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 253, localizado no município de Marilândia, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.	277
Figura 6 190 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 253, localizado no município de Marilândia, e sua variação entre período chuvoso e seco.	278
Figura 6 191 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Linhares-ES.	280
Figura 6 192 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no ponto sem tratamento do município de Linhares-ES no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	282
Figura 6 193 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 187, localizado no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	283
Figura 6 194 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 187, localizado no município de Linhares, e sua variação entre período chuvoso e seco.	284
Figura 6 195 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 187, localizado no município de Linhares, e sua variação entre período chuvoso e seco.	285
Figura 6 196 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos com tratamento do município de Linhares-ES no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	287
Figura 6 197 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 163, localizado no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	289
Figura 6 198 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 164, localizado no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	290

PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO-PMQACH

Relatório Técnico Anual

4034-00-QACH-RL-0001

Figura 6 199 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 184, localizado no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.....	292
Figura 6 200 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 185, localizado no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.....	293
Figura 6 201 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 163, localizado no município de Linhares, e sua variação entre período chuvoso e seco.....	294
Figura 6 202 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 163, localizado no município de Linhares, e sua variação entre período chuvoso e seco.....	295
Figura 6 203 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 164, localizado no município de Linhares, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.	296
Figura 6 204 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 164, localizado no município de Linhares, e sua variação entre período chuvoso e seco.....	297
Figura 6 205 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 184, localizado no município de Linhares, e sua variação entre período chuvoso e seco.....	298
Figura 6 206 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 184, localizado no município de Linhares, e sua variação entre período chuvoso e seco.....	299
Figura 6 207 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 185, localizado no município de Linhares, e sua variação entre período chuvoso e seco.....	300
Figura 6 208 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 185, localizado no município de Linhares, e sua variação entre período chuvoso e seco.....	301
Figura 6 209 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Aracruz-ES.	303
Figura 6 210 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Aracruz-ES no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	305
Figura 6 211 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 03, localizado no município de Aracruz-ES, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.....	306
Figura 6 212 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 04, localizado no município de Aracruz-ES, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.....	307
Figura 6 213 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 03, localizado no município de Aracruz, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.	308
Figura 6 214 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 03, localizado no município de Aracruz, e sua variação entre período chuvoso e seco.	309
Figura 6 215 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 04, localizado no município de Aracruz, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.	310
Figura 6 216 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 04, localizado no município de Aracruz, e sua variação entre período chuvoso e seco.	311
Figura 6 217 - Localização geográfica dos pontos monitorados em São Mateus-ES.....	313
Figura 6 218 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de São Mateus -ES no período de chuva e seca com base nos limites aplicáveis no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.	315
Figura 6 219 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 330, localizado no município de São Mateus-ES, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.	316
Figura 6 220 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e E. coli do ponto PMQACH 330, localizado no município de São Mateus, e sua variação entre período chuvoso e seco.	317
Figura 6 221 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 330, localizado no município de São Mateus, e sua variação entre período chuvoso e seco.....	318

LISTA DE ANEXOS

Anexo 5-1	Mapa localização das estações de amostragem
Anexo 6-1	Banco de Dados PMQACH
Anexo 6-2	Percentual de violações legais por município

GLOSSÁRIO

Ácidos haloacéticos: Grupos de químicos que são formados como subprodutos da cloração; são derivados do ácido acético, onde os hidrogênios do grupo metilo podem ser substituídos por cloro e/ou bromo.

Adsorção: Processo no qual moléculas, átomos ou íons são aderidos à superfície de uma substância sólida.

Anomalia: Característica ou condição de um determinado corpo, produto ou matéria que é fora do comum.

Aquífero: Reservatório subterrâneo de água que possui permeabilidade suficiente para movimentação da mesma, geralmente, abastecendo rios e poços artesianos.

Bactérias heterotróficas: Microrganismos que utilizam o carbono orgânico como fonte de nutrientes.

Box-plot: Ferramenta gráfica que representa a variação e os valores discrepantes de um banco de dados.

CIF: Comitê Interfederativo; foi criado após o rompimento da barragem de Fundão.

Cloração: Processo do tratamento de água onde ocorre a adição de Cloro (Cl_2) a fim de anular a atuação de microrganismos considerados patógenos, como algas e bactérias.

Coagulantes: Produtos químicos que possibilitam a retirada de partículas sólidas da água que, por possuírem propriedades elétricas intrínsecas, criam uma força de repulsão que impede a aglomeração e sedimentação.

Coliformes totais: Grupo de bactérias que podem ser aeróbicas ou anaeróbicas e apresentam capacidade de fermentar a lactose, com produção de ácido e gás a 35 °C.

Coloidal: Solução cuja mistura apresenta um aspecto homogêneo, no entanto, são mistura heterogêneas, onde um ou mais componentes apresentam dimensões dentro do intervalo de 1 nm a 1 µm.

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Contaminação microbiológica: Presença de microrganismos em determinada substância.

Corpo hídrico: Expressão utilizada para denominar fluxos naturais de água encontrados dentro de uma bacia hidrográfica, tais quais rios e córregos.

Corpo receptor: Expressão que se refere a um corpo d'água (rio, lagoa e afins) que recebe uma determinada carga de matéria, como efluentes.

Correlação: Semelhança ou relação entre duas ou mais variáveis.

Decantação: Processo de separação de compostos por meio da diferença de densidade entre os mesmos, usualmente encontrada em misturas líquido-sólido e líquido-líquido.

Degradada: Condição atual de uma área, objeto ou matéria, após sofrer impactos negativos da ação, principalmente, de agentes externos, reduzindo a qualidade e/ou quantidade da condição natural.

Desinfecção: Processo que visa remoção ou eliminação de microrganismos.

Efluente: resíduos oriundos de esgotos domésticos, redes pluviais e indústrias que são despejados no meio ambiente em forma de líquidos ou gases.

Escherichia coli: Bactéria geralmente encontrada no trato gastrointestinal de organismos de sangue quente.

Esporádico: Evento que ocorre raramente.

Estação de tratamento de água: também abreviado como ETA, trata-se do local em que é realizada a purificação da água captada de alguma fonte para torná-la própria para o consumo e abastecimento de uma população.

Filtração: Método de separação de partículas sólidas de outros compostos em estado líquido ou gasoso por meio um equipamento/ferramenta (filtros) que retém as partículas sólidas.

Fossa séptica: Utilizada como primeira etapa para tratamento de esgotos (efluentes) que consiste em uma unidade de fluxo horizontal que trata de maneira preliminar o efluente por meio da sedimentação, flotação e digestão.

INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.

Limnológico: Característica referente às condições físico-químicas e biológicas dos corpos d'água da região continental e a dinâmica dos mesmos.

Litologia: Estudo dos tipos de rochas, considerando suas respectivas formações, afloramentos, composição mineralógica e tamanho dos grãos.

Lixiviação: Processo de dissolução e remoção dos constituintes e nutrientes de rochas e de solos ocasionado, preponderantemente, pelas chuvas.

Mata ciliar: Vegetação florestal de médio e grande porte que se desenvolve às margens dos rios.

Matéria orgânica: Substâncias derivadas de restos vegetais e animais que integram o solo.

Outlier: Em estatística, refere-se ao dado que tem um comportamento drasticamente diferente dos demais.

Patógenos: Organismos que, devido às suas características, são capazes de causar alguma doença em um hospedeiro.

Percolação: Movimento lento de um líquido, como a água, em um composto poroso, como o solo.

Períodos hidrológicos: Refere-se aos regimes de seca e chuva de uma determinada região.

Pluviosidade: Volume de chuva que incide em uma determinada região/área.

Ponto de captação: Local de onde é recolhido algo, neste caso, a água.

Potabilidade: Qualidade daquilo que é potável; a água potável, por exemplo, apresenta condições adequadas para o consumo humano.

Precipitação: Fenômeno natural que denomina qualquer líquido que se forma na atmosfera e que incide sobre a terra, geralmente faz menção ao ato de chover.

Quartil: Em estatística, refere-se aos valores que dividem uma amostra em quatro partes iguais.

Rejeito: Resíduos sólidos que, esgotadas todas as possibilidades de reaproveitamento, tratamento e recuperação por processos economicamente viáveis e tecnologias disponíveis, precisam ser dispostos em locais ambientalmente adequados.

Ressuspensão: Processo pela qual substâncias sólidas retornam ao meio líquido.

Sistema de abastecimento de água (SAA): instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável para consumo humano, por meio de rede de distribuição.

Solução Alternativa Coletiva (SAC): modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável para consumo humano, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição.

Solução Alternativa Individual (SAI): modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares.

Sazonalidade: Referente ao que é típico de uma estação ou época.

Subterrânea: Matéria que se localiza de baixo do solo.

Superficial: Matéria que se localiza na superfície do solo.

Surfactantes: Substâncias que apresentam em sua composição uma porção polar e outra polar, possibilitando sua interação/adesão com qualquer outra substância.

Taxa de esgotamento sanitário: Refere-se ao percentual de rede coletora de esgoto.

Tratamento convencional: Tratamento de esgoto que possui os seguintes processos sequenciais: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e correção da acidez.

Trihalometanos totais: Compostos químicos formados como subprodutos da cloração; são derivados do metano, onde os hidrogênios foram substituídos por cloro, bromo ou iodo.

TTAC: Termo de Transação e Ajustamento de Conduta.

Valor mediano: Em estatística, refere-se ao valor que se encontra exatamente na metade de duas extremidades de um conjunto de dados.

VMP: Valor Máximo Permitido.

1 - APRESENTAÇÃO

Este relatório apresenta os resultados obtidos no monitoramento realizado no âmbito do Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano – PMQACH, no período de setembro de 2018 a julho de 2021, sendo enfoque das discussões e análises o último ano de amostragem (junho de 2020 a julho de 2021).

É importante orientar o leitor que, no mês de março de 2020, houve interrupção do monitoramento em decorrência da pandemia do novo coronavírus (COVID-19), motivo pelo qual não foram realizadas as campanhas de março a junho de 2020. No final do mês de junho de 2020 as campanhas de monitoramento foram retomadas, mas restritas a pontos previamente selecionados pela CT-Saúde considerando o fornecimento de água coletivo e a localização em áreas públicas, visando evitar o contato dos técnicos do laboratório com os moradores (CT-Saúde/CIF nº30/2020).

Dessa forma, no presente relatório constam os resultados obtidos apenas em 56 pontos, distribuídos em 24 municípios, onde o monitoramento foi retomado, juntamente com o histórico destes pontos. A estrutura deste documento seguiu as orientações constantes na Nota Técnica (NT) CT-SAÚDE nº 54/2021, que define, entre outras coisas, a elaboração de relatórios anuais do PMQACH.

Seguindo orientações da NT CT-SAÚDE nº 54/2021, o relatório foi estruturado da seguinte forma: 1) Apresentação; 2) Equipe Técnica; 3) Introdução; 4) Objetivos; 5) Metodologia; 6) Resultados; 7) Potenciais Efeitos à Saúde Humana; 8) Conclusões; e 9) Referências Bibliográficas. Visando oferecer uma síntese do diagnóstico e da evolução temporal e sazonal da qualidade da água para o consumo humano na bacia do rio Doce, o item Resultados avaliou: 6.1) a conformidade com a legislação das concentrações dos parâmetros observando-se os anos de 2018/2019, 2019/2020 e 2020/2021, a partir dos percentuais de violações calculados; e 6.2) avaliação temporal (ao longo do período monitorado) e sazonal

(estações de chuva e seca) dos parâmetros mais relevantes em termos de desconformidade à legislação. A avaliação da conformidade com a legislação foi feita com base no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde – PRC nº 5/2017, de 28 de setembro de 2017 e as Resoluções CONAMA Nº 357/2005 e Nº 396/2008, para os quais foram utilizados como referência os valores regulamentadores para Classe II Água Doce e Uso Preponderante da Água para Consumo Humano, respectivamente, considerando-se as especificidades de cada ponto de monitoramento.

2 - EQUIPE TÉCNICA

Tabela 2-1 - Equipe Técnica envolvida na elaboração do relatório.

PROFISSIONAL DA ECOLOGY BRASIL E E&E	FORMAÇÃO	FUNÇÃO	REGISTRO GERAL/ CTF IBAMA
Déborah Regina de Oliveira e Silva	Bióloga, mestre e doutora em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre (UFMG)	Coordenação	CRBio 87804/04 CTF 5810376
Michele Lima	Bióloga (FIC), mestre em Ecologia (UFJF)	Revisão Sênior	CRBio 62141/04-D CTF 4905761
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
Gabrielle Rabelo Quadra	Bióloga, mestre em Ecologia e doutora em Biodiversidade e Conservação da Natureza (UFJF)	Análise dos dados e elaboração do relatório	CRBio 104194/04 CTF 7725822
Carolina Domingues	Bióloga (UNISINOS), mestre (UFRS) e doutora (UFRJ) em botânica	Análise dos dados e elaboração do relatório	CRBio 53691/02 CTF 3312907
Marina Vieira Xavier	Estagiária, Engenharia química	Análise dos dados e elaboração do relatório	-
Vinícius de Paiva Andrade	Engenheiro Ambiental (PUC-RJ)	Análise dos dados e elaboração do relatório	CREA 2019102299-RJ CTF 7406405
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, aproximadamente 7 milhões de metros cúbicos, ficou retida dentro da própria área da mineradora. O restante desceu pelo córrego Santarém e seguiu pelos rios Gualaxo do Norte, do Carmo e Doce até o mar. No trajeto da onda, cerca de 20 milhões de metros cúbicos se espalharam 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 milhões de metros cúbicos tenham se depositado ao longo do reservatório da usina hidrelétrica (UHE) Risoleta Neves. O restante, a parte mais fina do rejeito, passou por esta barragem. A onda de lama percorreu cerca de 550 km, depositando-se ao longo da calha do rio Doce e seu estuário (foz do rio Doce), até alcançar o mar (RENOVA, 2018). Como consequência, as alterações na qualidade da água causaram interrupção no fornecimento de água à população dos municípios e distritos onde os sistemas de abastecimento eram diretamente dependentes do rio Doce. Visando minimizar os impactos da interrupção parcial ou total dos sistemas de abastecimento foram adotadas diversas ações, dentre elas: a distribuição de água potável por caminhão pipa; distribuição de água mineral; adequações e melhorias nas estações de tratamento de água; distribuição de produtos químicos para melhorar a capacidade de tratamento; e apoio técnico aos responsáveis pelas operações das Estações de Tratamento de Água.

Neste contexto, a Fundação Renova desenvolveu o Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano (PMQACH) com base na Nota Técnica nº 10/2017, que descreveu as bases mínimas da CT-Saúde e nas Deliberações CIF nº 95, CIF nº 129, CIF nº 198, CIF nº 247, CIF nº 265, CIF nº 301 e CIF nº 513. Também são consideradas premissas as ações previstas do TTAC, tendo em vista os programas de cunho reparatório e compensatório, bem como relativas ao Programa de melhorias dos sistemas de abastecimento de água, no âmbito da cláusula 171 do TTAC.

O objetivo do plano de monitoramento da qualidade da água para consumo humano é contribuir na avaliação preventiva de riscos à saúde humana nos locais que possuem relação com o rompimento da barragem de Fundão e, quando detectadas anomalias, permitir o alerta à autoridade de saúde pública local, assim como a comunicação de riscos à população, prevenindo impactos à saúde humana.

3.1 - PMQACH

Por definição, o PMQACH é um Plano de monitoramento da qualidade da água para consumo humano, realizado nos sistemas de abastecimento de água, nas soluções alternativas coletivas e individuais, nos municípios impactados pelo rompimento da barragem de Fundão, bem como em outras localidades e municípios que foram especificados pela Câmara Técnica de Saúde.

Antes de implementação do PMQACH, propriamente, o monitoramento da qualidade da água para o consumo humano, teve seu início, de modo emergencial em novembro de 2015, pela Samarco. Este foi posto em prática sem um plano estabelecido, com coletas e análises da água tratada pelas Estações de Tratamento de Água – ETAs que captavam água do rio Doce.

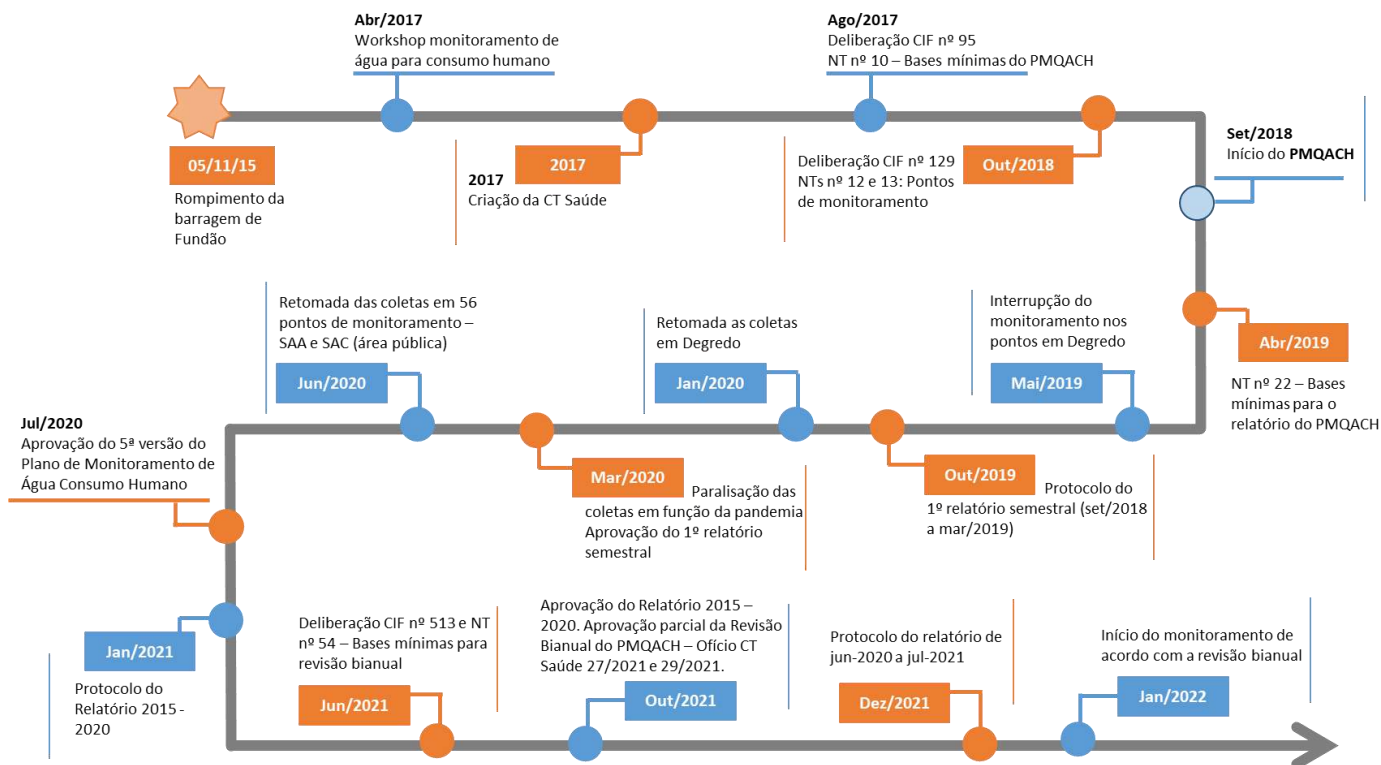
Em meados de 2017, após o 1º Workshop de Monitoramento de Qualidade de Água para Consumo Humano (abril/2017) e a criação da Câmara Técnica (CT) da Saúde, foram definidas as bases mínimas para implantação do PMQACH (Deliberação CIF nº 95, NT nº 10). Em setembro/2018, o monitoramento do PMQACH teve seu início, abrangendo um total de 30 municípios e 347 pontos de coleta. O monitoramento ocorreu de modo ininterrupto por 18 meses, até ser suspenso devido as restrições impostas pela pandemia do novo coronavírus (COVID-19), em março de 2020. Três meses mais tarde, em junho de 2020, em atendimento ao ofício CT-Saúde/CIF nº 30/2020, as amostragens foram retomadas parcialmente, ocorrendo apenas nos sistemas de abastecimento de água (SAA) e nas soluções alternativas coletivas (SAC) localizadas em áreas públicas e definidas pela CT Saúde.

Em relação a divulgação dos dados gerados no âmbito do PMQACH, em abril/2019, através da Nota Técnica (NT) nº 22, foi definido o formato de apresentação de relatórios técnicos. Em outubro deste mesmo ano foi protocolado o 1º Relatório Semestral, abrangendo o período de setembro/2019 a março/2020. Juntamente com o 1º Relatório Semestral foi protocolado o Relatório Pré PMQACH, contendo as informações do monitoramento emergencial, com os resultados desde 2015. Em janeiro/2021, foi protocolado o 1º Relatório Consolidado, que cobriu o período de 2015 a 2020 do monitoramento do PMQACH.

Outra etapa importante a ser destacada, diz respeito a revisão do programa de monitoramento do PMQACH prevista para acontecer a cada dois anos, conforme preveem as diretrizes constantes na NT nº 10 e Deliberação CIF nº 95 – Bases mínimas da CT-Saúde. Assim, em junho de 2021, foram definidas as bases mínimas para a revisão do PMQACH (Deliberação CIF nº 513 e NT nº 54), e em outubro/2021 foi aprovada a versão protocolada em setembro de 2021 da 1ª Revisão Bianual do Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano, aprovada pelos Ofícios CT-Saúde/CIF nº 27/2021 e 29/2021. Em janeiro/2022 está previsto o monitoramento do PMQACH já com as revisões, alterações e adequações descritas no documento de revisão bianual.

Todas as etapas acima descritas estão resumidas cronologicamente no fluxograma da **Figura 3-1**. As Notas Técnicas emitidas pela CT-Saúde, assim como Deliberações e Ofícios podem ser acessadas no portal: <http://ibama.gov.br/cif/notas-tecnicas/ct-saude>.

Figura 3-1 - Principais etapas da implementação e desenvolvimento do PMQACH.



4 - OBJETIVO

O presente documento tem por objetivo a apresentação dos resultados obtidos no Plano Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano – PMQACH, do período de junho de 2020 a julho de 2021, além de trazer o histórico do programa de monitoramento desde seu início, em setembro de 2018.

Tem por objetivo específico: 1) avaliar a conformidade com a legislação das concentrações dos parâmetros a partir dos percentuais de violações calculados; e 2) avaliar padrões temporais e sazonais nas concentrações dos parâmetros mais relevantes em termos de desconformidade à legislação.

5 - METODOLOGIA

Nesta seção é apresentada a área de estudo com os pontos amostrais do Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano – PMQACH, realizado na bacia do rio Doce. Neste documento são apresentados apenas aqueles pontos cujo monitoramento no período de junho/2020 a julho/2021 encontravam-se ativos. Também são descritas as características da malha amostral, os parâmetros de qualidade de água monitorados, bem como as frequências de amostragem e os métodos de análise. Os procedimentos de coleta e análise seguiram as diretrizes do PMQACH. Além disso, são apresentados os métodos aplicados para o tratamento dos dados e apresentação dos resultados.

5.1 - Apresentação da área de estudo

A bacia do rio Doce abrange uma área 84.000 km², sendo 86% dessa área no Estado de Minas Gerais e 14% no do Espírito Santo. Considera-se a nascente do rio Doce a partir do rio Xopotó, afluente do rio Piranga, de onde inicia sua extensão de 888 km até a foz, no município de Linhares/ES, onde deságua no oceano Atlântico. Sua denominação em rio Doce é dada a partir da confluência dos rios Piranga e do Carmo, na cidade de Rio Doce/MG (VIGLIO & CUNHA, 2016). Ainda na parte alta da bacia do rio Doce, existem diversas minas de exploração de ferro, manganês e ouro, principalmente na região do Quadrilátero Ferrífero, onde os rios Piranga e do Carmo funcionam como canais receptores de rejeitos e efluentes diversos. (VIGLIO & CUNHA, 2016). Além da atividade mineradora, a região também é bastante impactada por lançamento de esgoto doméstico. Dos 225 municípios que fazem parte da bacia, apenas 49 tratam parcialmente o esgoto antes do lançamento em um corpo hídrico, sendo que 29 o fazem em proporção acima de 50% (IGAM, 2010). Somado a isso, grande parte da região encontra-se desmatada, com cobertura original substituída por pastagens e plantações, e em muitas dessas a cobertura vegetal se encontra em condições degradadas.

No âmbito do PMQACH foi avaliada a qualidade da água para o consumo humano em 56 pontos de monitoramento distribuídos em 24 municípios da bacia do rio Doce. O mapa com a localização geral de todos os pontos e municípios pode ser encontrado no **Anexo 5-1**.

5.2 - Malha amostral

A malha amostral considerada neste relatório é formada pelos pontos e municípios cujo monitoramento entre os meses de junho/2020 e julho/2021 encontravam-se ativos. Ao total foram monitorados 56 pontos distribuídos em 24 municípios ao longo da bacia do rio Doce. Essa conformação reduzida de pontos amostrais comparada com os mais de 300 pontos monitorados desde o início do PMQACH deveu-se devido a suspensão parcial do monitoramento em determinados pontos dada às restrições impostas pela pandemia do novo Coronavírus (COVID-19).

Os pontos amostrais são classificados pelo município, por código, sendo a sigla PMQACH procedida de um número, pelo tipo de captação – superficial ou subterrânea, pela forma de abastecimento – Solução Alternativa Coletiva (SAC), Solução Alternativa Individual (SAI) ou Sistema de Abastecimento de Água (SAA), pelo tratamento – com e sem tratamento, e pelo tipo de coleta em relação ao sistema de abastecimento – captação, saída, pós-filtração. Cabe destacar que nas amostras de pós-filtração, somente a turbidez é avaliada. Estas informações são apresentadas na **Tabela 5-1** para os 56 pontos de monitoramento. Importante reforçar que todo ponto amostral do tipo SAI estão entre aqueles suspensos por questões de segurança e necessidade de manter o isolamento social.

Tabela 5-1 - Resumo de todos os pontos monitorados no PMQACH, no período de junho/2020 a julho/2021.

Município	Código	Tipo de Captação	Tratamento	Forma de abastecimento
Aimorés	PMQACH 01	Superficial	Com tratamento	SAA
Aimorés	PMQACH 416	Superficial	Com tratamento	SAA
Alpercata	PMQACH 02	Superficial	Com tratamento	SAA
Aracruz (Litoral Sul)	PMQACH 03	Superficial	Com tratamento	SAA
Aracruz (Litoral Sul)	PMQACH 04	Superficial	Com tratamento	SAA
Baixo Guandu	PMQACH 35	Superficial	Com tratamento	SAA
Baixo Guandu	PMQACH 34	Superficial	Com tratamento	SAA
Baixo Guandu	PMQACH 29	Subterrânea	Sem tratamento	SAC
Barra Longa	PMQACH 36	Superficial	Com tratamento	SAA
Barra Longa	PMQACH 39	Subterrânea	Com tratamento	SAA
Barra Longa	PMQACH 37	Subterrânea	Com tratamento	SAA
Barra Longa	PMQACH 38	Subterrânea	Com tratamento	SAA
Belo Oriente	PMQACH 76	Superficial	Com tratamento	SAA
Bugre	PMQACH 414	Subterrânea	Sem tratamento	SAC
Colatina	PMQACH 107	Superficial	Com tratamento	SAA
Colatina	PMQACH 110	Superficial	Com tratamento	SAA
Colatina	PMQACH 108	Superficial	Com tratamento	SAA
Colatina	PMQACH 111	Superficial	Com tratamento	SAA
Colatina	PMQACH 109	Superficial	Com tratamento	SAA
Colatina	PMQACH 102	Subterrânea	Sem tratamento	SAC
Colatina	PMQACH 103	Superficial	Com tratamento	SAC
Fernandes Tourinho	PMQACH 113	Subterrânea	Sem tratamento	SAC
Fernandes Tourinho	PMQACH 415	Subterrânea	Sem tratamento	SAC
Galileia	PMQACH 121	Superficial	Com tratamento	SAA
Governador Valadares	PMQACH 137	Superficial	Com tratamento	SAA
Governador Valadares	PMQACH 135	Superficial	Com tratamento	SAA
Governador Valadares	PMQACH 134	Superficial	Com tratamento	SAA
Governador Valadares	PMQACH 138	Superficial	Com tratamento	SAA
Governador Valadares	PMQACH 136	Superficial	Com tratamento	SAA
Governador Valadares	PMQACH 139	Subterrânea	Com tratamento	SAA
Itueta	PMQACH 158	Superficial	Com tratamento	SAA
Linhares	PMQACH 164	Subterrânea	Com tratamento	SAA
Linhares	PMQACH 185	Subterrânea	Com tratamento	SAA
Linhares	PMQACH 184	Subterrânea	Com tratamento	SAA
Linhares	PMQACH 163	Superficial	Com tratamento	SAA
Linhares	PMQACH 187	Subterrânea	Sem tratamento	SAC

PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO-PMQACH

Relatório Técnico Anual

4034-00-QACH-RL-0001

Município	Código	Tipo de Captação	Tratamento	Forma de abastecimento
Mariana	PMQACH 238	Superficial	Sem tratamento	SAA
Mariana	PMQACH 245	Superficial	Sem tratamento	SAA
Mariana	PMQACH 230	Superficial	Sem tratamento	SAA
Mariana	PMQACH 417	Subterrânea	Sem tratamento	SAA
Mariana	PMQACH 246	Superficial	Sem tratamento	SAA
Mariana	PMQACH 423	Subterrânea	Sem tratamento	SAC
Mariana	PMQACH 216	Superficial	Sem tratamento	SAC
Marilândia	PMQACH 253	Superficial	Com tratamento	SAC
Naque	PMQACH 272	Superficial	Com tratamento	SAA
Periquito	PMQACH 297	Superficial	Com tratamento	SAA
Resplendor	PMQACH 303	Superficial	Com tratamento	SAA
Resplendor	PMQACH 429	Subterrânea	Com tratamento	SAA
Resplendor	PMQACH 304	Subterrânea	Com tratamento	SAC
Rio Doce	PMQACH 314	Subterrânea	Sem tratamento	SAA
Rio Doce	PMQACH 313	Subterrânea	Sem tratamento	SAA
Santa Cruz do Escalvado	PMQACH 317	Subterrânea	Sem tratamento	SAA
Santa Cruz do Escalvado	PMQACH 315	Subterrânea	Com tratamento	SAA
Santa Cruz do Escalvado	PMQACH 316	Subterrânea	Sem tratamento	SAA
Santana do Paraíso	PMQACH 319	Subterrânea	Com tratamento	SAA
São José do Goiabal	PMQACH 328	Subterrânea	Sem tratamento	SAA
São José do Goiabal	PMQACH 329	Subterrânea	Sem tratamento	SAA
São Mateus (Litoral Norte)	PMQACH 330	Subterrânea	Sem tratamento	SAC
Tumiritinga	PMQACH 351	Subterrânea	Com tratamento	SAA
Tumiritinga	PMQACH 350	Superficial	Com tratamento	SAA

5.3 - Parâmetros e frequência de amostragem

Os parâmetros são monitorados com frequência semanal para pontos com tratamento e mensal para pontos sem tratamento. Nos pontos com tratamento, as coletas semanais são simplificadas, com análise de apenas 22 parâmetros. Enquanto as coletas mensais são completas, com análise de 78 parâmetros.

No PMQACH foram avaliados os parâmetros descritos nos anexos 1, 2, 7 e 10 do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde. Este anexo dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano. Os anexos da citada Portaria estabelecem os padrões para a potabilidade determinando os valores máximos permitidos para cada parâmetro (**Quadro 5-1**). O **Quadro 5-1** apresenta estes parâmetros avaliados em campo e em laboratório com os respectivos métodos utilizados para a realização das análises, assim como as unidades de medida, limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ).

Quadro 5-1 - Parâmetros monitorado, unidades de medida, limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ) do método e a metodologia de análise empregadas pelo laboratório Tommasi.

Tommasi					
Parâmetro	Unidade	Limite Anexo XX da PRC nº 5/2017	LD	LQ	Metodologia
1,2 - Diclorobenzeno	mg/L	Máx. 0,01	0,000031	0,002	POP-CR-002
1,4 - Diclorobenzeno	mg/L	Máx. 0,03	0,000049	0,002	POP-CR-002
2,4 - D + 2,4,5 - T	µg/L	Máx. 30	0,187 e 0,082	1	POP-CR-004
2,4,6 - Triclorofenol	mg/L	Máx. 0,2	0,00004	0,0001	POP-CR-001
Ácidos Haloacéticos	mg/L	Máx. 0,08	0,00308	0,01	POP-CR-013
Alaclor	µg/L	Máx. 20	0,019	0,1	POP-CR-004
Aldicarbe + Aldicarbesulfona + Aldicarbesulfóxido	µg/L	Máx. 10	0,009 / 0,339 / 0,149	0,1 / 0,5 / 0,5	POP-CR-004
Aldrin + Dieldrin	µg/L	Máx. 0,03	0,007 e 0,008	0,01	POP-CR-001
Alumínio Total	mg/L	Máx. 0,2	0,0023	0,01	POP-FQ-081
Amônia	mg/L	Máx. 1,5	0	0,02	POP-FQ-052 Anexo I

PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO-PMQACH

Relatório Técnico Anual

4034-00-QACH-RL-0001

Tommasi					
Antimônio Total	mg/L	Máx. 0,005	0,0001	0,001	POP-FQ-081
Arsênio Total	mg/L	Máx. 0,01	0,0003	0,001	POP-FQ-081
Atrazina	mg/L	Máx. 2	0,00008	0,0005	POP-CR-004
Bário Total	mg/L	Máx. 0,7	0,0002	0,01	POP-FQ-081
Bromato	mg/L	Máx. 0,01	0,006	0,01	EPA 300.1
Cádmio Total	mg/L	Máx. 0,005	0,0001	0,001	POP-FQ-081
Carbendazim + Benomil	µg/L	Máx. 120	0,322	0,5	POP-CR-004
Carbofuran	µg/L	Máx. 7	0,106	0,5	POP-CR-004
Chumbo Total	mg/L	Máx. 0,01	0,00087	0,01	POP-FQ-081
Cianeto Total	mg/L	Máx. 0,07	0,00008	0,002	POP-FQ-052 Anexo V
Cianotoxinas (microcistina e saxitoxina)	µg/L	Máx. 1,0 e 3,0	0,11 e 0,05	0,5 e 3,0	POP-MIC-031 e Saxitoxin Plate Kit Cat.# 20-0173
Cloraminas Totais	mg/L	Máx. 4,0	0,028	0,1	POP-FQ-052 Anexo VIII
Clordano (Isômeros)	µg/L	Máx. 0,2	0,002 (cis) e 0,0022 (trans)	0,01	POP-CR-001
Cloreto	mg/L	Máx. 250	0,167	1	EPA 300.1
Clorito	mg/L	Máx. 1	0,011	0,1	EPA 300.1
Cloro Residual Livre (Campo)	mg/L	De 0,2 à 5,0	0,007	0,01	POP-ANL-009
Clorpirifós + Clorpirifós - oxon	µg/L	Máx. 30	0,05 e 0,955	0,5 e 3,0	POP-CR-004
Cobre Total	mg/L	Máx. 2	0,00025	0,001	POP-FQ-081
Coliformes Totais 100 mL	UFC/100 mL	Ausência em 100 mL	-	-	SMWW 23ª Edição, Método 9221-D
Cor Aparente	mg/L Pt-Co	Máx. 15	-	5	SMWW 23ª Edição, Método 2120 B
Cromo Total	mg/L	Máx. 0,05	0,00035	0,01	POP-FQ-081
DDT + DDD + DDE	µg/L	Máx. 1	0,007, 0,006 e 0,004	0,01	POP-CR-001
Diuron	µg/L	Máx. 90	0,00062	0,5	POP-CR-004

PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO-PMQACH

Relatório Técnico Anual

4034-00-QACH-RL-0001

Tommasi					
Dureza Total	mg/L	Máx. 500	-	0	SMWW 23a Edição, Método 2340 C
Endossulfan ($\alpha + \beta +$ Sulfato)	$\mu\text{g/L}$	Máx. 20	0,003, 0,003 e 0,002	0,01	POP-CR-001
Endrin	$\mu\text{g/L}$	Máx. 0,6	0,004	0,01	POP-CR-001
Escherichia coli	UFC /100 mL	Ausência em 100 mL	-	-	SMWW 23a Edição, Método 9221-D
Etilbenzeno	mg/L	Máx. 0,2	0,0001	0,002	POP-CR-002
Ferro Total	mg/L	Máx. 0,3	0,0028	0,01	POP-FQ-081
Fluoreto	mg/L	Máx. 1,5	0,01	0,4	POP-FQ-052 Anexo XVII
Glifosato + AMPA	$\mu\text{g/L}$	Máx. 500	1,725 e 2,254	50 e 25	POP-CR-004
Gosto	Intensidade	Máx. 6	-	-	POP-ANL-009
Lindano (gama - HCH)	$\mu\text{g/L}$	Máx. 2	0,003	0,01	POP-CR-001
Mancozebe	$\mu\text{g/L}$	Máx. 180	0,029	0,1	POP-CR-004
Manganês Total	mg/L	Máx. 0,1	0,00005	0,01	POP-FQ-081
Mercurio Total	mg/L	Máx. 0,001	0,00003	0,0001	POP-FQ-081
Metamidofós	$\mu\text{g/L}$	Máx. 12	0,032	0,3	POP-CR-004
Metolacoloro	$\mu\text{g/L}$	Máx. 10	0,089	0,5	POP-CR-004
Molinato	$\mu\text{g/L}$	Máx. 6	0,096	0,5	POP-CR-004
Monoclorobenzeno	mg/L	Máx. 0,12	0,0001	0,002	POP-CR-002
Níquel Total	mg/L	Máx. 0,07	0,00034	0,01	POP-FQ-081
Nitrato	mg/L	Máx. 10	0,043	0,23	POP-FQ-052 Anexo XX
Nitrito	mg/L	Máx. 1	0,002	0,015	POP-FQ-052 Anexo XXI
Odor	Intensidade	Máx. 6	-	-	POP-ANL-009
Parationa Metilica	$\mu\text{g/L}$	Máx. 9	0,029	0,1	POP-CR-004
Pendimetalina	$\mu\text{g/L}$	Máx. 20	0,016	0,1	POP-CR-004
Permetrina	$\mu\text{g/L}$	Máx. 20	0,003	0,01	POP-CR-001
pH	-	De 6,0 a 9,5	-	2 – 12	SMWW 23a Edição, Método 4500 H+
Profenofós	$\mu\text{g/L}$	Máx. 60	0,112	1	POP-CR-004
Selênio Total	mg/L	Máx. 0,01	0,0016	0,01	POP-FQ-081

Tommasi					
Simazina	µg/L	Máx. 2	0,152	0,5	POP-CR-004
Sódio Total	mg/L	Máx. 200	0,012	0,1	POP-FQ-081
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	Máx. 1000	2,93	10	POP-FQ-085
Sulfato	mg/L	Máx. 250	0,23	2	POP-FQ-052 XXVII
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	Máx. 0,1	0,00026	0,002	POP-FQ-052 XXVIII
Surfactantes (como LAS)	mg/L	Máx. 0,5	0,003	0,01	POP-FQ-052 Anexo XXIX
Tebuconazol	µg/L	Máx. 180	0,024	0,1	POP-CR-004
Terbufós	µg/L	Máx. 1,2	0,404	1	POP-CR-004
Tolueno	mg/L	Máx. 0,17	0,000061	0,002	POP-CR-002
Trifluralina	µg/L	Máx. 20	0,003	0,01	POP-CR-001
Trihalometanos	mg/L	Máx. 0,1	0,000132	0,002	POP-CR-002
Turbidez	NTU	Máx. 5	0,06	0,34	SMWW 23° Edição, Método 2130B
Urânio Total	mg/L	Máx. 0,03	0,002	0,01	POP-FQ-081
Xilenos	mg/L	Máx. 0,3	0,000069	0,002	POP-CR-002
Zinco Total	mg/L	Máx. 5	0,00019	0,01	POP-FQ-081

5.4 - Coleta e análise

As técnicas de coleta e análise das amostras seguiram protocolos padronizados e internacionalmente reconhecidos, como o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB & ANA, 2011); ABNT NBR-9898/1987 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores; e o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* - 23ª edição (APHA, 2017).

As metodologias analíticas praticadas atendem também ao artigo nº 22 do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde:

“Art. 22. As metodologias analíticas para determinação dos parâmetros previstos neste Anexo devem atender às normas nacionais ou internacionais mais recentes, tais como: (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 22)

I – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, de autoria das instituições American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF); (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 22, I)

II – United States Environmental Protection Agency (USEPA); (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 22, II)

III – Normas publicadas pela International Standardization Organization (ISO); (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 22, III)

IV – Metodologias propostas pela Organização Mundial à Saúde (OMS). (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 22, IV)”.

Os parâmetros cloro residual livre, temperatura da amostra e pH foram mensurados no local (*in situ*), utilizando-se equipamentos portáteis. Para os demais, as amostras foram encaminhadas ao laboratório, respeitando-se os respectivos procedimentos de preservação, conservação e tempo de validade de cada uma das análises. As etapas de planejamento amostral, definição dos pontos de coleta e metodologia aplicada seguiram as diretrizes para o PMQACH estabelecido pela Deliberação CIF nº 95 e NT nº 10.

O laboratório responsável pela amostragem e análises laboratoriais é devidamente acreditado nos termos da ABNT NBR-ISO/IEC 17025:2017 junto ao INMETRO.

A **Figura 5-1** apresenta imagens ilustrando as coletas manuais.

Figura 5-1 - Pannel de fotos exemplificando a coleta manual em diversos pontos do PMQACH.



A **Figura 5-2** e **Figura 5-3** representam, respectivamente, um exemplo de uma ficha de campo e laudo analítico, ambos emitidos pela Tommasi, laboratório atualmente responsável pelas amostragens e análises do PMQACH, e também no período avaliado neste relatório (junho/2020 a julho/2021).

PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO-PMQACH

Relatório Técnico Anual

4034-00-QACH-RL-0001

Figura 5-2 - Modelo de ficha de campo utilizada pelo laboratório Tommasi.

		Cadeia de Custódia: CA2323/2021 Proposta Comercial: PC1427/2019.6		FO-ANL-024 Revisão: 17	
Identificação do Cliente					
Cliente: Fundação Renova				CNPJ/CPF: 25.135.507/0001-63	
Contato: [REDACTED]		E-mail: -		Telefone: [REDACTED]	
Endereço: Avenida Getúlio Vargas Sala 400 - Savassi - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 30.112-021 - Brazil					
Amostra Id: 285113 - Água para Consumo Humano					
Identificação ou Ponto de Coleta: SAA - Borba - Mariana					
Data e Hora de Coleta: 17/05/2021 10:03			Registro Fotográfico: -		
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório			Latitude: -20.30205		
Longitude: -43.20105			pH: 7.2		
Cloro Residual Livre: 0.07			Temperatura da Amostra (°C): 20.9		
Tipo de Coleta: Simples			Local da Coleta: Saida Residência - Tomeira		
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol			Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol		
Temperatura Ambiente (°C): 28.2			Coordenadas : 687793 / 7754024		
Observações: Captação de água proveniente de nascente			Endereço do local: Borba		
UF: MG			Município: Mariana		
Embalagem e Preservação					
Polietileno - Refrigeração - 500 mL		Ânions (Condutimétrico), Cloraminas Total, Cloro Residual Livre (Campo), Cor Aparente, Gosto e Odor, pH (Campo), Sólidos Dissolvidos Totais (Eletrométrico), Sulfeto (H ₂ S não Dissociado) por Cálculo, Surfactantes (Kit), Turbidez (Laboratório)			
Polietileno - Refrigeração + HNO ₃ Concentrado - 300 mL		Metais Totais			
Nalgon Estéril - Refrigeração + Tiosulfato de Sódio 10% - 250 mL		Coliformes Totais (Presença-Ausência - Substrato Enzimático), Escherichia coli (NMP)			
Vial - Refrigeração - 40 mL		VOC			
Vial - Refrigeração - 40 mL		VOC			
Vidro Âmbar - Refrigeração + Solução de Lugol - 500 mL		Densidade de Cianobactérias			
Vidro Âmbar - Refrigeração + Tiosulfato de Sódio 10% - 250 mL		Saxitoxinas (EP)			
Vidro Âmbar - Refrigeração - 1000 mL		Fenóis (Cromatográfico), Pesticidas, SVOC			
Vidro Âmbar - Refrigeração - 1000 mL		Fenóis (Cromatográfico), Pesticidas, SVOC			
Polietileno - Refrigeração + H ₂ SO ₄ 1:1 - 300 mL		Cátions (Condutimétrico), Dureza Total			
Vidro Âmbar - Refrigeração - 1000 mL		Clorofila A			
Vidro Âmbar - Refrigeração - 70 mL		Microcistinas			
Vial - Refrigeração - 40 mL		Trihalometanos Total			
Vial - Refrigeração - 40 mL		Ácidos Halocarbônicos Total			
Responsabilidade da Coleta: Laboratório					
Coletor: Pedro Henrique Gomes Alves			Acompanhante: Talles Sette		
Rubrica			Rubrica		

Figura 5-3 - Modelo de laudo analítico utilizado pelo laboratório Tommasi.



Relatório Analítico 10430/2021.0.A

Proposta Comercial: PC2665/2018.7



Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação Renova	CNPJ/CPF: 25.135.507/0001-63
Contato: [REDACTED]	Telefone: (31) 9-8411-3459
Endereço: Avenida Getúlio Vargas Sala 400 - Savassi - Minas Gerais - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 10430-1/2021.0 - SAA - ETA de Alpercata - CTM	
Tipo de Amostra: Água Bruta	ID Amostra: 254976
Critério de Conformidade: Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de Março de 2005 - Artigo 15	
Data Coleta: 02/03/2021 08:13	Data de Publicação: 17/03/2021 10:15
Data de Recebimento: 03/03/2021	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Captação
Responsabilidade da Amostragem: Laboratório	Condições Climáticas no Momento da Coleta: Nublado
Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol	Temperatura Ambiente (°C): 25
Temperatura da Amostra (°C): 25,8	Observações: Captação de água proveniente do Rio Doce
Latitude: -18,98096	Longitude: -41,98809
Coordenadas: 185369/7897577	



SAA - ETA de Alpercata - CTM
-18,99012; -41,98788, 228,0m
02/03/2021 08:19:59

Resultados Analíticos						
Amostragem						
Análise	Resultado	Data de Início	Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de Março de 2005 - Artigo 15	LQ	Referência	Incerteza
Cloro Residual Livre	< 0,01 mg/L	02/03/2021	NA	0,01 mg/L	POP-ANL-009	17,32%
pH	7,64	02/03/2021	6 a 9	2,00 - 12,00	SMWW, 23ª edição, método 4500-H+	0,09
Biológicos						
Análise	Resultado	Data de Início	Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de Março de 2005 - Artigo 15	LQ	Referência	Incerteza
Densidade de Clorobactérias	625 ce/mL	03/03/2021	Máx. 50.000 ce/mL	3 ce/mL	CETESB, NT L5.303, 4ª edição	-
Compostos orgânicos individuais						
Análise	Resultado	Data de Início	Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de Março de 2005 - Artigo 15	LQ	Referência	Incerteza

FO-ANL-162
Revisão: 09

Rua Arara Azul, 167, Área 05, Galpão 03, Novo Horizonte, Serra - ES.
CEP: 29.163-306 - Tel: (27) 3060-6558/6559

Pag. 1/7

5.5 - Legislação aplicável

A avaliação da qualidade da água em função da conformidade frente às legislações aplicáveis foi feita com base na origem e destinação final em relação ao seu uso.

Assim, amostras de água coletadas nas saídas ou pós-filtração de pontos amostrais com tratamento, sejam eles superficiais ou subterrâneos, foram avaliadas segundo o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde – PRC nº 5/2017, de 28 de setembro de 2017, uma vez que nestas situações a água já se destina ao consumo humano. Ainda considerando pontos com tratamento, porém nas captações de águas superficiais e subterrâneas (ou seja, água bruta), a avaliação da qualidade da água foi feita de acordo com a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 para água doce classe 2 (águas superficiais) e Anexo I da Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008, conforme a categoria de uso preponderante para consumo humano (águas subterrâneas).

Considerando as amostras de água coletadas em sistemas sem tratamento, sejam elas superficiais ou subterrâneas, a avaliação foi feita frente ao Anexo XX da PRC nº 5/2017, uma vez que, mesmo não havendo tratamento, as águas se destinam ao consumo humano.

Quadro 5-2 – Interpretação dos resultados frente a legislação aplicável, conforme origem e destinação das águas dos pontos de coleta do PMQACH.

Existência de tratamento	Tipo de captação (origem da água)	Ponto avaliado	Resolução aplicada
Com tratamento	Superficial	Captação	CONAMA nº 357/2005
		Pós-Filtração	Anexo XX da PRC nº 5/2017
		Saída	Anexo XX da PRC nº 5/2017
	Subterrânea	Captação	CONAMA nº 396/2008
		Pós-Filtração	Anexo XX da PRC nº 5/2017
		Saída	Anexo XX da PRC nº 5/2017
Sem tratamento	Superficial	Saída	Anexo XX da PRC nº 5/2017
	Subterrânea	Saída	Anexo XX da PRC nº 5/2017

Em maio de 2021, foi publicada a Portaria GM/MS Nº 888, de 04 de maio de 2021, que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. No entanto, para o presente documento, considera-se ainda as orientações do Anexo XX da PRC nº 05/2017.

5.6 - Avaliação da consistência dos dados

Para a avaliação geral da consistência dos dados, foram verificadas as técnicas e procedimentos empregados desde a coleta da água até a análise e divulgação dos resultados, visando a garantia e a confiança do processo analítico. Para tanto, todos os laboratórios contratados pela Fundação Renova para a coleta e análise das amostras possuem acreditação junto ao INMETRO, de acordo com a ABNT ISO/IEC 17025 para laboratórios de ensaio. Esta acreditação constitui a expressão formal do reconhecimento da competência de cada laboratório para realizar atividades de ensaios, conforme respectivo Escopo de Acreditação.

As razões sociais de cada laboratório, os códigos de acreditação e as datas do escopo estão resumidos no **Quadro 5-3**. Todos os certificados estão ativos no INMETRO. Foi verificado o escopo de acreditação NBR-ISO 17025:2017 dos laboratórios contratados e subcontratados, no que diz respeito as análises adotadas e os prazos das certificações.

Quadro 5-3 - Laboratórios contratados e subcontratados para a coleta e análise das amostras, com os respectivos certificados de acreditação.

Razão Social	Nome do Laboratório	Número Acreditação INMETRO	Data da acreditação	Última revisão do escopo
Tommasi Analítica Ltda.	Tommasi Ambiental	CRL 0442	01/09/2010	25/06/2019
Bioagri Ambiental - Matriz	Merieux-Bioagri Ambiental	CRL 0172	20/04/2004	17/06/2020
Bioagri Ambiental – Filial Belo Horizonte	Merieux-Bioagri Ambiental	CRL 0531	14/02/2012	01/06/2021
Bioagri Ambiental – Unidade Serra	Merieux-Bioagri Ambiental	CRL 0696	13/05/2014	23/09/2019
Limnos Hidrobiologia e Limnologia Ltda.	Limnos Hidrobiologia e Limnologia Ltda.	CRL 0462	03/12/2010	17/08/2021
CEIMIC Núcleo Técnico Operacional de Serviços Analíticos Ltda.	Tasqa	CRL 0165	27/02/2004	11/06/2021

O laboratório Tommasi, responsável pelas análises mais recentes do PMQACH avaliadas no período deste relatório, apresentou resultados adequados para os ensaios interlaboratoriais para a matriz água, onde eventuais resultados insatisfatórios, não aceitos ou questionáveis passaram por correções de acordo com o plano de ação do laboratório. Os ensaios interlaboratoriais permitem avaliar o desempenho dos laboratórios, evidenciam a obtenção de resultados confiáveis, identificam eventuais problemas com os ensaios e possibilitam ações corretivas e preventivas através de controles internos dos mesmos.

Em relação as amostragens, os colaboradores responsáveis pelos procedimentos de campo foram devidamente capacitados e treinados conforme requisitos do laboratório e as coletas ocorreram com o acompanhamento de representante da secretaria municipal de saúde designada por cada município. Os procedimentos de amostragem foram registrados de maneira sistemática em formulários específicos (cadeias de custódia), que foram preenchidos no momento da amostragem. As fichas foram elaboradas para cada ponto amostral e contém: identificação do ponto, tipo e local de coleta, responsável pela coleta, data e hora da amostragem, parâmetros a serem analisados, registros das observações sobre as condições de amostragem, as não conformidades ou anomalias verificadas durante o processo de amostragem, frascos e preservantes utilizados, resultados dos parâmetros físicos e químicos *in situ*, identificação do técnico responsável e acompanhante (vide exemplo **Figura 5-2**).

Os frascos devidamente identificados e os preservantes utilizados foram fornecidos pelos laboratórios responsáveis pelas análises químicas. O material coletado em campo foi devidamente preservado e acondicionado, mantido sob refrigeração desde o momento da coleta até a entrega aos laboratórios de análise com as respectivas fichas de campo, contendo a identificação do projeto e as demais informações já listadas acima, atendendo as práticas preconizadas na ABNT NBR-ISO/IEC 17025:2017.

Outro importante indicador do controle de qualidade dos dados gerados diz respeito ao cumprimento das campanhas previstas no âmbito do PMQACH. De modo geral as coletas ocorreram de forma sistemática com frequências mensais e semanais, respeitando o escopo previsto no programa de monitoramento. Ausências de campanha de amostragem ocorreram em função das medidas de restrição ocorridas no período de pico da pandemia de COVID-19 ou eventualidades: ponto seco, sem acesso, em manutenção, desativados, entre outros. As eventualidades citadas são registradas nas fichas de campo, enquanto coletas não realizadas devido a pandemia ou afastamento de colaboradores foram registradas em ofício. Após todas as etapas de campo e analítica, os resultados foram consolidados em um banco de dados (BD). Uma parcela dos laudos analíticos foi conferida para verificar o cumprimento dos requisitos da norma ABNT NBR-ISO/IEC 17025, como por exemplo, identificação do projeto, nome e endereço do solicitante, localização do ponto, identificação da amostra, matriz, unidade de medida coerente com a matriz, método de análise dos parâmetros e seus respectivos limites de quantificação, quando pertinente. Importante destacar que os laudos apresentam as etapas de controle de qualidade laboratorial visando assegurar a validade dos métodos utilizados. Um exemplo de modelo de laudo completo está indicado na **Figura 5-3**.

Adicionalmente, foi feita uma avaliação geral no BD a fim de se observar resultados inconsistentes ou não encontrados na natureza, além da verificação de resultados transcritos de maneira incorreta, como por exemplo troca de ponto por vírgula. Foram verificados, também, se os limites de quantificação (LQ) utilizados pelos laboratórios foram iguais ou inferiores aos limites preconizados nas legislações pertinentes (Anexo XX da PRC nº 05/2017, CONAMA nº 357/2005 e CONAMA nº 396/2008), informação necessária para o enquadramento dos resultados. A avaliação demonstrou que, para alguns parâmetros, os limites de quantificação praticados pelo laboratório estiveram acima do preconizado na legislação pertinente. Em 2020/2021, isto foi observado para DDT + DDD + DDE, Endrin e Lindano, especialmente considerando os limites preconizados pela CONAMA nº 357/2005 para classe 2.

Em relação aos parâmetros coliformes totais e *E. coli* identificou-se inconsistências no momento de reportar resultados qualitativos e quantitativos. Tendo em vista que as legislações Anexo XX da PRC n° 05/2017 e CONAMA n° 396/2008 apresentam seus limites de forma qualitativa, enquanto a CONAMA n° 357/2005 de forma quantitativa, precisou-se fazer uma padronização dos dados. Dessa forma, todos os dados qualitativos foram unificados para uma única coluna considerando resultados “ausentes/presentes”, sendo o mesmo realizado para os dados quantitativos.

Vale ressaltar que, no início do PMQACH, todos os resultados eram comparados com a PRC n° 05/2017. Somente em 2019, foi solicitado pela CT Saúde que os resultados dos pontos de captação fossem comparados com as Resoluções CONAMA, mas não houve adequação dos parâmetros analisados.

5.7 - Comunicação dos dados

Com as análises finalizadas, os laudos oficiais contendo os resultados das análises realizadas são remetidos à Fundação Renova, passando pelos procedimentos de triagem e enviados para o sistema denominado MP5 (MonitorPro 5). Os laudos laboratoriais, fichas de campo e planilhas em Excel são disponibilizados para a CT-Saúde, na plataforma online da Fundação Renova, *Sharepoint*.

Relatórios técnicos, tal como o presente documento, estão previstos para serem emitidos após 90 dias do término da última campanha, contemplando o período de um ano de monitoramento, conforme a NT n° 54 e Deliberação CIF n° 513.

5.8 - Apresentação dos resultados

A apresentação dos resultados foi feita buscando atender o que pede a NT nº 54/2021 da CT-Saúde, no que diz respeito a: 1) apresentação gráfica, por município, considerando-se pontos com e sem tratamento, dos parâmetros cujos valores superaram o VMP da legislação aplicável e 2) análises para subsidiar interpretações das concentrações dos parâmetros ao longo do tempo e em função da sazonalidade.

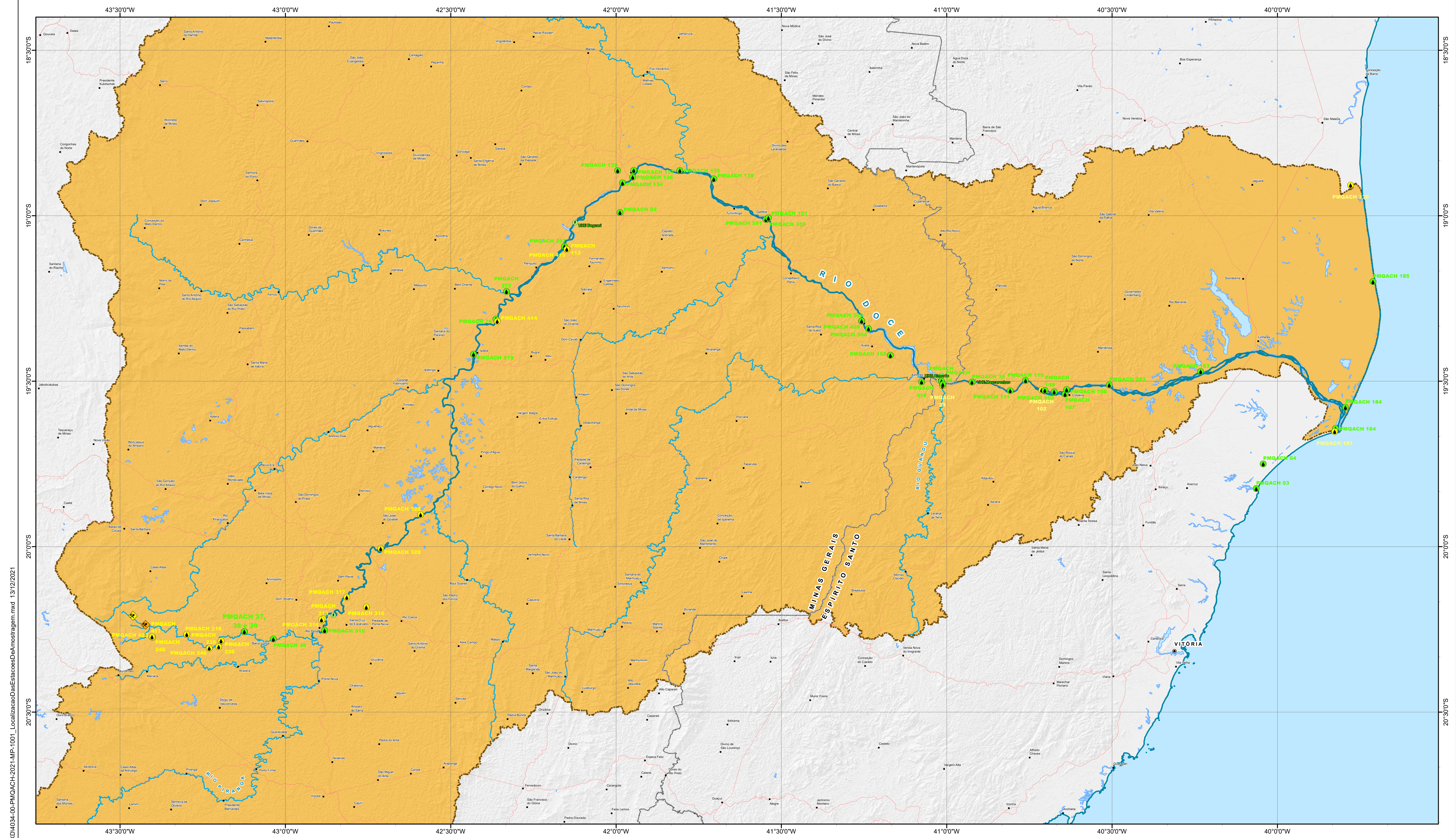
Dessa forma, para atender ao primeiro item foram elaborados gráficos de barra considerando os parâmetros que apresentaram no mínimo uma violação no período de setembro/2018 a julho/2021. Nos gráficos é apresentado o n total de amostras consideradas, o n de violações e o percentual desta relação para cada ciclo (2018/2019, 2019/2020 e 2020/2021) do monitoramento pelo PMQACH, com enfoque sempre no último ano de monitoramento (2020/2021).

No segundo item, para avaliar as variações temporais e sazonais (seca e chuva) ao longo do monitoramento de setembro/2018 a julho/2021, foram realizadas análises estatísticas considerando os ciclos avaliados (2018/2019, 2019/2020 e 2020/2021) e período chuvoso e seco. A referência para o período chuvoso seguiu o estabelecido no Termo de Referência do Plano de Ações para Período Chuvoso, de competência do Grupo de Acompanhamento Técnico do CIF, tendo sido realizadas entre 01 de outubro e 01 de abril de cada ciclo chuvoso. As análises estatísticas foram desenvolvidas por parâmetros utilizando os testes Kruskal-Wallis e Wilcoxon com grau de significância de 0,05. Os parâmetros considerados para os testes foram aqueles que apresentaram maiores percentuais de frequência de quantificação. No entanto, os gráficos foram construídos dando enfoque para os parâmetros que apresentam maior relevância no contexto da bacia ou com violações acima de 20% no ponto avaliado. Ainda assim, os resultados foram interpretados criticamente ponderando a frequência de dados abaixo do LQ ou as próprias variações no LQ ao longo do monitoramento. Portanto, somente resultados claros de aumento ou redução ao longo dos anos ou períodos sazonais foram levados em consideração. Os registros abaixo do LQ foram considerados como os

próprios valores de LQ sem o sinal “<”. Vale ressaltar ainda, que não foi possível realizar avaliação estatística para os parâmetros *E. coli* e coliformes totais devido às variações de metodologias aplicadas entre métodos qualitativos e quantitativos.

Embora os resultados apresentados no relatório contemplem todo o histórico do PMQACH, as discussões foram voltadas para o período anual avaliado neste relatório que vai de junho de 2020 a julho de 2021.

Anexo 5-1 - Mapa localização das estações de amostragem



© Ecology & Environment do Brasil GIS Department
L4034_PMQACHSolicitação2021_11_03_Figuras_PMQACH\MXD4034-00-PMQACH-2021-MP-1001_LocalizacaoDasEstacoesDeMonitoragem.mxd 13/12/2021

Convenções Cartográficas		Legenda Temática		Mapa de Situação		Escala Gráfica		Cliente		Execução	
● Capital Estadual • Cidade — Litoral — Limite Estadual — Rodovia — Corpo d'Água		PMQACH ● Sem tratamento ● Com tratamento ● Barragem de Fundão ● Barragem de Santarém — Rio Tributários — Rio Doce — Bacia Hidrográfica do Rio Doce									
Projeto		PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO - PMQACH		Título		MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO		Elaboração: Marlon Nunes		Aprovado:	
Responsável Técnico: Gabrielle Quadra		Data: dezembro de 2021		Mapa n°: 4034-00-PMQACH-MP-1001		Revisão: 01					

6 - RESULTADOS

No presente item são apresentados os resultados obtidos no âmbito do monitoramento do PMQACH, período de setembro de 2018 a julho de 2021. Sempre que pertinente, foi dado enfoque no último ano do monitoramento, período avaliado neste relatório, que compreendeu os meses de julho de 2020 a julho de 2021. O banco de dados completo avaliado encontra-se no **Anexo 6-1**.

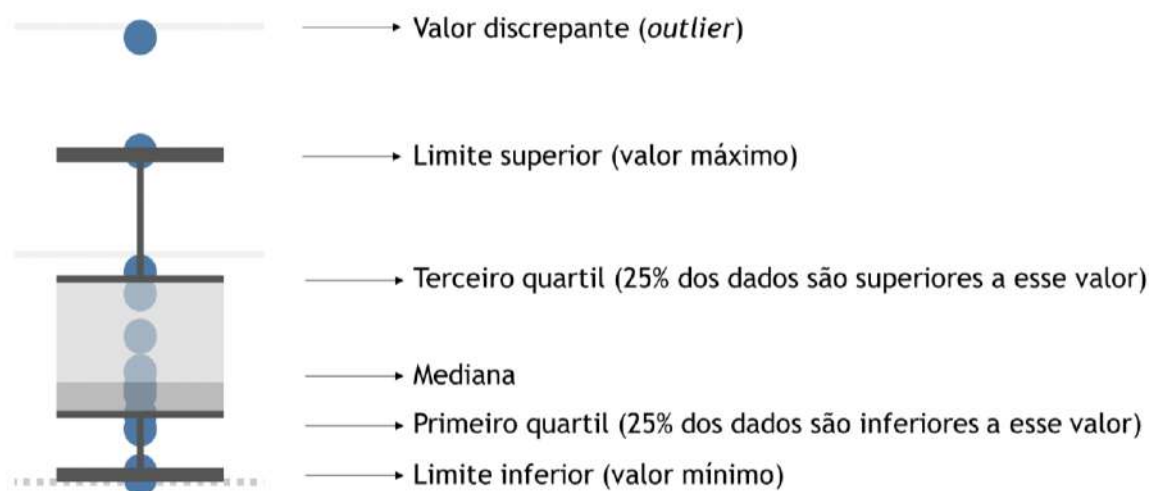
O item encontra-se dividido por município, considerando-se pontos amostrais com e sem tratamento de água. Em cada item foi abordado: 1) Ocorrência de violações das legislações vigentes; e 2) Avaliação temporal e sazonal.

Para avaliação das violações, foram considerados nos gráficos todos os parâmetros que apresentaram ao menos uma violação ao longo do período monitorado. É apresentado um gráfico com os resultados gerais, considerando todos os pontos, divididos pelo período de chuva e seca e gráficos detalhados por ponto, divididos pelos ciclos de monitoramento (2018/2019, 2019/2020 e 2020/2021). A tabela completa de violações apresentadas neste item pode ser consultada no **Anexo 6-2**.

Para a avaliação temporal e sazonal, as representações gráficas foram feitas considerando os resultados de parâmetros cujo % de violações ficou acima de 20%, além de parâmetros relevantes no contexto da bacia. Os gráficos apresentam as concentrações dos parâmetros ao longo do tempo, destacando as amostragens de chuva e seca, e também a distribuição dos resultados nos anos de 2018/2019, 2019/2020 e 2021, representados em box-plots. O box-plot é uma ferramenta gráfica que representa a variação e os valores discrepantes de um banco de dados. Os gráficos de box-plot apresentam como linhas externas os valores mínimos e máximos, desconsiderando *outliers*, se existentes (**Figura 6-1**). As caixas são definidas pelo primeiro quartil (cinza escuro) e terceiro quartil (cinza claro), sendo que a divisão entre os quartis é o valor mediano. Os círculos azuis representam os valores das

amostras, sendo que pontos acima ou abaixo das linhas externas são considerados *outliers* da base de dados (**Figura 6-1**).

Figura 6-1 - Exemplo de box-plot genérico com identificação de seus elementos.



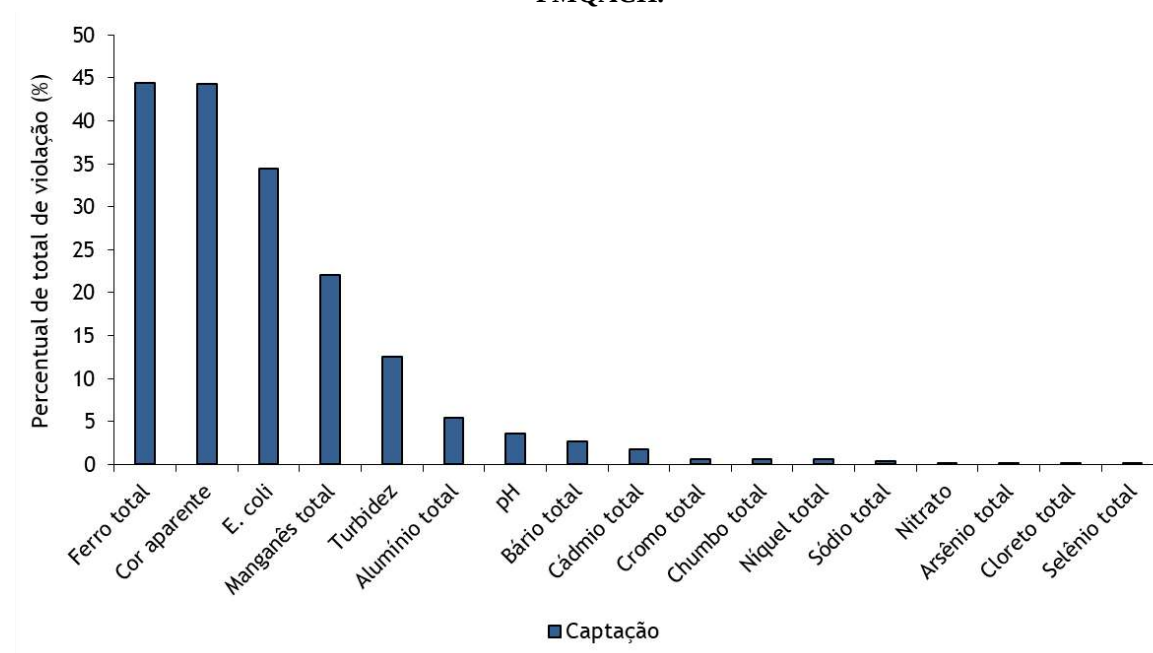
Para *E. coli* e coliformes totais, quando os dados são qualitativos, foram apresentados gráficos de presença e ausência ao longo do tempo, separadamente dos demais parâmetros.

Alguns parâmetros avaliados permaneceram abaixo do limite de quantificação do respectivo método durante todo o monitoramento, especialmente agrotóxicos e substâncias organolépticas, com exceção da atrazina, endossulfan (alfa, beta e sulfato), glifosato + AMPA, tolueno e xileno. As cianotoxinas investigadas (microcistinas e saxitoxinas) também permaneceram abaixo do limite de quantificação em todos os municípios.

Os seguintes parâmetros, apesar de quantificados, não apresentaram resultados acima de seus respectivos limites das legislações aplicáveis: bromato, cianeto, clorito, clorofila a, cobre total, densidade de cianobactérias, dureza total, gosto e odor e sulfetos.

Considerando todos os dados de captação, os parâmetros que apresentaram maiores percentuais de violação foram ferro total, cor aparente, *E. coli*, manganês total e turbidez (**Figura 6-2**). Os demais parâmetros apresentaram percentuais totais $\leq 5\%$ (**Figura 6-2**). Cabe ressaltar que nesse cálculo de percentual total estão apresentados os dados de captação tanto de águas superficiais quanto de águas subterrâneas.

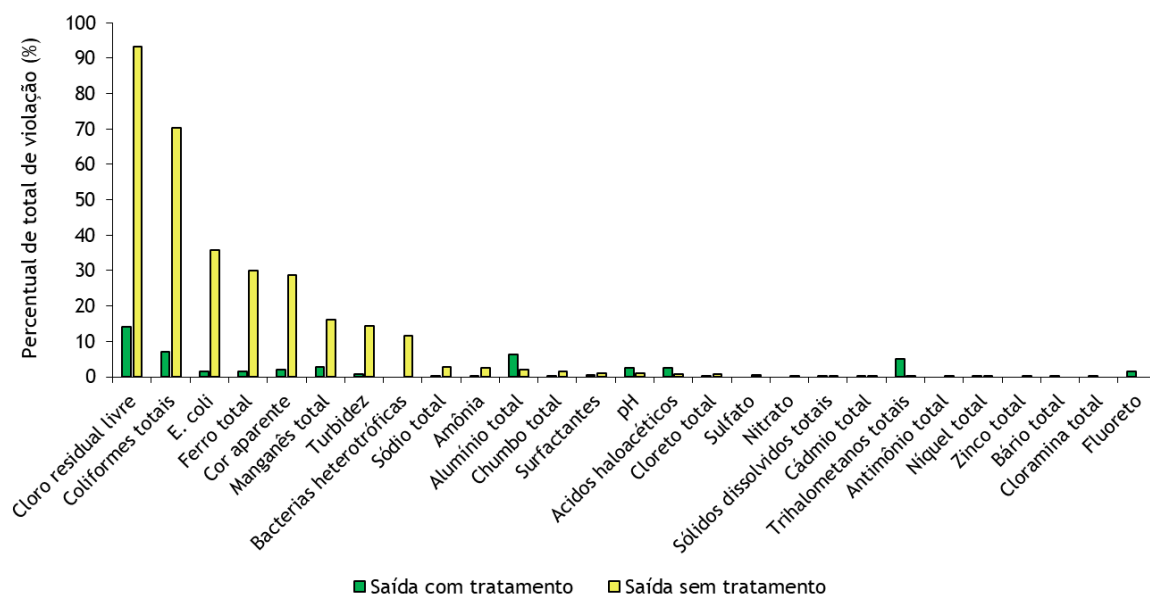
Figura 6-2 - Percentual total de violação dos parâmetros avaliados na captação dos pontos amostrais do PMQACH.



Considerando os dados de saída, é possível observar padrões diferentes em termos de percentuais totais de violação quando se tratam de pontos com ou sem tratamento de água. Os dados de saída sem tratamento apresentaram como parâmetros mais importantes: cloro residual livre, coliformes totais, *E. coli*, ferro total, cor aparente, manganês total, turbidez e bactérias heterotróficas. Os demais parâmetros apresentaram percentuais totais $\leq 3\%$ (**Figura 6-3**). Já considerando os dados com tratamento de água, os parâmetros mais importantes foram cloro residual livre, coliformes totais, alumínio total e trihalometanos totais, sendo os demais com percentuais totais $\leq 3\%$ (**Figura 6-3**). Vale destacar que apesar da importância de cloro residual livre e coliformes totais para ambos os casos, os percentuais totais de violação

foram mais elevados considerando os dados sem tratamento. No caso de cloro residual livre, o percentual foi de 14% para pontos com tratamento e 93% para pontos sem tratamento (**Figura 6-3**). No caso de pontos sem tratamento, as violações ocorreram especialmente por concentrações inferiores a faixa do limite legal, sendo que em pontos com tratamento, também houve ocasiões em que o limite superior foi ultrapassado. Em relação ao parâmetro coliformes totais, o percentual de violação total foi de 7% para pontos com tratamento e de 70% para pontos sem tratamento (**Figura 6-3**). Esses dados gerais demonstram a importância do tratamento para a melhora da qualidade da água, especialmente em relação à contaminação microbiológica, percentual de sólidos representados pela turbidez e cor aparente, assim como para alguns metais, em especial ferro total e manganês total. No entanto, os percentuais de violação de cloro residual livre, coliformes totais e *E. coli* em pontos com tratamento demonstram a necessidade de revisão da operação para ajustes da concentração de cloro aplicada. Além disso, também é possível notar maiores percentuais de violação nos dados com tratamento para os parâmetros alumínio total, pH, ácidos haloacéticos e trihalometanos totais (**Figura 6-3**). Apesar da qualidade da água tratada depender da qualidade de sua fonte, ou seja, da água de captação, também é influenciada pelo sistema de tratamento em si. Por exemplo, o uso de coagulantes à base de sais de alumínio durante o processo de tratamento da água pode resultar em concentrações residuais de alumínio na água tratada (ROSALINO, 2011). O tratamento da água também pode resultar em subprodutos que são formados pela reação entre matéria orgânica e cloro, como os ácidos haloacéticos e trihalometanos (FERREIRA FILHO & SAKAGUTI, 2008; LIMA, 2014; SILVA & MELO, 2015). Portanto, a instalação, manutenção e operação adequada dos processos de tratamento podem auxiliar ao atendimento integral dos limites legais de potabilidade.

Figura 6-3 - Percentual total de violação dos parâmetros avaliados na saída dos pontos amostrais do PMQACH. Em verde estão representados os dados dos pontos com tratamento. Em amarelo estão representados os dados dos pontos sem tratamento.



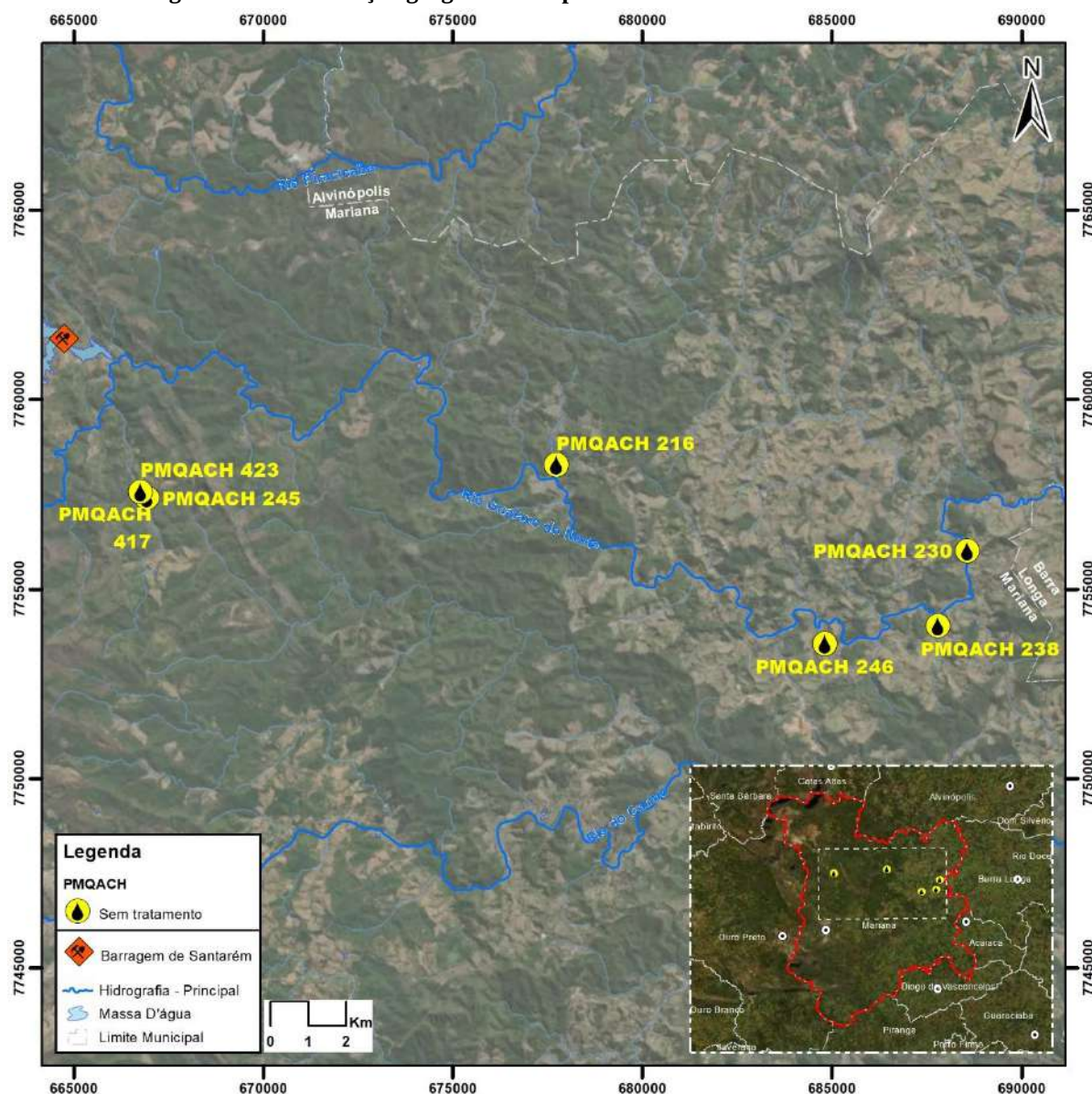
6.1 - Mariana

No município de Mariana-MG, foram considerados os 07 (sete) pontos ativos, sendo 05 (cinco) de Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e 02 (dois) de Soluções Alternativas Coletivas (SAC) (**Figura 6-4** e **Quadro 6-1**). Estes pontos não apresentam tratamento de água.

Quadro 6-1 - Características dos pontos do município de Mariana considerados no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 216	Superficial	SAC	Sem tratamento	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017
PMQACH 423	Subterrânea	SAC	Sem tratamento	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017
PMQACH 230	Superficial	SAA	Sem tratamento	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017
PMQACH 238	Superficial	SAA	Sem tratamento	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017
PMQACH 245	Superficial	SAA	Sem tratamento	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017
PMQACH 246	Superficial	SAA	Sem tratamento	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017
PMQACH 417	Subterrânea	SAA	Sem tratamento	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017

Figura 6-4 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Mariana-MG.



6.1.1 - Pontos sem tratamento

6.1.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

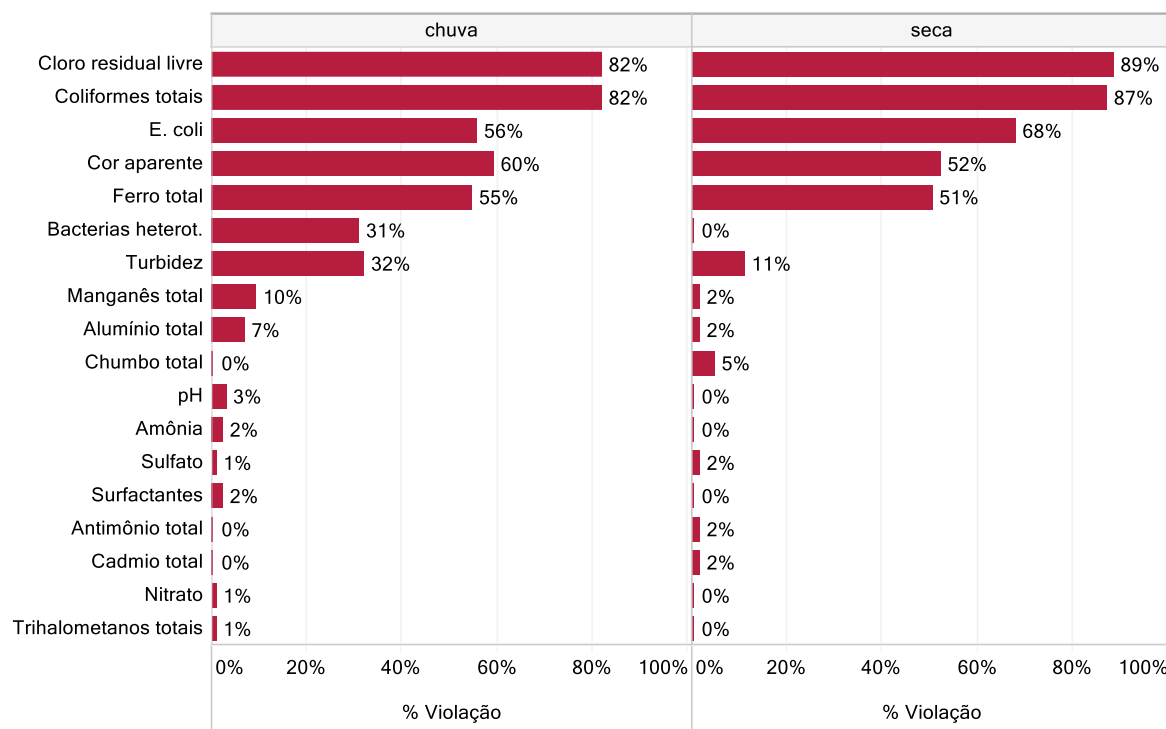
No município de Mariana, considerando todos os sistemas de abastecimento, os parâmetros que registraram maiores percentuais de violação aos limites aplicáveis foram cloro residual livre, coliformes totais, *Escherichia coli*, cor aparente e ferro total, sendo que os percentuais foram semelhantes entre o período de chuva e seca (**Figura 6-5**). As violações observadas para o cloro residual livre foram, no geral, com resultados abaixo da faixa do limite estabelecido no Anexo XX da PRC nº 5/2017, o que era esperado visto que os pontos de monitoramento do município não apresentam tratamento de água. Os metais como ferro, alumínio e manganês, presentes na composição dos rejeitos da barragem, também possuem ocorrência natural na bacia do rio Doce (ECOPLAN-LUME, 2010). No caso, alumínio e manganês apresentaram violações pontuais entre os pontos monitorados, com percentual total de 12 e 9%, respectivamente. Foram observados percentuais mais elevados para turbidez, manganês total e alumínio total durante o período chuvoso (**Figura 6-5**). Esses parâmetros estão positivamente relacionados com o aumento da pluviosidade, especialmente em corpos hídricos superficiais, refletindo tanto o maior aporte de partículas carregadas pela água da chuva, como a possível ressuspensão de material sedimentado. A entrada na coluna d'água de partículas com metais adsorvidos, como ferro e manganês, podem contribuir no aumento das concentrações destes elementos, uma vez que o método quantifica a fração total e não a dissolvida.

De maneira geral, verificou-se a presença de coliformes totais e *E. coli* em todo período monitorado, indicando a relação com uso e ocupação do solo local, através da contaminação fecal proveniente de esgoto doméstico ou criação de animais. O plano da bacia do rio Doce (2010), apontou coliformes como parâmetro prioritário para gestão, sendo um dos principais problemas de qualidade da água na bacia. A desconformidade do parâmetro está geralmente relacionada ao predomínio de áreas urbanas e baixo atendimento de tratamento

dos esgotos domésticos (ECOPLAN-LUME, 2010). No município de Mariana, segundo os dados do IBGE (2010), há 78% de esgotamento sanitário, que apresentam, especialmente, tratamento convencional, que contempla as etapas de floculação, decantação, filtração e desinfecção. No entanto, a taxa de esgotamento sanitário não reflete sua eficiência, ou seja, caso o tratamento seja ineficiente, o efluente ainda terá a presença de matéria orgânica e patógenos, tendo como consequência o lançamento dos mesmos nos recursos hídricos. Já em áreas rurais, a contaminação fecal pode estar associada à criação de animais, pontos de captação em áreas inapropriadas ou proximidade a fossas. Nesse contexto de contaminação microbiológica, é importante que as águas destinadas ao consumo humano possuam a adição de cloro, com o objetivo de reduzir os riscos desses patógenos à saúde humana (CETESB, 2017). Portanto, para pontos sem tratamento, recomenda-se, além da adição de cloro, uma rotina de limpeza e o consumo da água somente após fervura e filtração.

Os parâmetros chumbo total, pH, amônia, sulfato, surfactantes, cádmio total, nitrato e trihalometanos totais apresentaram baixos percentuais de violação ao longo do monitoramento (< 5%), não sendo possível identificar padrões sazonais (**Figura 6-5**).

Figura 6-5 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Mariana no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

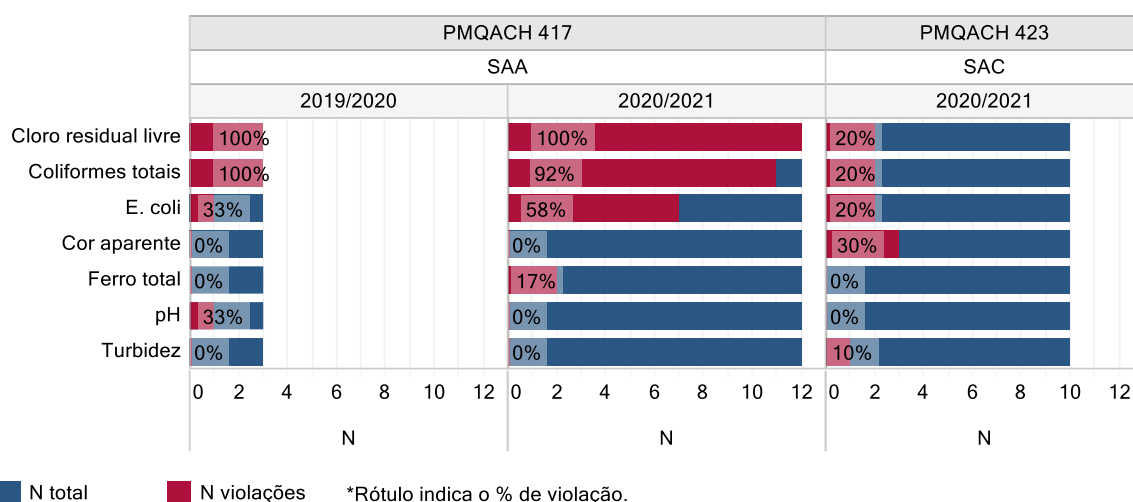


Nos pontos do município de Mariana que apresentam captação subterrânea (PMQACH 417 e 423), os parâmetros cloro residual livre, coliformes totais e *E. coli* apresentaram maiores percentuais de violações (**Figura 6-6**). De maneira geral, as concentrações de cloro residual livre foram baixas, violando o limite inferior legal, o que era esperado por se tratar de pontos sem tratamento. O cloro é utilizado para desinfecção, sendo extremamente empregado nos processos de tratamento e apresenta alta eficácia na remoção de microrganismos (DANIEL, 2001; YAMAGUCHI et al., 2013). De fato, a contaminação microbiológica observada pode estar relacionada a não adição do cloro, ou seja, sem um processo de desinfecção da água.

No ponto PMQACH 417, que apresenta abastecimento do tipo SAA, cloro residual livre apresentou 100% de violação em todos os anos (violação das 12 amostras avaliadas). Nesse ponto, ferro total e *E. coli* apresentaram percentual de violação superior em 2020/2021 comparado ao ano anterior de 2019/2020, enquanto pH apresentou maior violação em 2019/2020 em relação ao ano seguinte (Figura 6-6).

No ponto PMQACH 423, que apresenta abastecimento tipo SAC, o parâmetro cor aparente apresentou maior percentual de violação em 2020/2021 (30%; 3 violações de um total de 10 amostras), seguido pelos mesmos parâmetros com as maiores violações observados no ponto PMQACH 417 (cloro residual livre, coliformes totais e *E. coli*), no entanto, com 20% de violação (2 violações de um total de 10 amostras). Nesse ponto, turbidez também apresentou violações, com um percentual de 10% (1 violação de um total de 10 amostras) (Figura 6-6). Não foi possível avaliar o histórico, visto que este ponto só apresenta resultados para o período de 2020/2021, pois o monitoramento nesse ponto foi iniciado em março de 2020.

Figura 6-6 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 417 e 423, localizados no município de Mariana, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

Em relação aos pontos do município que apresentam captação superficial (PMQACH 230, 238, 245, 246 e 216), os parâmetros ferro total, cloro residual livre, coliformes totais, cor aparente e *E. coli* apresentaram maiores percentuais de violações (**Figura 6-7** e **Figura 6-8**). Assim como observado para os pontos que possuem captação subterrânea, as violações do cloro residual livre foram em relação ao limite inferior legal, o que era esperado por se tratar de pontos sem tratamento. Portanto, a contaminação microbiológica observada pode estar relacionada a não adição do cloro como etapa da desinfecção.

No ponto PMQACH 230, os parâmetros ferro total, cloro residual livre, coliformes totais, cor aparente e *E. coli* foram os parâmetros com maiores percentuais de violação. Os parâmetros turbidez, alumínio total, manganês total, bactérias heterotróficas, cádmio total, nitrato, sulfato e surfactantes apresentaram violações esporádicas (**Figura 6-7**). No período de 2020/2021, ferro total apresentou o maior percentual de violação (92%; 11 violações de um total de 12 amostras), seguido por cor aparente (67%; 8 violações de um total de 12 amostras), cloro residual livre (42%; 5 violações de um total de 12 amostras), coliformes totais e *E. coli* (25%; 3 violações de um total de 12 amostras), turbidez (17%; 2 violações de um total de 12 amostras) e alumínio total (8%; 1 violação de um total de 12 amostras). Nesse ponto, é possível observar a redução do percentual de violação ao longo dos anos para cloro residual livre e coliformes totais, que atingiram os menores percentuais no período de 2020/2021. Em contraposição, ferro total, cor aparente e turbidez atingiram os maiores percentuais no período de 2020/2021, com um aumento ao longo dos anos (**Figura 6-7**).

No ponto PMQACH 238, os parâmetros ferro total, cloro residual livre, coliformes totais e cor aparente foram os parâmetros com maiores percentuais de violação, alcançado 100% de violação em pelo menos um dos períodos avaliados (**Figura 6-7**). O parâmetro *E. coli* também apresentou elevados percentuais de violação, com máximo de 89% (8 violações de um total de 9 amostras) em 2019/2020. Os parâmetros turbidez, alumínio total, manganês total, bactérias heterotróficas e cádmio total apresentaram percentuais mais baixos e com uma menor frequência de ocorrência considerando os anos do monitoramento (**Figura 6-7**). No

período de 2020/2021, ferro total e cloro residual livre apresentaram 100% de violação (violação das 12 amostras avaliadas), seguido por coliformes totais (92%; 11 violações de um total de 12 amostras), *E. coli* (75%; 9 violações de um total de 12 amostras), turbidez (50%; 6 violações de um total de 12 amostras) e alumínio total e manganês total (25%; 3 violações de um total de 12 amostras). Nesse ponto, é possível observar um aumento gradativo do percentual de violação do parâmetro cloro residual livre ao longo dos anos (**Figura 6-7**).

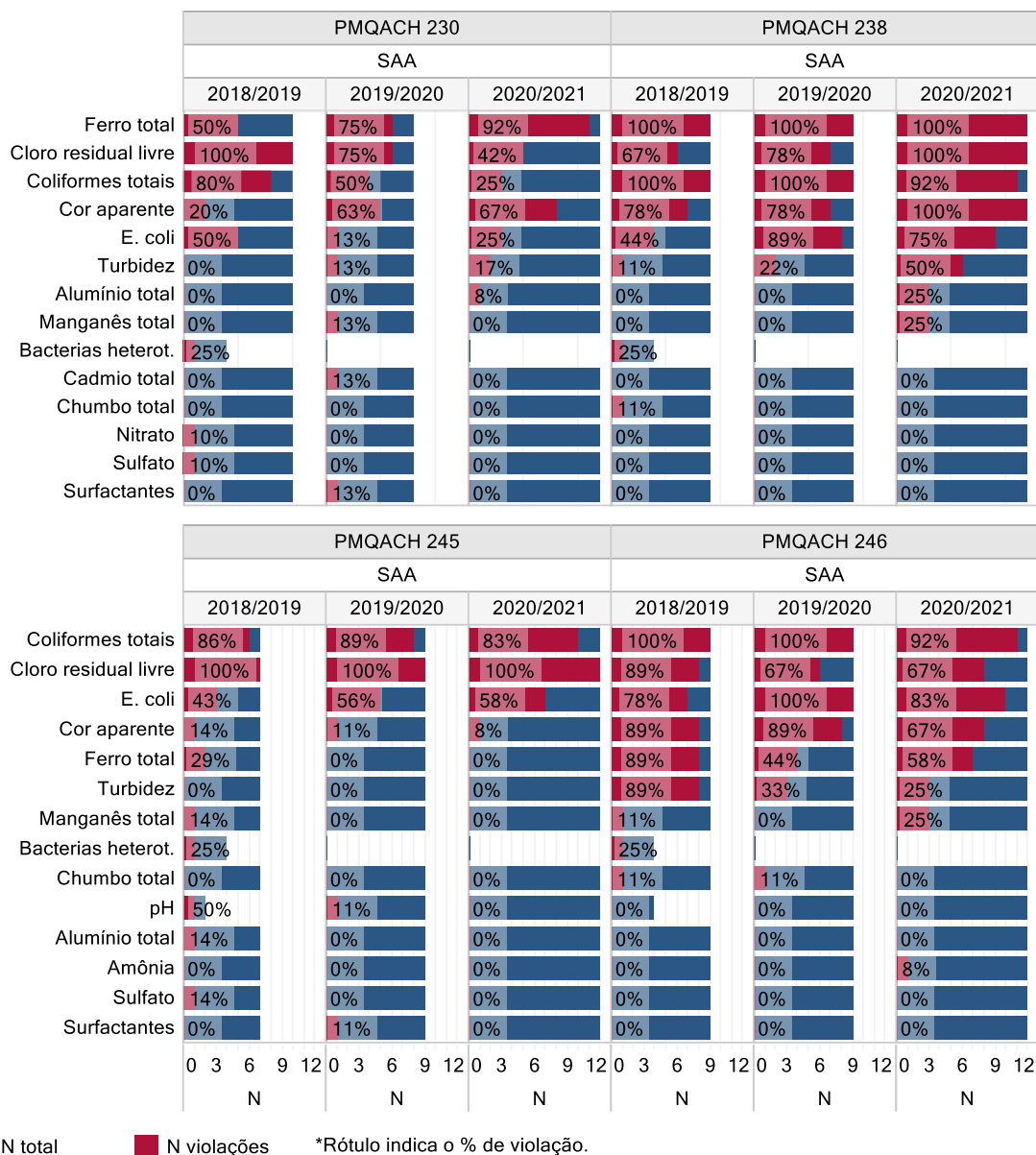
No ponto PMQACH 245, os parâmetros cloro residual livre, coliformes totais e *E. coli* foram os parâmetros com maiores percentuais de violação (**Figura 6-7**). Os parâmetros cor aparente, ferro total, manganês total, bactérias heterotróficas, pH, alumínio total, sulfato e surfactantes apresentaram percentuais mais baixos e com uma menor frequência de ocorrência considerando os anos do monitoramento (**Figura 6-7**). Os padrões temporais nos percentuais de violação não foram claros nesse ponto, sendo válido ressaltar que no período de 2020/2021, somente coliformes totais (83%; 10 violações de um total de 12 amostras), cloro residual livre (100%; violação das 12 amostras avaliadas), *E. coli* (58%; 7 violações de um total de 12 amostras) e cor aparente (8%; 1 violação de um total de 12 amostras) apresentaram violação (**Figura 6-7**).

No ponto PMQACH 246, os parâmetros coliformes totais, cloro residual livre, *E. coli*, cor aparente, ferro total e turbidez foram os parâmetros mais relevantes, ou seja, com maiores percentuais de violação (**Figura 6-7**). Os parâmetros manganês total, bactérias heterotróficas, chumbo total e alumínio total apresentaram percentuais mais baixos e com uma menor frequência de ocorrência considerando os anos do monitoramento (**Figura 6-7**). Vale ressaltar que no período de 2020/2021, coliformes totais e *E. coli* apresentaram os maiores percentuais de violação, com 92% (11 violações de um total de 12 amostras) e 83% (10 violações de um total de 12 amostras), respectivamente. Os parâmetros cloro residual livre e cor aparente apresentaram 67% (8 violações de um total de 12 amostras), ferro total 58% (7 violações de um total de 12 amostras), turbidez e manganês 25% (3 violações de um total de 12 amostras), e amônia 8% (1 violação de um total de 12 amostras) (**Figura 6-7**). Nesse ponto, é possível

observar uma redução do percentual de violação ao longo dos anos para o parâmetro turbidez, já os demais parâmetros não apresentaram padrões claros de redução ou aumento das violações ao longo dos anos (**Figura 6-7**).

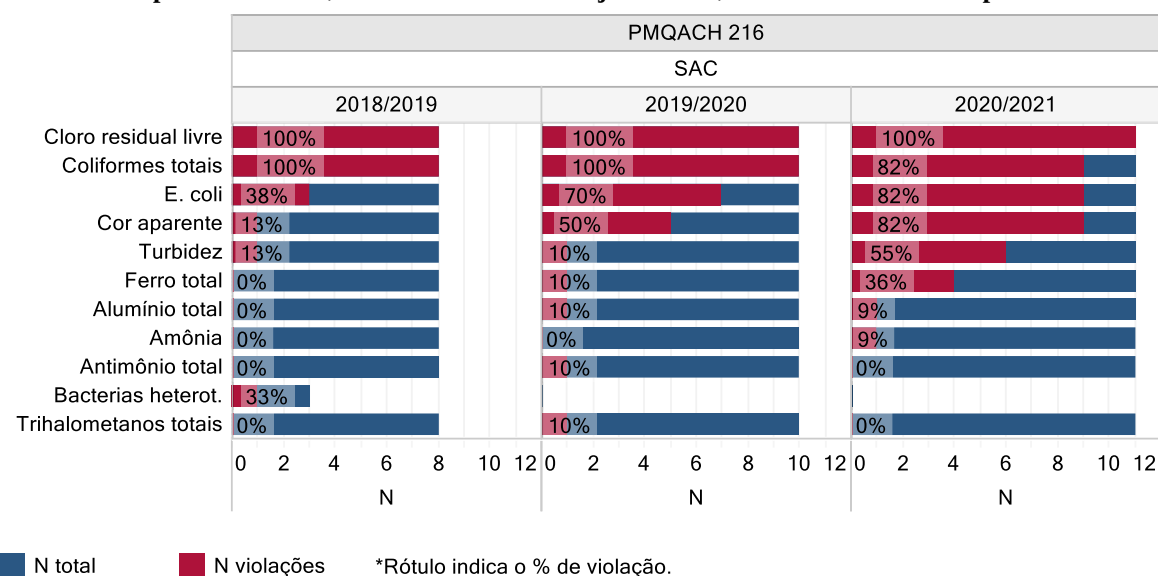
No ponto PMQACH 216, os parâmetros cloro residual livre, coliformes totais, *E. coli*, cor aparente e turbidez foram os parâmetros com maiores percentuais de violação (**Figura 6-8**). Os parâmetros ferro total, alumínio total, amônia, bactérias heterotróficas e trihalometanos totais apresentaram violações esporádicas (**Figura 6-8**). Vale ressaltar que no período de 2020/2021, os parâmetros que apresentaram violação foram cloro residual livre (100%; violação das 11 amostras avaliadas), coliformes totais, *E. coli* e cor aparente (82%; 9 violações de um total de 11 amostras), turbidez (55%; 6 violações de um total de 11 amostras), ferro total (36%; 4 violações de um total de 11 amostras), alumínio total e amônia (9%; 1 violação de um total de 12 amostras) (**Figura 6-8**). Nesse ponto, é possível observar um aumento do percentual de violação ao longo dos anos para *E. coli* e ferro total (**Figura 6-8**).

Figura 6-7 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 230, 238, 245 e 246, localizados no município de Mariana, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

Figura 6-8 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 216, localizado município de Mariana, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.

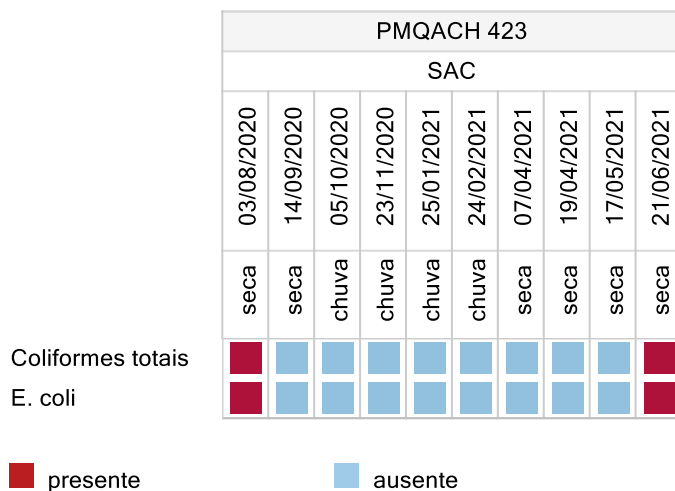


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.1.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

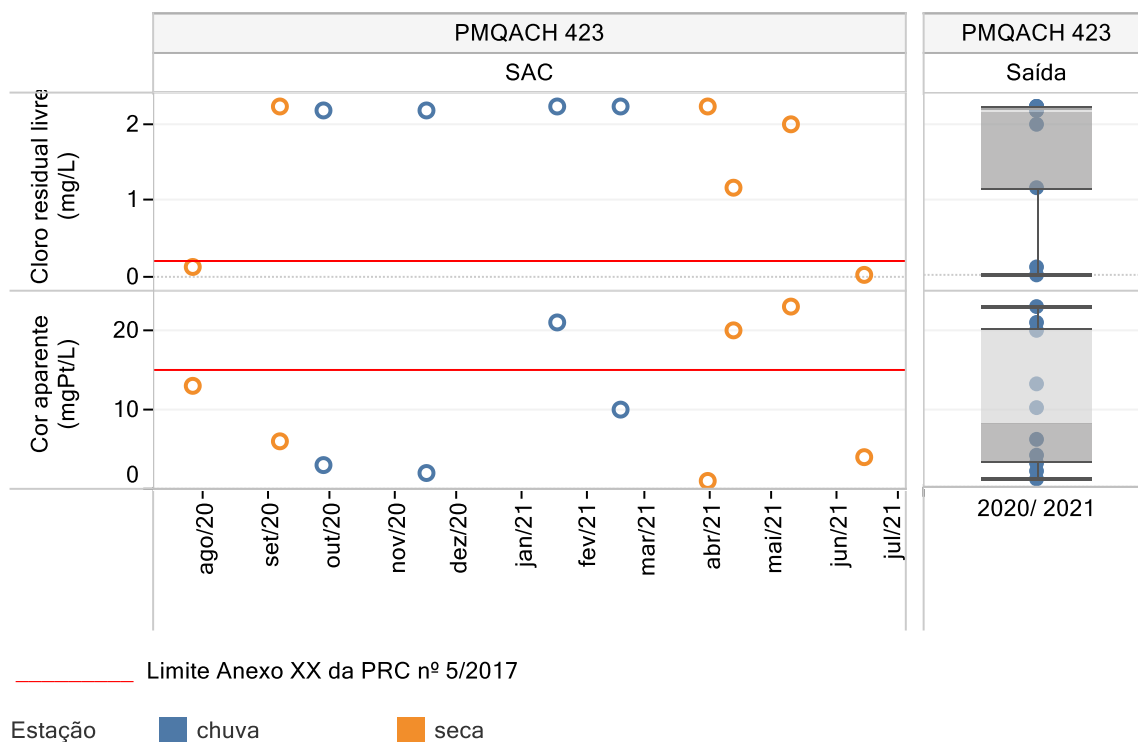
O ponto PMQACH 423 não apresenta histórico, uma vez que o monitoramento nesse ponto foi iniciado em março de 2020, não sendo possível realizar as análises estatísticas ao longo do tempo. Em relação a *E. coli* e coliformes totais, é possível identificar que no ponto, de maneira geral, os parâmetros estiveram “ausentes”, sem padrão temporal ou sazonal claro, apesar da presença de ambos parâmetros somente ter ocorrido no período de seca (Figura 6-9).

Figura 6-9 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 423, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.



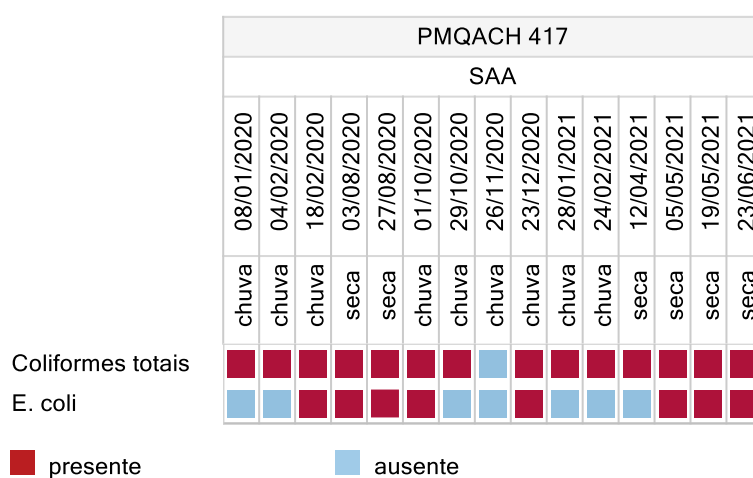
Para os demais parâmetros que apresentaram maiores percentuais de violação no ponto, não foram observadas reduções ou aumentos significativos temporais ou sazonais ($p > 0,05$), mas houve violação do cloro residual especialmente na seca (**Figura 6-10**).

Figura 6-10 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 423, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.



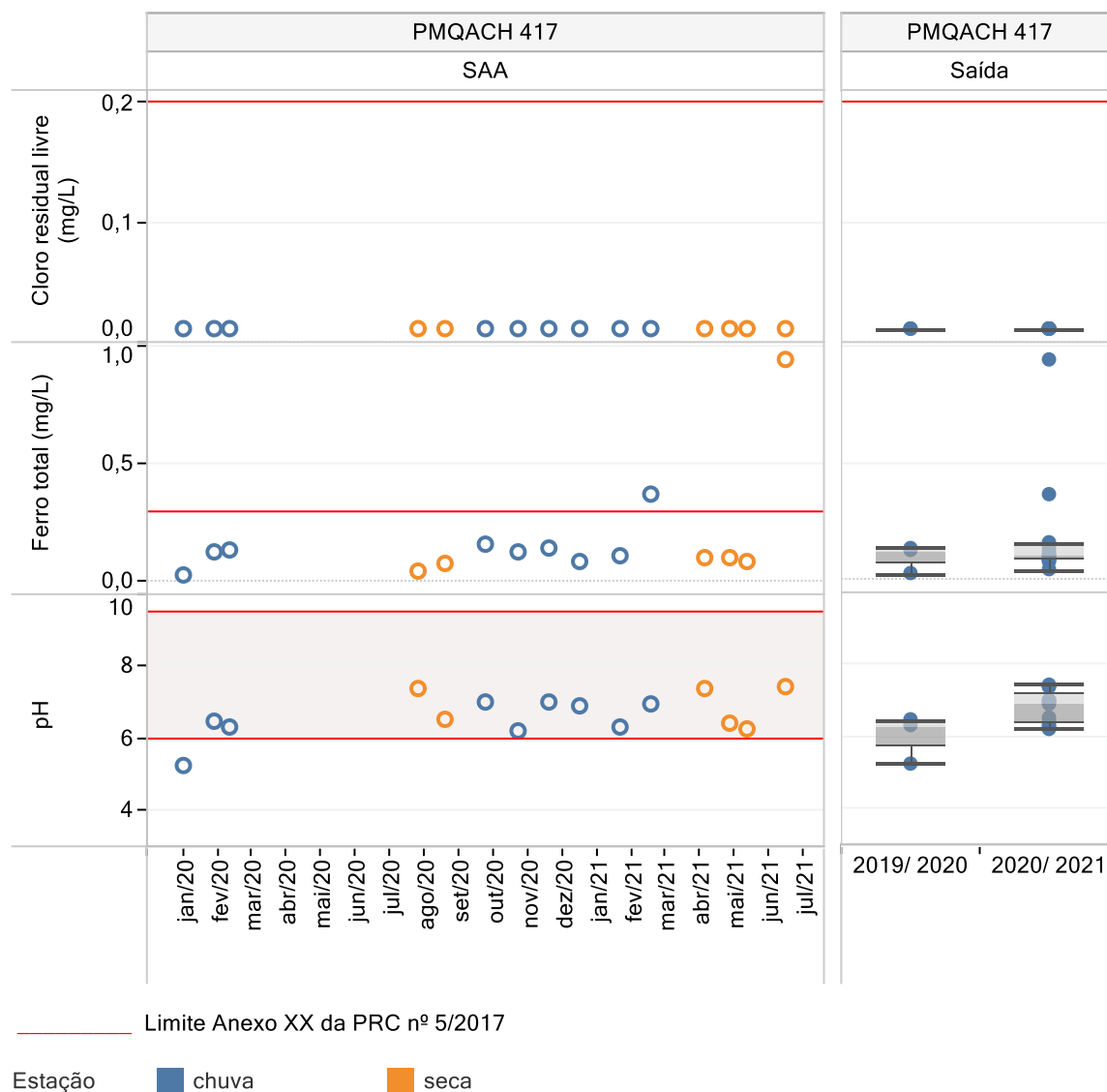
No ponto PMQACH 417, os parâmetros *E. coli* e coliformes totais prevaleceram “presentes”, sem padrão temporal ou sazonal claro (**Figura 6-11**).

Figura 6-11 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 417, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.



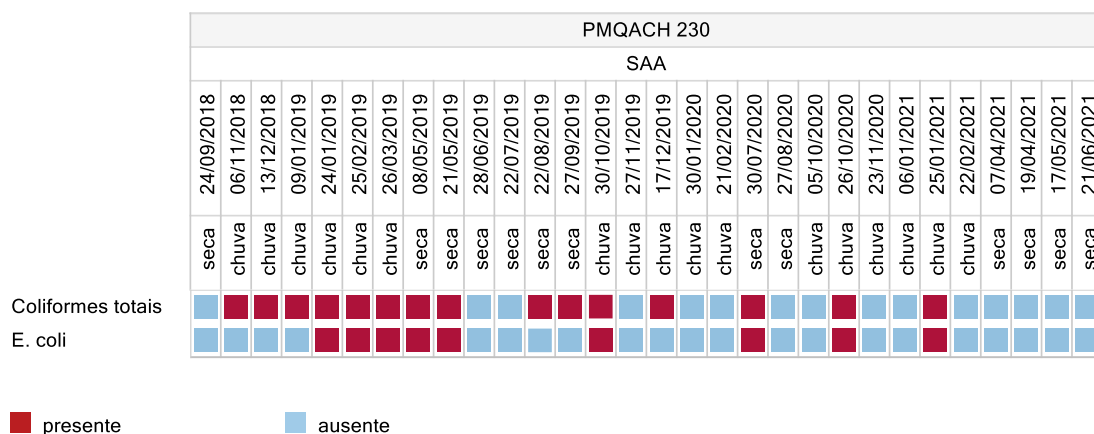
Não foram observadas reduções ou aumentos significativos temporais ou sazonais para os demais parâmetros que apresentaram maiores percentuais de violação no ponto ($p > 0,05$), mas as violações de ferro total e pH ocorreram durante o período chuvoso (**Figura 6-12**).

Figura 6-12 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 417, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.



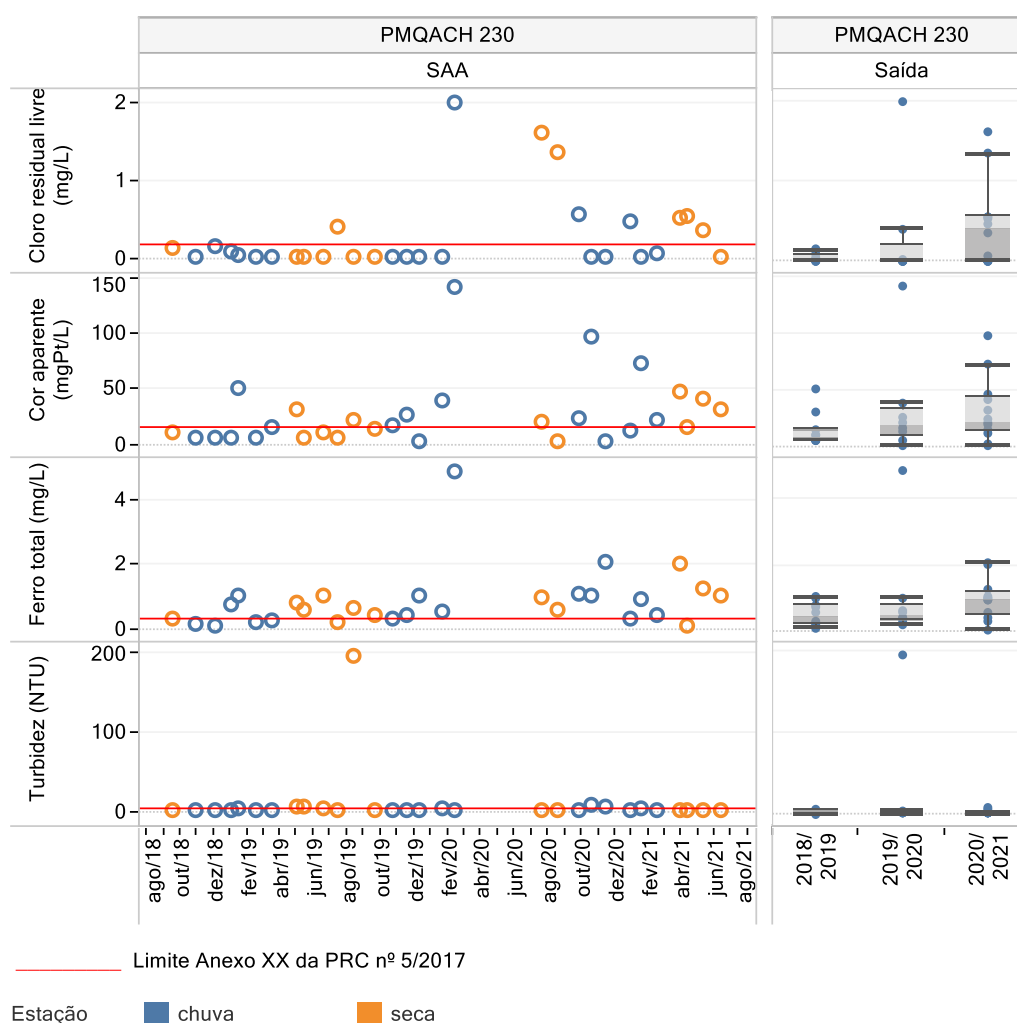
No ponto PMQACH 230, em relação a *E. coli* e coliformes totais, é possível observar uma menor frequência de resultados “presentes” ao longo do tempo, mas sem um padrão sazonal claro (**Figura 6-13**).

Figura 6-13 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 230, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.



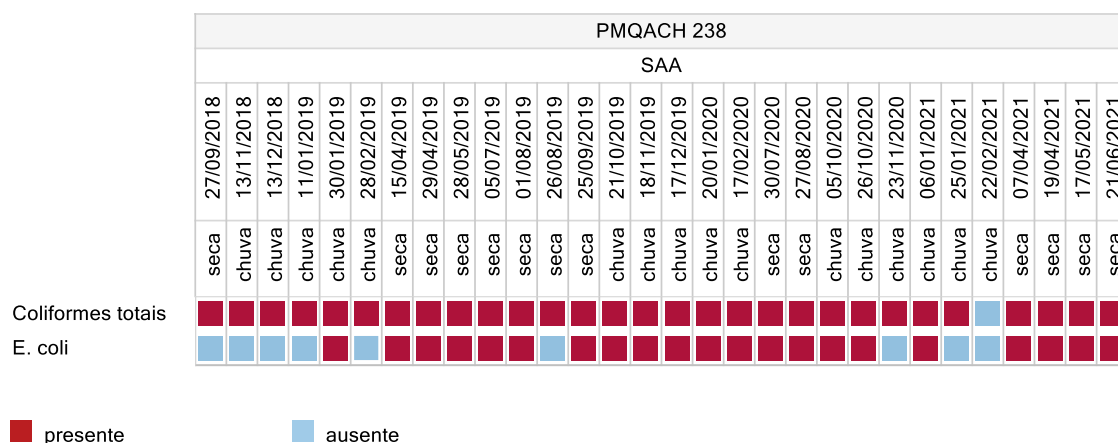
Para os demais parâmetros com relevância em termos de violação, as análises estatísticas não apontaram nenhum padrão de aumento ou redução significativo para esse ponto, seja sazonal ou temporal ($p > 0,05$). De fato, pode-se observar pela **Figura 6-14** que, considerando os parâmetros que apresentaram maiores percentuais de violação no ponto, os dados são similares ao longo dos anos e observou-se violação ao longo de todo monitoramento e em ambos os períodos hidrológicos (seca e chuva).

Figura 6-14 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 230, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.



No ponto PMQACH 238, em relação a *E. coli* e coliformes totais, é possível identificar uma elevada frequência dos resultados “presentes” ao longo de todo monitoramento, sem padrão temporal ou sazonal claro (**Figura 6-15**).

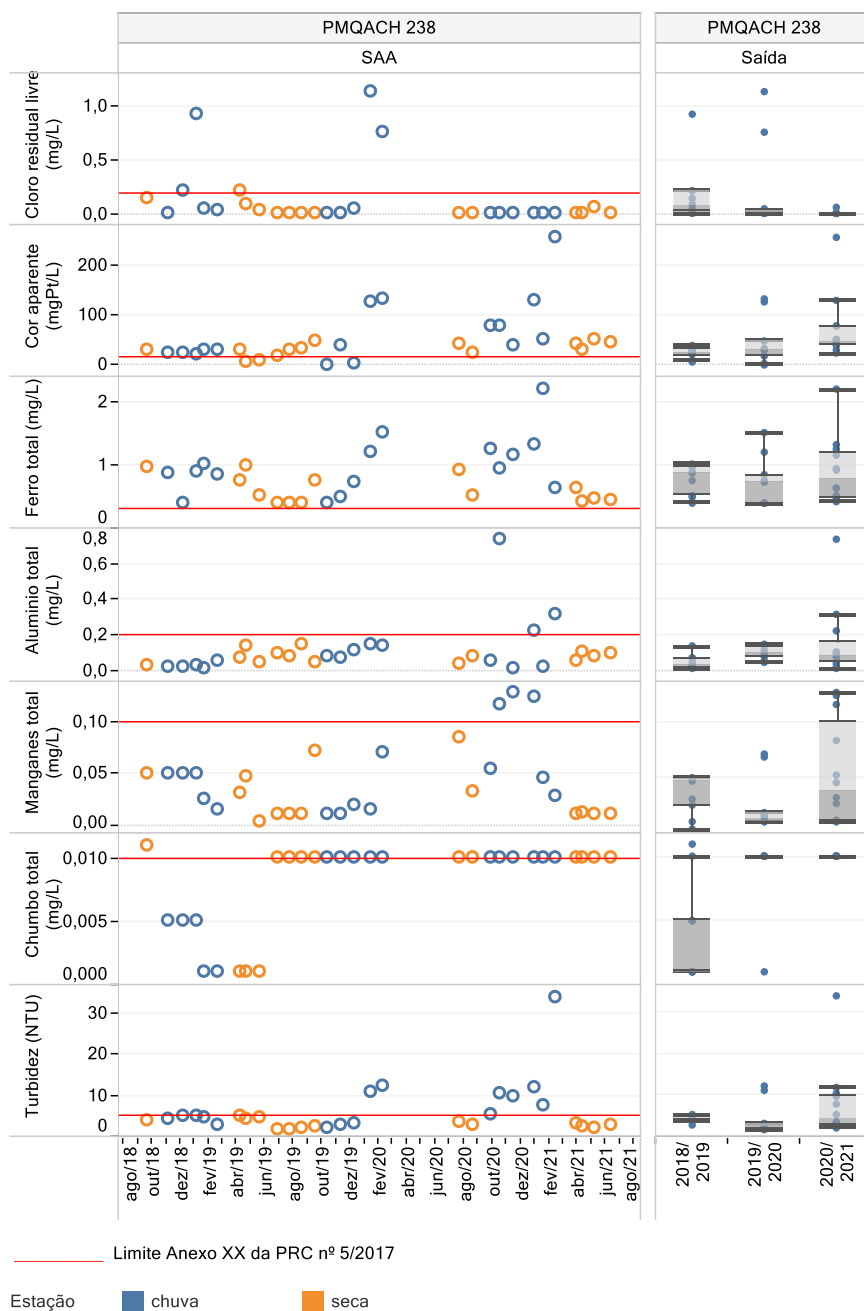
Figura 6-15 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 238, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.



Em relação aos demais parâmetros que apresentaram relevância para o ponto em termos de percentual de violação, cloro residual apresentou redução significativa das concentrações entre os dois últimos anos avaliados, enquanto cor aparente apresentou resultados mais elevados no último ano em comparação ao ano anterior ($p < 0,05$) (**Figura 6-16**). No entanto, cabe destacar que as menores concentrações de cloro residual observadas resultaram em desconformidade com a legislação, uma vez que não foi atendido o limite inferior da legislação. Em relação as estações de seca e chuva, ferro total e turbidez apresentaram resultados superiores no período chuvoso em relação ao período seco no ponto ($p < 0,05$) (**Figura 6-16**). Alumínio total e manganês total não apresentaram padrões de redução ou aumento significativo de suas concentrações ($p > 0,05$), apesar de que ambos apresentaram resultados pontuais mais elevados no ciclo 2020/2021, com violações durante este período chuvoso (**Figura 6-16**). Por fim, cabe destacar que os maiores valores que ocorrem para cor aparente são coincidentes com maiores valores de ferro total (**Figura 6-16**).

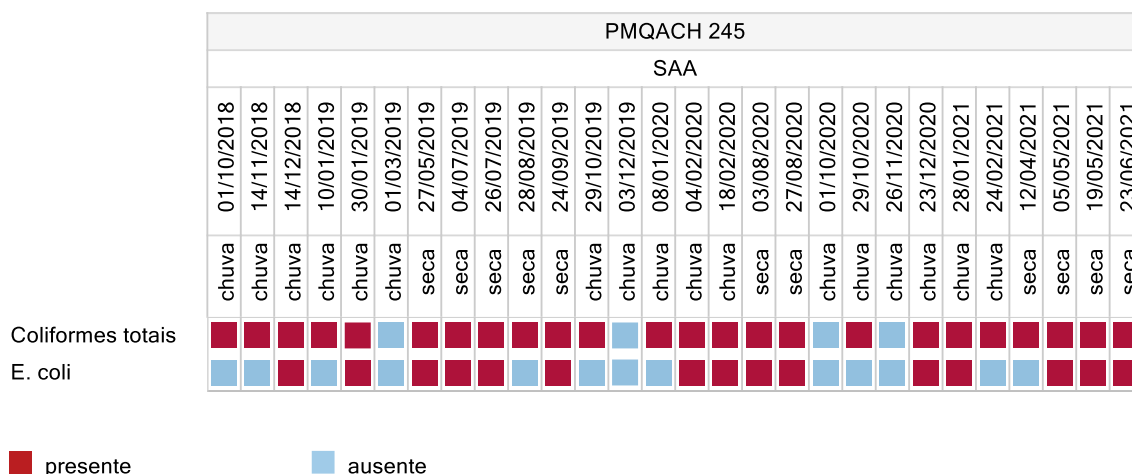
Essa correlação já foi demonstrada por estudos prévios e está relacionada a precipitação dos elementos, em especial ferro e manganês, em sua forma oxidada (RICHTER & AZEVEDONETO, 1991), que contribuem para formação de cor no recurso hídrico (ALVES et al., 2008). Essa característica também pode estar correlacionada a aumento de turbidez, uma vez que na presença de matéria orgânica, os elementos podem se apresentar no estado coloidal, que não se sedimentam e refletem a luz na coluna d'água (ALVES et al., 2008).

Figura 6-16 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 238, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.



No ponto PMQACH 245, em relação a *E. coli* e coliformes totais, é possível identificar uma elevada frequência dos resultados “presentes” ao longo de todo monitoramento, sem padrão temporal ou sazonal claro (**Figura 6-17**).

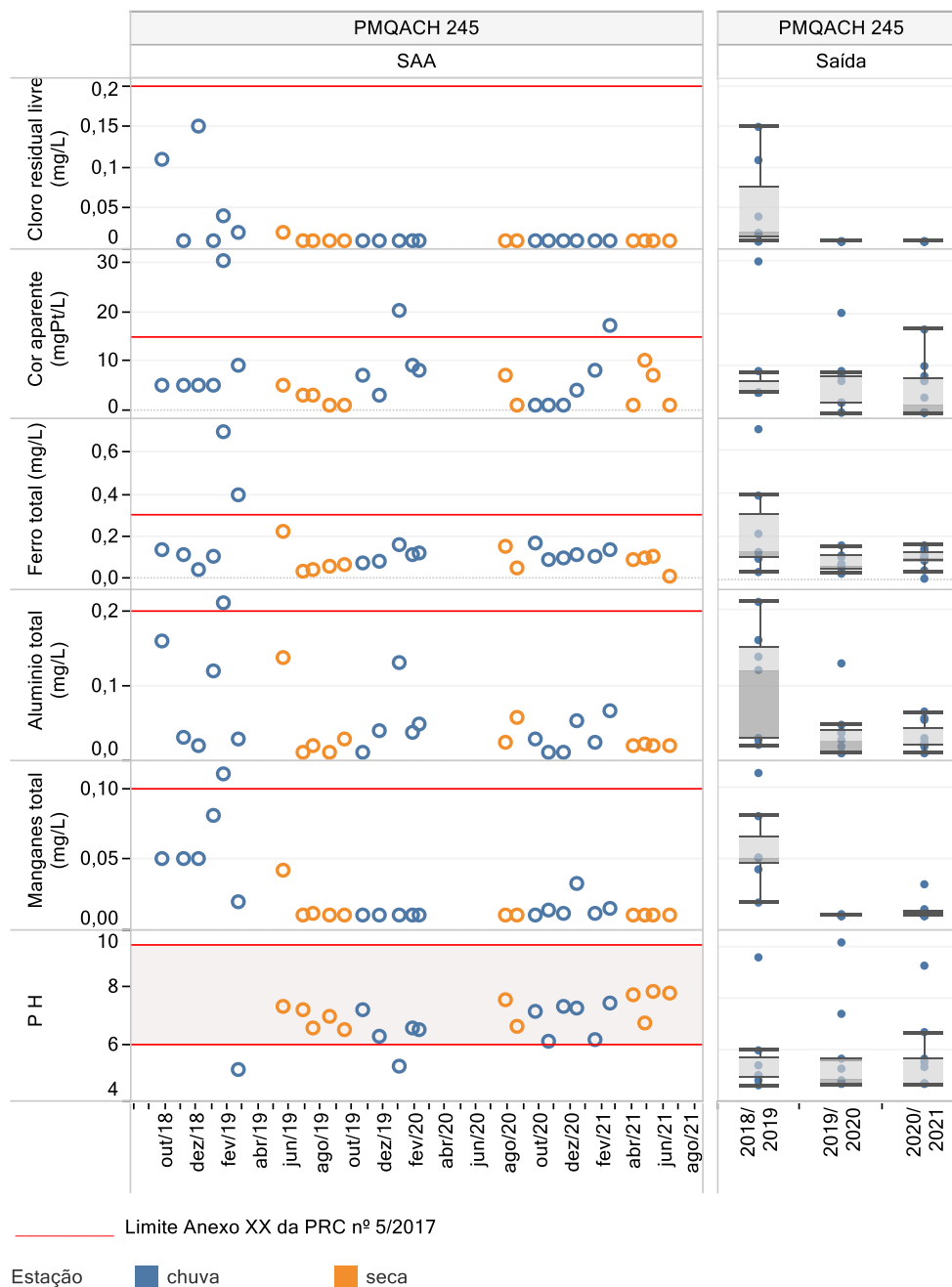
Figura 6-17 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 245, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.



O cloro residual apresentou redução significativa das concentrações ao longo dos anos nos pontos, enquanto manganês total apresentou resultados mais elevados no último ano em comparação ao ano anterior ($p < 0,05$) (**Figura 6-18**). Cabe destacar, no entanto, que as menores concentrações de cloro residual resultaram em desconformidade com a legislação, uma vez que não foi atendido o limite inferior da mesma. Em relação as estações de seca e chuva, ferro total e manganês total apresentaram resultados superiores no período chuvoso em relação ao período seco no ponto, enquanto o pH apresentou resultados mais elevados no período de seca ($p < 0,05$) (**Figura 6-18**). Em relação aos demais parâmetros que apresentaram relevância para o ponto em termos de percentual de violação, cor aparente e alumínio total não apresentaram padrões de redução ou aumento significativo ($p > 0,05$), apesar de que ambos apresentaram violações durante o período chuvoso (**Figura 6-18**). Observa-se, ainda, a redução entre os parâmetros cor aparente, ferro total, alumínio total e

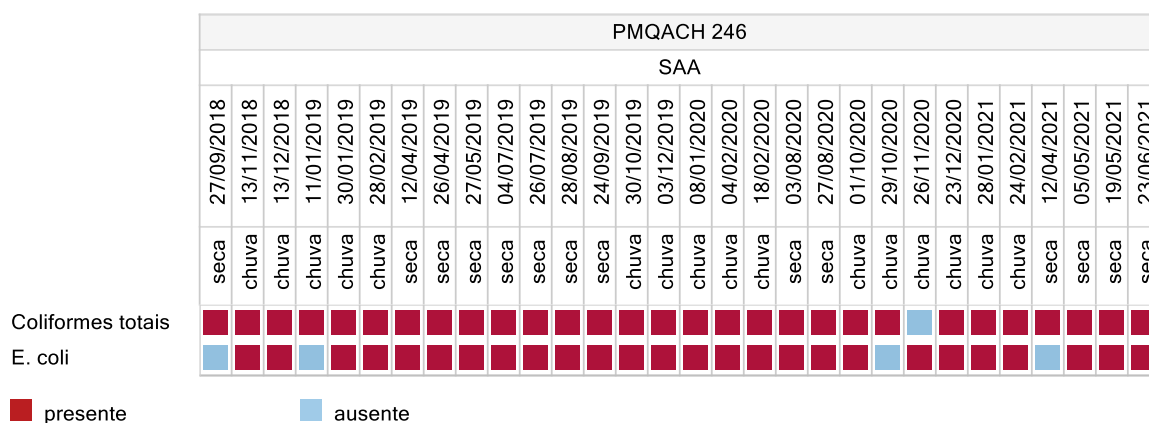
manganês total, que apresentaram resultados mais elevados no mesmo período. Estudos prévios já haviam relatado essas correções, com aumento da cor e turbidez do recurso hídrico relacionado à presença de elementos químicos (RICHTER & AZEVEDONETO, 1991; ALVES et al., 2008).

Figura 6-18 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 245, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.



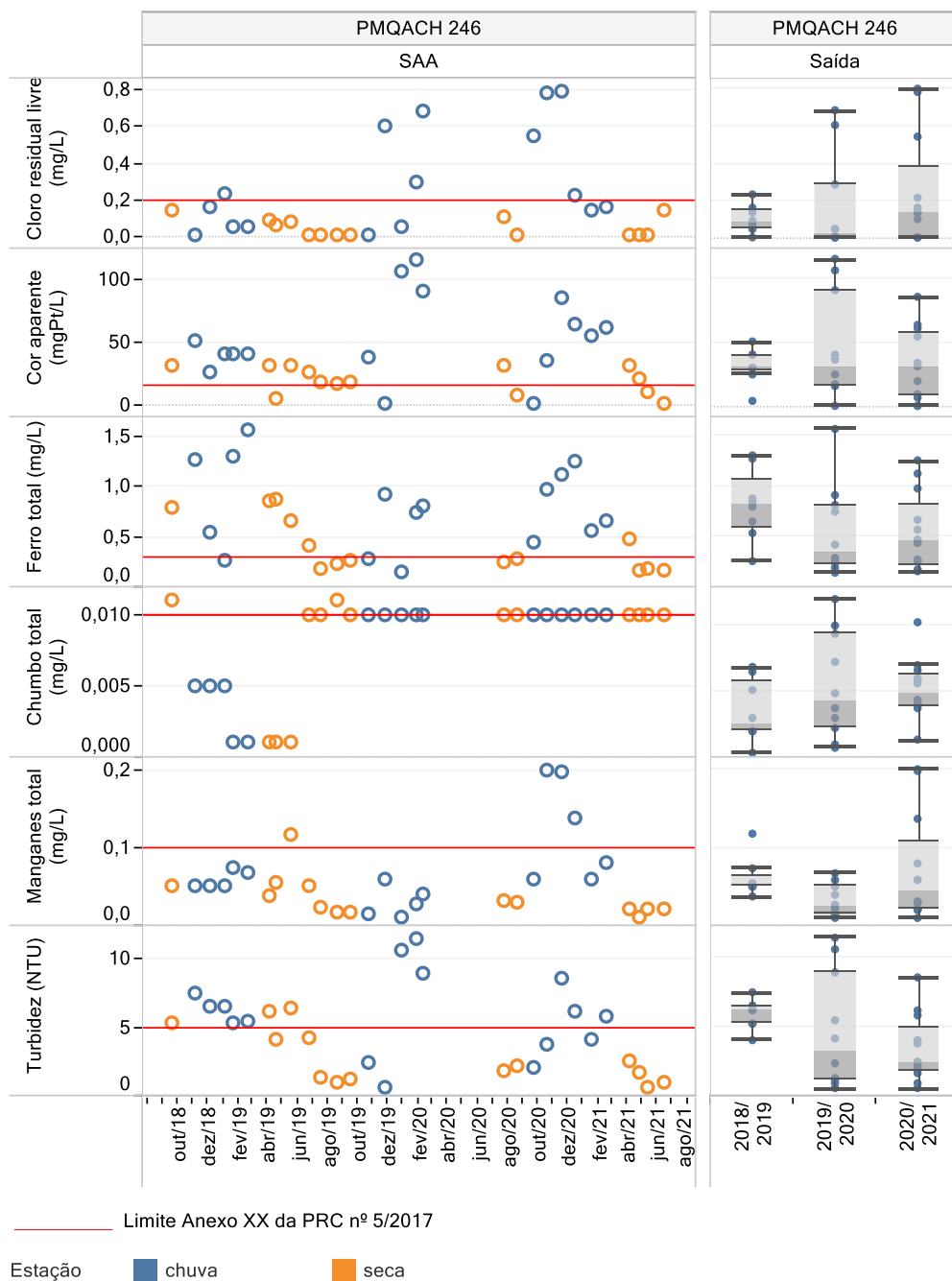
No ponto PMQACH 246, em relação a *E. coli* e coliformes totais, é possível identificar uma elevada frequência dos resultados “presentes” ao longo de todo monitoramento, sem padrão temporal ou sazonal claro (**Figura 6-19**).

Figura 6-19 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 246, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.



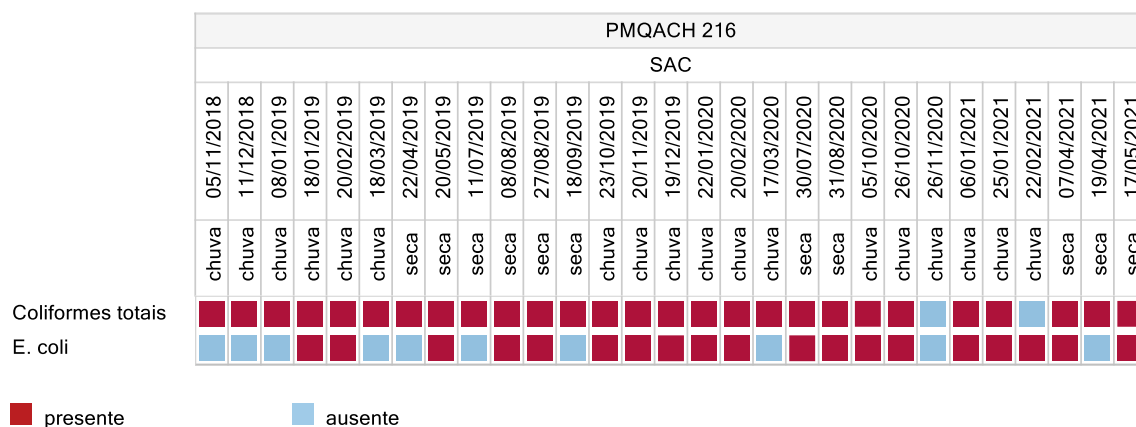
Em relação aos demais parâmetros relevantes em termos de violação, as análises estatísticas não apontaram nenhum padrão temporal significativo, ou seja, de aumento ou redução ao longo dos anos ($p > 0,05$). No entanto, em relação as estações de seca e chuva, resultados superiores de cloro residual, ferro total, manganês total, turbidez e cor aparente foram observados no período chuvoso em relação ao período seco no ponto, enquanto o pH apresentou resultados mais elevados no período de seca ($p < 0,05$) (**Figura 6-20**). Ainda, o chumbo total, apesar de apresentar muitos resultados abaixo do LQ, apresentou violações durante o período de seca (**Figura 6-20**). Por fim, cabe destacar que, em muitos momentos, valores mais elevados de cor aparente e turbidez foram correlacionados com valores mais elevados de manganês e ferro total (**Figura 6-20**). A formação de cor e aumento da turbidez em ambientes aquáticos já foi previamente relacionada com a presença de elementos químicos na água (RICHTER & AZEVEDONETO, 1991; ALVES et al., 2008).

Figura 6-20 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 246, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.



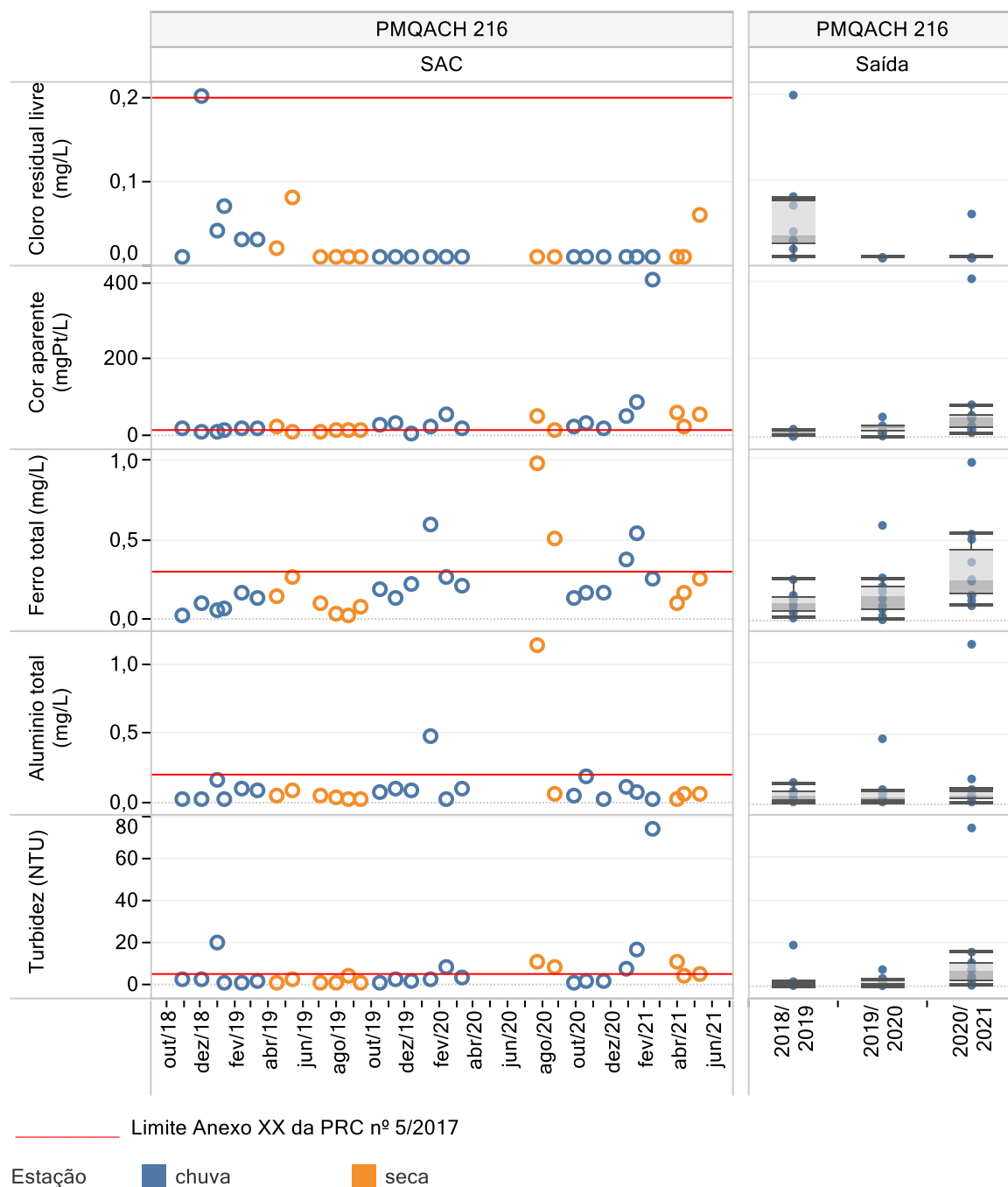
No ponto PMQACH 216, em relação a *E. coli* e coliformes totais, é possível identificar uma elevada frequência dos resultados “presentes” ao longo de todo monitoramento, sem padrão temporal ou sazonal claro (**Figura 6-21**).

Figura 6-21 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 216, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.



O cloro residual apresentou redução significativa das concentrações ao longo dos anos nos pontos, enquanto o parâmetro cor aparente e ferro total apresentaram aumento significativo dos valores ($p < 0,05$) (**Figura 6-22**). Ressalta-se que as menores concentrações de cloro residual resultaram em desconformidade com a legislação, ao não atender o limite inferior da mesma. O parâmetro turbidez também apresentou redução significativa dos valores entre os dois últimos anos do monitoramento ($p < 0,05$). Em relação as estações de seca e chuva, não foram observados resultados significativos ($p > 0,05$), o que de fato pode ser observado pela **Figura 6-22**. Novamente, é possível observar a relação entre os parâmetros cor aparente, turbidez, ferro e manganês total que apresentam picos nas mesmas amostragens (**Figura 6-22**). Estudos já demonstraram a formação de cor e aumento da turbidez em ambientes aquáticos correlacionada à presença de elementos químicos (RICHTER & AZEVEDONETO, 1991; ALVES et al., 2008).

Figura 6-22 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 216, localizado no município de Mariana, e sua variação entre período chuvoso e seco.



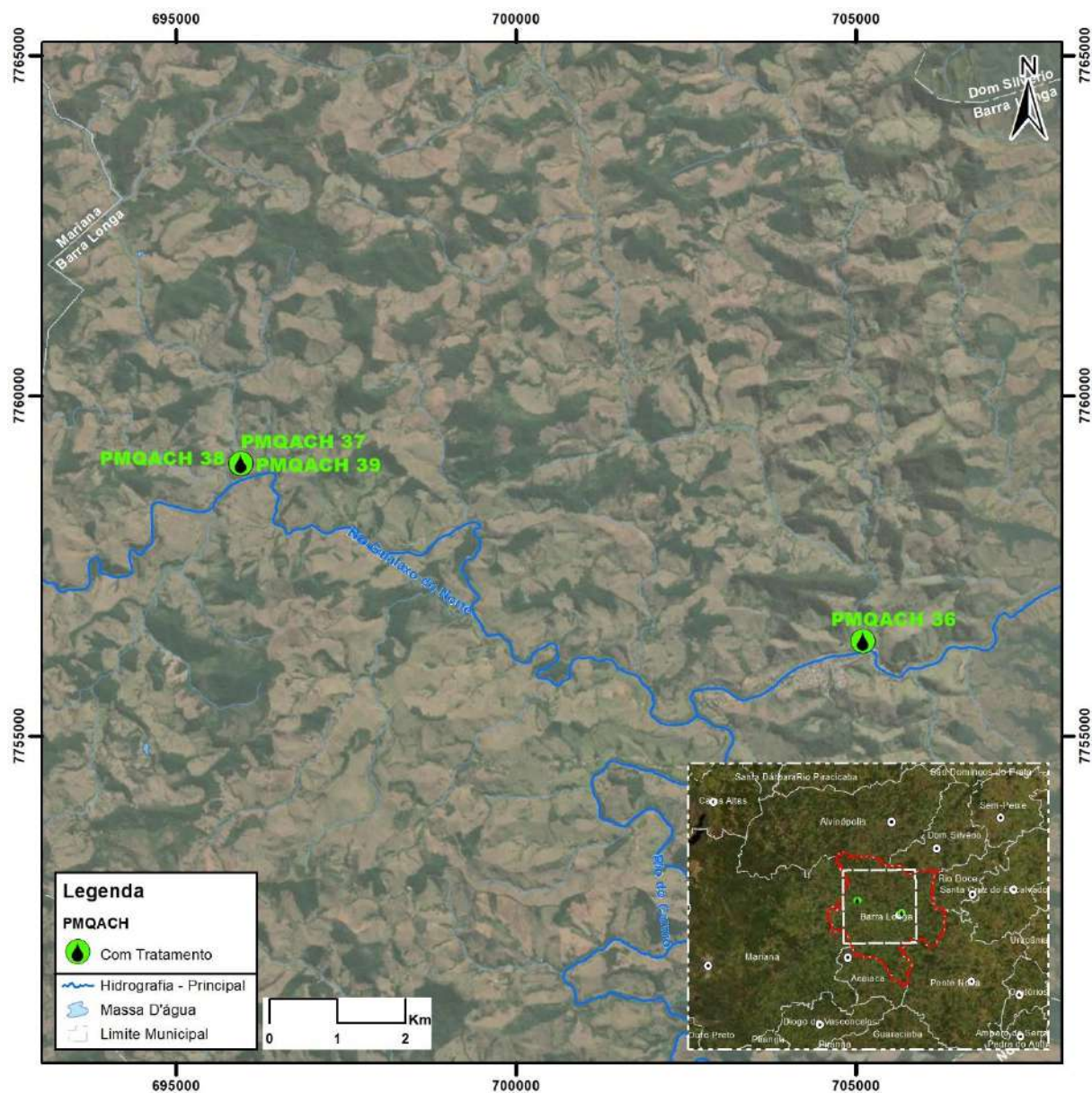
6.2 - Barra Longa

No município de Barra Longa-MG, foram considerados os 02 (dois) sistemas ativos, todos de Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e com tratamento de água (**Figura 6-23** e **Quadro 6-2**).

Quadro 6-2 - Características dos pontos do município de Barra Longa considerados no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 36	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017
PMQACH 37-38	Subterrânea	SAA	Com tratamento	Captação	CONAMA n° 396/2008
PMQACH 39	Subterrânea	SAA	Com tratamento	Pós-Filtração e Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017

Figura 6-23 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Barra Longa-MG.



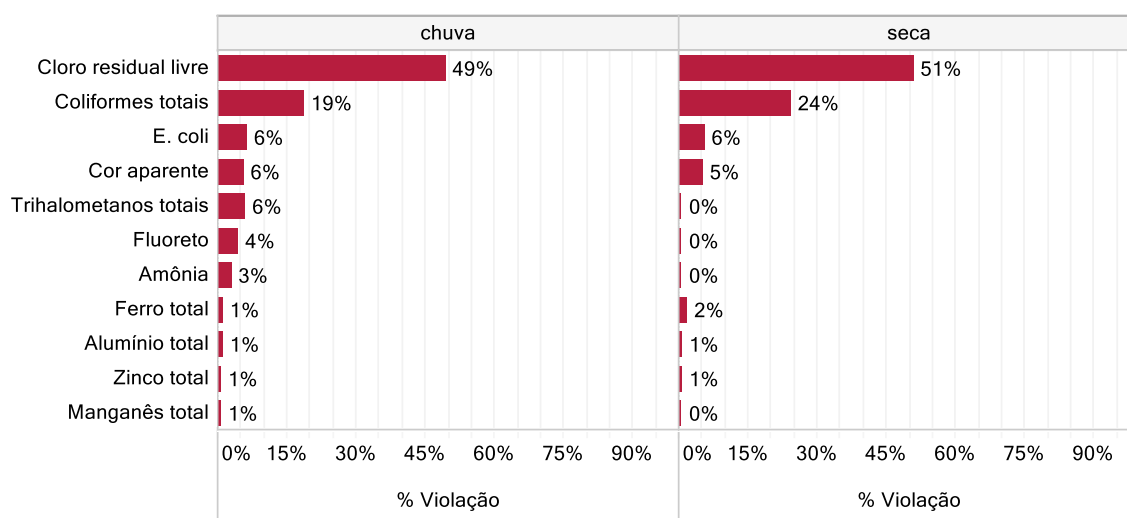
6.2.1 - Pontos com tratamento

6.2.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

No município de Barra Longa-MG, cloro residual livre e coliformes totais foram os parâmetros que apresentaram os maiores percentuais de violação (**Figura 6-24**). De maneira geral, as concentrações de cloro residual livre foram baixas, violando o limite inferior legal. Apesar dos pontos avaliados possuírem tratamento, a quantidade de cloro adicionado nos pontos pode ser insuficiente para a desinfecção total. Dessa forma, a contaminação microbiológica observada pode estar relacionada as baixas concentrações de cloro adicionadas como etapa da desinfecção.

A existência de contaminação por microrganismos indica relação com contaminação fecal proveniente de esgoto doméstico ou criação de animais. O plano da bacia do rio Doce (2010), apontou coliformes como parâmetro prioritário para gestão, sendo um dos principais problemas de qualidade da água na bacia. De acordo com os dados do IBGE (2010), o município de Barra Longa-MG trata um total de 60,9% do esgoto, sendo o tratamento caracterizado como convencional (contemplando as etapas de floculação, decantação, filtração, desinfecção). Vale destacar que a taxa de esgotamento sanitário não reflete sua eficiência, ou seja, um tratamento ineficiente ainda terá como resultado o lançamento de matéria orgânica e patógenos nos recursos hídricos. Os demais parâmetros apresentaram percentual de violação < 20%, ressaltando trihalometanos totais, fluoreto e amônia que somente apresentaram violação durante o período chuvoso violação (**Figura 6-24**).

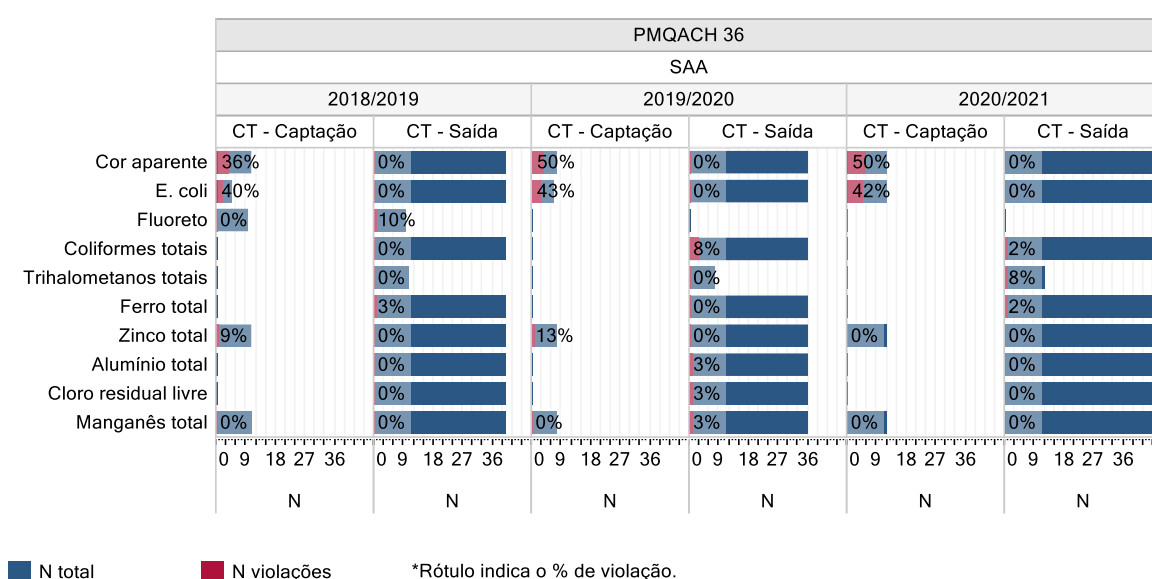
Figura 6-24 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Barra Longa-MG no período de chuva e seca com base nos limites aplicáveis no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



No ponto PMQACH 36, que possui abastecimento do tipo SAA e captação superficial, cor aparente e *E. coli* apresentaram os maiores percentuais de violação na captação, sendo que, na saída, estes parâmetros não apresentaram violação em nenhum dos períodos avaliados. Estes parâmetros apresentaram resultados semelhantes ao longo dos anos, sendo que em 2020/2021, cor aparente apresentou 50% (6 violações em um total de 12 amostras) de violação e *E. coli* 42% (5 violações em um total de 12 amostras) (**Figura 6-25**). A cor aparente está relacionada a existência de uma parcela de sólidos em suspensão na água (LIMA, 2012) e, em recursos hídricos superficiais, é influenciada pela precipitação, processos erosivos e recebimento de efluentes. De acordo com Alves e colaboradores (2008), a presença de *E. coli* em águas superficiais está relacionada ao lançamento de esgoto doméstico, sendo esta considerada a principal fonte de contaminação microbiológica em cursos d'água. Todos os demais parâmetros apresentaram percentuais de violação < 10% e de forma pontual (**Figura 6-25**). Em 2020/2021, ressalta-se as violações observadas na saída para coliformes totais e ferro total (2%; 1 violação em um total de 45 amostras) e trihalometanos totais (8%; 1 violação em um total de 12 amostras).

A turbidez avaliada nas amostras de pós-filtração não apresentou violação aos limites legais aplicáveis em nenhum dos períodos.

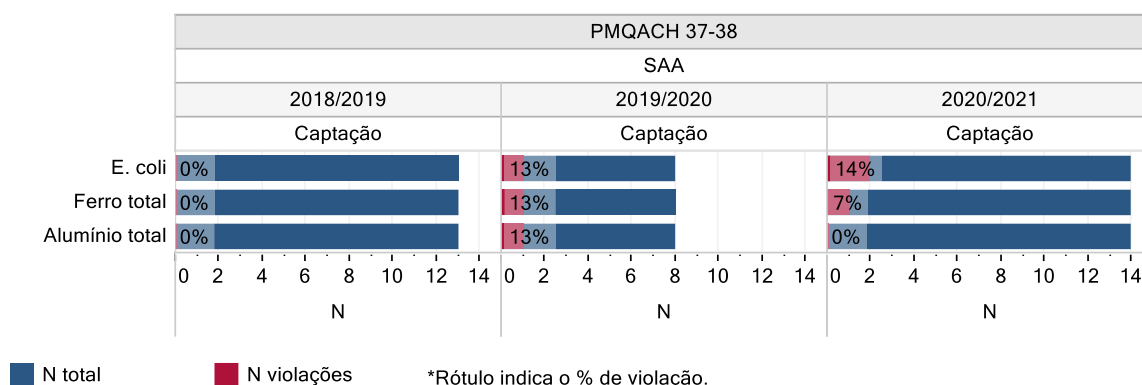
Figura 6-25 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 36, localizado no município de Barra Longa-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

Os poços tubulares representados pelos códigos PMQACH 37 e 38 funcionam alternadamente e são a captação do ponto PMQACH 39. Ambos possuem abastecimento do tipo SAA e captação subterrânea. Nestes pontos, os percentuais de violação foram, no geral, baixos. *E. coli* apresentou violação de 13% (1 violação em um total de 8 amostras) e 14% (2 violações em um total de 14 amostras) em 2019/2020 e 2020/2021, respectivamente. Ferro total apresentou violação de 13% (1 violação em um total de 8 amostras) e 7% (1 violação em um total de 14 amostras) em 2019/2020 e 2020/2021, respectivamente. O alumínio total apresentou violação somente em 2019/2020, com 13% de violação (1 violação em um total de 8 amostras) (Figura 6-26).

Figura 6-26 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 37-38, localizados no município de Barra Longa-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.

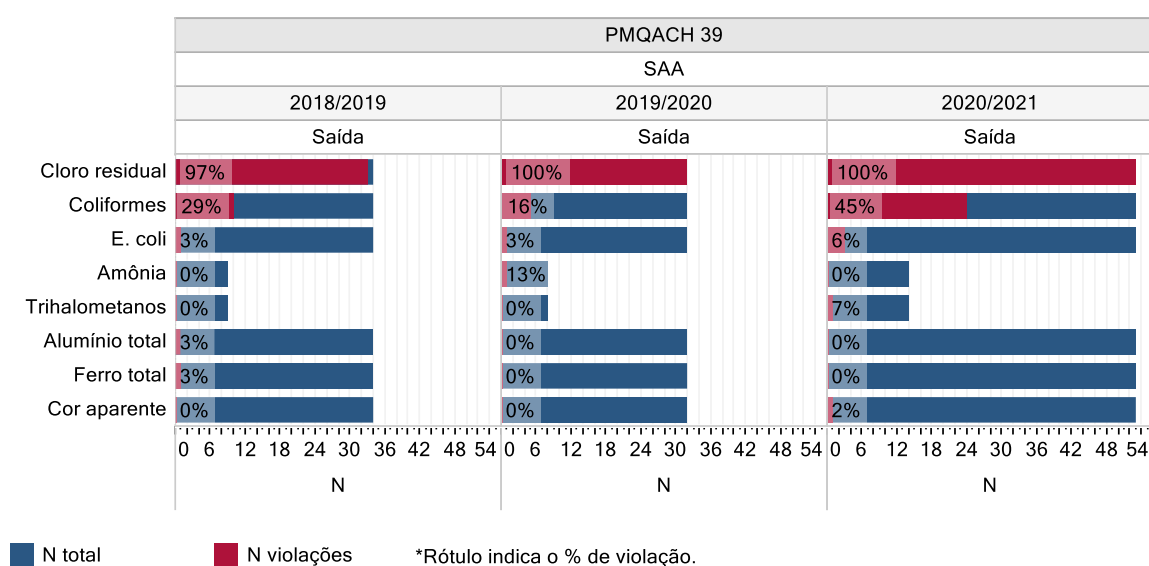


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

O ponto PMQACH 39 apresenta como captação os poços tubulares representados pelos códigos PMQACH 37 e 38, possuindo abastecimento do tipo SAA e captação subterrânea. Nesse ponto, cloro residual livre apresentou elevados percentuais de violação durante todo o monitoramento, com 100% de violação nos dois últimos anos avaliados (2019/2020: violação das 32 amostras avaliadas; 2020/2021: violação das 53 amostras avaliadas) (**Figura 6-27**). Coliformes totais também se destacam, com um aumento dos valores ao longo dos anos, alcançando 45% de violação em 2020/2021 (24 violações em um total de 53 amostras). No entanto, o número de amostras avaliadas também aumentou ao longo do tempo (**Figura 6-27**). Além destes, *E. coli*, amônia, trihalometanos totais, cor aparente, alumínio total e ferro total também apresentaram ocorrência de violações, no entanto, com resultados mais baixos e pontuais. Em 2020/2021, *E. coli* (6%; 3 violações em um total de 53 amostras), trihalometanos totais (7%; 1 violação em um total de 14 amostras) e cor aparente (2%; 1 violação em um total de 53 amostras) apresentaram violação (**Figura 6-27**).

A turbidez avaliada nas amostras de pós-filtração não apresentou violação aos limites legais aplicáveis em nenhum dos períodos.

Figura 6-27 - Percentual de violação dos parâmetros no ponto PMQACH 39, localizado no município de Barra Longa-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.

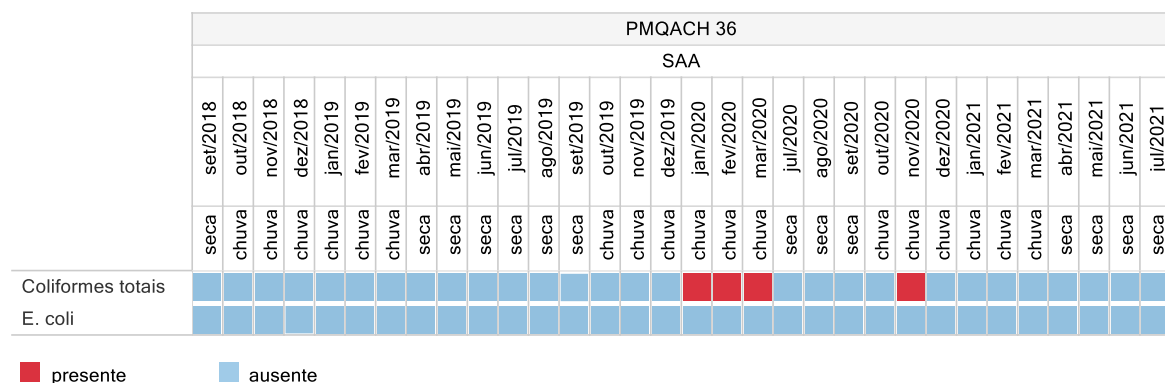


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.2.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

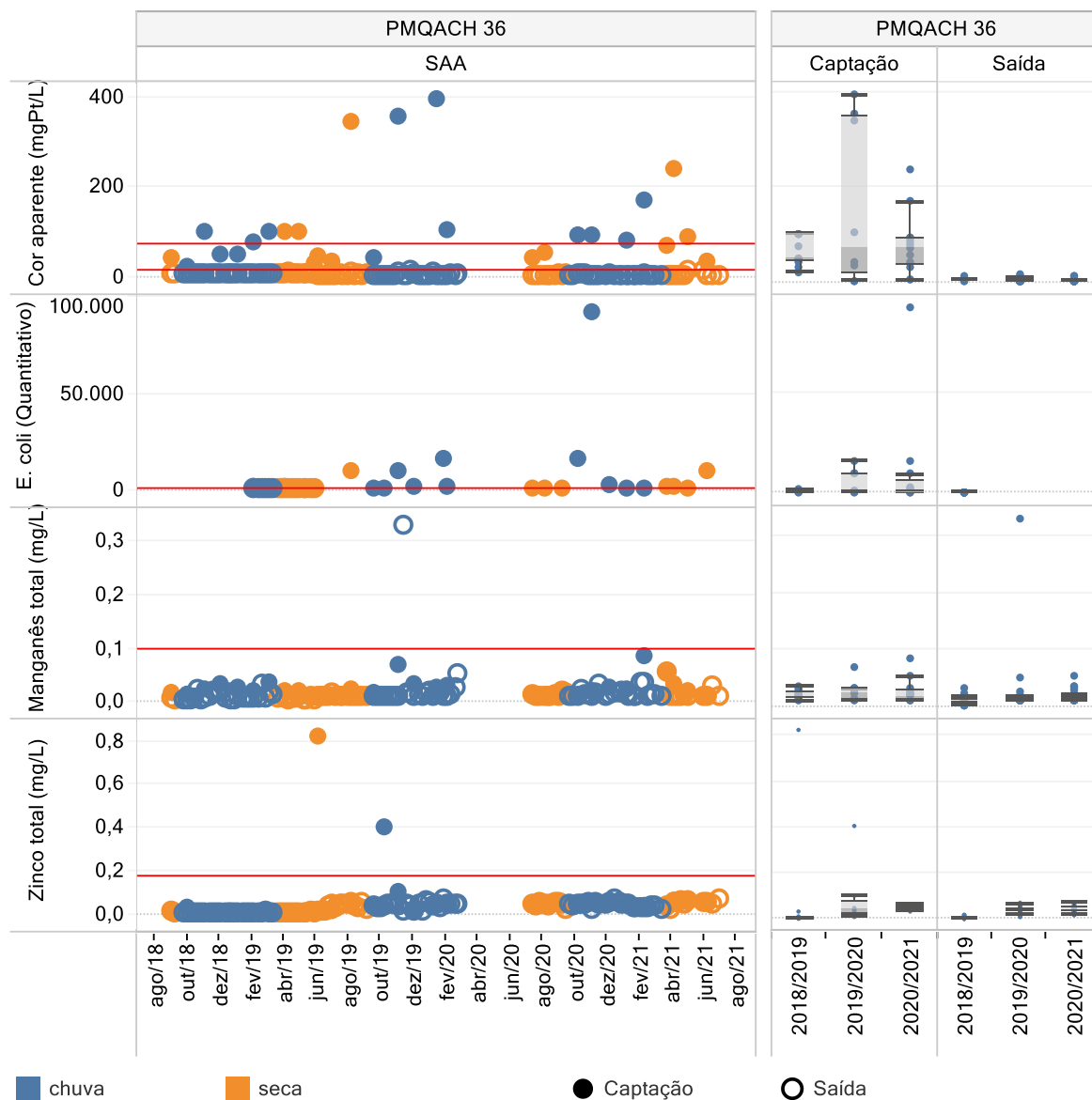
O ponto PMQACH 36 apresentou resultados de *E. coli* e coliformes totais predominantemente “ausentes”, sem padrão temporal ou sazonal claro, apesar da presença de coliformes totais somente ter ocorrido no período de chuva (**Figura 6-28**).

Figura 6-28 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 36, localizado no município de Barra Longa, e sua variação entre período chuvoso e seco.



Para os demais parâmetros que apresentaram maiores percentuais de violação no ponto, houve um aumento das concentrações de zinco total ao longo dos anos, tanto para captação quanto para a saída ($p < 0,05$). O manganês apresentou resultados superiores durante o período chuvoso em comparação com a seca, mas este padrão foi observado sobre para os dados de captação ($p < 0,05$) (**Figura 6-29**).

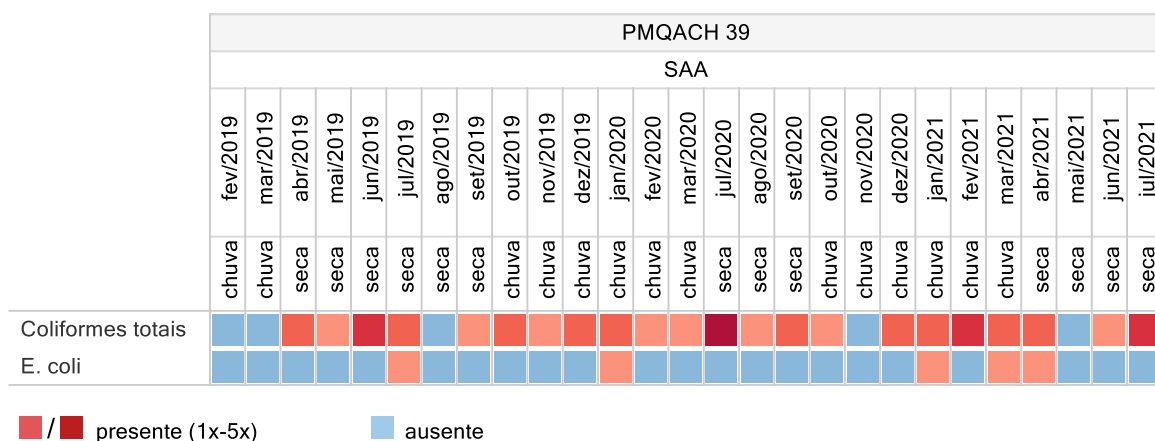
Figura 6-29 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 36, localizado no município de Barra Longa, e sua variação entre período chuvoso e seco.



— Limite Anexo XX da PRC nº 5/2017 - - - Limite Resolução Conama 357/2005 água doce classe 2

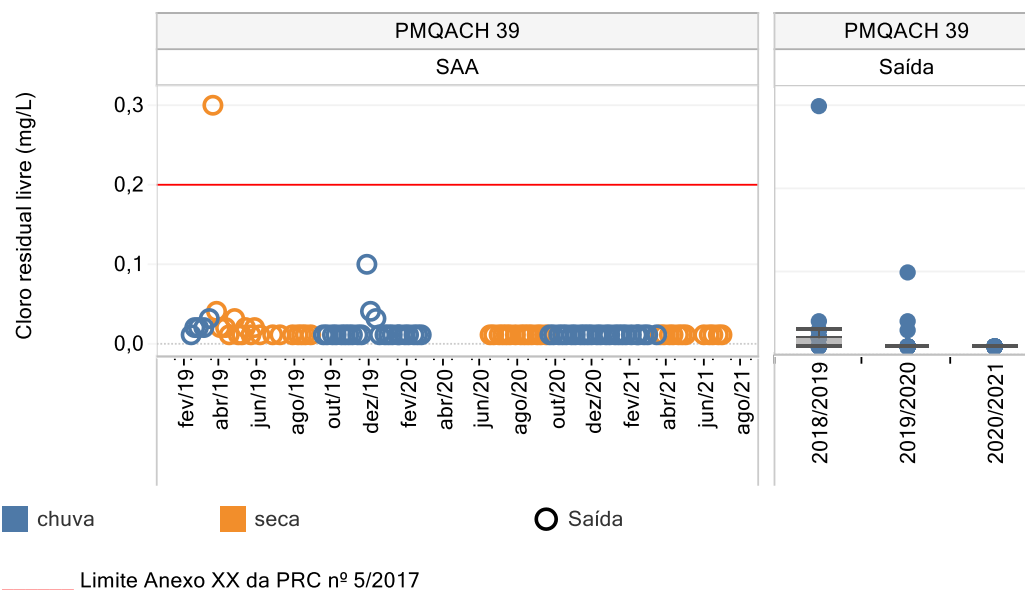
Considerando os dados de captação, representados pelos pontos PMQACH 37-38, não se aplicam os qualitativos de coliformes e *E. coli* e, para os demais parâmetros não foram observados padrões de aumento ou redução significativo, seja sazonal ou temporal ($p > 0,05$). Já considerando os dados de saída do sistema, representados pelo ponto PMQACH 39, coliformes totais prevaleceram “presentes” ao longo do tempo, sem um padrão temporal ou sazonal claro (**Figura 6-30**). O mesmo não foi observado para *E. coli*, que apresentou resultados predominantemente “ausentes”, mas também sem padrão temporal ou sazonal evidente (**Figura 6-30**).

Figura 6-30 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 39, localizado no município de Barra Longa, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.



O cloro residual livre apresentou uma redução das concentrações ao longo dos anos de monitoramento ($p < 0,05$) (**Figura 6-31**). Ressalta-se que as menores concentrações de cloro residual resultaram em desconformidade com a legislação, não atendendo o limite inferior legal.

Figura 6-31 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 39, localizado no município de Barra Longa, e sua variação entre período chuvoso e seco.



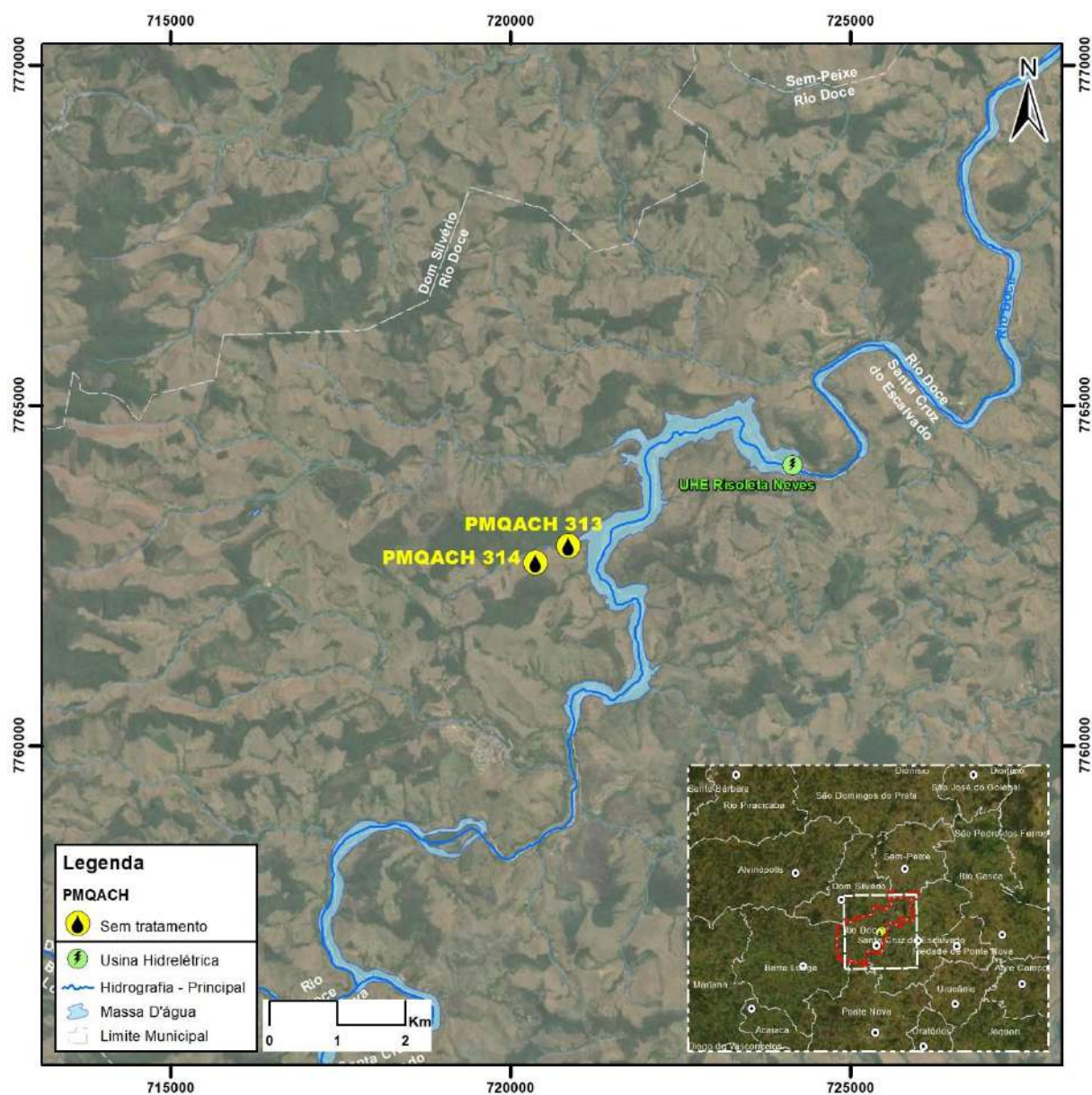
6.3 - Rio Doce

No município de Rio Doce-MG, foram considerados os 02 (dois) pontos ativos, todos de Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e sem tratamento de água (**Figura 6-32 e Quadro 6-3**).

Quadro 6-3 - Características dos pontos do município de Rio Doce considerados no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 313	Subterrânea	SAA	Sem tratamento	Saída	Anexo XX da PRC nº 5/2017
PMQACH 314	Subterrânea	SAA	Sem tratamento	Saída	Anexo XX da PRC nº 5/2017

Figura 6-32 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Rio Doce-MG.



6.3.1 - Pontos sem tratamento

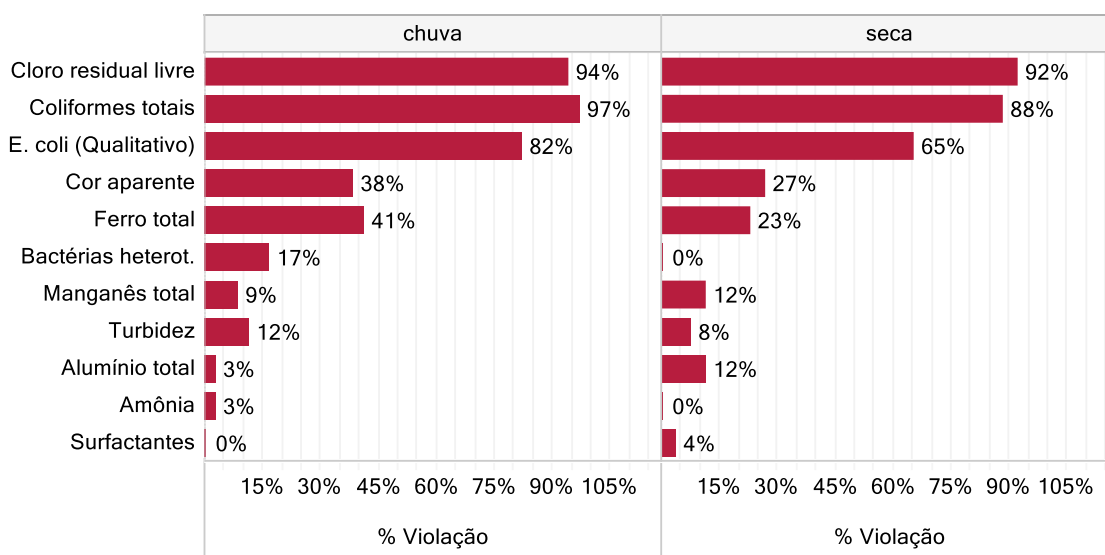
6.3.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Nos períodos de seca e chuva, cloro residual livre, coliformes totais, *E. coli*, cor aparente e ferro total foram os parâmetros que apresentaram os maiores percentuais de violação (**Figura 6-33**). As concentrações de cloro residual livre, no geral, foram baixas, violando o limite inferior legal, o que era esperado por se tratar de pontos sem tratamento. O cloro é extremamente empregado nos processos de tratamento e apresenta alta eficácia na remoção de microrganismos (DANIEL, 2001; YAMAGUCHI et al., 2013). Portanto, a contaminação microbiológica observada pode estar relacionada a não adição do cloro nas águas. Para *E. coli*, existem variações no número de amostras entre os períodos, o que pode explicar a diferença no percentual de violação (**Figura 6-33**). Cor aparente e ferro total apresentaram maior percentual de violação durante o período de maior pluviosidade (**Figura 6-33**). Outros metais presentes na composição dos rejeitos de barragem, como alumínio e manganês, apresentaram percentuais mais baixos de violação, indicando a ocorrência natural do ferro na bacia do rio Doce (ECOPLAN-LUME, 2010).

De maneira geral, verificou-se a presença de coliformes totais e *E. coli* em todo período monitorado, indicando a relação com uso e ocupação do solo local, através da contaminação fecal proveniente de esgoto doméstico ou criação de animais. O plano da bacia do rio Doce (2010), apontou coliformes como parâmetro prioritário para gestão, sendo um dos principais problemas de qualidade da água na bacia. A desconformidade do parâmetro está relacionada ao predomínio de áreas urbanas e baixo atendimento de tratamento dos esgotos domésticos (ECOPLAN-LUME, 2010). Já em áreas rurais, a contaminação fecal pode estar associada à criação de animais, pontos de captação em áreas inapropriadas ou proximidade a fossas. A adição de cloro para posterior destino ao consumo humano reduz os riscos desses patógenos à saúde humana (CETESB, 2017), portanto, para pontos sem tratamento, recomenda-se, além da adição de cloro, uma rotina de limpeza e o consumo da água somente após fervura e filtração.

As violações observadas para o cloro residual livre foram, no geral, com resultados abaixo da faixa do limite estabelecido no Anexo XX da PRC nº 5/2017, o que era esperado visto que os pontos de monitoramento do município não apresentam tratamento de água.

Figura 6-33 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Rio Doce no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

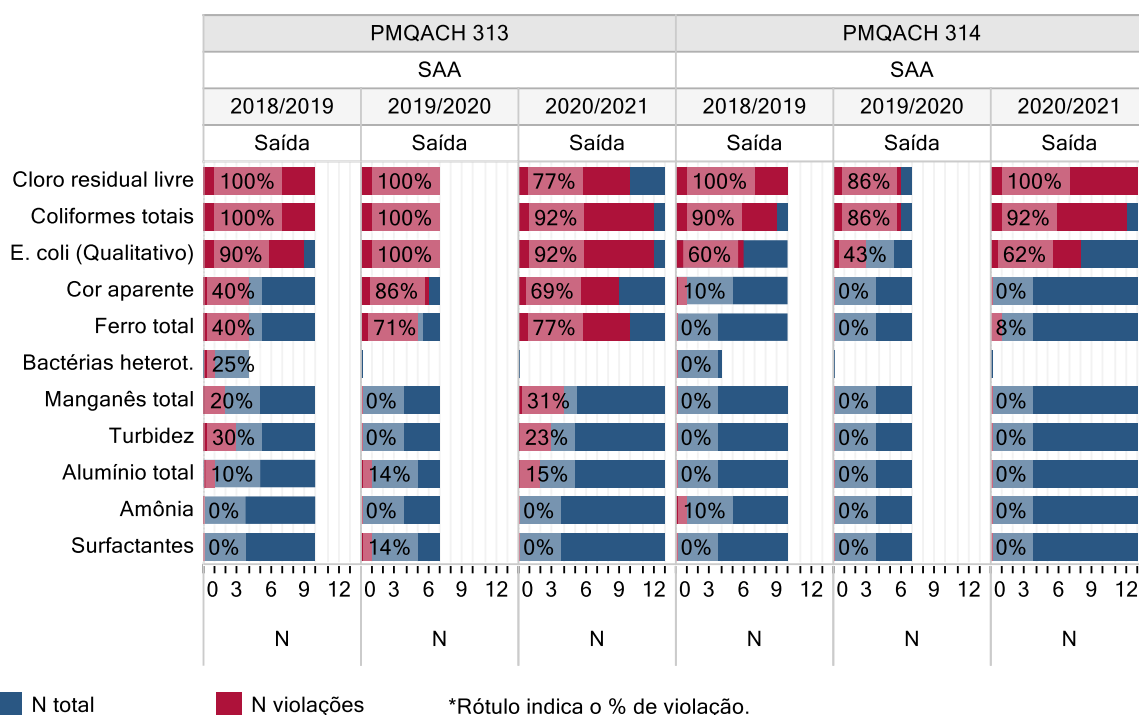


No ponto PMQACH 313, com abastecimento do tipo SAA e captação subterrânea, cloro residual livre, coliformes totais, *E. coli*, cor aparente e ferro total foram os parâmetros com os maiores percentuais de violação em 2020/2021 (**Figura 6-34**). O cloro residual livre apresentou um percentual de violações elevado e constante ao longo dos anos, sendo observado padrão similar para coliformes totais e *E. coli*. Para o ferro total, valores inferiores foram observados nos anos de 2018/2019, com violação em 40% (4 violações de um total de 10 amostras), e máximo de 77% observado em 2020/2021 (10 violações de um total de 13 amostras) (**Figura 6-34**). Manganês total apresentou maior percentual de violação em 2020/2021 (31%; 4 violações de um total de 13 amostras) comparando os demais, com destaque para o ano de 2019/2020, quando não houve violação deste parâmetro. Para turbidez,

o maior valor foi observado em 2018/2019 (30%; 3 violações de um total de 10 amostras) e, em 2020/2021, o parâmetro apresentou 23% (3 violações de um total de 13 amostras) de violação (**Figura 6-34**). Alumínio total apresentou um aumento no percentual de violação ao longo dos anos, com maior percentual de violação, portanto, em 2020/2021 (15%; 2 violações de um total de 13 amostras). Bactérias heterotróficas e surfactantes apresentaram violações esporádicas em comparação aos demais parâmetros avaliados (**Figura 6-34**).

No ponto PMQACH 314, que também apresenta abastecimento tipo SAA e captação subterrânea, os parâmetros cloro residual, coliformes totais e *E. coli* apresentaram elevados percentuais de violação ao longo dos anos assim como observado no ponto PMQACH 313. No período de 2020/2021 estes parâmetros apresentaram percentual de violação em 100% (violação das 13 amostras avaliadas), 92% (12 violações de um total de 13 amostras) e 62% (8 violações de um total de 13 amostras), respectivamente (**Figura 6-34**). Cor aparente, ferro total e amônia apresentaram violações pontuais (1 violação, < 10%) e somente em um dos períodos avaliados nesse ponto.

Figura 6-34 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 313 e 314, localizados no município de Rio Doce-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.

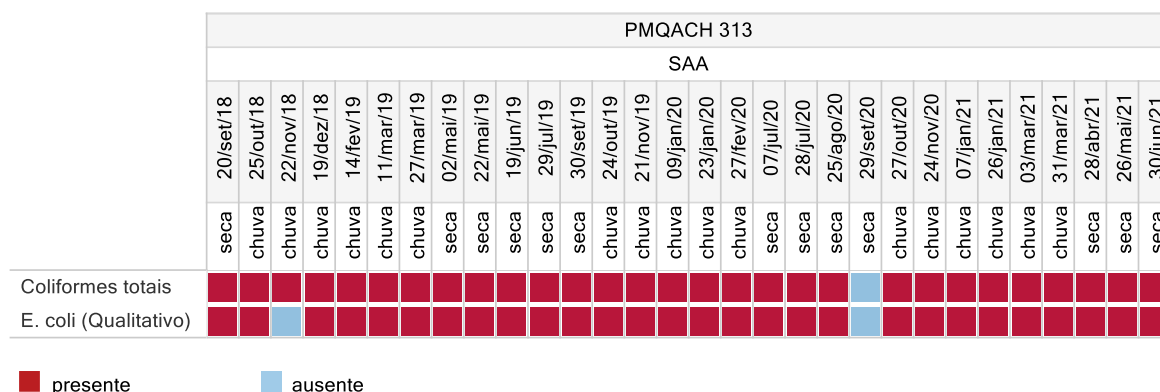


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.3.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

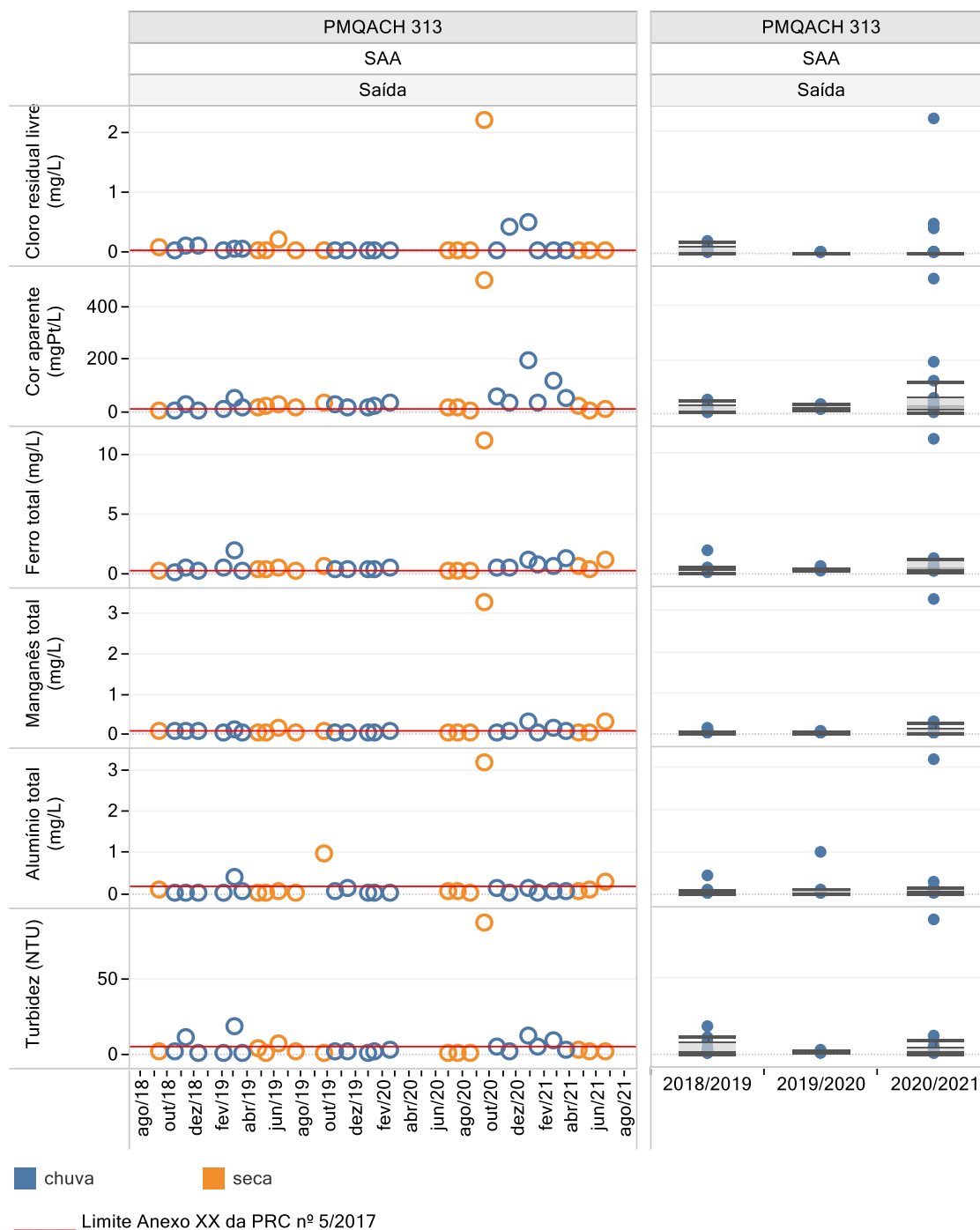
No ponto PMQACH 313, em relação a *E. coli* e coliformes totais, identifica-se elevada frequência dos resultados “presentes” ao longo de todo monitoramento, sem padrão temporal ou sazonal claro (**Figura 6-35**).

Figura 6-35 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 313, localizado no município de Rio Doce, e sua variação entre período chuvoso e seco.



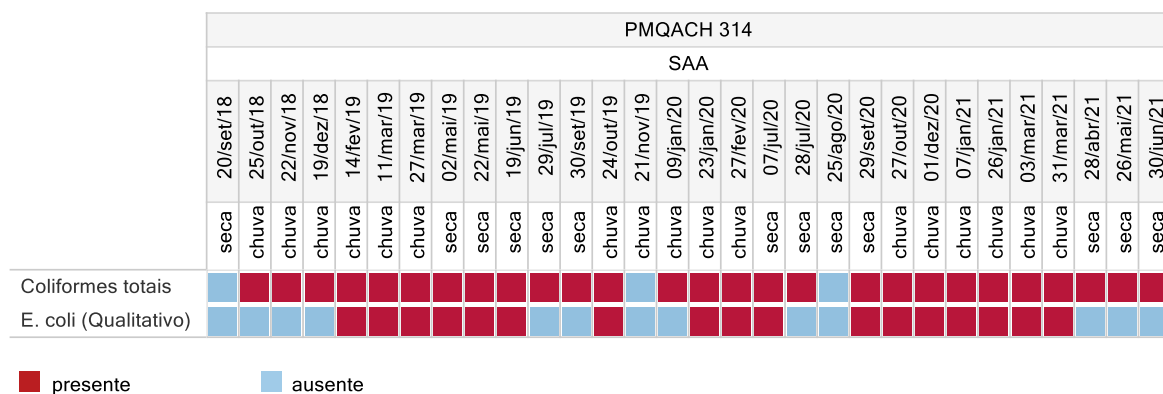
Em relação aos demais parâmetros relevantes em termos de violação, de maneira geral, as análises estatísticas não apontaram nenhum padrão temporal significativo, seja de aumento ou redução ao longo dos anos ($p > 0,05$) (**Figura 6-36**). De modo similar não se observa influência significativa da sazonalidade nas concentrações dos parâmetros ($p > 0,05$).

Figura 6-36 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 313, localizado no município de Rio Doce, e sua variação entre período chuvoso e seco.



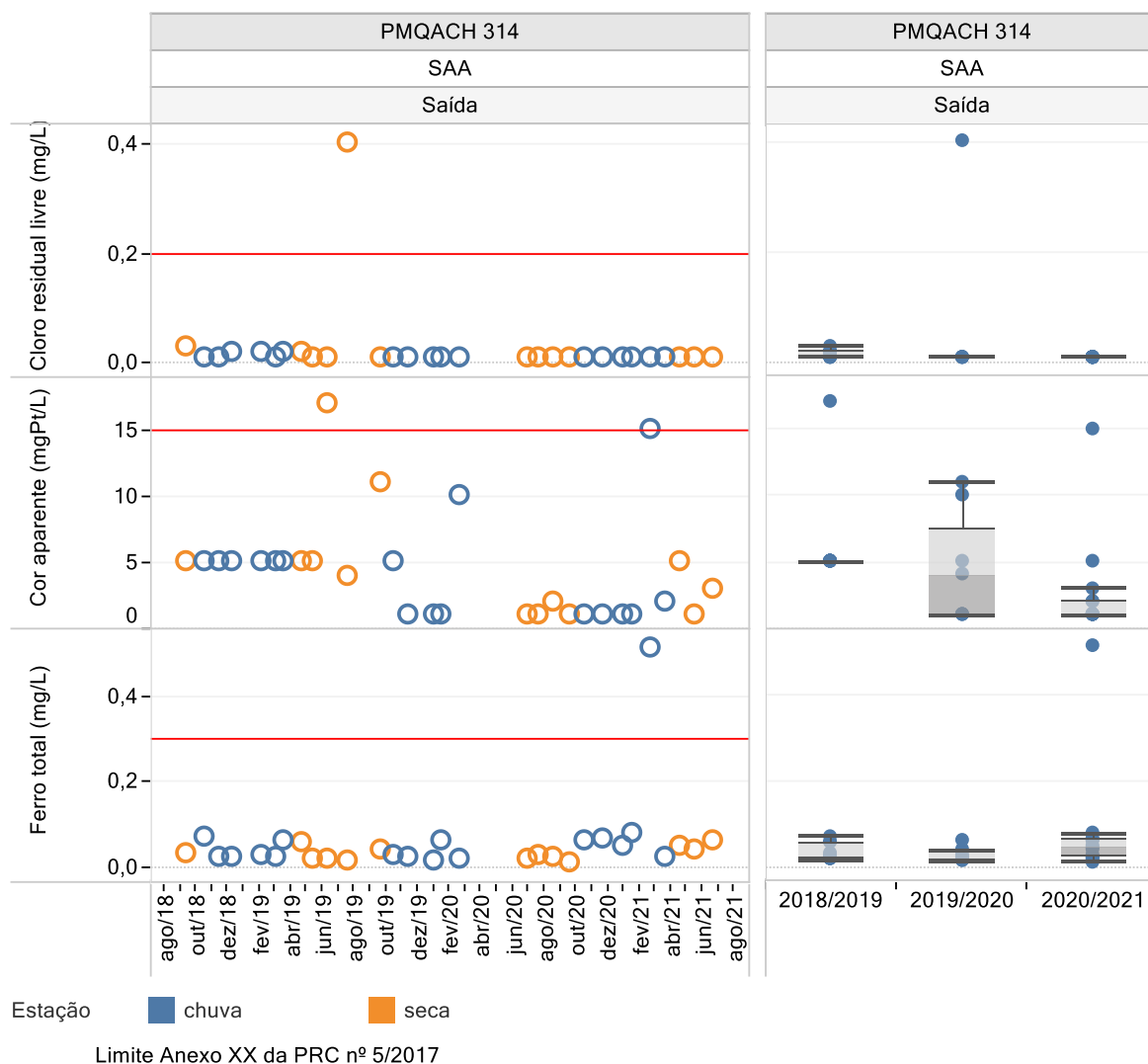
No ponto PMQACH 314, em relação a *E. coli* e coliformes totais, observa-se elevada frequência dos resultados “presentes” ao longo de todo monitoramento que resultaram em violação da legislação, mas sem um padrão temporal ou sazonal claro (**Figura 6-37**).

Figura 6-37 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 314, localizado no município de Rio Doce, e sua variação entre período chuvoso e seco.



Em relação aos demais parâmetros relevantes em termos de violação, de maneira geral, as análises estatísticas não apontaram nenhum padrão temporal significativo seja de aumento ou redução ao longo dos anos ($p > 0,05$). A exceção foi o cloro residual que apresentou resultados significativamente inferiores no período de 2020/2021 em relação ao período de 2018/2019 ($p < 0,05$) (**Figura 6-38**). Reforça-se, no entanto, que as menores concentrações observadas em 2020/2021 resultaram em desconformidade com a legislação, uma vez que não foi atendido o limite inferior da legislação para este parâmetro.

Figura 6-38 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 314, localizado no município de Rio Doce, e sua variação entre período chuvoso e seco.



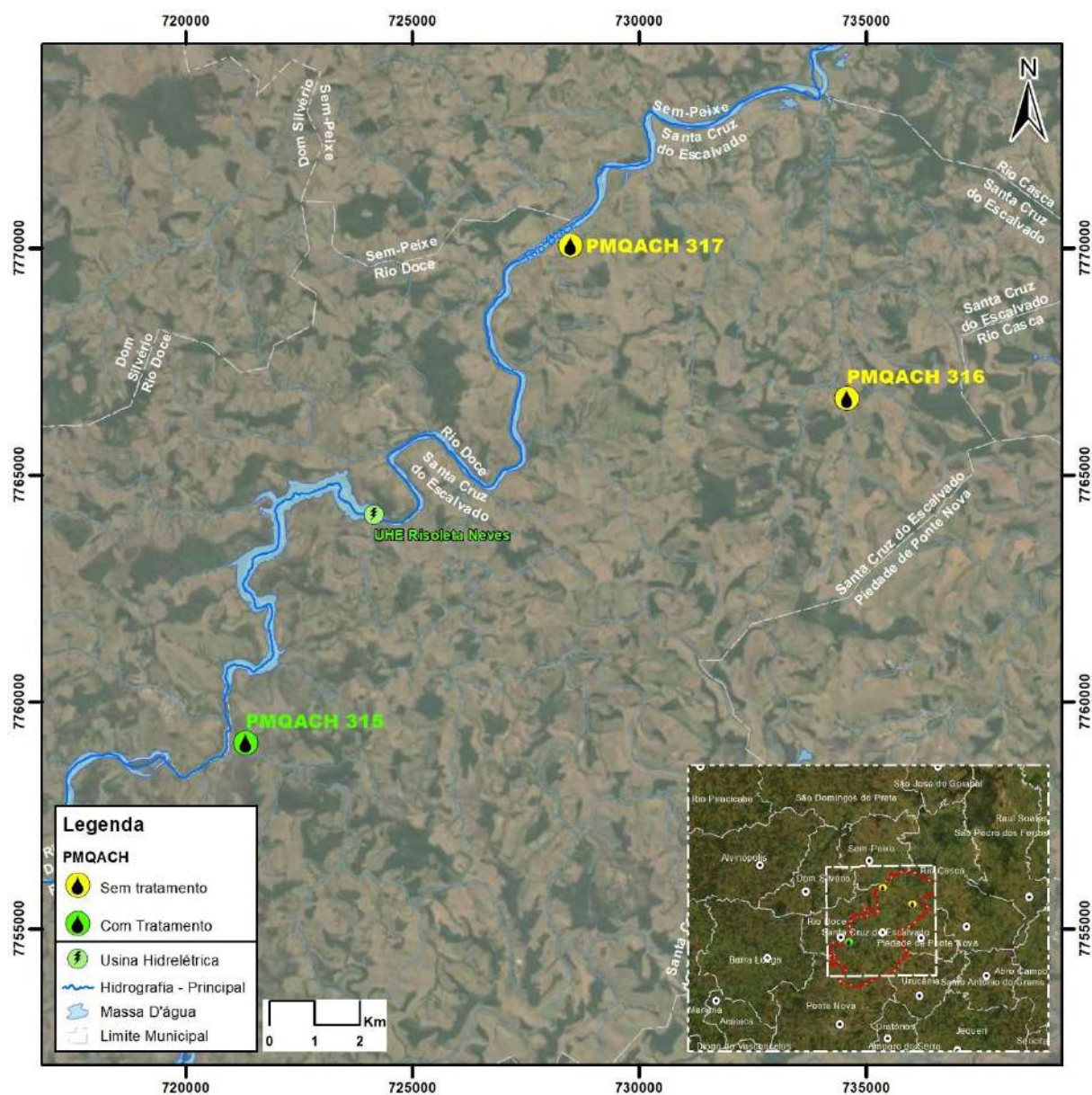
6.4 - Santa Cruz do Escalvado

No município de Santa Cruz do Escalvado-MG, foram considerados os 03 (três) pontos ativos, todos de Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) (**Figura 6-39 e Quadro 6-4**).

Quadro 6-4 - Características dos pontos do município de Santa Cruz do Escalvado considerados no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 315	Subterrânea	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA nº 396/2008 e Anexo XX da PRC nº 5/2017
PMQACH 316	Subterrânea	SAA	Sem tratamento	Saída	Anexo XX da PRC nº 5/2017
PMQACH 317	Subterrânea	SAA	Sem tratamento	Saída	Anexo XX da PRC nº 5/2017

Figura 6-39 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Santa Cruz do Escalvado-MG.

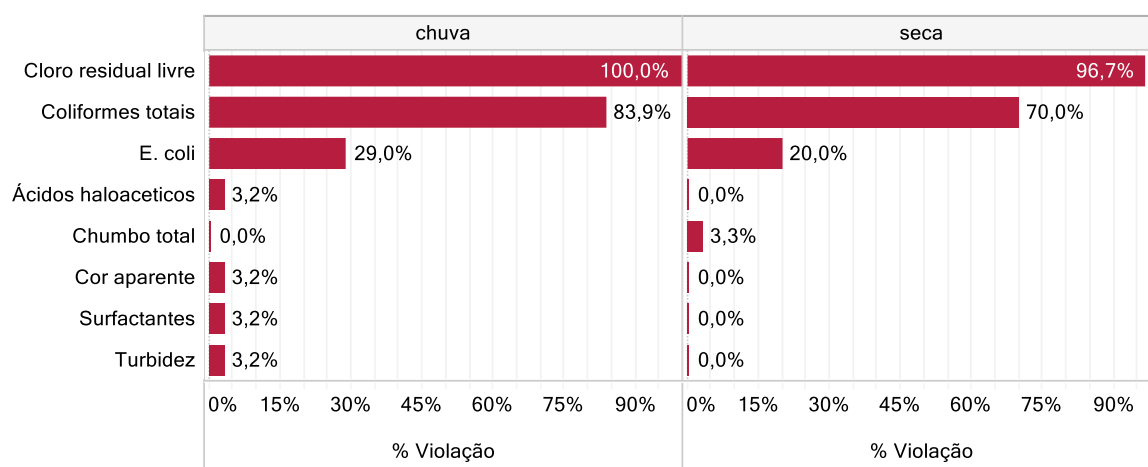


6.4.1 - Pontos sem tratamento

6.4.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

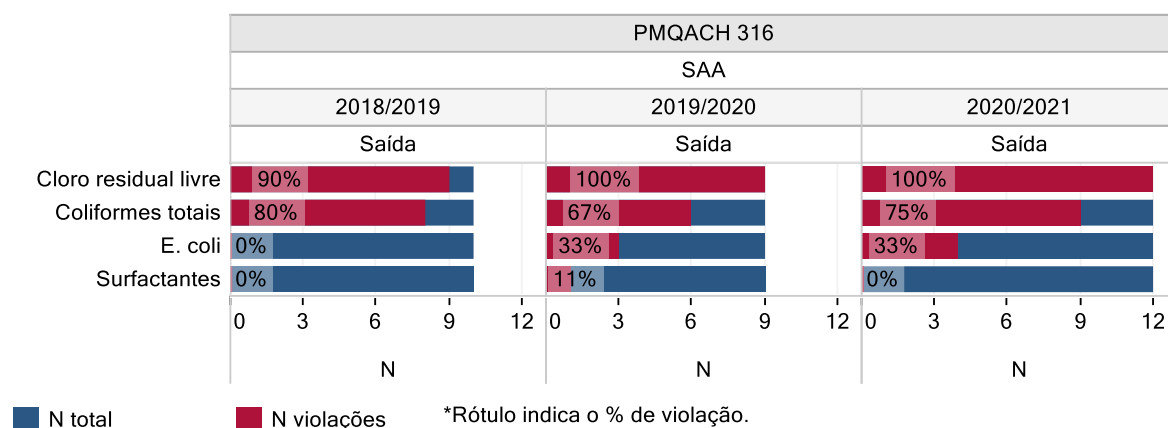
Para o município de Santa Cruz do Escalvado-MG, considerando os pontos sem tratamento, os parâmetros que apresentaram os maiores percentuais de violação foram cloro residual livre e coliformes totais, que apresentaram resultados semelhantes entre os períodos avaliados (chuva e seca) (**Figura 6-40**). De maneira geral, as concentrações de cloro residual livre foram baixas, violando o limite inferior legal, o que era esperado por se tratar de pontos sem tratamento. Dessa forma, a contaminação microbiológica observada pode estar relacionada a não adição do cloro nas águas. *E. coli* apresentou percentual de violação superior no período da chuva (29%) quando comparado com o período da seca (20%). A presença de coliformes totais e *E. coli* geralmente estão relacionados com o lançamento de esgoto doméstico e/ou criação de animais (ALVES et al., 2008; VIERIA & OLIVEIRA, 2001). No caso do município de Santa Cruz do Escalvado-MG, os valores reduzidos no percentual de tratamento de esgoto (43,3%, IBGE, 2010) podem ajudar a explicar as violações destes parâmetros em um nível mais regional. Vale destacar, ainda, que a taxa de esgotamento sanitário não reflete sua eficiência, ou seja, além do baixo percentual de esgotamento sanitário, este pode ser ineficiente, implicando em lançamento de matéria orgânica e patógenos nos recursos hídricos. Demais parâmetros apresentaram percentuais de violação reduzidos (< 5%), sendo que ácidos haloacéticos, cor aparente, surfactantes e turbidez apresentaram 3,2% exclusivamente no período chuvoso e chumbo total apresentou 3,3% de violação exclusivamente no período de seca (**Figura 6-40**).

Figura 6-40 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos sem tratamento do município de Santa Cruz do Escalvado-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



No ponto PMQACH 316, que possui abastecimento do tipo SAA e captação subterrânea, cloro residual livre apresentou os maiores percentuais de violação ao longo de todo monitoramento, sendo que em 2020/2021, o parâmetro violou em 100% das amostras (violação das 12 amostras avaliadas) (**Figura 6-41**). Coliformes totais também apresentou elevados percentuais de violação ao longo do monitoramento, apresentando 75% (9 violações de um total de 12 amostras) em 2020/2021 (**Figura 6-41**). Os resultados de cloro residual livre abaixo da faixa do limite legal, em conjunto com os elevados registros de coliformes totais, estão relacionados ao não tratamento de água no ponto e demonstram a necessidade para o mesmo. *E. coli* apresentou 33% de violação em 2019/2020 (3 violações de um total de 9 amostras) e 2020/2021 (4 violações de um total de 12 amostras) (**Figura 6-41**). Os surfactantes apresentaram violação somente em 2019/2021, com 11% (1 violação de um total de 9 amostras) de violação (**Figura 6-41**).

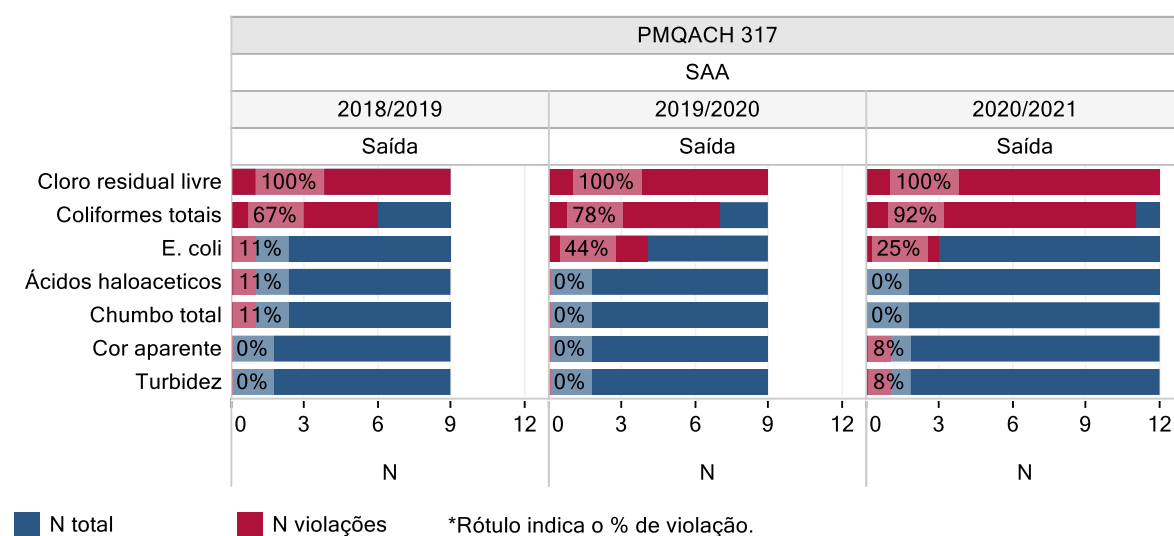
Figura 6-41 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 316, localizado no município de Santa Cruz do Escalvado-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 317, que possui abastecimento tipo SAA e captação subterrânea, cloro residual livre apresentou os maiores percentuais de violação ao longo de todo monitoramento, com 100% (violação das 12 amostras avaliadas) de violação em todos os períodos avaliados (**Figura 6-42**). Coliformes totais também apresentou elevados percentuais de violação ao longo do monitoramento, demonstrando um aumento ao longo dos anos, sendo que em 2020/2021, apresentou 92% de violação (11 violações de um total de 12 amostras) (**Figura 6-42**). Assim como para o ponto PMQACH 316, os resultados de cloro residual livre abaixo da faixa do limite legal, juntamente com os elevados registros de coliformes totais, estão relacionados ao não tratamento de água no ponto. Demais parâmetros apresentaram percentuais inferiores (< 11%) e de forma mais pontual. Ácidos haloacéticos e chumbo total violaram somente em 2018/2019, com 11% (1 violação de um total de 9 amostras) cada, enquanto cor aparente e turbidez violaram somente em 2020/2021, com 8% (1 violação de um total de 12 amostras) cada (**Figura 6-42**).

Figura 6-42 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 317, localizado no município de Santa Cruz do Escalvado-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.

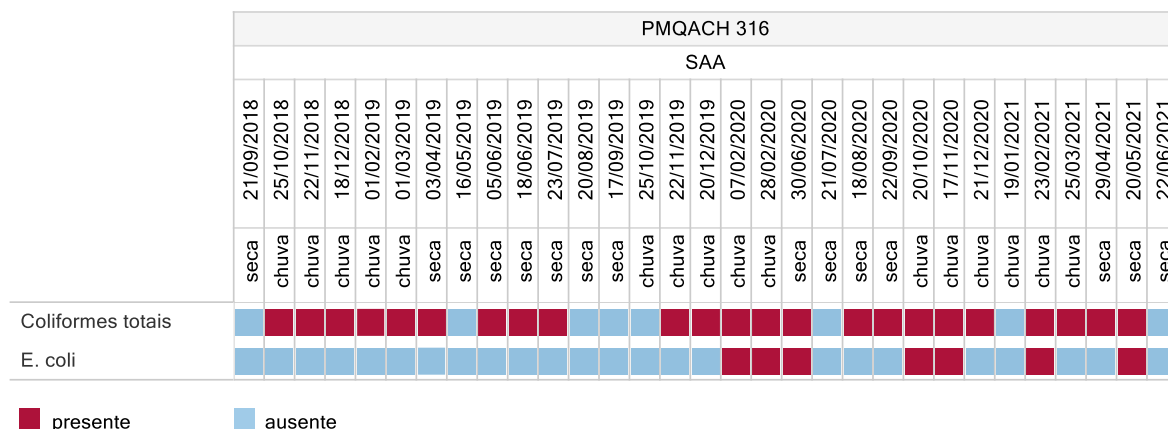


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.4.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

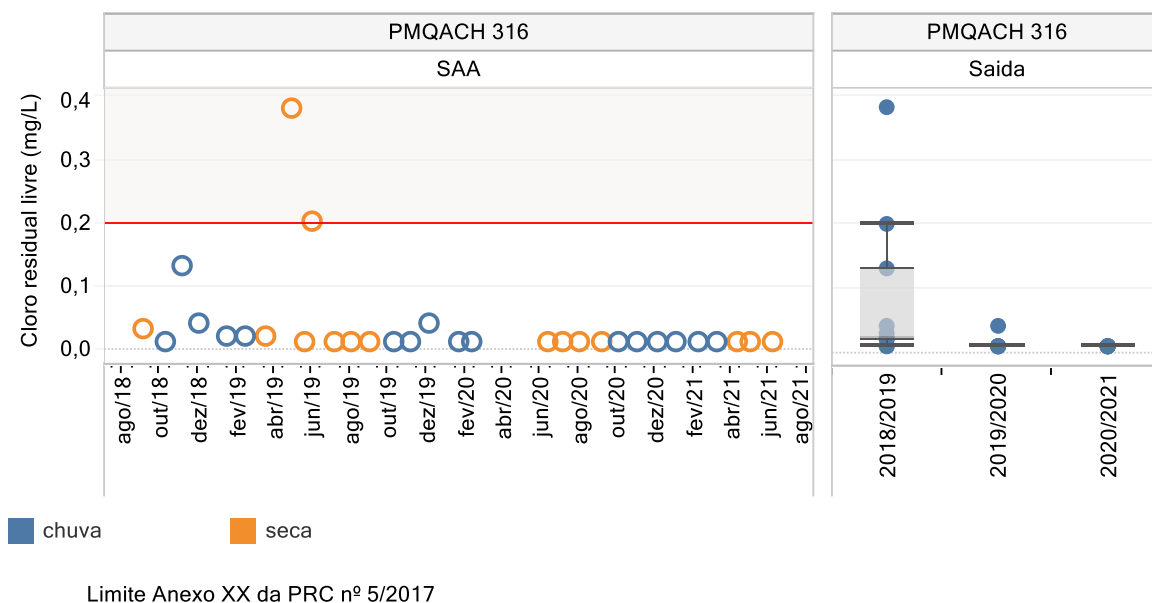
No ponto PMQACH 316, em relação a coliformes totais, identifica-se a elevada frequência dos resultados “presentes” ao longo de todo monitoramento que resultaram em violação da legislação, mas sem um padrão temporal ou sazonal claro (**Figura 6-43**). *E. coli* também apresentou elevada frequência de resultados “presentes”, no entanto, essa ocorrência é mais frequente no período de 2020/2021 (**Figura 6-43**).

Figura 6-43 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 316, localizado no município de Santa Cruz do Escalvado, e sua variação entre período chuvoso e seco.



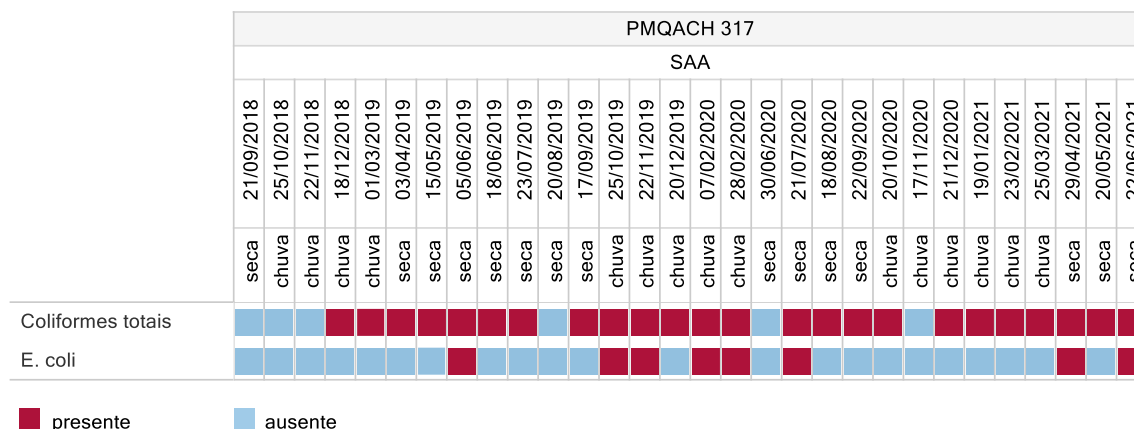
O cloro residual livre apresentou uma redução das concentrações nos dois últimos anos avaliados em comparação ao primeiro ano do monitoramento ($p < 0,05$) (**Figura 6-44**). No entanto, as menores concentrações observadas resultaram em desconformidade com a legislação, uma vez que não foi atendido o limite inferior da legislação para este parâmetro.

Figura 6-44 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 316, localizado no município de Santa Cruz do Escalvado, e sua variação entre período chuvoso e seco.



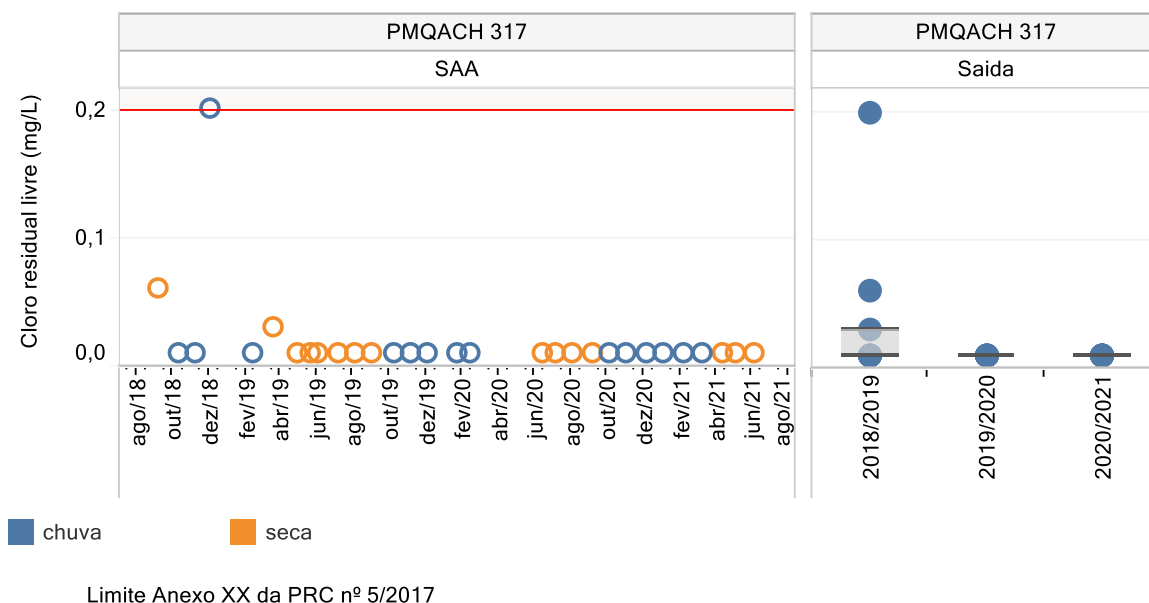
No ponto PMQACH 317, observa-se a elevada frequência dos resultados “presentes” ao longo de todo monitoramento, que resultaram em violação da legislação, tanto para coliformes totais quanto para *E. coli*, sem um padrão temporal ou sazonal claro (**Figura 6-45**).

Figura 6-45 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 317, localizado no município de Santa Cruz do Escalvado, e sua variação entre período chuvoso e seco.



Assim como para o ponto PMQACH 316, notou-se uma redução das concentrações do cloro residual livre nos dois últimos anos avaliados em comparação ao primeiro ano do monitoramento no ponto PMQACH 317 ($p < 0,05$) (**Figura 6-46**). Porém, reforça-se que as menores concentrações resultaram em desconformidade com a legislação, uma vez que não foi atendido o limite inferior da legislação para este parâmetro.

Figura 6-46 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 317, localizado no município de Santa Cruz do Escalvado, e sua variação entre período chuvoso e seco.



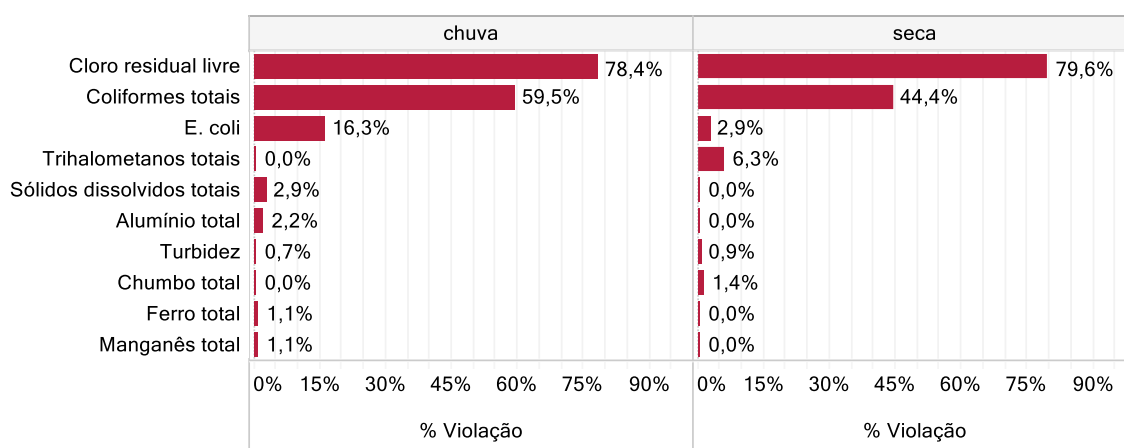
6.4.2 - Pontos com tratamento

6.4.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Santa Cruz do Escalvado-MG, considerando o ponto com tratamento, os parâmetros com maior percentual de violação foram cloro residual livre e coliformes toais (**Figura 6-47**). Apesar de apresentarem tratamento, as concentrações de cloro residual livre foram baixas, violando o limite inferior legal. Dessa forma, a contaminação microbiológica observada pode estar relacionada a adição insuficiente de cloro nas águas. Cloro residual livre apresentou resultados similares entre os períodos avaliados (chuva e seca), enquanto coliformes totais apresentaram resultados superiores no período chuvoso (**Figura 6-47**). Este padrão também foi observado para *E. coli*, que apresentou percentual de violação de 16,3% no período chuvoso e 2,9% na seca (**Figura 6-47**). Estudos prévios demonstraram aumento de coliformes e *E. coli* durante o período chuvoso em poços devido ao

aumento do carreamento seja por infiltração ou escoamento superficial (SILVA et al., 2018). Os demais parâmetros apresentaram percentuais < 10%, sendo turbidez o único parâmetro que apresentou percentual de violação em ambos os períodos (**Figura 6-47**). Sólidos dissolvidos totais (2,9%), alumínio total (2,2%), ferro total (1,1%) e manganês total (1,1%) apresentaram percentuais de violação somente no período chuvoso, enquanto trihalometanos totais (6,3%) e chumbo total (1,4%) somente na seca (**Figura 6-47**).

Figura 6-47 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no ponto com tratamento do município de Santa Cruz do Escalvado-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

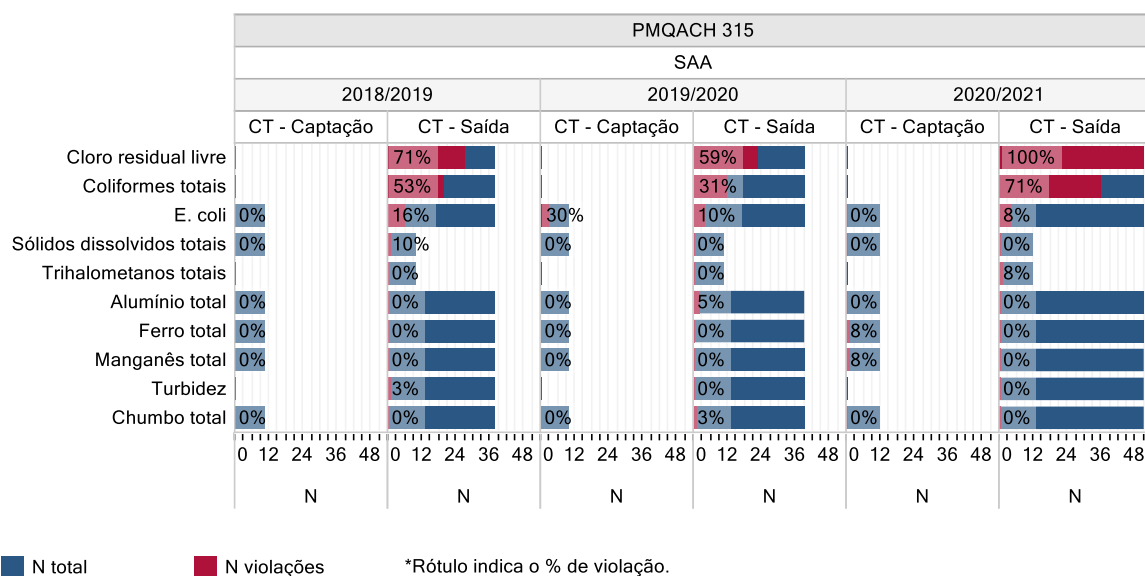


No ponto PMQACH 315, que possui abastecimento do tipo SAA e captação subterrânea, os maiores percentuais de violação ocorreram na saída, em especial para cloro residual livre e coliformes totais, que apresentaram seus máximos em 2020/2021, de 100% (violação das 51 amostras avaliadas) e 71% (36 violações de um total de 51 amostras), respectivamente (**Figura 6-48**). Além destes, *E. coli* (8%; 4 violações de um total de 51 amostras) e trihalometanos totais (8%; 1 violação de um total de 12 amostras) também apresentaram violação em 2020/2021 na saída (**Figura 6-48**). A presença de coliformes totais e *E. coli*, indicadores de contaminação fecal, demonstra que o tratamento de água pode não estar sendo efetivo (VIERIA & OLIVEIRA, 2001). Em relação aos trihalometanos, a presença

está relacionada a própria aplicação de cloro no tratamento de água, que pode promover a formação de trihalometanos quando há presença de matéria orgânica (SILVA & MELO, 2015). Na captação, o último ciclo avaliado (2020/2021) apresentou violação somente de ferro total e manganês total, ambos com o mesmo valor (8%; 1 violação de um total de 12 amostras) (**Figura 6-48**). Demais parâmetros apresentaram violação somente nos anos anteriores e de forma pontual, como sólidos dissolvidos totais (10% na saída em 2018/2019; 1 violação de um total de 10 amostras), alumínio total (5% na saída em 2019/2020; 2 violações de um total de 39 amostras), turbidez (3% na saída em 2018/2019; 1 violação de um total de 38 amostras) e chumbo total (3% na saída em 2019/2020; 1 violação de um total de 19 amostras) (**Figura 6-48**).

A turbidez avaliada nas amostras de pós-filtração apresentou uma (01) violação em um total de 38 amostras investigadas em 2018/2019, resultando em um percentual de 3% de violação. Em 2019/2020 e 2020/2021, o parâmetro não apresentou violação aos limites legais aplicáveis.

Figura 6-48 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 315, localizado no município de Santa Cruz do Escalvado-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.

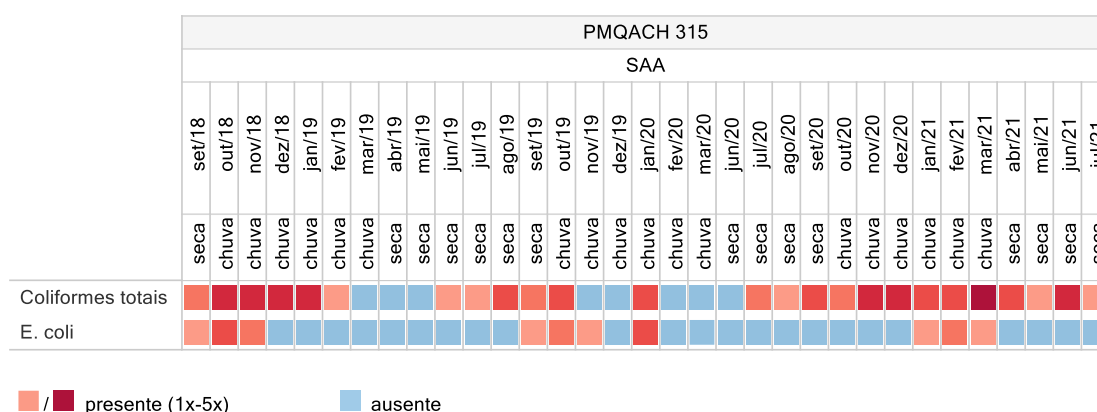


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.4.2.2 - Avaliação temporal e sazonal

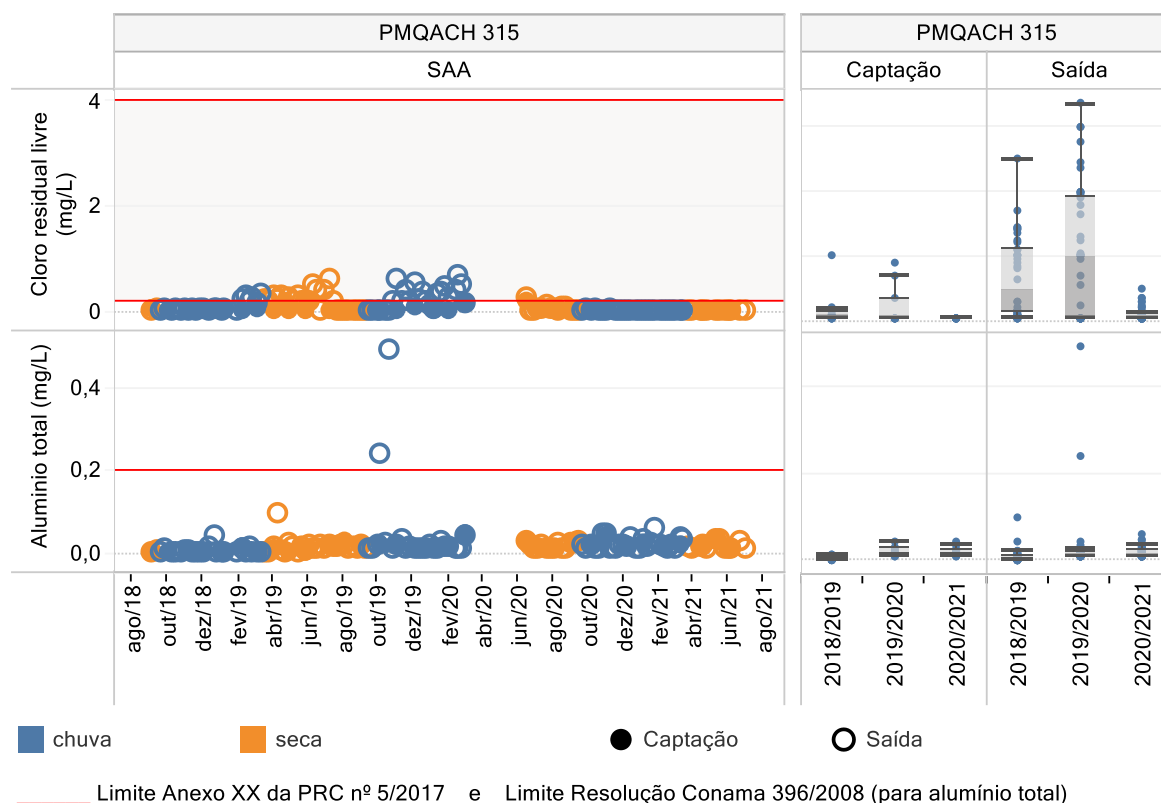
No ponto PMQACH 315, apesar do tratamento, identifica-se a elevada frequência dos resultados “presentes” ao longo de todo monitoramento, que resultaram em violação da legislação, tanto para coliformes totais quanto para *E. coli*, sem um padrão temporal ou sazonal claro (**Figura 6-49**).

Figura 6-49 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 315, localizado no município de Santa Cruz do Escalvado, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.



Em relação ao cloro residual total, houve uma redução de suas concentrações em 2020/2021 em relação aos anos anteriores ($p < 0,05$), o que ocorreu tanto para a captação quando para a saída (**Figura 6-50**). Ressalta-se, no entanto, que as menores concentrações de cloro estiveram abaixo do limite inferior da legislação. O alumínio total apresentou comportamento distinto, com aumento das concentrações nos dois últimos períodos avaliados em relação ao primeiro ano do monitoramento na captação, enquanto na saída, o parâmetro apresentou uma redução de suas concentrações em 2020/2021 em relação ao ano anterior ($p < 0,05$) (**Figura 6-50**).

Figura 6-50 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 315, localizado no município de Santa Cruz do Escalvado, e sua variação entre período chuvoso e seco.



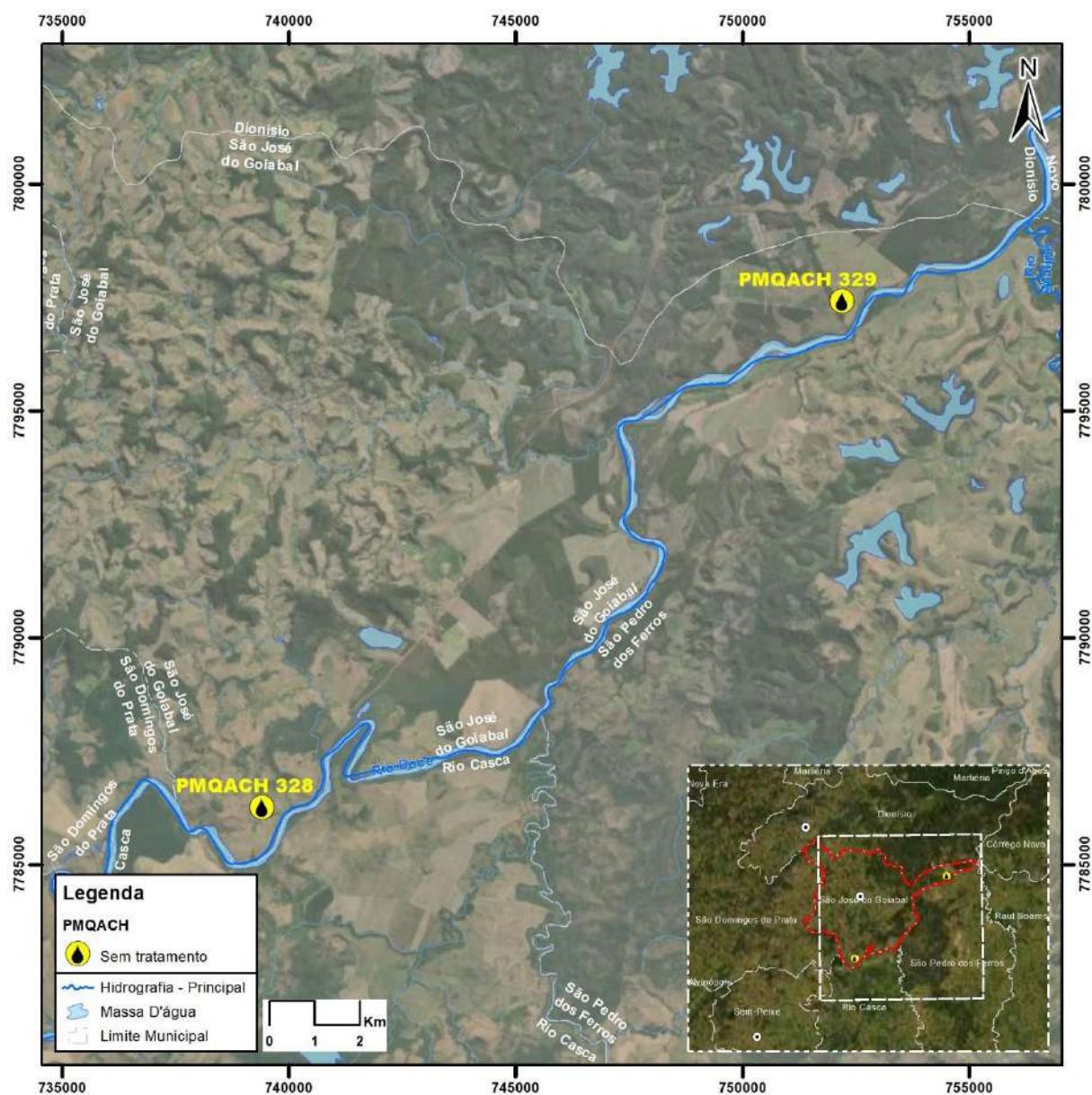
6.5 - São José do Goiabal

No município de São José do Goiabal-MG, foram considerados 02 (dois) pontos ativos, todos de Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e sem tratamento de água (Figura 6-51 e Quadro 6-5).

Quadro 6-5 - Características dos pontos do município de São José do Goiabal considerados no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 328	Subterrânea	SAA	Sem tratamento	Saída	Anexo XX da PRC nº 5/2017
PMQACH 329	Subterrânea	SAA	Sem tratamento	Saída	Anexo XX da PRC nº 5/2017

Figura 6-51 - Localização geográfica dos pontos monitorados em São José do Goiabal-MG.



6.5.1 - Pontos sem tratamento

6.5.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

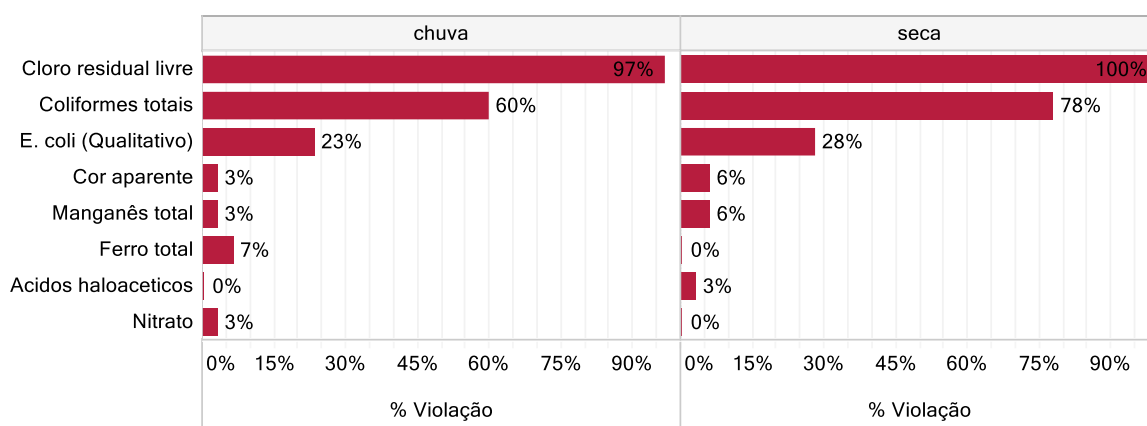
No município de São José do Goiabal-MG, os parâmetros cloro residual livre, coliformes totais e *E. coli* apresentaram os maiores percentuais de violação, tanto no período de seca quanto no período chuvoso (**Figura 6-52**). Apesar da pequena diferença, o percentual de violação para coliformes totais e *E. coli* foi maior no período da seca em comparação com o período de chuva (**Figura 6-52**).

As violações observadas para o cloro residual livre foram, no geral, com resultados abaixo da faixa do limite estabelecido no Anexo XX da PRC nº 5/2017, o que era esperado visto que os pontos de monitoramento do município não apresentam tratamento de água. Dessa forma, a contaminação microbiológica observada pode estar relacionada a não adição do cloro nas águas.

Coliformes totais e *E. coli* foram detectados ao longo de todo monitoramento, especialmente coliformes totais, indicando contaminação fecal derivada de esgoto doméstico e/ou criação de animais. O parâmetro coliformes foi apontado como prioritário para gestão da qualidade da água na bacia do rio Doce (ECOPLAN-LUME, 2010). A desconformidade do parâmetro está relacionada ao baixo atendimento de tratamento dos esgotos domésticos, criação de animais e pontos de captação em áreas inapropriadas ou proximidade a fossas. No município de São José do Goiabal, 73,7% do município apresenta esgotamento sanitário, mas o tratamento é, predominantemente, do tipo simples, com desinfecção por cloração (IBGE, 2010). Dessa forma, cabe destacar que o tratamento pode não ser suficiente para remoção de matéria orgânica e patógenos. Nesse contexto de contaminação microbiológica, é importante que as águas destinadas ao consumo humano possuam a adição de cloro, com o objetivo de reduzir os riscos desses patógenos à saúde humana. Recomenda-se, além da adição de cloro, uma rotina de limpeza e o consumo da água somente após fervura e filtração.

Os demais parâmetros apresentaram percentuais de violação inferiores ($\leq 10\%$ no total). Cor aparente e manganês total apresentaram os mesmos percentuais de violação no período da chuva e seca, 3% e 6%, respectivamente. Ferro total apresentou percentual de violação apenas no período de chuva (7%). Ácidos haloacéticos apresentaram violação apenas no período da seca (3%), enquanto nitrato apresentou violação somente no período da chuva (3%) (**Figura 6-52**),

Figura 6-52 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de São Jose do Goiabal-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

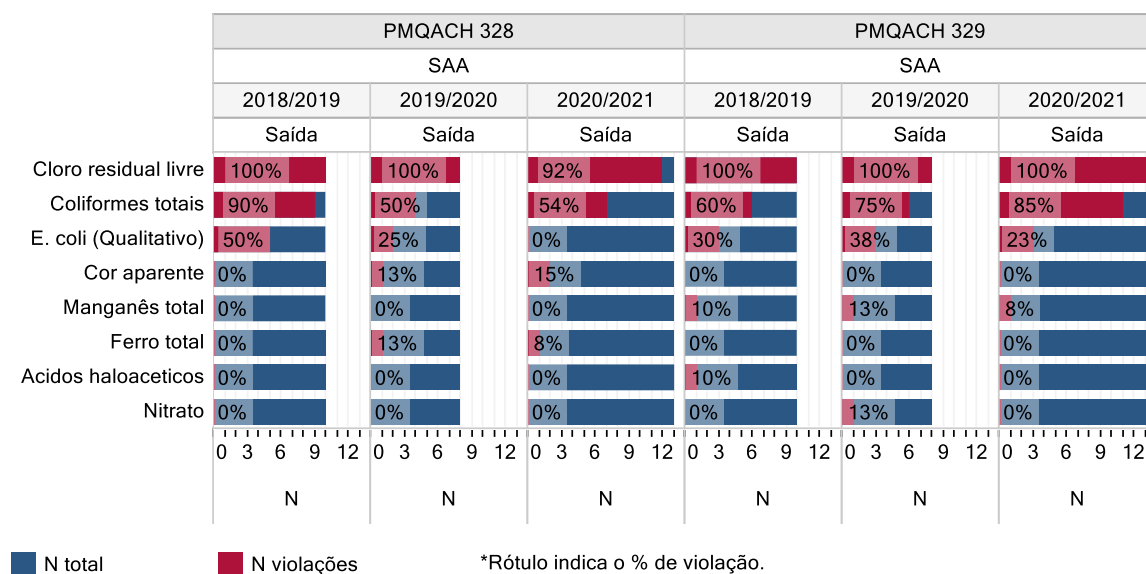


No ponto PMQACH 328, que possui abastecimento tipo SAA e captação subterrânea, cloro residual livre e coliformes totais foram os parâmetros com os maiores percentuais de violação. Cloro residual apresentou redução em 2020/2021, quando teve 92% de violação em comparação a 100% dos anos anteriores (2018/2019: violação de todas as 10 amostras avaliadas; 2019/2020: violação de todas as 8 amostras avaliadas; 2020/2021: 12 violações de um total de 13 amostras (**Figura 6-53**). Em comparação ao primeiro ano avaliado (2018/2019), coliformes totais também apresentaram redução, com 54% (7 violações de um total de 13 amostras) em 2020/2021 e 50% (4 violações de um total de 8 amostras) em 2019/2020, comparado aos 90% (9 violações de um total de 10 amostras) do primeiro ano

(Figura 6-53). Cor aparente e ferro total apresentaram violação somente nos dois últimos ciclos avaliados, alcançando 15% (2 violações de um total de 13 amostras) e 8% (1 violação de um total de 13 amostras) em 2020/2021, respectivamente.

No ponto PMQACH 329, que possui abastecimento tipo SAA e captação subterrânea, cloro residual livre e coliformes totais também apresentaram os maiores percentuais de violação ao longo do monitoramento, seguidos por *E. coli* (Figura 6-53). Estes três parâmetros apresentaram percentuais de violação similares ao longo dos anos avaliados, o que também pode ser observado para o manganês total (Figura 6-53). O nitrato apresentou violação somente em 2019/2020 (13%; 1 violação de um total de 8 amostras). No período do presente relatório (2020/2021), os parâmetros que apresentaram violação aos limites aplicáveis foram: cloro residual livre (100%; violação das 13 amostras avaliadas), coliformes totais (85%; 11 violações de um total de 13 amostras), *E. coli* (23%; 3 violações de um total de 13 amostras) e manganês total (8%; 1 violação de um total de 13 amostras) (Figura 6-53).

Figura 6-53 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 328 e 329, localizados no município de São José do Goiabal-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.

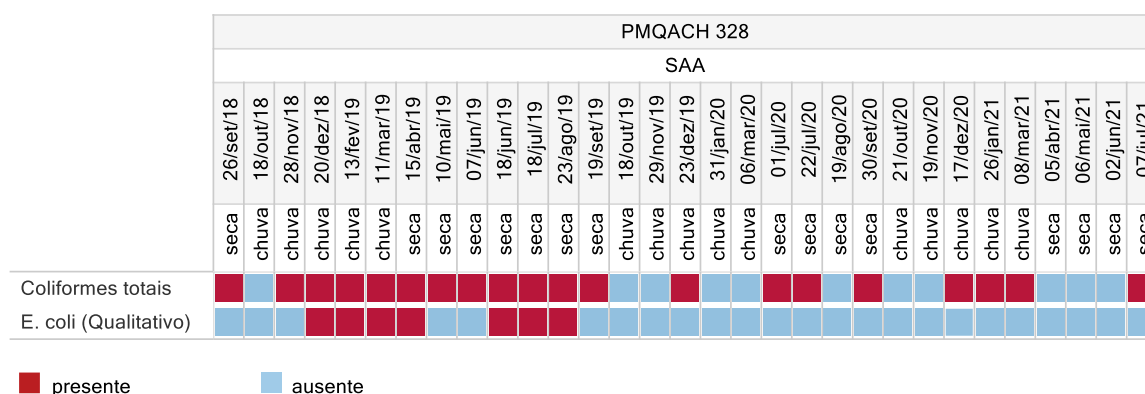


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.5.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

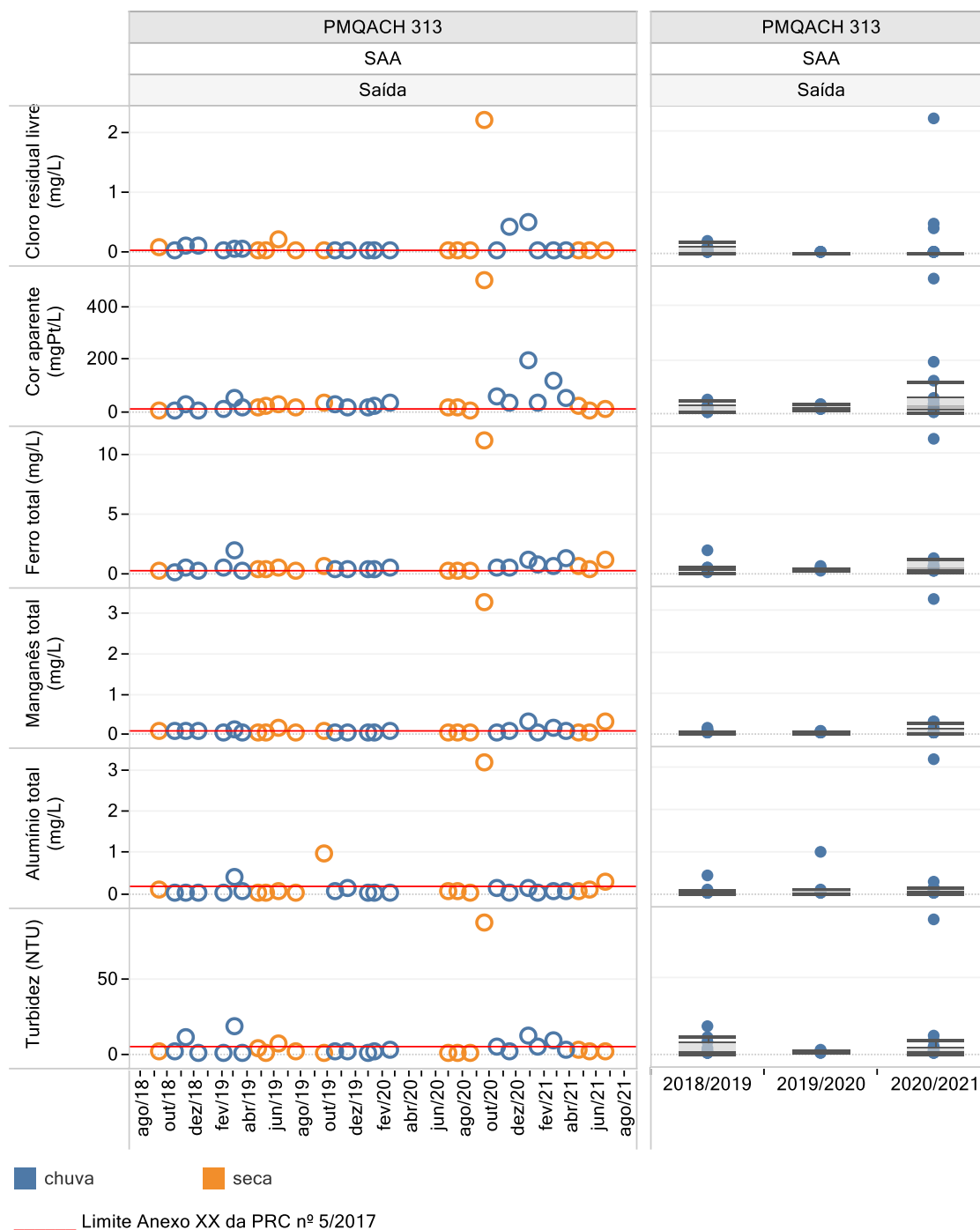
No ponto PMQACH 328, em relação a *E. coli* e coliformes totais, observa-se uma elevada frequência dos resultados “presentes” especialmente nos primeiros anos avaliados, sendo que, para *E. coli*, após esse período, os resultados foram predominantemente “ausentes” (Figura 6-54).

Figura 6-54 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 328, localizado no município de São José do Goiabal, e sua variação entre período chuvoso e seco.



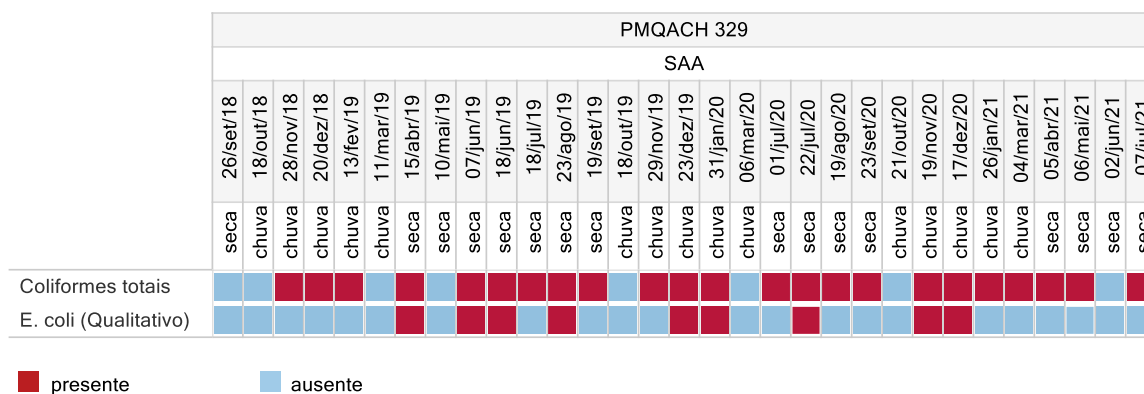
Em relação aos demais parâmetros relevantes em termos de violação, de maneira geral, as análises estatísticas não apontaram nenhum padrão temporal significativo, ou seja, de aumento ou redução ao longo dos anos ($p > 0,05$), visto que somente alguns dados pontuais apresentaram resultados mais elevados para os três parâmetros avaliados (cloro residual livre, ferro total e cor aparente) (Figura 6-55). É possível identificar a relação positiva entre turbidez, cor aparente, manganês total, ferro total e alumínio total, de forma que quando um dos parâmetros apresentou um pico, normalmente os demais também apresentaram (Figura 6-55). Em sua forma oxidada, os elementos, como ferro e manganês, podem precipitar (RICHTER & AZEVEDONETO, 1991) e contribuir para a formação de cor no ecossistema aquático (ALVES et al., 2008). Ainda, na presença de matéria orgânica, os elementos podem se apresentar no estado coloidal, refletindo a luz e aumentando a turbidez (ALVES et al., 2008).

Figura 6-55 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 328, localizado no município de São José do Goiabal, e sua variação entre período chuvoso e seco.



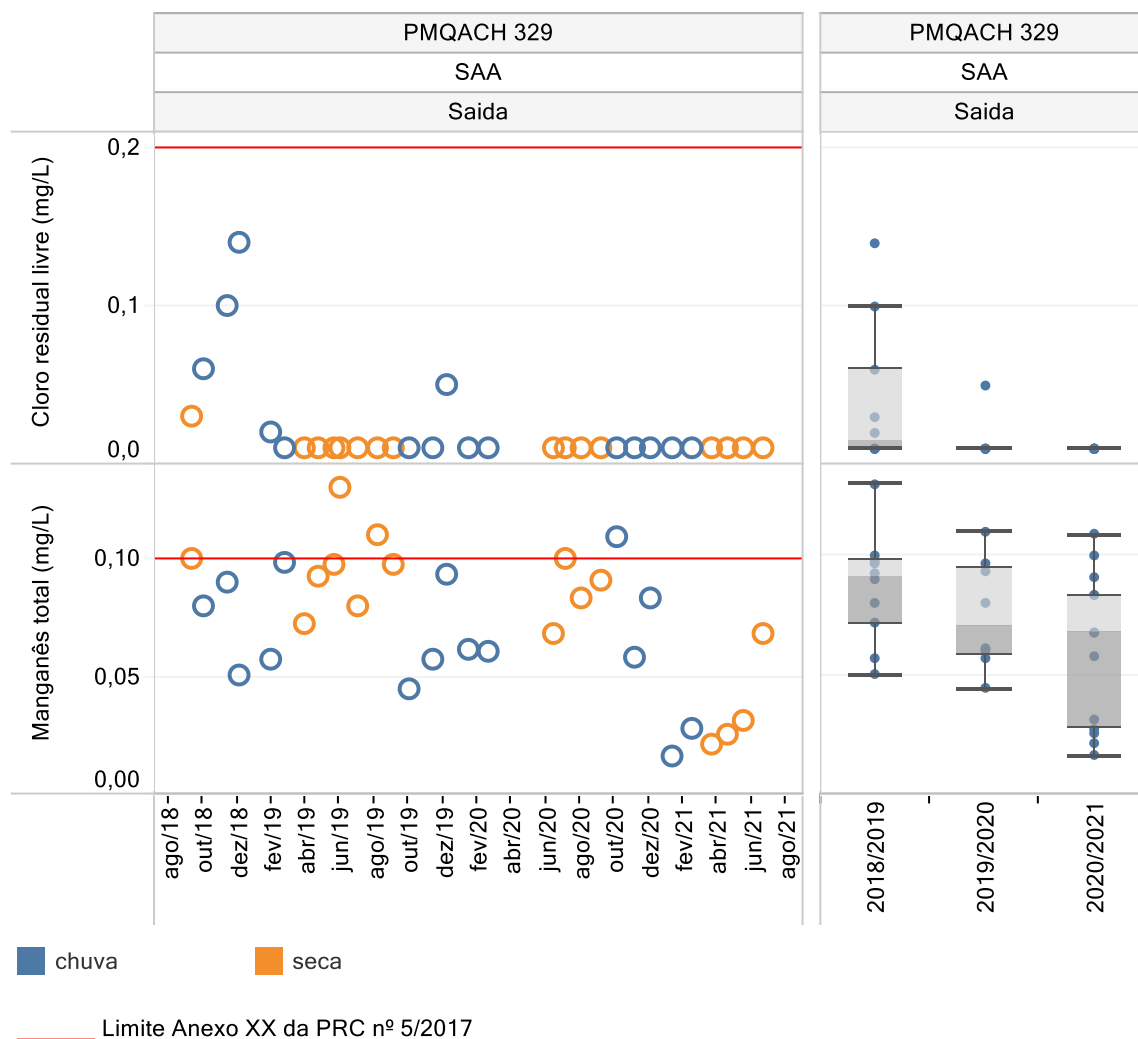
No ponto PMQACH 329, em relação a *E. coli* e coliformes totais, observa-se uma elevada frequência dos resultados “presentes” ao longo de todo monitoramento, especialmente para coliformes totais, sem padrão temporal ou sazonal claro (**Figura 6-56**).

Figura 6-56 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 329, localizado no município de São José do Goiabal, e sua variação entre período chuvoso e seco.



O cloro residual apresentou redução das concentrações ao longo dos anos, especialmente comparando 2018/2019 com 2020/2021 ($p < 0,05$) (**Figura 6-57**). Ressalta-se, no entanto, que as menores concentrações observadas do cloro residual resultaram em desconformidade com a legislação, não atendendo o limite inferior legal. Já o manganês total não apresentou nenhum padrão temporal significativo, ou seja, de aumento ou redução ao longo dos anos, ou mesmo padrão sazonal ($p > 0,05$) (**Figura 6-57**).

Figura 6-57 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 329, localizado no município de São José do Goiabal, e sua variação entre período chuvoso e seco.



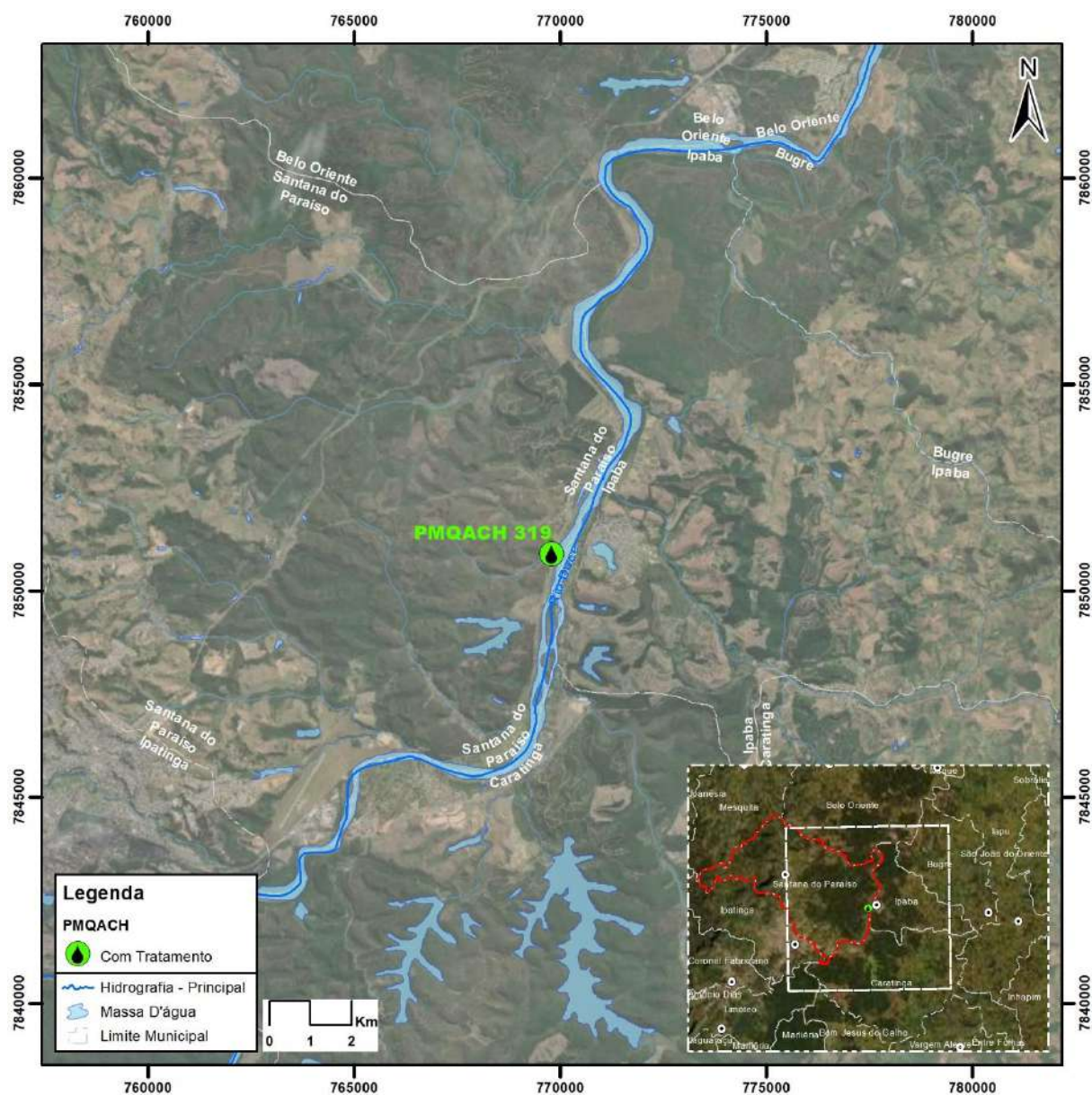
6.6 - Santana do Paraíso

No município de Santana do Paraíso-MG, foi considerado 01 (um) ponto ativo, que possui Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e tratamento de água (**Figura 6-58 e Quadro 6-6**).

Quadro 6-6 - Características do ponto do município de Santana do Paraíso considerado no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 319	Subterrânea	SAA	Com tratamento	Captação e Saída	CONAMA n° 396/2008 e Anexo XX da PRC n° 5/2017

Figura 6-58 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Santana do Paraíso-MG.



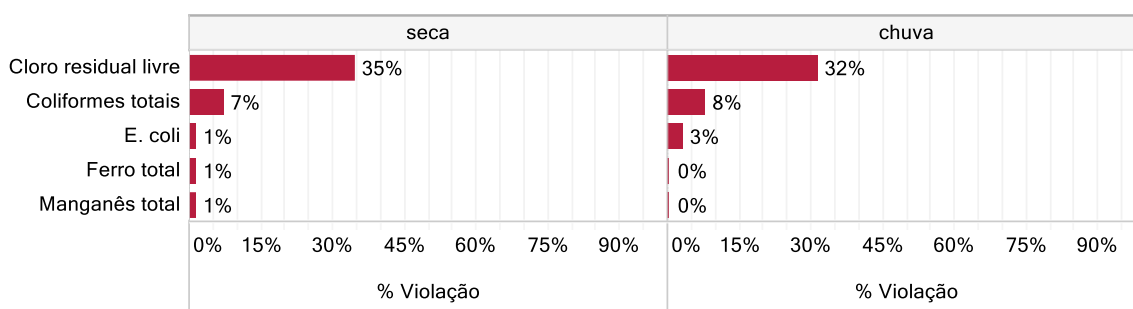
6.6.1 - Pontos com tratamento

6.6.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

No município de Santana do Paraíso-MG, cloro residual livre apresentou os maiores percentuais de violação, seguido por coliformes totais, sendo que ambos apresentaram resultados semelhantes no período chuvoso e seco (**Figura 6-59**). É importante ressaltar que, o cloro é um ótimo agente contra os microrganismos nocivos à saúde e, por isso é utilizado nos sistemas de tratamento, o que justifica os baixos percentuais de violação dos parâmetros microbiológicos. No caso dos coliformes, este grupo é normalmente utilizado como indicador da ausência ou da precariedade de um sistema de saneamento (VIERIA & OLIVEIRA, 2001). *E. coli*, ferro total e manganês total apresentaram baixos percentuais de violação (< 4%), com resultados similares entre período chuvoso e seco (**Figura 6-59**).

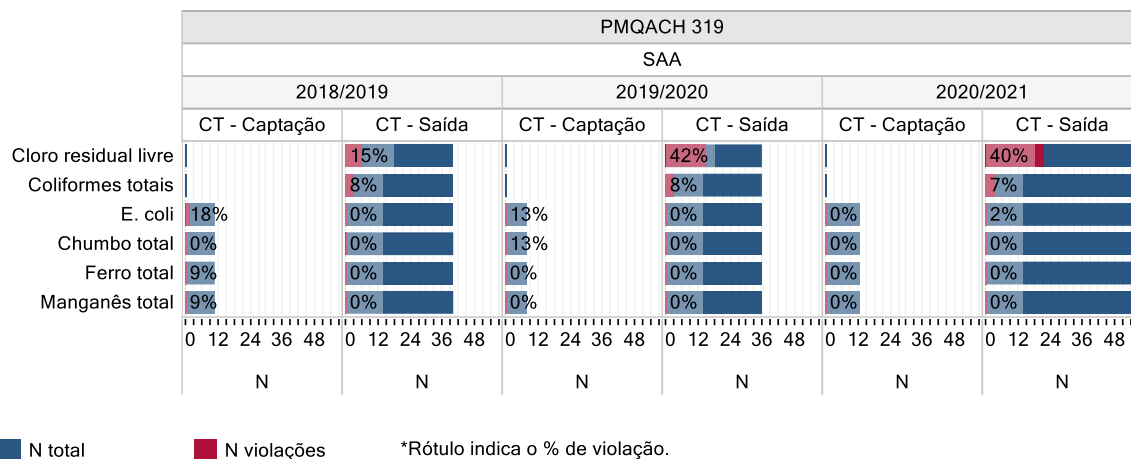
No município de Santana do Paraíso-MG, o percentual de esgotamento sanitário é de 77,2% (IBGE, 2010), sendo seu sistema de tratamento caracterizado como convencional (floculação, decantação, filtração, desinfecção). Vale destacar que a taxa de esgotamento sanitário não reflete sua eficiência, ou seja, um tratamento ineficiente ainda terá como resultado o lançamento de matéria orgânica e patógenos nos recursos hídricos. No plano da bacia do rio Doce (2010), o parâmetros coliformes foi apontado como prioritário para gestão, sendo um dos principais problemas de qualidade da água na bacia. A contaminação por coliformes totais e *E. coli* indicam contaminação fecal, de origem dos esgotos domésticos não tratados e/ou criação de animais.

Figura 6-59 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Santana do Paraíso- MG no período de chuva e seca com base nos limites aplicáveis no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



No ponto PMQACH 319, que possui abastecimento tipo SAA e captação subterrânea, cloro residual apresentou os maiores percentuais, superiores nos dois últimos períodos de monitoramento quando comparado ao primeiro (**Figura 6-60**). Em 2020/2021, cloro residual apresentou 40% (22 violações de um total de 55 amostras) de violação na saída, seguido por coliformes totais (7%; 4 violações de um total de 55 amostras) e *E. coli* (2%; 1 violação de um total de 55 amostras). Nesse mesmo período, não foram observadas violações na captação (**Figura 6-60**). Observa-se ocorrência de violações na captação nos primeiros anos do monitoramento para *E. coli*, chumbo total, ferro total e manganês total, o que, como mencionado, não foi observado em 2020/2021 (**Figura 6-60**).

Figura 6-60 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 319, localizado no município de Santana do Paraíso-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.

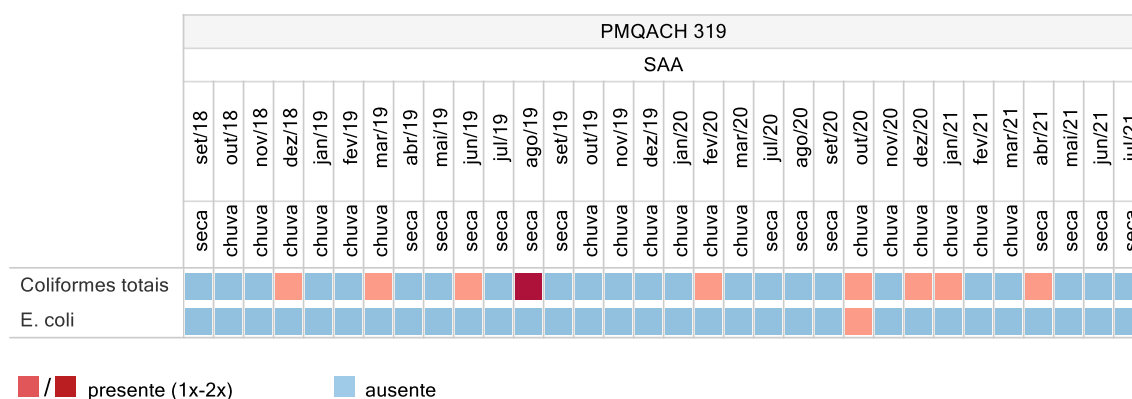


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.6.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

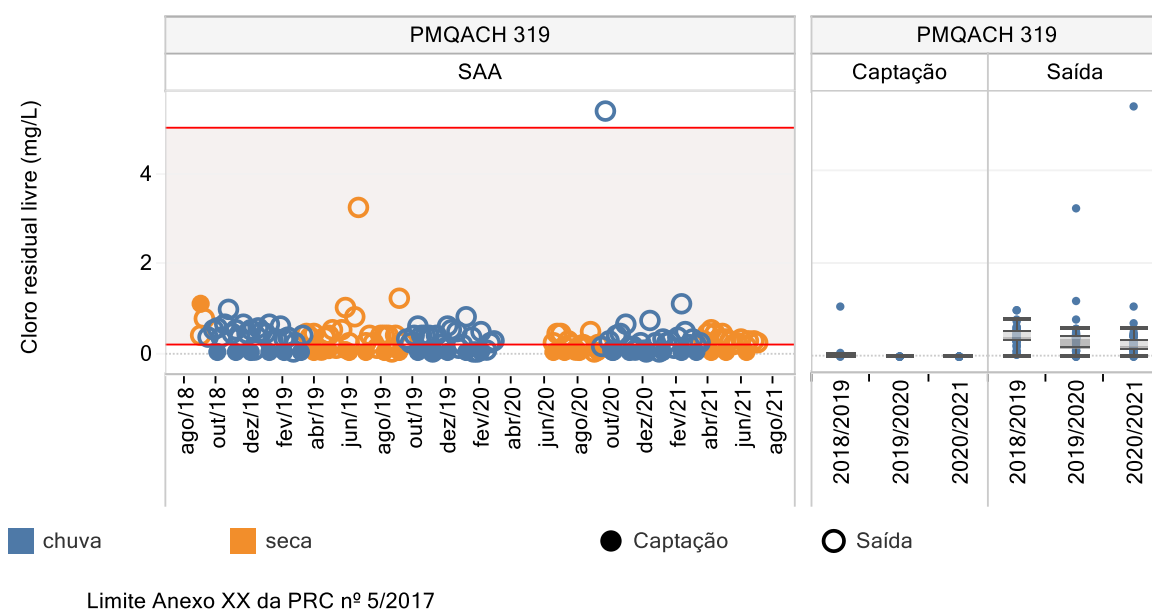
No ponto PMQACH 319, em relação a *E. coli* e coliformes totais, os resultados foram predominantemente “ausentes” ao longo de todo monitoramento, sem padrão temporal ou sazonal claro (**Figura 6-61**).

Figura 6-61 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 319, localizado no município de Santana do Paraíso, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.



Em relação ao cloro residual livre, parâmetro mais importante para o ponto em termos de violação, de maneira geral, as análises estatísticas não apontaram nenhum padrão temporal significativo, seja de aumento ou redução ao longo dos anos ($p > 0,05$) (**Figura 6-62**). De modo similar não se observa influência significativa da sazonalidade nas concentrações dos parâmetros ($p > 0,05$) (**Figura 6-62**).

Figura 6-62 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 319, localizado no município de Santana do Paraíso, e sua variação entre período chuvoso e seco.



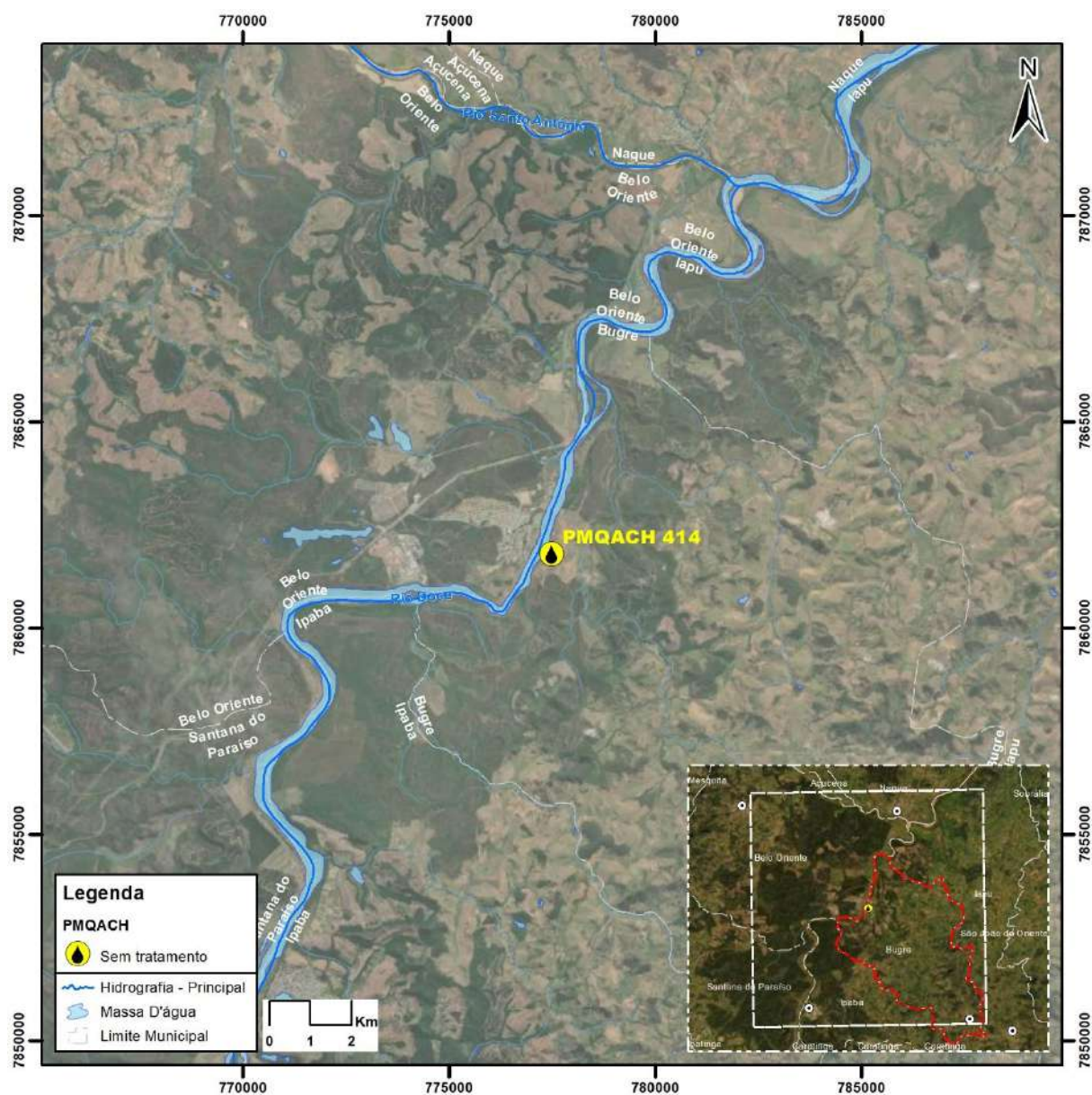
6.7 - Bugre

No município de Bugre-MG, foi considerado 01 (um) ponto ativo, que possui sistema de abastecimento do tipo Soluções Alternativas Coletivas (SAC) e ausência tratamento de água (**Figura 6-63 e Quadro 6-7**).

Quadro 6-7 - Características do ponto do município de Bugre considerado no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 414	Subterrânea	SAC	Sem tratamento	Saída	Anexo XX da PRC nº 5/2017

Figura 6-63 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Bugre-MG.



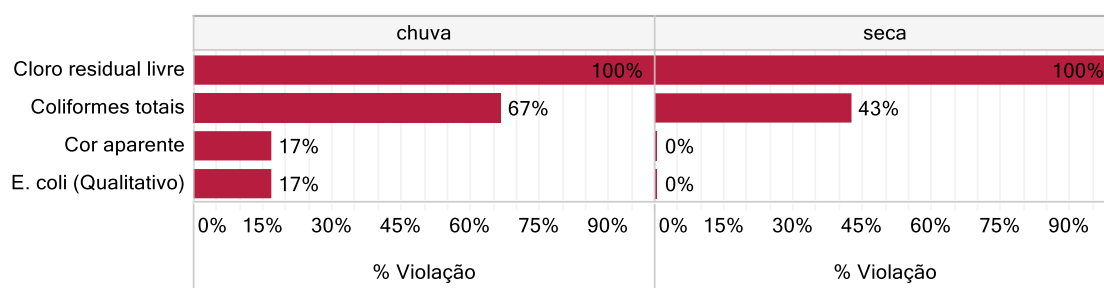
6.7.1 - Pontos sem tratamento

6.7.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Bugre-MG, os parâmetros com maiores percentuais de violação foram cloro residual livre e coliformes totais, sendo que o cloro apresentou 100% de violação em ambos os períodos (seca e chuva) (**Figura 6-64**). As violações observadas para o cloro residual livre foram, no geral, com resultados abaixo da faixa do limite estabelecido no Anexo XX da PRC nº 5/2017, o que era esperado visto que o ponto de monitoramento do município não apresenta tratamento de água. Dessa forma, a contaminação microbiológica observada pode estar relacionada a não adição de cloro nas águas. Os coliformes totais apresentaram percentual de violação mais elevado no período chuvoso (67%) em comparação com o período de seca (43%). Cor aparente e *E. coli* apresentaram o mesmo percentual de violação no período de chuva (17%), enquanto não apresentaram violação no período de seca.

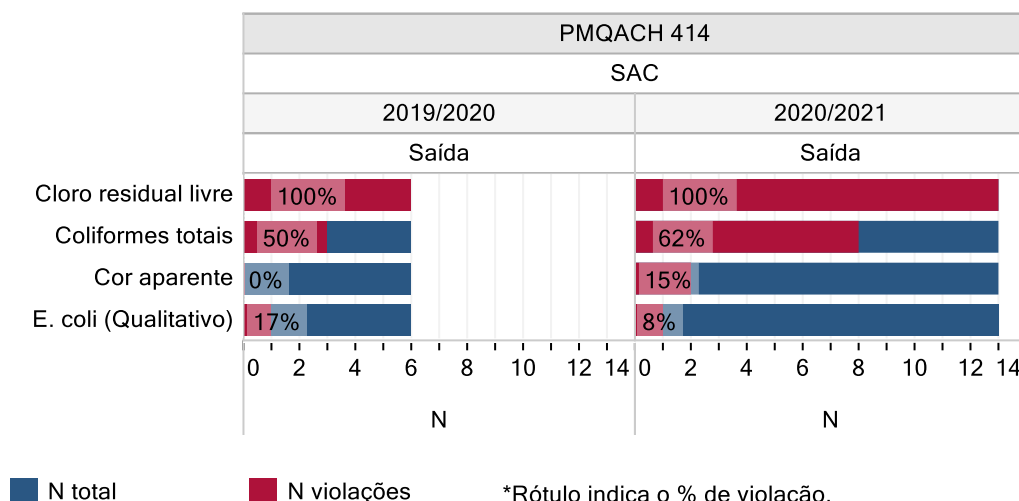
A contaminação por coliformes totais e *E. coli* indicam despejo de efluentes domésticos não tratados e/ou criação de animais. No município de Bugre-MG, o percentual de esgotamento sanitário é de somente 9,4% (IBGE, 2010), sendo empregado especialmente tratamento simples de desinfecção por cloração. Portanto, a reduzida porcentagem de tratamento ajuda a explicar a contaminação por coliformes e *E. coli* que, pode ser uma questão regional. De fato, estes parâmetros foram indicados como parâmetros prioritários para gestão na bacia do rio Doce. Além disso, a taxa de esgotamento sanitário não reflete sua eficiência, ou seja, um tratamento ineficiente ainda terá como resultado o lançamento de matéria orgânica e patógenos nos recursos hídricos.

Figura 6-64 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Bugre-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



Como mencionado anteriormente, cloro residual livre e coliformes totais foram os parâmetros com os maiores percentuais de violação no município, representado pelo ponto PMQACH 414, que possui abastecimento tipo SAC e captação subterrânea. No ciclo 2020/2021, cloro residual livre e coliformes totais apresentaram percentual de violação de 100 (violação das 13 amostras avaliadas) e 62% (8 violações de um total de 13 amostras), respectivamente, resultados iguais e/ou próximos ao ano anterior (2019/2020) (**Figura 6-65**). O parâmetro cor aparente, apresentou 15% de violação em 2020/2021 (2 violações de um total de 13 amostras), diferindo do ano anterior (2019/2020) quando o parâmetro não apresentou violação. *E. coli*, por outro lado, apresentou redução no percentual de violação em 2020/2021 (8%; 1 violação de um total de 13 amostras) em relação ao ano anterior (2019/2020, 17%; 1 violação em um total de 6 amostras) (**Figura 6-65**).

Figura 6-65 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 414, localizado no município de Bugre-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.

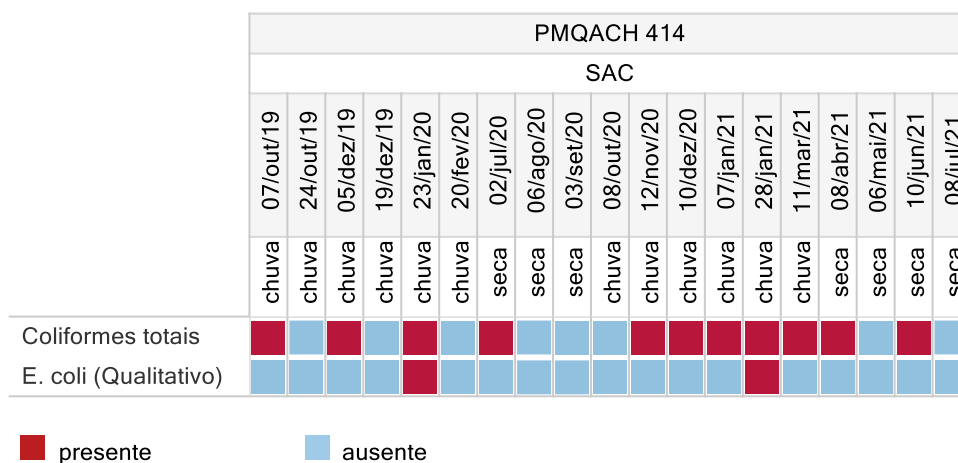


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.7.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

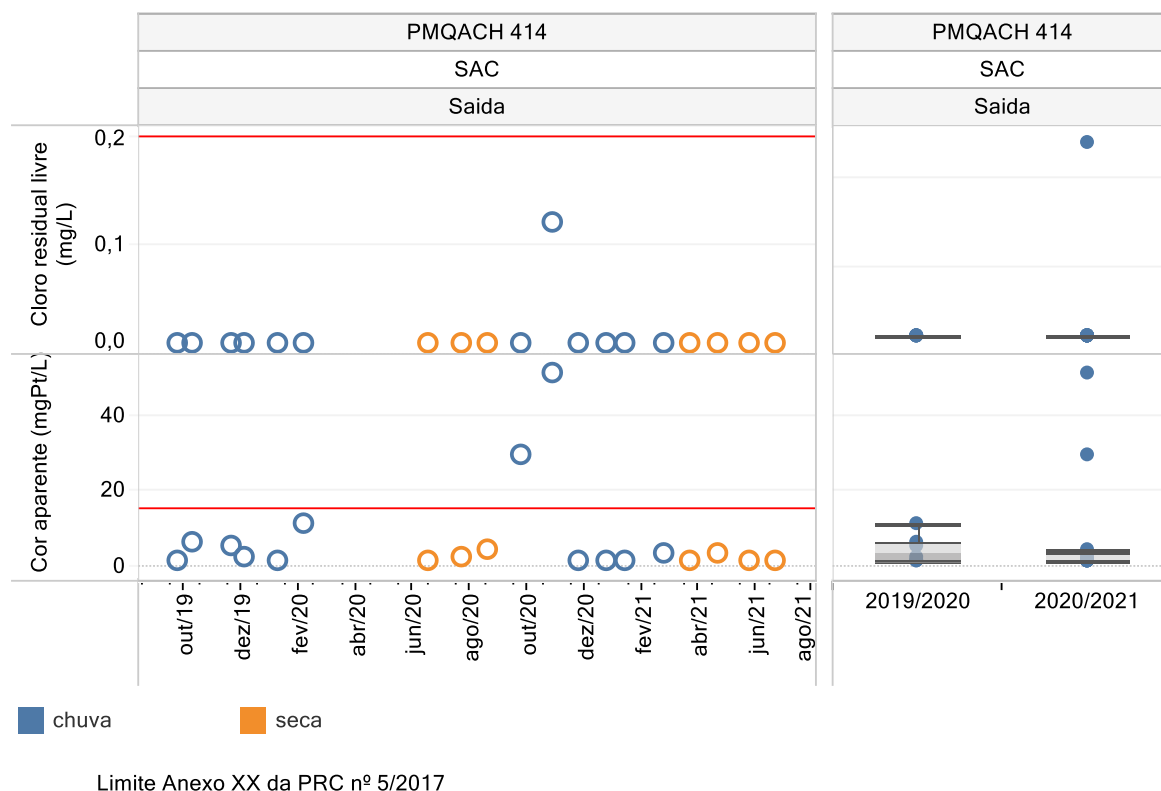
No ponto PMQACH 414, em relação a coliformes totais, uma maior frequência dos resultados “presentes” no final de 2020 e início de 2021 foi observada, sendo as violações observadas, especialmente, durante período chuvoso (**Figura 6-66**). Para *E. coli*, por outro lado, prevaleceram resultados “ausentes”, sem padrão temporal ou sazonal evidente, apesar de que as duas violações foram observadas durante período chuvoso (**Figura 6-66**).

Figura 6-66 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 414, localizado no município de Bugre, e sua variação entre período chuvoso e seco.



Em relação aos demais parâmetros relevantes em termos de violação, de maneira geral, as análises estatísticas não apontaram nenhum padrão temporal significativo, ou seja, de aumento ou redução ao longo dos anos ($p > 0,05$), sendo observados somente alguns dados pontuais foram mais elevados durante período chuvoso (**Figura 6-67**).

Figura 6-67 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 414, localizado no município de Bugre, e sua variação entre período chuvoso e seco.



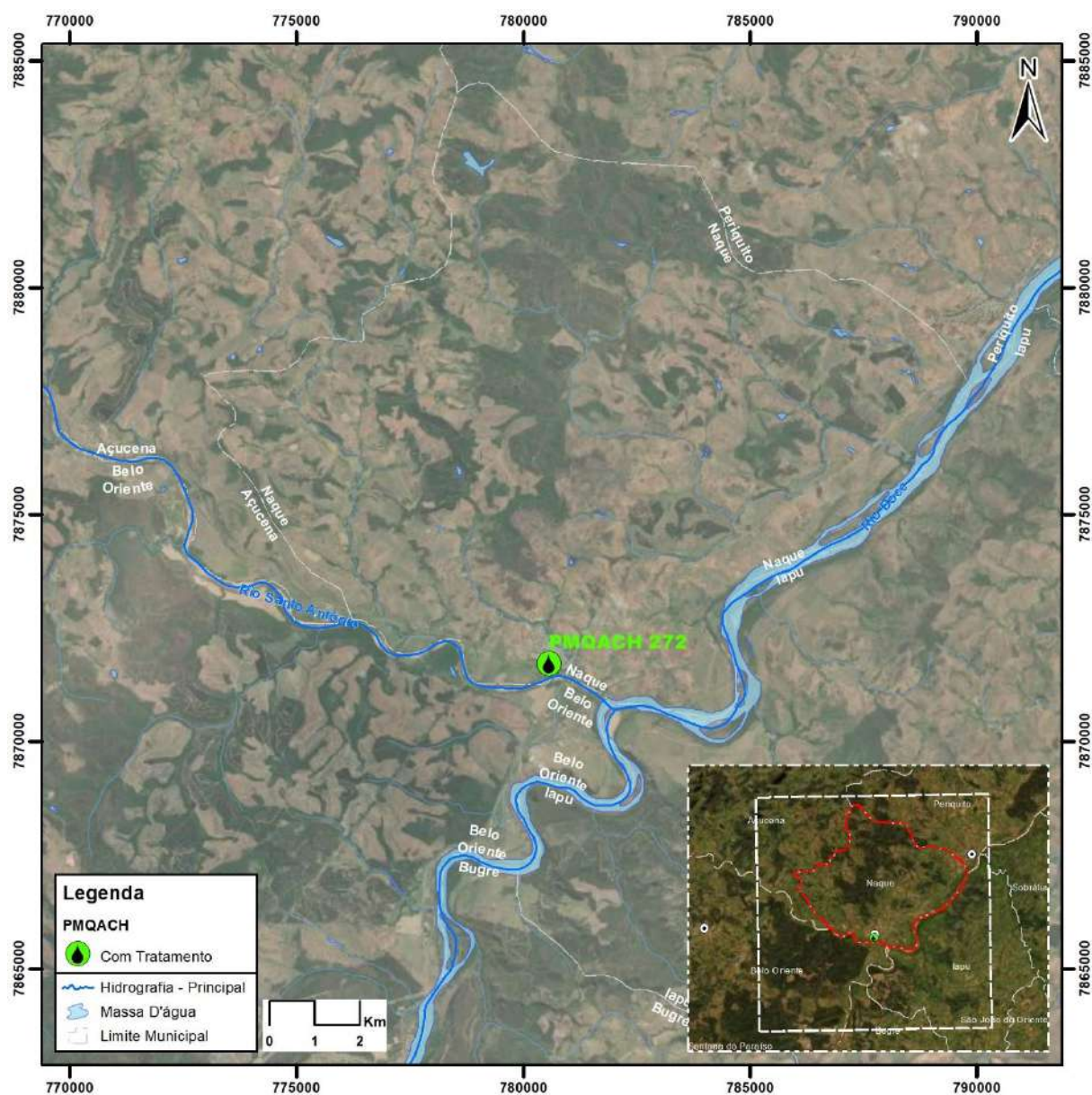
6.8 - Naque

No município de Naque-MG, foi considerado 01 (um) ponto ativo, que possui Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e tratamento de água (**Figura 6-68 e Quadro 6-8**).

Quadro 6-8 - Características do ponto do município de Naque considerado no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 272	Superficial	SAA	Com tratamento	Captção e Saída	CONAMA nº 357/2005 e Anexo XX da PRC nº 5/2017

Figura 6-68 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Naque-MG.

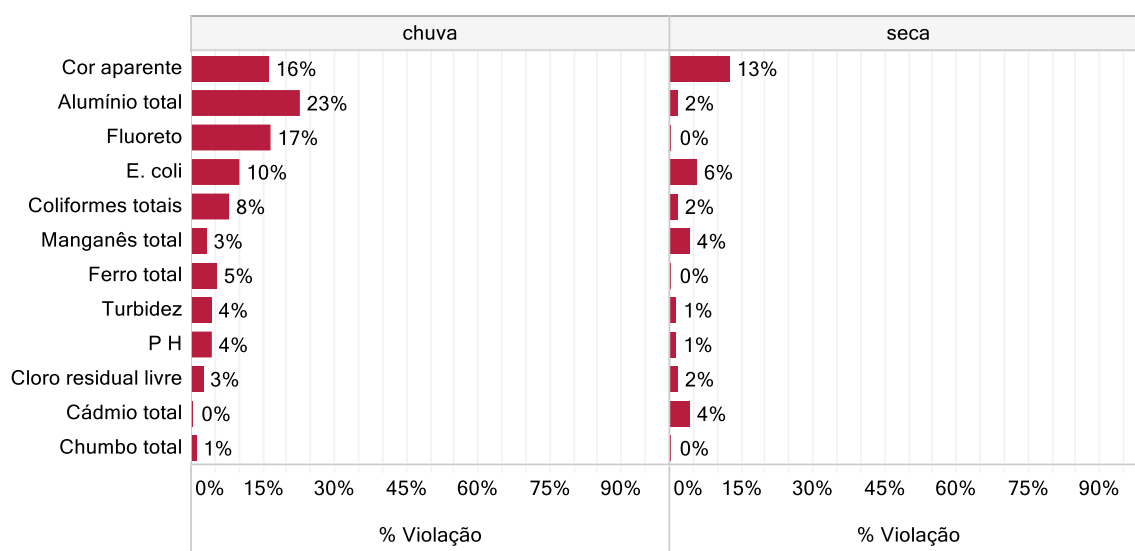


6.8.1 - Pontos com tratamento

6.8.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Naque-MG, os parâmetros que apresentaram maior percentual de violação foram cor aparente, alumínio total, fluoreto e *E. coli* (**Figura 6-69**). Outros metais presentes na composição dos rejeitos de barragem, como ferro e manganês, apresentaram percentuais mais baixos de violação. Dessa forma, a ocorrência do alumínio pode estar à presença natural na bacia do rio Doce, sendo o mesmo válido para o ferro e o manganês (ECOPLAN-LUME, 2010). Além da presença de alumínio na fonte de água, a água tratada pode apresentar concentrações de alumínio residual devido ao uso de coagulantes à base de sais de alumínio durante o processo de tratamento da água (ROSALINO, 2011). Alguns parâmetros apresentaram percentual de violação maior no período da chuva, como alumínio total, fluoreto, coliformes totais e ferro total. O aumento da precipitação influencia diretamente a lixiviação e o transporte de substâncias e matéria para os corpos receptores. Os demais parâmetros apresentaram valores semelhantes entre os períodos hidrológicos (**Figura 6-69**).

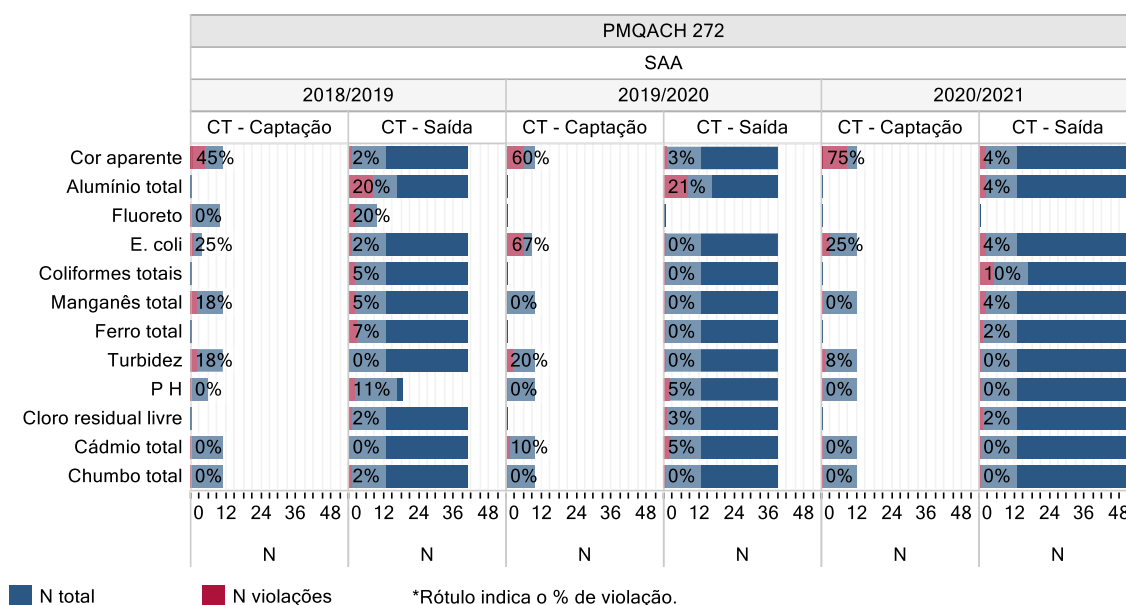
Figura 6-69 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Naque-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



No ponto PMQACH 272, que possui abastecimento tipo SAA e captação superficial, cor aparente se destaca pelos maiores percentuais de violação, alcançando o máximo de 75% (9 violações de um total de 12 amostras) no ciclo de 2020/2021, sendo que a frequência de ocorrência de violação diminui nos resultados de saída (**Figura 6-70**). Alumínio total e manganês total apresentaram uma redução no percentual de violação no ciclo 2020/2021 em comparação aos anteriores, com 4% de violação na saída (2 violações de um total de 51 amostras) no último ano avaliado (**Figura 6-70**). Padrão muito similar aconteceu para *E. coli*, que apresentou 25% de violação na captação (3 violações de um total de 12 amostras) e 4% (2 violações de um total de 51 amostras) na saída no ciclo de 2020/2021 (**Figura 6-70**). Coliformes totais, por outro lado, apresentou o maior percentual de violação no último ano avaliado, com 10% de violação (5 violações de um total de 51 amostras) (**Figura 6-70**). O ferro total e o cloro residual livre apresentaram 2% de violação na saída no ciclo de 2020/2021 (1 violação de um de total de 51 amostras). Além desses, somente turbidez apresentou violação no último ano avaliado (2020/2021), com 8% de violação (1 violação de

um total de 12 amostras) (**Figura 6-70**). Fluoreto, pH, cádmio total e chumbo total não apresentaram ocorrência de violação no último ano avaliado (2020/2021), sendo que nos anos anteriores, apresentaram percentual < 20% (**Figura 6-70**).

Figura 6-70 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 272, localizado no município de Naque-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.

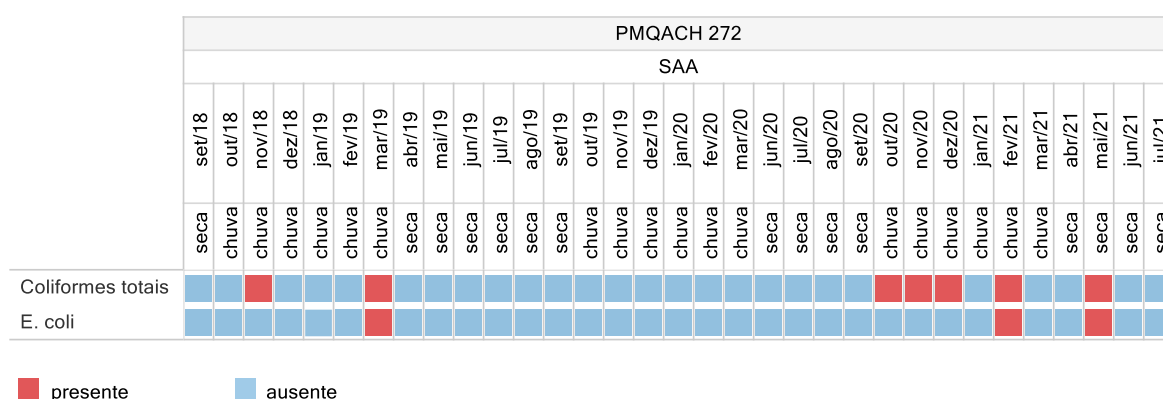


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.8.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

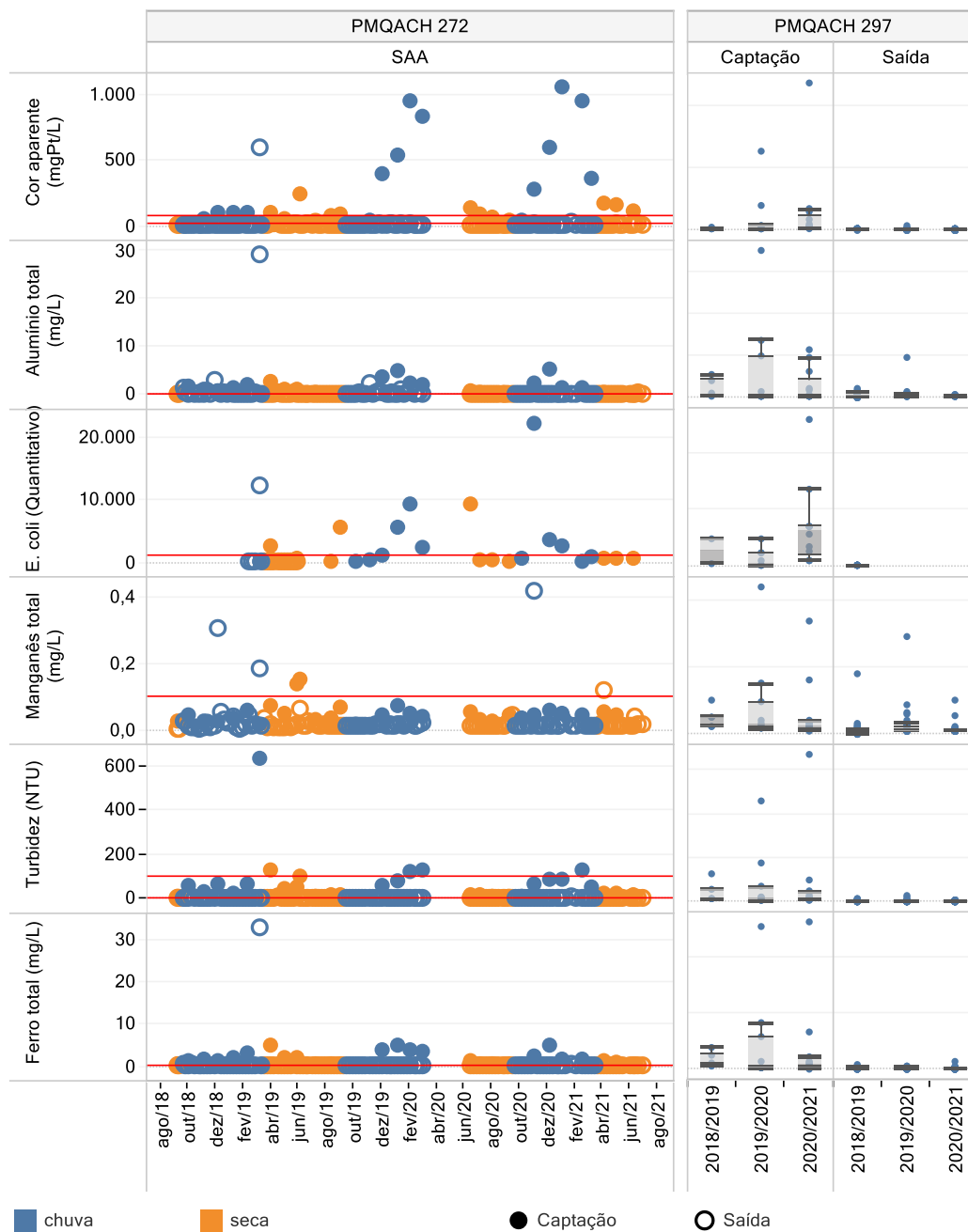
No ponto PMQACH 272, em relação a coliformes totais, uma maior frequência dos resultados “presentes” no final de 2020 e início de 2021 foi observada, sendo as violações observadas, especialmente, durante período chuvoso (**Figura 6-71**). *E. coli*, por outro lado, apresentou resultados predominantemente como “ausentes”, sem padrão temporal ou sazonal evidente (**Figura 6-71**).

Figura 6-71 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 272, localizado no município de Naque, e sua variação entre período chuvoso e seco.



Em relação aos demais parâmetros relevantes em termos de violação, de maneira geral, as análises estatísticas não apontaram nenhum padrão temporal significativo, ou seja, de aumento ou redução ao longo dos anos ($p > 0,05$), uma vez que somente alguns dados pontuais foram mais elevados durante período chuvoso, especialmente para cor aparente na captação (**Figura 6-72**). No entanto, alumínio total apresentou resultados significativamente mais elevados na chuva, tanto na captação, quanto na saída ($p < 0,05$) (**Figura 6-72**). Para todos os parâmetros investigados, os resultados são, no geral, inferiores na saída em comparação a captação (**Figura 6-72**).

Figura 6-72 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 272, localizado no município de Naque, e sua variação entre período chuvoso e seco.



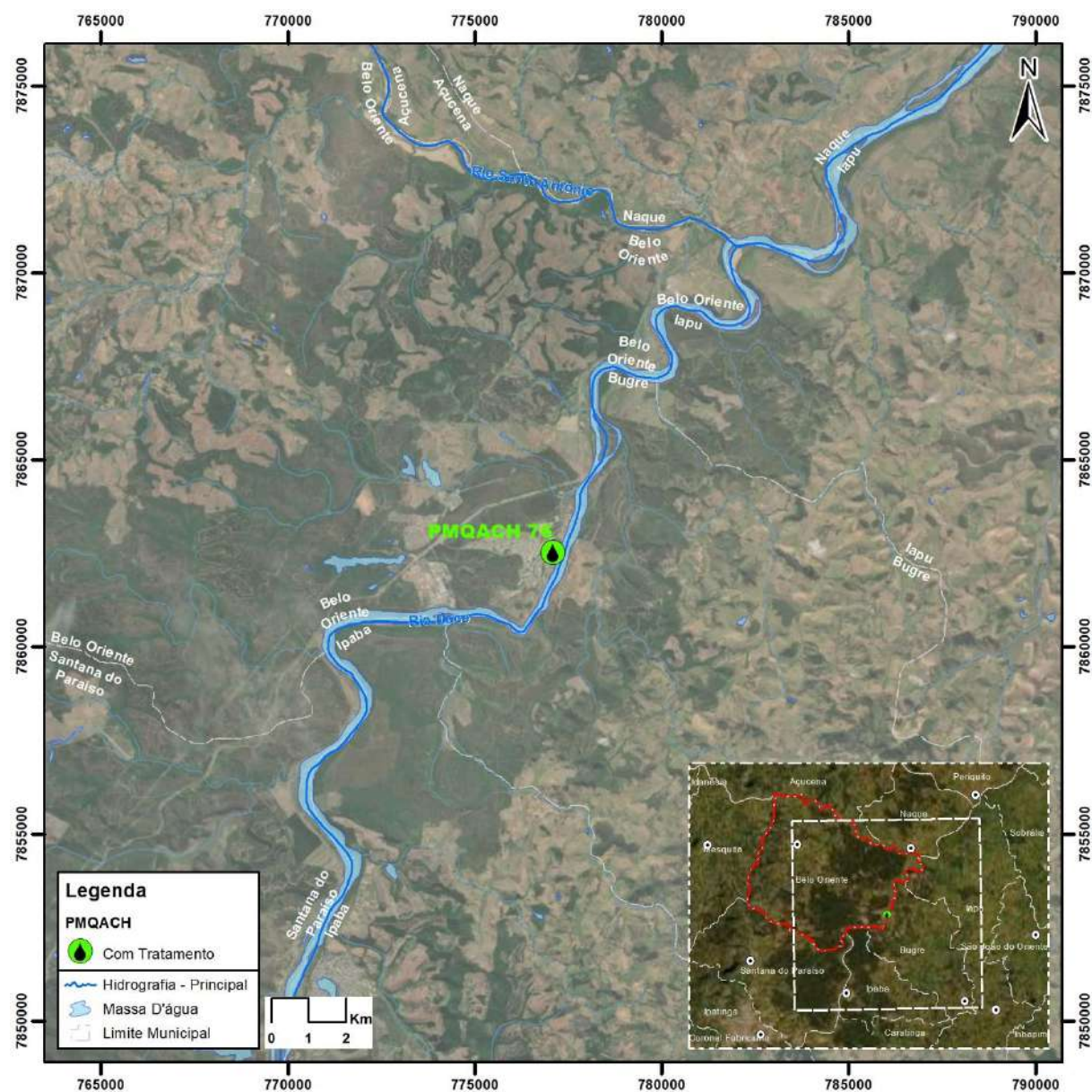
6.9 - Belo Oriente

No município de Belo Oriente-MG, foi considerado 01 (um) ponto ativo, que possui Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e tratamento de água (**Figura 6-73** e **Quadro 6-9**).

Quadro 6-9 - Características dos pontos do município de Belo Oriente considerados no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 76	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017

Figura 6-73 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Belo Oriente-MG.

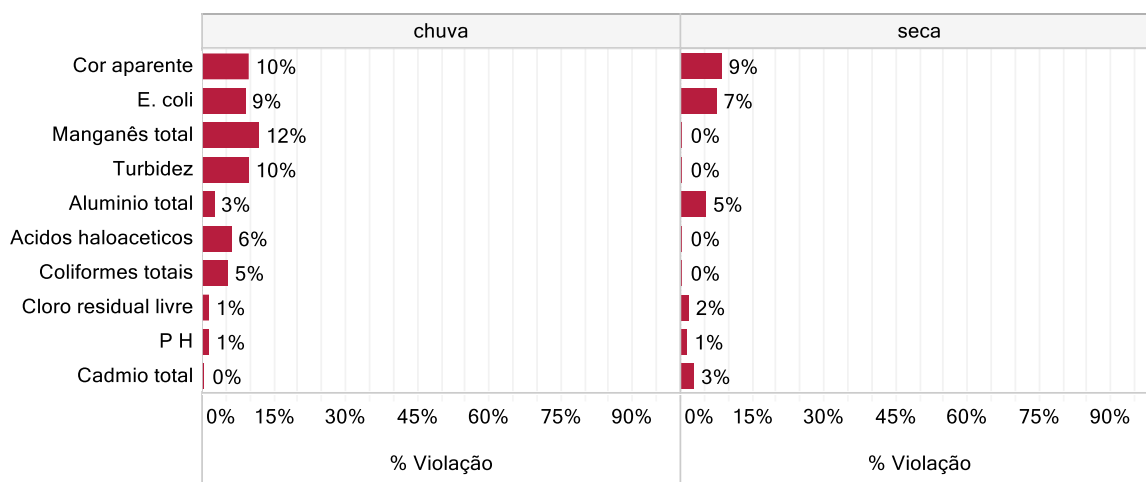


6.9.1 - Pontos com tratamento

6.9.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

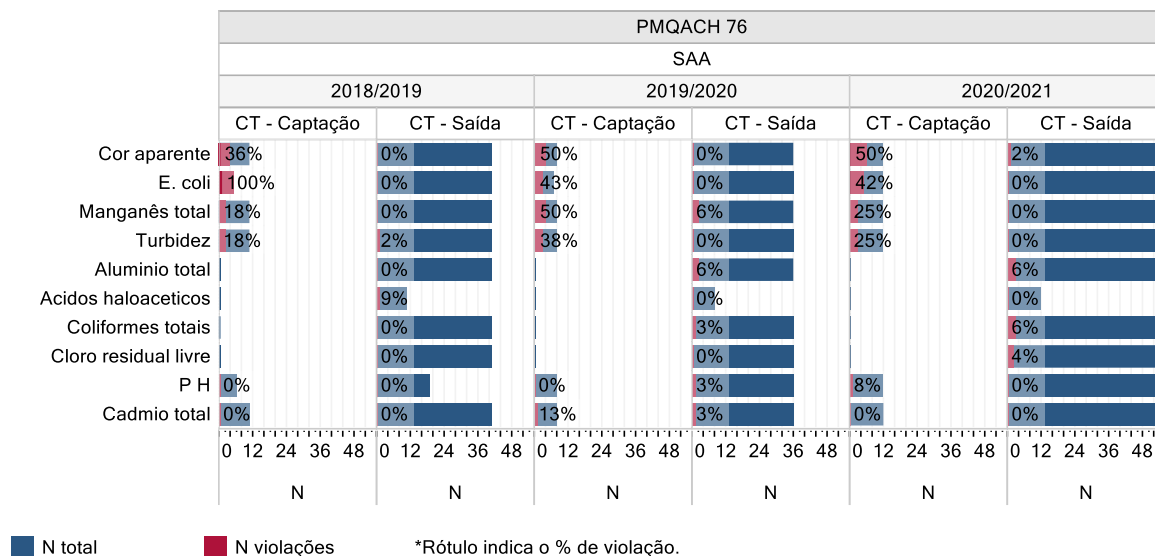
Para o município de Belo Oriente-MG, cor aparente, *E. coli*, manganês total e turbidez foram os parâmetros com os maiores percentuais de violação, apesar de permanecerem com percentual total < 20% (**Figura 6-74**). Outros metais presentes na composição dos rejeitos de barragem, como ferro e alumínio, apresentaram percentuais mais baixos ou inexistentes de violação. Portanto, a ocorrência de manganês pode estar associada à sua ocorrência natural na bacia do rio Doce (ECOPLAN-LUME, 2010). Manganês total e turbidez apresentaram resultados superiores de violação no período chuvoso (**Figura 6-74**), sendo que estes parâmetros, se fato, são influenciados diretamente pela precipitação. O período chuvoso proporciona maior carreamento de partículas para os recursos hídricos, promove a suspensão do sedimento e, conseqüentemente, pode levar a alteração de determinados parâmetros, tais como os descritos acima. Os demais parâmetros apresentaram percentuais de violação < 10% e com resultados semelhantes entre período chuvoso e seco (**Figura 6-74**).

Figura 6-74 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Belo Oriente-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



No ponto PMQACH 76, que apresenta abastecimento tipo SAA e captação superficial, no ciclo de 2020/2021, os parâmetros com maiores percentuais na captação foram cor aparente (50%; 6 violação de um total de 12 amostras), *E. coli* (42%; 5 violações de um total de 12 amostras), manganês total (25%; 3 violações de um total de 12 amostras) e turbidez (25%; 3 violações de um total de 12 amostras), que apresentaram percentuais semelhantes nos demais anos (**Figura 6-75**). No entanto, *E. coli* em 2018/2019 havia apresentado percentual de violação de 100% (violação das 5 amostras avaliadas). Além destes parâmetros, em 2020/2021, o pH (8%; 1 violação de um total de 12 amostras), também apresentou violação na captação (**Figura 6-75**). Na saída, em 2020/2021, cor aparente (2%; 1 violação de um total de 53 amostras), alumínio total (6%; 3 violações de um total de 53 amostras), coliformes totais (6%; 3 violações de um total de 53 amostras) e cloro residual livre (4%; 2 violações de um total de 53 amostras) foram os parâmetros que apresentaram violação (**Figura 6-75**). Além de todos estes parâmetros citados, ácidos haloacéticos apresentaram violação na saída, mas somente em 2018/2019 (9%; 1 violação de um total de 11 amostras).

Figura 6-75 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 76, localizado no município de Belo Oriente-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.

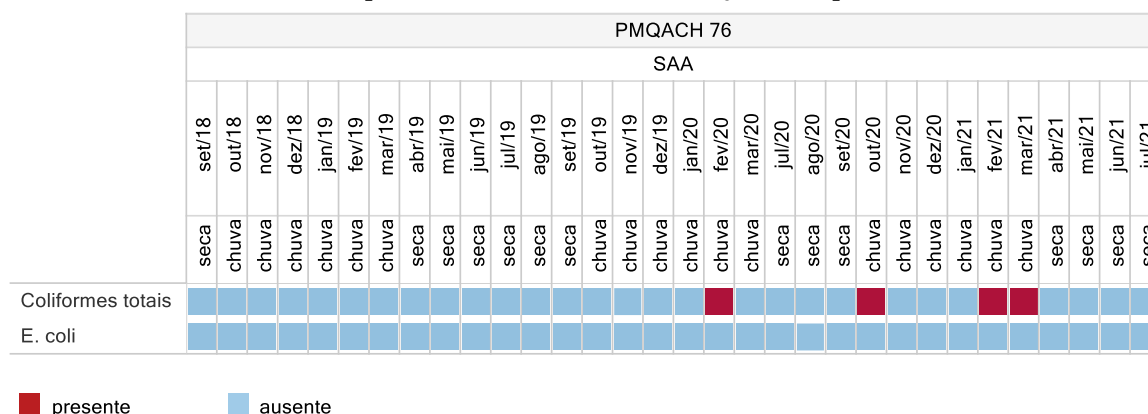


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.9.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

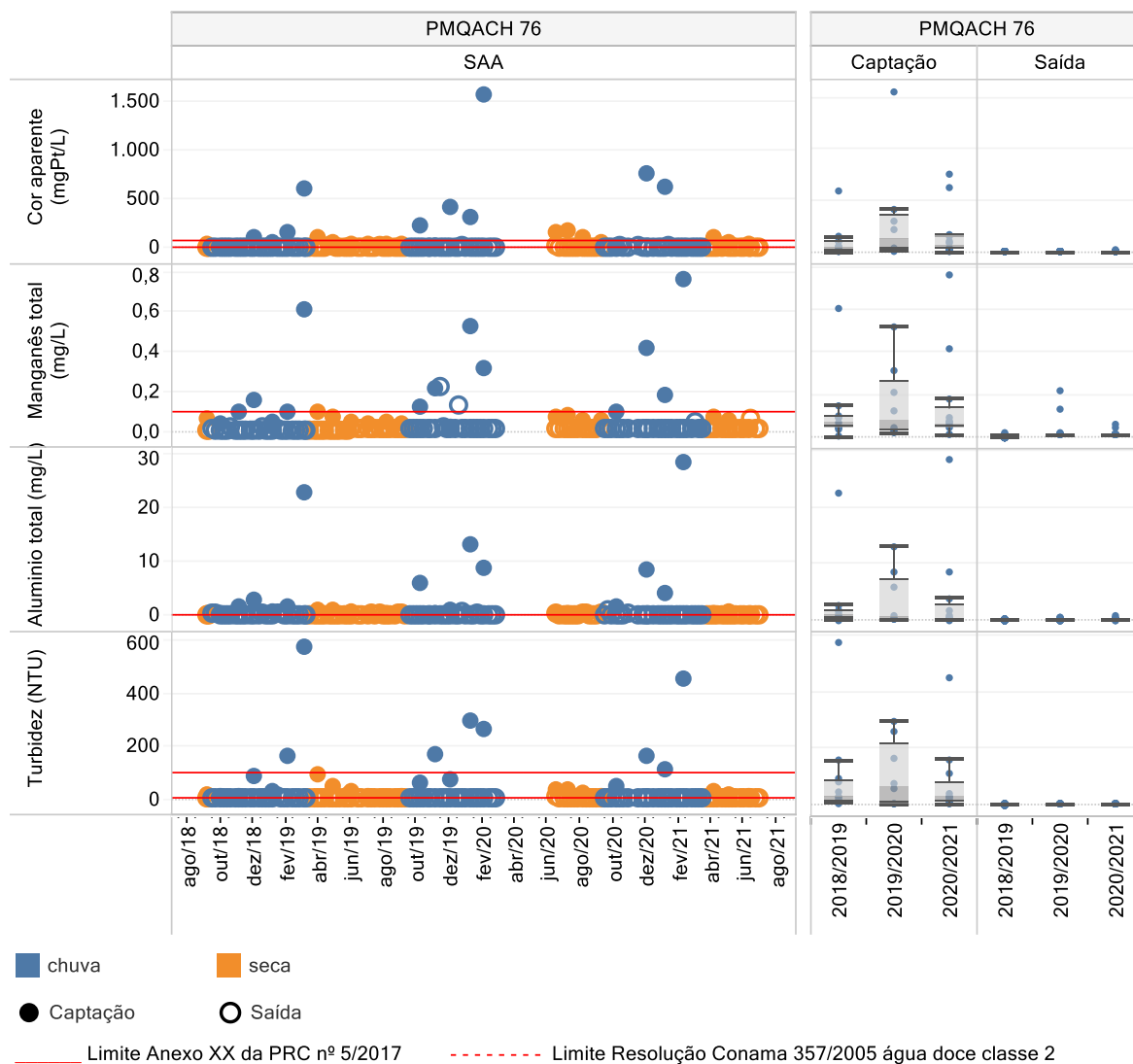
No ponto PMQACH 76, coliformes totais e *E. coli* estiveram predominantemente “ausentes”, com poucas exceções pontuais para coliformes totais que estiveram “presentes” especialmente durante o período chuvoso e nos últimos anos avaliados (2020 e 2021) (Figura 6-76).

Figura 6-76 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 76, localizado no município de Belo Oriente, e sua variação entre período chuvoso e seco.



No ponto de captação, alguns dados pontuais mais elevados em alguns momentos do monitoramento foram observados, especialmente em 2019/2020, mas sem nenhum padrão evidente (Figura 6-77). O mesmo foi observado na saída, com dados pontuais mais elevados de manganês em 2019/2020 (Figura 6-77). Em relação ao ciclo hidrológico, alumínio total, manganês total e turbidez apresentaram resultados superiores no período chuvoso no ponto de captação ($p < 0,05$), enquanto na saída, somente a turbidez apresentou resultados superiores no período chuvoso em comparação ao período de seca ($p < 0,05$) (Figura 6-77). Cabe destaque para os resultados superiores na captação comparando com a saída para os parâmetros mais relevantes em termos de violação (cor aparente, manganês total, alumínio total e turbidez) (Figura 6-77). Por fim, identifica-se a relação entre estes parâmetros, uma vez que valores mais elevados para um parâmetro, geralmente vem acompanhado dos demais (Figura 6-77).

Figura 6-77 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 76, localizado no município de Belo Oriente, e sua variação entre período chuvoso e seco.



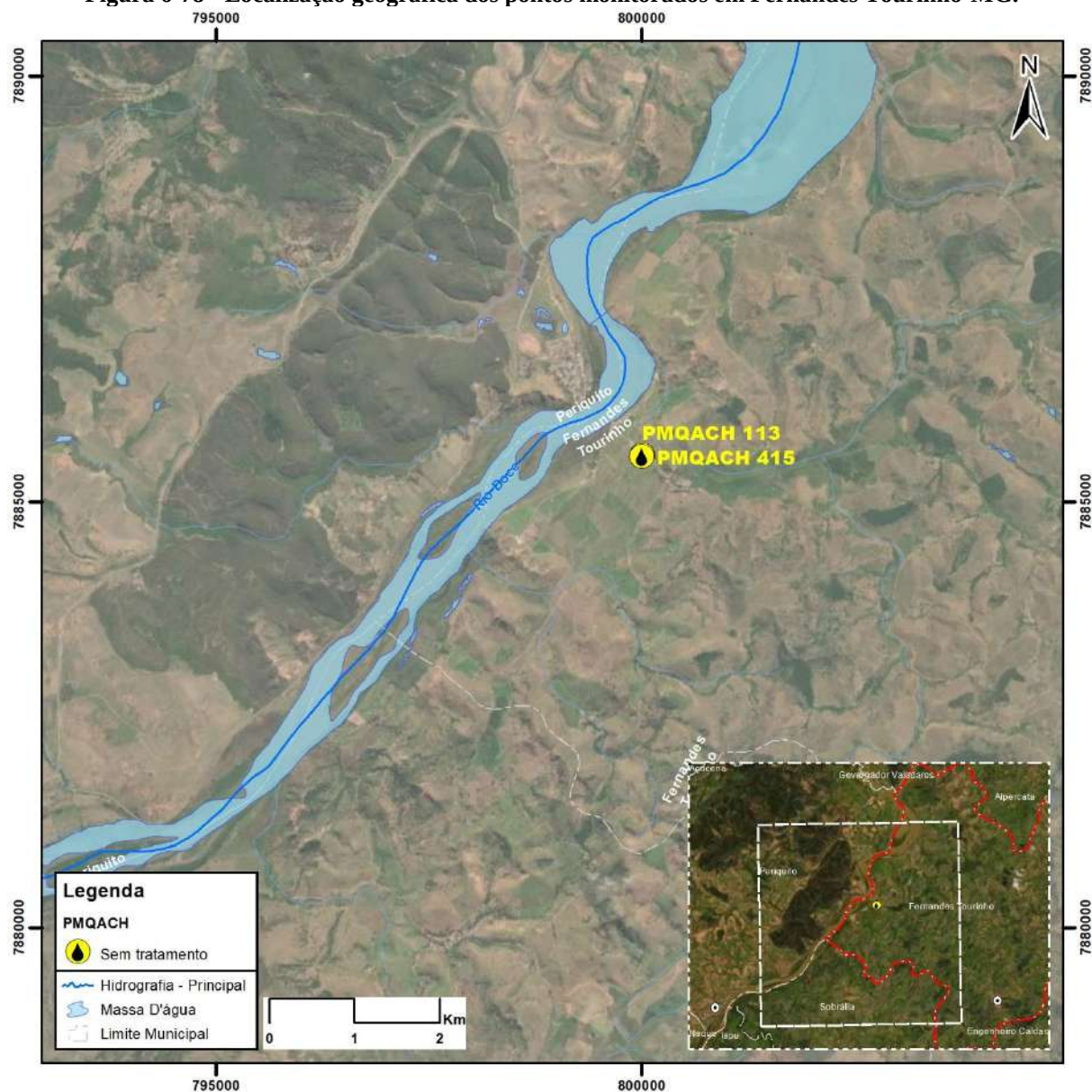
6.10 - Fernandes Tourinho

No município de Fernandes Tourinho-MG, foram considerados os 02 (dois) pontos ativos, que possuem sistema de abastecimento do tipo Soluções Alternativas Coletivas (SAC) e ausência de tratamento de água (**Figura 6-78 e Quadro 6-10**).

Quadro 6-10 - Características dos pontos do município de Fernandes Tourinho considerados no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 113	Subterrânea	SAC	Sem tratamento	Saída	Anexo XX da PRC nº 5/2017
PMQACH 415	Subterrânea	SAC	Sem tratamento	Saída	Anexo XX da PRC nº 5/2017

Figura 6-78 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Fernandes Tourinho-MG.



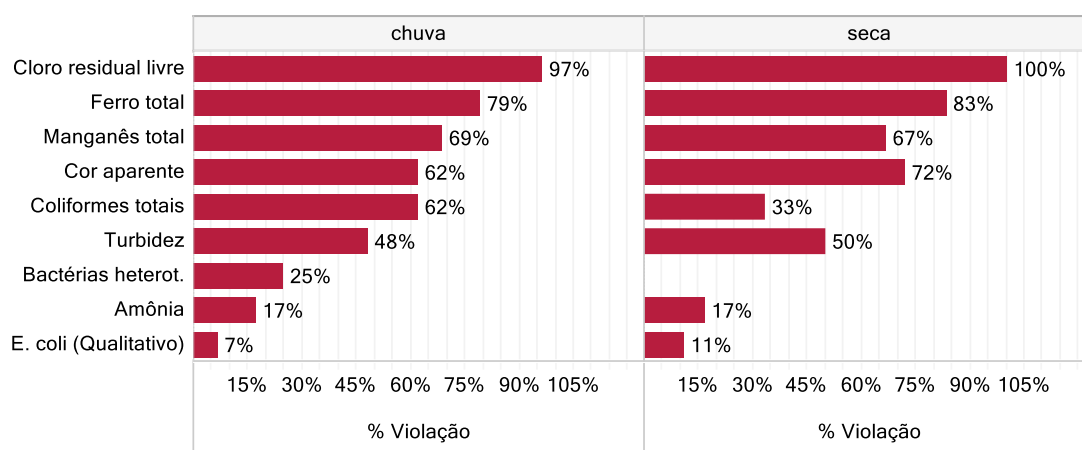
6.10.1 - Pontos sem tratamento

6.10.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Durante os períodos de seca e chuva, os parâmetros de cloro residual livre, ferro total e manganês total apresentaram os maiores valores no percentual de violação (**Figura 6-79**). As violações observadas para o cloro residual livre foram, no geral, com resultados abaixo da faixa do limite estabelecido no Anexo XX da PRC nº 5/2017, o que era esperado visto que os pontos de monitoramento do município de Fernandes Tourinho não apresentam tratamento de água. Assim, a contaminação microbiológica também observada pode estar relacionada a não adição de cloro nas águas. O alumínio, assim como ferro e manganês, está presente na composição dos rejeitos de barragem e não apresentou violação, o que pode indicar a presença natural de ferro e manganês, que são comumente encontrados na bacia do rio Doce (ECOPLAN-LUME, 2010).

O parâmetro coliformes totais apresentou maior percentual de violação no período da chuva em relação a seca. A contaminação por coliformes totais indica despejo de efluentes domésticos não tratados e/ou criação de animais. No município de Fernandes Tourinho-MG, o percentual de esgotamento sanitário é de 64,6% (IBGE, 2010), sendo empregado especialmente tratamento simples de desinfecção por cloração. Portanto, a reduzida porcentagem de tratamento ajuda a explicar a contaminação por coliformes regionalmente que, de fato, foi indicado como parâmetros prioritário para gestão na bacia do rio Doce. Além disso, a taxa de esgotamento sanitário não reflete sua eficiência, ou seja, um tratamento ineficiente ainda terá como resultado o lançamento de matéria orgânica e patógenos nos recursos hídricos. Para cor aparente, o percentual de violação foi mais elevado no período da chuva (**Figura 6-79**). Em águas subterrâneas, a pluviosidade pode levar a um aumento do carreamento seja por infiltração ou escoamento superficial (SILVA et al., 2018). Os parâmetros bactérias heterotróficas, amônia e *E. coli* apresentaram percentuais mais baixos de violação e sem padrões sazonais evidentes (**Figura 6-79**).

Figura 6-79 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Fernandes Tourinho no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

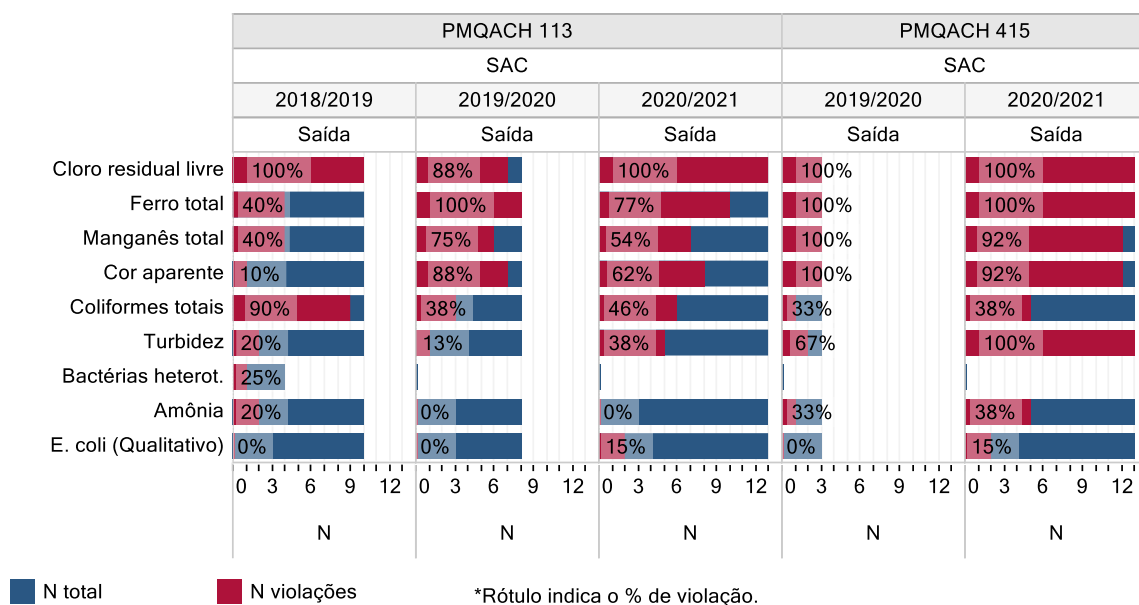


No ponto PMQACH 113, que apresenta abastecimento tipo SAC e captação subterrânea, os parâmetros que registraram maiores percentuais de violação foram cloro residual livre, ferro total, manganês total, cor aparente, coliformes totais e turbidez (**Figura 6-80**). O cloro residual livre apresentou um percentual bem elevado e constante ao longo dos anos. Situação similar aconteceu para o ferro total e cor aparente, porém, esses parâmetros apresentaram um valor inferior em 2018/2019 (40% – 4 violações de um total de 10 amostras – e 10% – 1 violação de um total de 10 amostras –, respectivamente) em relação aos demais anos (**Figura 6-80**). Manganês total apresentou maior porcentagem de violação em 2019/2020 (75%; 6 violações de um total de 8 amostras), abaixando para 54% (7 violações de um total de 13 amostras) no último ano avaliado (2020/2021). Coliformes totais apresentaram o máximo em 2018/2019 (90%; 9 violações de um total de 10 amostras), alcançando 46% (6 violações de um total de 13 amostras) no último ano avaliado (2020/2021) (**Figura 6-80**). A turbidez apresentou, no geral, percentual de violação abaixo de 40%, sendo seu maior valor observado no último ano avaliado (2020/2021, 38%; 5 violações de um total de 13 amostras). Os parâmetros bactérias heterotróficas, amônia e *E. coli* apresentaram resultados mais variados e

com uma frequência de violação reduzida, sendo que no último ano avaliado, somente *E. coli* apresentou violação (15%; 2 violações de um total de 13 amostras) (**Figura 6-80**).

Os resultados para o ponto PMQACH 415, que também apresenta abastecimento tipo SAC e captação subterrânea, cloro residual livre, ferro total, manganês total, cor aparente e turbidez apresentaram os maiores percentuais de violação (**Figura 6-80**). Entre esses parâmetros, cloro residual livre e ferro total apresentaram 100% de violação em ambos os períodos avaliados (2019/2020: violação das 3 amostras avaliadas; 2020/2021: violação das 13 amostras avaliadas). Manganês total e cor aparente, apresentaram uma redução de 100% (violação das 3 amostras avaliadas) para 92% (12 violações de um total de 13 amostras) comparando os dois períodos avaliados (**Figura 6-80**). Coliformes totais e amônia apresentaram resultados semelhantes entre os dois anos avaliados, com 33% (1 violação de um total de 3 amostras) e 38% (5 violações de um total de 13 amostras) de violação, respectivamente. Turbidez apresentou um aumento comparando os resultados de 2019/2020 e 2020/2021, de 67% (2 violações de um total de 3 amostras) para 100% (violação das 13 amostras avaliadas) de violação. *E. coli* apresentou 15% (2 violações de um total de 13 amostras) de violação somente no último ano avaliado (2020/2021), o que pode ser explicado pela ausência de amostragem nos anos anteriores (**Figura 6-80**).

Figura 6-80 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados nos pontos PMQACH 113 e 415, localizados no município de Fernandes Tourinho, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.

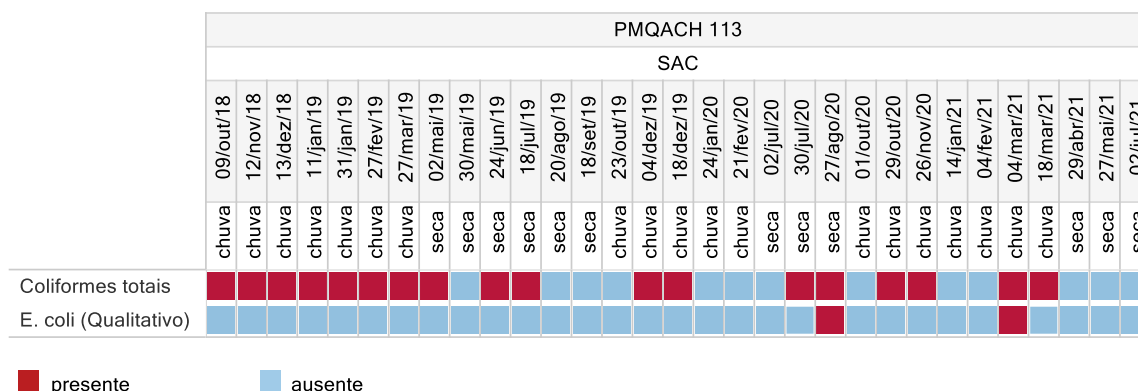


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.10.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

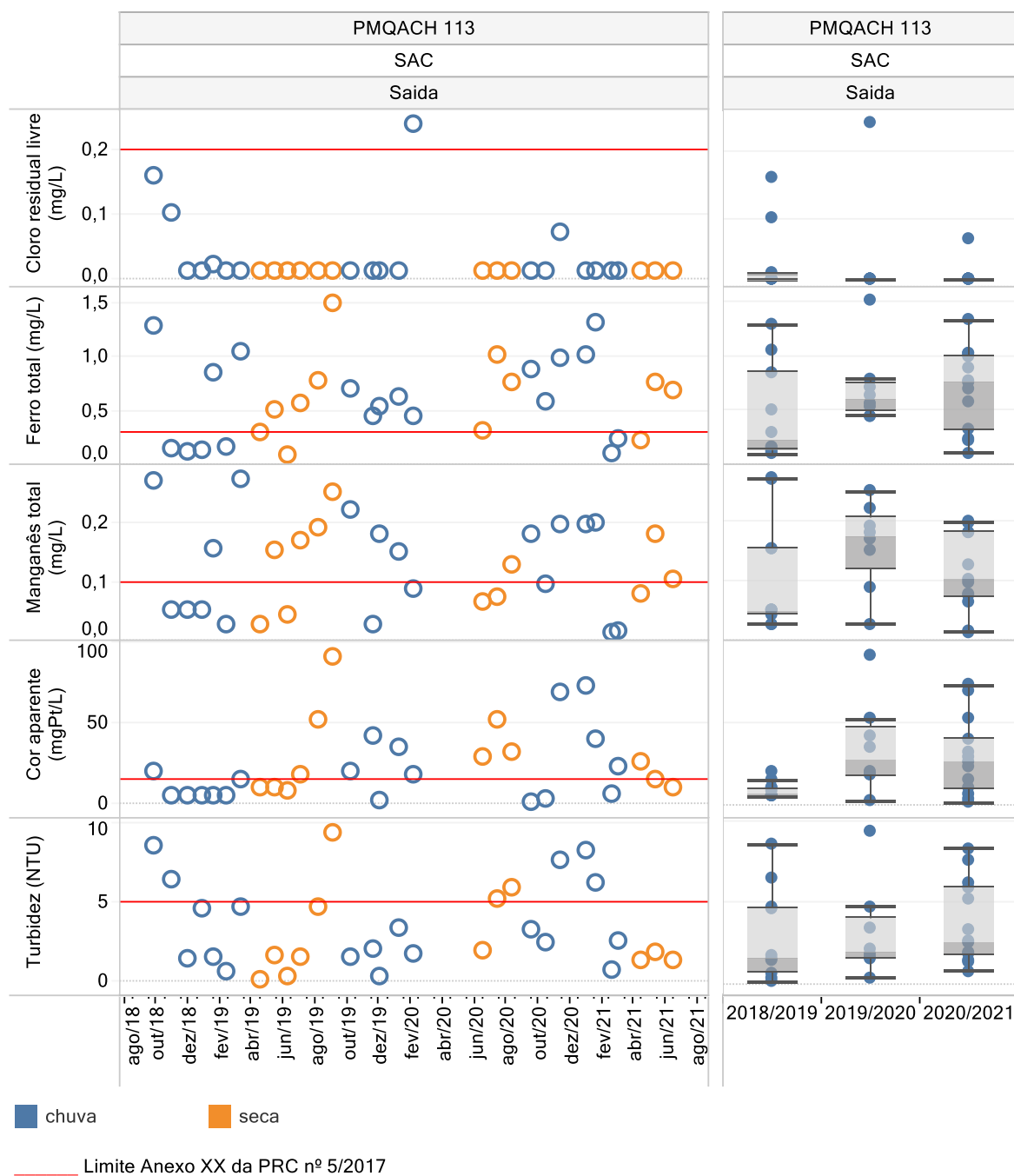
No ponto PMQACH 113, a detecção de coliformes totais foi mais frequente no início do monitoramento para o ponto, havendo certo espaçamento ao longo dos anos. O parâmetro apresentou violações tanto no período de seca quanto de chuva, mas é possível identificar uma tendência a presença dos microrganismos durante o período chuvoso. Para *E. coli* os resultados foram, predominantemente, “ausentes”, sem padrão temporal ou sazonal claro (Figura 6-81).

Figura 6-81 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 113, localizado no município de Fernandes Tourinho, e sua variação entre período chuvoso e seco.



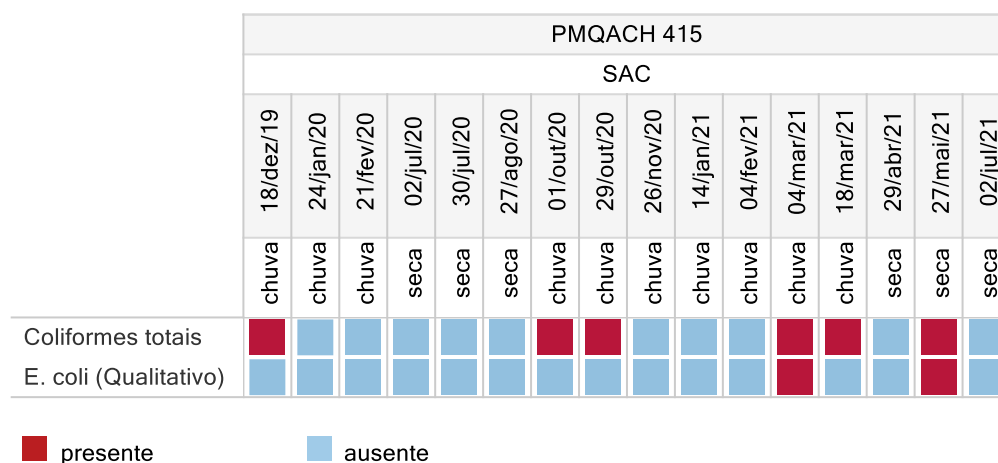
Para os demais parâmetros que apresentaram maiores percentuais de violação no ponto, também não foram observadas reduções ou aumentos significativos temporais ou sazonais ($p > 0,05$), com exceção dos valores de cor aparente que foram inferiores no primeiro ano monitorado no ponto (2018/2019) em relação aos demais ($p < 0,05$) (Figura 6-82).

Figura 6-82 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 113, localizado no município de Fernandes Tourinho, e sua variação entre período chuvoso e seco.



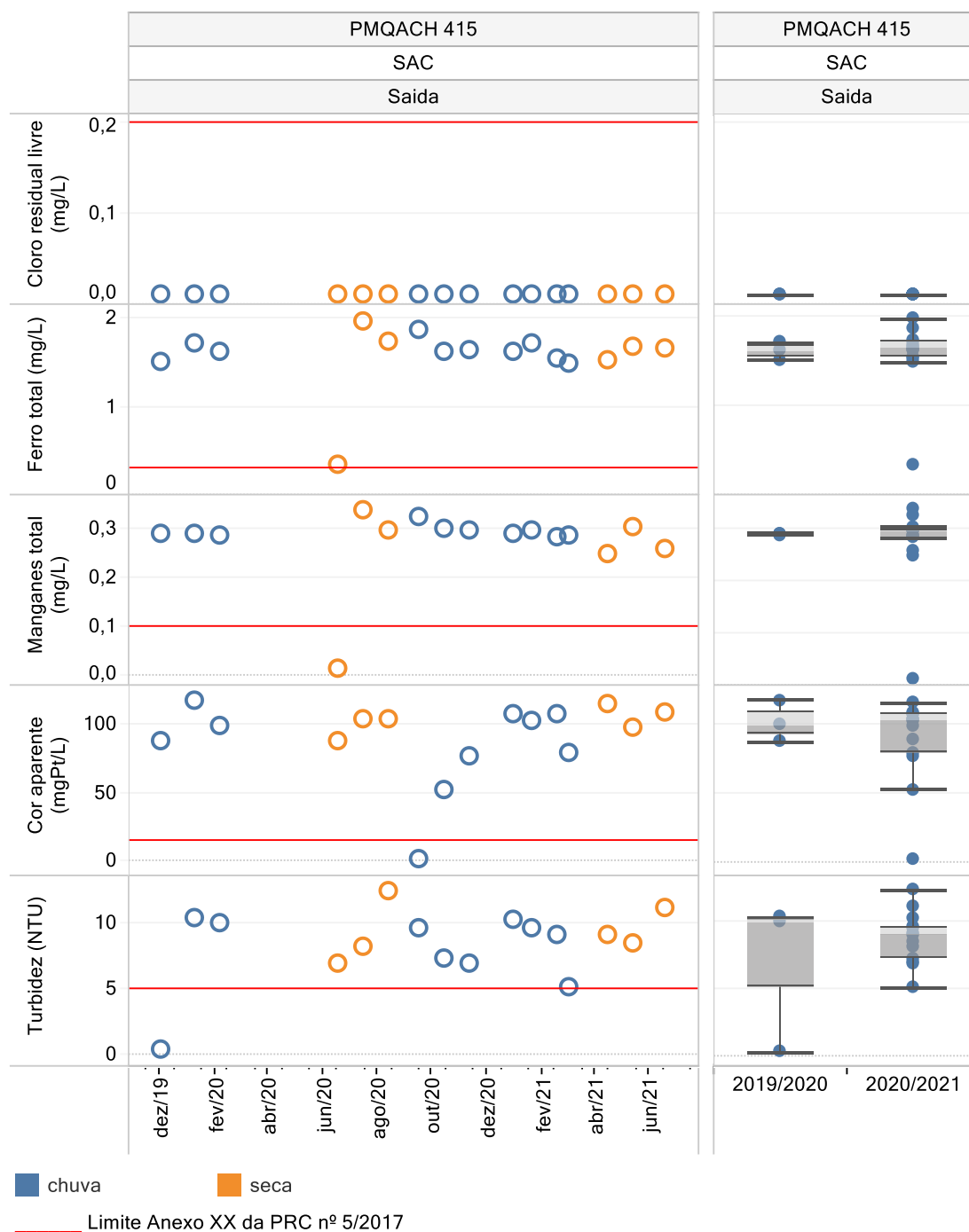
No ponto PMQACH 415, de maneira geral, coliformes totais e *E. coli* estiveram “ausentes”, sem padrão temporal ou sazonal claro, apesar de que o parâmetro coliformes totais apresentou uma maior frequência de dados “presentes” no período de chuva (**Figura 6-83**).

Figura 6-83 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 415, localizado no município de Fernandes Tourinho, e sua variação entre período chuvoso e seco.



Não foram observadas reduções ou aumentos significativos temporais ou sazonais para os demais parâmetros que apresentaram maiores percentuais de violação no ponto ($p > 0,05$) (**Figura 6-84**).

Figura 6-84 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 415, localizado no município de Fernandes Tourinho, e sua variação entre período chuvoso e seco.



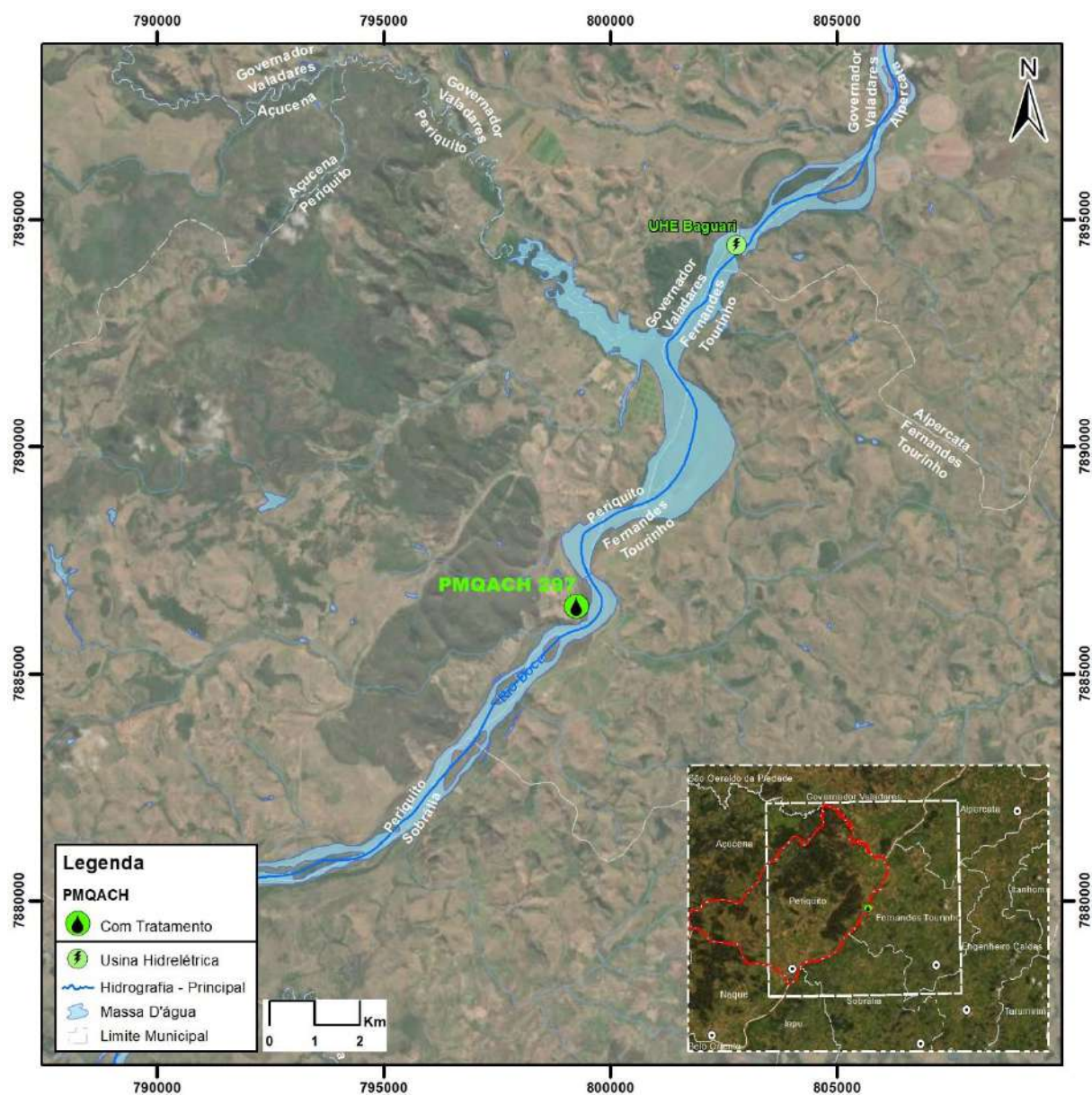
6.11 - Periquito

No município de Periquito-MG, foi considerado um (01) ponto ativo, que possui sistema de abastecimento do tipo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e tratamento de água (**Figura 6-85 e Quadro 6-11**).

Quadro 6-11 - Características do ponto do município de Periquito considerado no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 297	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017

Figura 6-85 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Periquito-MG.

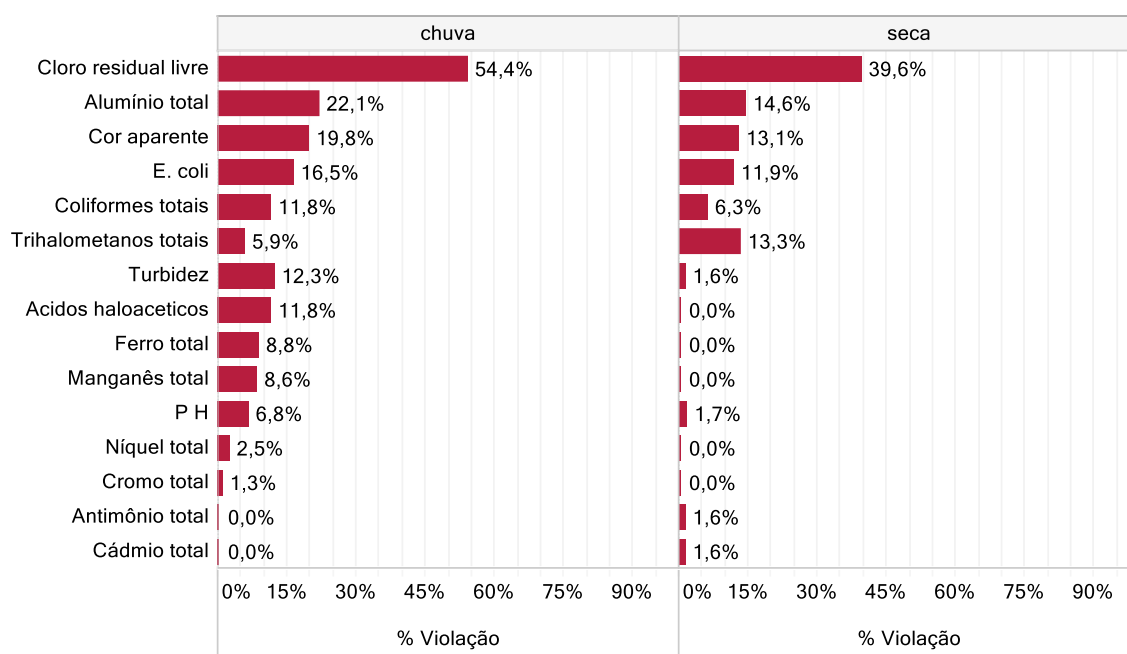


6.11.1 - Pontos com tratamento

6.11.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Periquito-MG, no geral, os percentuais de violação foram maiores durante o período chuvoso em relação ao período de seca (**Figura 6-86**). A precipitação favorece a ressuspensão de sedimento, eventos de lixiviação e carreamento de matéria para os recursos hídricos, influenciando diversos parâmetros. Cloro residual livre apresentou o maior percentual de violação para ambos os períodos avaliados no município (**Figura 6-86**). As violações observadas para o cloro residual livre foram, no geral, com resultados abaixo da faixa do limite estabelecido no Anexo XX da PRC nº 5/2017, sendo necessário uma avaliação da quantidade de cloro utilizado no tratamento de água. A contaminação microbiológica também observada, portanto, pode estar relacionada as baixas concentrações de cloro. No período de chuva, alumínio total apresentou violação total de 22%, seguido por cor aparente (20%), *E. coli* (16%), coliformes totais e turbidez (12%), ferro total e manganês total (9%) e, pH (7%). Na seca, alumínio total apresentou percentual de violação de 15%, seguido por cor aparente (13%), *E. coli* (12%), coliformes totais (6%), turbidez, pH e cádmio total (2%) (**Figura 6-86**). Outros metais, como ferro e manganês, que estão presentes na composição dos rejeitos de barragem, apresentaram percentuais de violação mais baixos, o que pode indicar a presença natural destes elementos (alumínio, ferro e manganês), que são comumente encontrados na bacia do rio Doce (ECOPLAN-LUME, 2010).

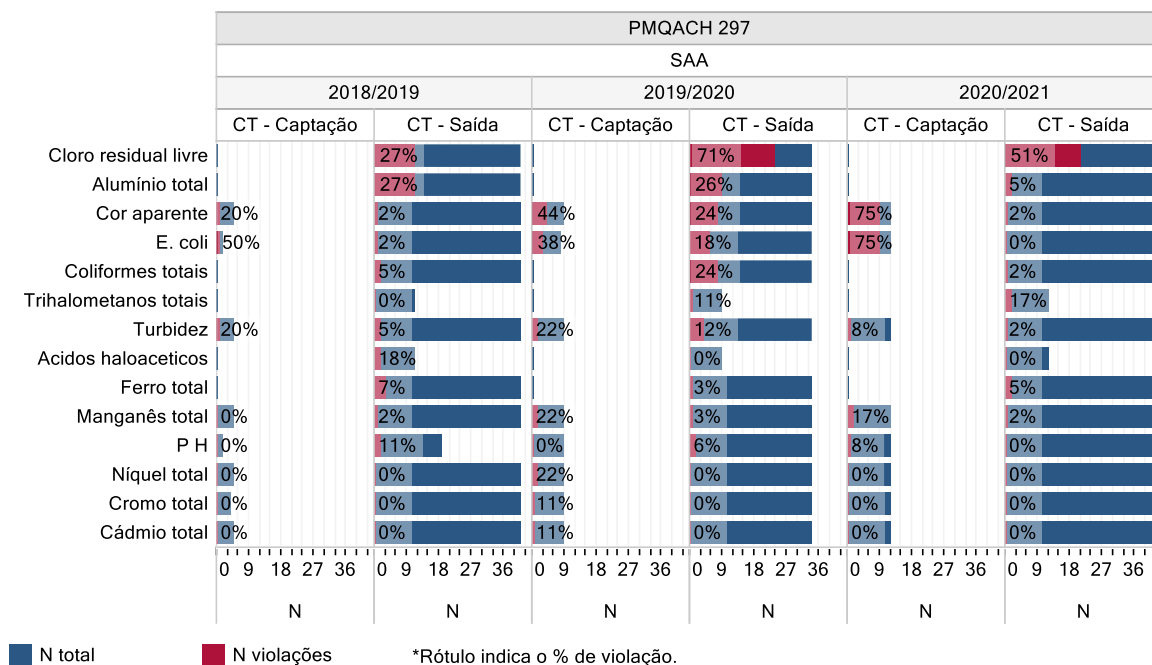
Figura 6-86 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Periquito-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



No ponto PMQACH 297, que possui abastecimento do tipo SAA e captação superficial, em 2020/2021, cor aparente e *E. coli* foram os parâmetros com os maiores percentuais de violação na captação (75%; 9 violações de um total de 12 amostras) e cloro residual livre na saída (51%; 21 violações de um total de 41 amostras) (**Figura 6-87**). Em 2020/2021, na captação, manganês total apresentou violação de 17% (2 violações de um total de 12 amostras), turbidez e pH de 8% (1 violação em um total de 12 amostras). Na saída, trihalometanos totais apresentaram violação de 17% (2 violações de um total de 12 amostras), ferro total e alumínio total de 5% (2 violações de um total de 41 amostras), coliformes totais, cor aparente, turbidez e manganês total de 2% (1 violação de um total de 41 amostras) (**Figura 6-87**). Os percentuais de violação observados para trihalometanos estão, provavelmente, relacionados ao tratamento de água, uma vez que na presença de matéria orgânica e cloro, pode haver formação de trihalometanos (SILVA & MELO, 2015). Além

destes parâmetros, níquel total (22%; 2 violações de um total de 9 amostras), cromo total e cádmio total (11%; 1 violação de um total de 9 amostras) apresentaram violação, mas somente no ciclo de 2019/2020 (Figura 6-87).

Figura 6-87 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 297, localizado no município de Periquito-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.

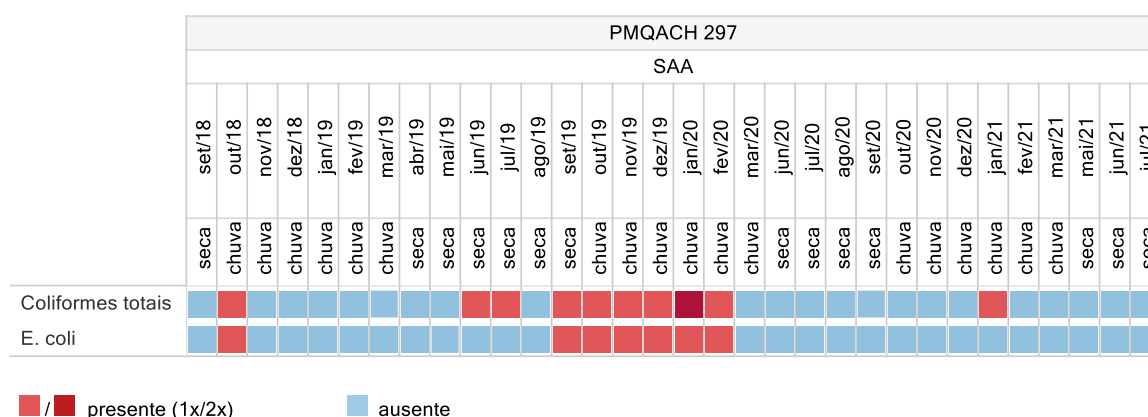


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.11.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

No ponto PMQACH 297, de maneira geral, coliformes totais e *E. coli* estiveram “ausentes”. No entanto, no final de 2019 e início de 2020, durante o período de chuva, observa-se a presença de ambos os parâmetros durante seis meses consecutivos (**Figura 6-88**).

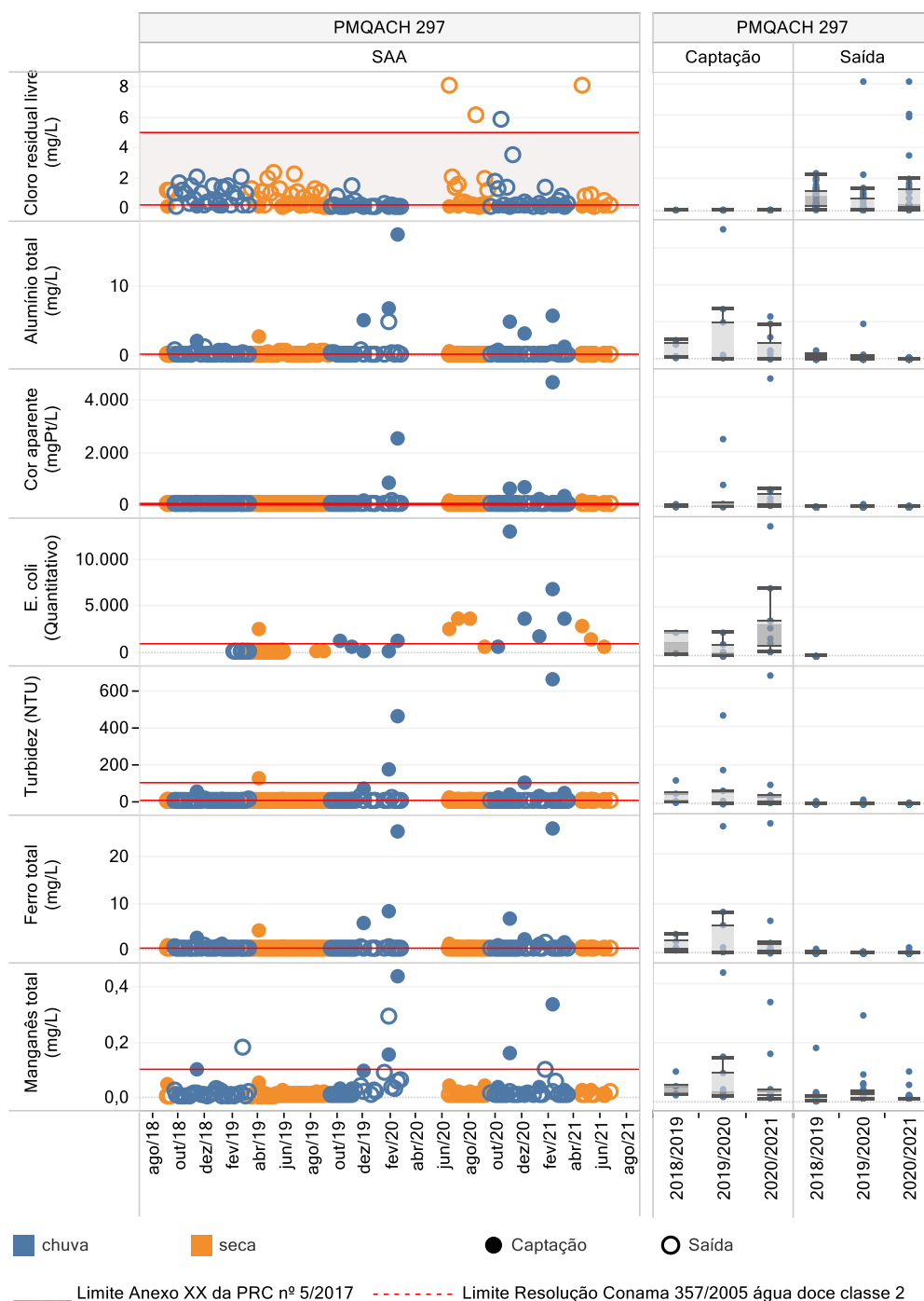
Figura 6-88 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 297, localizado no município de Periquito, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.



Em relação aos demais parâmetros que apresentaram maiores percentuais de violação no ponto um aumento das concentrações do cloro residual livre comparando os dois últimos anos avaliados na saída foi observado ($p < 0,05$), sendo que os dados foram mais elevados no período de seca em comparação ao período chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-93**). Na captação, foi observado valores mais elevados de alumínio total durante período chuvoso em comparação ao período de seca ($p < 0,05$) (**Figura 6-93**). É possível identificar, ainda, a relação entre os parâmetros alumínio total, cor aparente, turbidez, ferro total e manganês, sendo observado picos para todos os parâmetros no mesmo período (**Figura 6-93**). Essa correlação positiva pode estar relacionada a precipitação dos elementos, em especial ferro e manganês, em sua forma oxidada (RICHTER & AZEVEDONETO, 1991), que contribuem

para formação de cor no recurso hídrico (ALVES et al., 2008). Além disso, na presença de matéria orgânica, os elementos podem se apresentar no estado coloidal, refletindo a luz na coluna d'água e aumentando a turbidez (ALVES et al., 2008).

Figura 6-89 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 297, localizado no município de Periquito, e sua variação entre período chuvoso e seco.



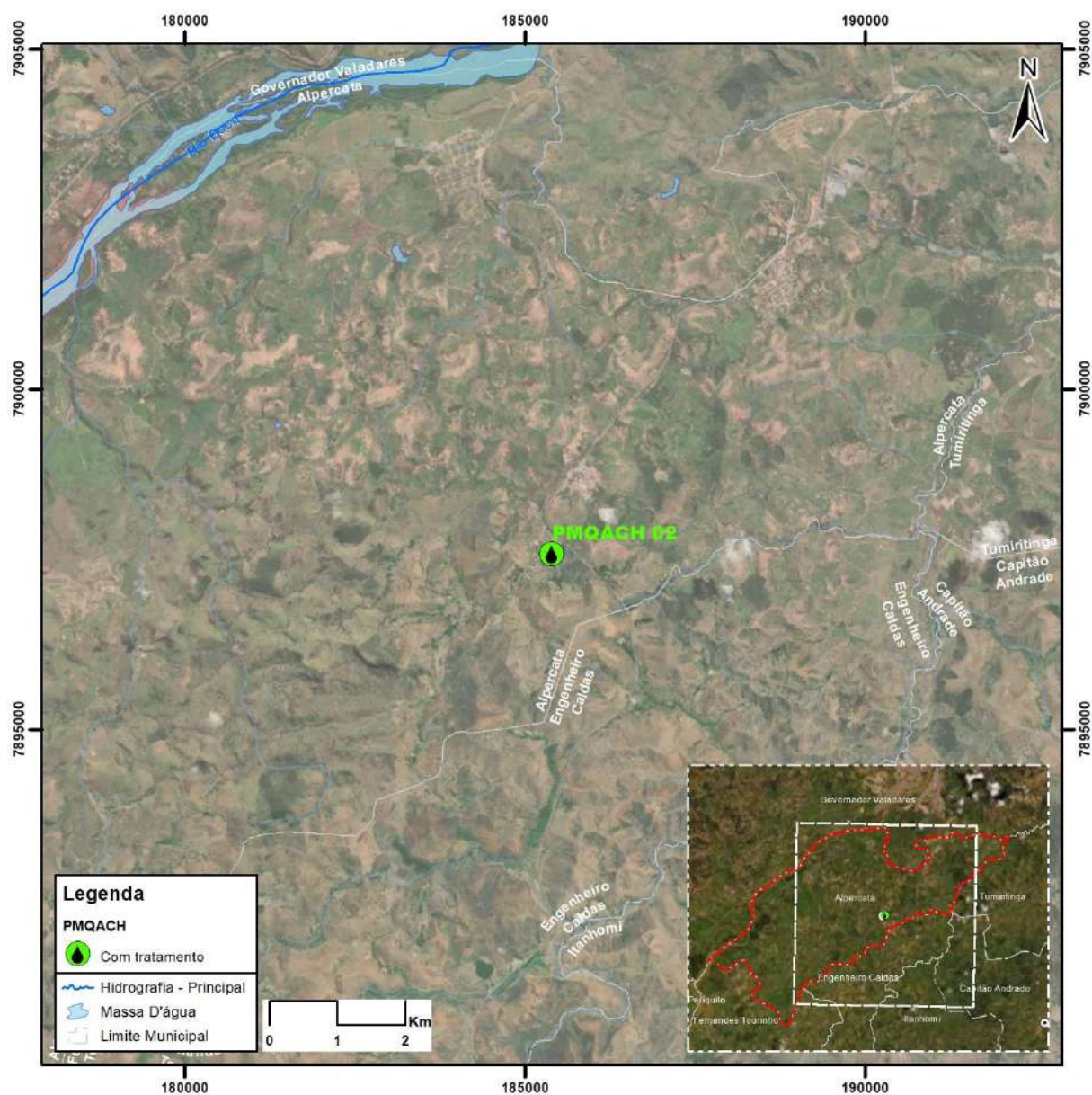
6.12 - Alpercata

No município de Alpercata, foi considerado um (01) ponto ativo, que possui sistema de abastecimento do tipo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e tratamento de água (Figura 6-90 e Quadro 6-12).

Quadro 6-12 - Características do ponto do município de Alpercata considerado no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 02	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação e Saída	CONAMA nº 357/2005 e Anexo XX da PRC nº 5/2017

Figura 6-90 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Alpercata-MG.

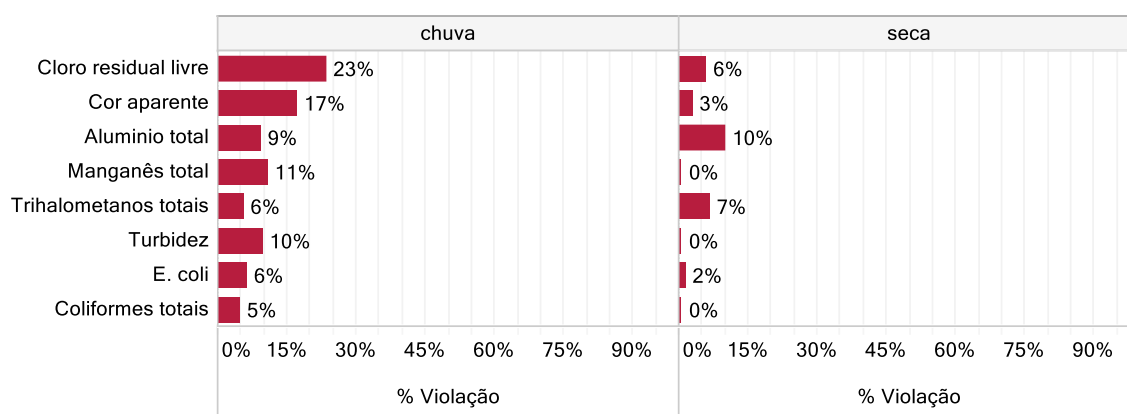


6.12.1 - Pontos com tratamento

6.12.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

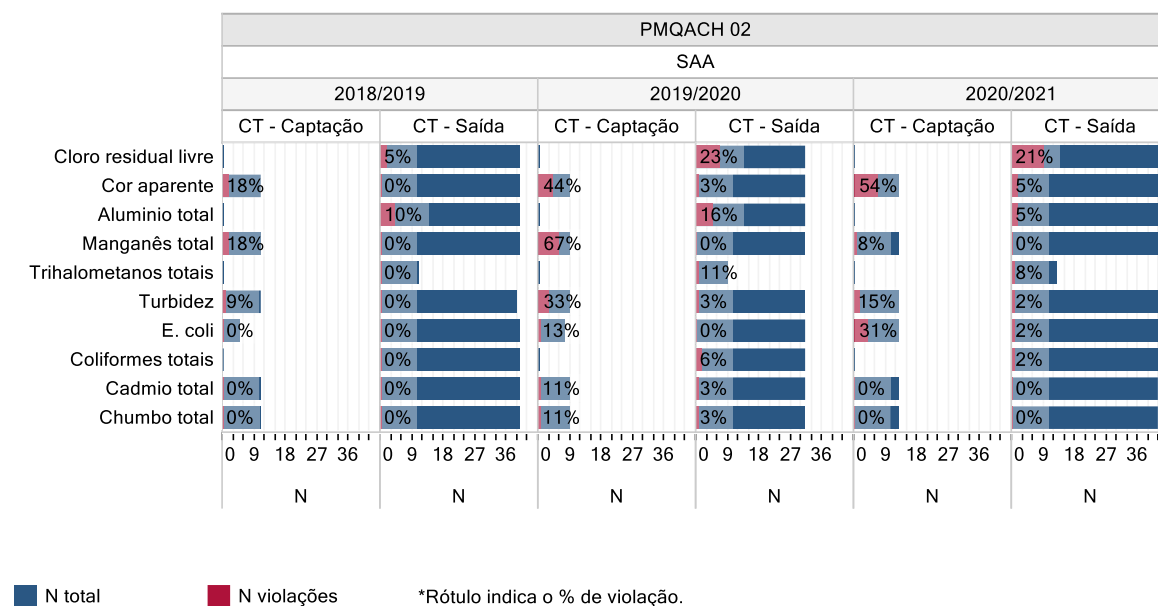
Para o município de Alpercata-MG, os parâmetros com os maiores percentuais de violação foram cloro residual livre, cor aparente e alumínio total (**Figura 6-91**). As violações observadas para o cloro residual livre foram, no geral, com resultados acima da faixa do limite estabelecido no Anexo XX da PRC nº 5/2017, muito provavelmente devido a adição do mesmo para o tratamento de água. Para o cloro residual e cor aparente, os resultados foram superiores no período chuvoso em relação ao período de seca. Este padrão também foi observado para o manganês total e para a turbidez, que apresentaram 11% e 10% de violação no período chuvoso, respectivamente, e nenhuma violação durante o período de seca (**Figura 6-91**). O período chuvoso caracteriza-se pelo aumento no carreamento de sólidos para o corpo d'água por meio do escoamento superficial, especialmente em locais de solo exposto. Apesar do percentual de violação do alumínio, outros metais, como ferro e manganês, que estão presentes na composição dos rejeitos de barragem, apresentaram percentuais de violação mais baixos ou inexistentes, o que pode indicar a presença natural dos elementos, que, de fato, são comumente encontrados na bacia do rio Doce (ECOPLAN-LUME, 2010). Além da presença natural de alumínio na fonte de água, a água tratada pode apresentar concentrações de alumínio residual devido ao uso de coagulantes à base de sais de alumínio durante o processo de tratamento da água (ROSALINO, 2011). Trihalometanos totais apresentaram resultados similares entre os períodos, com 6% na chuva e 7% na seca. *E. coli* e coliformes totais também apresentaram resultados relativamente superiores no período chuvoso (**Figura 6-91**).

Figura 6-91 - Percentual total de violação no município de Alpercata-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



No ponto PMQACH 02, que possui abastecimento tipo SAA e captação superficial, no ciclo de 2020/2021, cor aparente (54%; 7 violações de um total de 13 amostras), *E. coli* (31%; 4 violações de um total de 13 amostras), turbidez (15%; 2 violações de um total de 13 amostras) e manganês total (8%; 1 violação de um total de 13 amostras) foram os parâmetros que violaram os limites aplicáveis na captação (**Figura 6-92**). Para cor aparente os resultados de violação na captação aumentaram ao longo do tempo, sendo seu máximo observado em 2020/2021. No mesmo período, cloro residual livre (21%; 9 violações de um total de 41 amostras), trihalometanos totais (8%; 1 violação de um total de 13 amostras), cor aparente e alumínio total (5%; 2 violações de um total de 41 amostras), turbidez, *E. coli* e coliformes totais (2%; 1 violação de um total de 42 amostras) foram os parâmetros que apresentaram violação na saída (**Figura 6-92**). Portanto, há redução dos valores de cor aparente, *E. coli* e turbidez após o tratamento. Cádmio total e chumbo total apresentaram violação somente em 2019/2020, com 11% (1 violação de um total de 9 amostras) na captação e 3% (1 violação de um total de 31 amostras) na saída (**Figura 6-92**).

Figura 6-92 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 02 localizado no município de Alpercata-MG, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

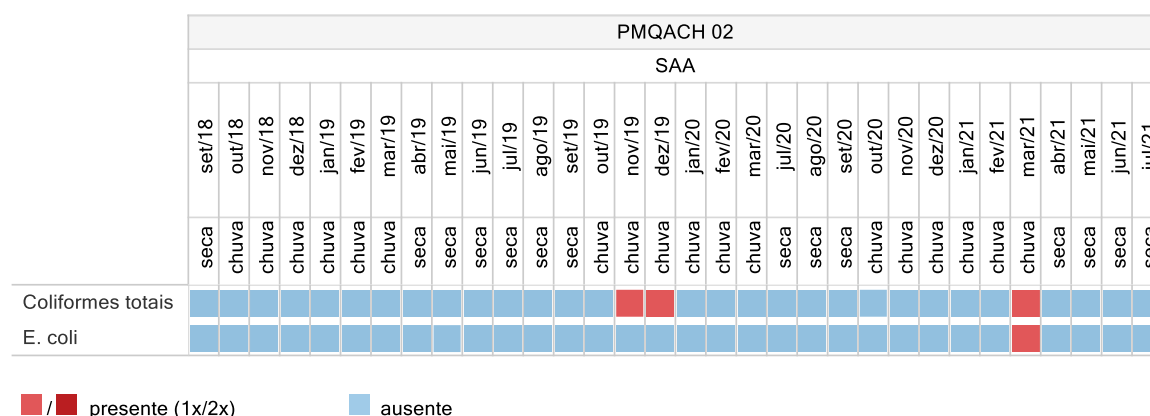


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.12.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

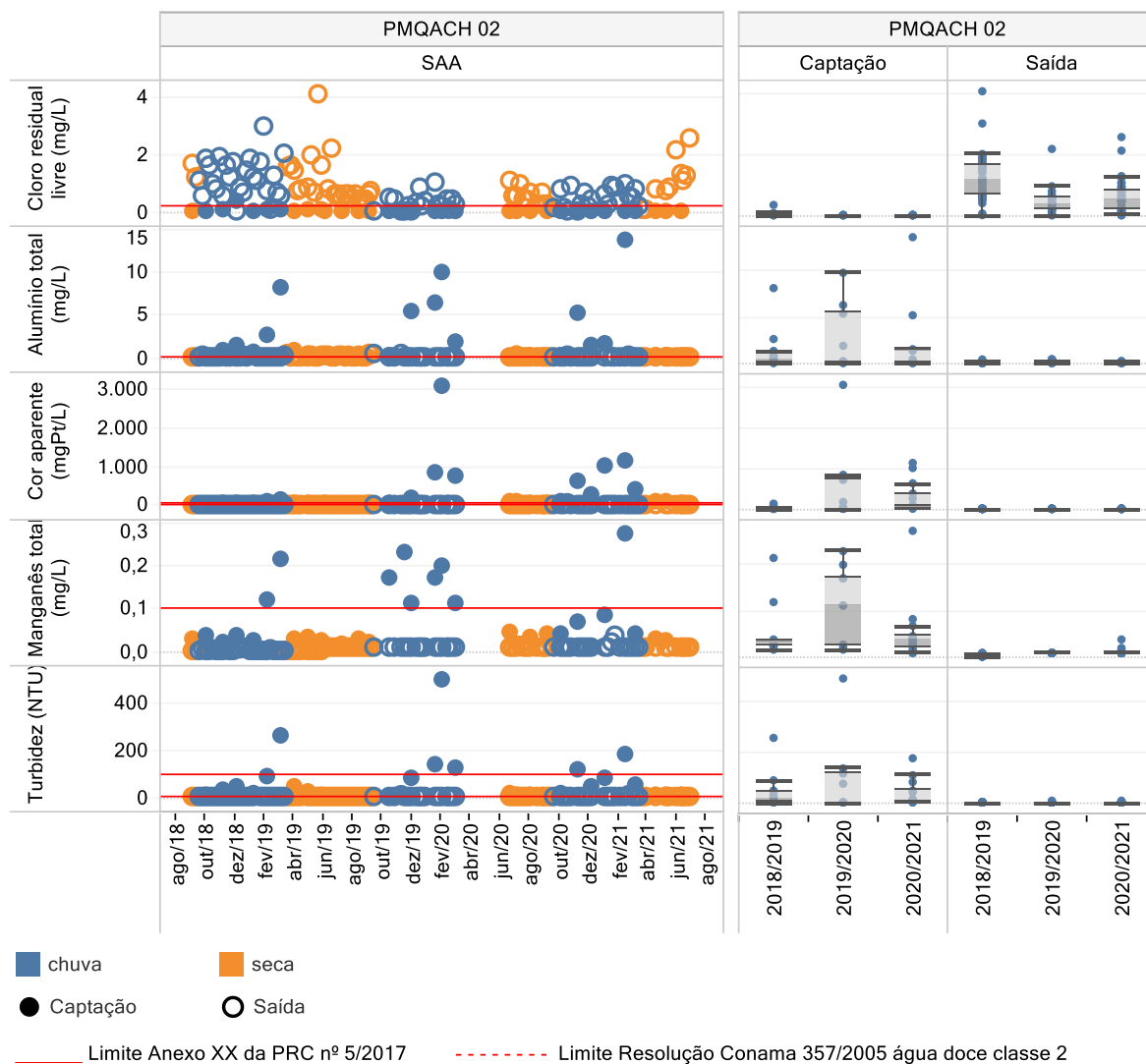
No ponto PMQACH 02, *E. coli* e coliformes totais apresentaram os resultados predominantemente “ausentes” ao longo de todo monitoramento, sendo que resultados “presentes” aconteceram exclusivamente durante períodos chuvosos (**Figura 6-93**).

Figura 6-93 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 02, localizado no município de Alpercata, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.



Os dois últimos anos avaliados apresentaram uma redução significativa nos valores de cloro residual comparando ao primeiro ano de monitoramento (2018/2019) na captação e na saída ($p < 0,05$) (**Figura 6-94**). Vale ressaltar que as menores concentrações de cloro residual livre na captação resultaram em violação ao limite inferior da legislação aplicável. Os valores da cor aparente, por outro lado, apresentaram um aumento nos últimos anos comparando ao primeiro ano do monitoramento ($p < 0,05$), sendo mais evidente na captação do que na saída (**Figura 6-94**). Na saída, identificou-se um aumento das concentrações de manganês total no último ano avaliado (2020/2021) em comparação aos anos anteriores ($p < 0,05$) (**Figura 6-94**). Em relação aos períodos hidrológicos, na captação, alumínio total, manganês total, turbidez e cor aparente apresentaram valores superiores na chuva em comparação à seca ($p < 0,05$) (**Figura 6-94**). Na saída, a cor aparente também apresentou resultados superiores na chuva, enquanto alumínio total apresentou valores mais elevados na seca ($p < 0,05$) (**Figura 6-94**). Observa-se a relação positiva entre os parâmetros cor aparente, turbidez, alumínio total e manganês, que apresentam picos nos mesmos períodos (**Figura 6-94**).

Figura 6-94 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 02, localizado no município de Alpercata, e sua variação entre período chuvoso e seco.



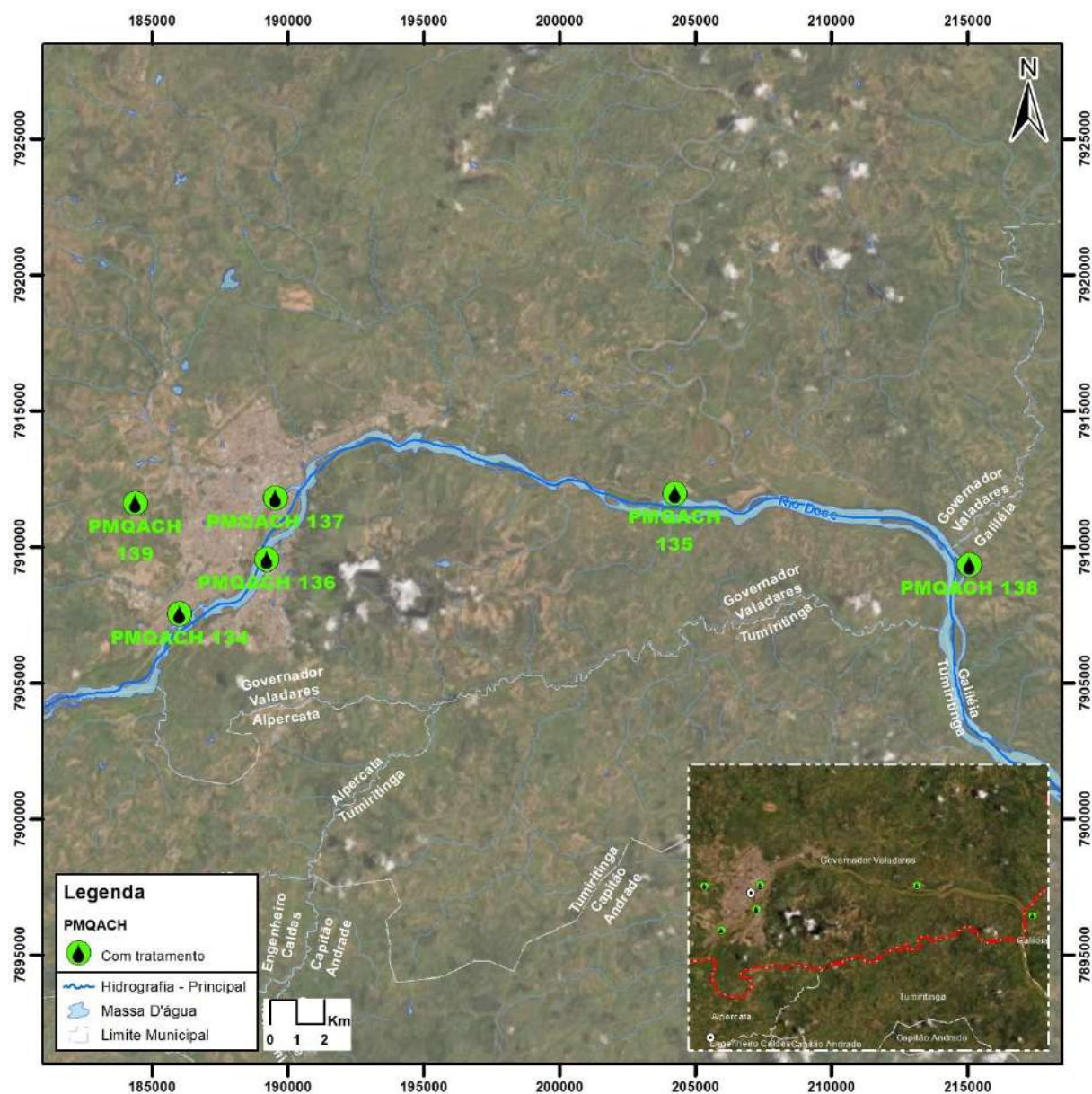
6.13 - Governador Valadares

No município de Governador Valadares-MG, foram considerados os 06 (seis) pontos ativos, todos com sistema de abastecimento do tipo Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e com presença de tratamento de água (**Figura 6-95 e Quadro 6-13**).

Quadro 6-13 - Características dos pontos do município de Governador Valadares considerados no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 134	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA nº 357/2005 e Anexo XX da PRC nº 5/2017
PMQACH 135	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA nº 357/2005 e Anexo XX da PRC nº 5/2017
PMQACH 136	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA nº 357/2005 e Anexo XX da PRC nº 5/2017
PMQACH 137	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA nº 357/2005 e Anexo XX da PRC nº 5/2017
PMQACH 138	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA nº 357/2005 e Anexo XX da PRC nº 5/2017
PMQACH 139	Subterrânea	SAA	Com tratamento	Captação e Saída	CONAMA nº 396/2008 e Anexo XX da PRC nº 5/2017

Figura 6-95 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Governador Valadares-MG.

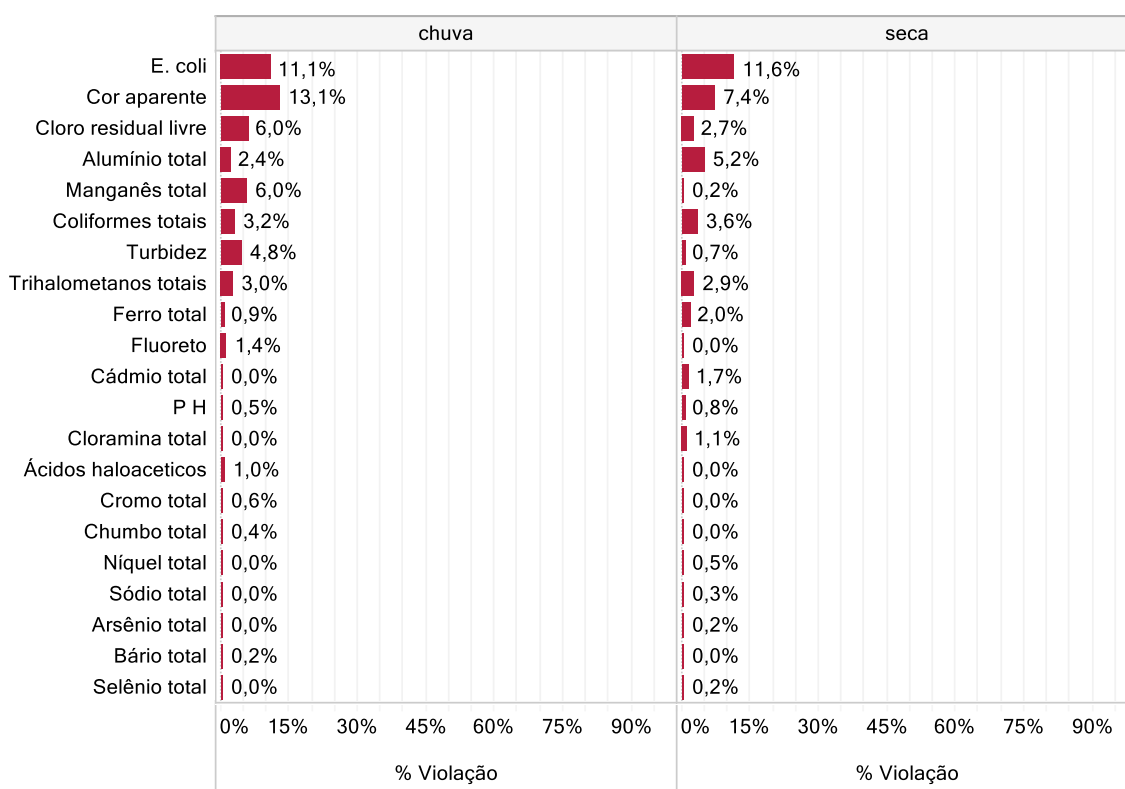


6.13.1 - Pontos com tratamento

6.13.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Governador Valadares-MG, em geral, houve similaridade nos parâmetros e percentuais de violação em ambos os períodos amostrados (**Figura 6-96**). De maneira geral, pode-se considerar que os percentuais de violação foram baixos no município, destacando-se *E. coli* e cor aparente. O parâmetro cor aparente apresentou 13,1% de violação na chuva e 7,4% na seca (**Figura 6-96**). A cor aparente da água geralmente está associada com a turbidez, onde considera-se um aumento na existência de uma parcela de sólidos em suspensão e, este aumento pode ser mais recorrente durante períodos de maior pluviosidade (Lima, 2012). O parâmetro *E. coli* apresentou 11,1% de violação na chuva e 11,6% na seca (**Figura 6-96**). De acordo com o IBGE (2010), o município possui 92,8% de esgotamento sanitário, com tratamento convencional (floculação, decantação, filtração, desinfecção) e com simples desinfecção (como cloração). Apesar da elevada taxa de esgotamento sanitário no município, a presença de bactérias em águas superficiais, tais como, *E. coli*, podem ser um indicativo de lançamento de esgoto doméstico, mas também de criação de animais e/ou pela infiltração do efluente tratado que apresenta pouca eficiência na remoção de patógenos (ALVES et al., 2008; LATORRACA, 2007). Vale destacar que a taxa de esgotamento sanitário não reflete sua eficiência, ou seja, um tratamento ineficiente ainda terá como resultado o lançamento de matéria orgânica e patógenos nos recursos hídricos. Os demais parâmetros apresentaram baixos percentuais de violação (< 10%), com destaque para cloro residual livre, manganês total e turbidez, que apresentaram valores mais elevados na chuva, enquanto alumínio total apresentou valores mais elevados na seca (**Figura 6-96**).

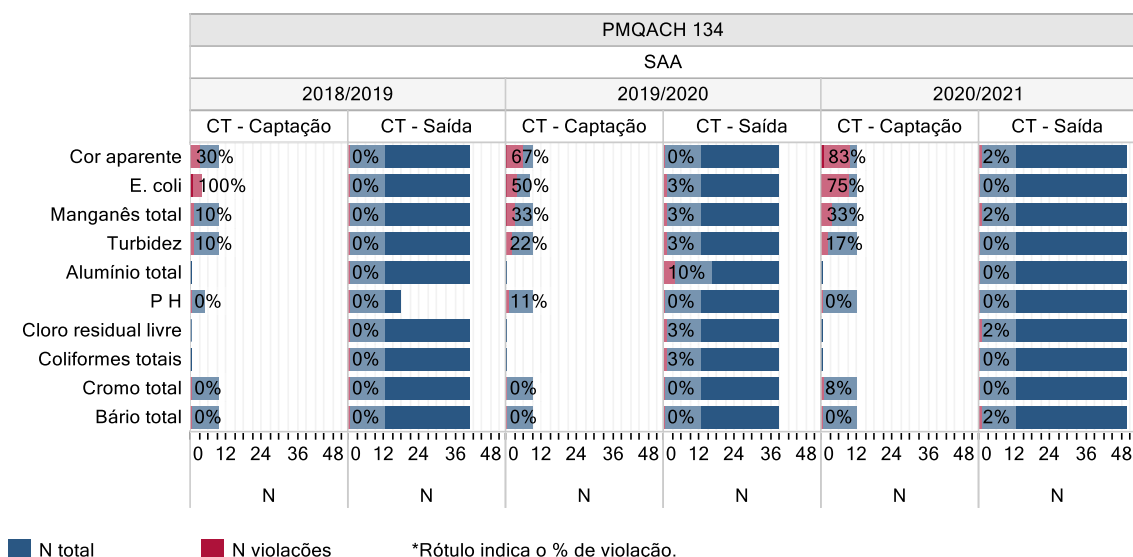
Figura 6-96 - Percentual total de violação no município de Governador Valadares-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



No ponto PMQACH 134, que possui abastecimento tipo SAA e captação superficial, os maiores percentuais de violação foram encontrados na captação, destacando-se cor aparente, *E. coli*, manganês total e turbidez (**Figura 6-97**). Observa-se aumento dos percentuais de violação para cor aparente ao longo dos anos, com máximo de 83% (10 violações de um total de 12 amostras) em 2020/2021. Para os demais parâmetros com destaque, não foi observado padrão evidente de aumento ou redução ao longo dos anos, sendo que no último ciclo avaliado, *E. coli* apresentou 75% (9 violações de um total de 12 amostras) de violação, manganês total 33% (4 violações de um total 12 amostras) e turbidez 17% (2 violações de um total de 12 amostras) (**Figura 6-97**). Além destes, em 2020/2021, somente

cromo total apresentou violação dos limites legais na captação (8%; 1 violação de um total de 12 amostras). O parâmetro pH apresentou violação na captação somente em 2019/2020, com 11% (1 violação de um total de 9 amostras) (**Figura 6-97**). Considerando os dados de saída, baixos percentuais foram encontrados, sendo que no último ciclo avaliado (2020/2021) somente cor aparente, manganês total, cloro residual livre e bário total apresentaram violação, com 2% cada (1 violação de um total de 50 amostras) (**Figura 6-97**). É possível observar, ainda, que a saída não apresentou nenhum parâmetro com violação em 2018/2019, sendo que no período seguinte, *E. coli*, turbidez, alumínio total e coliformes totais apresentaram violação, o que não foi observado em 2020/2021 (**Figura 6-97**). Cabe destacar que neste ponto, a turbidez apresentou duas ocorrências de violação considerando as amostras de pós-filtração em 2020/2021.

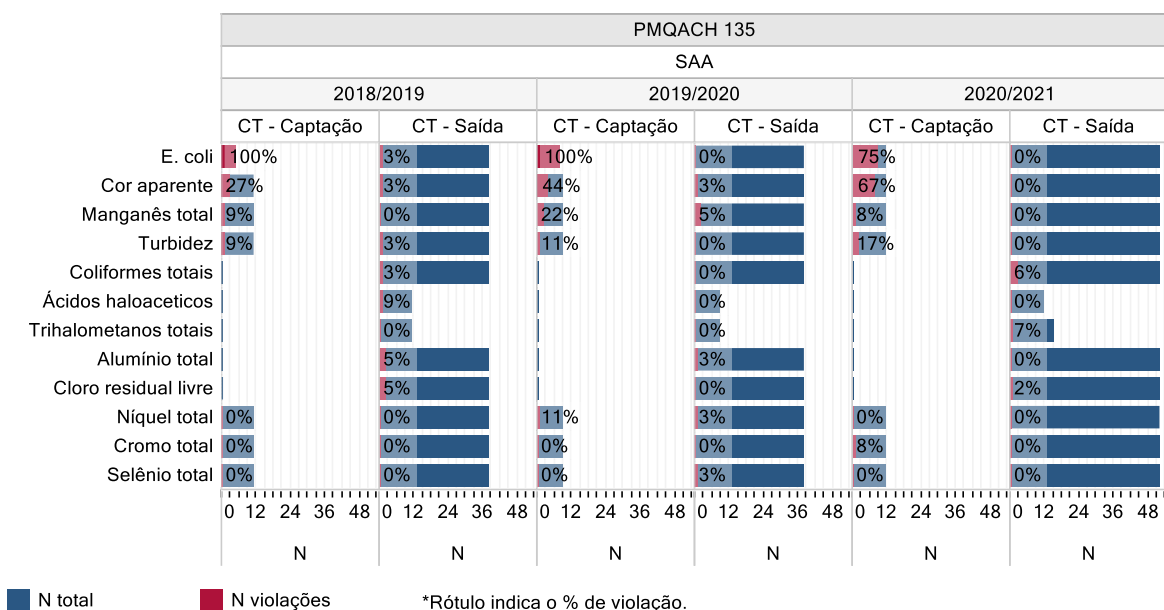
Figura 6-97 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 134 localizado no município de Governador Valadares-MG, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 135, que possui abastecimento tipo SAA e captação superficial, os maiores percentuais de violação foram encontrados na captação, destacando-se *E. coli*, cor aparente, manganês total e turbidez (**Figura 6-98**). Observa-se uma redução dos percentuais de *E. coli* em 2020/2021 em relação aos anos anteriores, quando apresentou 75% (9 violações de um total de 12 amostras) de violação em comparação a 100% dos demais anos (2018/2019: violação das 5 amostras avaliadas; 2019/2020: violação das 8 amostras avaliadas) (**Figura 6-98**). A turbidez, por outro lado, apresentou um aumento, sendo que em 2020/2021 apresentou 17% (2 violações de um total de 12 amostras) de violação, sendo seu máximo (**Figura 6-98**). Manganês total não apresentou um padrão evidente, mas 2020/2021 foi o menor valor encontrado para o parâmetro (8%; 1 violação de um total de 12 amostras) (**Figura 6-98**). Além destes, em 2020/2021, somente cromo total apresentou violação dos limites legais na captação (8%; 1 violação de um total de 12 amostras). O parâmetro níquel total apresentou violação na captação somente em 2019/2020, com 11% (1 violação de um total de 9 amostras) (**Figura 6-98**). Considerando os dados de saída, baixos percentuais foram encontrados, sendo que no último ciclo avaliado (2020/2021) somente trihalometanos totais (7%; 1 violação de um total de 15 amostras), coliformes totais (6%; 3 violações de um total de 52 amostras) e cloro residual livre (2%; 1 violação de um total de 52 amostras) apresentaram (**Figura 6-98**). Portanto, em comparação aos anos anteriores, 2020/2021 apresentou o menor número de parâmetros com violação aos limites legais na saída (**Figura 6-98**).

Figura 6-98 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 135 localizado no município de Governador Valadares-MG, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

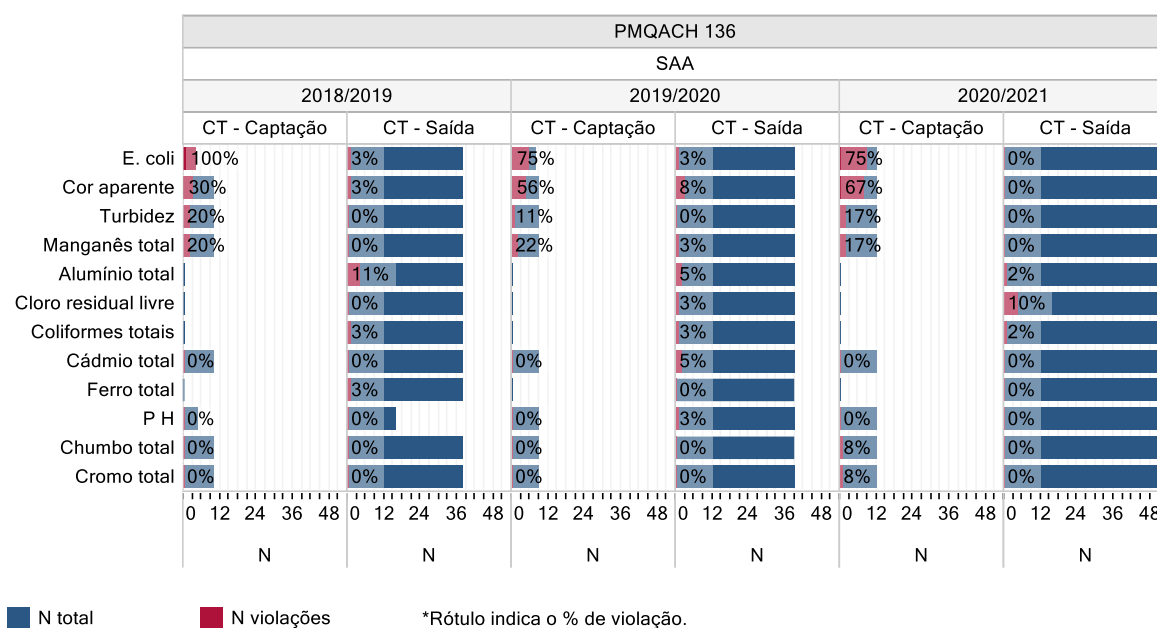


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 136, que possui abastecimento tipo SAA e captação superficial, os maiores percentuais de violação foram encontrados na captação, destacando-se *E. coli*, cor aparente, manganês total e turbidez (**Figura 6-99**). Observa-se aumento dos percentuais de violação para cor aparente ao longo dos anos, com máximo de 67% (8 violações de um total de 12 amostras) em 2020/2021. Para os demais parâmetros com destaque, não foi observado padrão evidente de aumento ou redução ao longo dos anos, sendo que no último ciclo avaliado, *E. coli* apresentou 75% de violação (9 violações de um total de 12 amostras), manganês total e turbidez 17% cada (2 violações de um total de 12 amostras) (**Figura 6-99**). Considerando os dados de captação, em 2020/2021, chumbo total e cromo total apresentaram percentual de violação de 8% (1 violação de um total de 12 amostras), sendo o único período que estes parâmetros apresentaram violação (**Figura 6-99**). Na saída, observa-se que o ciclo

de 2020/2021 apresentou um menor número de parâmetros que violaram os respectivos limites legais, somente cloro residual livre (10%; 5 violações de um total de 51 amostras), alumínio total e coliformes totais (2% cada; 1 violação de um total de 51 amostras) (**Figura 6-99**). Além disso, de maneira geral, o último ano avaliado também apresentou os menores percentuais na saída, com exceção do cloro residual livre que apresentou o maior percentual de violação neste ciclo (2020/2021) (**Figura 6-99**). Cabe destacar que neste ponto, a turbidez apresentou cinco ocorrências de violação considerando as amostras de pós-filtração em 2020/2021.

Figura 6-99 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 136 localizado no município de Governador Valadares-MG, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

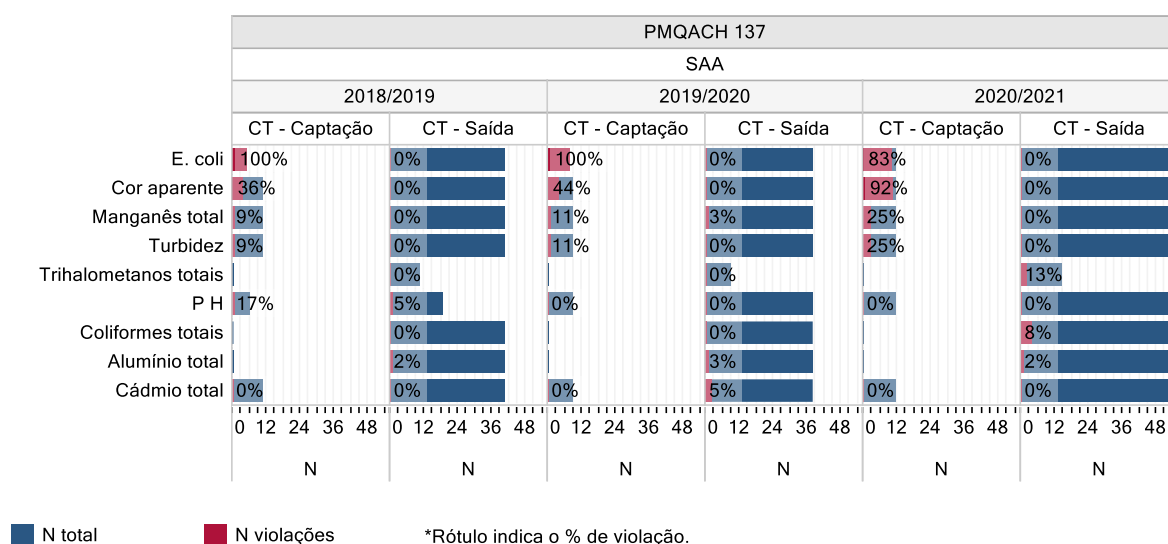


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 137, que possui abastecimento tipo SAA e captação superficial, os maiores percentuais de violação foram encontrados na captação, destacando-se *E. coli*, cor

aparente, manganês total e turbidez (**Figura 6-100**). *E. coli* apresentou o menor percentual (83%; 10 violações de um total de 12 amostras) em 2020/2021, quando comparado aos anos anteriores (100%; 2018/2019: violação das 5 amostras avaliadas; 2019/2020: violação das 8 amostras avaliadas) (**Figura 6-100**). Cor aparente, turbidez e manganês total, por outro lado, apresentaram aumentos ao longo dos anos, apresentando em 2020/2021 percentuais de 92% (11 violações de um total de 12 amostras), 25% (3 violações de um total de 12 amostras) e 25% (3 violações de um total de 12 amostras), respectivamente (**Figura 6-100**). Considerando os resultados da saída em 2020/2021, trihalometanos totais apresentaram o maior percentual, seguido por coliformes totais (8%; 4 violações de um total de 53 amostras) e alumínio total (2%; 1 violação de um total de 53 amostras). O pH apresentou percentual de violação somente no primeiro ano do monitoramento (2018/2019), enquanto cádmio total somente no segundo (2019/2020) (**Figura 6-100**).

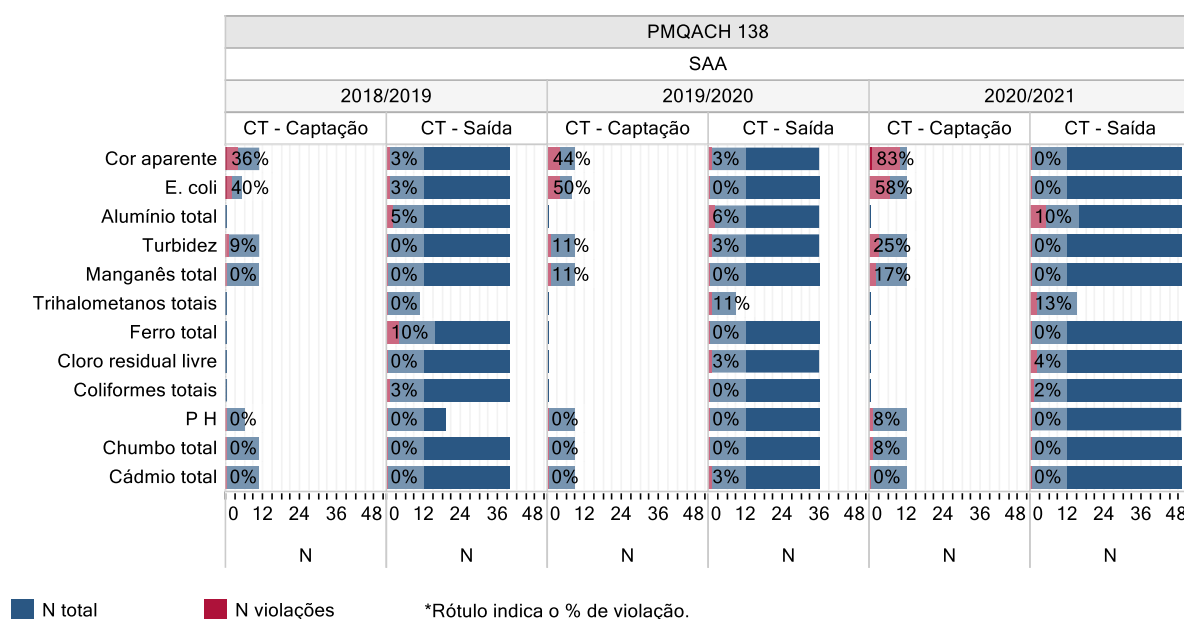
Figura 6-100 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 137 localizado no município de Governador Valadares-MG entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 138, que possui abastecimento tipo SAA e captação superficial, os maiores percentuais de violação foram encontrados na captação, destacando-se cor aparente, *E. coli*, turbidez e manganês total (**Figura 6-101**). Observa-se aumento de todos estes parâmetros ao longo do tempo, atingindo seus máximos em 2020/2021, que foram: cor aparente 83% (10 violações de um total de 12 amostras), *E. coli* 58% (7 violações de um total de 12 amostras), turbidez 25% (3 violações de um total de 12 amostras) e manganês total 17% (2 violações de um total de 12 amostras) (**Figura 6-101**). Na captação em 2020/2021, também apresentaram percentual de violação pH e chumbo total, com 8% cada (1 violação de um total de 12 amostras) (**Figura 6-101**). Considerando os dados de saída em 2020/2021, alumínio total (10%; 5 violações de um total de 49 amostras), trihalometanos totais (13%; 2 violações de um total de 15 amostras), cloro residual livre (4%; 2 violações de um total de 49 amostras) e coliformes totais (2%; 1 violação de um total de 49 amostras) foram os parâmetros que apresentaram violação aos respectivos limites legais (**Figura 6-101**). Ferro total apresentou percentual de 10% (4 violações de um total de 40 amostras), mas somente em 2018/2019 e cádmio total apresentou 3% de violação (1 violação de um total de 36 amostras), mas somente em 2019/2020 (**Figura 6-101**).

Figura 6-101 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 138, localizado no município de Governador Valadares-MG, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

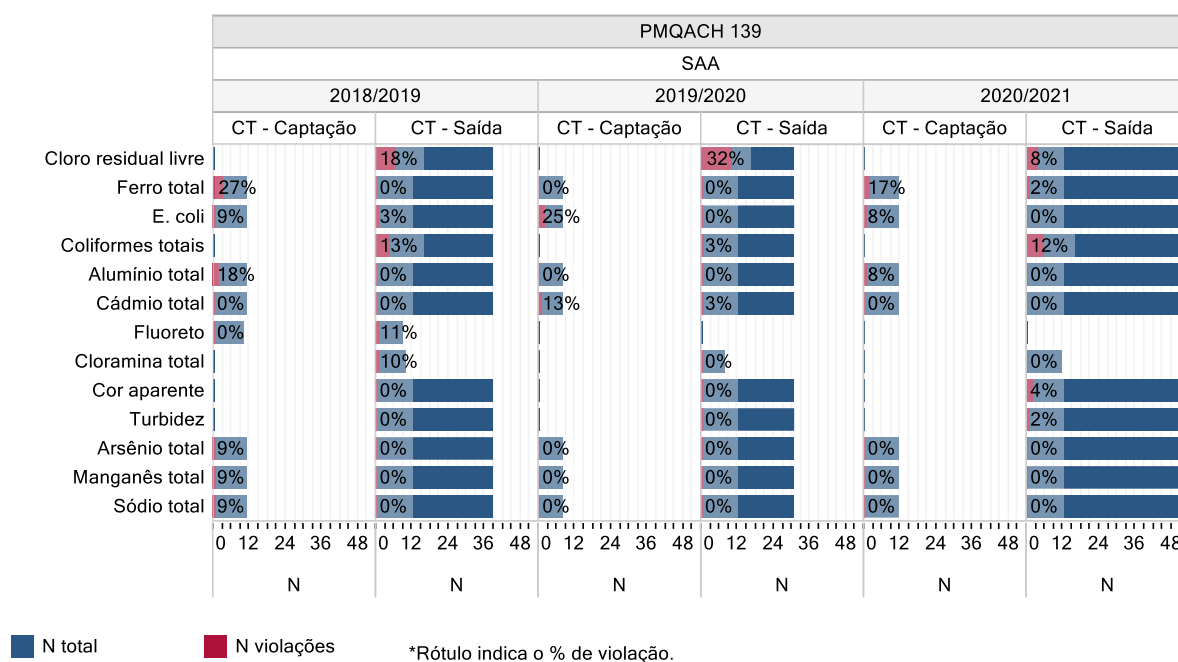


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 139, que possui abastecimento tipo SAA e captação subterrânea, cloro residual foi o parâmetro que apresentou os maiores percentuais de violação ao longo do tempo, observados na saída. O menor percentual para o parâmetro foi observado em 2020/2021, de 8% (4 violações de um total de 51 amostras) (**Figura 6-102**). Ainda considerando os dados de saída em 2020/2021, os parâmetros que apresentaram percentual de violação foram: coliformes totais (12%; 6 violações de um total de 51 amostras), cor aparente (4%; 2 violações de um total de 51 amostras), turbidez e ferro total (2%; 1 violação de um total de 51 amostras) (**Figura 6-102**). *E. coli*, fluoreto e cloraminas totais apresentaram violação somente em 2018/2019, enquanto cádmio total somente em 2019/2020 (**Figura 6-102**). Considerando os resultados da captação, ferro total (17%; 2 violações de um total de 12 amostras), *E. coli* (8%; 1 violação de um total de 12 amostras) e alumínio total (8%; 1

violação de um total de 12 amostras) foram os únicos parâmetros que apresentaram violação em 2020/2021 (**Figura 6-102**). Arsênio total, manganês total e sódio total apresentaram violação somente em 2018/2019, com 9% cada (1 violação de um total de 11 amostras), enquanto cádmio total apresentou violação somente em 2019/2020, com 13% de violação dos dados (1 violação de um total de 8 amostras) (**Figura 6-102**).

Figura 6-102 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 139 localizado no município de Governador Valadares-MG, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.13.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

No ponto PMQACH 134, *E. coli* e coliformes totais apresentaram os resultados predominantemente “ausentes” ao longo de todo monitoramento, sendo somente uma ocorrência de resultados “presentes” para ambos, que ocorreram no período chuvoso, em outubro de 2019 (**Figura 6-103**).

Figura 6-103 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 134, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco.

		PMQACH 134																																
		SAA																																
		set/18	out/18	nov/18	dez/18	jan/19	fev/19	mar/19	abr/19	mai/19	jun/19	jul/19	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19	jan/20	fev/20	mar/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	out/20	nov/20	dez/20	jan/21	fev/21	mar/21	abr/21	mai/21	jun/21	jul/21
Coliformes totais		seca	chuva	chuva	chuva	chuva	chuva	chuva	chuva	seca	seca	seca	seca	seca	chuva	chuva	chuva	chuva	chuva	chuva	seca	seca	seca	seca	chuva	chuva	chuva	chuva	chuva	chuva	seca	seca	seca	seca
E. coli																																		

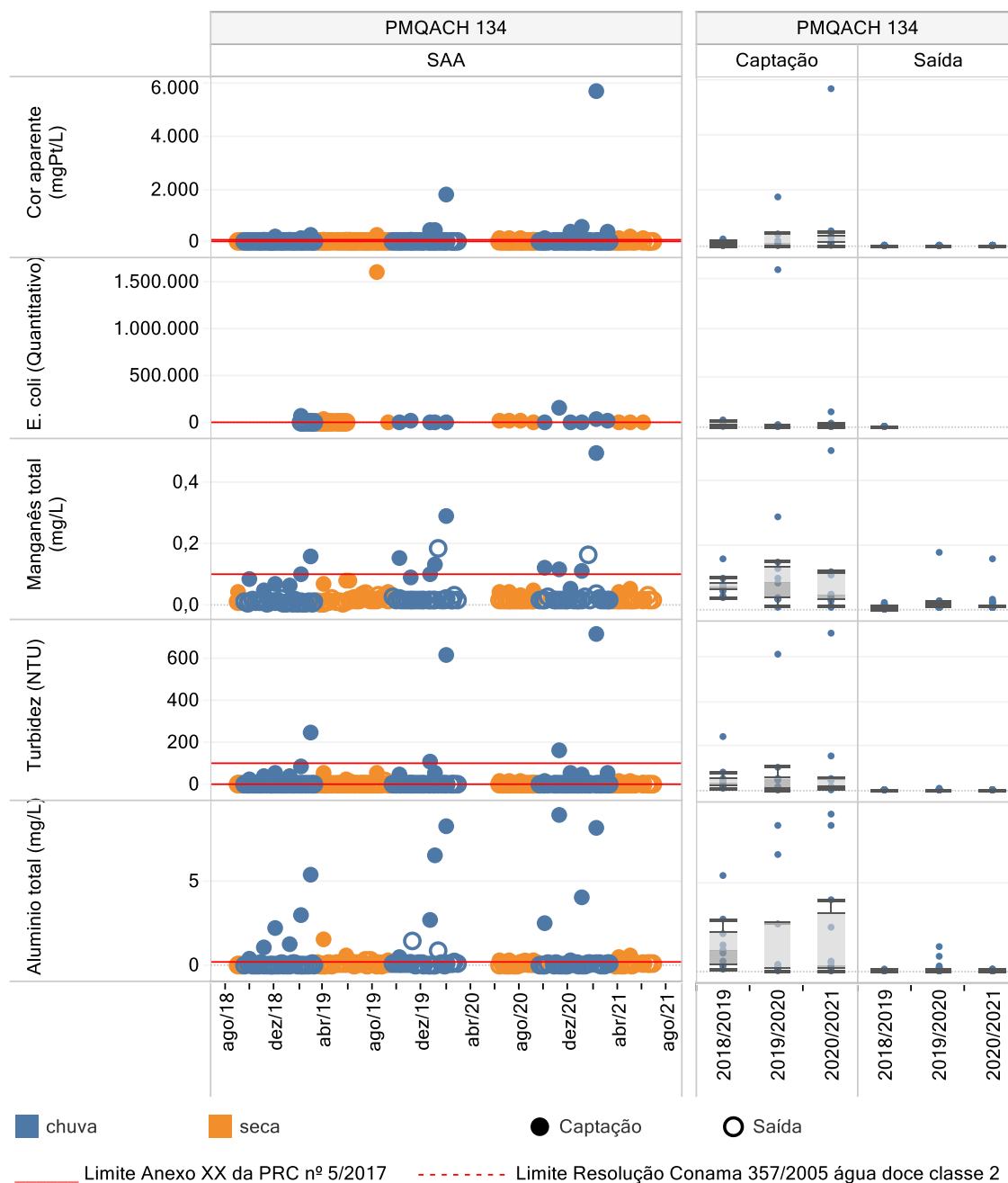
presente

ausente

■ presente ■ ausente

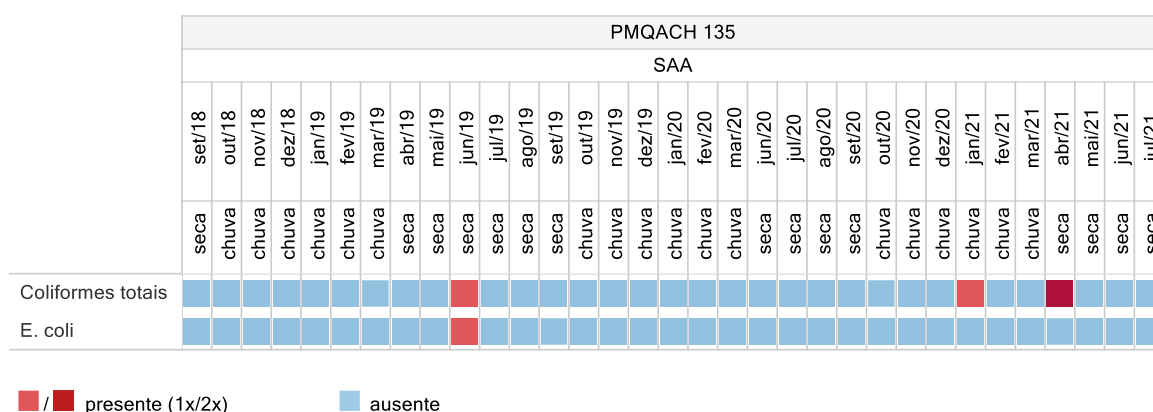
Em relação aos demais parâmetros de relevância em termos de violação para o ponto, valores mais elevados de alumínio total, manganês total e turbidez no período chuvoso foram observados na captação ($p < 0,05$) (**Figura 6-104**). Além disso, também é possível observar um pico de cor aparente em 2020/2021 ($p < 0,05$) (**Figura 6-104**). Considerando os dados de saída, somente alumínio total apresentou valores mais elevados durante o período chuvoso e o parâmetro apresentou uma redução em 2020/2021 em relação aos anos anteriores ($p < 0,05$) (**Figura 6-104**). De forma oposta, é possível identificar picos de manganês total nos últimos dois anos ($p < 0,05$) (**Figura 6-104**). Por fim, neste ponto, também foi possível identificar aumento dos valores de turbidez nos últimos dois anos considerando os dados de pós-filtração ($p < 0,05$).

Figura 6-104 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 134, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco.



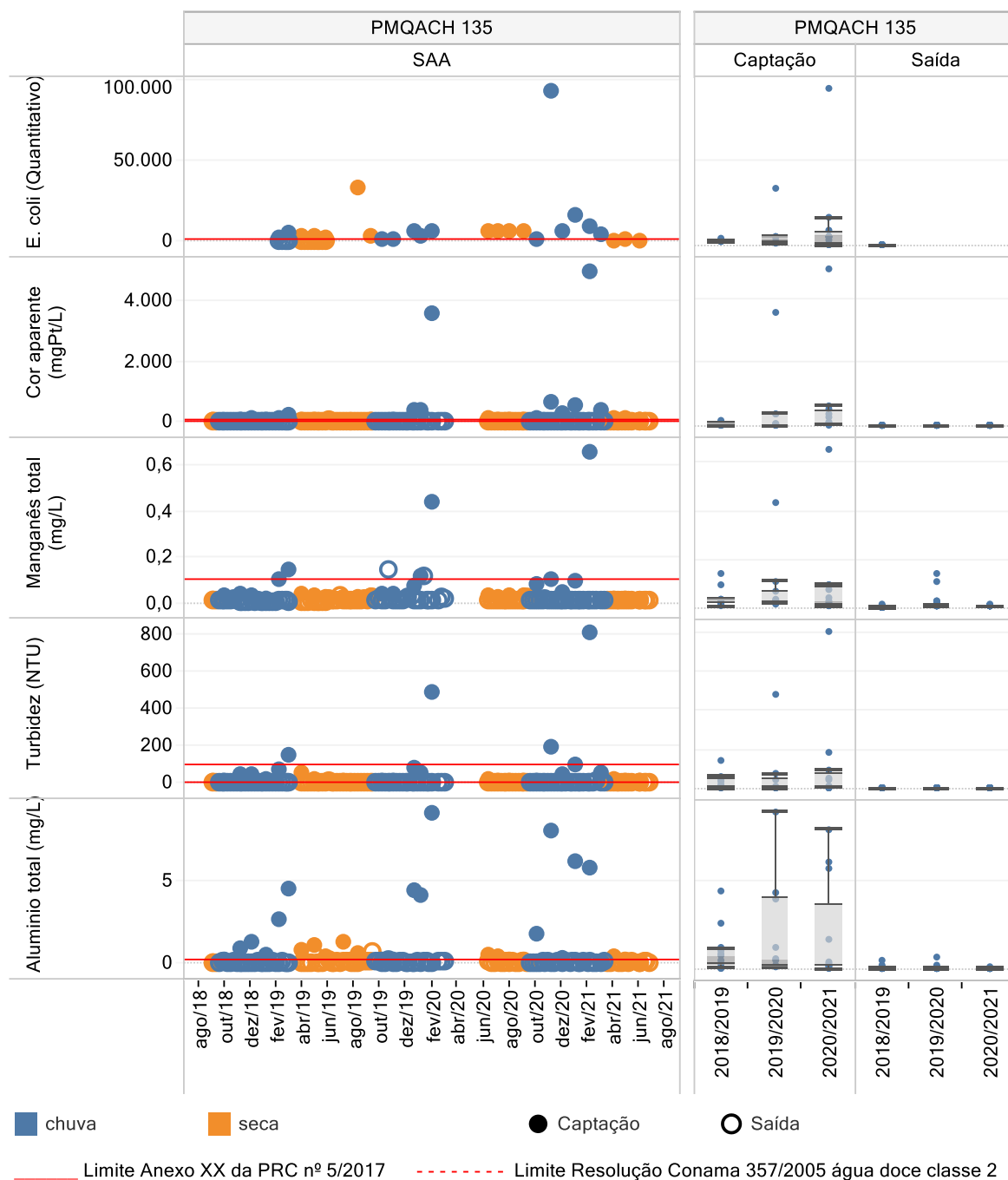
No ponto PMQACH 135, *E. coli* e coliformes totais apresentaram os resultados predominantemente “ausentes” ao longo de todo monitoramento. Coliformes totais apresentaram ocorrência em quatro ocasiões, sem padrão temporal ou sazonal evidente, e *E. coli* em somente uma ocasião, na seca, em junho de 2019 (**Figura 6-105**).

Figura 6-105 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 135, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.



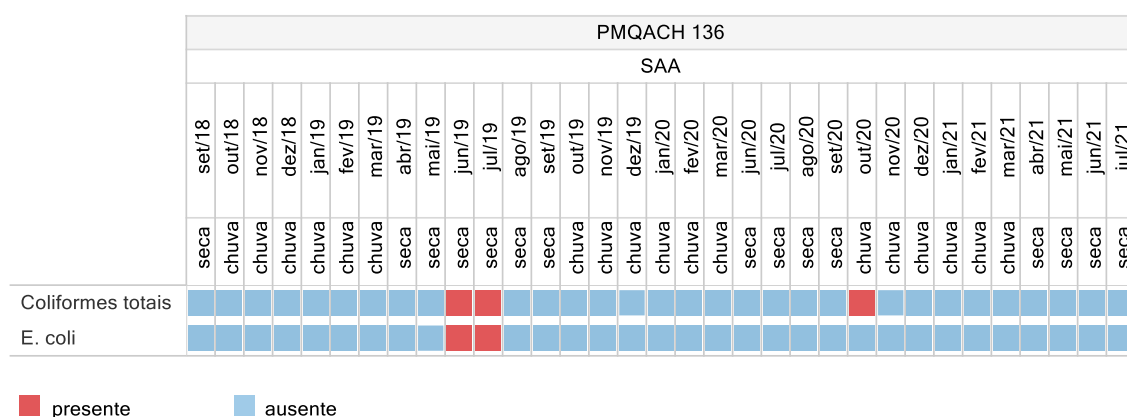
Em relação aos demais parâmetros de relevância em termos de violação para o ponto, observa-se valores mais elevados de alumínio total, manganês total, cor aparente e turbidez no período chuvoso na captação ($p < 0,05$) (**Figura 6-106**). Além disso, também é possível observar picos de cor aparente nos dois últimos anos de monitoramento ($p < 0,05$) (**Figura 6-106**). Considerando os dados de saída, observa-se uma redução dos valores de alumínio total, manganês total e cor aparente em 2020/2021 comparando aos anos anteriores ($p < 0,05$) (**Figura 6-106**).

Figura 6-106 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 135, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco.



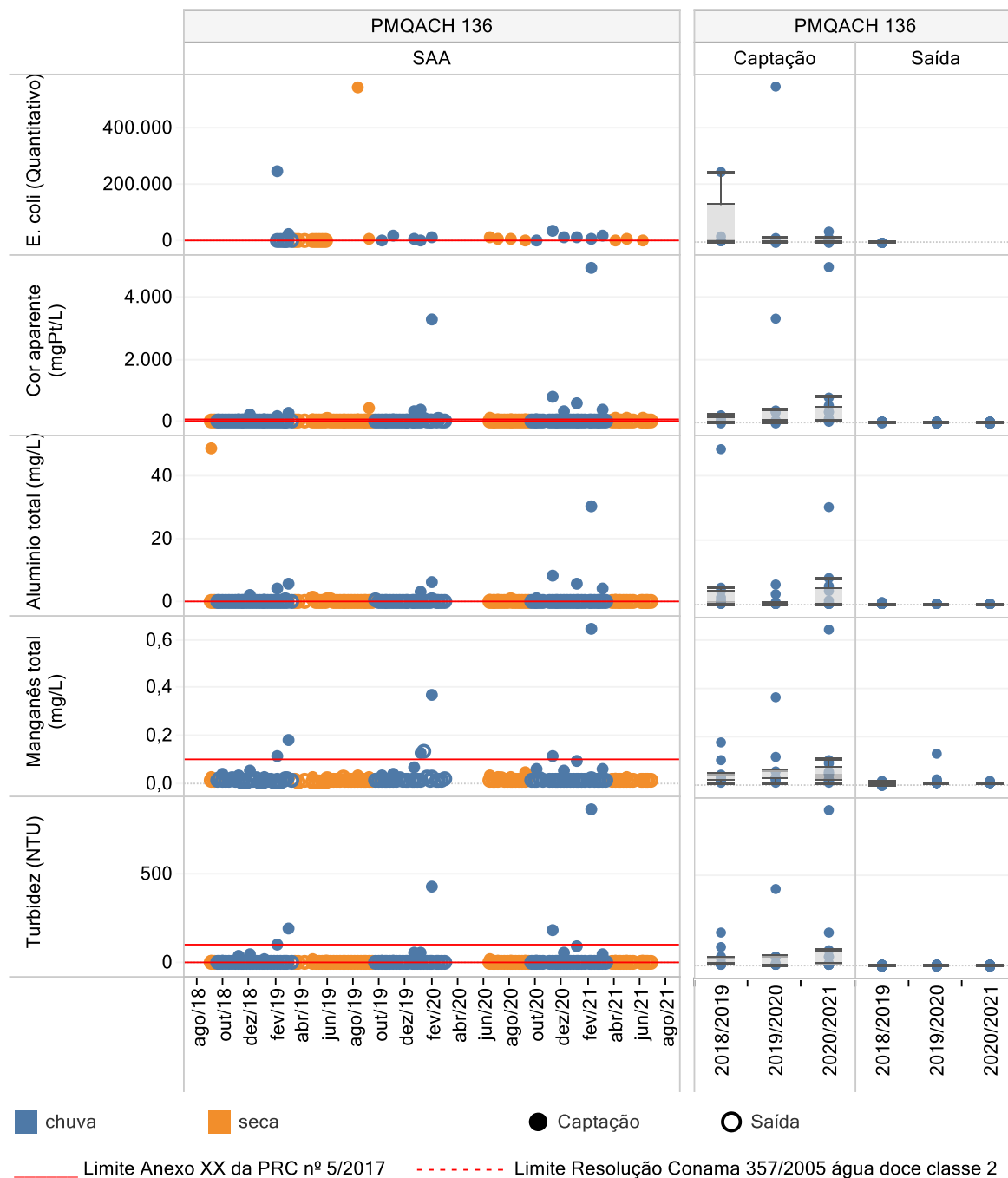
No ponto PMQACH 136, *E. coli* e coliformes totais apresentaram os resultados predominantemente “ausentes” ao longo de todo monitoramento. Coliformes totais apresentaram ocorrência em três ocasiões, sem padrão temporal ou sazonal evidente, e *E. coli* em duas ocasiões, exclusivamente na seca, em junho e julho de 2019 (**Figura 6-107**).

Figura 6-107 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 136, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco.



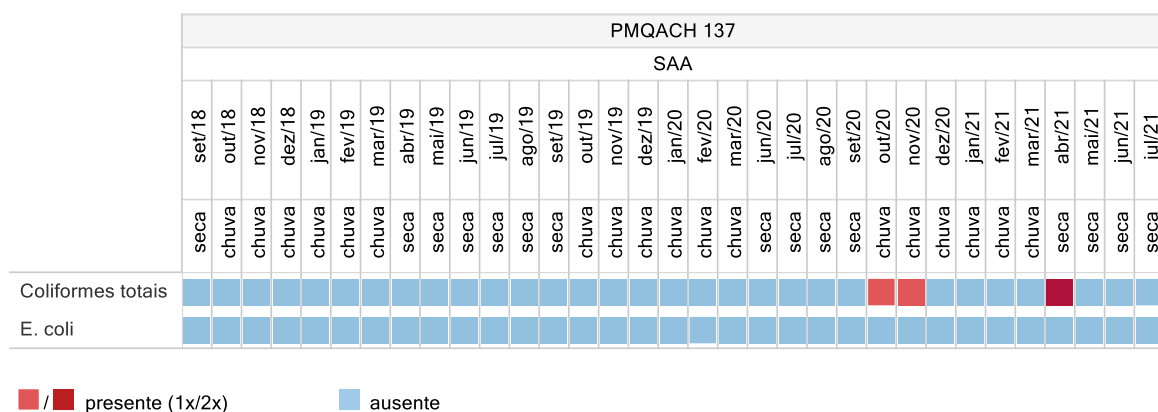
Em relação aos demais parâmetros de relevância em termos de violação para o ponto, observa-se valores mais elevados de manganês total, cor aparente e turbidez no período chuvoso na captação ($p < 0,05$) (**Figura 6-108**). Além disso, também é possível observar um aumento dos valores de cor aparente ao longo dos anos de monitoramento ($p < 0,05$) (**Figura 6-108**). Neste ponto, os dados de pós-filtração demonstraram um aumento dos valores de turbidez nos dois últimos anos ($p < 0,05$). Considerando os dados de saída, observa-se uma redução dos valores de alumínio total e cor aparente em 2020/2021 em relação aos anos anteriores, sendo que os resultados de alumínio total foram superiores na seca ($p < 0,05$) (**Figura 6-108**).

Figura 6-108 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 136, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco.



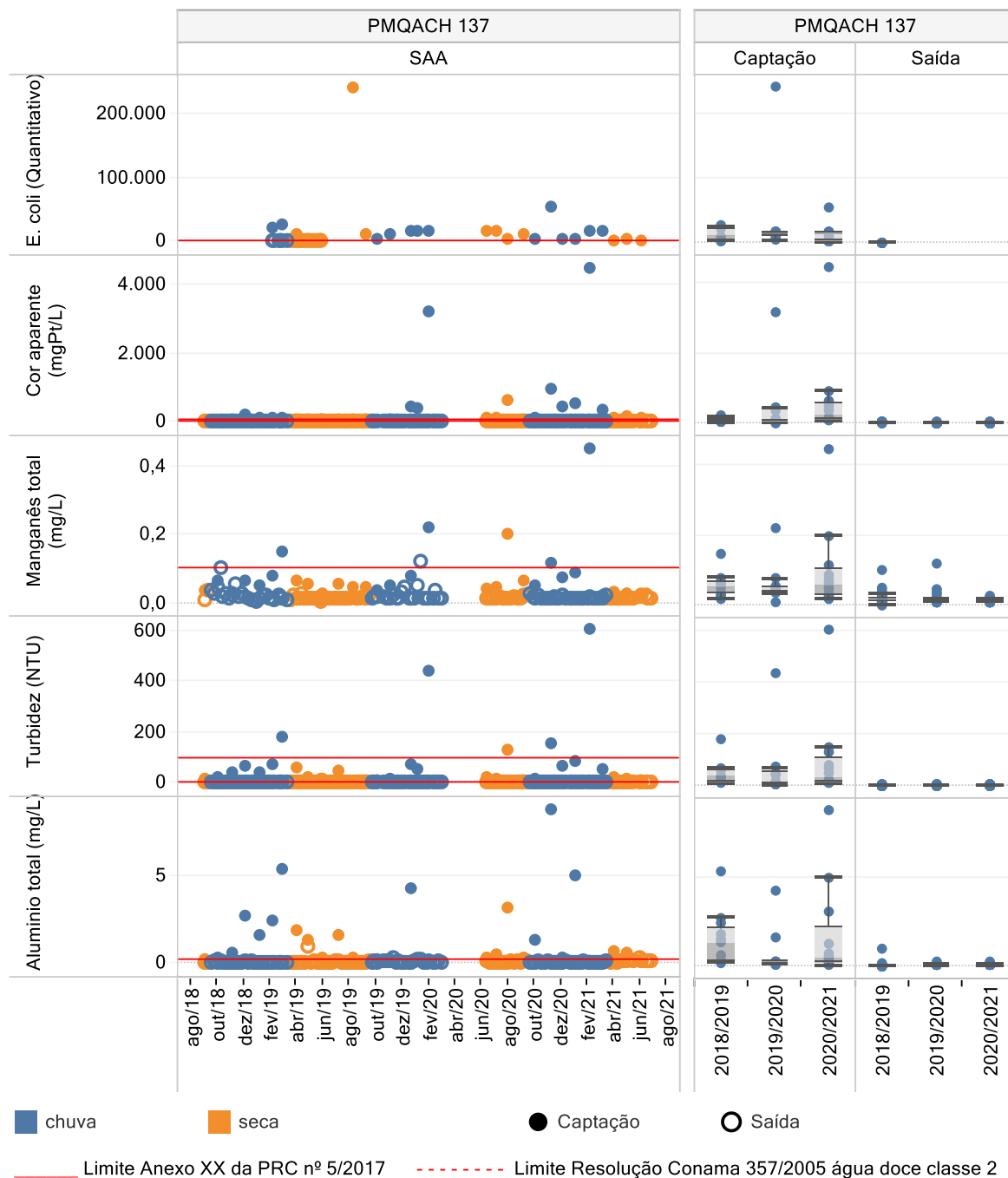
No ponto PMQACH 137, *E. coli* estiveram “ausentes” ao longo de todo monitoramento. Coliformes totais apresentaram os resultados predominantemente “ausentes”, com ocorrência em quatro ocasiões no ciclo de 2020/2021 (**Figura 6-109**).

Figura 6-109 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 137, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.



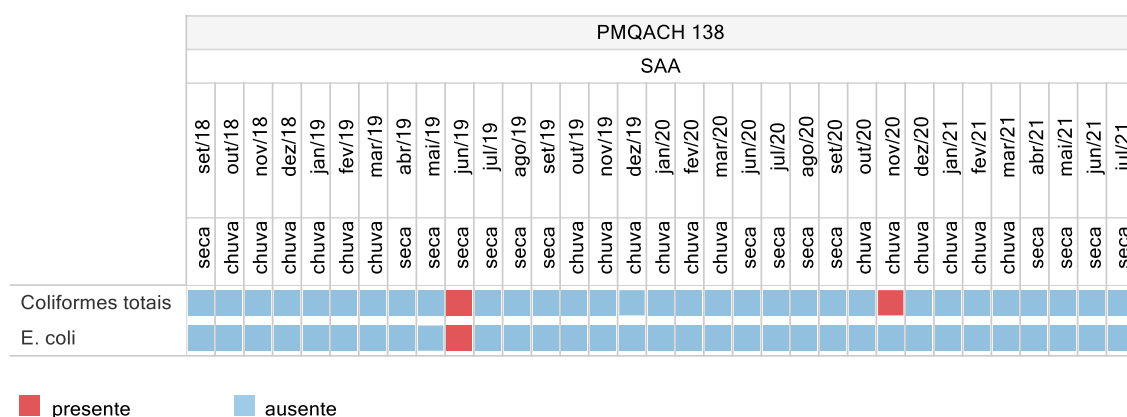
Em relação aos demais parâmetros de relevância em termos de violação para o ponto, observa-se valores mais elevados de manganês total, cor aparente e turbidez no período chuvoso na captação ($p < 0,05$) (**Figura 6-110**). Além disso, também é possível observar um aumento dos valores de cor aparente ao longos dos anos de monitoramento, o que também foi observado considerando os dados de saída ($p < 0,05$) (**Figura 6-110**).

Figura 6-110 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 137, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco.



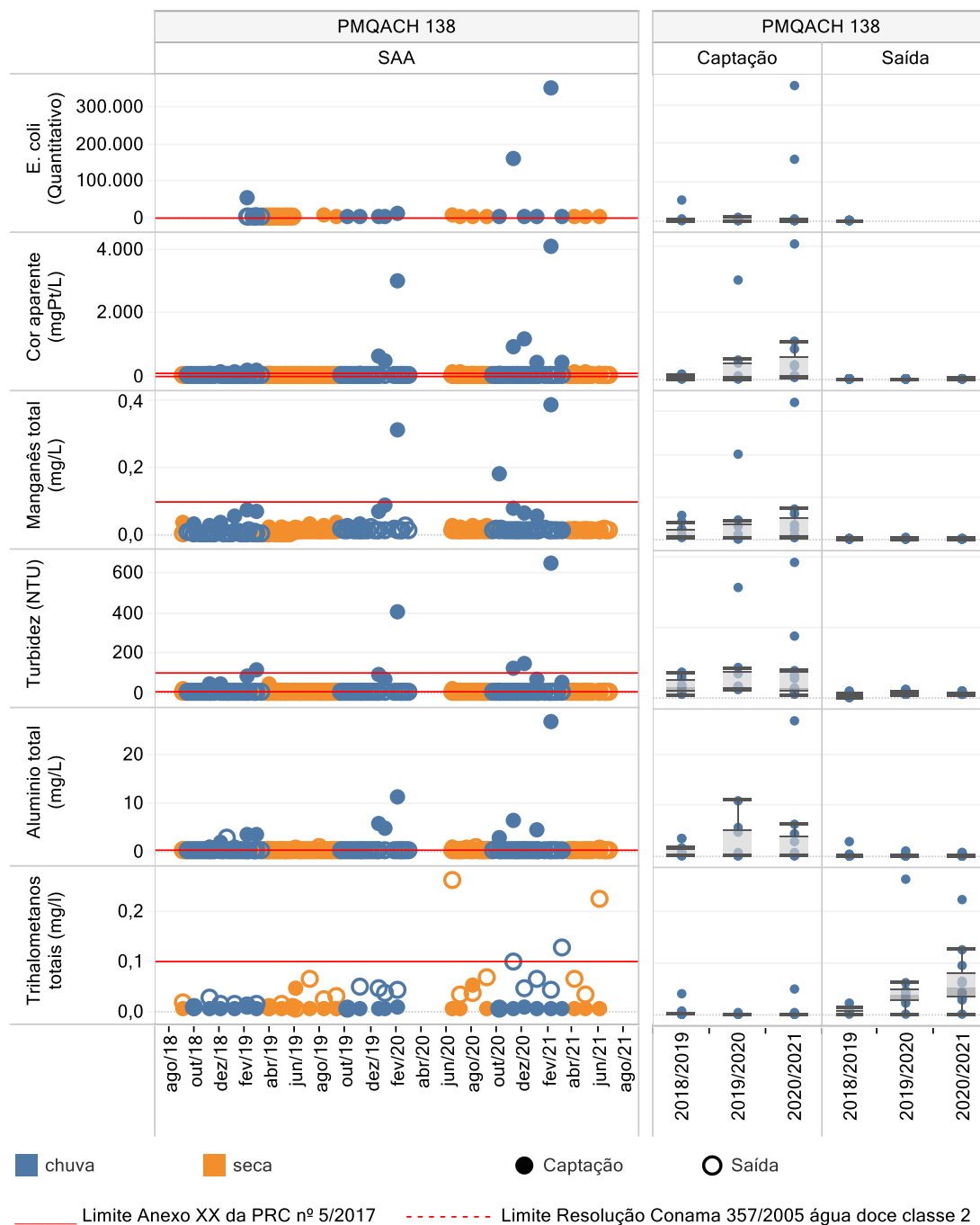
No ponto PMQACH 138, *E. coli* e coliformes totais estiveram predominantemente “ausentes” ao longo de todo monitoramento. Coliformes totais apresentaram duas ocorrências, sem padrão temporal ou sazonal evidente, enquanto *E. coli* apresentou somente uma ocorrência na seca, em junho de 2019 (**Figura 6-111**).

Figura 6-111 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 138, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco.



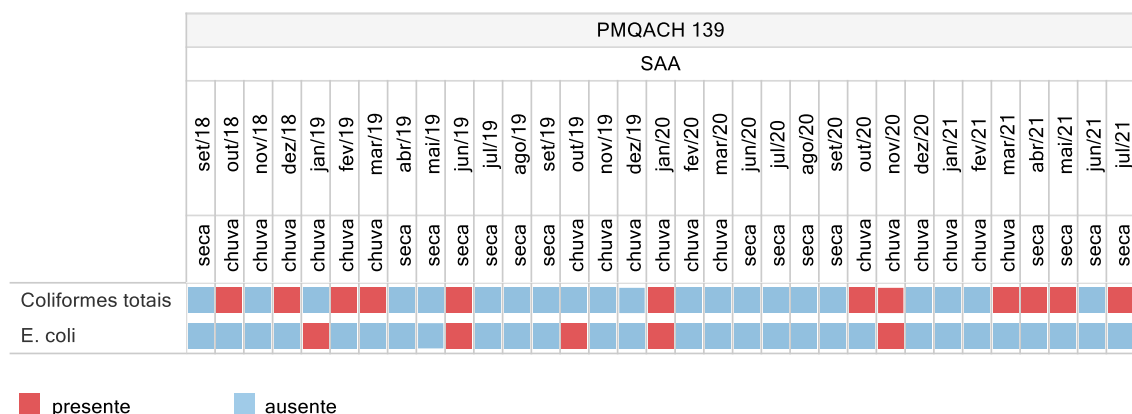
Em relação aos demais parâmetros de relevância em termos de violação para o ponto, observa-se valores mais elevados de alumínio total, manganês total, cor aparente e turbidez no período chuvoso na captação ($p < 0,05$) (**Figura 6-112**). Os resultados de alumínio total também foram superiores no período chuvoso na saída ($p < 0,05$) (**Figura 6-112**). Na captação, é possível observar um aumento dos valores de cor aparente em 2020/2021 comparando aos anos anteriores ($p < 0,05$) (**Figura 6-112**). Nesse ponto, os dados de pós-filtração apresentaram uma redução dos valores de turbidez em 2020/2021 em relação ao ano anterior. Na saída, é possível observar uma redução dos resultados de cor aparente ao longo dos anos, mas aumento das concentrações de trihalometanos e manganês total nos últimos dois anos avaliados em relação ao primeiro ($p < 0,05$) (**Figura 6-112**).

Figura 6-112 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 138, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco.



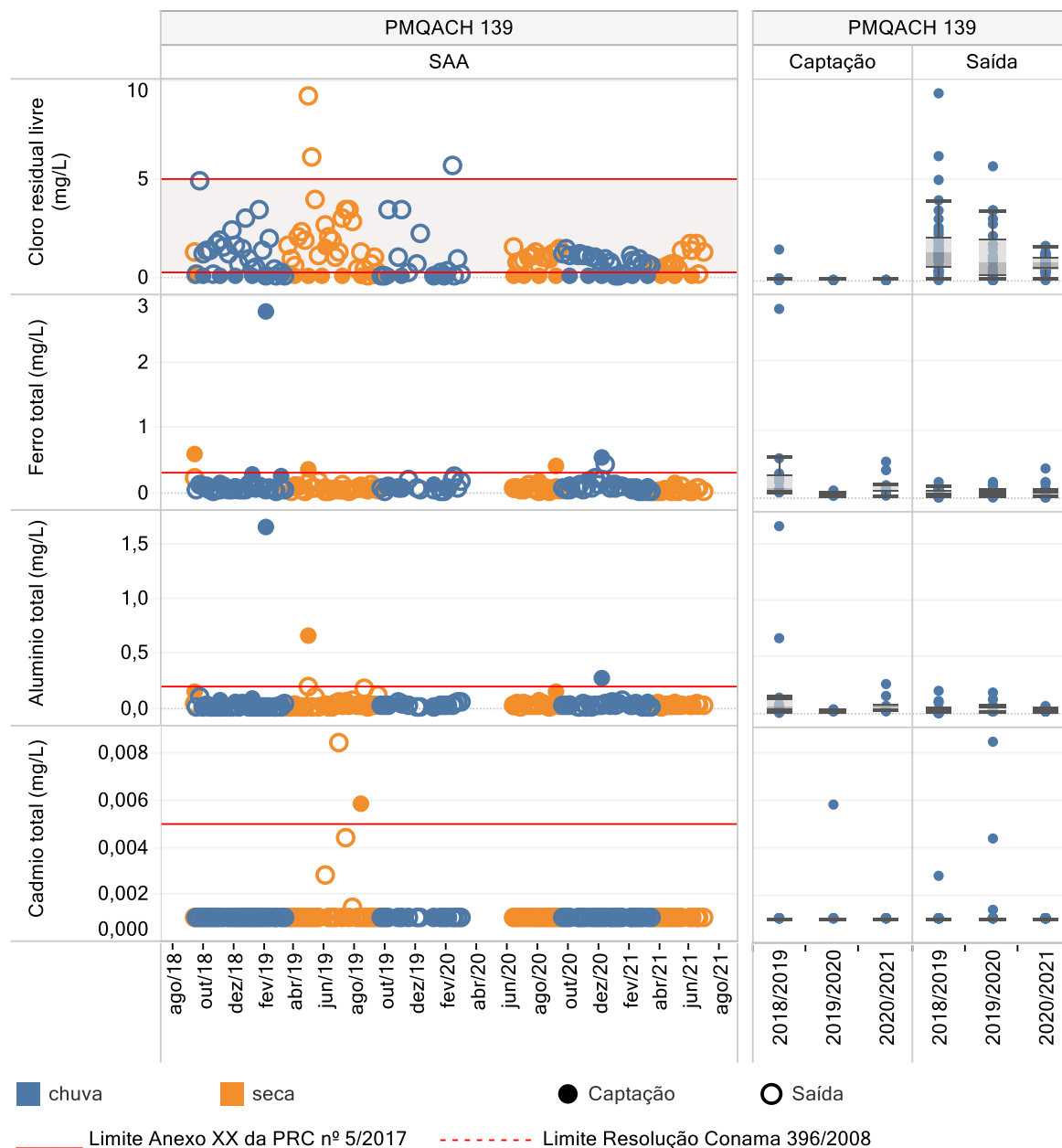
No ponto PMQACH 139, *E. coli* e coliformes totais estiveram “presentes” de forma mais frequente, com ocorrências ao longo do monitoramento e especialmente em períodos chuvosos (**Figura 6-113**).

Figura 6-113 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 139, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco.



Em relação aos demais parâmetros de relevância em termos de violação para o ponto, observa-se valores mais elevados de alumínio total e ferro total em 2020/2021 em relação ao ano anterior ($p < 0,05$) (**Figura 6-114**). Na saída, alumínio total, cádmio total e cloro residual livre apresentaram resultados mais elevados na seca, enquanto ferro total apresentaram resultados superiores no período chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-114**). Ainda considerando os dados de saída, observa-se redução das concentrações de alumínio total, cádmio total e cloro residual livre, especialmente em 2020/2021 ($p < 0,05$) (**Figura 6-114**).

Figura 6-114 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 139, localizado no município de Governador Valadares, e sua variação entre período chuvoso e seco.



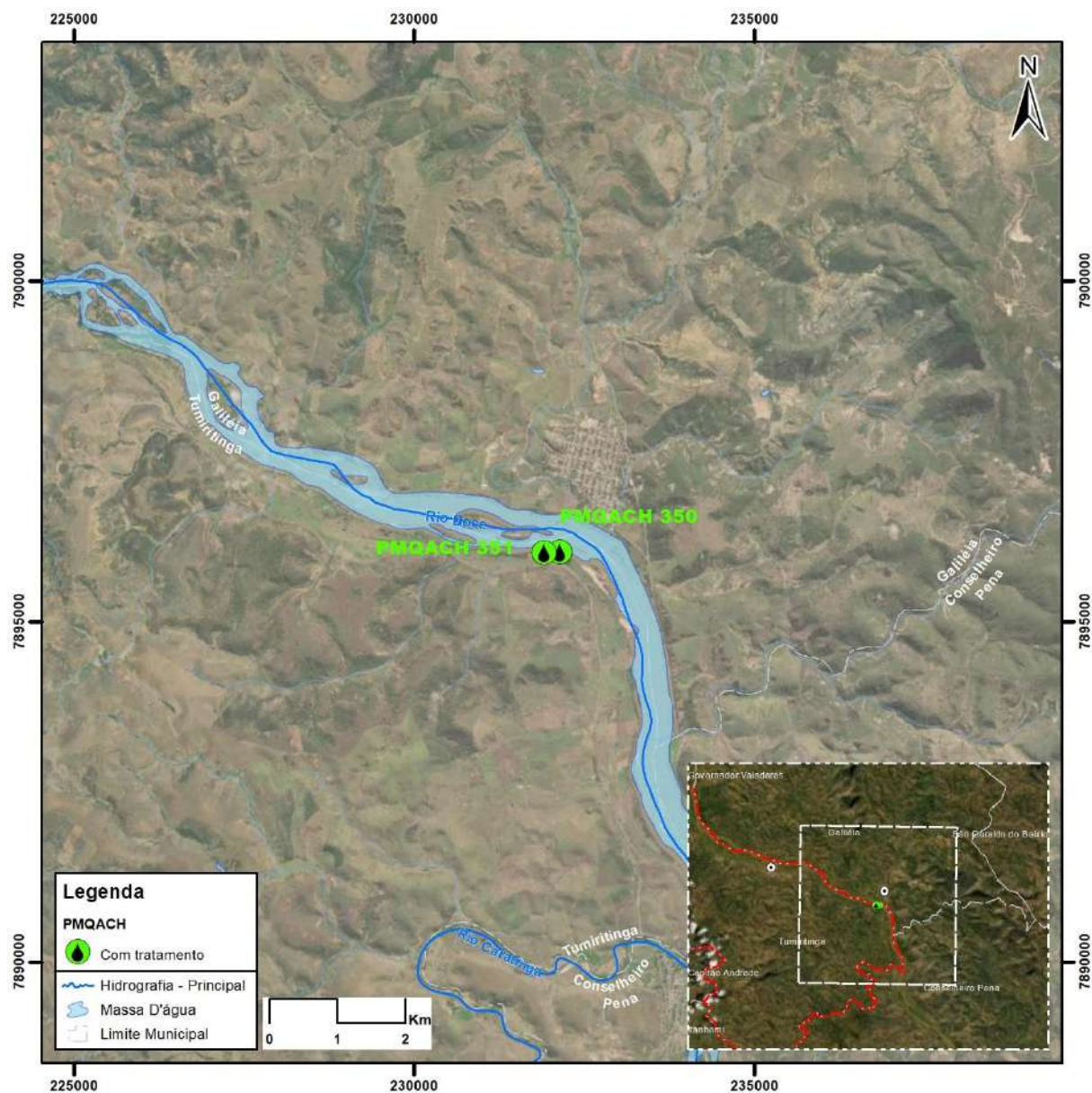
6.14 - Tumiritinga

No município de Tumiritinga-MG, foram considerados os 02 (dois) pontos ativos, que possuem sistema de abastecimento de Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e com tratamento de água (**Figura 6-115 e Quadro 6-14**).

Quadro 6-14 - Características dos pontos do município de Tumiritinga considerados no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 350	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA nº 357/2005 e Anexo XX da PRC nº 5/2017
PMQACH 351	Subterrânea	SAA	Com tratamento	Captação e Saída	CONAMA nº 396/2008 e Anexo XX da PRC nº 5/2017

Figura 6-115 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Tumiritinga-MG.



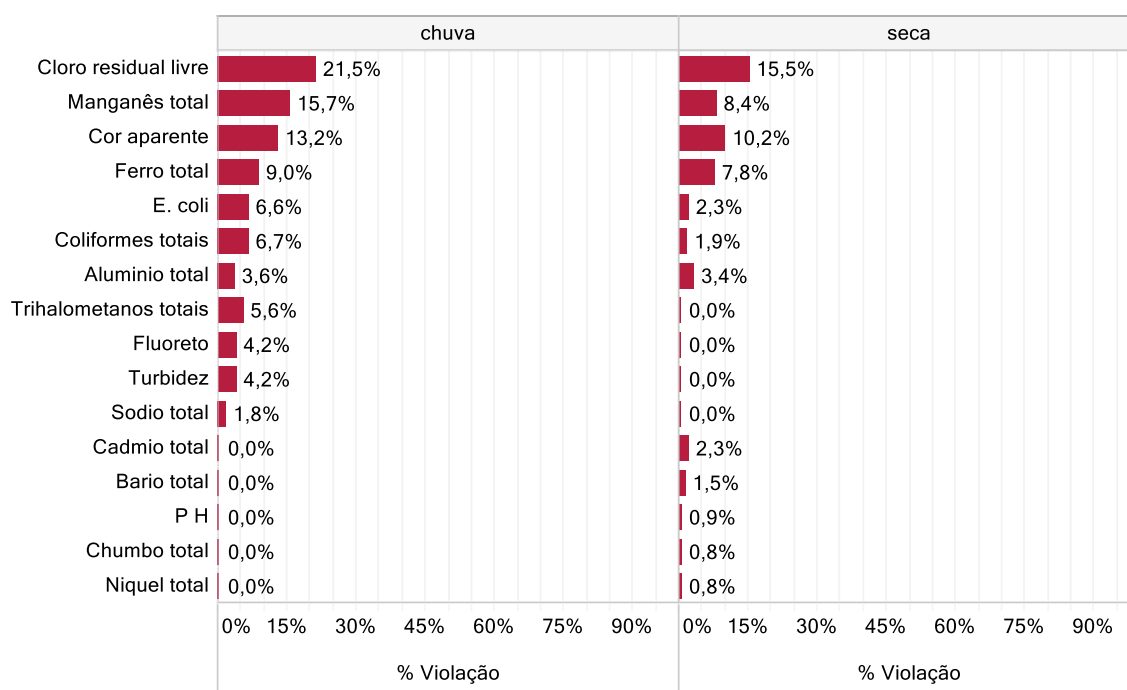
6.14.1 - Pontos com tratamento

6.14.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Tumiritinga-MG, o parâmetro cloro residual livre apresentou os maiores percentual de violação em ambos períodos (seca e chuva), sendo superior na chuva (21,5%) (**Figura 6-116**). Outros parâmetros apresentaram percentual total de violação superior na chuva, sendo eles: manganês total (15,7%), cor aparente (13,2%), ferro total (9%), *E. coli* (6,6%), coliformes totais (6,7%) e alumínio total (3,6%) (**Figura 6-116**). Os percentuais de violação dos metais podem estar associados a ausência e/ou reduzida preservação de mata ciliar, o que facilita o carreamento dos metais do solo para a água, sendo estes de ocorrência natural da bacia do Rio Doce (ECOPLAN-LUME, 2010; MARMONTEL & RODRIGUES, 2015). A inexistência de mata ciliar também pode aumentar a turbidez e a cor dos recursos hídricos e, além disso, a presença dos metais em suas formas oxidadas também podem contribuir para o aumento da cor (RICHTER & AZEVEDONETO, 1991; ALVES et al., 2008). A presença de coliformes e *E. coli* estão, geralmente, relacionadas a despejo de esgoto doméstico ou criação de animais. De acordo com os dados do IBGE (2010), o município de Tumiritinga-MG apresenta somente 33% de esgotamento sanitário, possuindo dois tipos de tratamento de esgoto: convencional e não convencional. O convencional contempla as etapas de floculação, decantação, filtração, desinfecção e o não convencional, não constam todas essas etapas. Além do baixo percentual de esgotamento sanitário, vale destacar que a taxa de esgotamento sanitário não reflete sua eficiência, ou seja, um tratamento ineficiente ainda terá como resultado o lançamento de matéria orgânica e patógenos nos recursos hídricos.

Os demais parâmetros apresentaram baixos percentuais de violação, sendo que trihalometanos totais (5,6%), fluoreto e turbidez (4,2%) e sódio total (1,8%) apresentaram violação exclusivamente no período chuvoso, enquanto cádmio total (2,3%), bário total (1,5%), pH (0,9%), chumbo total, mercúrio total e níquel total (0,8%) apresentaram violações exclusivamente no período de seca (**Figura 6-116**).

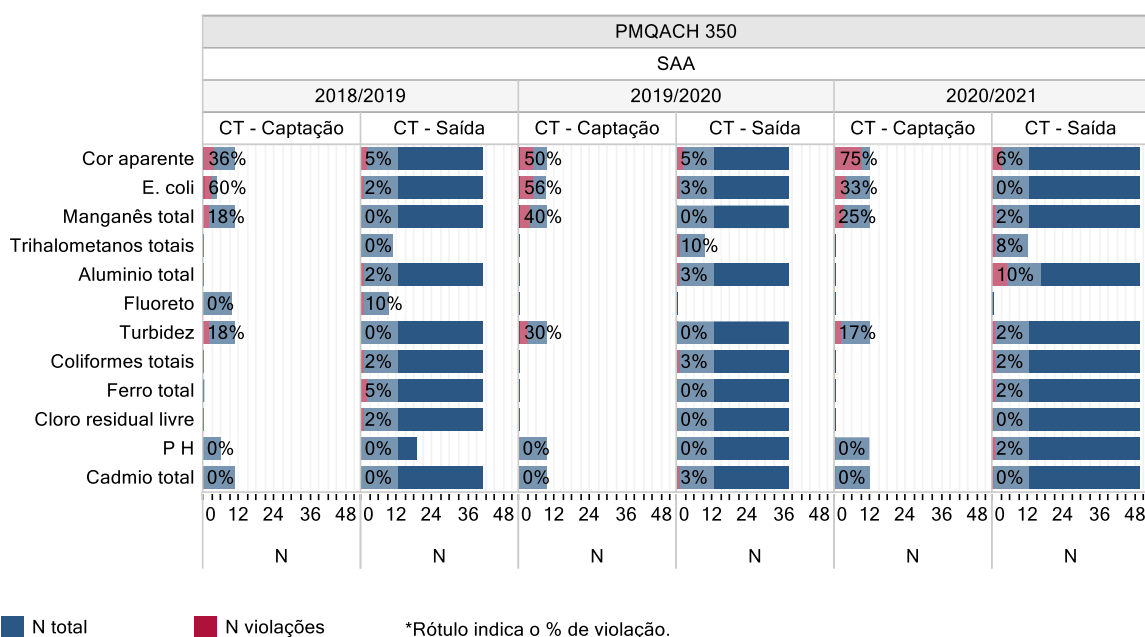
Figura 6-116 - Percentual total de violação no município de Tumiritinga-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



No ponto PMQACH 350, que apresenta abastecimento tipo SAA e captação superficial, os parâmetros que apresentaram maiores percentuais de violação foram cor aparente, *E. coli* e manganês total, especialmente na captação. Observa-se um aumento do percentual de violação de cor aparente ao longo dos anos, com máximo em 2020/2021 (75%; 9 violações de um total de 12 amostras) (**Figura 6-117**). *E. coli*, por outro lado, apresentou uma redução, com mínimo em 2020/2021 na captação (33%; 4 violações de um total de 12 amostras). Ainda considerando a captação, manganês total e turbidez não apresentaram um padrão claro de redução ou aumento, sendo que no último ciclo (2020/2021), seus percentuais foram de 25% (3 violações de um total de 12 amostras) e 17% de violação (2 violações de um total de 12 amostras), respectivamente (**Figura 6-117**). Considerando os dados de saída, os

percentuais de violação estiveram < 10%, sendo que no último ciclo avaliado (2020/2021) os parâmetros que violaram foram: alumínio total (10%; 5 violações de um total de 50 amostras), trihalometanos totais (8%; 1 violação de um total de 12 amostras), cor aparente (6%; 3 violações de um total de 50 amostras), manganês total, turbidez, coliformes totais, ferro total e pH (2%; 1 violação de um total de 50 amostras) (**Figura 6-117**).

Figura 6-117 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 350 localizado no município de Tumiritinga-MG entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



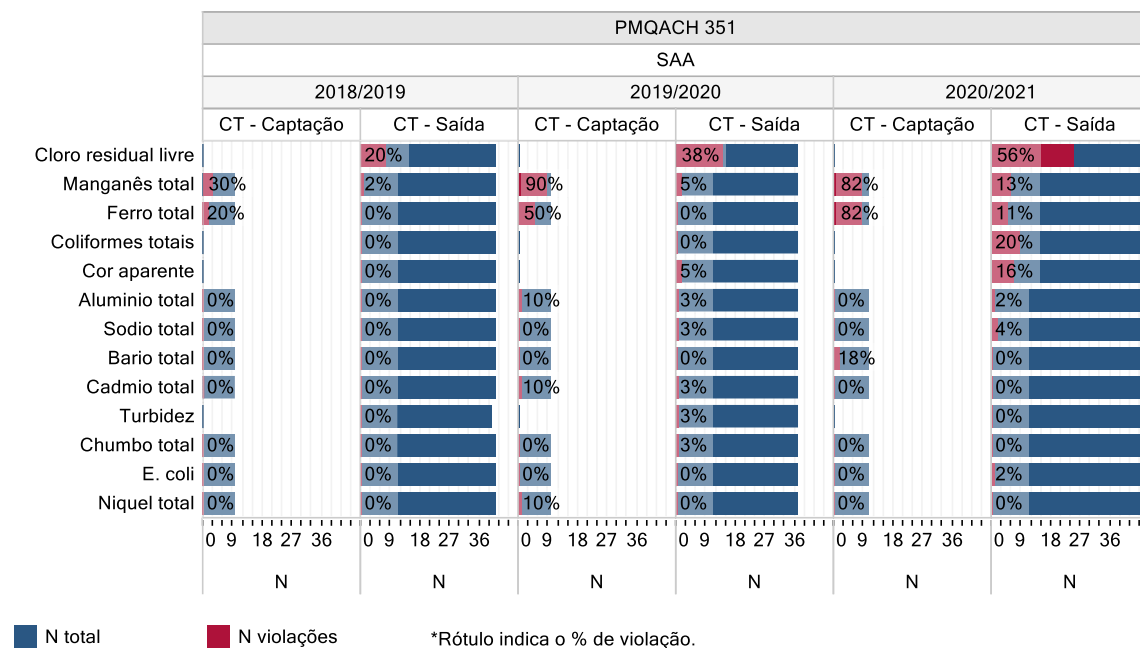
Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 351, que possui abastecimento tipo SAA e captação subterrânea, destacaram-se manganês total e ferro total na captação e cloro residual livre na saída (**Figura 6-118**). Considerando os dados de saída, cloro residual apresentou um aumento do percentual de violação ao longo do tempo, apresentando seu máximo (56%; 25 violações de um total de 45 amostras) no último período avaliado. Demais parâmetros que apresentaram violação na

saída para o ciclo avaliado foram: coliformes totais (20%; 9 violações de um total de 45 amostras), cor aparente (16%; 7 violações de um total de 45 amostras), manganês total (13%; 6 violações de um total de 45 amostras), ferro total (11%; 5 violações de um total de 45 amostras), sódio total (4%; 2 violações de um total de 45 amostras), alumínio total e *E. coli* (2%; 1 violação de um total de 45 amostras) (**Figura 6-118**). Considerando os dados de captação, observa-se um aumento nos percentuais de ferro total, que apresentou seu máximo em 2020/2021 (82%; 9 violações de um total de 11 amostras), sendo este mesmo valor observado para o manganês total no último período avaliado (**Figura 6-118**). Na captação em 2020/2021, além de manganês total e ferro total, bário total também apresentou violação (18%; 2 violações de um total de 11 amostras) (**Figura 6-118**). Demais parâmetros apresentaram percentuais inferiores (< 10%) e somente nos dois primeiros anos do monitoramento (**Figura 6-118**).

A turbidez avaliada nas amostras de pós-filtração apresentou uma (01) violação em um total de 40 amostras investigadas em 2018/2019, resultando em um percentual de 3% de violação. Em 2019/2020 e 2020/2021, o parâmetro não apresentou violação aos limites legais aplicáveis.

Figura 6-118 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 351 localizado no município de Tumiritinga-MG, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

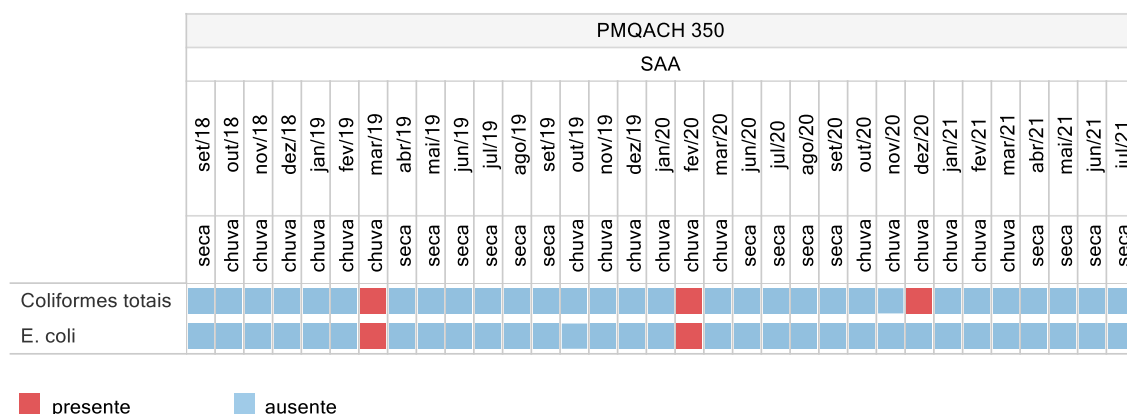


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.14.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

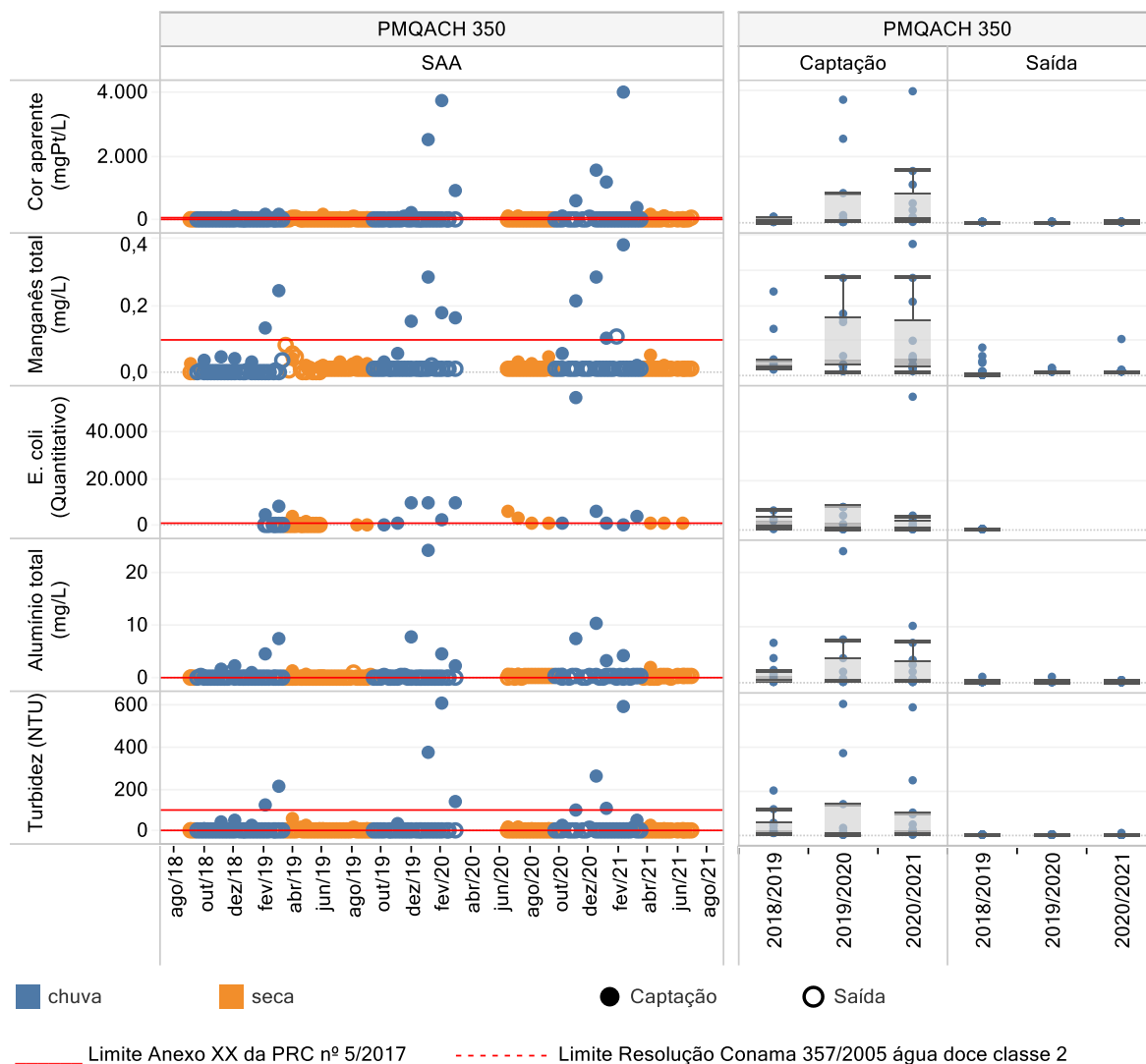
No ponto PMQACH 350, *E. coli* e coliformes totais apresentaram os resultados predominantemente “ausentes” ao longo de todo monitoramento, sendo que resultados “presentes” aconteceram exclusivamente durante períodos chuvosos (**Figura 6-119**).

Figura 6-119 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 350, localizado no município de Tumiritinga, e sua variação entre período chuvoso e seco.



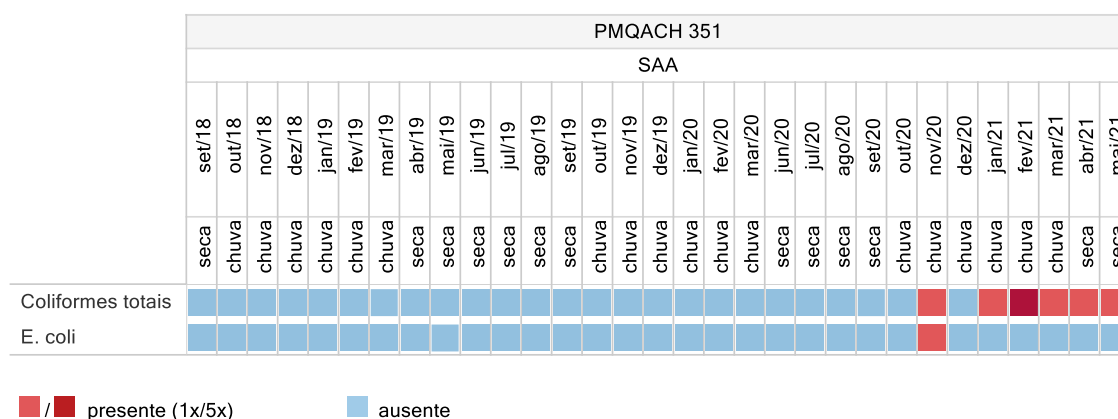
Não foi observado padrão claro de redução ou aumento ao longo do tempo para os parâmetros mais importantes em termos de violação para o ponto considerando os dados de captação e saída ($p > 0,05$) (**Figura 6-120**). No entanto, é possível identificar a influência da sazonalidade nas concentrações de alumínio total, cor aparente, manganês total e turbidez nos dados de captação, que apresentaram resultados superiores durante o período chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-120**). A correlação positiva entre estes parâmetros pode estar relacionada a precipitação dos elementos em suas formas oxidadas (RICHTER & AZEVEDONETO, 1991), que contribuem para formação de cor no recurso hídrico (ALVES et al., 2008). Além disso, na presença de matéria orgânica, os elementos podem se apresentar no estado coloidal e refletirem a luz na coluna d’água, levando a um aumento da turbidez (ALVES et al., 2008).

Figura 6-120 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 350, localizado no município de Tumiritinga, e sua variação entre período chuvoso e seco.



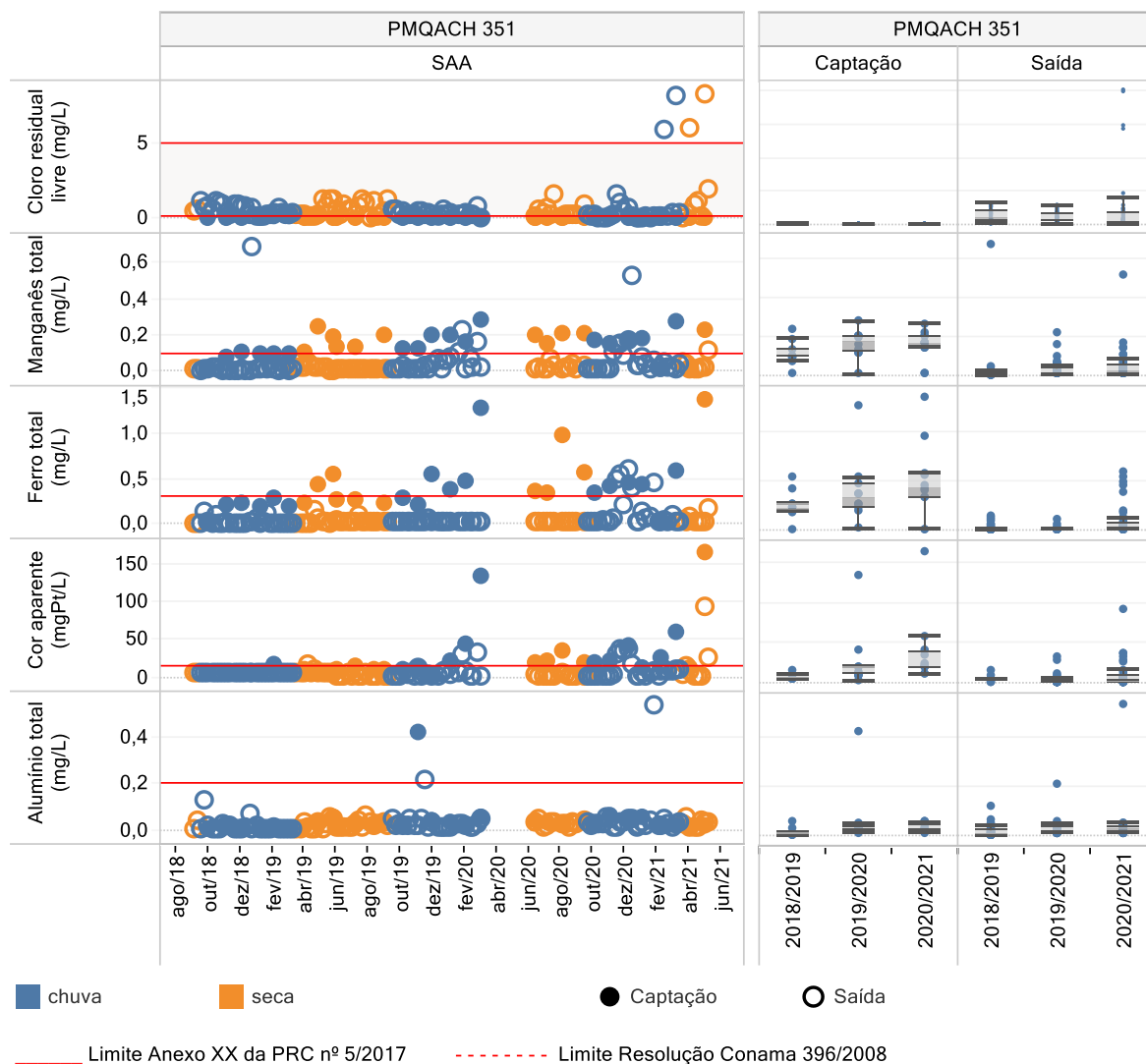
No ponto PMQACH 351, *E. coli* e coliformes totais apresentaram os resultados predominantemente “ausentes” ao longo de todo monitoramento, sendo que resultados “presentes” aconteceram exclusivamente no ciclo de 2020/2021 (**Figura 6-121**).

Figura 6-121 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 351, localizado no município de Tumiritinga, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.



Foi observado neste ponto um aumento nas concentrações de cor aparente ao longo do tempo, tanto considerando os dados de captação quanto de saída ($p < 0,05$), com uma frequência de ocorrência de dados mais elevados em 2020/2021 (**Figura 6-122**). O parâmetro cor aparente demonstrou concentrações superiores durante o período chuvoso, mas esse padrão somente foi significativo considerando os dados de saída ($p < 0,05$) (**Figura 6-122**). Na saída foi observado um aumento das concentrações de ferro total ao longo do tempo ($p < 0,05$) (**Figura 6-122**). Por fim, na captação foi observada uma redução das concentrações do cloro residual livre ao longo dos anos ($p < 0,05$) (**Figura 6-122**). No entanto, cabe destacar que as menores concentrações de cloro residual observadas na captação resultaram em desconformidade com a legislação, não atendendo o limite inferior legal.

Figura 6-122 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 351, localizado no município de Tumiritinga, e sua variação entre período chuvoso e seco.



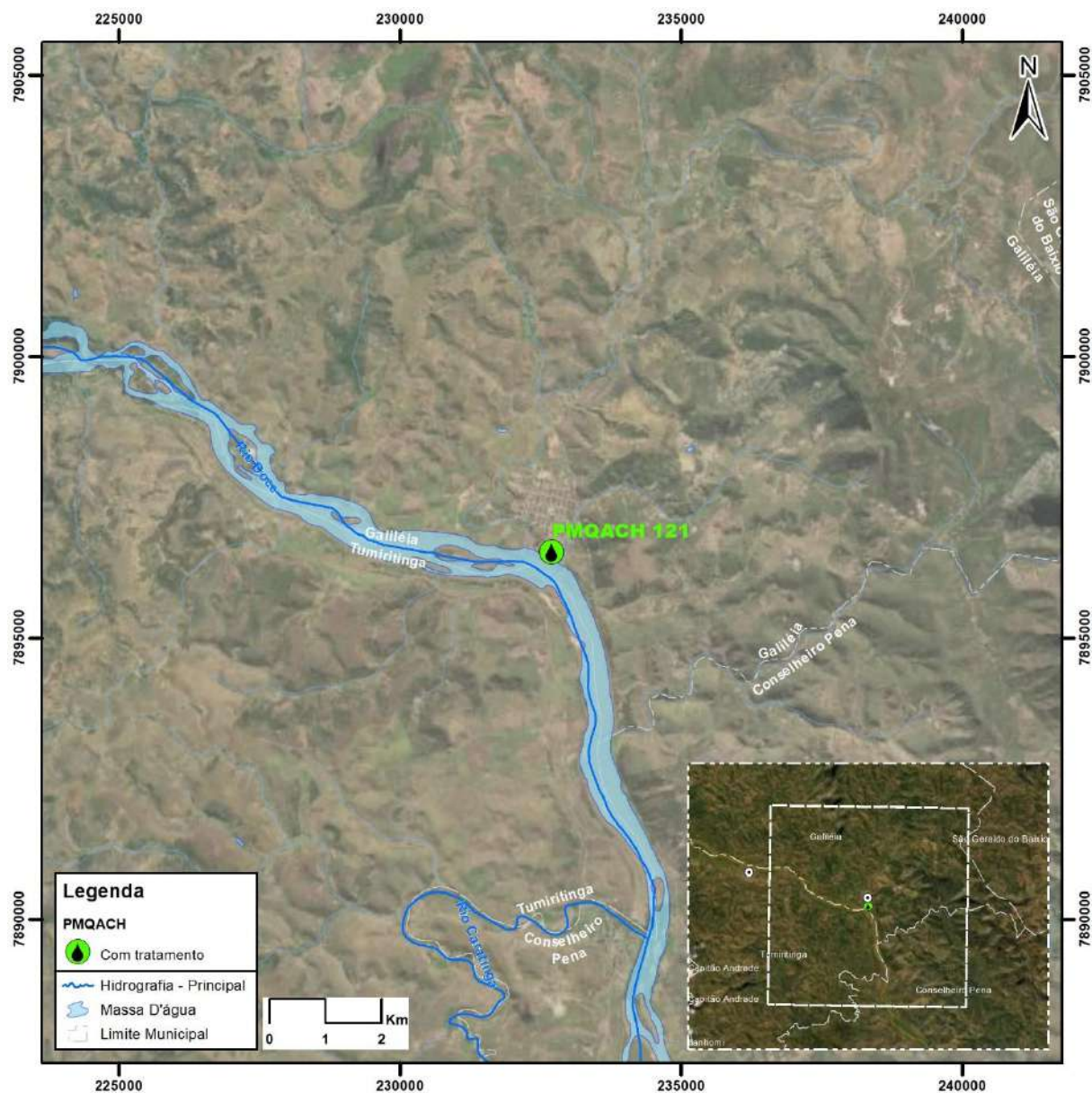
6.15 - Galiléia

No município de Galiléia-MG, foi considerado 01 (um) ponto ativo, que possui abastecimento do tipo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e com tratamento de água (Figura 6-123 e Quadro 6-15).

Quadro 6-15 - Características dos pontos do município de Galiléia considerados no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 121	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA nº 357/2005 e Anexo XX da PRC nº 5/2017

Figura 6-123 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Galiléia-MG.

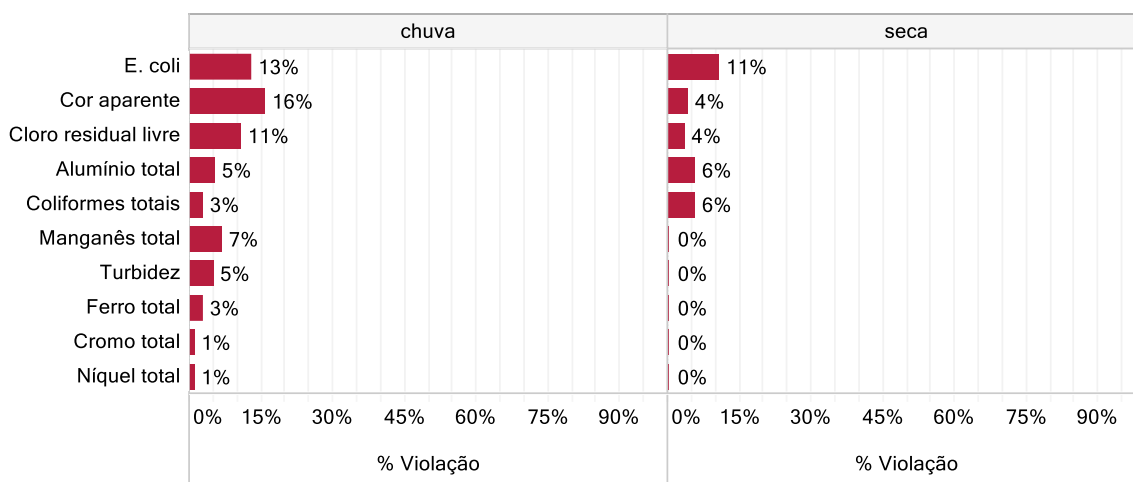


6.15.1 - Pontos com tratamento

6.15.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Galiléia-MG, os parâmetros com os maiores percentuais de violação foram *E. coli*, cor aparente e cloro residual livre (**Figura 6-124**). Apesar dos baixos percentuais, as violações do cloro residual livre podem estar relacionadas as violações de *E. coli* e coliformes totais, visto que a concentração de cloro adicionada durante o tratamento pode estar sendo insuficiente para remoção desses patógenos. Em geral, no período chuvoso, a ocorrência de violação dos parâmetros avaliados foi maior em comparação com a seca (**Figura 6-124**). No período de chuva, os resultados mostraram que o manganês total violou em 7%, seguido por alumínio total e turbidez (5%), coliformes totais e ferro total (3%), cromo total e níquel total (1%) (**Figura 6-124**). Em períodos em que a ocorrência da precipitação é mais elevada, ocorre maior carreamento de substâncias e matéria para o ambiente aquático. Na seca, coliformes totais e alumínio total apresentaram percentuais de violação em 6%, seguidos por cor aparente e cloro residual livre com violação de 4% (**Figura 6-124**).

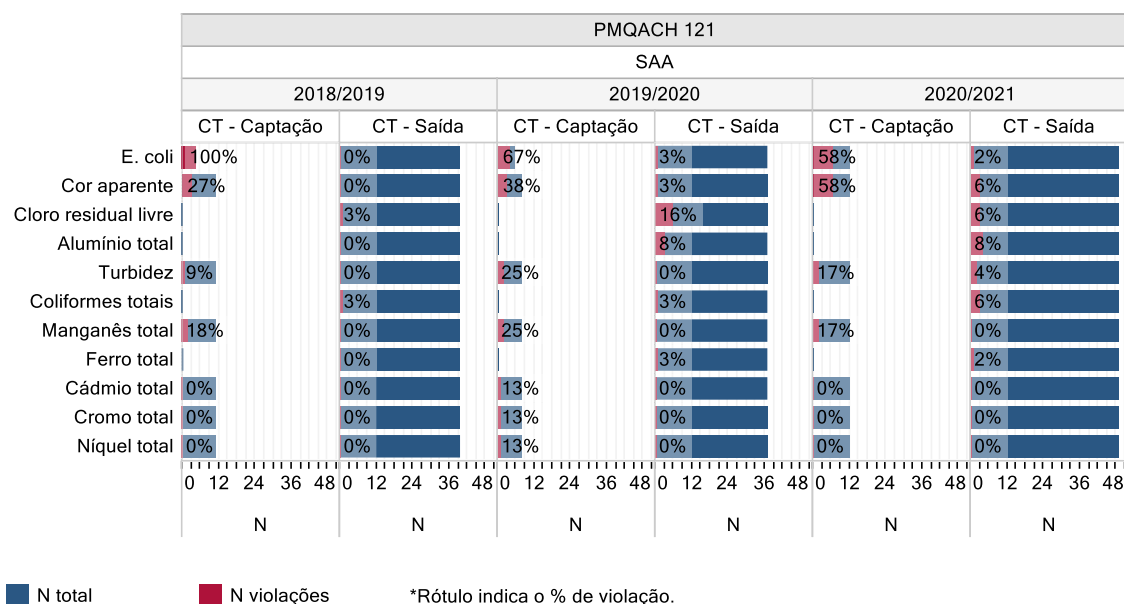
Figura 6-124 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Galiléia-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



No ponto PMQACH 121, de abastecimento tipo SAA e captação superficial, no ciclo de 2020/2021, os parâmetros que apresentaram maiores percentuais de violação na captação foram *E. coli* e cor aparente, com 58% (7 violações de um total de 12 amostras) (**Figura 6-125**). É possível identificar uma redução do percentual de violação de *E. coli* na captação ao longo do tempo e o oposto foi observado para cor aparente. Além destes, manganês total e turbidez violaram em 17% na captação em 2020/2021 (2 violações de um total de 12 amostras). Na saída, o parâmetro com maior violação foi alumínio total (8%; 4 violações de um total de 49 amostras), seguido por cor aparente, coliformes totais e cloro residual livre (6%; 3 violações de um total de 49 amostras), ferro total e *E. coli* (2%; 1 violação de um total de 49 amostras) (**Figura 6-125**). Além destes parâmetros, cádmio total, cromo total e níquel total apresentaram violação somente em 2019/2020, com 13% (1 violação de um total de 8 amostras) (**Figura 6-125**). Cabe destacar que neste ponto, a turbidez apresentou uma ocorrência de violação considerando as amostras de pós-filtração em 2020/2021.

A turbidez avaliada nas amostras de pós-filtração apresentou uma (01) violação em um total de 49 amostras investigadas em 2020/2021, resultando em um percentual de 2% de violação. Em 2018/2019 e 2019/2020, o parâmetro não apresentou violação aos limites legais aplicáveis.

Figura 6-125 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 121, localizado no município de Galiléia-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.

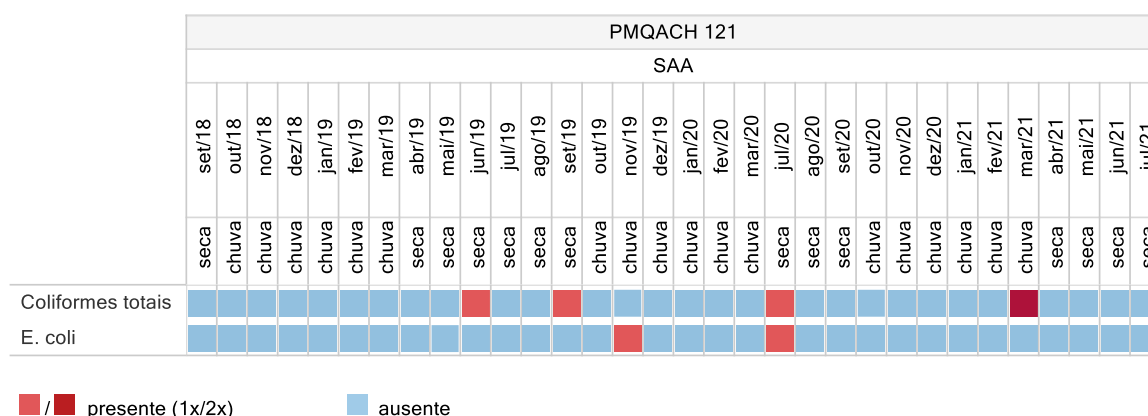


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.15.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

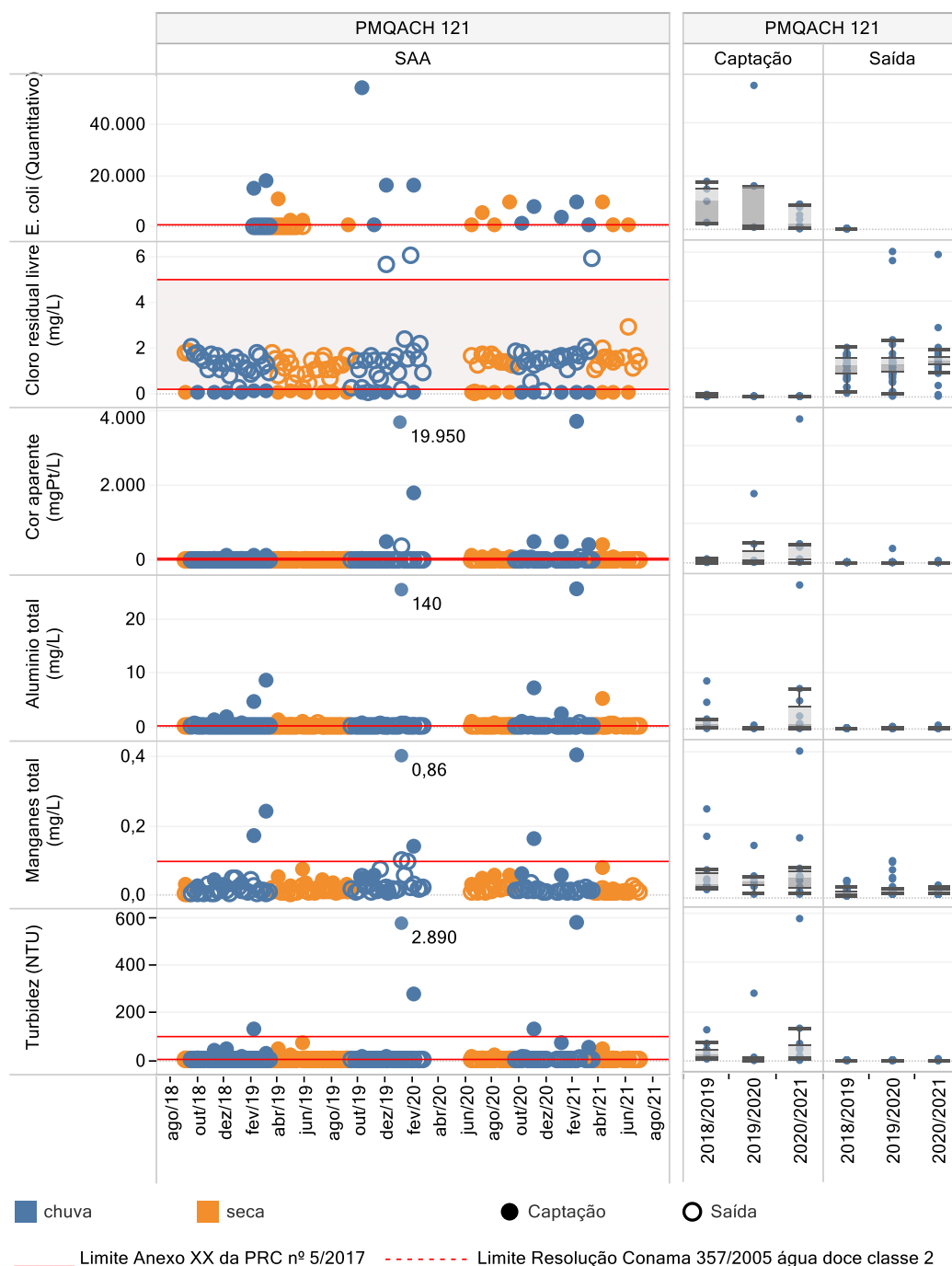
No ponto PMQACH 121, *E. coli* e coliformes totais apresentaram os resultados predominantemente “ausentes” ao longo de todo monitoramento, sem padrão evidente temporalmente (ao longo dos anos) ou sazonalmente (entre os ciclos hidrológicos) (Figura 6-126).

Figura 6-126 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 121, localizado no município de Alpercata, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.



Em relação aos demais parâmetros relevantes em termos de violação para o ponto, observa-se redução dos valores de cloro residual livre na captação ($p < 0,05$), sendo que o oposto foi observado na saída, especialmente considerando os dois últimos anos ($p < 0,05$) (**Figura 6-127**). Cabe destacar que as menores concentrações de cloro residual observadas na captação resultaram em desconformidade com a legislação, não atendendo o limite inferior legal. Os resultados de alumínio total e cor aparente apresentaram um aumento dos valores nos últimos anos na saída, enquanto manganês apresentou uma redução das concentrações no último ano avaliado ($p < 0,05$) (**Figura 6-127**). Em relação aos períodos hidrológicos, a captação foi mais fortemente influenciada pela precipitação, apresentando valores mais elevados de alumínio, cor aparente, *E. coli* e turbidez ($p < 0,05$) (**Figura 6-127**). Na saída, somente o manganês total apresentou resultados superiores no período chuvoso em comparação com a seca ($p < 0,05$) (**Figura 6-127**). Por fim, neste ponto, também foi possível identificar aumento dos valores de turbidez nos últimos dois anos considerando os dados de pós-filtração ($p < 0,05$).

Figura 6-127 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 121, localizado no município de Alpercata, e sua variação entre período chuvoso e seco.



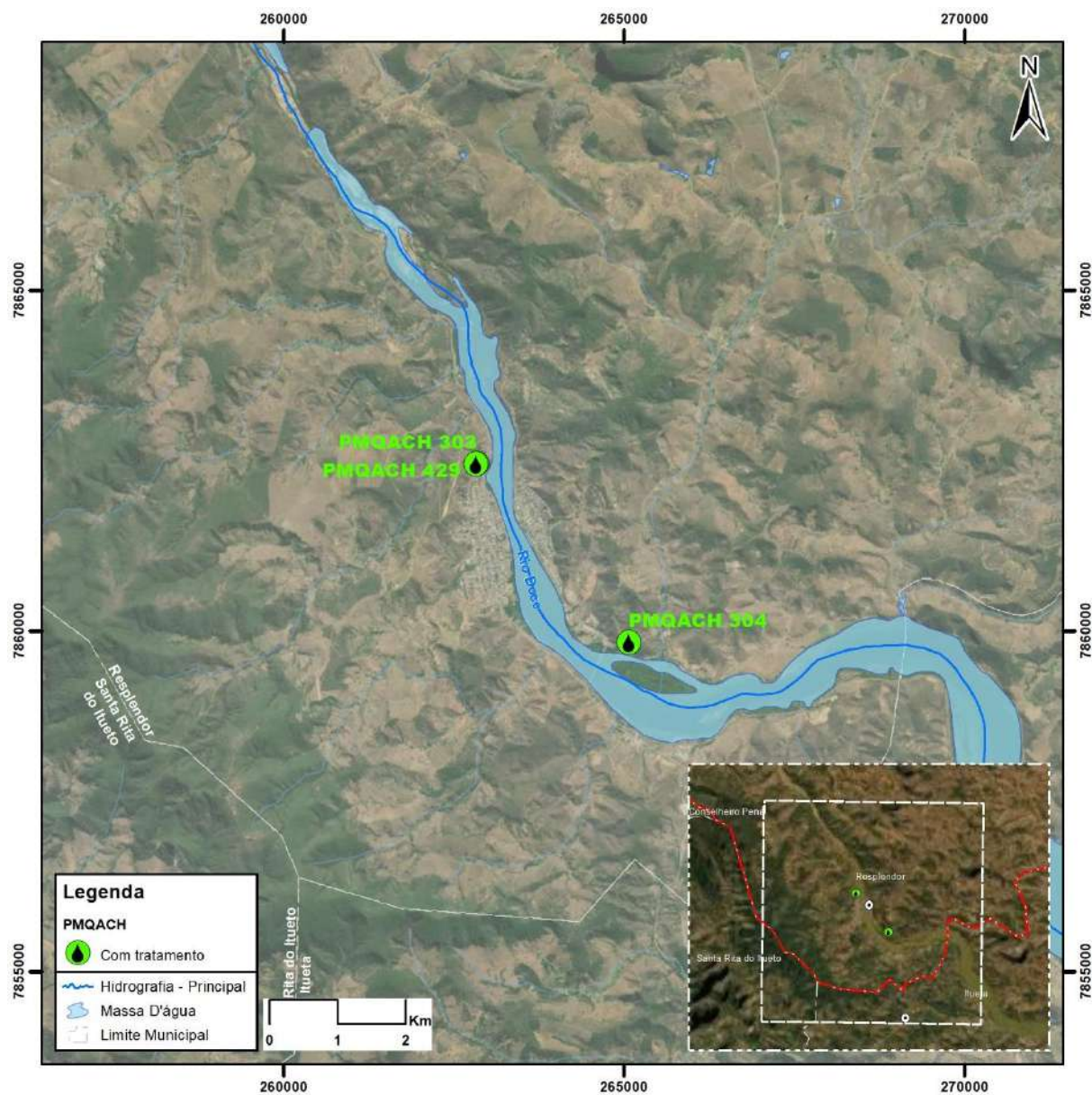
6.16 - Resplendor

No município de Resplendor-MG, foram considerados os 02 (dois) pontos ativos, sendo dois (02) com abastecimento do tipo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e um (01) do tipo Soluções Alternativas Coletivas (SAC), e todos com tratamento de água (**Figura 6-128 e Quadro 6-16**).

Quadro 6-16 - Características dos pontos do município de Resplendor considerados no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 303	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017
PMQACH 429	Subterrânea	SAA	Com tratamento	Captação	CONAMA n° 396/2008
PMQACH 304	Subterrânea	SAC	Com tratamento	Captação e Saída	CONAMA n° 396/2008 e Anexo XX da PRC n° 5/2017

Figura 6-128 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Resplendor-MG.

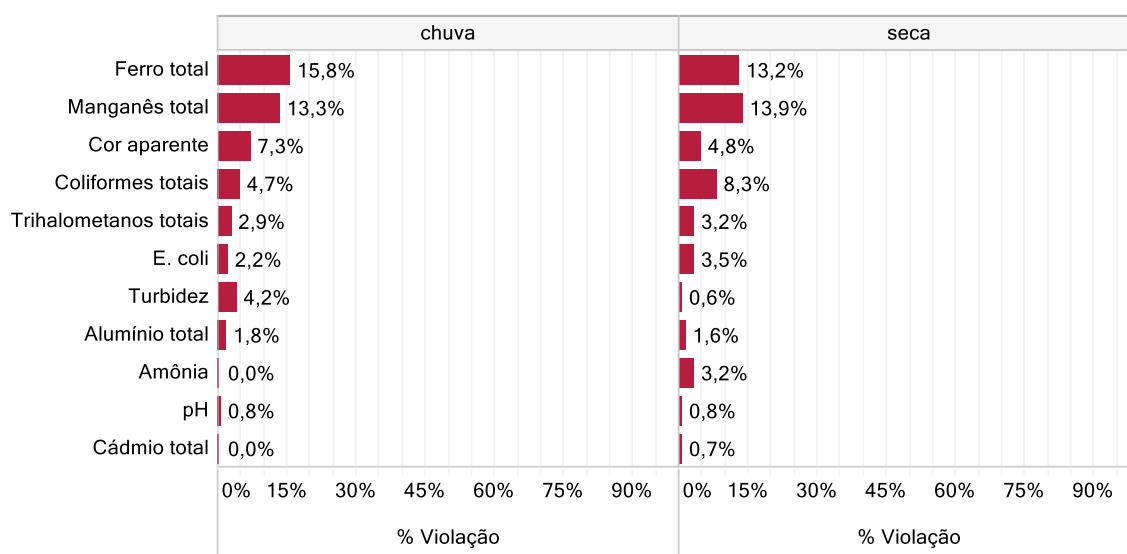


6.16.1 - Pontos com tratamento

6.16.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Resplendor-MG, no geral, os percentuais de violação foram semelhantes em ambos os períodos avaliados (**Figura 6-129**). Destacam-se ferro total e manganês total pelos maiores percentuais de violação, com 15,8% e 13,3% de violação no período chuvoso, respectivamente, e 13,2% e 13,9% no período de seca. Os demais parâmetros apresentaram percentuais < 20%, o que significa que suas violações foram esporádicas. Amônia e cádmio total somente violaram durante o período de seca, com 3,2% e 0,7%, respectivamente (**Figura 6-129**). Apesar dos pontos apresentarem tratamento, a presença de parâmetros microbiológicos pode estar relacionada ao esgotamento da cidade de forma regional. De acordo com os dados do IBGE (2010), o município de Resplendor-MG possui 71,7% de esgotamento sanitário, com tratamento convencional (floculação, decantação, filtração, desinfecção) e simples com desinfecção (cloração). Cabe destacar que a taxa de esgotamento sanitário não reflete sua eficiência, ou seja, um tratamento ineficiente ainda terá como resultado o lançamento de matéria orgânica e patógenos nos recursos hídricos.

Figura 6-129 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Resplendor-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

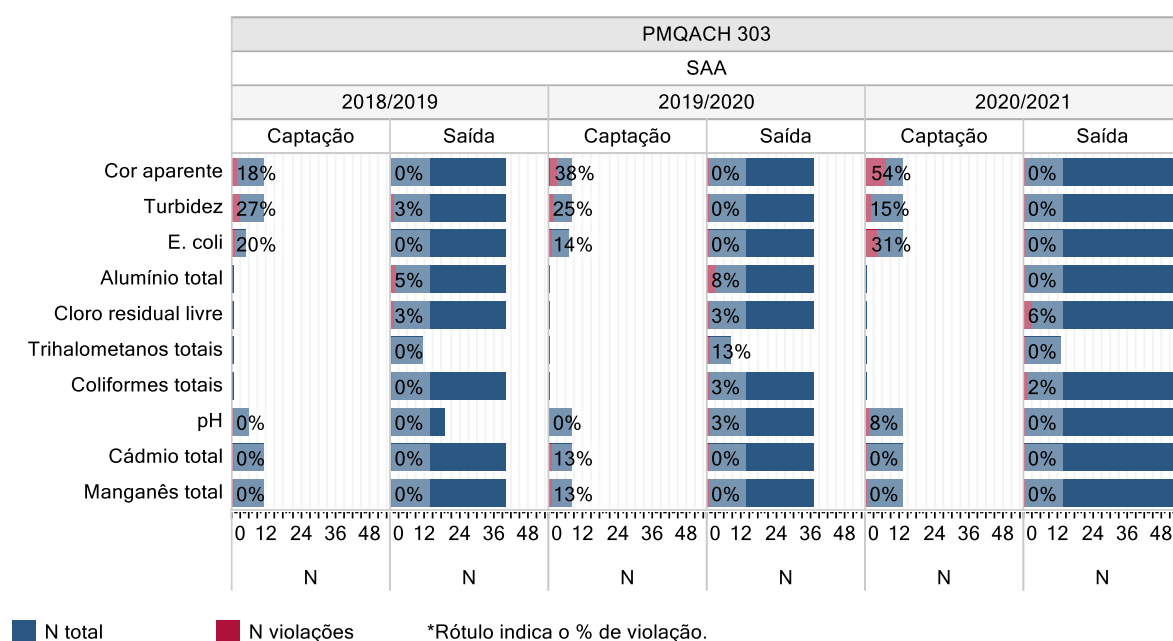


No ponto PMQACH 303, que apresenta abastecimento tipo SAA e captação superficial, no geral, os parâmetros apresentaram baixos percentuais de violação, com destaque para cor aparente, turbidez e *E. coli* que apresentaram os maiores percentuais na captação (**Figura 6-130**). A cor aparente está diretamente associada à turbidez, apresentando valores mais elevados conforme aumento de sólidos em suspensão (LIMA, 2012). Já a presença de *E. coli* em águas superficiais geralmente está relacionada ao lançamento de esgoto doméstico sem o devido tratamento e criação de animais (ALVES et al., 2008). Observa-se os maiores percentuais de violação para cor aparente (54%; 7 violações de um total de 13 amostras) e *E. coli* (31%; 4 violações de um total de 13 amostras) em 2020/2021, sendo possível identificar um aumento gradual ao longo dos anos para cor aparente (**Figura 6-130**). Em relação a turbidez, observa-se uma redução ao longo dos anos, com mínimo em 2020/2021 (15%; 2 violações de um total de 13 amostras) (**Figura 6-130**). Além dos parâmetros previamente citados, pH também apresentou violação em 2020/2021 na captação (8%; 1 violação de um total de 13 amostras). Em relação a saída, os percentuais foram, no

geral, < 10%, e em 2020/2021, somente cloro residual livre (6%; 3 violações de um total de 52 amostras) e coliformes totais (2%; 1 violação de um total de 52 amostras) apresentaram violação (**Figura 6-130**). A cloração faz parte do processo de tratamento da água, com o intuito de torná-la própria para o consumo, visto que reduz os riscos microbiológicos (LIBÂNIO, 2010). Vale ressaltar que a contaminação por matéria fecal pode ocorrer durante a distribuição de águas do sistema (SECO et al., 2012). Para os demais parâmetros que apresentaram violação no ponto, estas ocorreram nos primeiros anos de monitoramento (**Figura 6-130**).

A turbidez avaliada nas amostras de pós-filtração não apresentou violação aos limites legais aplicáveis em nenhum dos períodos avaliados.

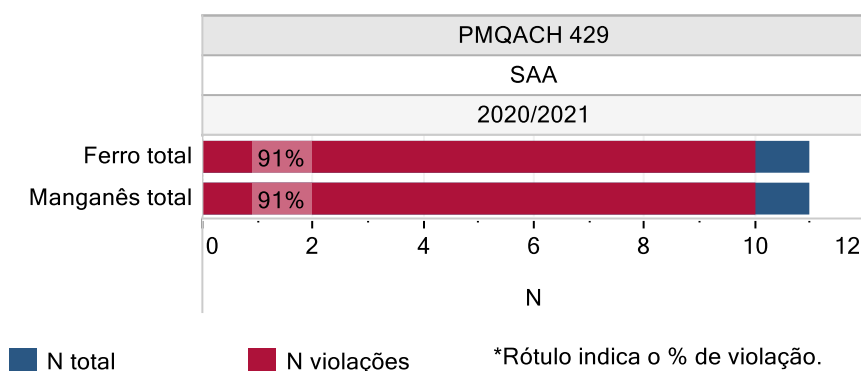
Figura 6-130 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 303, localizado no município de Resplendor-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

O ponto PMQACH 429 é uma captação alternativa ao ponto PMQACH 303 e possui abastecimento tipo SAA e captação subterrânea. A captação alternativa ocorreu em 2020/2021 e, durante este período, os parâmetros ferro total e manganês total se destacaram no ponto por seus percentuais de violação (91%; 10 violações de um total de 11 amostras) (**Figura 6-131**). A presença de ferro, alumínio e manganês nos solos da bacia do rio Doce ajudam a explicar a presença do ferro e manganês no ponto, visto que a interação entre solo e águas subterrâneas favorecem a presença desses elementos (BARROS, 2001; LIBÂNIO, 2010).

Figura 6-131 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 429, localizado no município de Resplendor-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.

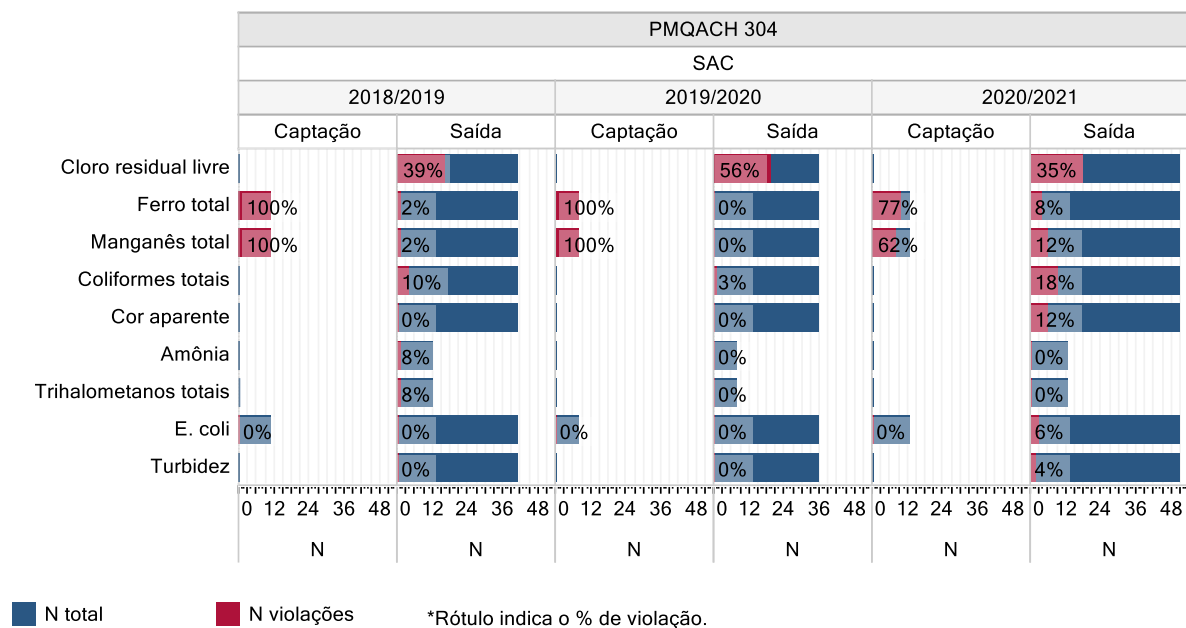


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 304, que possui abastecimento tipo SAC e captação subterrânea, destacam-se cloro residual livre, ferro total e manganês total pelos maiores percentuais de violação (**Figura 6-132**). De acordo com Barros (2001), a presença de ferro e manganês em águas naturais pode ser explicada pelas interações da água com o solo. O manganês assemelha-se quimicamente ao ferro em termos de ocorrência nas águas subterrâneas, porém é menos abundante que o ferro nas rochas e, conseqüentemente, sua presença nas águas naturais é menos comum e a sua concentração, em geral, é menor que a do ferro (PARRON et al.,

2011). Ferro total e manganês total apresentaram percentuais de violação mais elevados na captação, sendo possível identificar uma redução em 2020/2021 em relação aos anos anteriores, quando apresentaram 77% (10 violações de um total de 13 amostras) e 62% (8 violações de um total de 13 amostras), respectivamente (**Figura 6-132**). Para os dados de saída, cloro residual livre foi o parâmetro com maior percentual de violação, sendo seu menor percentual observado em 2020/2021 (35%; 18 violações de um total de 51 amostras) (**Figura 6-132**). Em geral, a cloração finaliza o processo de tratamento da água para torná-la própria ao consumo, sendo necessária a manutenção de concentração mínima de cloro na rede de distribuição (FERREIRA & SAKAGUTI, 2008). Em relação aos demais parâmetros que apresentaram violação na saída, observa-se que os maiores percentuais ocorreram no ciclo de 2020/2021, que foram: coliformes totais (18%; 9 violações de um total de 51 amostras), manganês total e cor aparente (12%; 6 violações de um total de 51 amostras), ferro total (8%; 4 violações de um total de 51 amostras), *E. coli* (6%; 3 violações de um total de 51 amostras) e turbidez (4%; 2 violações de um total de 51 amostras) (**Figura 6-132**). Amônia e trihalometanos totais somente apresentaram violação em 2018/2019, com 8% cada (**Figura 6-132**).

Figura 6-132 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 304, localizado no município de Resplendor-MG, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.

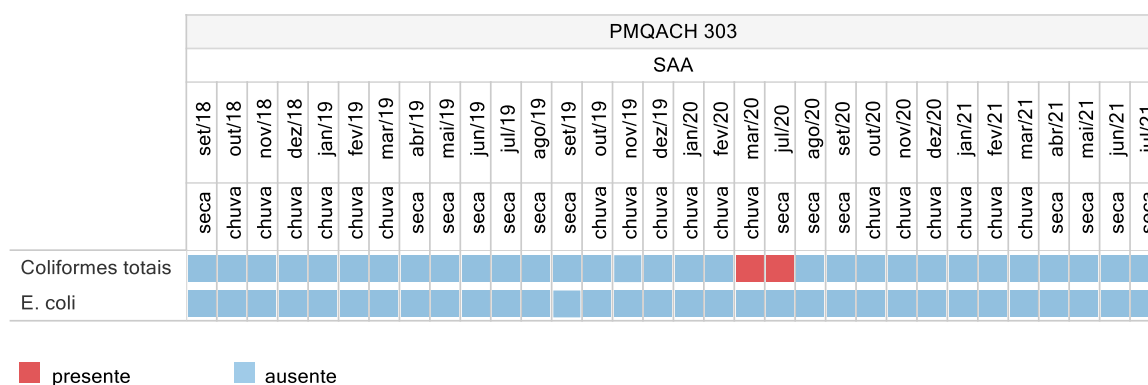


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.16.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

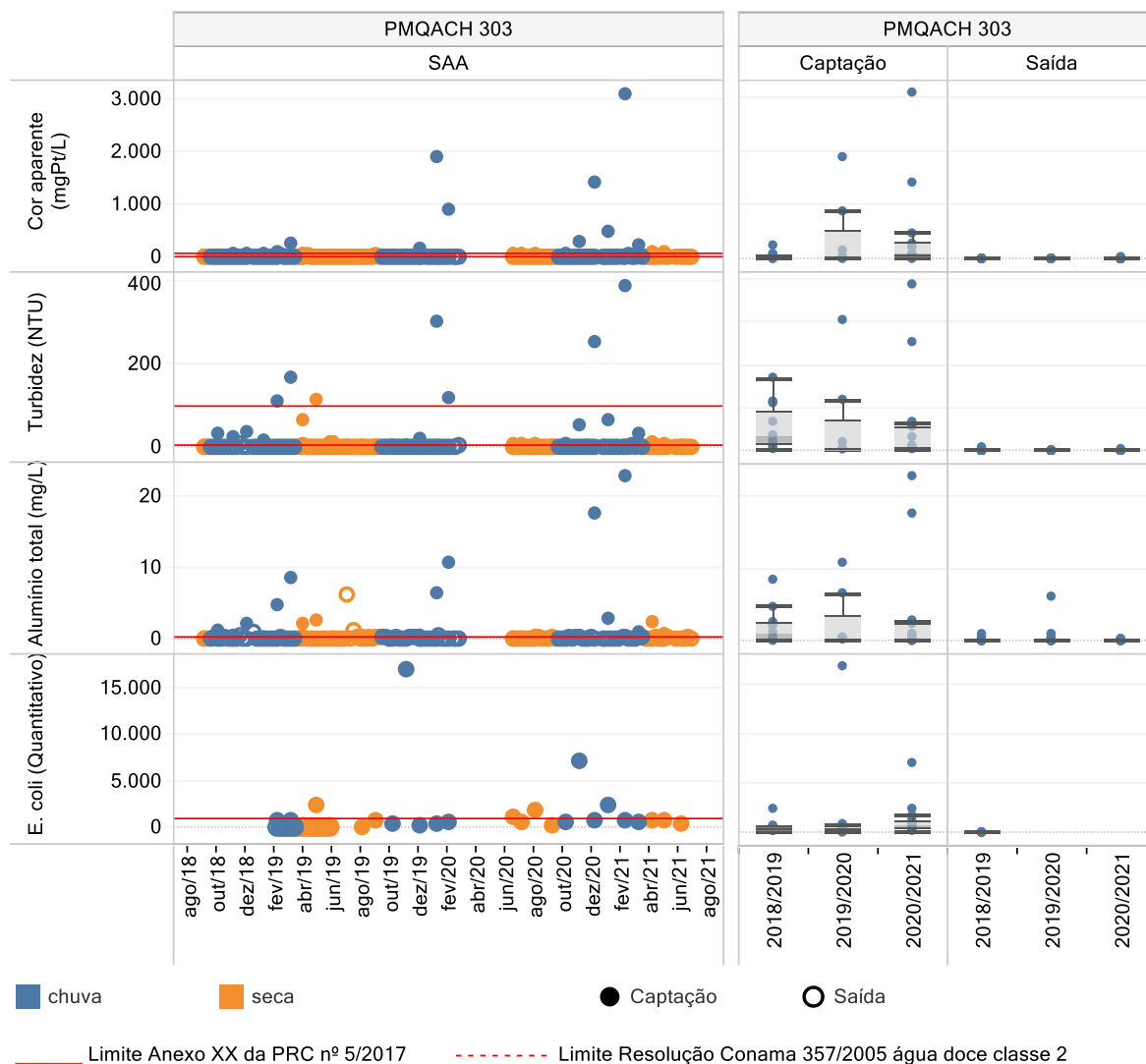
No ponto PMQACH 303, *E. coli* não foi detectada durante todo o monitoramento e coliformes totais foram detectados somente duas ocasiões, sem padrão evidente temporalmente (ao longo dos anos) ou sazonalmente (entre os ciclos hidrológicos) (Figura 6-133).

Figura 6-133 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 303, localizado no município de Resplendor, e sua variação entre período chuvoso e seco.



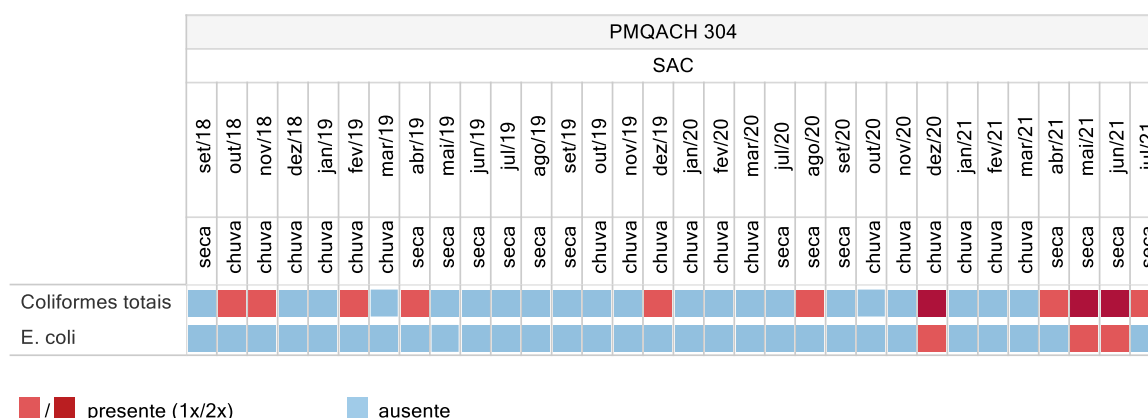
Para os demais parâmetros de relevância para o ponto em termos de violação, observa-se influência da precipitação nos dados de captação, com resultados superiores de alumínio, cor aparente e turbidez durante o período chuvoso ($p < 0,05$) (Figura 6-134). Ainda considerando os dados de captação, observa-se um aumento dos valores de cor aparente em 2020/2021 em relação, especialmente, ao primeiro período de monitoramento ($p < 0,05$) (Figura 6-134). Considerando os dados de saída, observa-se uma redução das concentrações de alumínio total em 2020/2021 em comparação aos anos anteriores ($p < 0,05$) (Figura 6-134).

Figura 6-134 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 303, localizado no município de Resplendor, e sua variação entre período chuvoso e seco.



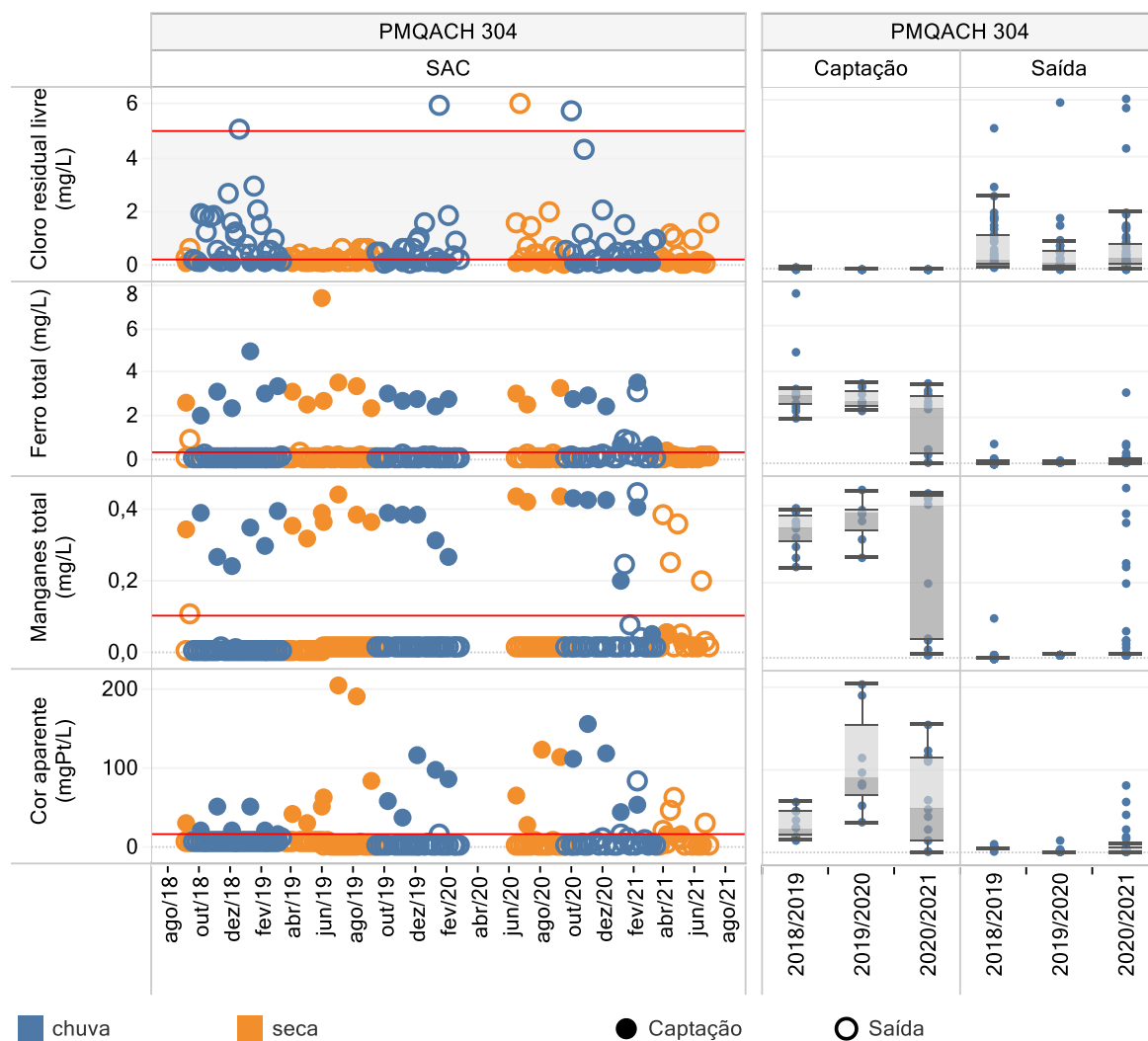
No ponto PMQACH 304, o parâmetro *E. coli* foi predominantemente “ausente” durante todo o monitoramento, com somente três ocorrências e exclusivamente no período de 2020/2021, mas sem padrão sazonal evidente (**Figura 6-135**). Coliformes totais, por outro lado, apresentaram maior frequência de ocorrência, especialmente no ciclo 2020/2021, mas também sem padrão sazonal evidente (**Figura 6-135**).

Figura 6-135 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 304, localizado no município de Resplendor, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.



Para os demais parâmetros de relevância para o ponto em termos de violação, na captação, observa-se redução das concentrações do cloro residual livre nos últimos dois anos ($p < 0,05$), o que não foi observado na saída, que apresentou resultados similares ao longo de todo monitoramento ($p > 0,05$) (**Figura 6-136**). Ressalta-se que as menores concentrações de cloro residual observadas na captação resultaram em desconformidade com a legislação, não atendendo o limite inferior legal. Considerando os dados da saída, observa-se concentrações mais elevadas de cor aparente, ferro total e manganês total em 2020/2021 ($p < 0,05$) (**Figura 6-136**). Além disso, também foi observado que o manganês total apresentou dados mais elevados na seca em comparação ao período chuvoso nos dados de saída ($p < 0,05$) (**Figura 6-136**).

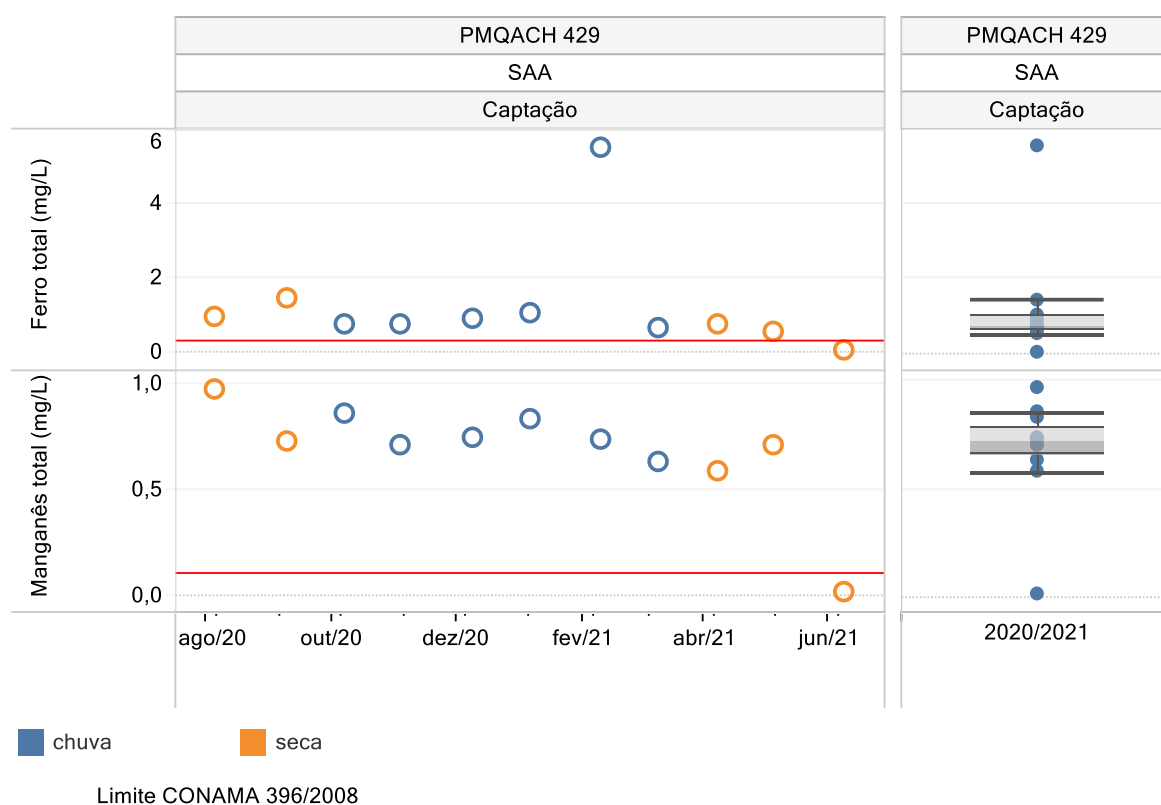
Figura 6-136 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 304, localizado no município de Resplendor, e sua variação entre período chuvoso e seco.



____ Limite Anexo XX da PRC nº 5/2017 e Limite CONAMA 396/2008 (para ferro total e manganês total)

No ponto PMQACH 429, onde o monitoramento é realizado somente na captação de origem subterrânea, não se aplicam os dados qualitativos de coliformes e *E. coli*, visto que o comparativo é feito com a Resolução CONAMA n° 357/2005, que o limite somente é aplicável para *E. coli* quantitativamente. O ponto foi avaliado somente em 2020/2021, não sendo possível fazer uma avaliação temporal. Em relação aos períodos hidrológicos e considerando os parâmetros mais relevantes para o ponto em termos de violação, não foi observada influência sazonal nos dados ($p > 0,05$) (**Figura 6-137**).

Figura 6-137 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 429, localizado no município de Resplendor, e sua variação entre período chuvoso e seco.



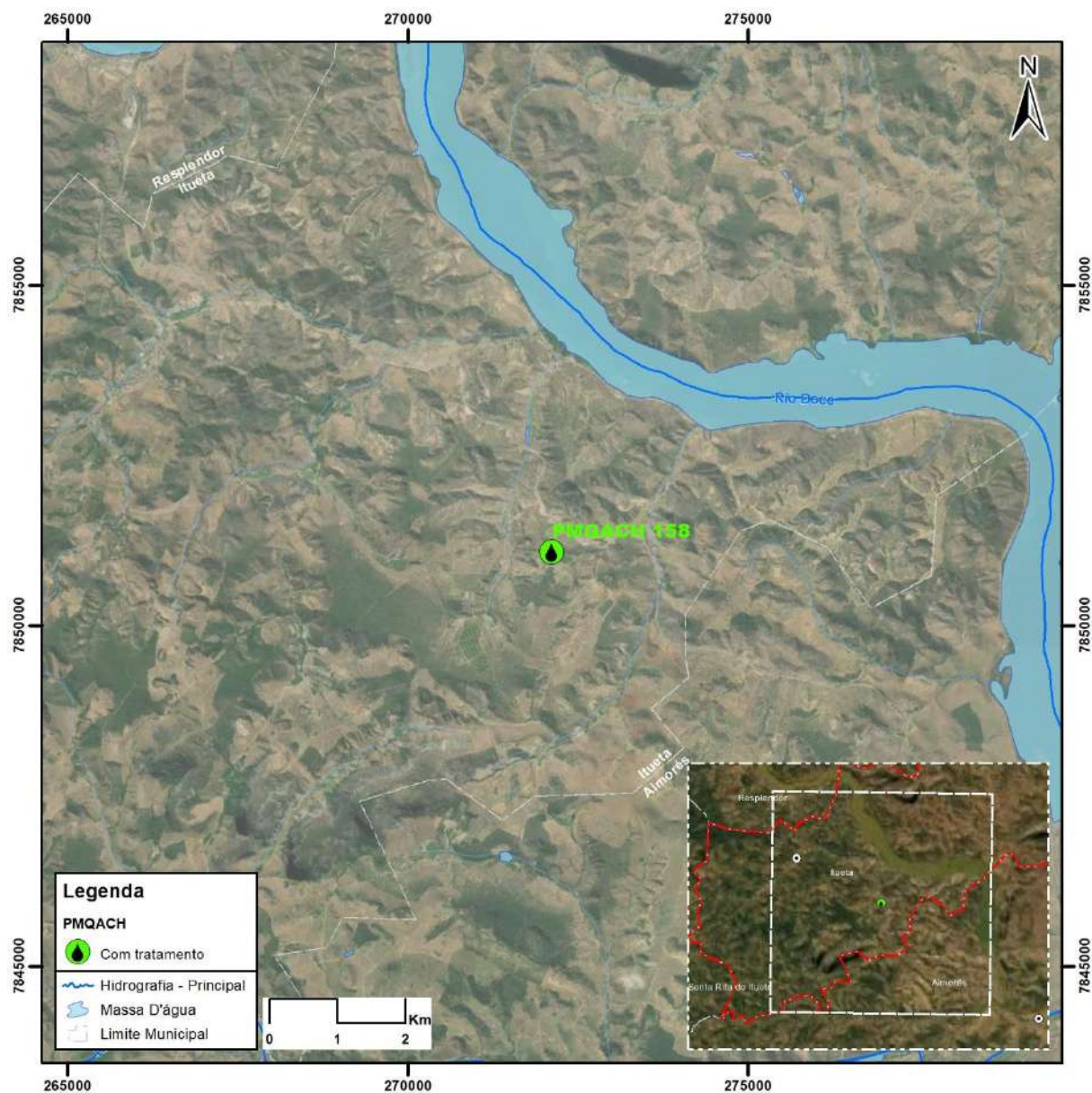
6.17 - Itueta

No município de Itueta-MG, foi considerado um (01) ponto ativo, que possui sistema de abastecimento do tipo Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e tratamento de água (Figura 6-138 e Quadro 6-17).

Quadro 6-17 - Características do ponto do município de Itueta considerado no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 158	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017

Figura 6-138 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Itueta-MG.

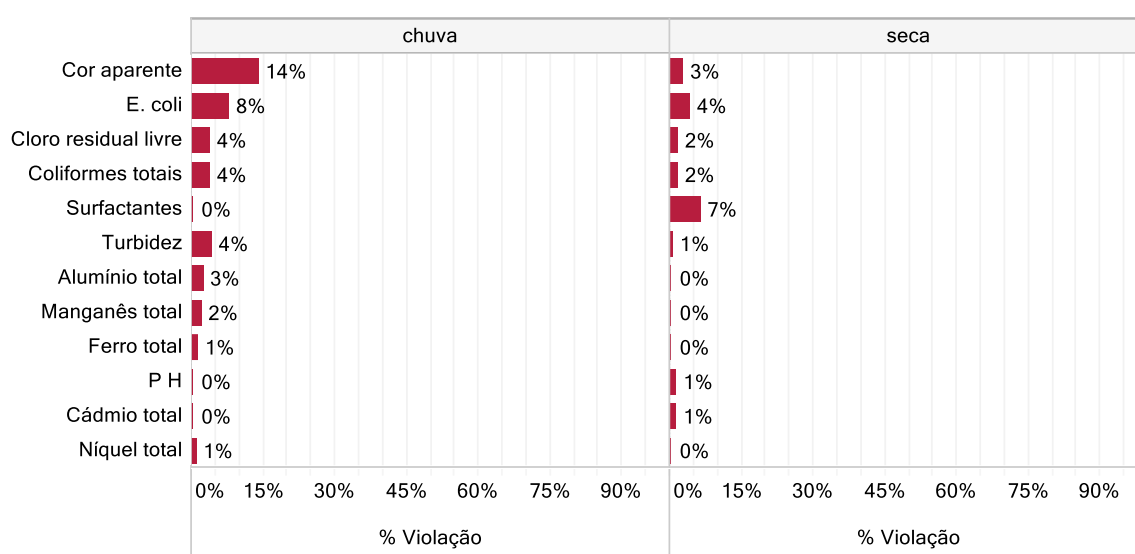


6.17.1 - Pontos com tratamento

6.17.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Itueta-MG, em geral, para ambos os períodos avaliados, os percentuais de violação foram relativamente baixos, sendo possível observar percentuais mais elevados ou exclusivos no período chuvoso (**Figura 6-139**). Isto ocorre especialmente para parâmetros que são influenciados pelo maior carreamento de matéria orgânica, ressuspensão de sedimentos e transporte de substâncias para os ambientes aquáticos pelo aumento da precipitação, como os metais, cor aparente e turbidez. No período da chuva, os parâmetros com os valores de violação mais elevados foram cor aparente (14%) e *E. coli* (8%) (**Figura 6-139**). No período da seca, os surfactantes apresentaram o maior percentual de violação (7%). Os demais parâmetros apresentaram baixos percentuais de violação (< 5%) (**Figura 6-139**).

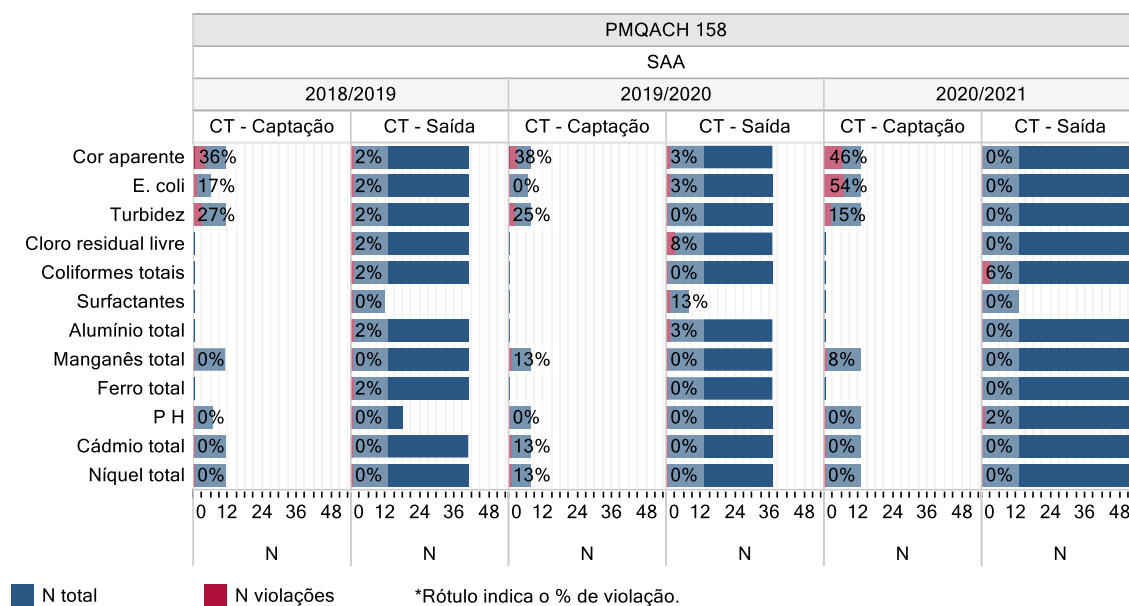
Figura 6-139 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Itueta-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



No ponto PMQACH 158, que apresenta abastecimento tipo SAA e captação superficial, no ciclo de 2020/2021, *E. coli* e cor aparente apresentaram maiores percentuais de violação na captação, com 54% (7 violações de um total de 13 amostras) e 46% (6 violações de um total de 13 amostras), respectivamente, sendo esses os maiores valores registrados para os parâmetros ao longo do monitoramento (**Figura 6-140**). Em seguida, turbidez apresentou violação de 15% (2 violações de um total de 13 amostras) e manganês total, com 8% (1 violação de um total de 13 amostras). Na saída, somente coliformes totais (6%; 3 violações de um total de 52 amostras) e pH (2%; 1 violação de um total de 52 amostras) apresentaram violação aos limites aplicáveis em 2020/2021(**Figura 6-140**). De maneira geral, os resultados foram semelhantes ao longo dos anos. Os demais parâmetros que apresentaram violações aos seus respectivos limites legais de forma esporádica (< 13%; **Figura 6-140**).

A turbidez avaliada nas amostras de pós-filtração não apresentou violação aos limites legais aplicáveis em nenhum dos períodos investigados.

Figura 6-140 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 158, localizado no município de Itueta-MG, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

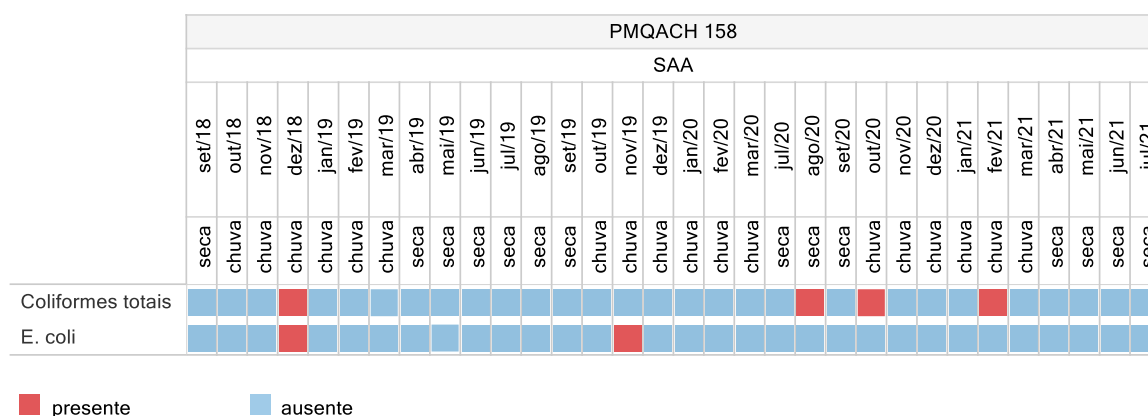


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.17.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

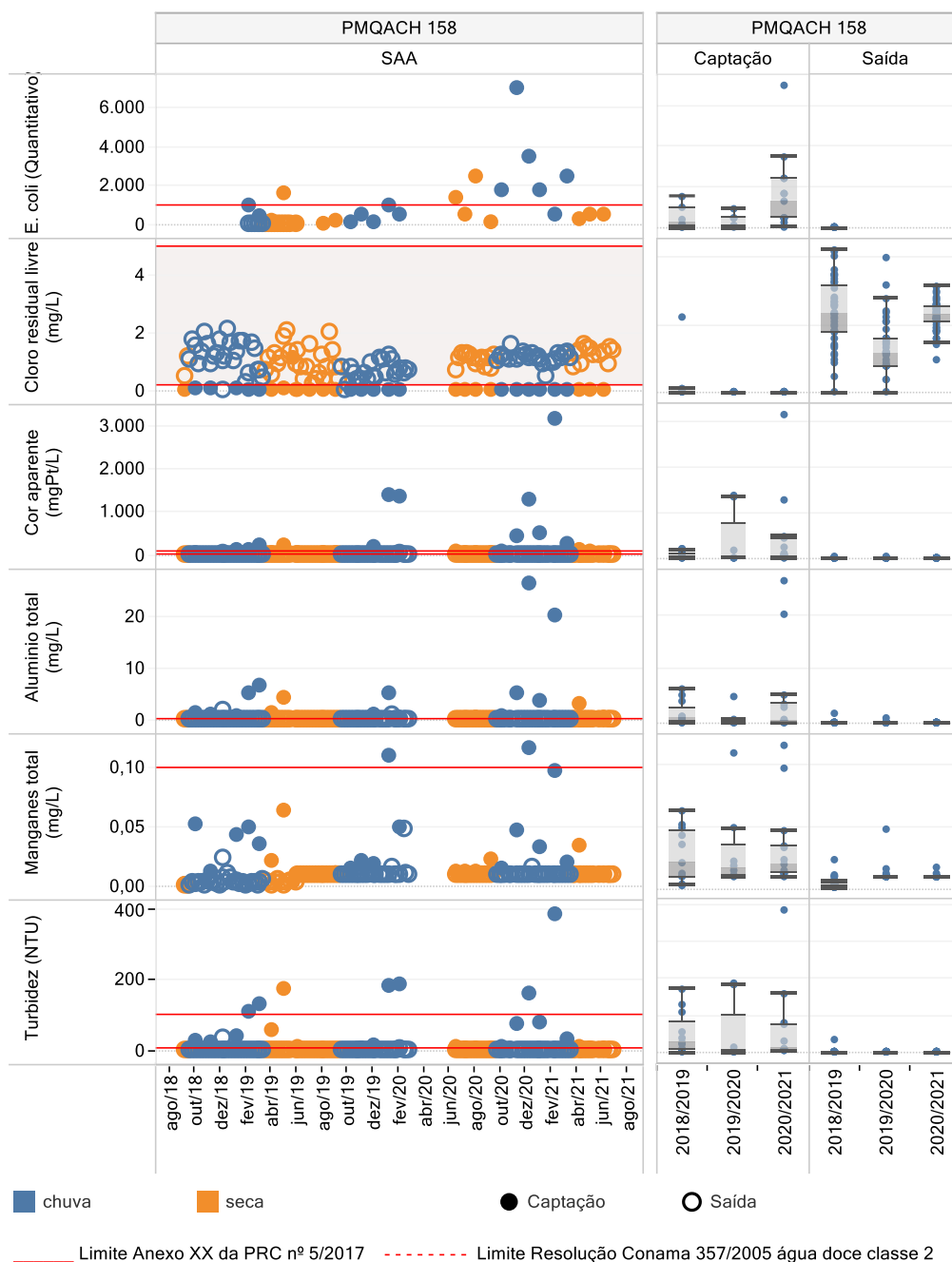
No ponto PMQACH 158, *E. coli* e coliformes totais apresentaram os resultados predominantemente “ausentes” ao longo de todo monitoramento, sem padrão evidente temporalmente (ao longo dos anos), mas a presença ocorreu especialmente durante os períodos chuvosos (**Figura 6-141**).

Figura 6-141 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 158, localizado no município de Itueta, e sua variação entre período chuvoso e seco.



Em relação aos demais parâmetros relevantes em termos de violação para o ponto, de maneira geral, não foram observados padrões evidentes de redução ou aumento ao longo dos anos ($p > 0,05$), assim como não foram observadas diferenças significativas entre os períodos hidrológicos (seca e chuva) ($p > 0,05$) (**Figura 6-142**). Foi observado somente uma redução das concentrações de alumínio total na saída ao longo dos anos e, na captação, os dados do parâmetro foram maiores no período chuvoso em relação ao período de seca ($p < 0,05$) (**Figura 6-142**). É possível identificar a relação entre os parâmetros de cor aparente, alumínio total, manganês total e turbidez nos dados de captação, quando um parâmetro apresenta um pico, os demais também apresentaram valores mais elevados (**Figura 6-142**). Em sua forma oxidada, os elementos, como ferro e manganês, podem precipitar (RICHTER & AZEVEDONETO, 1991), contribuindo para a formação de cor no ambiente aquático (ALVES et al., 2008). Além disso, na presença de matéria orgânica, os elementos podem se apresentar no estado coloidal, refletindo a luz e aumentando a turbidez (ALVES et al., 2008). Além disso, com exceção do cloro residual livre, todos os demais parâmetros avaliados apresentam dados mais elevados na captação em comparação a saída (**Figura 6-142**).

Figura 6-142 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 158, localizado no município de Itueta, e sua variação entre período chuvoso e seco.



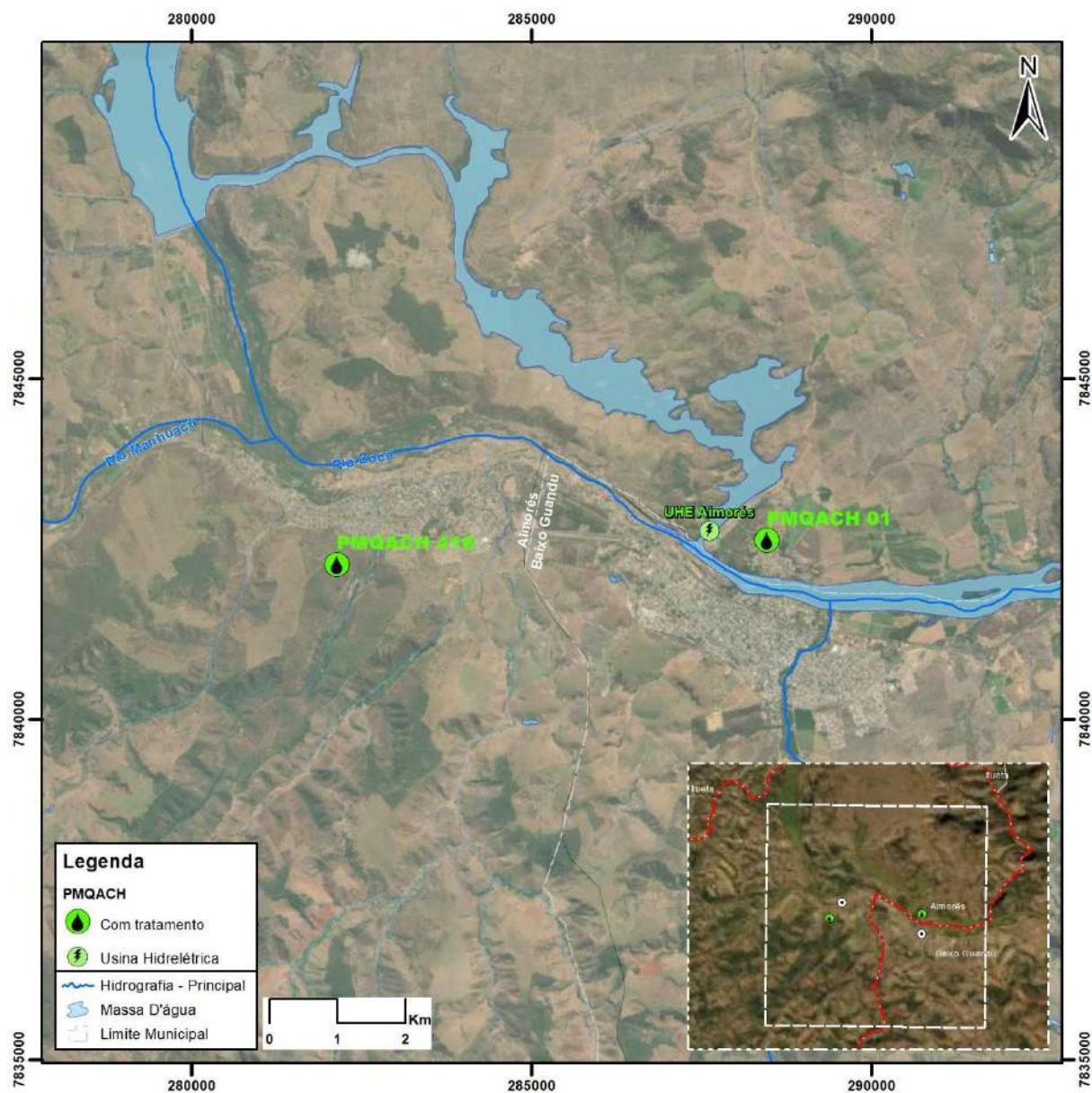
6.18 - Aimorés

No município de Aimorés-MG, foi considerando o sistema ativo, que possui abastecimento do tipo Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e tratamento de água (Figura 6-143 e Quadro 6-18).

Quadro 6-18 - Características dos pontos do município de Aimorés considerados no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 01	Superficial	SAA	Com tratamento	Saída	Anexo XX da PRC nº 5/2017
PMQACH 416	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação	CONAMA nº 357/2005

Figura 6-143 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Aimorés-MG.

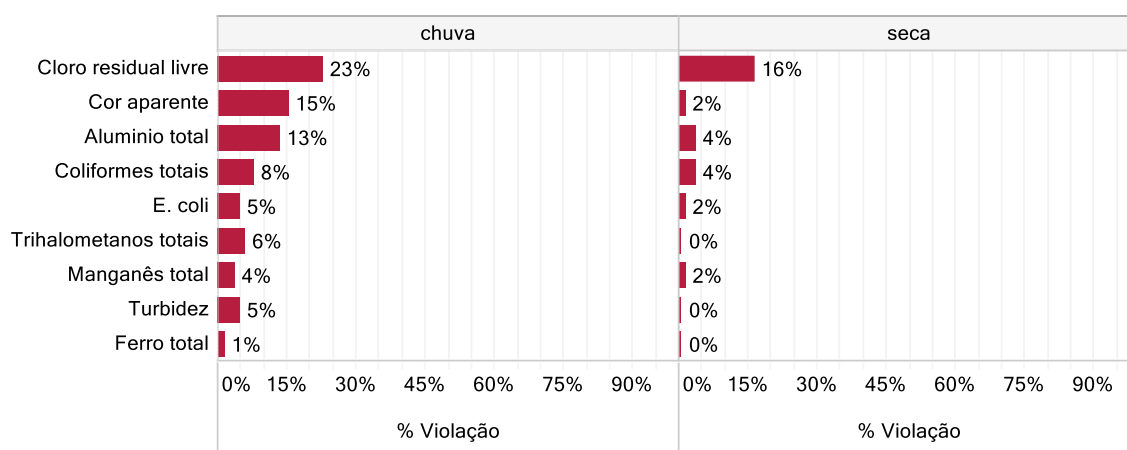


6.18.1 - Pontos com tratamento

6.18.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Aimorés-MG, os parâmetros mais relevantes foram cloro residual livre, cor aparente e alumínio total, sendo possível identificar a influência do período chuvoso para estes parâmetros (**Figura 6-144**). A declividade do local, supressão da vegetação ciliar e carreamento de substâncias proveniente de atividades antrópicas, tais como, construção civil, loteamentos e lançamentos de efluentes industriais, podem ser as possíveis causas que explicam este percentual do alumínio durante o período chuvoso. O mesmo padrão pode ser observado para turbidez, que não apresentou violação no período de seca (**Figura 6-144**). No período chuvoso, os eventos de lixiviação de matéria orgânica e transporte de substâncias para os corpos hídricos se torna mais frequentes. Além disso, outros eventos, como a ressuspensão de sedimentos, podem causar alterações nos resultados de parâmetros limnológicos. Os demais parâmetros apresentaram percentuais próximos entre os ciclos hidrológicos e, de maneira geral, mais baixos (**Figura 6-144**). As violações observadas para o cloro residual livre foram, no geral, com resultados acima da faixa do limite estabelecido no Anexo XX da PRC nº 5/2017 e observadas na saída, muito provavelmente devido a adição do mesmo para o tratamento de água. Apesar do percentual de violação do alumínio, outros metais, como ferro e manganês, que estão presentes na composição dos rejeitos de barragem, apresentaram percentuais de violação mais baixos ou inexistentes, o que pode indicar a presença natural dos elementos, que, de fato, são comumente encontrados na bacia do rio Doce (ECOPLAN-LUME, 2010). Além da presença de alumínio na fonte de água, a água tratada pode apresentar concentrações de alumínio residual devido ao uso de coagulantes à base de sais de alumínio durante o processo de tratamento da água (ROSALINO, 2011).

Figura 6-144 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Aimorés-MG no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

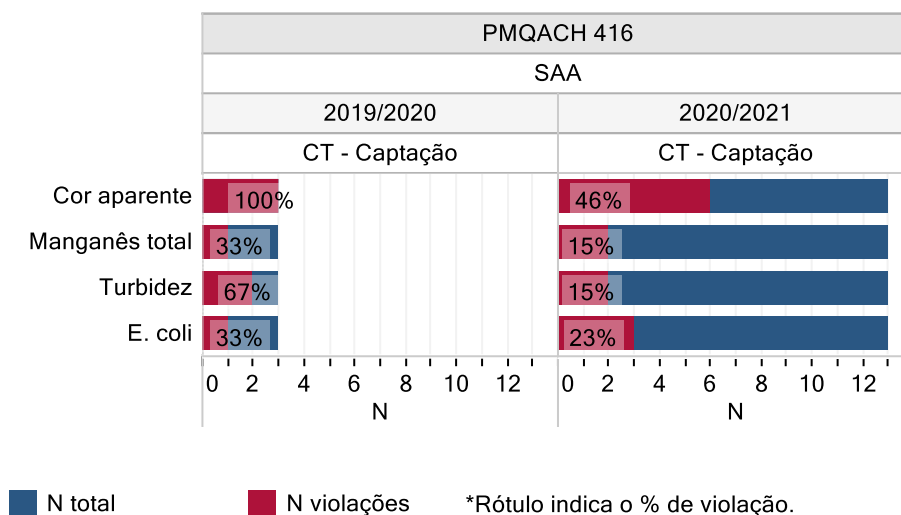


O ponto PMQACH 416 é o local de captação do ponto PMQACH 01. O ponto possui abastecimento SAA e captação superficial. Em relação aos dados de captação, é possível identificar os elevados percentuais de violação de cor aparente, que reduziu ao comparar os dados de 2019/2020 (100%; violação das 3 amostras avaliadas) com 2020/2021 (46%; 6 violações de um total de 13 amostras). O mesmo aconteceu para os demais parâmetros, como o manganês total que reduziu de 33% (1 violação de um total de 3 amostras) para 15% (2 violações de um total de 13 amostras), turbidez de 67% (2 violações de um total de 3 amostras) para 15% (2 violações de um total de 13 amostras) e *E. coli* de 33% (1 violação de um total de 3 amostras) para 23% (3 violações de um total de 13 amostras) (**Figura 6-145**).

Considerando os dados de saída, é possível identificar uma redução ao longo do tempo do percentual de violação de cloro residual livre, apresentando seu mínimo em 2020/2021, com 8% de violação (4 violações de um total de 53 amostras) (**Figura 6-146**). Alumínio total e cor aparente apresentaram resultados semelhantes ao longo dos anos, alcançando 11% (6 violações de um total de 53 amostras) e 4% (2 violações de um total de 53 amostras) em 2020/2021 (**Figura 6-146**). Coliformes totais, por outro lado, notou-se um aumento,

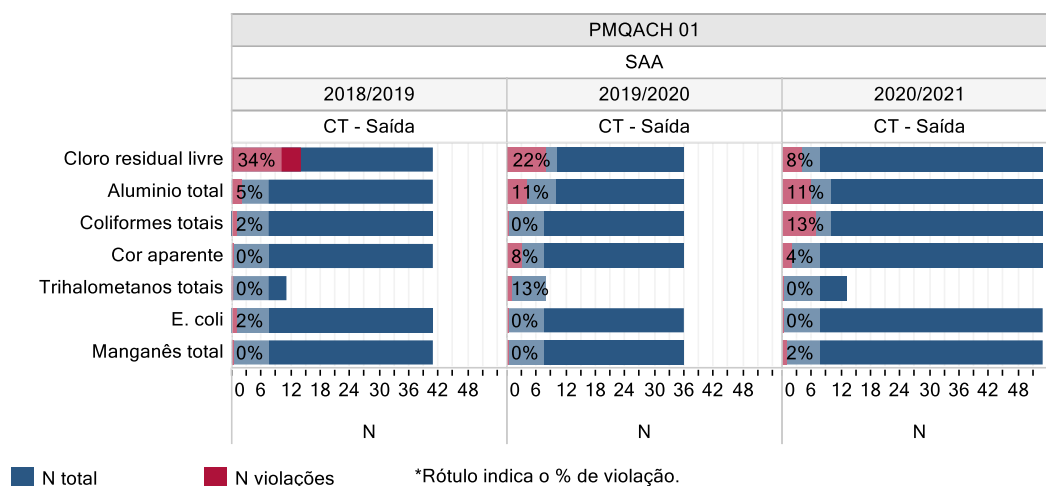
alcançando 13% (7 violações de um total de 53 amostras) no ciclo de 2020/2021 (**Figura 6-146**). Manganês total somente apresentou violações em 2020/2021 (2%; 1 violação de um total de 53 amostras), enquanto trihalometanos totais (13%; 1 violação de um total de 8 amostras) somente em 2019/2020 e *E. coli* (2%; 1 violação de um total de 41 amostras) somente em 2018/2020 (**Figura 6-146**).

Figura 6-145 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 416, localizado no município de Aimorés-MG, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

Figura 6-146 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 01, localizado no município de Aimorés-MG, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

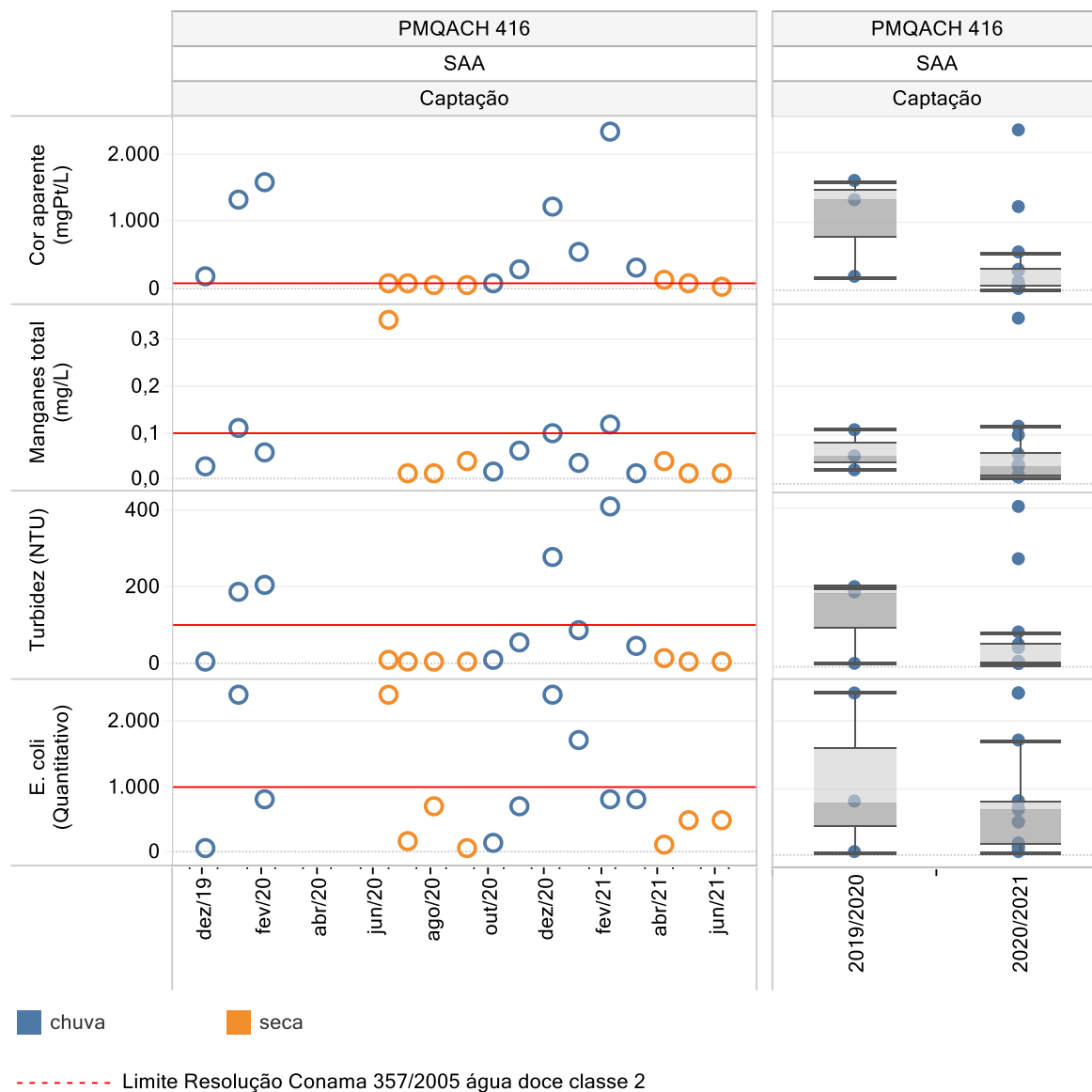


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.18.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

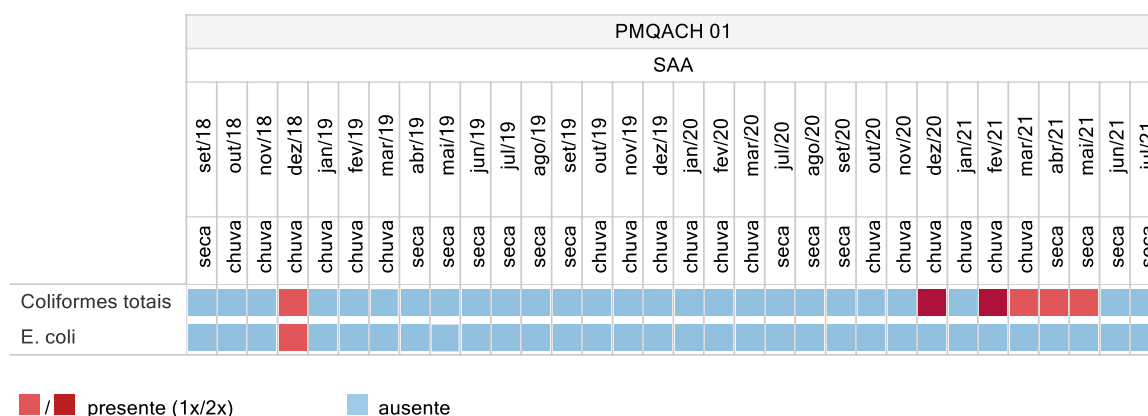
Considerando os dados da captação (ponto PMQACH 416), não se aplicam os qualitativos de coliformes e *E. coli*, visto que o comparativo é feito com a Resolução CONAMA nº 357/2005, que o limite somente é aplicável para *E. coli* quantitativamente. Para os demais parâmetros, em geral, não foram observados padrões de aumento ou redução significativo para esse ponto, seja sazonal ou temporal ($p > 0,05$), com exceção da diferença significativa entre os ciclos hidrológicos para os parâmetros alumínio total e cor aparente, que apresentaram resultados mais elevados durante o período chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-147**).

Figura 6-147 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 416, localizado no município de Aimorés, e sua variação entre período chuvoso e seco.



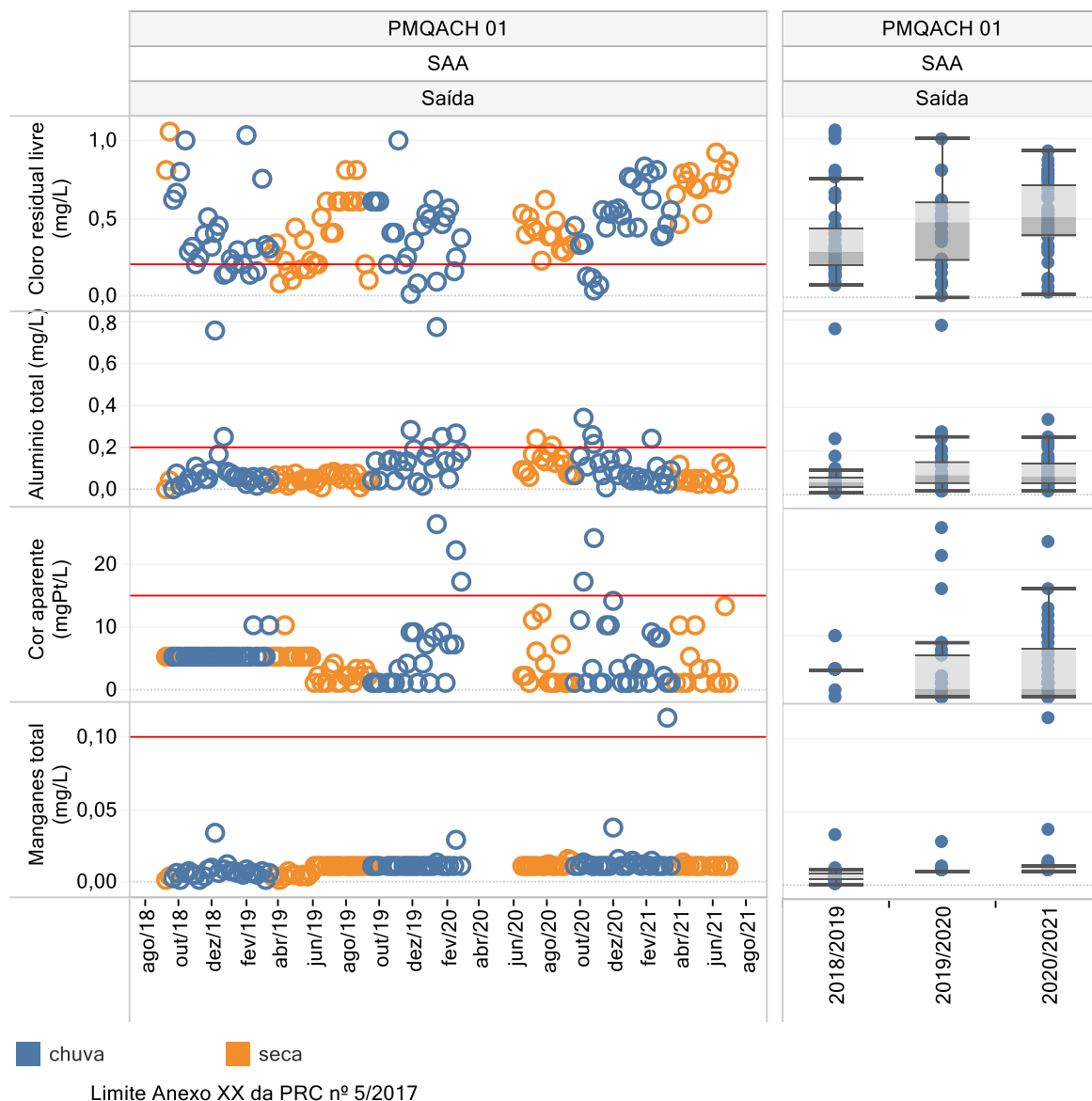
Em relação aos dados de saída (ponto PMQACH 01), no geral, resultados “ausentes” em relação a *E. coli* e coliformes totais foram observados, sem padrão temporal ou sazonal evidente (**Figura 6-148**).

Figura 6-148 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 01, localizado no município de Aimorés, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.



O alumínio total e a cor aparente apresentaram resultados superiores em 2019/2020 e 2020/2021, em relação ao primeiro ano monitorado (2018/2019) ($p < 0,05$). Estes parâmetros também apresentaram resultados superiores na chuva em comparação com o período de seca ($p < 0,05$) (**Figura 6-149**). O cloro residual livre apresentou resultados superiores em 2020/2021 comparando ao ano de 2018/2019 ($p < 0,05$), mas o parâmetro não apresentou variação entre o período de seca e chuva ($p > 0,05$) (**Figura 6-149**). O manganês total, por outro lado, apresentou um aumento gradativo de suas concentrações ao longo dos anos ($p < 0,05$), mas também não apresentou variação entre os ciclos hidrológicos ($p > 0,05$) (**Figura 6-149**).

Figura 6-149 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 01, localizado no município de Aimorés, e sua variação entre período chuvoso e seco.



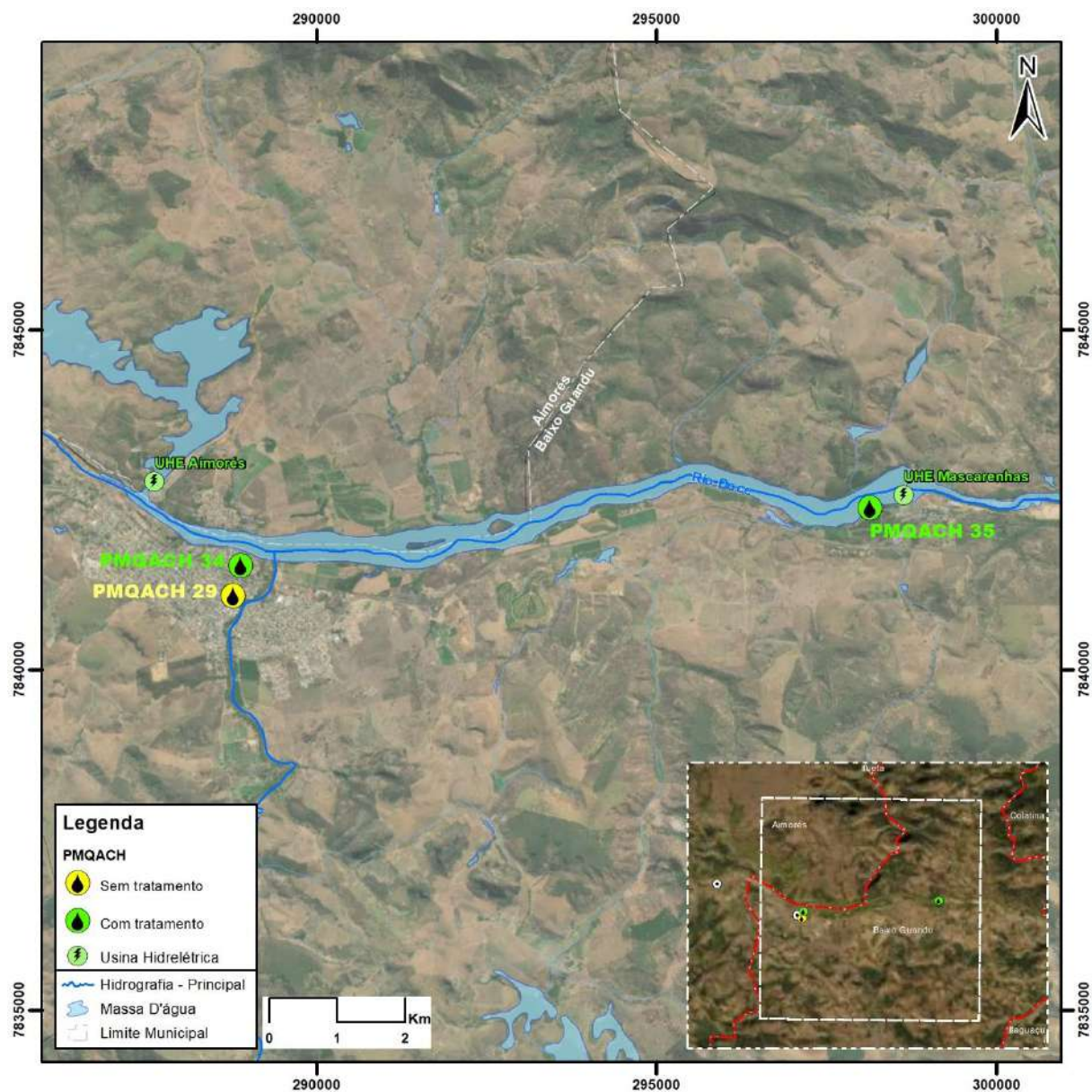
6.19 - Baixo Guandu

No município de Baixo Guandu-ES, foram considerados os 03 (três) pontos ativos, sendo dois (02) com abastecimento do tipo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) que possuem tratamento de água e um (01) do tipo Soluções Alternativas Coletivas (SAC), com ausência de tratamento (**Figura 6-150 e Quadro 6-19**).

Quadro 6-19 - Características dos pontos do município de Baixo Guandu considerados no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 29	Subterrânea	SAC	Sem tratamento	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017
PMQACH 34	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017
PMQACH 35	Superficial	SAA	Com tratamento	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017

Figura 6-150 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Baixo Guandu-ES.



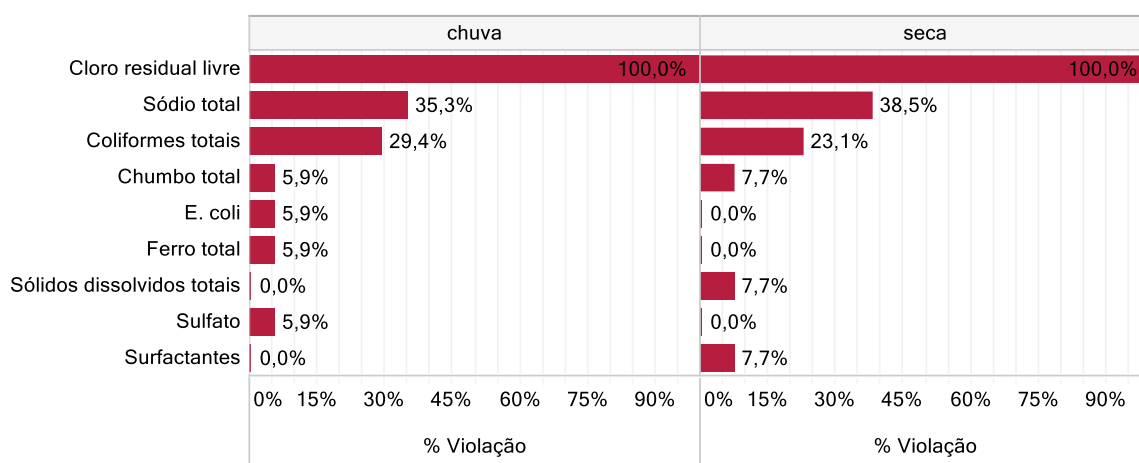
6.19.1 - Pontos sem tratamento

6.19.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Baixo Guandu-ES no ponto sem tratamento, cloro residual livre apresentou 100% de violação em ambos os períodos (seca e chuva) (**Figura 6-151**). Em seguida, sódio total foi o parâmetro mais relevante, com percentuais semelhantes entre os períodos, de 35,3% na chuva e 38,5% na seca (**Figura 6-151**). Coliformes totais também foram relevantes e com percentuais similares, de 29,4% na chuva e 23,1% na seca (**Figura 6-151**). A contaminação microbiológica observada pode estar relacionada as baixas concentrações de cloro. O cloro é utilizado para desinfecção, sendo extremamente empregado nos processos de tratamento e apresenta alta eficácia na remoção de microrganismos (DANIEL, 2001; YAMAGUCHI et al., 2013).

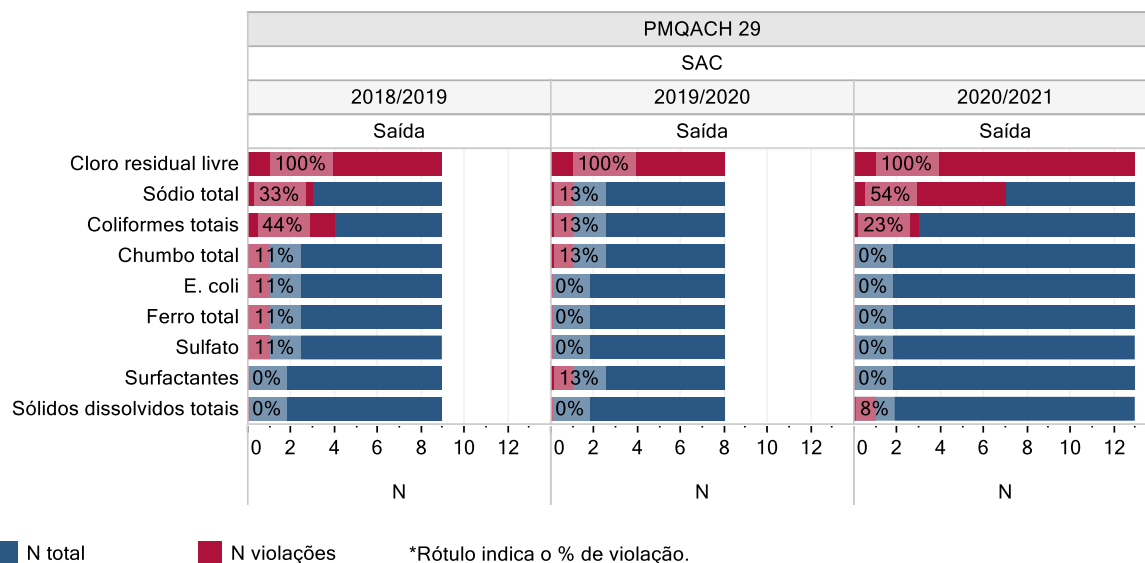
O chumbo total apresentou percentual inferior aos parâmetros previamente citados, mas também apresentou percentuais semelhantes entre os períodos (5,9% na chuva e 7,7% na seca) (**Figura 6-151**). Os demais parâmetros apresentaram percentuais < 10%, sendo *E. coli*, ferro total e sulfato apresentando violação exclusivamente na chuva (5,9%) e sólidos dissolvidos totais e surfactantes exclusivamente na seca (7,7%) (**Figura 6-151**).

Figura 6-151 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos sem tratamento do município de Baixo Guandu-ES no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



No ponto PMQACH 29, que possui abastecimento tipo SAC e captação subterrânea, cloro residual apresentou 100% de violação em todos os períodos avaliados (2018/2019: violação das 9 amostras avaliadas; 2019/2020: violação das 8 amostras avaliadas; 2020/2021: violação das 13 amostras avaliadas) (**Figura 6-152**). Observa-se percentual mais alto de sódio total no último ciclo avaliado (54%; 7 violações de um total de 13 amostras) em comparação aos demais. Coliformes totais, por outro lado, apresentou uma redução em comparação ao primeiro ano, com 23% de violação em 2020/2021 (3 violações de um total de 13 amostras) (**Figura 6-152**). Além destes parâmetros, em 2020/2021, somente sólidos dissolvidos totais apresentaram violação (8%; 1 violação de um total e 13 amostras), sendo o único período em que o parâmetro apresentou violação (**Figura 6-152**). Os demais parâmetros apresentaram percentuais inferiores e somente nos dois primeiros anos do monitoramento (**Figura 6-152**).

Figura 6-152 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 29, localizado no município de Baixo Guandu-ES entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

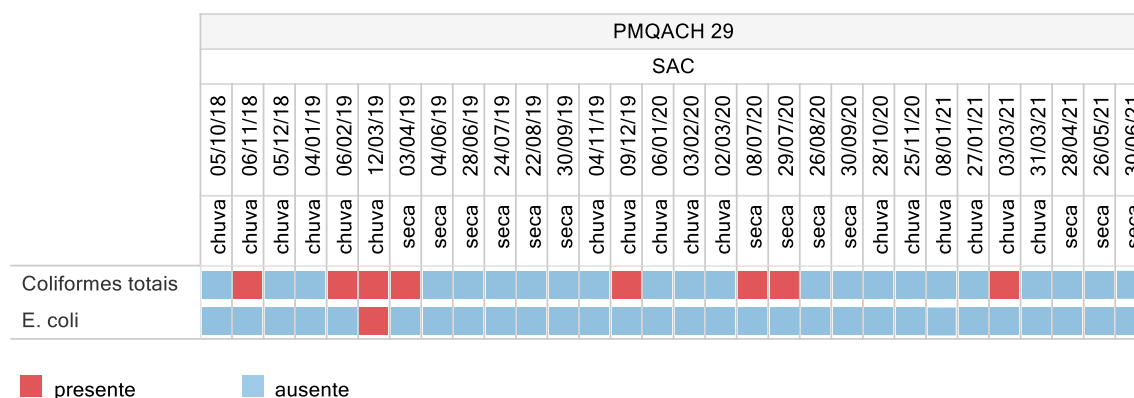


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.19.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

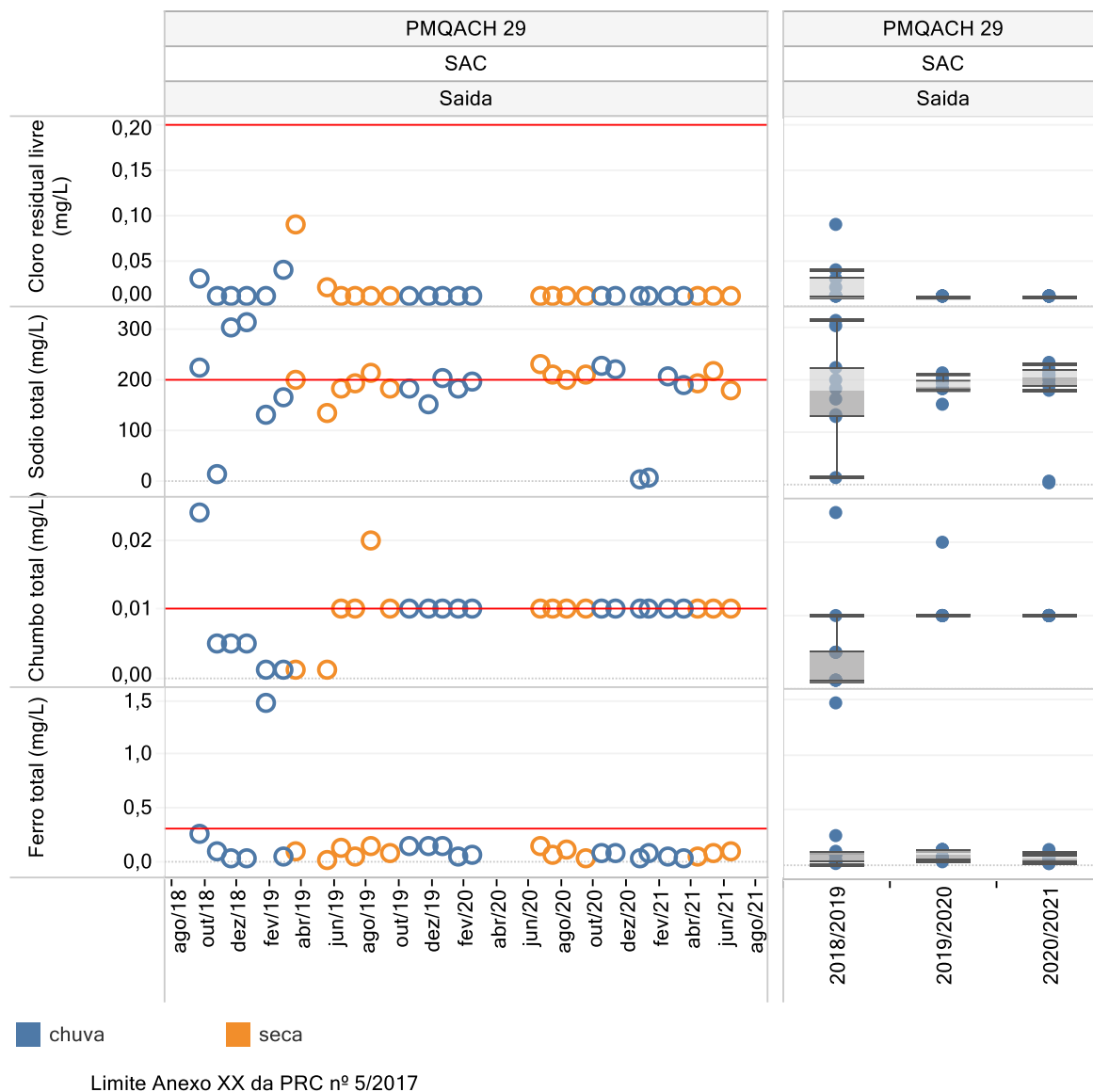
No ponto PMQACH 29, onde o monitoramento é realizado somente na saída, observa-se, no geral, resultados “ausentes” em relação a *E. coli* e coliformes totais, sem padrão temporal ou sazonal evidente (**Figura 6-153**).

Figura 6-153 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 29, localizado no município de Baixo Guandu, e sua variação entre período chuvoso e seco.



Em relação aos demais parâmetros, observa-se picos de chumbo total nos dois primeiros anos de monitoramento, o que não ocorreu no último ciclo avaliado (2020/2021) ($p < 0,05$) (**Figura 6-154**). O cloro residual livre apresentou uma redução em suas concentrações nos dois últimos anos avaliados em comparação ao primeiro ($p < 0,05$) (**Figura 6-154**). Ressalta-se que as menores concentrações de cloro residual observadas resultaram em desconformidade com a legislação, não atendendo o limite inferior legal.

Figura 6-154 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 29, localizado no município de Baixo Guandu, e sua variação entre período chuvoso e seco.

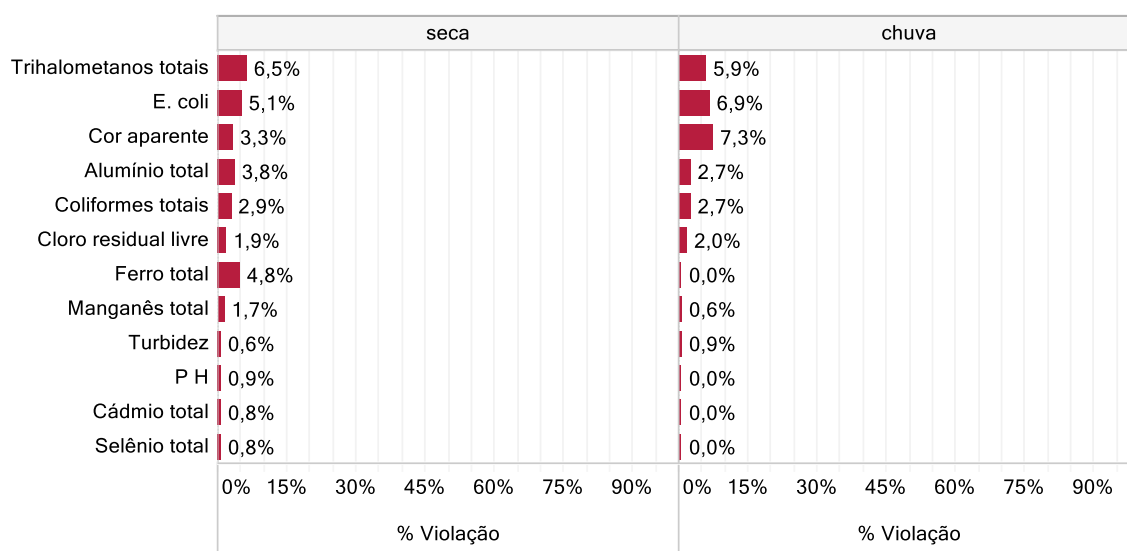


6.19.2 - Pontos com tratamento

6.19.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Baixo Guandu-ES, considerando os pontos com tratamento, observa-se, no geral, baixos percentuais de violação ($< 20\%$) e com percentuais semelhantes entre o período de chuva e seca (**Figura 6-155**). Considerando ambos os períodos, trihalometanos totais se destacaram, com percentual de violação de 6,5% na seca e 5,9% na chuva (**Figura 6-155**). Quando há presença de matéria orgânica e substâncias húmicas na água, há formação dos trihalometanos totais durante o processo de cloração (MEYER, 1994; SILVA & MELO, 2015). Os trihalometanos são formados como resultado de uma série de reações entre o cloro e a matéria orgânica (MEYER, 1994; SILVA & MELO, 2015). *E. coli* e coliformes totais, apesar dos baixos percentuais, também estiveram presentes (**Figura 6-155**). Cor aparente (3,3% na seca e 7,3% na chuva), alumínio total (3,8% na seca e 2,7% na chuva), cloro residual livre (1,9% na seca e 2,0% na chuva), manganês total (1,7% na seca e 0,6% na chuva) e turbidez (0,6% na seca e 0,9% na chuva) apresentaram percentuais de violação em ambos os períodos, enquanto ferro total (4,8%) somente no período chuvoso, e pH (0,9%), cádmio e selênio total (0,8%) somente no período de seca (**Figura 6-155**).

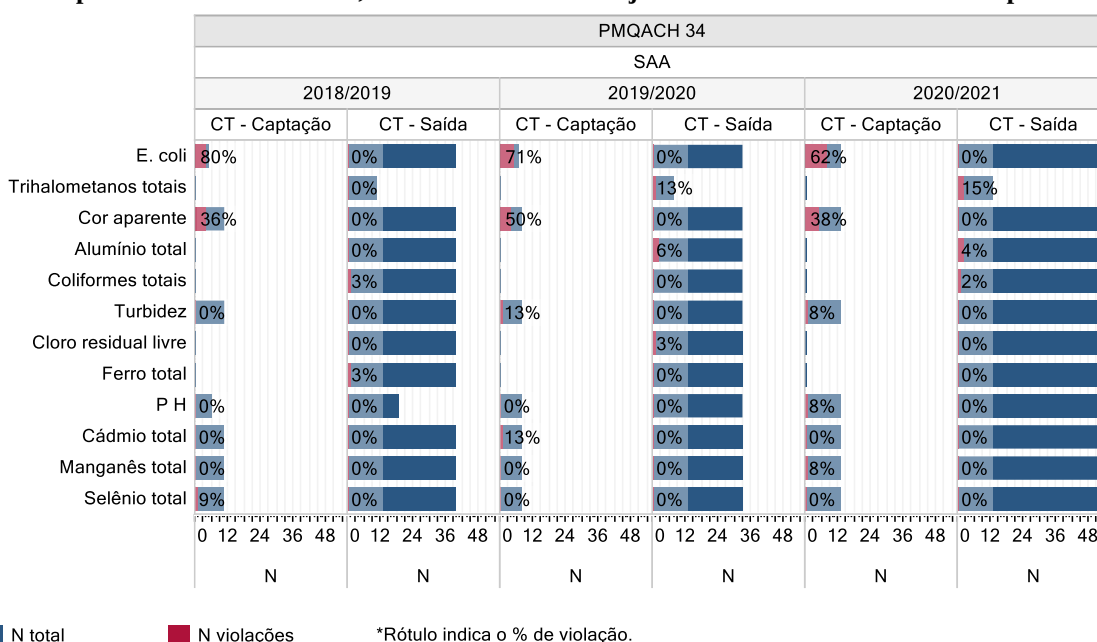
Figura 6-155 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos com tratamento do município de Baixo Guandu-ES no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



No ponto PMQACH 34, que possui abastecimento tipo SAA e captação superficial, os parâmetros mais relevantes foram *E. coli* e cor aparente, que apresentaram os maiores percentuais na captação, mas sem um padrão temporal evidente (**Figura 6-156**). Em 2020/2021, *E. coli* e cor aparente apresentaram percentuais de violação de 62% (8 violações de um total de 13 amostras) e 38% (5 violações de um total de 13 amostras), respectivamente. Além destes parâmetros, em 2020/2021, outros parâmetros que violaram na captação foram turbidez, pH e manganês total, com 8% de violação cada (1 violação de um total de 13 amostras) (**Figura 6-156**). Na saída, em 2020/2021, trihalometanos totais violaram em 15% das amostras (2 violações de um total de 13 amostras), seguido por alumínio total (4%; 2 violações de um total de 53 amostras) e coliformes totais (2%; 1 violação de um total de 53 amostras).

A turbidez avaliada nas amostras de pós-filtração não apresentou violação aos limites legais aplicáveis em nenhum dos períodos avaliados.

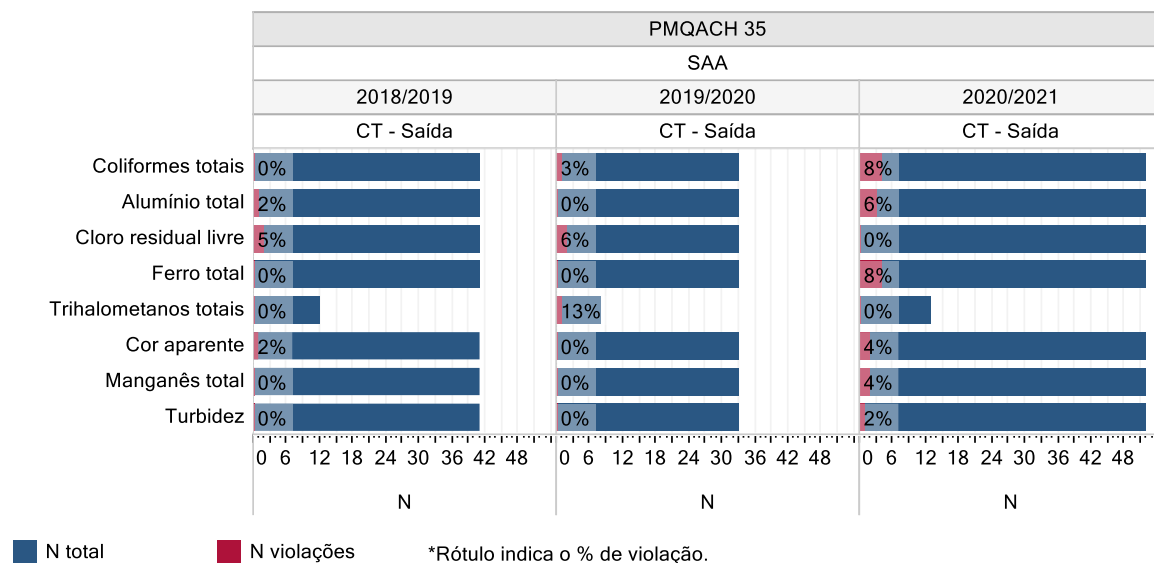
Figura 6-156 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 34, localizado no município de Baixo Guandu-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 35, que possui abastecimento tipo SAA e abastecimento superficial, os parâmetros, no geral, apresentaram baixos percentuais de violação. Para os parâmetros que apresentaram violação em 2020/2021, observa-se que seus máximos foram observados nesse ciclo, sendo eles: coliformes totais (8%; 4 violações de um total de 52 amostras), alumínio total (6%; 3 violações de um total de 52 amostras), ferro total (8%), cor aparente (4%), manganês total (4%; 4 violações de um total de 52 amostras) e turbidez (2%; 1 violação de um total de 52 amostras) (**Figura 6-157**). Cloro residual livre e trihalometanos totais somente apresentaram violação nos dois primeiros períodos do monitoramento (**Figura 6-157**).

Figura 6-157 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 35, localizado no município de Baixo Guandu-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

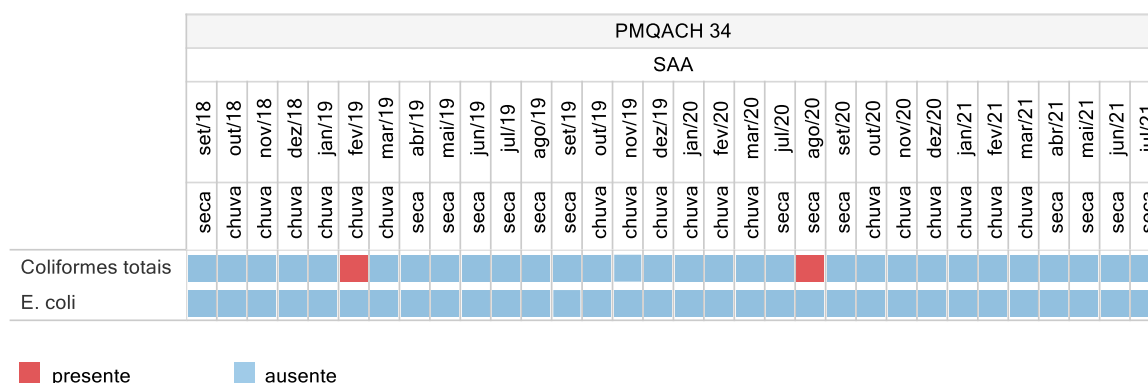


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.19.2.2 - Avaliação temporal e sazonal

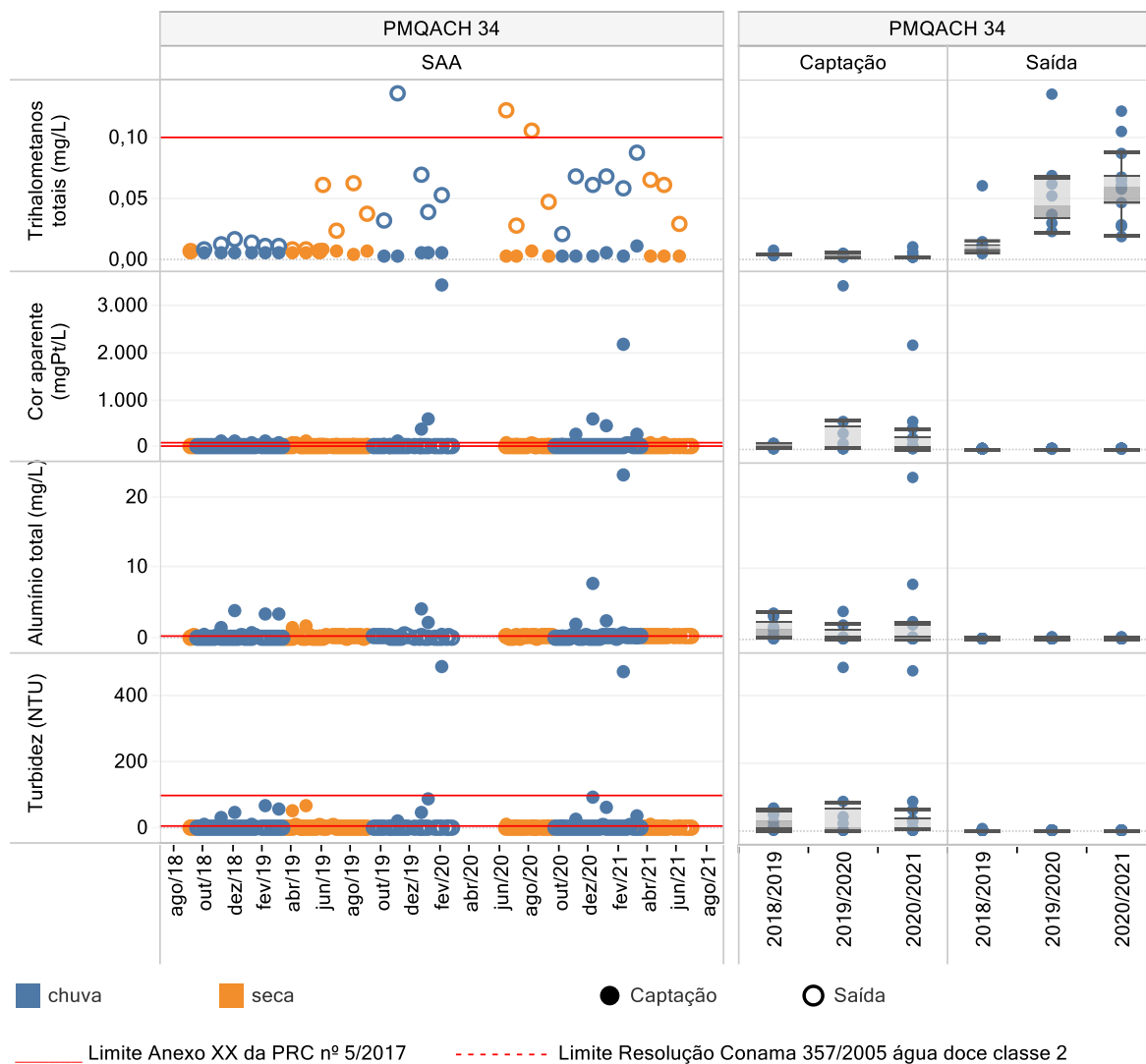
No ponto PMQACH 34, observa-se ausência de *E. coli* e presença de coliformes totais em somente duas ocasiões, sem padrão temporal ou sazonal evidente (**Figura 6-158**).

Figura 6-158 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 34, localizado no município de Baixo Guandu, e sua variação entre período chuvoso e seco.



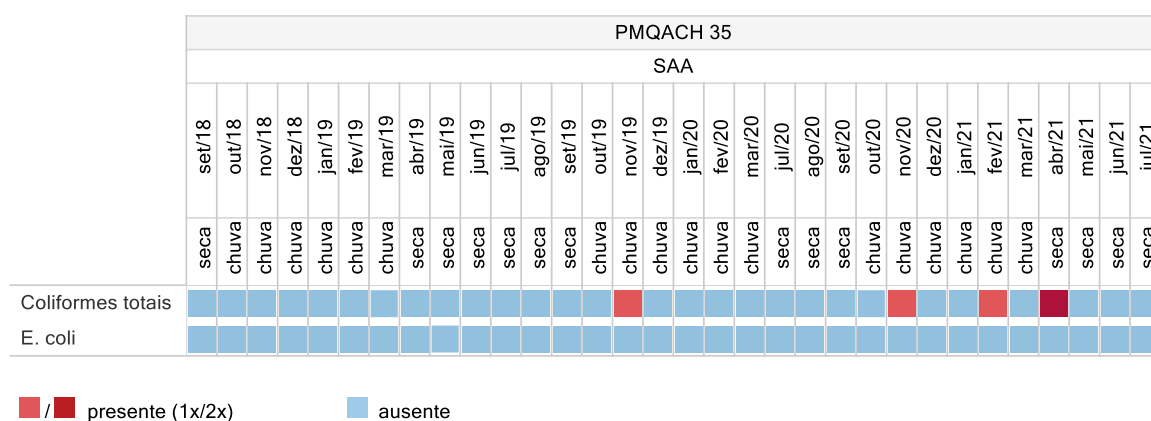
Os demais parâmetros de importância para o ponto em termos de violação demonstraram influência da chuva na captação, apresentando resultados significativamente mais elevados no período chuvoso do que na seca ($p < 0,05$), com exceção de trihalometanos totais (**Figura 6-159**). Considerando os dados de saída, somente alumínio total apresentou influência da sazonalidade, apresentando concentrações maiores no período chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-159**). Ainda considerando os dados de saída, observa-se aumento das concentrações de alumínio total, cor aparente e trihalometanos ao longo do tempo, o que ocorreu especialmente no último ano chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-159**).

Figura 6-159 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 34, localizado no município de Baixo Guandu, e sua variação entre período chuvoso e seco.



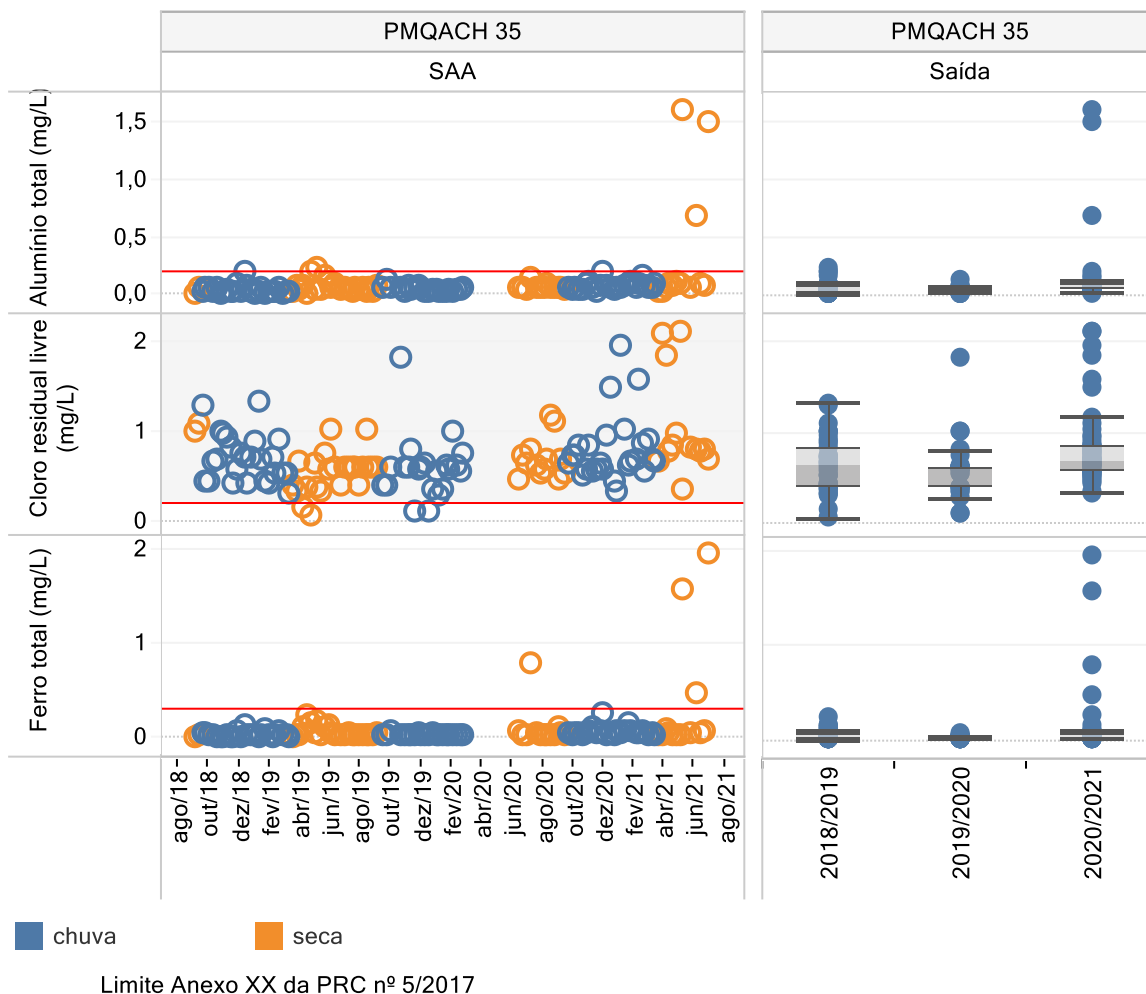
No ponto PMQACH 35, observa-se ausência de *E. coli* e presença de coliformes totais em ocasiões pontuais, sem padrão temporal ou sazonal evidente (**Figura 6-160**).

Figura 6-160 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 35, localizado no município de Baixo Guandu, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.



Os demais parâmetros de importância para o ponto em termos de violação demonstraram resultados superiores em 2020/2021 ($p < 0,05$), mas não apresentaram influência da precipitação ($p > 0,05$) (**Figura 6-161**).

Figura 6-161 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 35, localizado no município de Baixo Guandu, e sua variação entre período chuvoso e seco.



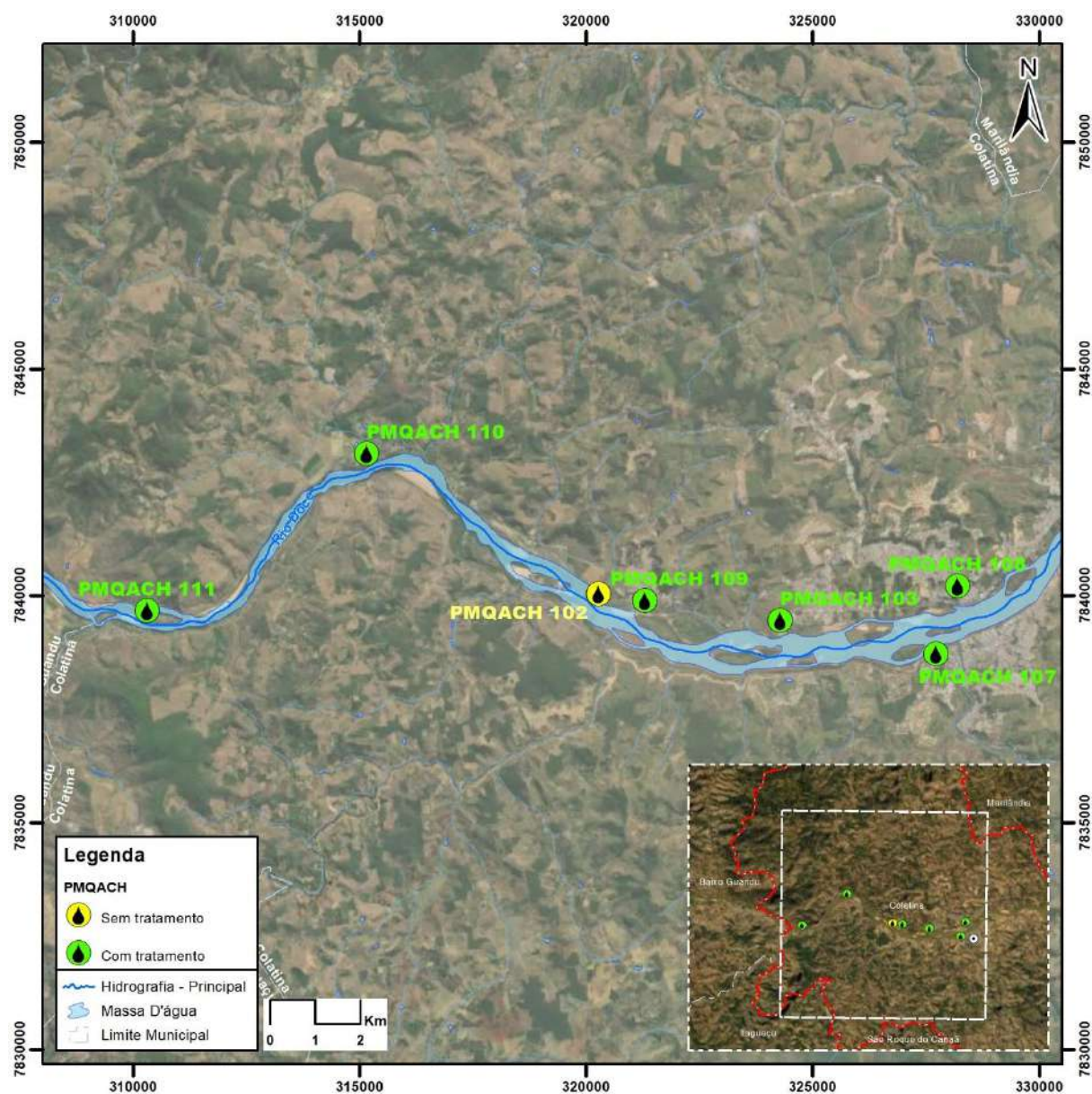
6.20 - Colatina

No município de Colatina-ES, foram considerados os 07 (sete) pontos ativos, sendo cinco (05) com Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e dois (02) com Soluções Alternativas Coletivas (SAC). Ainda, somente um ponto não possui tratamento de água, sendo todos os demais com tratamento (**Figura 6-162 e Quadro 6-20**).

Quadro 6-20 - Características dos pontos do município de Colatina considerados no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 102	Subterrânea	SAC	Sem tratamento	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017
PMQACH 103	Superficial	SAC	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017
PMQACH 107	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017
PMQACH 108	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017
PMQACH 109	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017
PMQACH 110	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017
PMQACH 111	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017

Figura 6-162 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Colatina-ES.

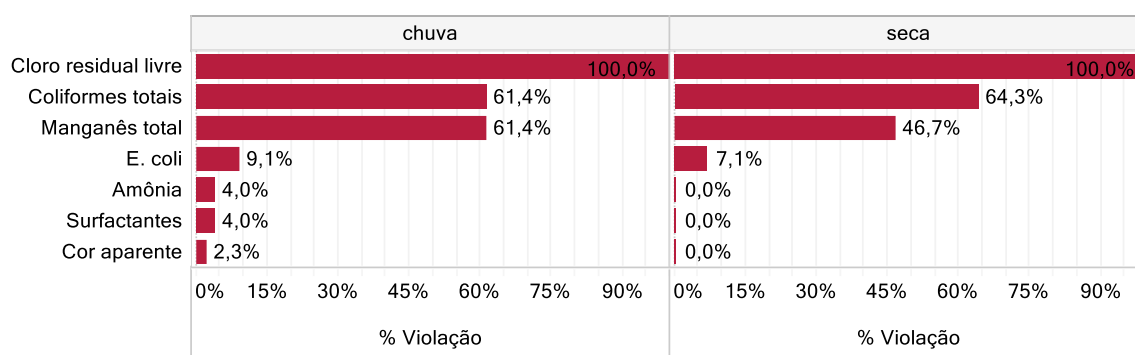


6.20.1 - Pontos sem tratamento

6.20.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

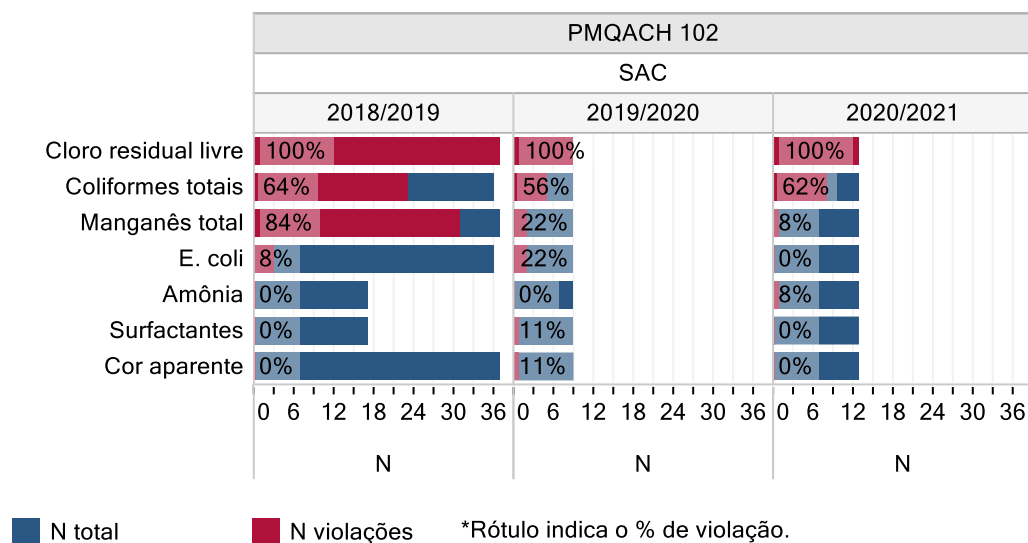
Para o município de Colatina-ES, considerando os pontos sem tratamento, cloro residual livre, coliformes totais e manganês total foram os parâmetros com maiores percentuais de violação, com resultados semelhantes entre período chuvoso e de seca, com exceção de manganês total, que apresentou resultados mais elevados no período chuvoso (**Figura 6-163**). A contaminação microbiológica observada pode estar relacionada as baixas concentrações de cloro, o que era esperado em pontos sem tratamento. O cloro é utilizado para desinfecção, sendo extremamente empregado nos processos de tratamento e apresenta alta eficácia na remoção de microrganismos (DANIEL, 2001; YAMAGUCHI et al., 2013). *E. coli* apresentou percentuais semelhantes, com 9,1% de violação na chuva e 7,1% na seca. Amônia (4%), surfactantes (4%) e cor aparente (2,3%) apresentaram violação somente no período chuvoso (**Figura 6-163**). Os elevados percentuais de cloro residual livre estão relacionados ao não tratamento de água, visto que a violação ocorreu abaixo da faixa legal estabelecida para o parâmetro. Baixas concentrações do cloro podem levar a eventual contaminação microbiológica nos sistemas de água para consumo humano (FUNASA, 2014), o que pode ser observado pelos elevados percentuais de coliformes totais. A presença de bactérias do grupo coliformes indica lançamento de esgoto doméstico, infiltração do efluente tratado com baixa eficiência na remoção de patógenos e/ou criação de animais nas proximidades (ALVES et al., 2008; LATORRACA, 2007). Apesar da elevada taxa de esgotamento sanitário de Colatina-ES (85,5%; IBGE, 2010), o que pode minimizar a influência regional para os pontos avaliados, os aspectos locais também são importantes. Além disso, a taxa de esgotamento sanitário não reflete sua eficiência, ou seja, caso o tratamento seja ineficiente, o lançamento de matéria orgânica e patógenos no efluente ainda ocorrerá.

Figura 6-163 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos sem tratamento do município de Colatina-ES no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



No ponto PMQACH 102, que possui abastecimento do tipo SAC e captação subterrânea, cloro residual livre apresentou 100% de violação ao longo de todo monitoramento (2018/2019: violação das 37 amostras avaliadas; 2019/2020: violação das 9 amostras avaliadas; 2020/2021: violação das 13 amostras avaliadas) (**Figura 6-164**). O parâmetro coliformes totais apresentou resultados similares ao longo dos anos, sendo que em 2020/2021 apresentou 62% de violação (8 violações de um total de 13 amostras). Em 2020/2021, manganês total e amônia também apresentaram violação, com 8% cada (1 violação de um total de 13 amostras) (**Figura 6-164**). Surfactantes, cor aparente e *E. coli* apresentaram violação somente nos dois primeiros anos do monitoramento (**Figura 6-164**).

Figura 6-164 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 102, localizado no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

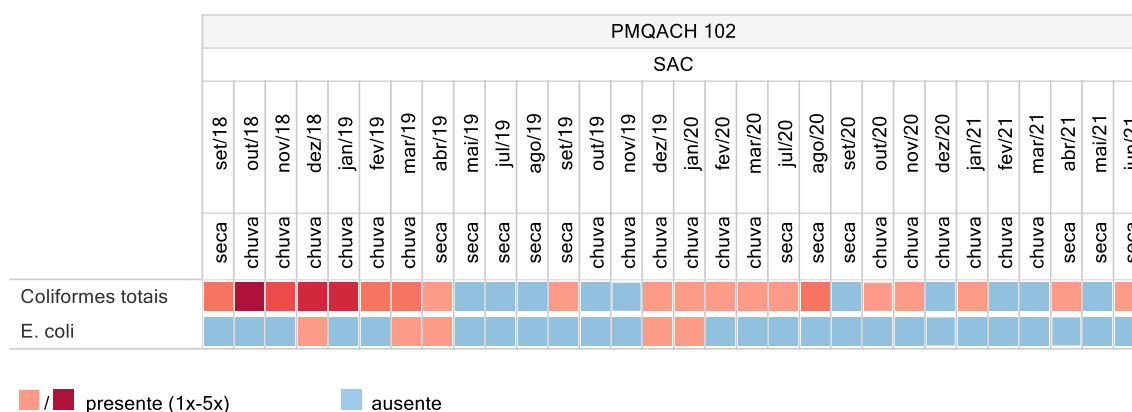


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.20.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

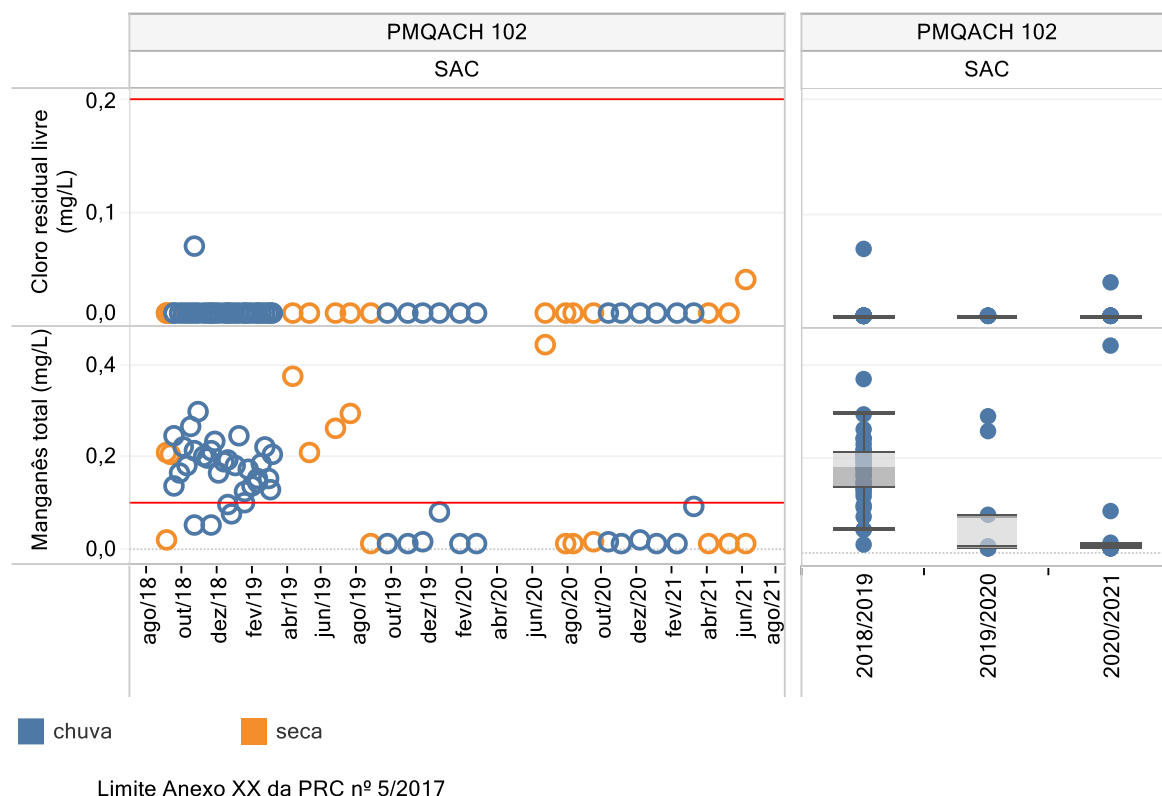
No ponto PMQACH 102, observa-se a presença de coliformes totais ao longo de todo monitoramento, sem padrão temporal ou sazonal evidente (**Figura 6-165**). *E. coli* apresentou resultados, no geral, “ausentes”, com ocorrências pontuais, especialmente nos dois primeiros ciclos do monitoramento (2018/2019 e 2019/2020) e em períodos chuvosos (**Figura 6-165**).

Figura 6-165 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 102, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.



Em relação aos demais parâmetros com importância em termos de violação para o ponto, observa-se uma redução das concentrações de manganês total ao longo dos anos ($p < 0,05$), mas sem um padrão sazonal evidente ($p > 0,05$) (**Figura 6-166**). O cloro residual livre não apresentou padrão temporal ou sazonal de acordo com as análises estatísticas ($p > 0,05$) (**Figura 6-166**).

Figura 6-166 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 102, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.



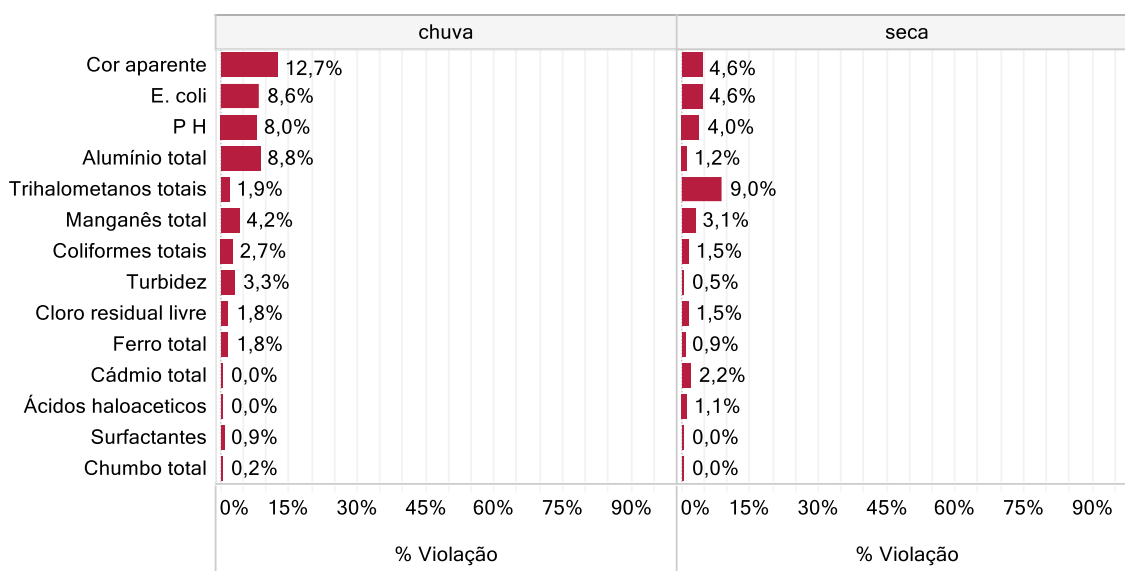
6.20.2 - Pontos com tratamento

6.20.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Colatina-ES, considerando os pontos com tratamento, os percentuais de violação foram, no geral, baixos (< 20%), com resultados similares entre período chuvoso e seco (**Figura 6-167**). Cor aparente foi o parâmetro com o maior percentual de violação no período da chuva (12,7%), enquanto trihalometanos totais apresentaram o maior percentual no período de seca (9%) (**Figura 6-167**). O parâmetro cor aparente está relacionado a quantidade de sólidos em suspensão na água e, de fato, pode apresentar valores mais elevados durante períodos chuvosos, devido a maior carreamento de material para os

curtos hídricos ou ressuspensão de sedimento (LIMA, 2012). *E. coli* apresentou 8,6% de violação na chuva e 4,6% na seca. O pH apresentou 8% de violação na chuva e 4% na seca. Os demais parâmetros apresentaram percentual < 10%, com violações esporádicas e com resultados bem semelhantes entre período chuvoso e seco (**Figura 6-167**).

Figura 6-167 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos com tratamento do município de Colatina-ES no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

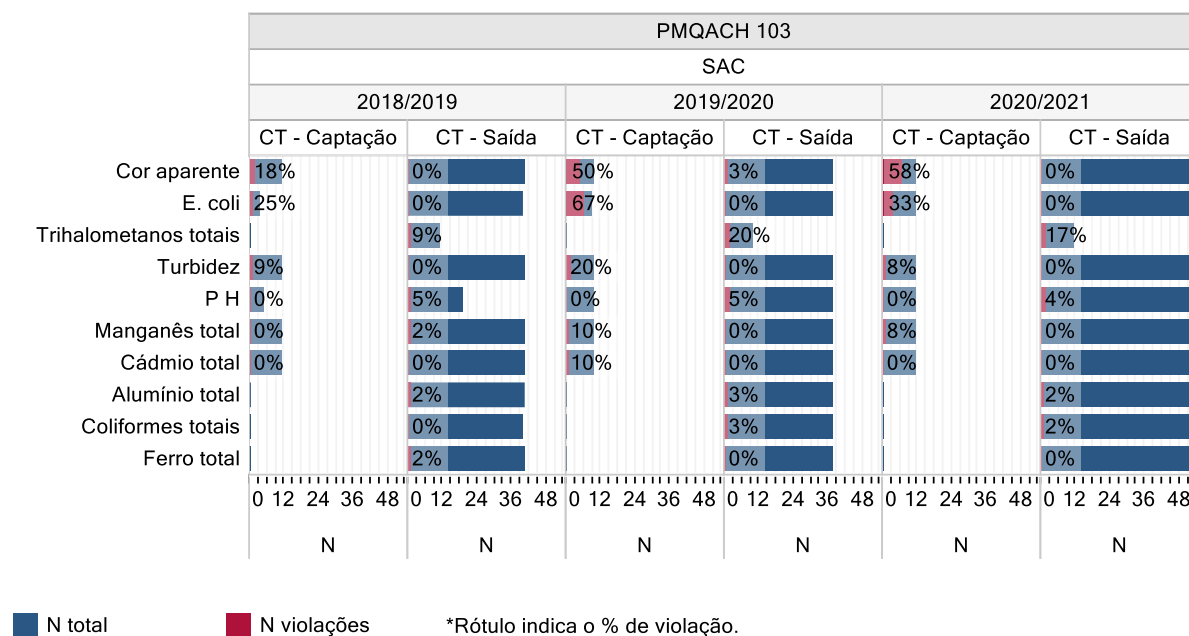


No ponto PMQACH 103, que apresenta abastecimento do tipo SAC e captação superficial, os maiores percentuais de violação foram observados na captação, com destaque para cor aparente e *E. coli* (**Figura 6-168**). Considerando os resultados da captação, observa-se um aumento dos percentuais de cor aparente ao longo dos anos, com o máximo de 58% em 2020/2021 (7 violações de um total de 12 amostras) (**Figura 6-168**). *E. coli* não apresentou um padrão temporal evidente, sendo que no último período avaliado apresentou 33% de violação (4 violações de um total de 12 amostras) (**Figura 6-168**). Em 2020/2021, turbidez e manganês total também apresentaram violação dos respectivos limites legais na captação, com 8% cada (1 violação de um total de 12 amostras) (**Figura 6-168**). Cádmio total e turbidez

apresentaram violação na captação, mas somente nos anos anteriores do monitoramento (**Figura 6-168**). Na saída, no geral, os percentuais foram mais baixos, sendo que em 2020/2021 os parâmetros que apresentaram violação foram: trihalometanos totais (17%; 2 violações de um total de 12 amostras), pH (4%; 2 violações de um total de 52 amostras), alumínio total e coliformes totais (2%; 1 violação de um total de 52 amostras) (**Figura 6-168**). Ferro total e manganês total apresentaram violação na saída, mas somente no primeiro ano do monitoramento (**Figura 6-168**).

A turbidez avaliada nas amostras de pós-filtração não apresentou violação aos limites legais aplicáveis em nenhum dos períodos avaliados.

Figura 6-168 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 103, localizado no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

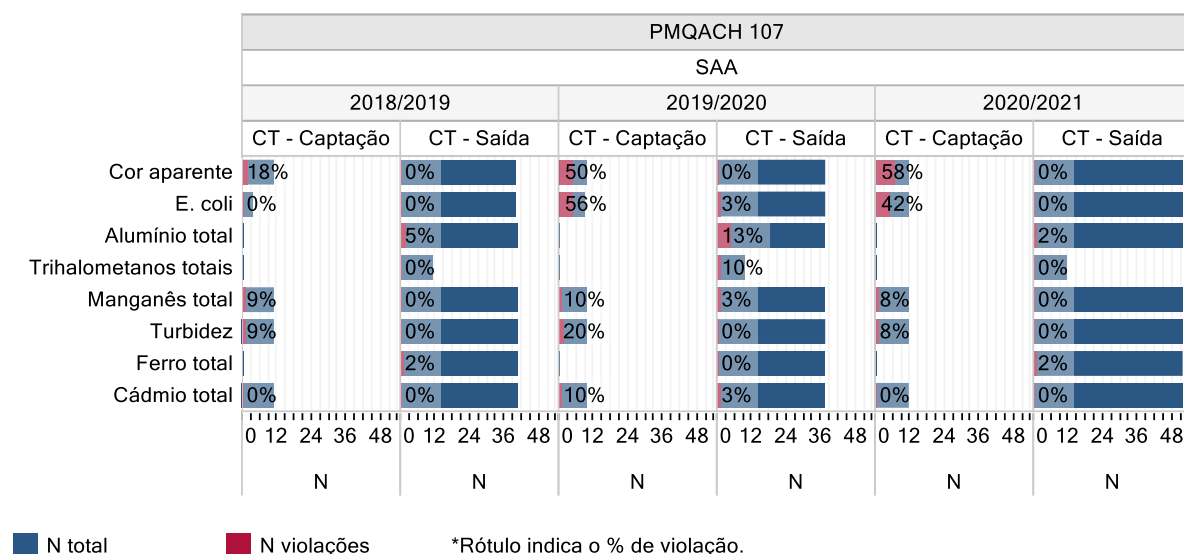


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 107, que possui abastecimento do tipo SAA e captação superficial, a captação apresentou os maiores percentuais de violação, com destaque para cor aparente e *E. coli*. Considerando os resultados da captação, observa-se um aumento dos percentuais de cor aparente ao longo dos anos, com o máximo de 58% em 2020/2021 (7 violações de um total de 12 amostras) (**Figura 6-169**). *E. coli* não apresentou um padrão temporal evidente, sendo que no último período avaliado apresentou 42% de violação (5 violações de um total de 12 amostras) (**Figura 6-169**). Em 2020/2021, turbidez e manganês total também apresentaram violação dos respectivos limites legais na captação, com 8% cada (1 violação de um total de 12 amostras) (**Figura 6-169**). Cádmio total apresentou 10% de violação na captação (1 violação de um total de 10 amostras), mas somente em 2019/2020 (**Figura 6-169**). Na saída, no geral, os percentuais foram mais baixos, sendo que em 2020/2021, somente alumínio total e ferro total apresentaram violação, com 2% cada (1 violação de um total de 52 amostras) (**Figura 6-169**). Os demais parâmetros apresentaram percentuais de violação somente nos primeiros anos do monitoramento (**Figura 6-169**).

A turbidez avaliada nas amostras de pós-filtração não apresentou violação aos limites legais aplicáveis em nenhum dos períodos avaliados.

Figura 6-169 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 107, localizado no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



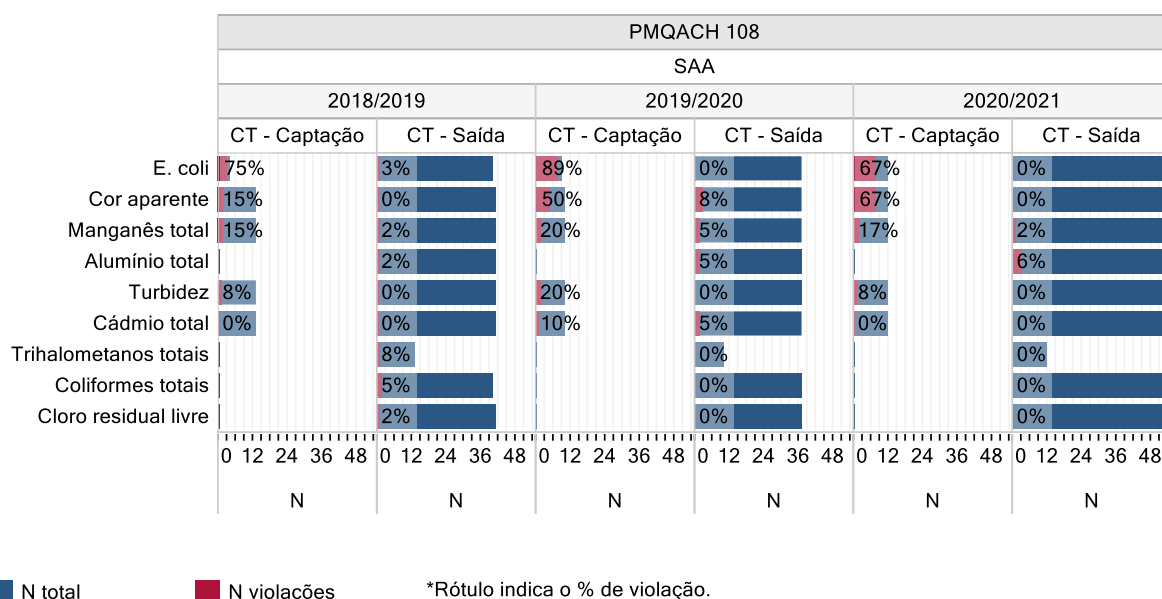
Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 108, que possui abastecimento do tipo SAA e captação superficial, a captação apresentou os maiores percentuais de violação, com destaque para cor aparente e *E. coli*. Considerando os resultados da captação, observa-se um aumento dos percentuais de cor aparente ao longo dos anos, com o máximo de 67% em 2020/2021 (8 violações de um total de 12 amostras) (**Figura 6-170**). *E. coli* não apresentou um padrão temporal evidente, sendo que no último período avaliado apresentou 67% de violação (8 violações de um total de 12 amostras) (**Figura 6-170**). Em 2020/2021, turbidez e manganês total também apresentaram violação dos respectivos limites legais na captação, com 8% (1 violação de um total de 12 amostras) e 17% (2 violações de um total de 12 amostras), respectivamente (**Figura 6-170**). Cádmio total apresentou 10% de violação na captação (1 violação de um total de 10 amostras), mas somente em 2019/2020 (**Figura 6-170**). Na saída, no geral, os percentuais foram mais baixos, sendo que em 2020/2021, somente manganês total

e alumínio total apresentaram violação, com 2% (1 violação de um total de 52 amostras) e 6% (3 violações de um total de 52 amostras), respectivamente (**Figura 6-170**). Os demais parâmetros apresentaram percentuais de violação somente nos primeiros anos do monitoramento, de forma pontual (**Figura 6-170**).

A turbidez avaliada nas amostras de pós-filtração não apresentou violação aos limites legais aplicáveis em nenhum dos períodos avaliados.

Figura 6-170 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 108, localizado no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.

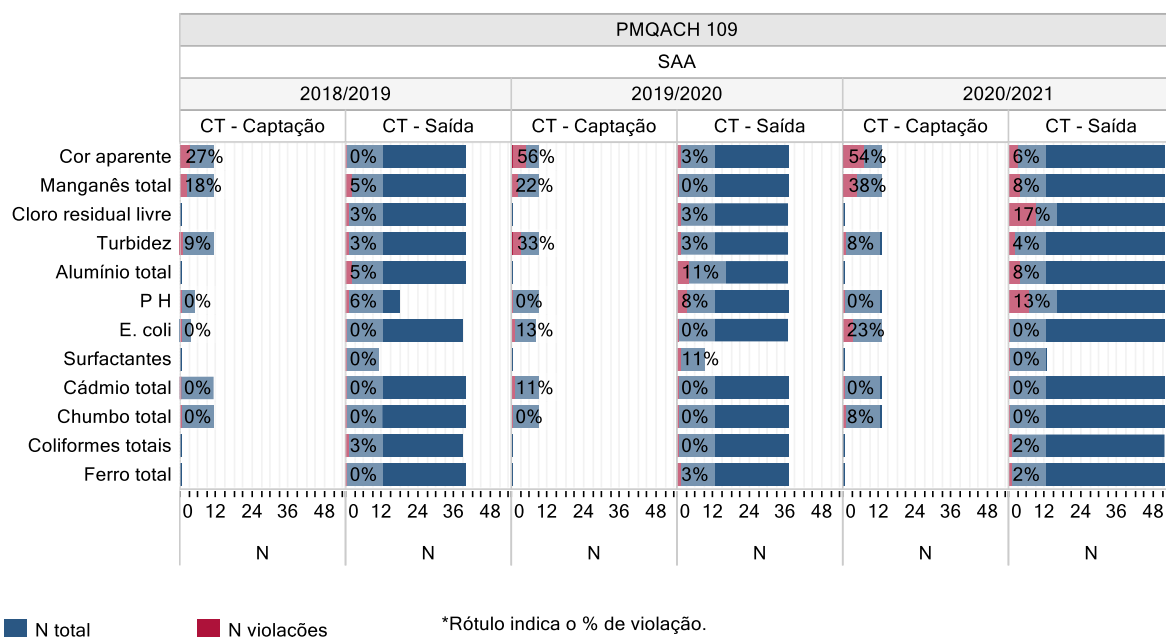


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 109, que possui abastecimento do tipo SAA e captação superficial, a captação apresentou os maiores percentuais de violação, com destaque para cor aparente e manganês total. Considerando os resultados da captação, observa-se um aumento dos percentuais de manganês total ao longo dos anos, com o máximo de 38% em 2020/2021 (5 violações de um total de 13 amostras) (**Figura 6-171**). Cor aparente não apresentou um padrão temporal evidente, sendo que no último período avaliado apresentou 54% de violação (7 violações de um total de 13 amostras) (**Figura 6-171**). Em 2020/2021, turbidez, *E. coli* e chumbo total também apresentaram violação dos respectivos limites legais na captação, com 8% (1 violação de um total de 13 amostras), 23% (3 violações de um total de 13 amostras) e 8% (1 violação de um total de 13 amostras), respectivamente (**Figura 6-171**). pH e cádmio total também apresentaram violação na captação, mas somente em anos anteriores (**Figura 6-171**). Na saída, no geral, os percentuais foram mais elevados em 2020/2021, sendo que os seguintes parâmetros apresentaram violação: cloro residual livre (17%; 9 violações de um total de 52 amostras), pH (13%; 7 violações de um total de 52 amostras), alumínio total e manganês total (8%; 4 violações de um total de 52 amostras), cor aparente (6%; 3 violações de um total de 52 amostras), turbidez (4%; 2 violações de um total de 52 amostras), coliformes totais e ferro total (2%; 1 violação de um total de 52 amostras) (**Figura 6-171**). Surfactantes apresentaram violação na saída somente em 2019/2020 (**Figura 6-171**). Cabe destacar que neste ponto, a turbidez apresentou uma ocorrência de violação considerando as amostras de pós-filtração em 2020/2021.

A turbidez avaliada nas amostras de pós-filtração não apresentou violação aos limites legais aplicáveis em 2018/2019, mas apresentou uma (01) violação em 2019/2020 e em 2020/2021. Em 2019/2020, a violação ocorreu em um total de 37 amostras em 2019/2020, resultando em um percentual de 3% de violação, e em 2020/2021, em um total de 50 amostras, resultando em um percentual de 2% de violação.

Figura 6-171 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 109, localizado no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

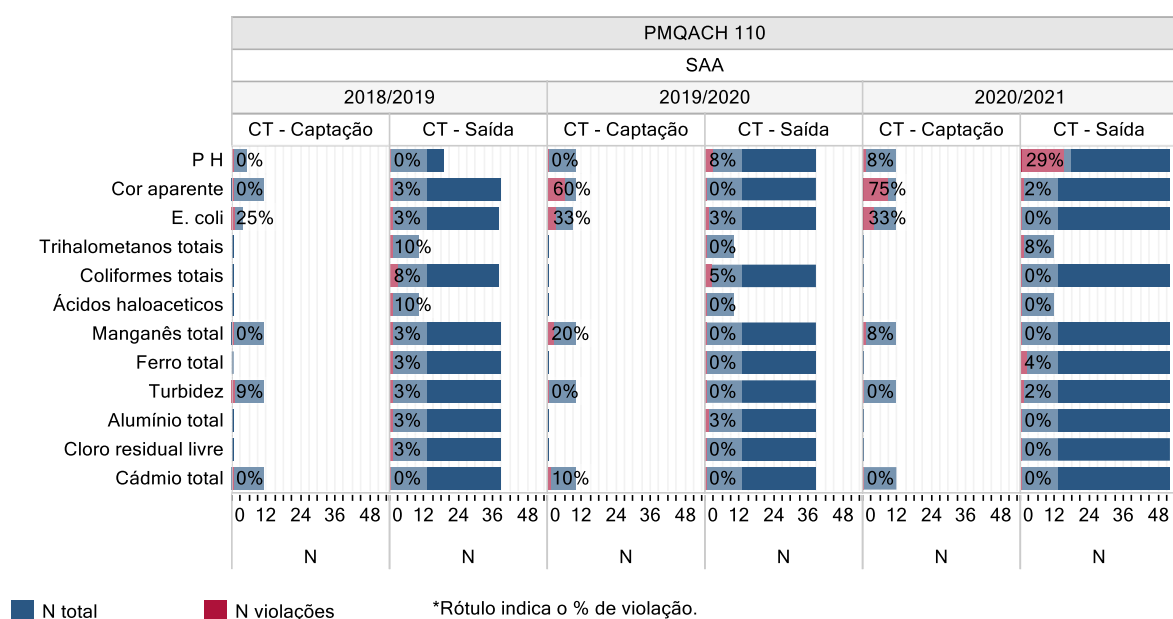


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 110, que possui abastecimento do tipo SAA e captação superficial, a captação apresentou os maiores percentuais de violação, com destaque para cor aparente e *E. coli*. Considerando os resultados da captação, observa-se um aumento dos percentuais de cor aparente ao longo dos anos, com o máximo de 75% em 2020/2021 (9 violações de um total de 12 amostras) (**Figura 6-172**). *E. coli* não apresentou um padrão temporal evidente, sendo que no último período avaliado apresentou 33% de violação (4 violações de um total de 12 amostras) (**Figura 6-172**). Em 2020/2021, pH e manganês total também apresentaram violação dos respectivos limites legais na captação, com 8% cada (1 violação de um total de 12 amostras) (**Figura 6-172**). Turbidez e cádmio total também violaram os limites legais na captação, mas somente nos primeiros anos do monitoramento (**Figura 6-172**). Na saída, no geral, os percentuais foram mais baixos, com destaque para o

pH que apresentou 29% de violação em 2020/2021 (15 violações de um total de 52 amostras) (**Figura 6-172**). Além do pH, trihalometanos totais (8%; 1 violação de um total de 12 amostras), ferro total (4%; 2 violações de um total de 52 amostras), turbidez e cor aparente (2%; 1 violação de um total de 52 amostras) foram os parâmetros que violaram seus respectivos limites legais em 2020/2021 (**Figura 6-172**). Os demais parâmetros apresentaram percentuais de violação somente nos primeiros anos do monitoramento, de forma pontual (**Figura 6-172**).

Figura 6-172 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 110, localizado no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

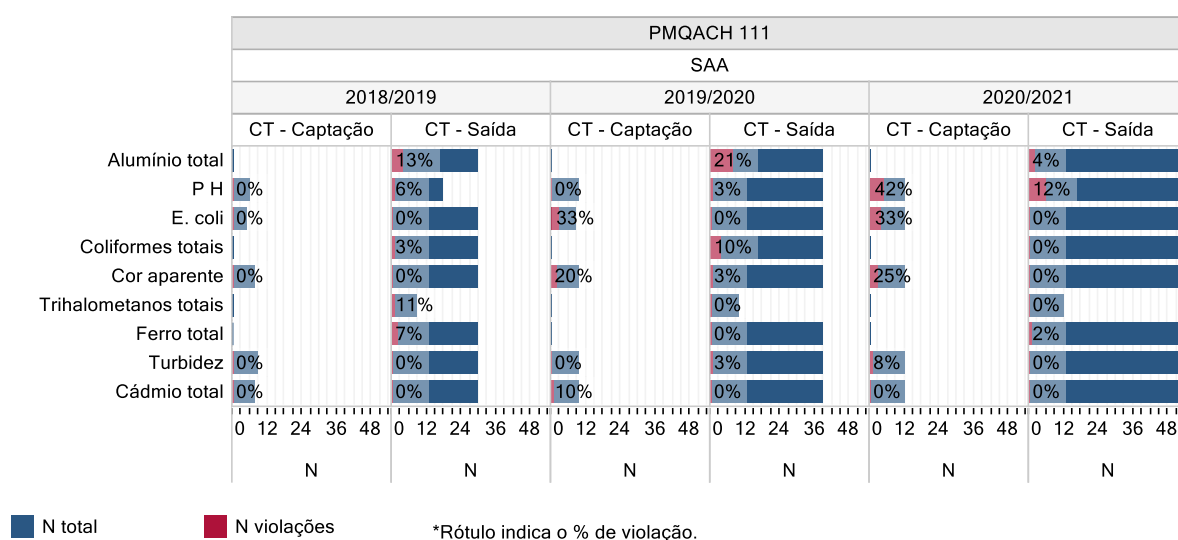


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 111, que possui abastecimento do tipo SAA e captação superficial, a captação apresentou os maiores percentuais de violação, com destaque para pH, cor aparente e *E. coli*. Considerando os resultados da captação, observa-se um aumento dos percentuais de cor aparente ao longo dos anos, com o máximo de 25% em 2020/2021 (3

violações de um total de 12 amostras) (**Figura 6-173**). *E. coli* não apresentou um padrão temporal evidente, sendo que no último período avaliado apresentou 33% de violação (4 violações de um total de 12 amostras) (**Figura 6-173**). O pH somente apresentou violação em 2020/2021, com 42% de violação considerando os dados de captação (5 violações de um total de 12 amostras) (**Figura 6-173**). Em 2020/2021, a turbidez também apresentou violação aos limites legais na captação, com 8% (1 violação de um total de 12 amostras) (**Figura 6-173**). Cádmio total apresentou violação somente em 2019/2020 (10%; 1 violação de um total de 10 amostras) (**Figura 6-173**). Na saída, no geral, os percentuais foram mais baixos, com destaque para o pH que apresentou 12% de violação em 2020/2021 (6 violações de um total de 52 amostras) (**Figura 6-173**). Além do pH, alumínio total (4%; 2 violações de um total de 52 amostras) e ferro total (2%; 1 violação de um total de 52 amostras) apresentaram violação aos seus respectivos limites legais em 2020/2021 (**Figura 6-173**). Os demais parâmetros apresentaram percentuais de violação somente nos primeiros anos do monitoramento, de forma pontual (**Figura 6-173**).

Figura 6-173 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 111, localizado no município de Colatina-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

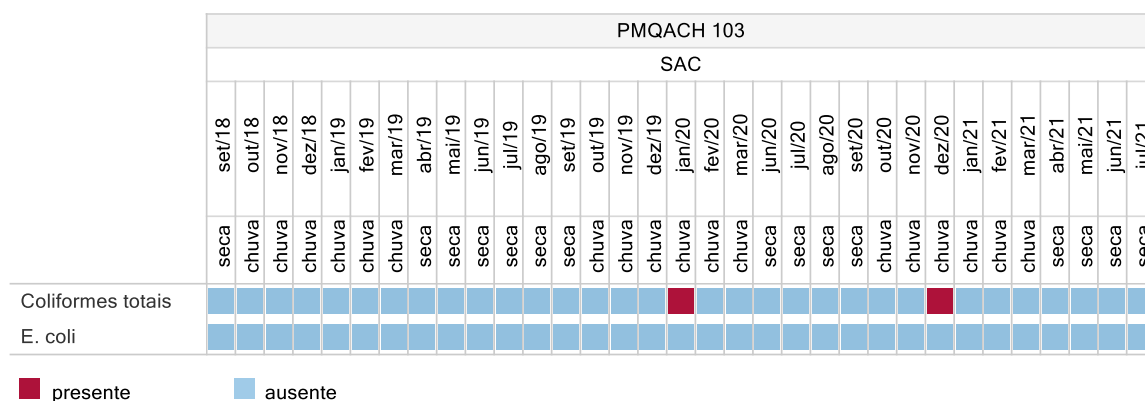


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.20.2.2 - Avaliação temporal e sazonal

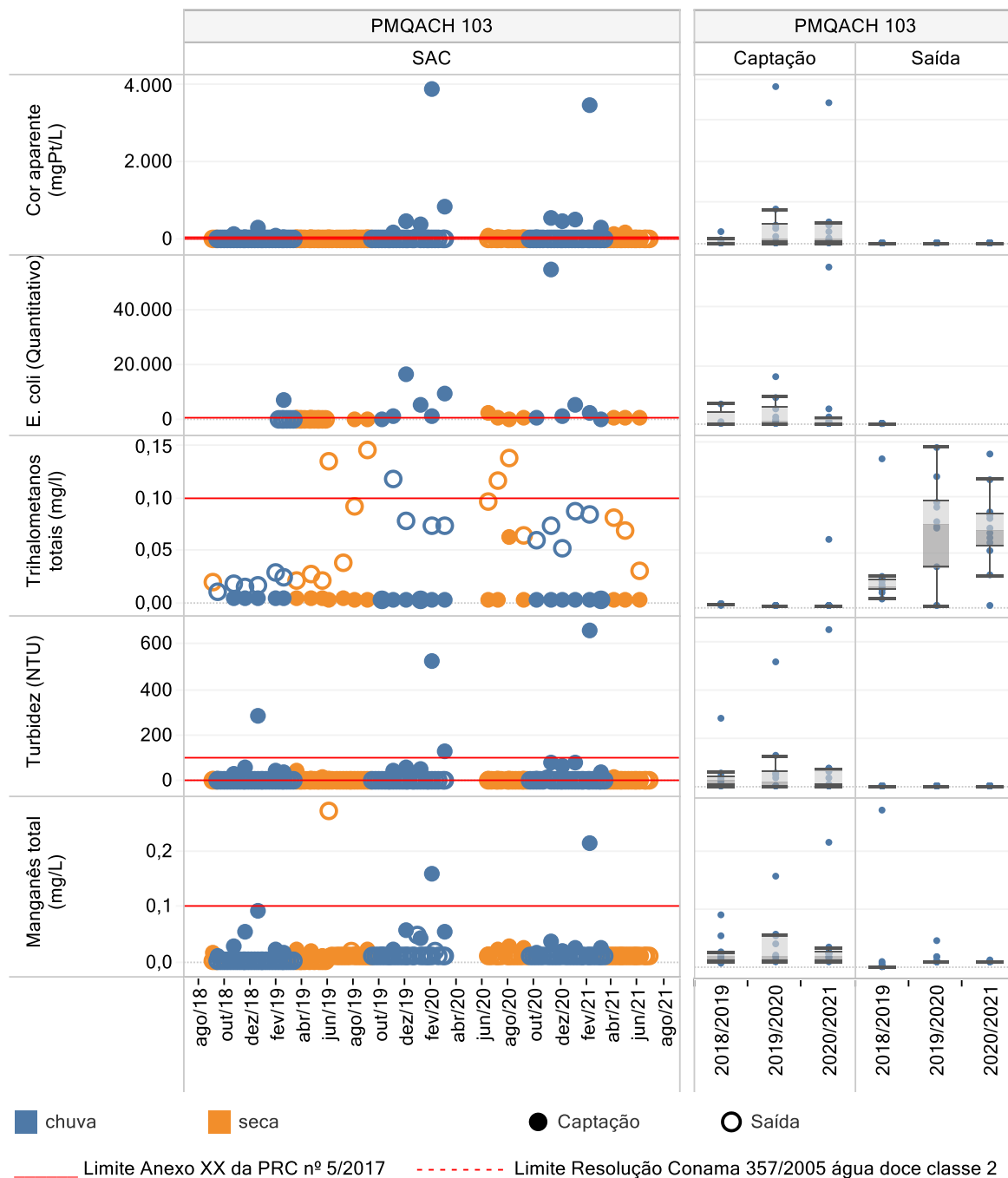
No ponto PMQACH 103, coliformes totais estiveram predominantemente “ausentes” ao longo do monitoramento, sem padrão temporal ou sazonal evidente, apesar de que as duas ocorrências foram observadas em períodos chuvosos (**Figura 6-174**). *E. coli*, por outro lado, não apresentou nenhuma ocorrência no ponto ao longo do monitoramento (**Figura 6-174**).

Figura 6-174 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 103, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.



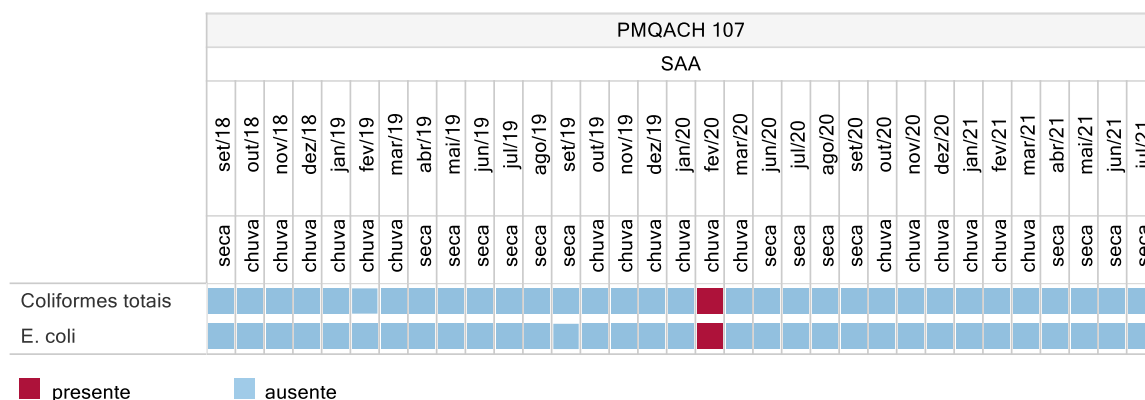
Em relação aos demais parâmetros com relevância em termos de violação para o ponto, observa-se que os parâmetros avaliados na captação foram mais fortemente influenciados pela pluviosidade, visto que cor aparente, *E. coli*, manganês total e turbidez apresentaram resultados mais elevados no período chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-175**). Além disso, considerando os resultados de captação, é possível identificar um pico de trihalometanos totais em 2020/2021, o que não ocorreu nos anos anteriores ($p < 0,05$) (**Figura 6-175**). Considerando os dados de saída, foi possível identificar um aumento das concentrações de manganês total ao longo dos anos, assim como aumento dos valores de trihalometanos totais e turbidez nos dois últimos anos monitorados em relação ao primeiro ano de monitoramento ($p < 0,05$) (**Figura 6-175**). Por fim, observa-se uma redução dos resultados de cor aparente em 2020/2021 em relação ao ano anterior ($p < 0,05$) (**Figura 6-175**).

Figura 6-175 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 103, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.



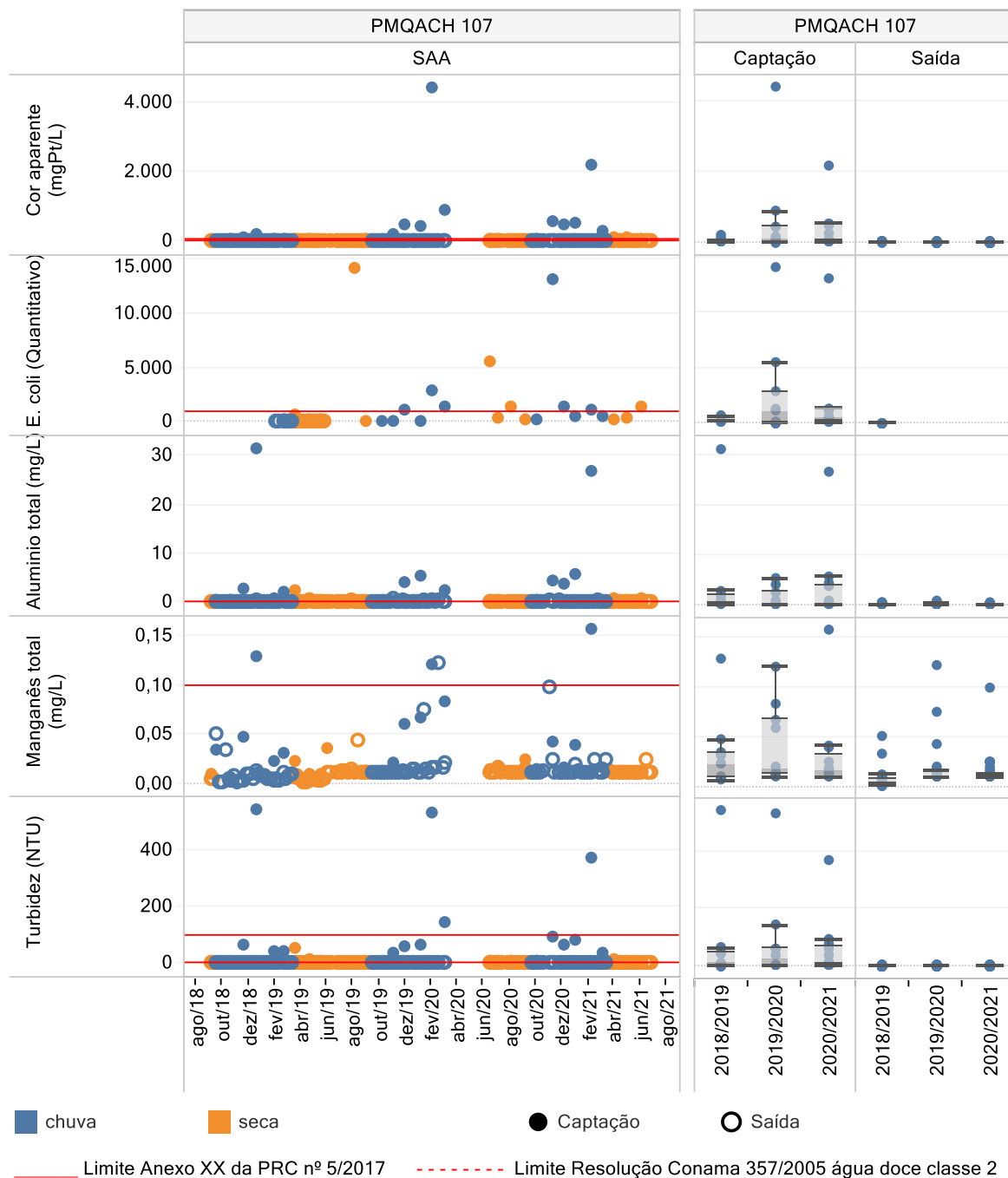
No ponto PMQACH 107, coliformes totais e *E. coli* estiveram predominantemente “ausentes” ao longo do monitoramento, com somente uma ocorrência para ambos os casos e no período chuvoso, em fevereiro/2020 (**Figura 6-176**).

Figura 6-176 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 107, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.



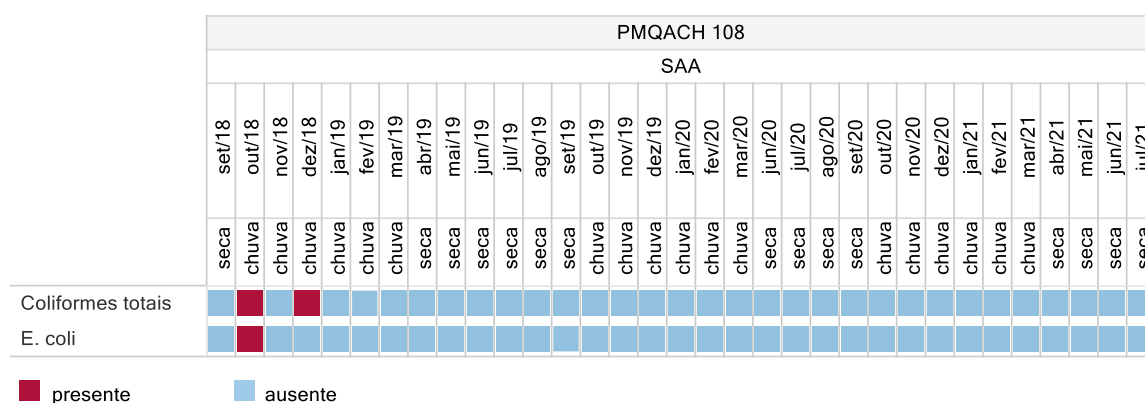
Em relação aos demais parâmetros com relevância em termos de violação para o ponto, observa-se que os parâmetros avaliados na captação foram mais fortemente influenciados pela pluviosidade, visto que cor aparente, alumínio total, manganês total e turbidez apresentaram resultados mais elevados no período chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-177**). Os resultados de pós-filtração demonstraram aumento dos valores de turbidez ao longo dos anos ($p < 0,05$). Considerando os dados de saída, a cor aparente apresentou resultados mais elevados durante período chuvoso, enquanto a turbidez apresentou resultados mais elevados nos dois últimos anos do monitoramento em comparação ao primeiro ($p < 0,05$) (**Figura 6-177**).

Figura 6-177 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 107, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.



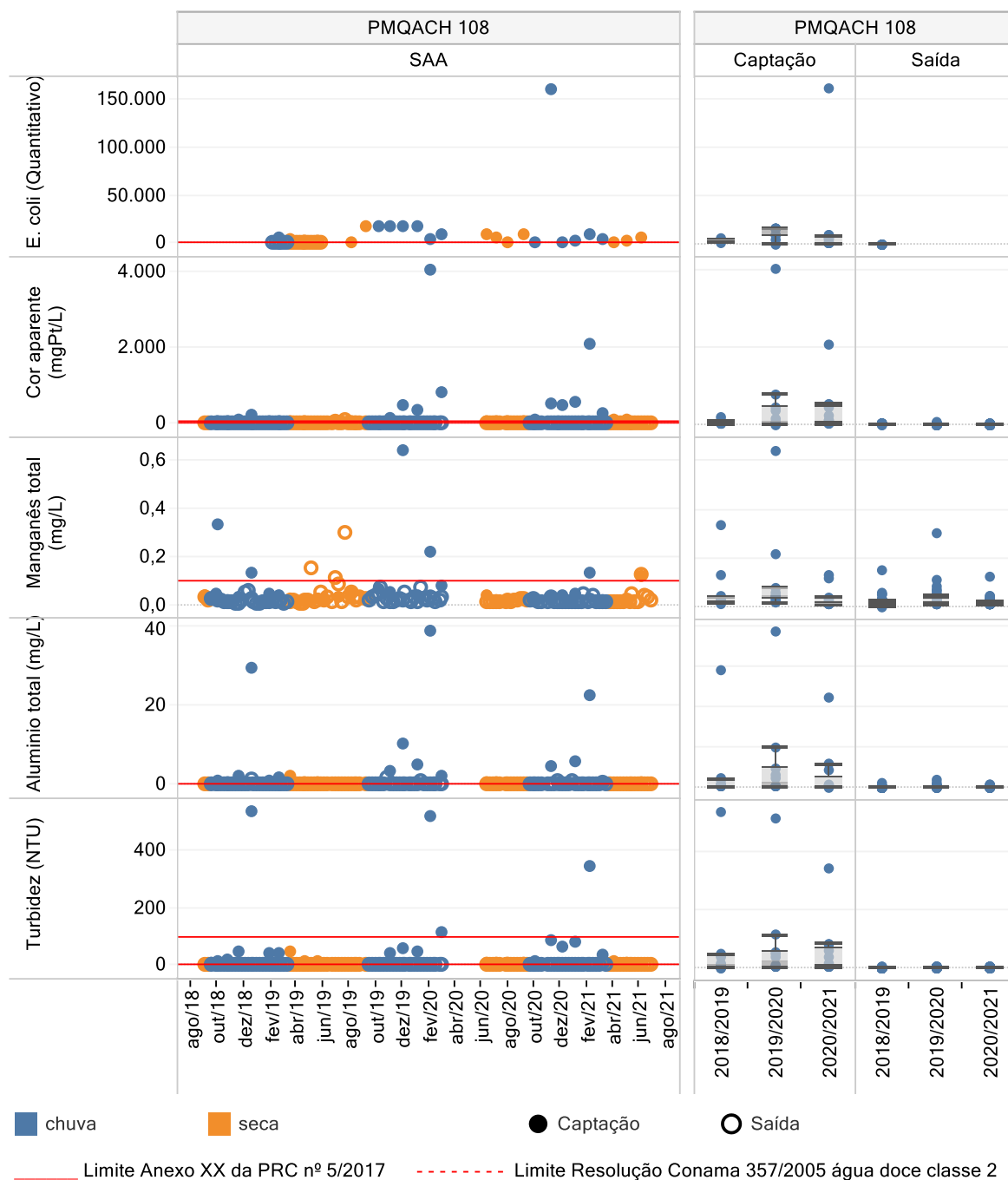
No ponto PMQACH 108, coliformes totais e *E. coli* estiveram predominantemente “ausentes” ao longo do monitoramento, com somente duas ocorrências para coliformes totais em períodos chuvosos e em 2018, e somente uma ocorrência para *E. coli*, também durante período chuvoso, em outubro/2018 (**Figura 6-178**).

Figura 6-178 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 108, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.



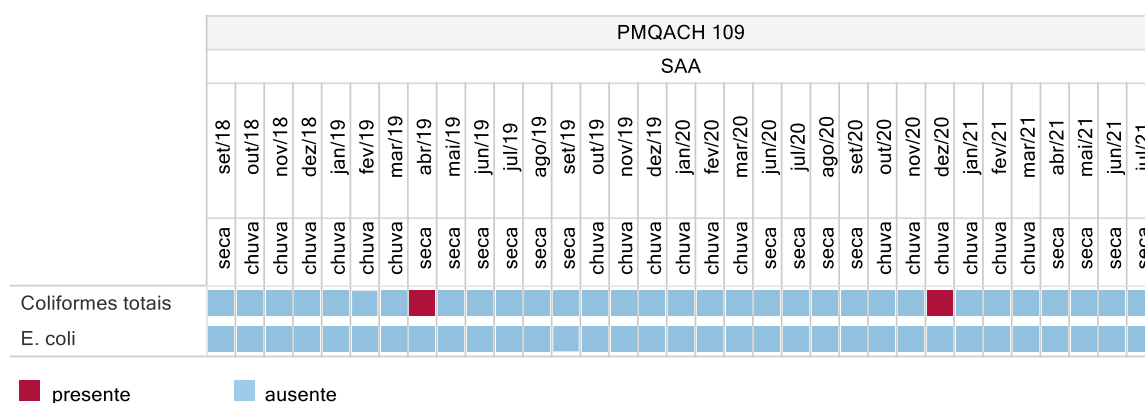
Em relação aos demais parâmetros com relevância em termos de violação para o ponto, observa-se que os parâmetros avaliados na captação foram mais fortemente influenciados pela pluviosidade, visto que cor aparente, alumínio total, manganês total e turbidez apresentaram resultados mais elevados no período chuvoso ($p < 0,05$). Além disso, o manganês apresentou uma redução em suas concentrações em 2020/2021 em comparação ao ano anterior ($p < 0,05$) (**Figura 6-179**). Os resultados de pós-filtração demonstraram aumento dos valores de turbidez ao longo dos anos ($p < 0,05$). Considerando os dados de saída, alumínio total e cor aparente apresentaram uma redução em seus valores em 2020/2021, enquanto a turbidez apresentou um aumento de seus valores nos dois últimos anos monitorados ($p < 0,05$) (**Figura 6-179**).

Figura 6-179 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 108, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.



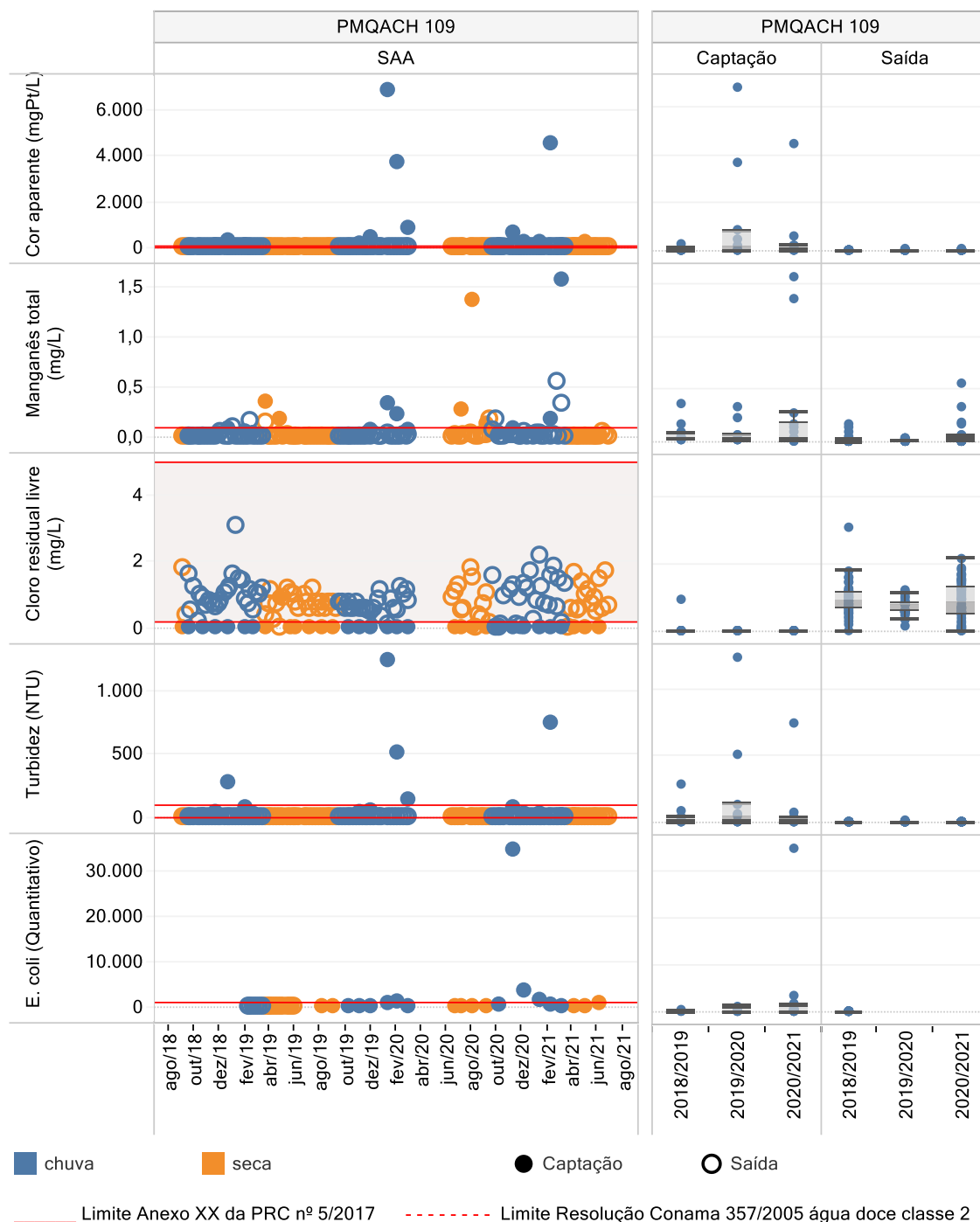
No ponto PMQACH 108, coliformes totais estiveram predominantemente “ausentes” ao longo do monitoramento, com somente duas ocorrências, sem padrão temporal ou sazonal evidente. Para *E. coli*, não houve nenhuma ocorrência ao longo do monitoramento (Figura 6-180).

Figura 6-180 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 109, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.



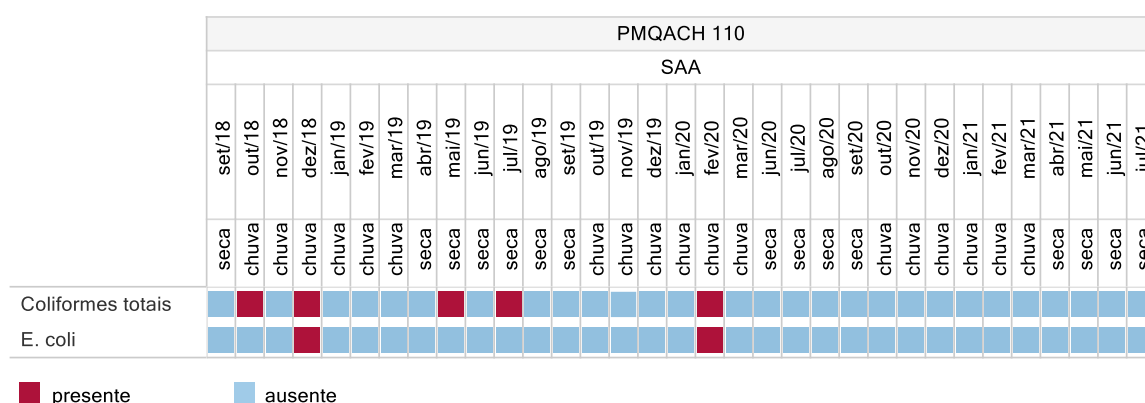
Em relação aos demais parâmetros com relevância em termos de violação para o ponto, observa-se que os parâmetros avaliados na captação foram mais fortemente influenciados pela pluviosidade, visto que cor aparente, *E. coli* e turbidez apresentaram resultados mais elevados no período chuvoso ($p < 0,05$) (Figura 6-181). Os resultados de pós-filtração demonstraram aumento dos valores de turbidez nos dois últimos anos do monitoramento ($p < 0,05$). Considerando os dados de saída, cor aparente apresentou um aumento em seus valores nos dois últimos anos do monitoramento, enquanto manganês total apresentou um aumento das concentrações em 2020/2021 em relação ao ano anterior ($p < 0,05$) (Figura 6-181).

Figura 6-181 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 109, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.



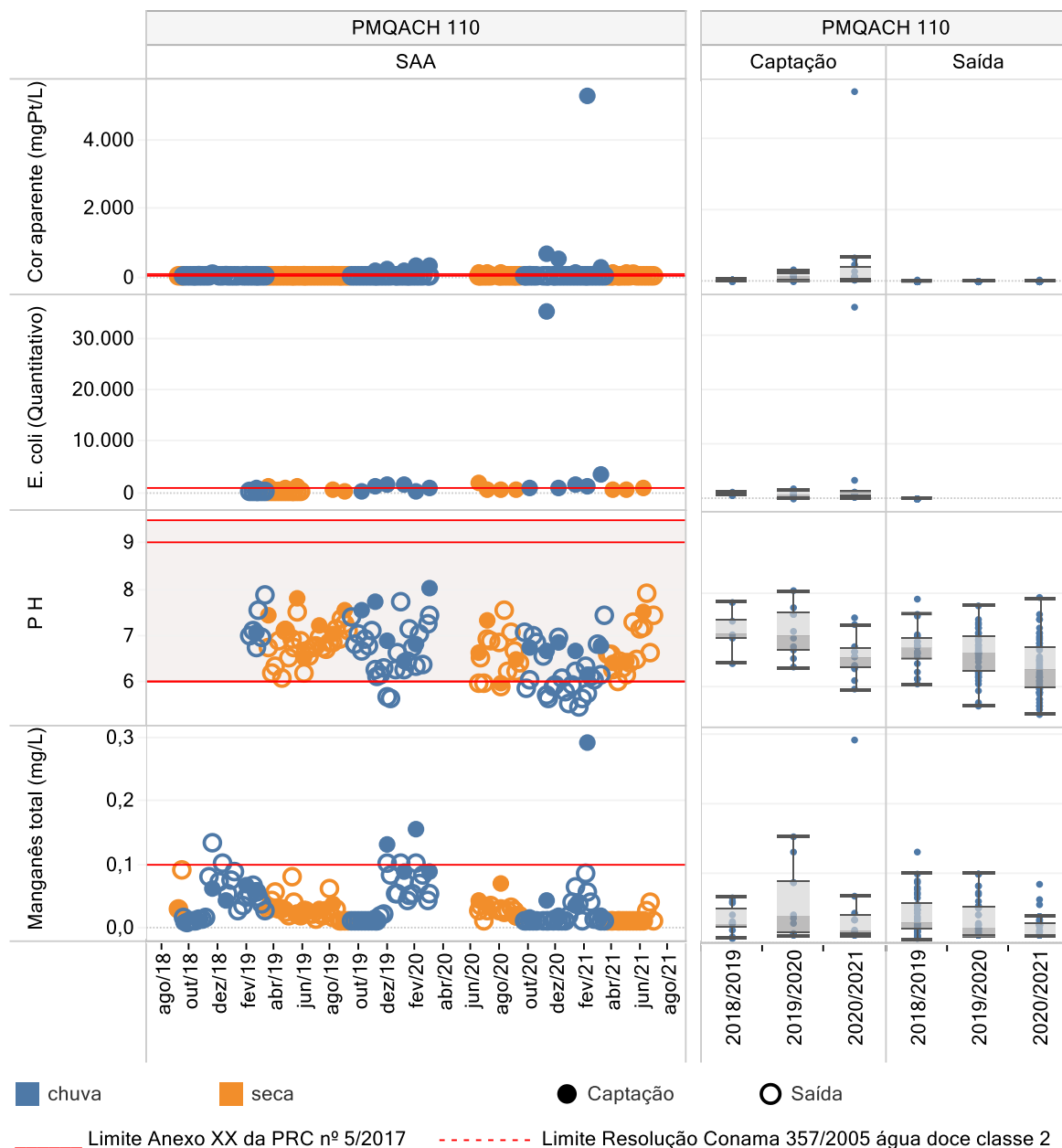
No ponto PMQACH 110, coliformes totais e *E. coli* estiveram predominantemente “ausentes” ao longo do monitoramento, com ocorrências pontuais e sem padrão temporal ou sazonal definido, apesar das ocorrências para *E. coli* terem sido observadas exclusivamente em períodos chuvosos. Além disso, é possível identificar que a partir do segundo semestre de 2020, não houve mais ocorrência destes parâmetros microbiológicos (**Figura 6-182**).

Figura 6-182 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 110, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.



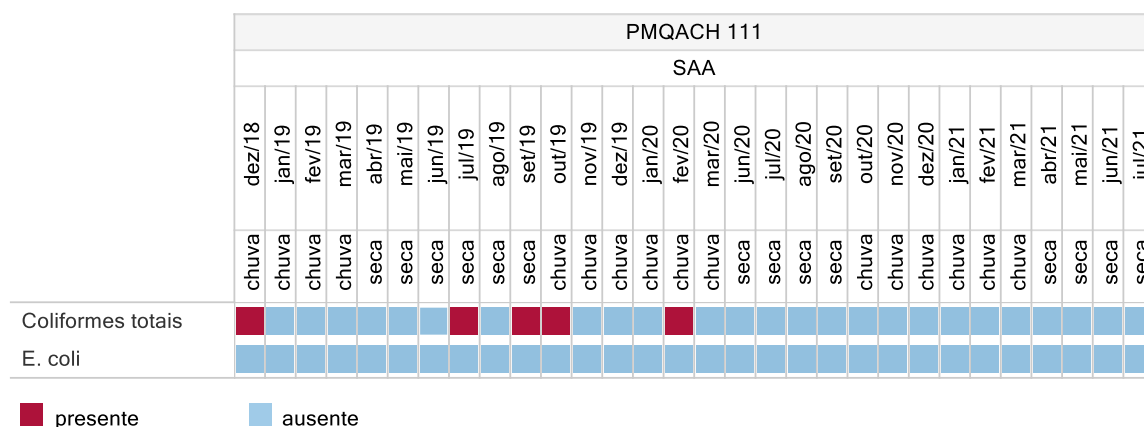
Em relação aos demais parâmetros com relevância em termos de violação para o ponto, observa-se um aumento dos valores de cor verdadeira ao longo dos anos, enquanto pH demonstrou uma redução dos valores em 2020/2021 em relação aos anos anteriores na captação ($p < 0,05$) (**Figura 6-183**). Considerando os dados de saída, manganês total e pH apresentaram uma redução dos valores em 2020/2021 em relação aos anos anteriores ($p < 0,05$) (**Figura 6-181**).

Figura 6-183 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 110, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.



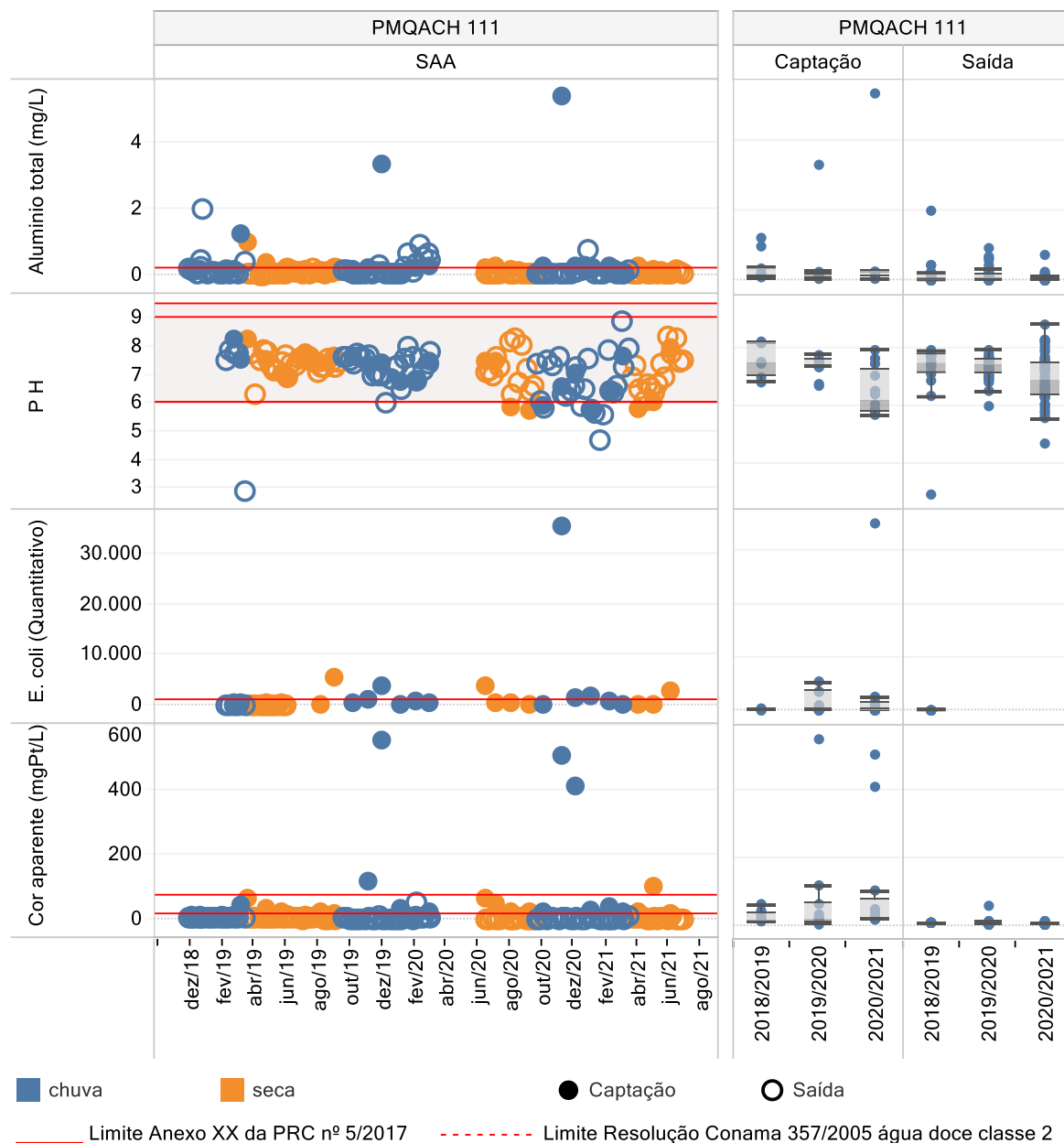
No ponto PMQACH 111, coliformes totais estiveram predominantemente “ausentes” ao longo do monitoramento, com ocorrências pontuais até o primeiro semestre de 2020, sem padrão sazonal evidente. Não houve ocorrência de *E. coli* ao longo do monitoramento para este ponto (**Figura 6-184**).

Figura 6-184 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 111, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.



Em relação aos demais parâmetros com relevância em termos de violação para o ponto, observa-se uma redução dos valores de pH em 2020/2021 em relação aos anos anteriores na captação ($p < 0,05$) (**Figura 6-185**). Considerando os dados de saída, alumínio total apresentou uma redução das concentrações em 2020/2021 em relação ao ano anterior, sendo que o parâmetro apresentou valores mais elevados durante período chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-185**). Por fim, assim como na captação, observa-se redução dos valores de pH em 2020/2021 em relação aos anos anteriores na saída ($p < 0,05$) (**Figura 6-185**).

Figura 6-185 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 111, localizado no município de Colatina, e sua variação entre período chuvoso e seco.



6.21 - Marilândia

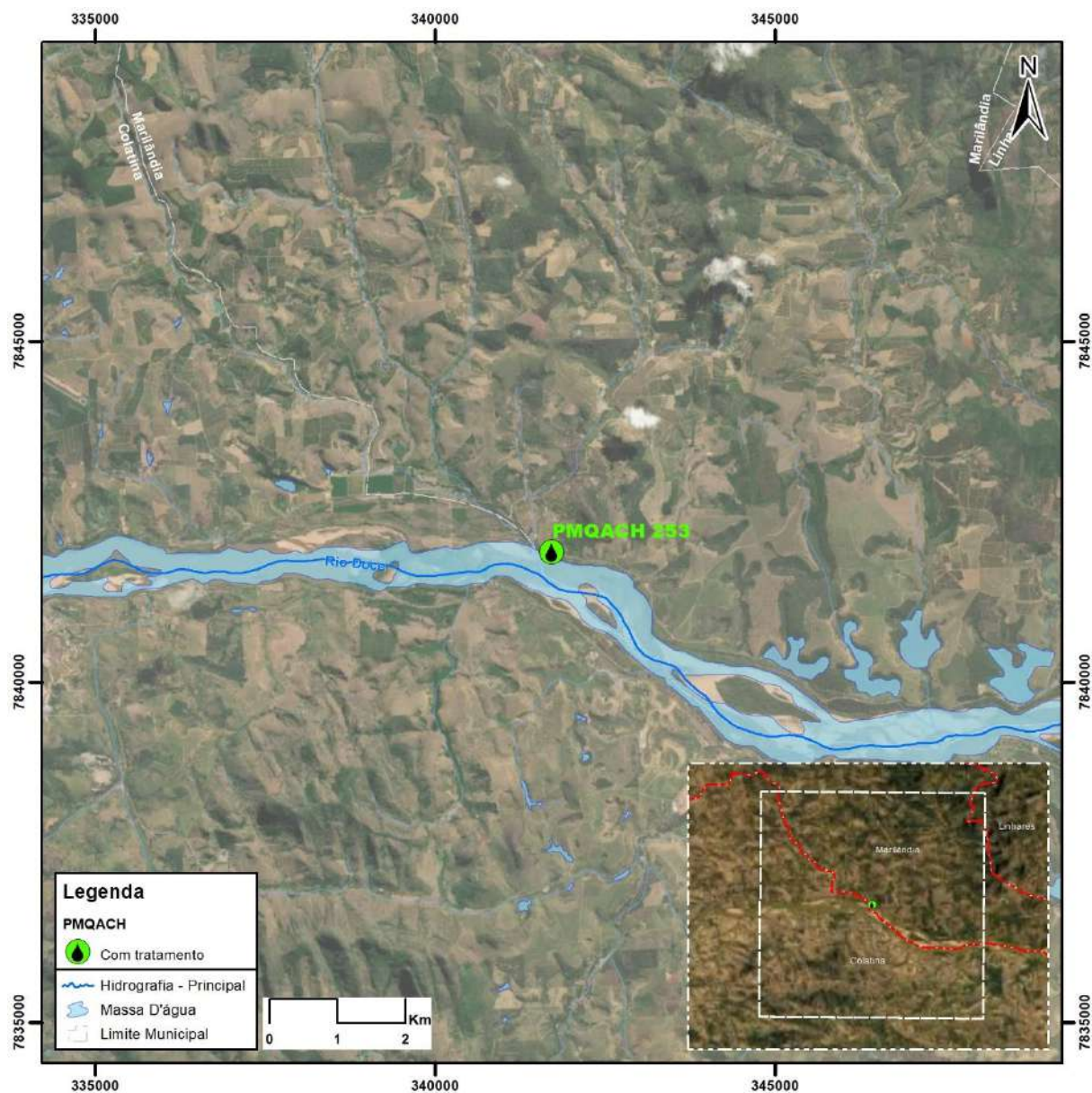
No município de Marilândia-ES, foi considerado 01 (um) ponto ativo, que possui abastecimento do tipo Soluções Alternativas Coletivas (SAC) e ausência de tratamento de água (**Figura 6-186** e **Quadro 6-21**). Reforça-se, neste caso, que o abastecimento do reservatório foi feito por meio de caminhão pipa.

Quadro 6-21 - Características dos pontos do município de Marilândia considerados no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 253	Superficial*	SAC	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017

*Abastecimento do reservatório feito por meio de caminhão pipa.

Figura 6-186 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Marilândia-ES.

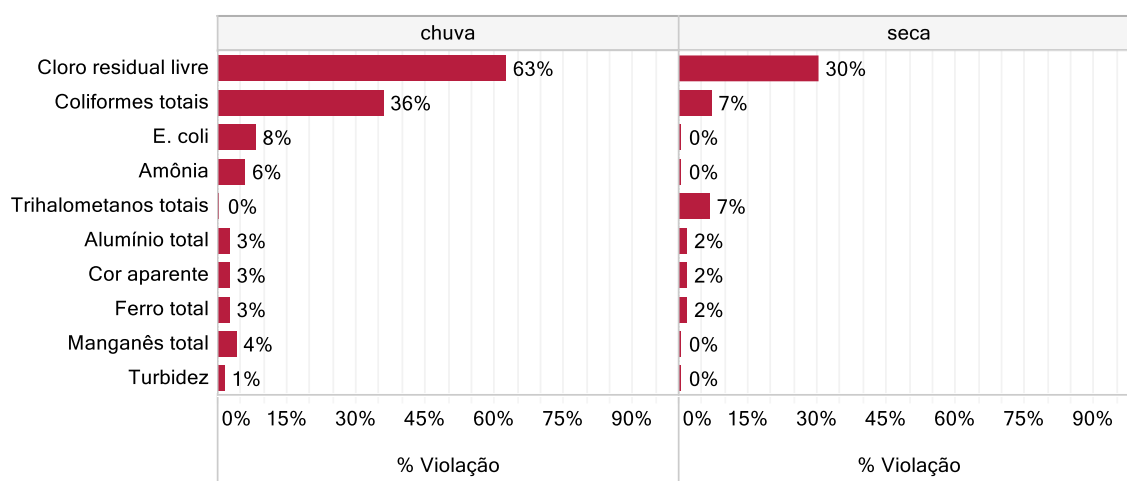


6.21.1 - Pontos com tratamento

6.21.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

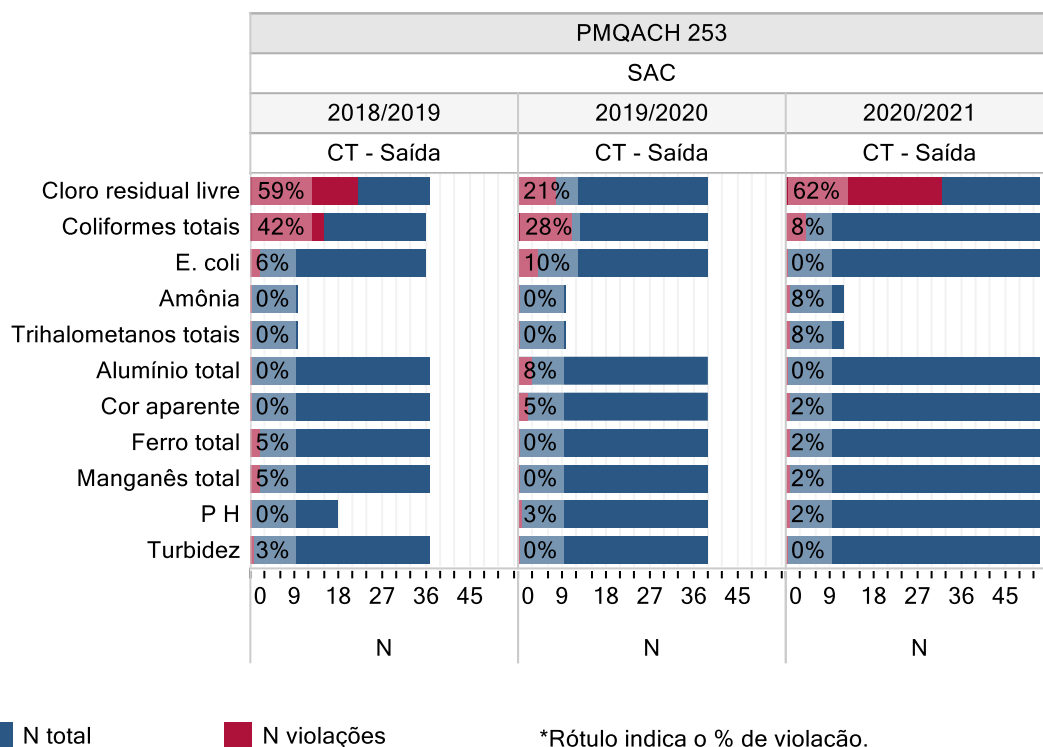
Para o município de Marilândia-ES, o parâmetro cloro residual livre apresentou os maiores percentuais de violação para ambos os períodos avaliados, sendo mais elevado no período chuvoso (**Figura 6-187**). As violações observadas para o cloro residual livre foram, no geral, com resultados inferiores a faixa do limite estabelecido no Anexo XX da PRC nº 5/2017. No período avaliado neste relatório, o abastecimento do reservatório (SAC) foi feito através de caminhão pipa, o que pode ter contribuído para ocorrência de contaminação microbiológica devido a maior exposição ao tempo além de contato com superfícies contaminadas, confirmado pelos maiores percentuais de violação para o parâmetro coliformes totais, especialmente durante o período chuvoso (**Figura 6-187**). A contaminação por coliformes totais indica despejo de efluentes domésticos não tratados e/ou criação de animais. No município de Marilândia-ES, o percentual de esgotamento sanitário é de 57,8% (IBGE, 2010), sendo empregado especialmente tratamento convencional, que contempla as etapas de floculação, decantação, filtração e desinfecção. Importante ressaltar que a taxa de esgotamento sanitário não reflete sua eficiência, ou seja, um tratamento ineficiente ainda terá como resultado o lançamento de matéria orgânica e patógenos nos recursos hídricos. Portanto, a reduzida porcentagem de tratamento e possível baixa eficiência na remoção de patógenos ajuda a explicar a contaminação regionalmente, especialmente, por coliformes que, de fato, foi indicado como parâmetro prioritário para gestão na bacia do rio Doce. Os demais parâmetros apresentaram percentuais de violação mais baixos, porém, observa-se que *E. coli*, amônia, manganês total e turbidez somente violaram os respectivos limites legais durante período chuvoso (**Figura 6-187**). Muitos parâmetros são influenciados pelo aumento da pluviosidade, devido ao maior carregamento de matéria e substâncias, de modo geral, para os ambientes aquáticos.

Figura 6-187 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Marilândia-ES período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



No ponto PMQACH 253, que apresenta abastecimento tipo SAC, captação superficial e monitoramento somente na saída, cloro residual livre apresentou o maior percentual de violação (62%; 32 violações de um total de 52 amostras) em 2020/2021 (**Figura 6-188**). Nesse período, os demais parâmetros apresentaram baixos percentuais de violação (< 10%), sendo eles coliformes totais, amônia e trihalometanos totais com 8% (4 violações de um total de 52 amostras) e cor aparente, ferro total, manganês total e pH com 2% (1 violação de um total de 52 amostras) (**Figura 6-188**). *E. coli* apresentou violação nos anos anteriores, mas não no último ciclo avaliado (2020/2021). Alumínio total apresentou violação somente em 2019/2020 e turbidez somente em 2018/2019. De um modo geral, os parâmetros avaliados apresentaram percentuais de violação similares ao longo dos anos amostrados, sendo possível identificar a redução do parâmetro coliformes totais ao longo do monitoramento (**Figura 6-188**).

Figura 6-188 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 253, localizado no município de Marilândia-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

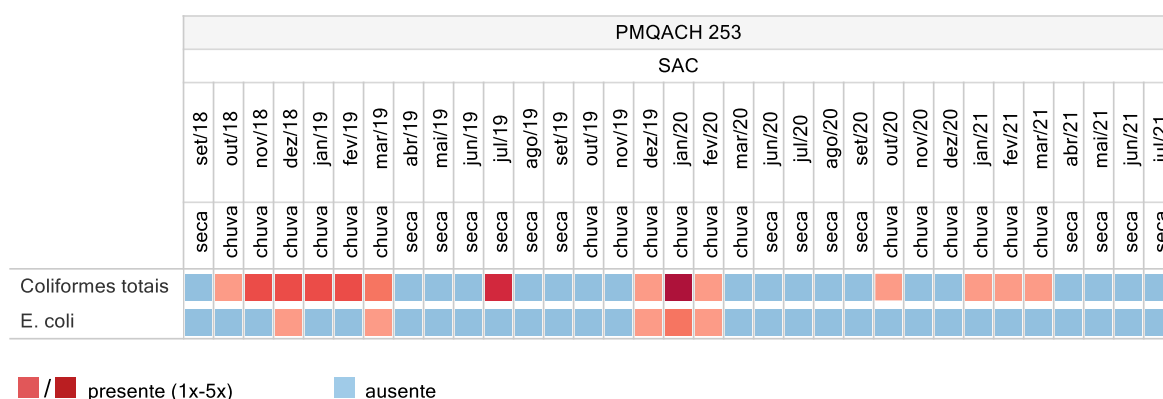


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.21.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

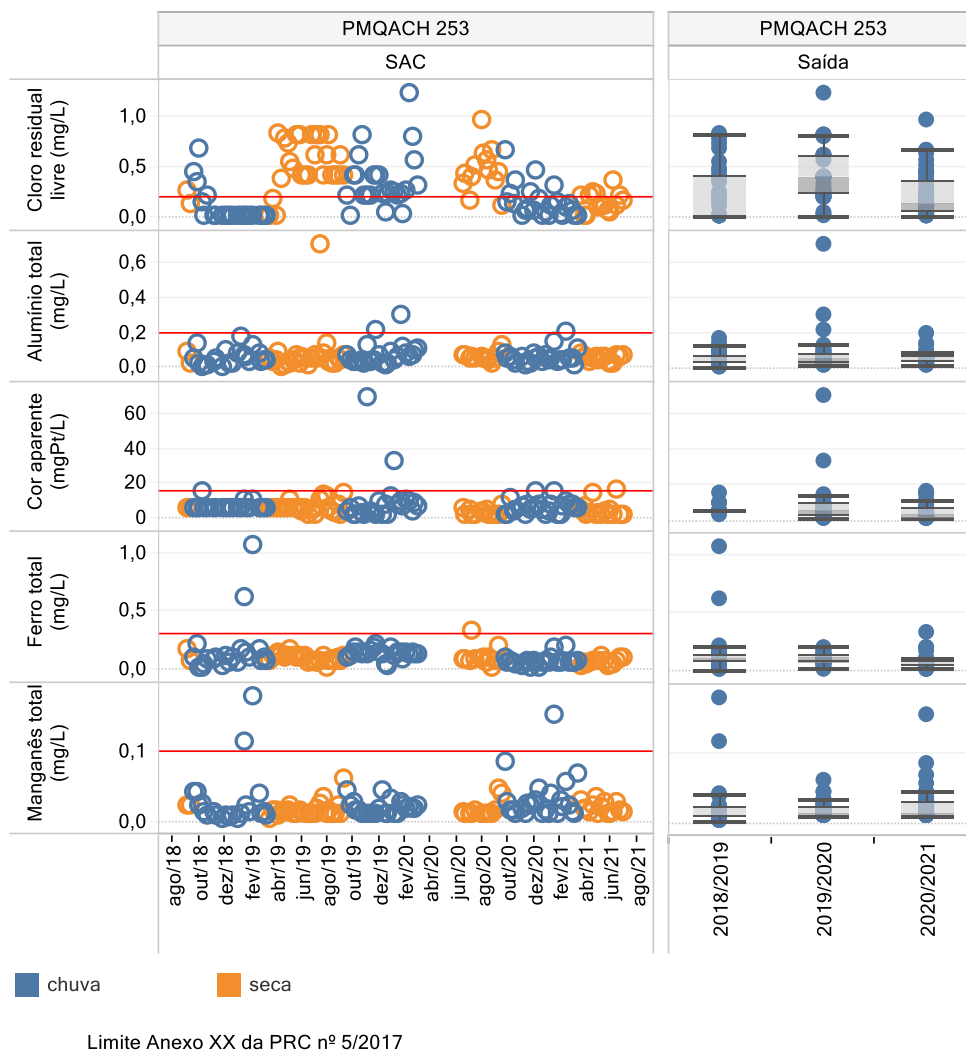
No ponto PMQACH 253, observa-se uma maior frequência de ocorrência do parâmetro coliformes totais em comparação a *E. coli*, sendo que ambos apresentaram resultados “presentes” especialmente durante período chuvoso, mas sem um padrão temporal (ao longo dos anos) evidente (**Figura 6-189**).

Figura 6-189 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 253, localizado no município de Marilândia, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.



Em relação aos demais parâmetros de relevância para o ponto em termos de violação, não foram observados padrões de aumento ou redução significativo para esse ponto, seja sazonal ou temporal ($p > 0,05$), apesar de que é possível identificar que os resultados mais elevados de cor aparente, ferro total e manganês total ocorreram em períodos chuvosos (Figura 6-190).

Figura 6-190 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 253, localizado no município de Marilândia, e sua variação entre período chuvoso e seco.



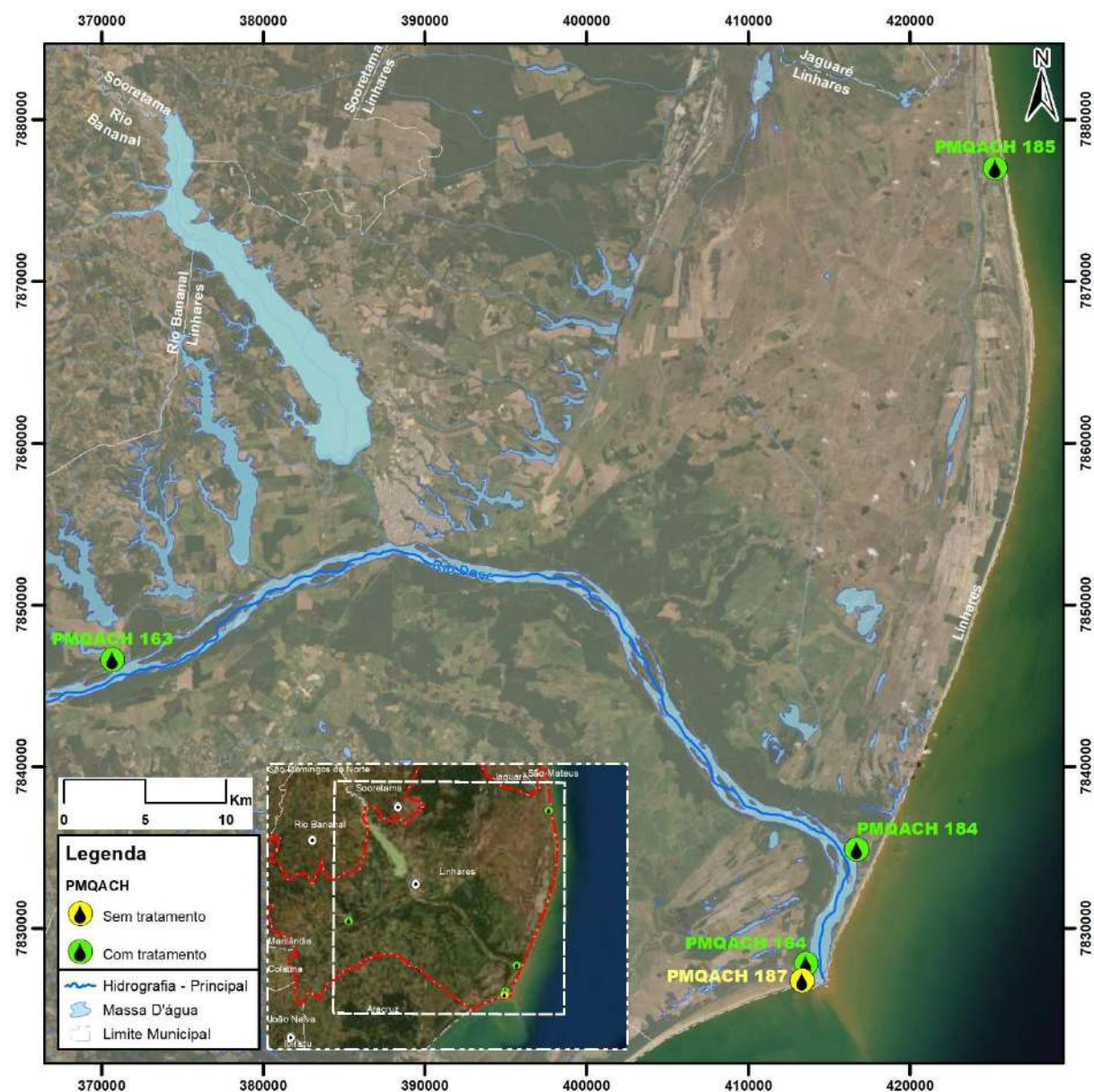
6.22 - Linhares

No município de Linhares-ES, foram considerados os 05 (cinco) pontos ativos, sendo quatro (04) com Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e um (01) com Soluções Alternativas Coletivas (SAC). Ainda, somente um ponto não possui tratamento de água, sendo todos os demais com presença de tratamento (**Figura 6-191 e Quadro 6-22**).

Quadro 6-22 - Características dos pontos do município de Linhares considerados no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 163	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA n° 357/2005 e Anexo XX da PRC n° 5/2017
PMQACH 164	Subterrânea	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA n° 396/2008 e Anexo XX da PRC n° 5/2017
PMQACH 184	Subterrânea	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA n° 396/2008 e Anexo XX da PRC n° 5/2017
PMQACH 185	Subterrânea	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA n° 396/2008 e Anexo XX da PRC n° 5/2017
PMQACH 187	Subterrânea	SAC	Sem tratamento	Saída	Anexo XX da PRC n° 5/2017

Figura 6-191 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Linhares-ES.

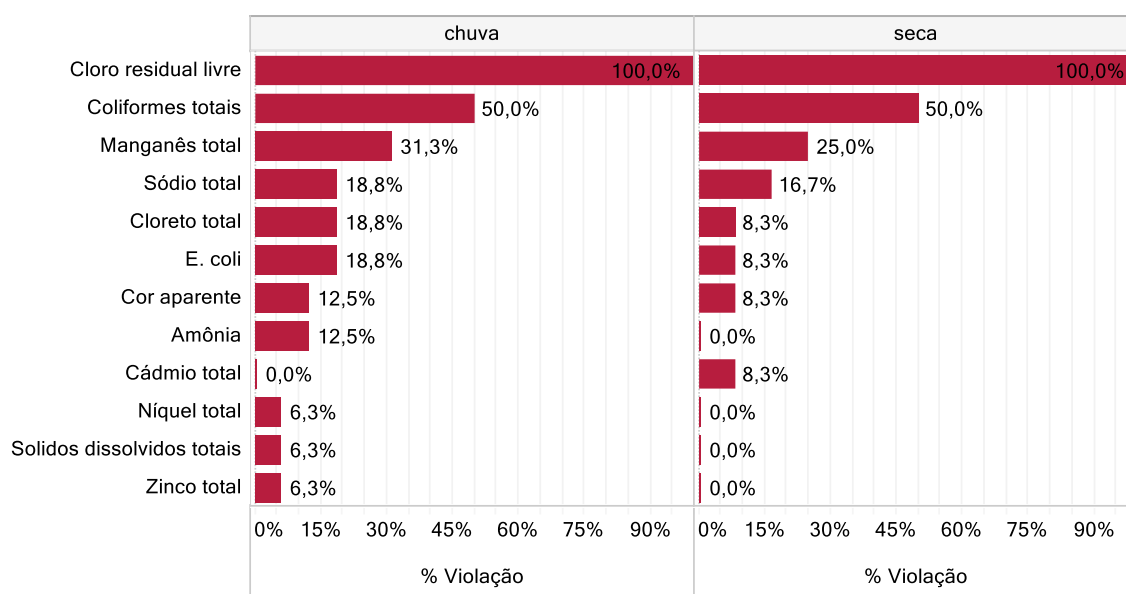


6.22.1 - Pontos sem tratamento

6.22.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Linhares-ES, considerando os pontos sem tratamento, cloro residual livre e coliformes totais foram os parâmetros com maior percentual de violação, com resultados iguais no período chuvoso e seco (**Figura 6-192**). A contaminação microbiológica observada pode estar relacionada as baixas concentrações de cloro, o que era esperado em pontos sem tratamento. O cloro é utilizado para desinfecção, sendo extremamente empregado nos processos de tratamento e apresenta alta eficácia na remoção de microrganismos (DANIEL, 2001; YAMAGUCHI et al., 2013). Os demais parâmetros, de um modo geral, apresentaram percentuais de violação mais elevados no período da chuva. As maiores diferenças foram observadas para o cloreto total, *E. coli*, amônia, níquel total, sólidos dissolvidos totais e zinco total (**Figura 6-192**). A precipitação aumenta o carreamento por infiltração ou escoamento superficial de matéria e substâncias para as águas subterrâneas (SILVA et al., 2018). Observa-se, no entanto, que para o manganês total, sódio total e cor aparente, os resultados foram muito similares entre os períodos hidrológicos. Além disso, cádmio total apresentou violação exclusivamente no período de seca (**Figura 6-192**).

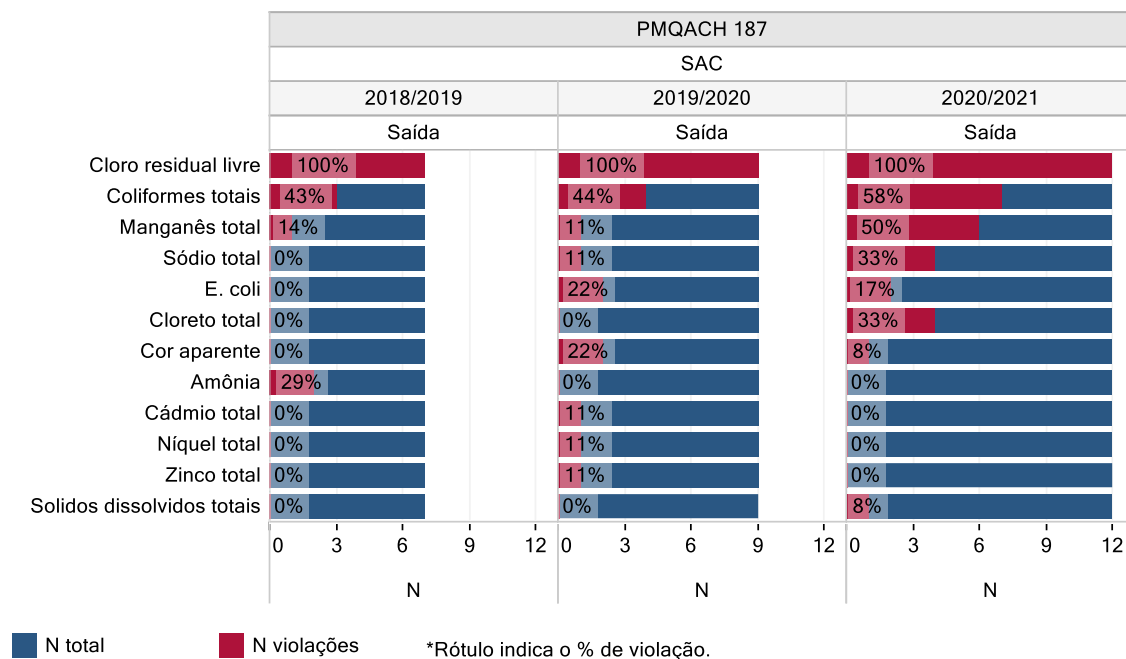
Figura 6-192 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no ponto sem tratamento do município de Linhares-ES no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



No ponto PMQACH 187, que apresenta abastecimento do tipo SAA e captação subterrânea, cloro residual livre apresentou 100% de violação (violação das 12 amostras avaliadas) em todos os períodos avaliados (**Figura 6-193**). Coliformes totais apresentou um aumento dos percentuais de violação ao longo dos anos, com seu máximo de 58% em 2020/2021 (7 violações de um total de 12 amostras) (**Figura 6-193**). Para outros parâmetros, os maiores percentuais de violação também foram observados em 2020/2021, como manganês total (50%; 6 violações de um total de 12 amostras), sódio total (33%; 4 violações de um total de 12 amostras), cloreto total (33%; 4 violações de um total de 12 amostras) e sólidos dissolvidos totais (8%; 1 violação de um total de 12 amostras) (**Figura 6-193**). *E. coli* apresentou resultados similares em 2019/2020 e 2020/2021, sendo que no último período avaliado apresentou 17% de violação (2 violações de um total de 12 amostras). Além destes parâmetros, cor aparente também apresentou violação para o ponto em 2020/2021 (8%; 1

violação de um total de 12 amostras), com resultado inferior ao ano anterior (**Figura 6-193**). Amônia, cádmio total, níquel total e zinco total apresentaram violações somente nos períodos anteriores do monitoramento (**Figura 6-193**). A contaminação de águas subterrâneas pode ocorrer através da infiltração de fossas, má construção/manutenção dos poços e/ou contato com resíduos da criação animais (CONTE et al., 2004).

Figura 6-193 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 187, localizado no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

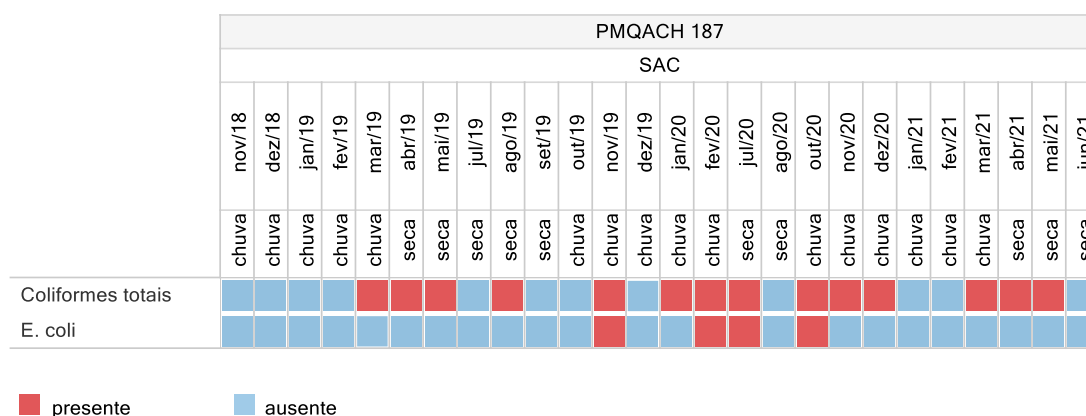


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.22.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

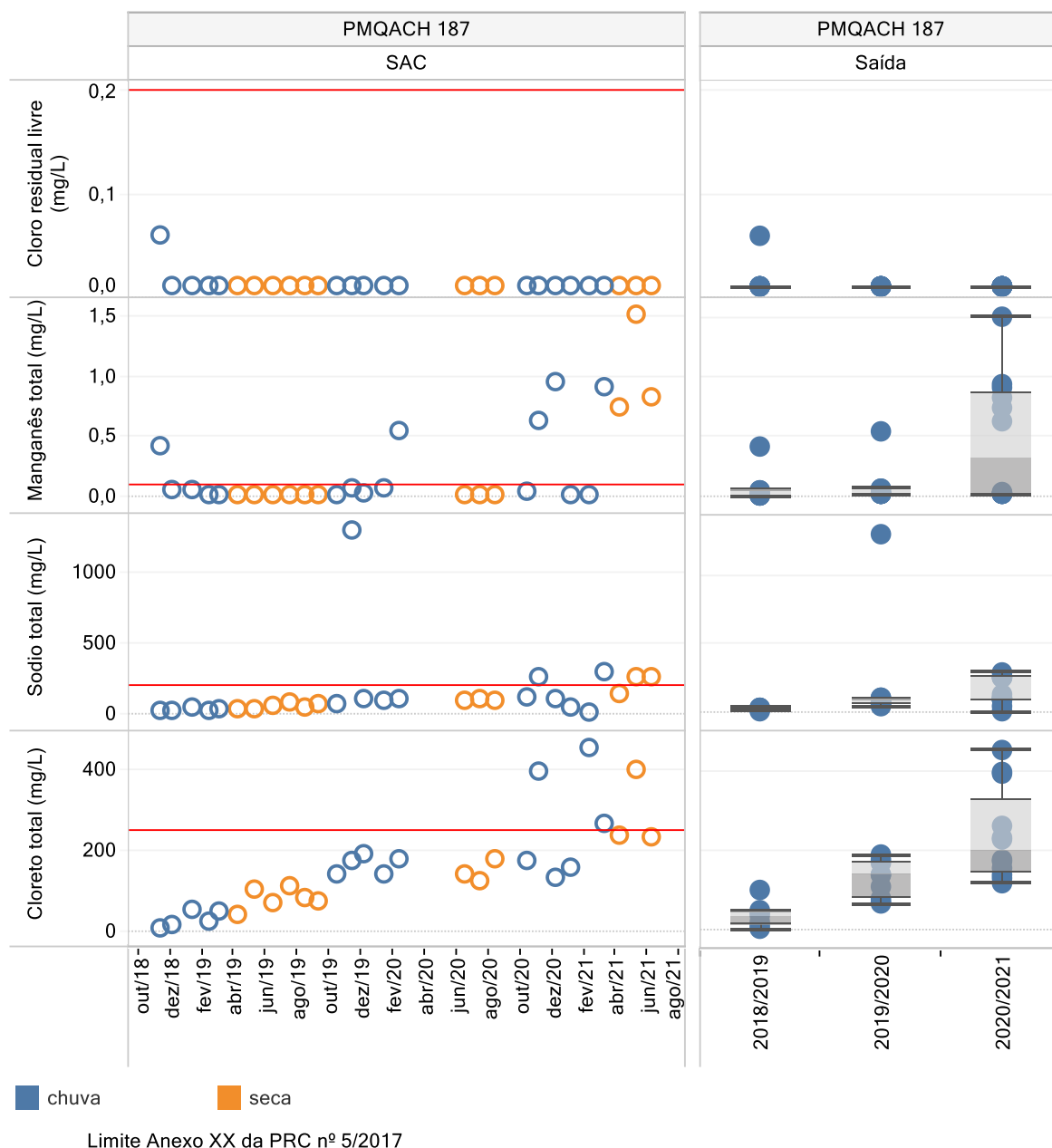
No ponto PMQACH 187, observa-se uma maior frequência de ocorrência do parâmetro coliformes totais em comparação a *E. coli*. Coliformes totais não apresentaram um padrão temporal ou sazonal evidente, enquanto *E. coli* apresentou ocorrência especialmente em períodos chuvosos (**Figura 6-194**).

Figura 6-194 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 187, localizado no município de Linhares, e sua variação entre período chuvoso e seco.



Para os demais parâmetros com relevância em termos de violação para o ponto, as análises estatísticas demonstraram um aumento nas concentrações de cloreto ao longo dos anos e de sódio total nos últimos dois anos do monitoramento em comparação ao primeiro ($p < 0,05$) (**Figura 6-195**). Apesar de não ter apresentado um padrão significativo, também é possível observar concentrações mais elevadas de manganês total, resultando em maior ocorrência de violação, no período de 2020/2021 (**Figura 6-195**).

Figura 6-195 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 187, localizado no município de Linhares, e sua variação entre período chuvoso e seco.

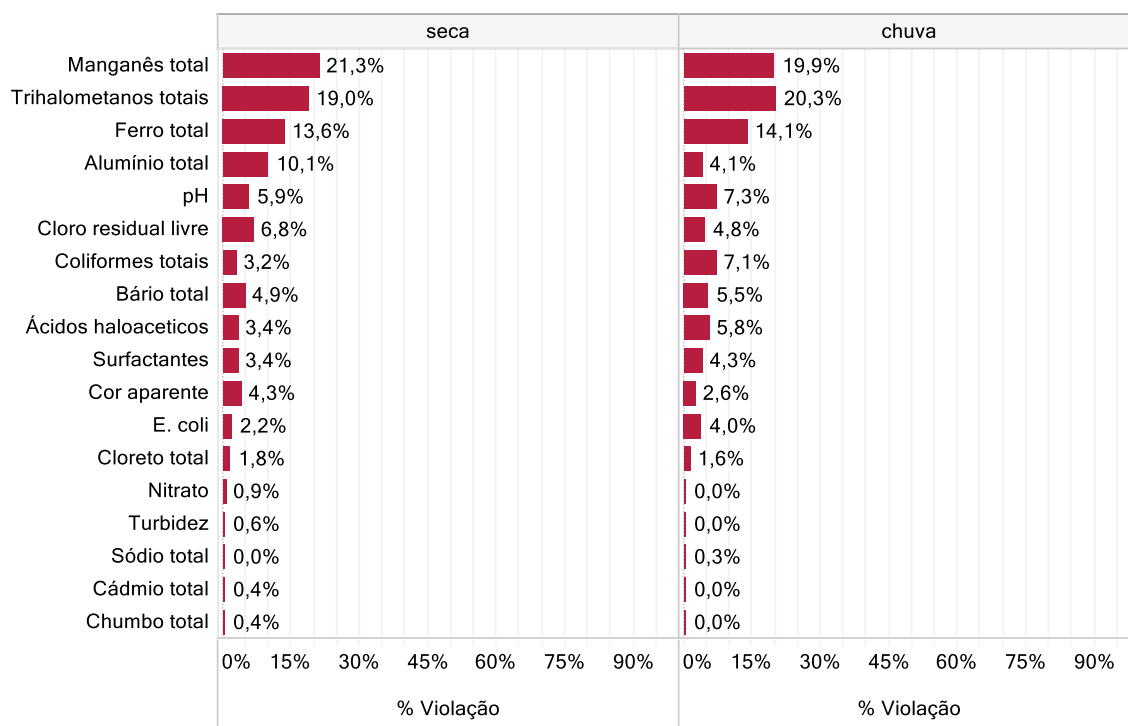


6.22.2 - Pontos com tratamento

6.22.2.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Linhares-ES, considerando os pontos com tratamento, observa-se, no geral, percentuais mais baixos de violação, com resultados similares entre período chuvoso e de seca. No entanto, também é possível identificar um número elevado de parâmetros que violaram seus respectivos limites legais, mesmo que de forma pontual (**Figura 6-196**). Destacaram-se manganês total, trihalometanos totais e ferro total, com percentuais totais acima de 20%. Apesar do percentual de violação do manganês total e do ferro total, vale destacar que são elementos de ocorrência natural na bacia do rio Doce, assim como o alumínio (ECOPLAN-LUME, 2010). A presença desses elementos pode indicar aporte de matéria para as águas subterrâneas e cursos hídricos utilizados como captação, o que é corroborado pela presença de trihalometanos totais, que é formado por reações complexas entre matéria orgânica e o cloro (MEYER, 1994; SILVA & MELO, 2015). Os demais parâmetros apresentaram percentuais de violação muito semelhantes entre os períodos chuvosos e, no geral, com baixos percentuais de violação (< 15%) (**Figura 6-196**).

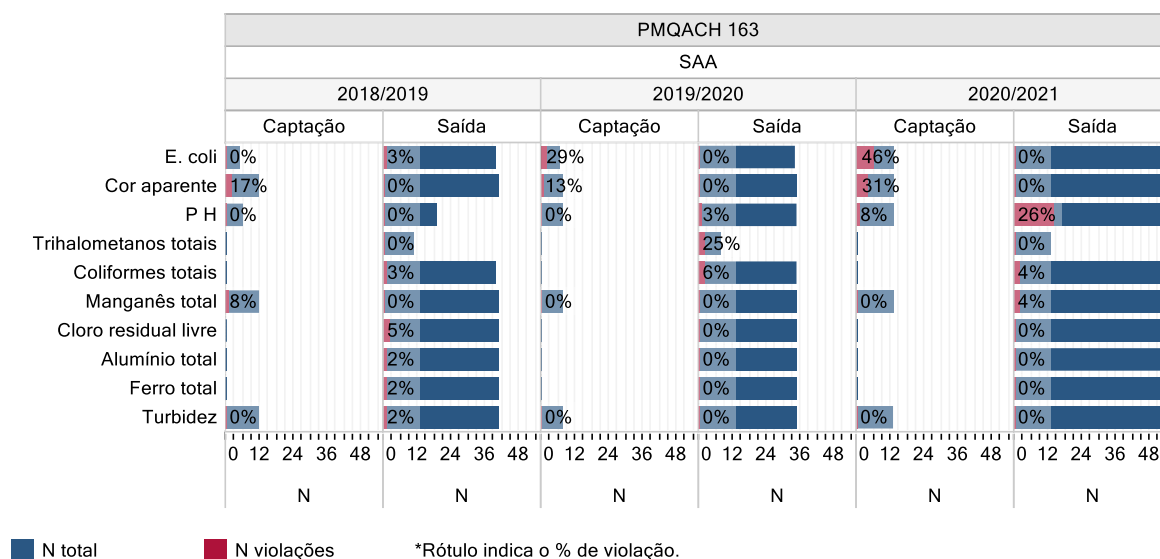
Figura 6-196 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados nos pontos com tratamento do município de Linhares-ES no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



No ponto PMQACH 163, que possui abastecimento tipo SAA e captação superficial, de maneira geral, os percentuais de violação foram maiores na captação, com destaque para *E. coli* e cor aparente, que apresentaram seus máximos em 2020/2021, com 46% (6 violações de um total de 13 amostras) e 31% (4 violações de um total de 13 amostras) de violação, respectivamente (**Figura 6-197**). A presença de *E. coli* indica contaminação fecal que pode ter origem em efluentes domésticos sem o tratamento adequado e/ou criação de animais (SALES, 2005). A cor aparente está relacionada a presença de sólidos nos corpos hídricos, que podem ter relação, por exemplo, com processos erosivos. Além destes parâmetros, o pH também apresentou violação em 2020/2021, com 8% (1 violação de um total de 13 amostras) (**Figura 6-197**). Manganês total apresentou violação na captação somente em 2018/2019. Na saída, pH apresentou um aumento do percentual de violação ao longo dos anos, com máximo em 2020/2021, de 26% (14 violações de um total de 53 amostras). Além do pH, no último ano avaliado, coliformes totais e manganês total também apresentaram violação, de 4% cada (2 violações de um total de 53 amostras) (**Figura 6-197**). *E. coli*, trihalometanos totais, cloro residual livre, alumínio total, ferro total e turbidez apresentaram violação somente nos anos anteriores e de forma pontual, com exceção de trihalometanos totais que apresentaram 25% de violação em 2019/2020 (2 violações de um total de 8 amostras) (**Figura 6-197**).

A turbidez avaliada nas amostras de pós-filtração não apresentou violação aos limites legais aplicáveis em nenhum dos períodos avaliados.

Figura 6-197 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 163, localizado no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



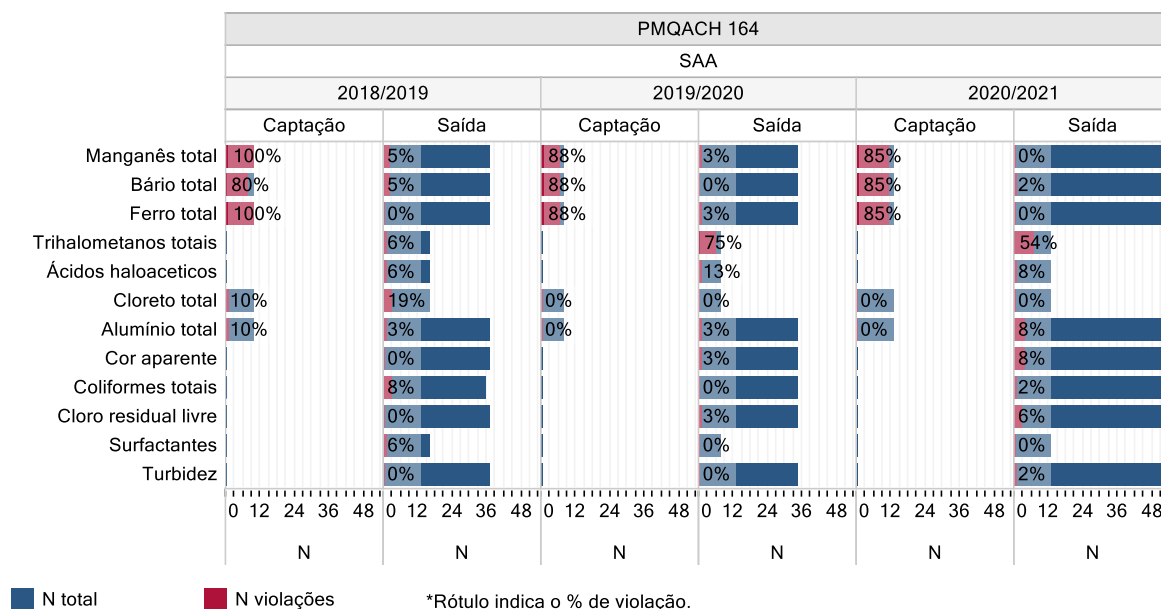
Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 164, que possui abastecimento tipo SAA e captação subterrânea, a captação apresentou, no geral, maiores percentuais de violação, destacando manganês total, bário total e ferro total, que apresentaram elevados percentuais de violação ao longo de todo monitoramento. Em 2020/2021, os parâmetros apresentaram 85% de violação cada (11 violações de um total de 13 amostras) (**Figura 6-198**). Ferro e manganês são comumente encontrados em águas subterrâneas e, em contato com o oxigênio, formam precipitados que podem conferir cor, odor e sabor característicos às águas (NARCISO et al., 2004; LIBÂNIO, 2005; PARRON et al., 2011). Cloreto total e alumínio total apresentaram violação na captação, mas somente no primeiro ano do monitoramento (**Figura 6-198**). Considerando os dados de saída, os percentuais foram, no geral, mais baixos, com exceção de trihalometanos totais que, em 2020/2021, apresentaram percentual de violação de 54% (7 violações de um total de 13 amostras) (**Figura 6-198**). No tratamento da água, o cloro pode reagir com

compostos orgânicos disponíveis e formar subprodutos tóxicos, como os trihalometanos (SILVA & MELO, 2015). Em 2020/2021, os demais parâmetros que também apresentaram violação foram: ácidos haloacéticos, alumínio total e cor aparente (8%; 4 violações de um total de 52 amostras), cloro residual livre (6%; 3 violações de um total de 52 amostras), bário total, coliformes totais e turbidez (2%; 1 violação de um total de 52 amostras). Manganês total, ferro total, cloreto total e surfactantes apresentaram violação na saída, mas somente nos primeiros anos do monitoramento (**Figura 6-198**).

A turbidez avaliada nas amostras de pós-filtração não apresentou violação aos limites legais aplicáveis em nenhum dos períodos avaliados.

Figura 6-198 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 164, localizado no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

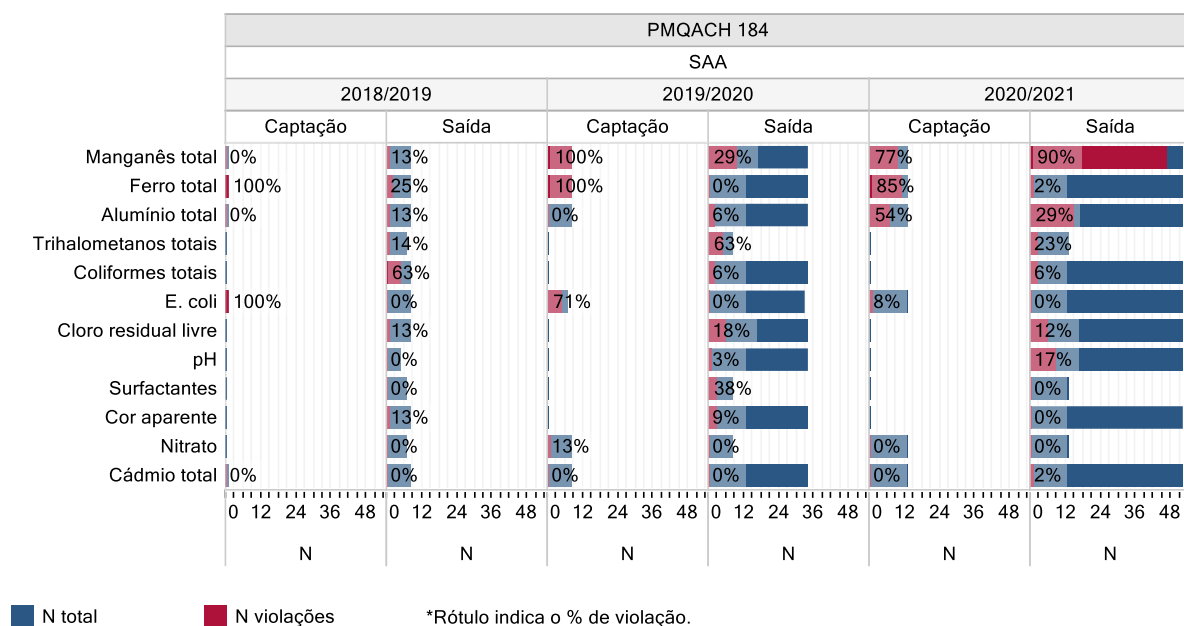


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 184, que possui abastecimento tipo SAA e captação subterrânea, a captação, no geral, apresentou percentuais mais elevados de violação, com destaque para o manganês total, ferro total e alumínio total (**Figura 6-199**). No último ciclo avaliado, estes parâmetros apresentaram na captação os seguintes percentuais de violação: 77% para manganês total (10 violações de um total de 13 amostras), 85% para ferro total (11 violações de um total de 13 amostras) e 54% para alumínio total (7 violações de um total de 13 amostras) (**Figura 6-199**). Estes percentuais são semelhantes ao ano anterior, com exceção de alumínio total que apresentou o maior percentual de violação em 2020/2021 (**Figura 6-199**). Cabe ressaltar que o manganês total apresentou 90% de violação na saída em 2020/2021 (47 violações de um total de 52 amostras) e o alumínio total 29% (15 violações de um total de 52 amostras), sendo os maiores percentuais na saída em 2020/2021 (**Figura 6-199**). O ponto apresenta captação subterrânea e, como mencionado anteriormente, ferro, alumínio e manganês são comumente encontrados. Essa ocorrência pode também estar associada a interação com os solos e, em se tratando da bacia do rio Doce, estes elementos apresentam ocorrência natural (ECOPLAN-LUME, 2010). Na captação, em 2020/2021, ainda é possível observar a violação de *E. coli* (8%; 1 violação de um total de 13 amostras). Nitrato apresentou violação na captação, mas somente em 2019/2020 (13%; 1 violação de um total de 8 amostras) (**Figura 6-199**). Na saída, em 2020/2021, ainda é possível identificar a violação dos seguintes parâmetros: trihalometanos totais (23%; 3 violações de um total de 13 amostras), pH (17%; 9 violações de um total de 52 amostras), cloro residual livre (12%; 6 violações de um total de 52 amostras), coliformes totais (6%; 3 violações de um total de 52 amostras), ferro total e cádmio total com os mesmos percentuais de violação (2%; 1 violação de um total de 52 amostras). Surfactantes, cor aparente e *E. coli* apresentaram violação somente em anos anteriores na saída (**Figura 6-199**).

A turbidez avaliada nas amostras de pós-filtração não apresentou violação aos limites legais aplicáveis em nenhum dos períodos avaliados.

Figura 6-199 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 184, localizado no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.



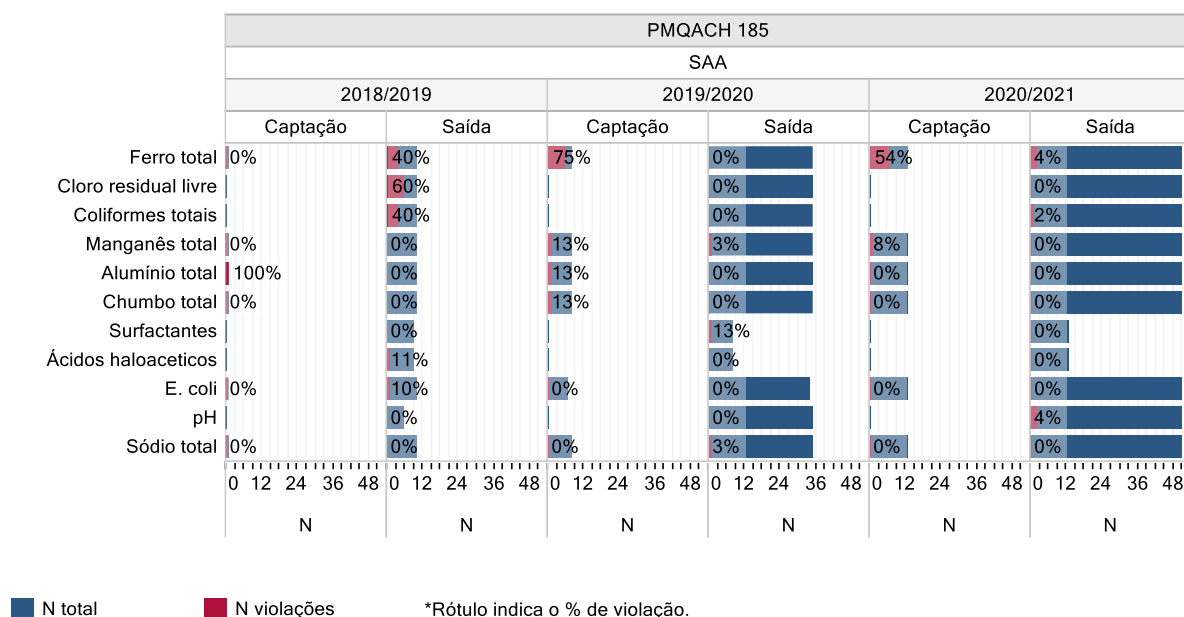
Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 185, que possui abastecimento tipo SAA e captação subterrânea, os percentuais de violação foram mais elevados na captação, com destaque para o ferro total que, em 2020/2021, apresentou 54% de violação (7 violações de um total de 13 amostras) (**Figura 6-200**). Este elevado percentual de violação para o parâmetro ferro total também ocorreu nos anos anteriores (2019/2020). Além do ferro total, somente manganês total apresentou violação na captação em 2020/2021, com 8% de violação (1 violação de um total de 13 amostras). Alumínio total e chumbo total apresentaram violação na captação somente em anos anteriores do monitoramento (**Figura 6-200**). Na saída, os percentuais de violação, em geral, foram mais baixos, ocorrendo violação apenas os parâmetros ferro total (4%; 2 violações de um total de 51 amostras), coliformes totais (2%; 1 violação de um total de 51 amostras) e pH (4%; 2 violações de um total de 51 amostras) em 2020/2021 (**Figura 6-200**).

No caso do ferro, a sua ocorrência em águas subterrâneas está associada às águas com baixo pH, ricas em gás carbônico e sem oxigênio dissolvido (MADEIRA, 2003). Cloro residual livre, manganês total, surfactantes, ácidos haloacéticos, *E. coli* e sódio total apresentaram percentuais de violação somente em anos anteriores do monitoramento (Figura 6-200).

A turbidez avaliada nas amostras de pós-filtração não apresentou violação aos limites legais aplicáveis em nenhum dos períodos avaliados.

Figura 6-200 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 185, localizado no município de Linhares-ES, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.

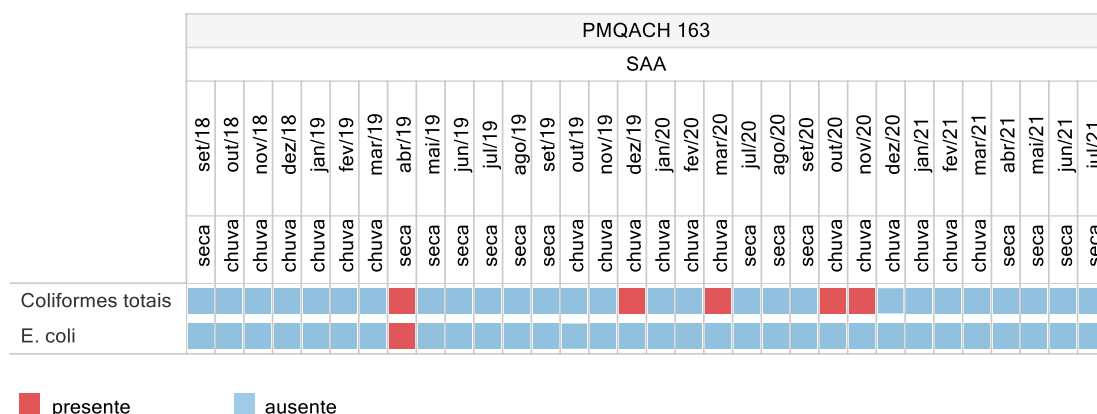


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.22.2.2 - Avaliação temporal e sazonal

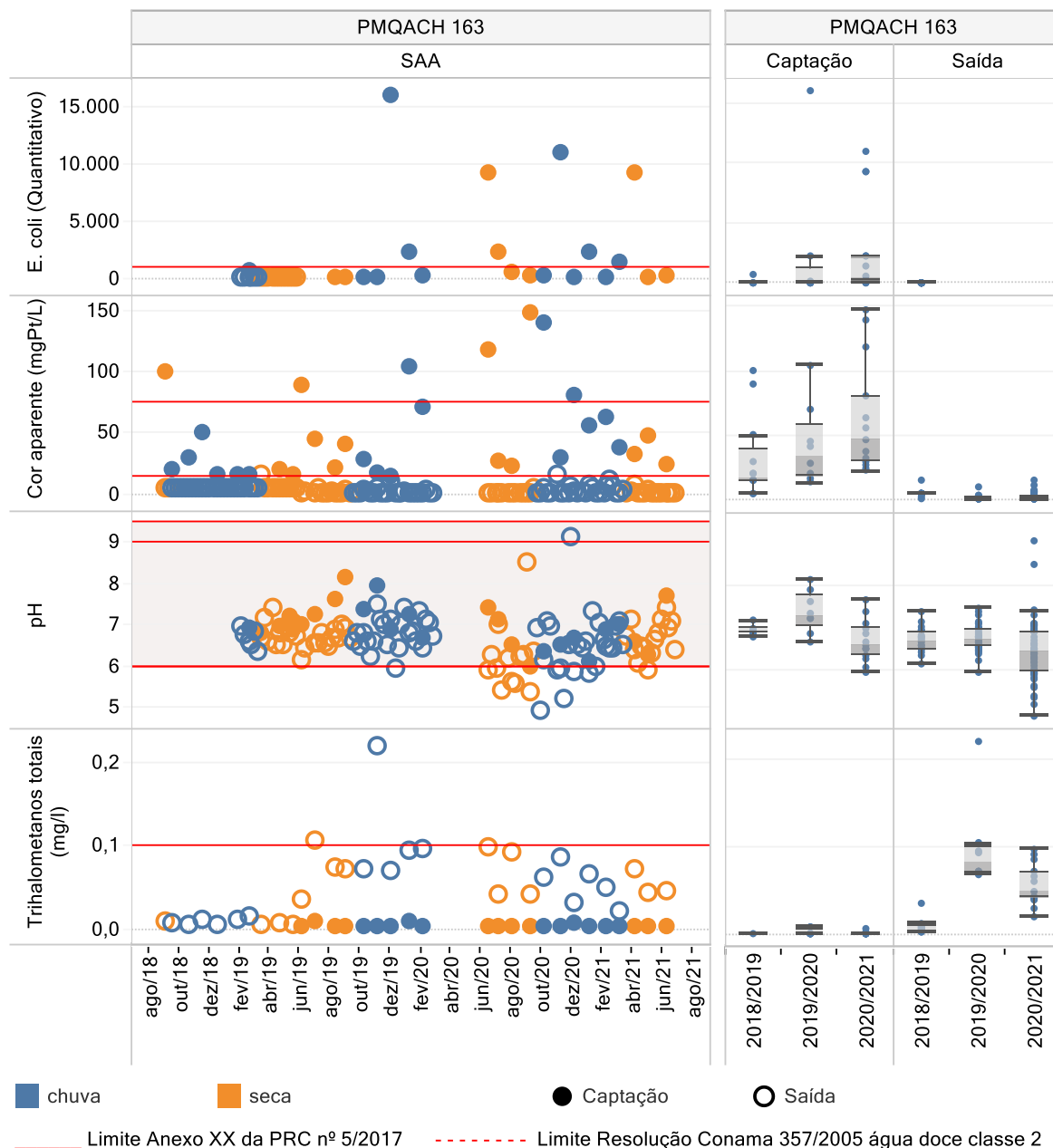
No ponto PMQACH 163, observa-se, no geral, resultados “ausentes” para coliformes totais e *E. coli*, sem padrão temporal e/ou sazonal evidente, mas a ocorrência de coliformes totais se deu especialmente em períodos chuvosos (**Figura 6-201**).

Figura 6-201 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 163, localizado no município de Linhares, e sua variação entre período chuvoso e seco.



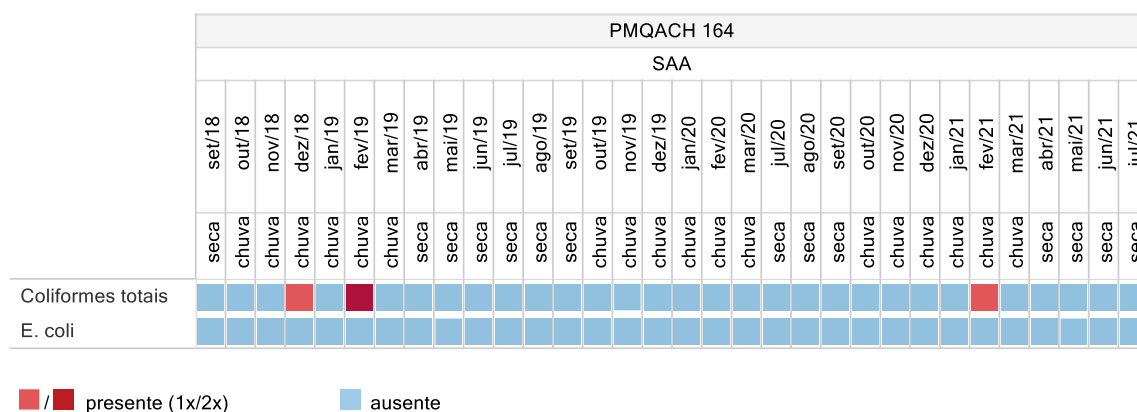
Em relação aos demais parâmetros que apresentaram importância para o ponto em termos de violação, observa-se aumento das concentrações de cor aparente em 2020/2021 em relação aos anos anteriores na captação ($p < 0,05$) (**Figura 6-202**). Além disso, na saída, o parâmetro apresentou valores mais elevados durante período chuvoso em comparação ao período de seca ($p < 0,05$) (**Figura 6-202**). Trihalometanos totais e pH apresentaram uma redução de seus valores em 2020/2021 em relação aos anos anteriores, em especial ao penúltimo ano do monitoramento, tanto considerando os dados de captação quanto de saída ($p < 0,05$) (**Figura 6-202**).

Figura 6-202 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 163, localizado no município de Linhares, e sua variação entre período chuvoso e seco.



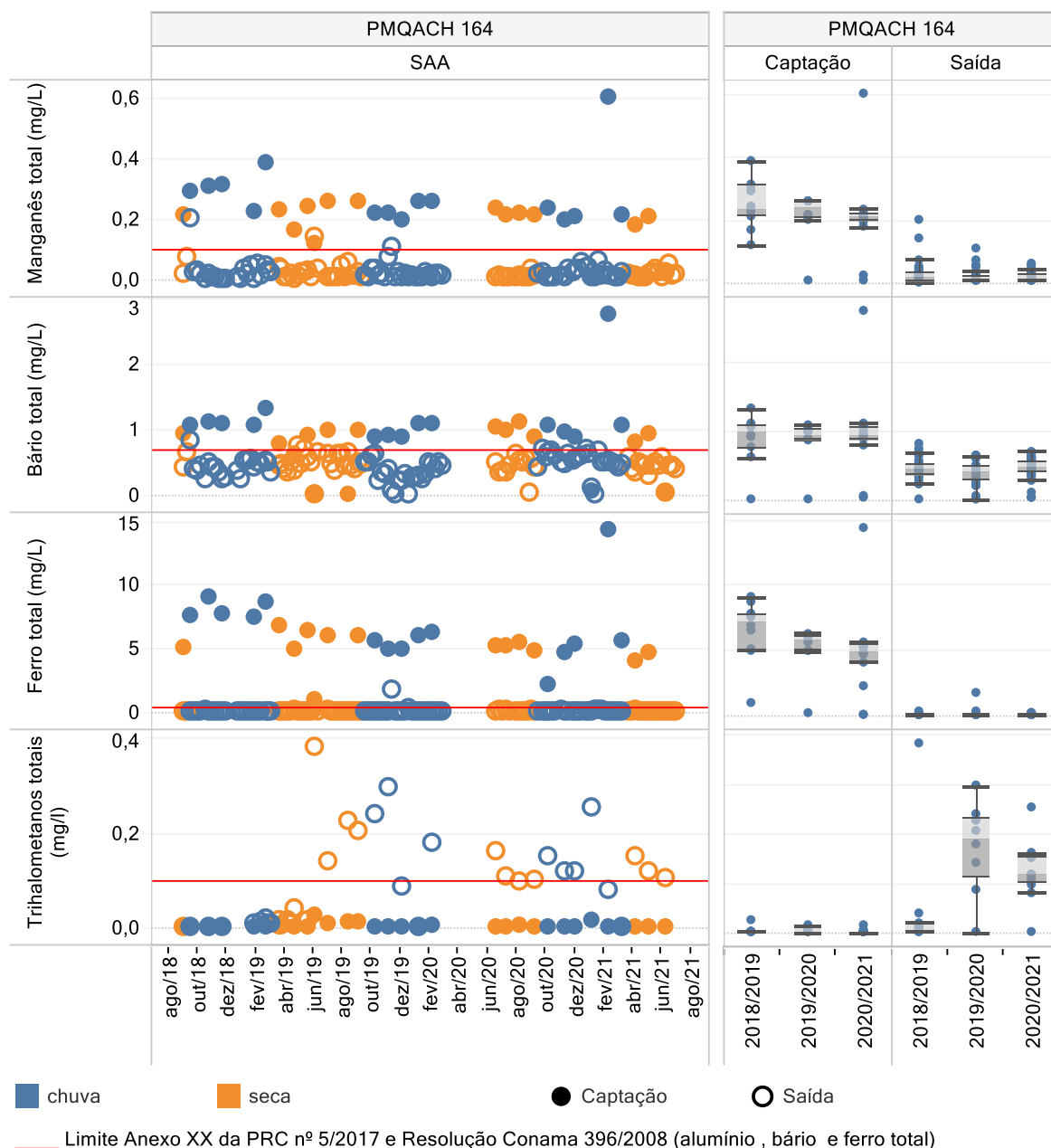
No ponto PMQACH 164, observa-se, no geral, resultados “ausentes” para coliformes totais e nenhuma ocorrência de *E. coli*, sendo que para coliformes totais, as ocorrências foram exclusivamente durante período chuvoso, mas sem padrão temporal evidente (**Figura 6-203**).

Figura 6-203 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 164, localizado no município de Linhares, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.



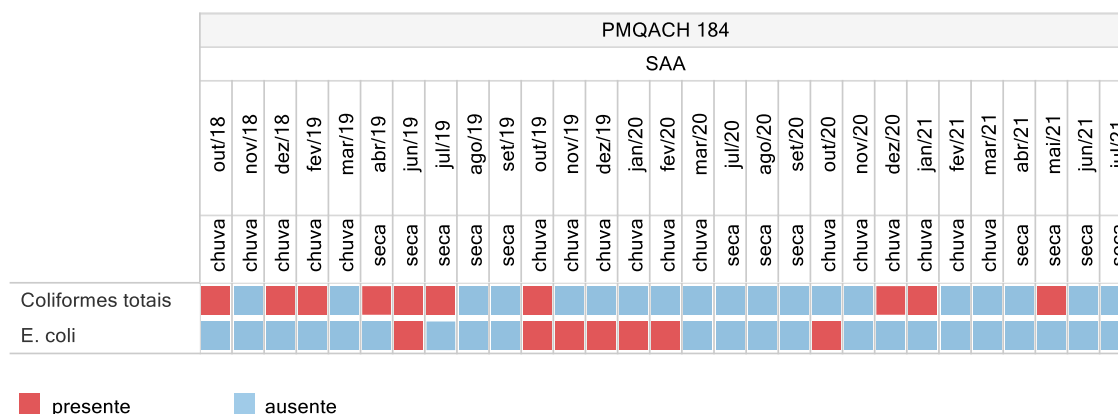
Em relação aos demais parâmetros que apresentaram importância para o ponto em termos de violação, observa-se aumento das concentrações de bário total em 2020/2021 em relação ao ano anterior na saída ($p < 0,05$) (**Figura 6-204**). Além disso, na captação, o parâmetro apresentou valores mais elevados durante período chuvoso em comparação ao período de seca ($p < 0,05$) (**Figura 6-204**). Ferro total apresentou uma redução de suas concentrações ao longo dos anos na captação e na saída ($p < 0,05$) (**Figura 6-204**). Trihalometanos totais apresentaram uma redução das concentrações nos dois últimos anos do monitoramento na captação, enquanto na saída, apresentou o padrão oposto, com aumento das concentrações nos dois últimos anos ($p < 0,05$) (**Figura 6-204**).

Figura 6-204 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 164, localizado no município de Linhares, e sua variação entre período chuvoso e seco.



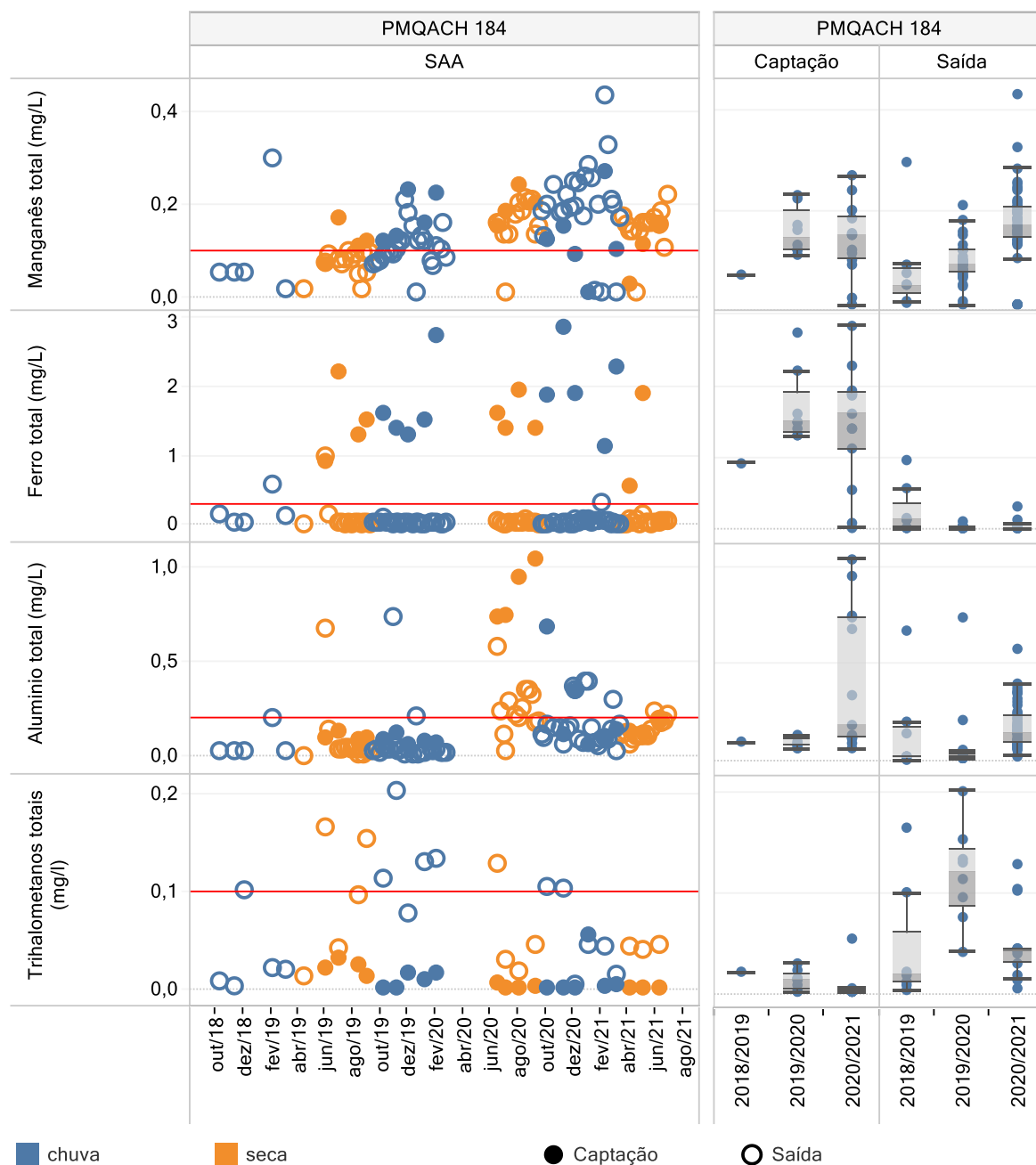
No ponto PMQACH 184, observa-se ocorrência de coliformes totais e *E. coli*, mas sem padrão temporal e/ou sazonal evidente, apesar de *E. coli* ter sido detectada especialmente em períodos chuvosos (**Figura 6-205**).

Figura 6-205 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 184, localizado no município de Linhares, e sua variação entre período chuvoso e seco.



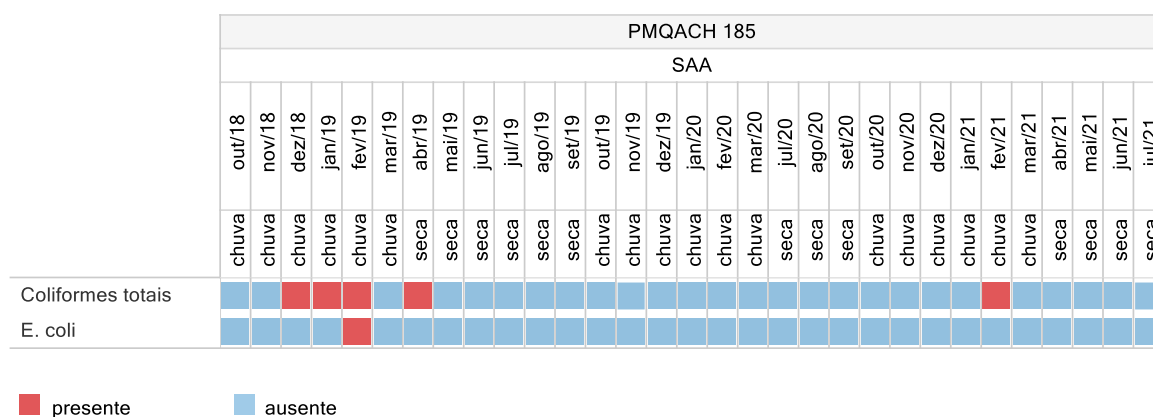
Em relação aos demais parâmetros que apresentaram importância para o ponto em termos de violação, observa-se aumento das concentrações de alumínio total em 2020/2021 em relação aos anos anteriores na captação e na saída ($p < 0,05$) (**Figura 6-206**). Além disso, o parâmetro apresentou valores mais elevados durante período de seca em comparação ao chuvoso, o que ocorreu para ambos os pontos avaliados (captação e saída) ($p < 0,05$) (**Figura 6-206**). Na saída, o manganês total apresentou um aumento de suas concentrações ao longo dos anos, enquanto ferro total apresentou um aumento das concentrações somente em 2020/2021 em relação ao ano anterior ($p < 0,05$) (**Figura 6-206**). Por fim, trihalometanos totais apresentaram uma redução em suas concentrações em 2020/2021 em comparação ao ano anterior na saída ($p < 0,05$) (**Figura 6-206**).

Figura 6-206 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 184, localizado no município de Linhares, e sua variação entre período chuvoso e seco.



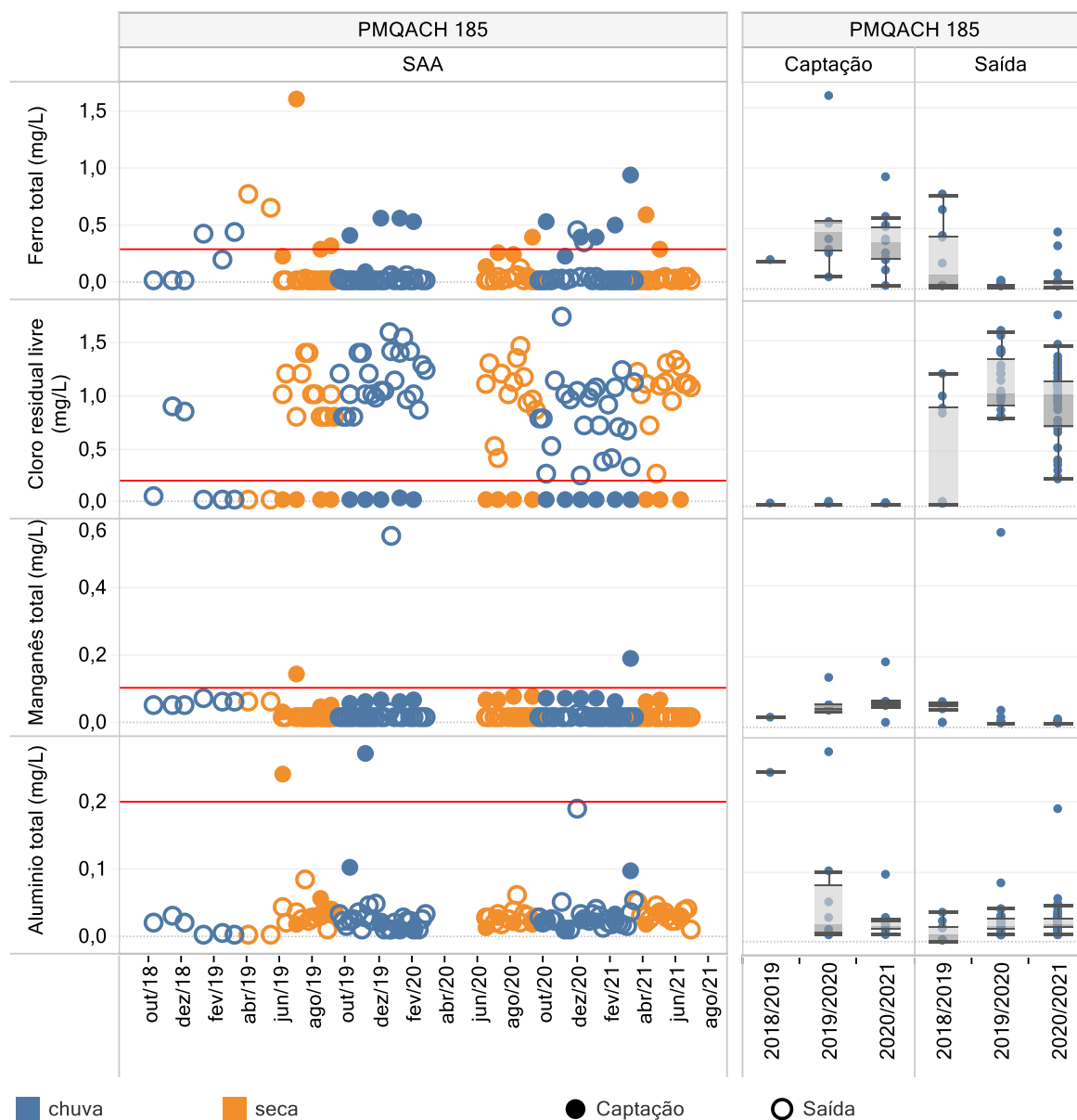
No ponto PMQACH 185, observa-se resultados predominantemente “ausentes” de coliformes totais e *E. coli*. A ocorrência de coliformes totais se deu, especialmente, em períodos chuvosos. Além disso, é possível identificar maior frequência de ocorrência no ciclo de 2018/2019. No caso de *E. coli*, a sua detecção aconteceu em somente uma ocasião, durante período chuvoso, em fevereiro/2019 (**Figura 6-207**).

Figura 6-207 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 185, localizado no município de Linhares, e sua variação entre período chuvoso e seco.



Em relação aos demais parâmetros que apresentaram importância para o ponto em termos de violação, padrões temporais e/ou sazonais significativos foram encontrados somente nos dados de saída. Considerando estes resultados, observa-se aumento nas concentrações de alumínio total, cloro residual livre e ferro total nos dois últimos anos, sendo que para o ferro total, esse aumento só foi observado em 2020/2021 em relação ao ano anterior ($p < 0,05$) (**Figura 6-208**). Além disso, o alumínio total apresentou valores mais elevados durante período de seca em comparação ao chuvoso ($p < 0,05$) (**Figura 6-208**).

Figura 6-208 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 185, localizado no município de Linhares, e sua variação entre período chuvoso e seco.



— Limite Anexo XX da PRC nº 5/2017 e Resolução Conama 396/2008 (alumínio, ferro e manganês total)

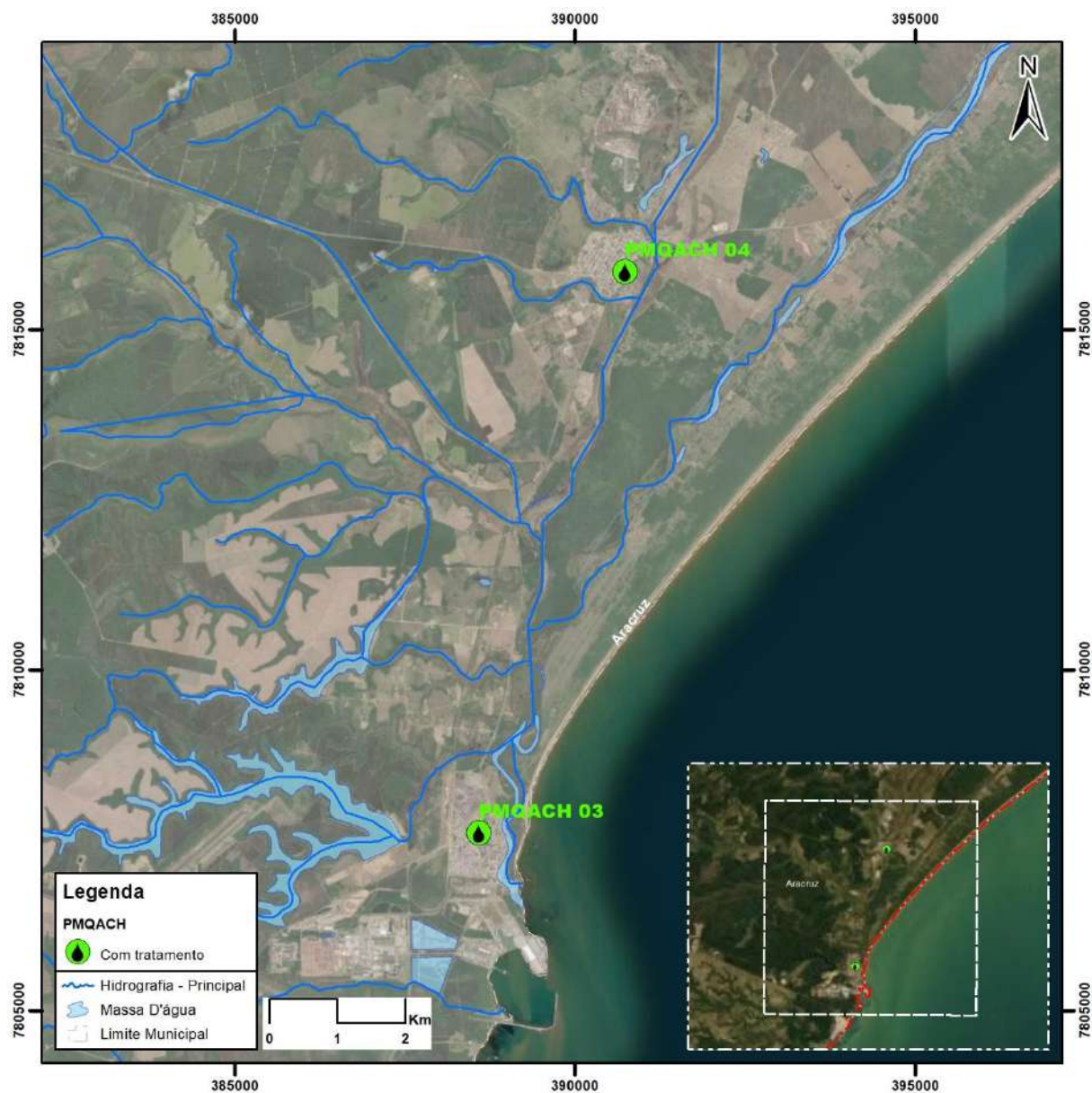
6.23 - Aracruz

No município de Aracruz-ES, foram considerados os 02 (dois) pontos ativos, que possuem sistema de abastecimento do tipo Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e tratamento de água (**Figura 6-209 e Quadro 6-23**).

Quadro 6-23 - Características dos pontos do município de Aracruz considerados no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 03	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA nº 357/2005 e Anexo XX da PRC nº 5/2017
PMQACH 04	Superficial	SAA	Com tratamento	Captação, Pós-Filtração e Saída	CONAMA nº 357/2005 e Anexo XX da PRC nº 5/2017

Figura 6-209 - Localização geográfica dos pontos monitorados em Aracruz-ES.



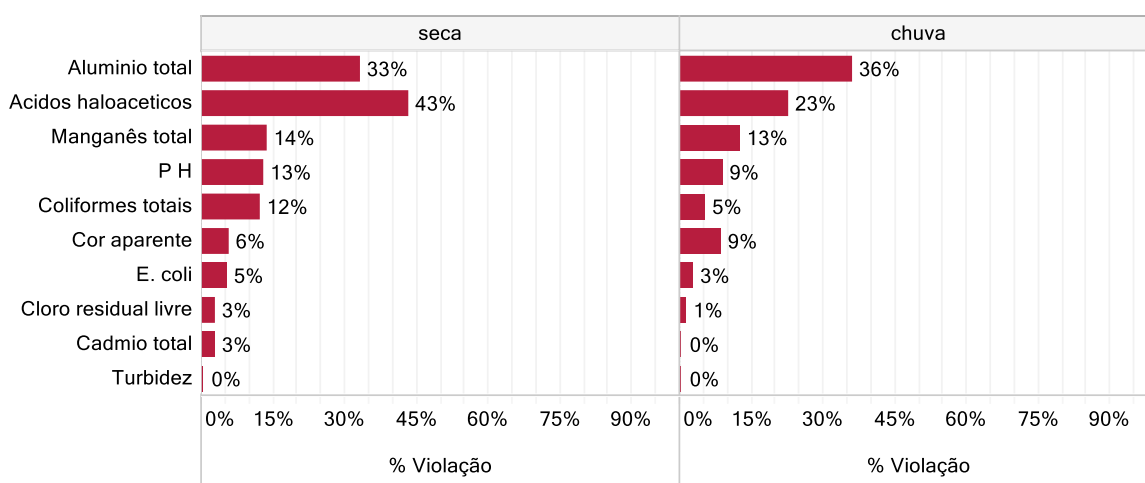
6.23.1 - Pontos com tratamento

6.23.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

Para o município de Aracruz-ES, os parâmetros com maiores percentuais de violação foram alumínio total e ácidos haloacéticos (**Figura 6-210**). Alumínio total apresentou um percentual semelhante entre os períodos de chuva e seca, ao passo que ácidos haloacéticos apresentaram percentual superior no período de seca (**Figura 6-210**). Apesar do percentual de violação do alumínio e manganês, o ferro, que também está presente na composição dos rejeitos de barragem, não apresentou ocorrência de violações, o que pode indicar a presença natural dos elementos, que, de fato, são comumente encontrados na bacia do rio Doce (ECOPLAN-LUME, 2010). Além da presença de alumínio na fonte de água, a água tratada pode apresentar concentrações de alumínio residual devido ao uso de coagulantes à base de sais de alumínio durante o processo de tratamento da água (ROSALINO, 2011). Os ácidos haloacéticos são subprodutos formados na etapa de cloração da água, sendo originados a partir de reações de oxidação e substituição de moléculas orgânicas (FERREIRA FILHO & SAKAGUTI, 2008; LIMA, 2014). A formação dos ácidos haloacéticos é influenciada pela presença de precursores, sendo o principal a matéria orgânica, assim como pelo pH, temperatura e dosagem, tipo e tempo de exposição com o oxidante, como o cloro (LIMA, 2014).

Para os demais parâmetros, os percentuais foram semelhantes entre período chuvoso e de seca, com destaque para o manganês total, com percentual de 14% e 13%, na seca e chuva, respectivamente e pH com 13% e 9% (**Figura 6-210**). Os demais parâmetros apresentaram percentuais mais baixos.

Figura 6-210 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de Aracruz-ES no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.

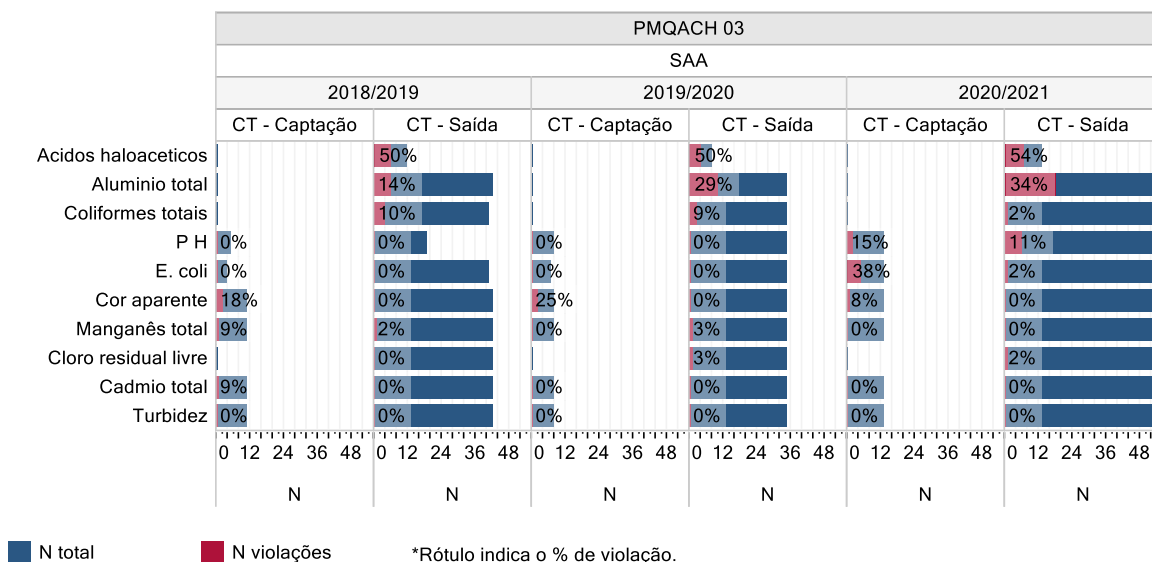


No ponto PMQACH 03, que apresenta abastecimento tipo SAA e captação superficial, destacaram-se ácido haloacéticos e alumínio total na saída em 2020/2021, com 54% (7 violações de um total de 13 amostras) e 34% de violação (18 violações de um total de 53 amostras) aos seus respectivos limites legais (**Figura 6-211**). Neste mesmo período, ainda na saída, também apresentaram violação os parâmetros de coliformes totais, cloro residual livre e *E. coli* (2%; 1 violação de um total de 53 amostras) e pH (11%; 6 violações de um total de 53 amostras) (**Figura 6-211**). Na captação, em 2020/2021, *E. coli* e pH foram mais relevantes, com 38% (5 violações de um total de 13 amostras) e 15% de violação (2 violações de um total de 13 amostras), respectivamente. Neste mesmo período, na captação, também cor aparente também apresentou violação ao seu limite legal (8%; 1 violação de um total de 13 amostras) (**Figura 6-211**). De maneira geral, os dados entre os anos foram semelhantes, com algumas exceções, como o aumento do percentual de violação do alumínio total ao longo dos anos e redução de coliformes totais, ambos observados na saída. Os parâmetros pH e *E. coli* apresentaram violação somente em 2020/2021, manganês total somente nos dois primeiros

ciclos avaliados e cádmio total somente no primeiro ano avaliado (2018/2019) (Figura 6-211).

A turbidez avaliada nas amostras de pós-filtração não apresentou violação aos limites legais aplicáveis em nenhum dos períodos avaliados.

Figura 6-211 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 03, localizado no município de Aracruz-ES, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.



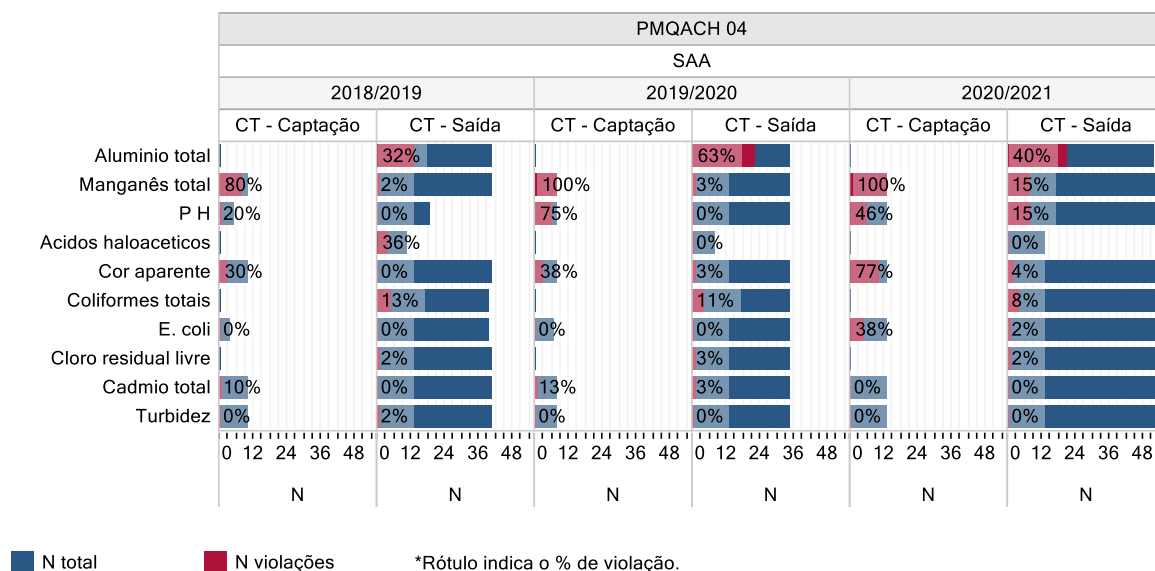
Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

No ponto PMQACH 04, que apresenta abastecimento tipo SAA e captação superficial, no ciclo de 2020/2021, destacam-se os parâmetros alumínio total (40% de violação na saída; 21 violações de um total de 52 amostras), manganês total (100% de violação na captação – violação das 13 amostras avaliadas – e 15% na saída – 8 violações de um total de 53 amostras), pH (46% na captação – 6 violações de um total de 13 amostras – e 15% na saída – 8 violações de um total de 53 amostras), cor aparente (77% na captação – 10 violações de um total de 13 amostras – e 4% na saída – 2 violações de um total de 53 amostras) e *E. coli* (38%

na captação – 5 violações de um total de 13 amostras – e 2% na saída – 1 violação de um total de 53 amostras) (**Figura 6-212**). Além destes, no ciclo de 2020/2021, coliformes totais também apresentaram violação (8% na saída; 4 violações de um total de 53 amostras) e cloro residual livre (2% na saída; 1 violação de um total de 53 amostras) (**Figura 6-212**). De maneira geral, os resultados foram semelhantes ao longo dos anos, com destaque para o aumento do percentual de violação de cor aparente ao longo dos anos. Ácidos haloacéticos somente apresentaram violação no primeiro ciclo do monitoramento, assim como turbidez. Por fim, o cádmio total somente apresentou violação nos dois primeiros ciclos do monitoramento (**Figura 6-212**).

A turbidez avaliada nas amostras de pós-filtração não apresentou violação aos limites legais aplicáveis em nenhum dos períodos avaliados.

Figura 6-212 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 04, localizado no município de Aracruz-ES, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.



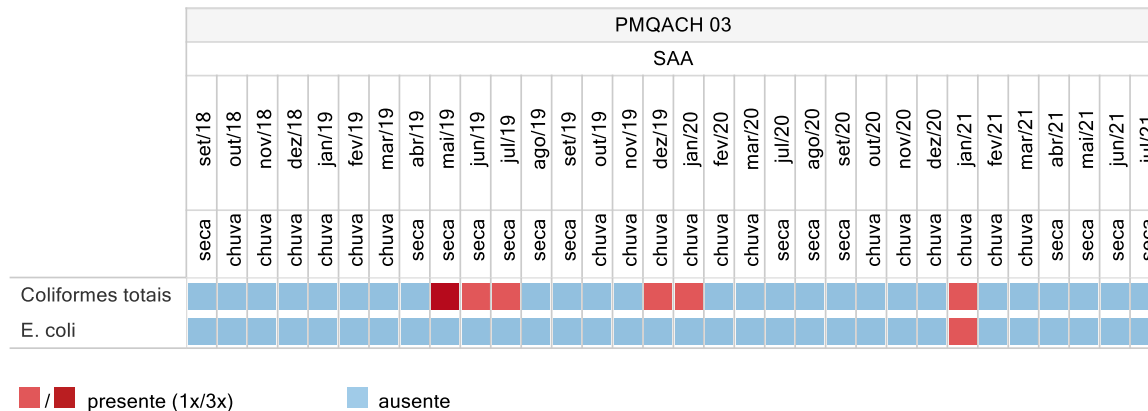
Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.23.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

No geral para o município, notou-se redução dos valores de pH ao longo dos anos, com exceção do aumento observado na captação do ponto PMQACH 04. Além disso, notou-se a influência da precipitação para os parâmetros cor aparente e manganês total, que apresentaram resultados superiores no período chuvoso em relação ao período de seca.

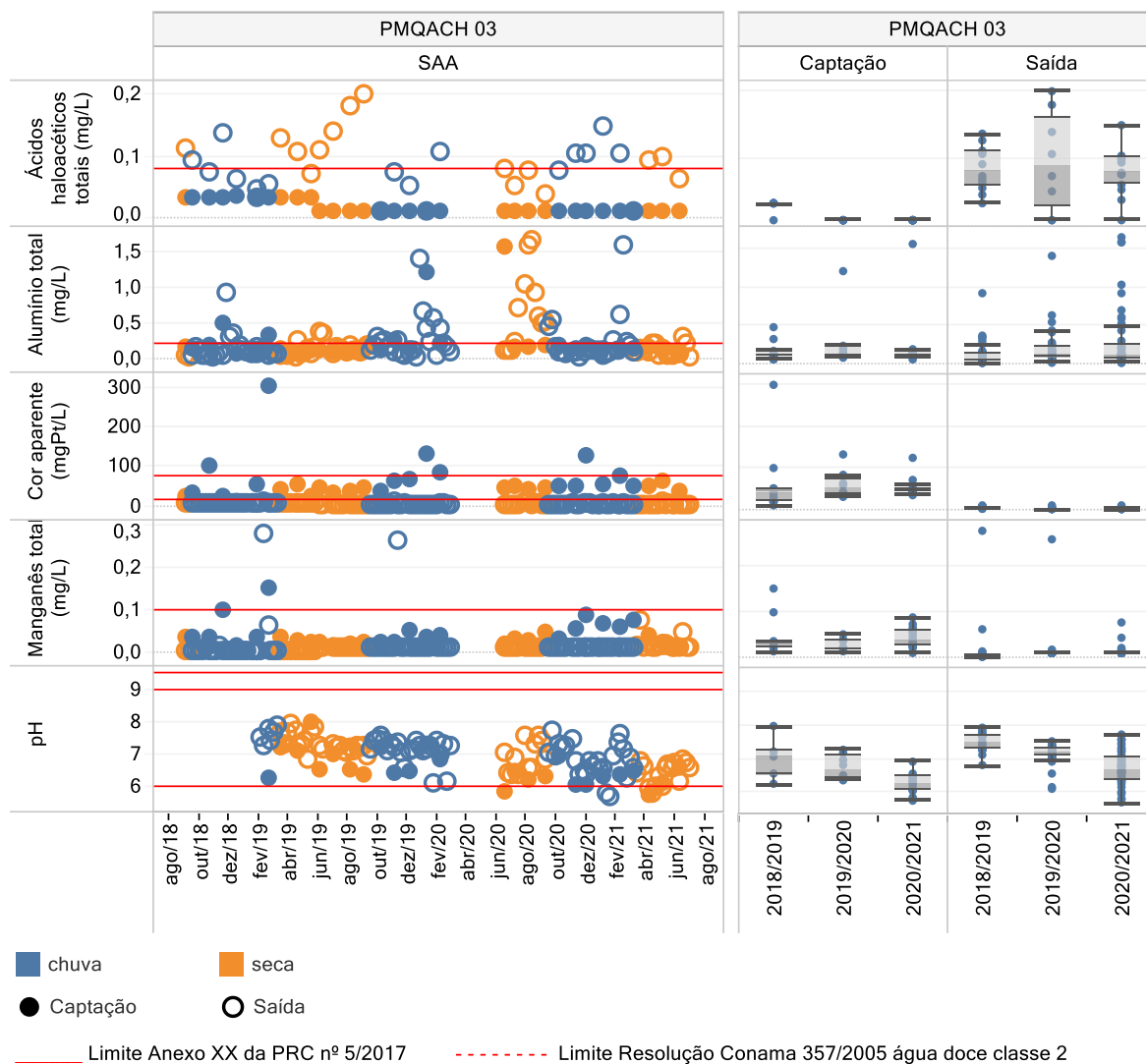
No ponto PMQACH 03, *E. coli* e coliformes totais apresentaram os resultados predominantemente “ausentes” ao longo de todo monitoramento, sendo resultados “presentes” mais frequentes para coliformes totais (**Figura 6-213**).

Figura 6-213 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 03, localizado no município de Aracruz, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.



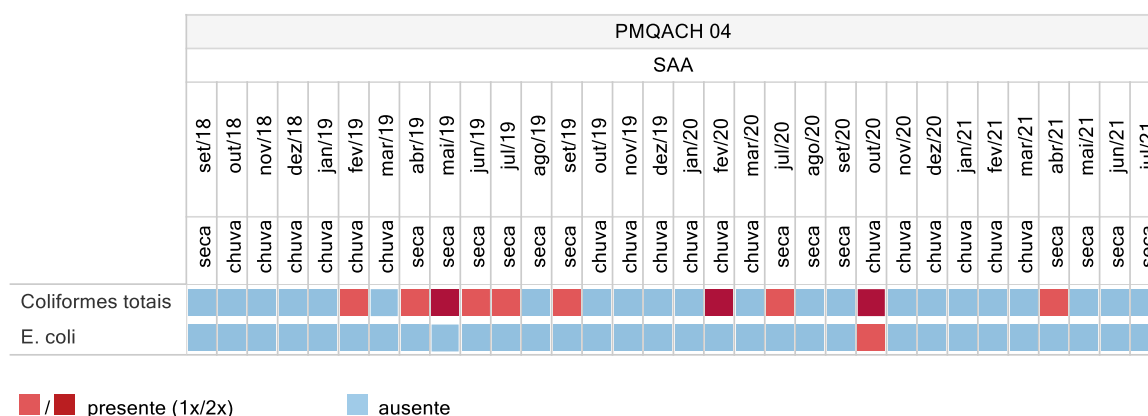
Foi observada uma redução dos valores de pH ao longo dos anos tanto na captação quanto na saída ($p < 0,05$) no ponto PMQACH 03 (**Figura 6-214**). Na saída, também foram notados aumentos dos valores de alumínio total e redução dos valores de manganês total ao longo dos anos avaliados, para o manganês, especialmente no último ano avaliado (2020/2021) ($p < 0,05$) (**Figura 6-214**). Em relação aos períodos hidrológicos, notou-se maiores valores de cor aparente nos períodos chuvosos tanto na captação quanto na saída, enquanto o manganês total somente apresentou resultados superiores na estação chuvosa na captação ($p < 0,05$) (**Figura 6-214**).

Figura 6-214 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 03, localizado no município de Aracruz, e sua variação entre período chuvoso e seco.



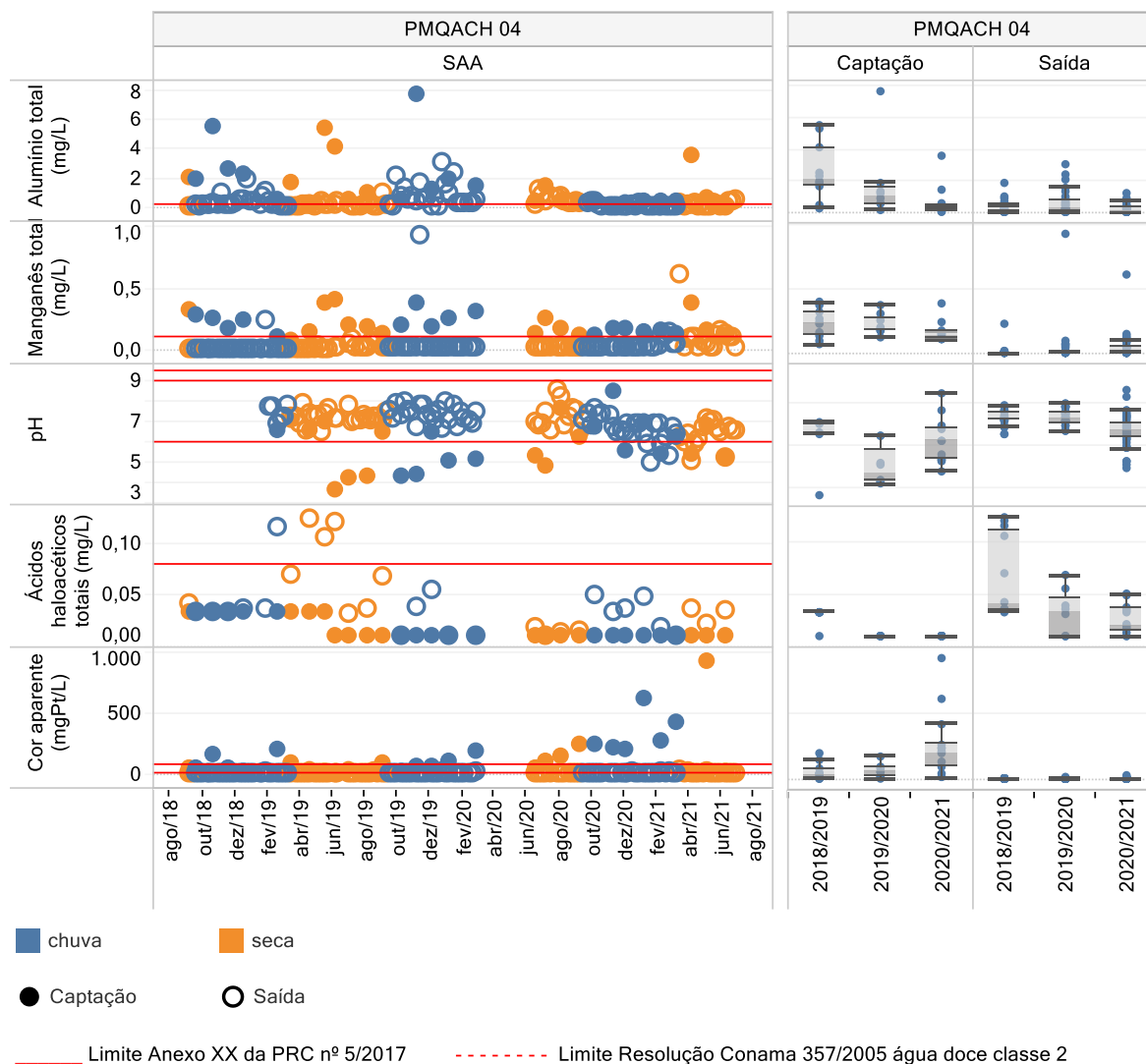
No ponto PMQACH 04, *E. coli* e coliformes totais apresentaram os resultados predominantemente “ausentes” ao longo de todo monitoramento, sendo que resultados “presentes” mais frequentes para coliformes totais (**Figura 6-215**).

Figura 6-215 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 04, localizado no município de Aracruz, e sua variação entre período chuvoso e seco. Os parâmetros são avaliados semanalmente, portanto, quanto mais escuro o tom vermelho, maior a frequência de ocorrência de resultados “presentes” no mês avaliado.



Notou-se no ponto PMQACH 04, tanto na captação quanto na saída, uma redução dos valores de alumínio total, mas aumento dos resultados de cor aparente ao longo dos anos ($p < 0,05$) (**Figura 6-216**). Na captação, observou-se um aumento dos valores de pH ao longo do monitoramento, sendo o padrão oposto observado na saída ($p < 0,05$) (**Figura 6-216**). Os ácidos haloacéticos apresentaram uma redução dos valores ao longo dos anos na saída, enquanto o manganês total apresentou o padrão oposto ($p < 0,05$) (**Figura 6-216**). Em relação aos períodos hidrológicos, na captação, a cor aparente apresentou resultados superiores na chuva, enquanto na saída, esse padrão foi observado para o manganês total, quando comparados ao período de seca ($p < 0,05$) (**Figura 6-216**).

Figura 6-216 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 04, localizado no município de Aracruz, e sua variação entre período chuvoso e seco.



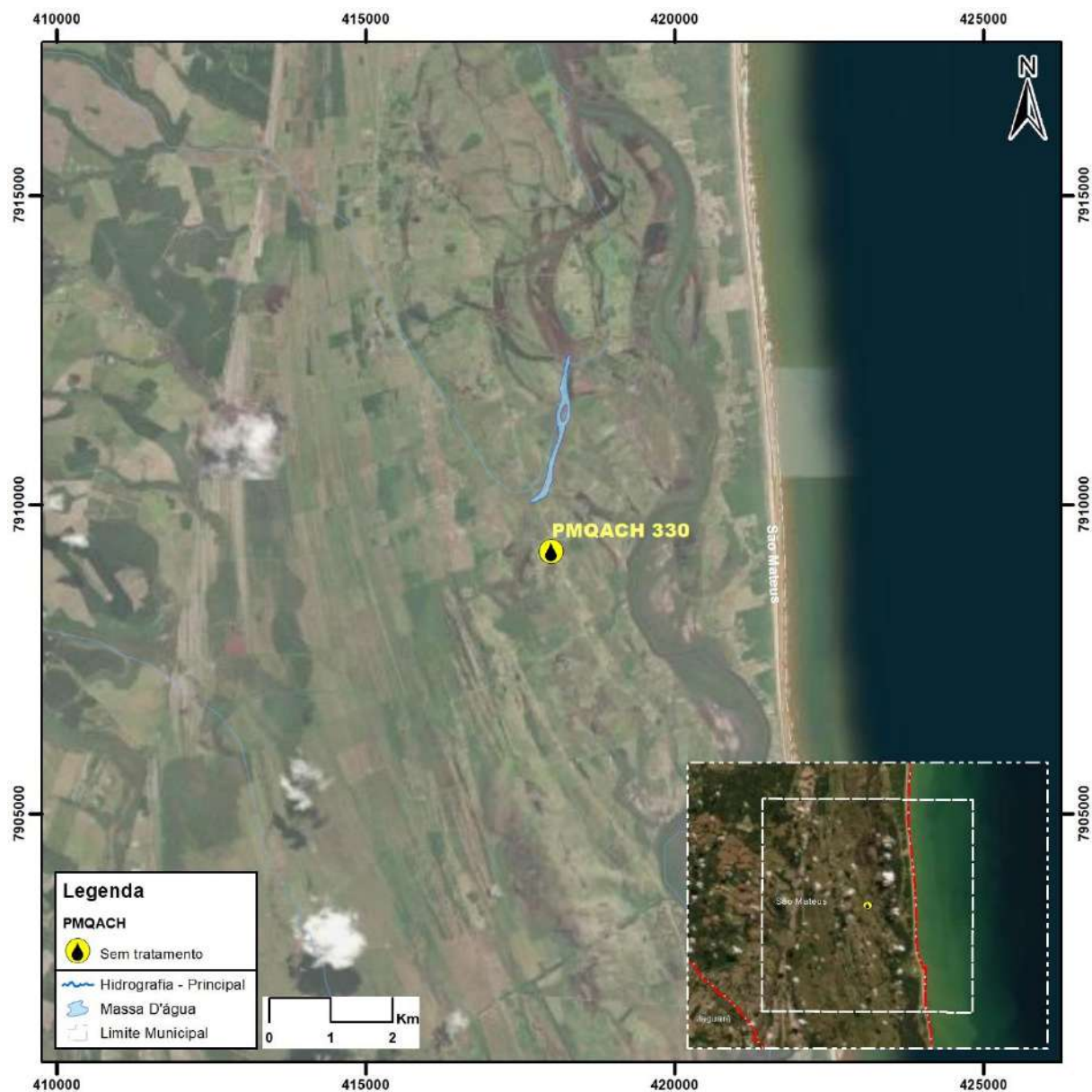
6.24 - São Mateus

No município de São Mateus-ES, foi considerado 01 (um) ponto ativo, que possui sistema de abastecimento do tipo Soluções Alternativas Coletivas (SAC) e ausência de tratamento de água (**Figura 6-217 e Quadro 6-24**).

Quadro 6-24 - Características do ponto do município de São Mateus considerado no presente relatório.

Código	Tipo de captação	Forma de abastecimento	Tratamento	Ponto avaliado	Resolução aplicada
PMQACH 330	Subterrânea	SAC	Sem tratamento	Saída	Anexo XX da PRC nº 5/2017

Figura 6-217 - Localização geográfica dos pontos monitorados em São Mateus-ES.



6.24.1 - Pontos sem tratamento

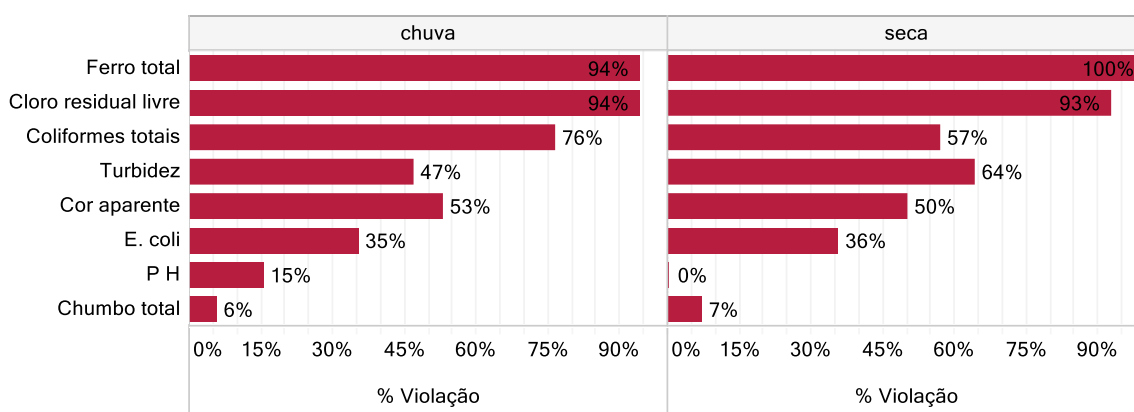
6.24.1.1 - Ocorrência de violações das legislações vigentes

No município de São Mateus-ES, observa-se elevados percentuais de violação de ferro total, cloro residual livre, coliformes totais, turbidez, cor aparente e *E. coli* (**Figura 6-218**). Outros metais, como alumínio e manganês, que estão presentes na composição dos rejeitos de barragem, apresentaram percentuais de violação inexistentes, o que pode indicar a presença natural do ferro, que, de fato, é encontrado na bacia do rio Doce (ECOPLAN-LUME, 2010). Já a contaminação microbiológica observada pode estar relacionada as baixas concentrações de cloro, o que era esperado em pontos sem tratamento. O cloro é utilizado para desinfecção, sendo extremamente empregado nos processos de tratamento e apresenta alta eficácia na remoção de microrganismos (DANIEL, 2001; YAMAGUCHI et al., 2013). Além disso, contaminação microbiológica indica despejo de efluentes domésticos não tratados e/ou criação de animais. No município de São Mateus-ES, o percentual de esgotamento sanitário é de 62,2% (IBGE, 2010), sendo empregado especialmente tratamento convencional, que contempla as etapas de floculação, decantação, filtração e desinfecção. Vale destacar que a taxa de esgotamento sanitário não reflete sua eficiência, ou seja, um tratamento ineficiente ainda terá como resultado o lançamento de matéria orgânica e patógenos nos recursos hídricos. Portanto, a reduzida porcentagem de tratamento e possível baixa eficiência na remoção de patógenos ajuda a explicar a contaminação por coliformes e *E. coli* por influência regional que, de fato, foram indicados como parâmetros prioritários para gestão na bacia do rio Doce.

Os resultados de violação foram, no geral, similares entre os períodos de chuva e seca, com exceção dos resultados de coliformes totais que foram superiores durante o período chuvoso e o oposto foi observado para a turbidez. O pH apresentou violações exclusivamente no período chuvoso e o chumbo total apresentou resultados semelhantes nos dos períodos *coli* (**Figura 6-218**). Existe uma série de fatores que podem ocasionar a contaminação de águas subterrâneas, como o uso e ocupação do solo, a falta do esgotamento sanitário inerente as

idades e a manutenção e modo de construção dos poços (SCHIRMER et al., 2013; PEIXOTO & SILVEIRA, 2017).

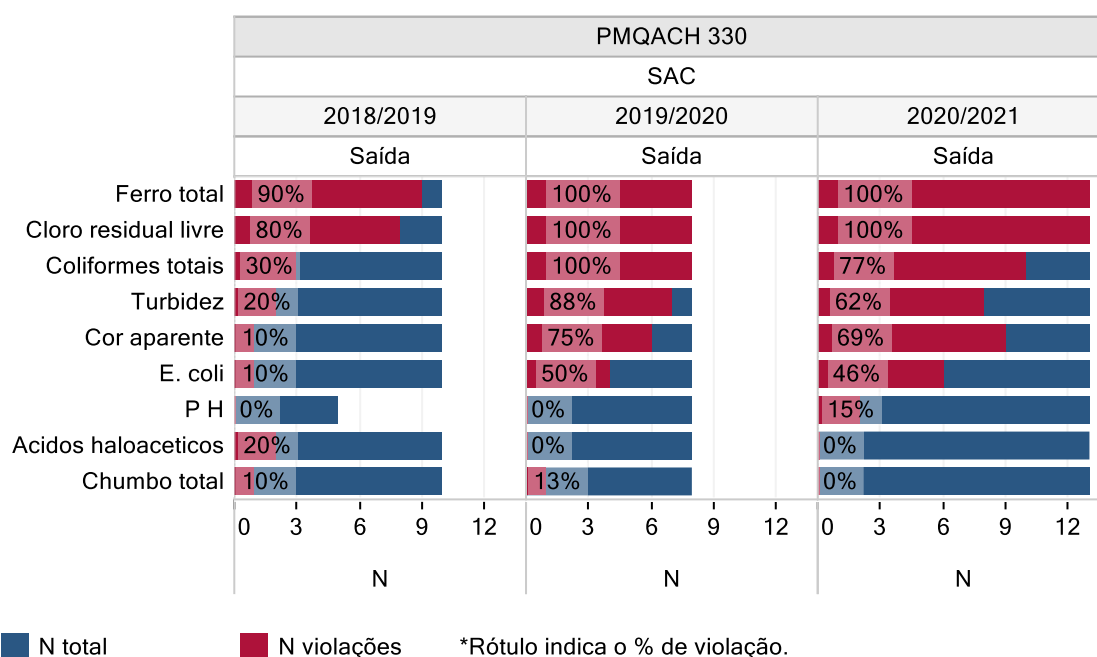
Figura 6-218 - Percentual total de violação para os parâmetros monitorados no município de São Mateus - ES no período de chuva e seca com base nos limites aplicáveis no período de chuva (meses de outubro a março) e seca (meses de abril a setembro) entre setembro/2018 e julho/2021 com base nos limites aplicáveis.



No ponto PMQACH 330, que possui abastecimento tipo SAC e captação subterrânea, ferro total e cloro residual livre apresentaram elevados percentuais de violação de forma constante ao longo do monitoramento, alcançando, ambos, 100% em 2020/2021 (violação das 13 amostras avaliadas) (**Figura 6-219**). Coliformes totais apresentaram resultados superiores nos dois últimos anos do monitoramento em comparação ao primeiro, sendo que no último ciclo avaliado (2020/2021), o parâmetro apresentou 77% de violação (10 violações de um total de 13 amostras) (**Figura 6-219**). O mesmo padrão foi observado para turbidez, cor aparente e *E. coli*, sendo que em 2020/2021, os parâmetros apresentaram 62% (8 violações de um total de 13 amostras), 69% (9 violações de um total de 13 amostras) e 46% (6 violações de um total de 13 amostras), respectivamente. Em 2020/2021, o pH também apresentou violações (15%; 2 violações de um total de 13 amostras) (**Figura 6-219**). Ácidos haloacéticos e chumbo total apresentaram violação somente nos primeiros anos do monitoramento, com

máximo de 20% em 2018/2019 (2 violações de um total de 10 amostras) e 13% em 2019/2020 (1 violação de um total de 10 amostras), respectivamente (**Figura 6-219**).

Figura 6-219 - Percentual de violação dos parâmetros monitorados no ponto PMQACH 330, localizado no município de São Mateus-ES, entre setembro/2018 e julho/2021, com base nos limites aplicáveis.

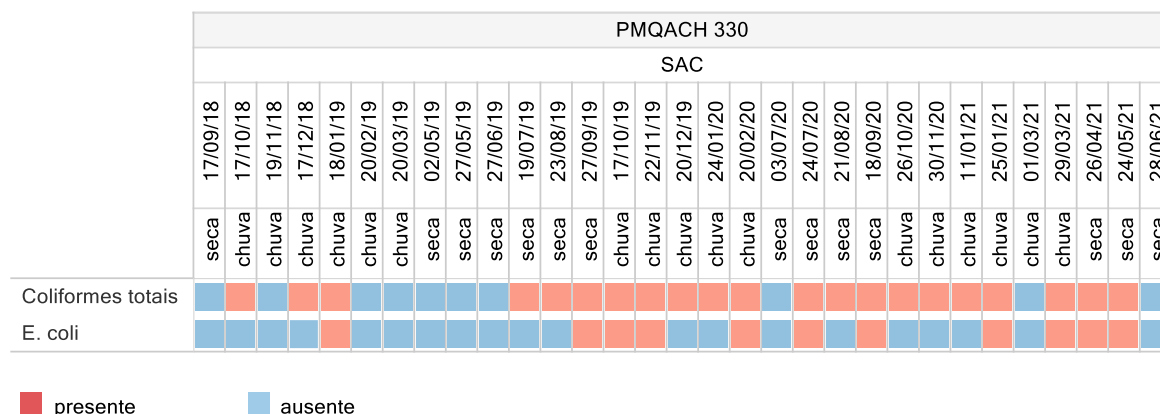


Nota: N = Número (seja Número de violações ou Número total de amostras). O N total (em azul), representa o número total de amostras coletadas no período em questão; N violações (em vermelho), representa o número total de amostras que ultrapassaram os limites legais aplicáveis.

6.24.1.2 - Avaliação temporal e sazonal

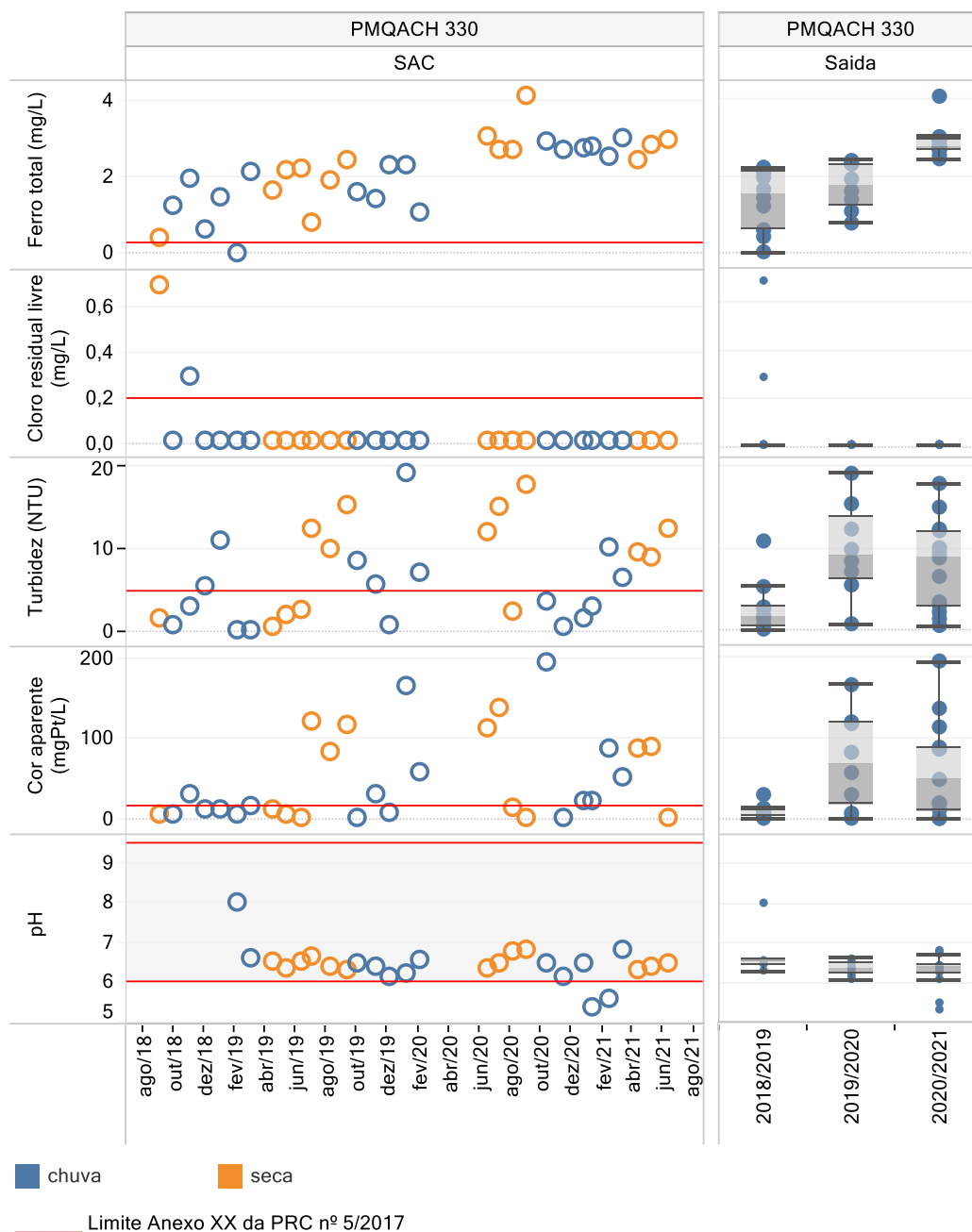
No ponto PMQACH 319, em relação a *E. coli* e coliformes totais, os resultados foram predominantemente “presentes” ao longo de todo monitoramento, sem padrão temporal ou sazonal claro (**Figura 6-220**).

Figura 6-220 - Série histórica dos resultados qualitativos de coliformes totais e *E. coli* do ponto PMQACH 330, localizado no município de São Mateus, e sua variação entre período chuvoso e seco.



Em relação aos demais parâmetros que foram relevantes para o ponto, em termos de violação, notou-se aumento dos valores de cor aparente, ferro total e turbidez, especialmente nos dois últimos anos em relação ao primeiro, no ponto PMQACH 330 ($p < 0,05$) (**Figura 6-221**). No entanto, não se observa influência significativa da sazonalidade nas concentrações dos parâmetros ($p > 0,05$) (**Figura 6-221**).

Figura 6-221 - Série histórica dos resultados do ponto PMQACH 330, localizado no município de São Mateus, e sua variação entre período chuvoso e seco.



7 - POTENCIAIS EFEITOS À SAÚDE HUMANA

A ingestão de água com qualidade inadequada pode trazer diversos malefícios para os seres humanos (BRASIL, 2006). A qualidade da água tratada é determinada não somente pela presença ou ausência de tratamento, ou pelo tipo e manutenção do tratamento empregado, mas também pela qualidade do manancial utilizado como captação. Além disso, o controle dos riscos à saúde humana também depende das unidades do sistema de abastecimento, como as estações elevatórias, adutoras, reservatórios e redes de distribuição (BRASIL, 2006). Dessa forma, a água pode apresentar uma variedade de alterações que comprometem sua qualidade. O **Quadro 7-1** apresenta uma apresentação geral dos principais grupos de alterações possíveis de serem observadas em águas para consumo humano e alguns exemplos.

Quadro 7-1 – Principais grupos de alterações observadas na água para consumo.

Alterações	Exemplos
Presença de microrganismos nocivos	Bactérias
	Vírus
	Protozoários
	Microalgas e cianotoxinas
Presença de contaminantes	Químicos inorgânicos (metais e semimetais)
	Químicos orgânicos (pesticidas, fármacos e solventes)
	Subprodutos da desinfecção (clorofórmio, trihalometanos e ácidos haloacéticos)
Alterações físico-químicas	pH
	Cor aparente
	Turbidez
	Gosto e odor

Para avaliar se os parâmetros podem comprometer a saúde humana, nas condições específicas de exposição existentes no local, é importante que se faça a comparação das estimativas da dose de exposição com os valores de referência para a saúde. A Organização Mundial da Saúde (OMS) vem desenvolvendo Diretrizes para Qualidade da Água Potável que estão sujeitas a um rigoroso processo de garantia de qualidade. O Ministério da Saúde (BRASIL, 2010), a partir da aplicação da metodologia da Agência de Registro de Substâncias

Tóxicas e Controle de Doenças (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry – ATSDR*) dos Estados Unidos da América, definiu procedimentos para determinar o nível dos riscos à saúde humana. No entanto, por ser um tema recente, ainda não existe arcabouço jurídico-institucional que imponha uma sequência natural aos resultados dos estudos de avaliação de risco. Por esta razão, a classificação de risco apresentada no presente relatório, bem como as recomendações decorrentes, deve ser avaliada como um instrumental técnico-científico fundamental pelas esferas governamentais responsáveis pela tomada de decisão, mas com a devida adequação a realidade brasileira e aos recursos disponíveis.

A partir da metodologia supracitada, para definir o nível do risco à saúde humana, com possibilidade de efeitos lesivos não-carcinogênicos, os Níveis de Risco Mínimo (*Minimal Risk Level - MRL*) da ATSDR são utilizados como indicadores. O Ministério da Saúde (BRASIL, 2010) define MRL como:

Uma estimativa de exposição diária humana a uma substância perigosa que provavelmente não trará risco apreciável de efeito adverso diferente de câncer, considerando uma duração específica de exposição (aguda de 1 a 14 dias; intermediária de 15 a 364 dias; e crônica de 365 dias ou mais) para uma determinada via de exposição. O MRL é expresso em miligrama por quilograma de massa corporal por dia, portanto, varia de pessoa para pessoa. O MRL foi criado para dar ideia do perigo que representa cada substância. Exposições acima do MRL não significam que ocorrerão efeitos adversos. É um indicador de perigo e quer dizer que exposições até esse nível provavelmente não acarretarão efeito adverso inclusive à pessoa mais sensível.

Ressalta-se que para a aplicação dessa metodologia da ATSDR para avaliação de risco à saúde humana, etapas prévias como avaliação da informação local, resposta às preocupações da comunidade, seleção dos contaminantes de interesse, identificação e avaliação de rotas de exposição, determinação de implicações para a saúde pública e determinação de conclusões são consideradas (BRASIL, 2010).

Além disso, o §3º do Artigo 39, do Capítulo V do Padrão de Potabilidade (Anexo XX PRC nº 5/2017), menciona: “Na verificação do atendimento ao padrão de potabilidade expresso nos Anexos 7, 8, 9 e 10 do Anexo XX, eventuais ocorrências de resultados acima do VMP devem ser analisadas em conjunto com o histórico do controle de qualidade da água e não de forma pontual”.

Cabe ressaltar ainda que em sistemas ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano, cabe ao responsável pelo sistema manter e controlar a qualidade da água distribuída de acordo com o Artigo 13, Seção IV do Anexo XX da PRC nº 5/2017.

A seguir, serão discutidos os parâmetros que apresentaram relevância no Plano de Monitoramento da Qualidade da Água para Consumo Humano (PMQACH), ou seja, aqueles que apresentaram violação, mesmo que pontual, e os efeitos potenciais à saúde humana. Os parâmetros que apresentaram violação foram: ácidos haloacéticos, alumínio total, amônia, antimônio total, arsênio total, bário total, cádmio total, chumbo total, cloramina total, cloreto total, cloro residual livre, coliformes totais, *E. coli*, bactérias heterotróficas, cor aparente, cromo total, ferro total, fluoreto, manganês total, níquel total, nitrato, pH, selênio total, sódio total, sólidos dissolvidos totais, sulfato, surfactantes, trihalometanos totais, turbidez e zinco total.

O **Quadro 7-2** apresenta a síntese das informações disponíveis na literatura sobre os possíveis efeitos causados pelos parâmetros supracitados na saúde humana. Em seguida os parâmetros são contextualizados com seus resultados durante o monitoramento, significado ambiental e integrado com os potenciais efeitos de forma mais detalhada.

Quadro 7-2 – Síntese dos efeitos potenciais para a saúde humana dos parâmetros que apresentaram violação no PMQACH.

Parâmetros	Efeitos potenciais para a saúde humana	Nível de Risco Mínimo (MRL) / Consumo Diário Tolerável (TDI)
Ácidos haloacéticos	Problemas no fígado, rins ou sistema nervoso central; aumento do risco de câncer ¹	-
Alumínio total	Testes em animais mostraram que a exposição excessiva pode provocar problemas renais, no sistema nervoso central e nos ossos, esclerose amiotrófica lateral e anemia hipocrômica microcítica ²⁻⁸	1 mg/kg/dia (ingestão crônica e intermediária)
Amônia	Influencia o metabolismo ao alterar o equilíbrio ácido-base, atrapalhando tolerância à glicose e reduzindo a sensibilidade a insulina ²⁸	200 mg/kg/dia ¹³
Antimônio total	Testes em animais demonstraram redução do ganho de peso corporal e da ingestão de alimentos e água ²⁹	6 µg/kg/dia ²⁹
Arsênio total	Manifestações agudas incluem febre, dores abdominais e esofagianas, diarreia, anorexia, vômito, aumento da irritabilidade, exantema e perda de cabelo; os efeitos crônicos incluem tumores malignos na pele, nos pulmões, rins, bexiga, aumento hepático, com necrose e cirrose	0,0003 mg/kg/dia (ingestão crônica) e 0,005 mg/kg/dia (ingestão aguda) ¹⁵
Bactérias heterotróficas	Quanto maior a densidade de bactérias na água, maior a probabilidade de encontrar bactérias patogênicas ¹	-
Bário Total	Aumento da pressão arterial ¹	0,2 mg/kg/dia (ingestão crônica e intermediária)
Cádmio total	Danos nos rins; diminui a absorção de cálcio e aumenta sua excreção, favorecendo osteoporose e a osteomalácia, anemia ferropriva em decorrência da competição com o ferro, câncer de pulmão e próstata ^{1, 8}	0,0001 mg/kg/dia (ingestão crônica) e 0,0005 mg/kg/dia (ingestão intermediária) ¹⁵
Cloramina total	Desconforto no estômago, anemia ¹	-
Cloro residual livre	A sua ausência permite a contaminação por patógenos e o excesso pode provocar desconforto no estômago ¹	-
Coliformes totais	Diarreia e infecções intestinais ¹	-
Cor aparente	Diminui a aceitabilidade pela água devido a coloração, gosto e possível odor	-

PLANO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO-PMQACH

Relatório Técnico Anual

4034-00-QACH-RL-0001

Parâmetros	Efeitos potenciais para a saúde humana	Nível de Risco Mínimo (MRL) / Consumo Diário Tolerável (TDI)
Chumbo total	Em bebês e crianças causa atrasos no desenvolvimento físico ou mental; em adultos causa problemas renais e pressão alta; pode afetar os sistemas neurológico, hematológico, gastrointestinal, cardiovascular e renal, estando associado à incidência de retardo no desenvolvimento mental, resultando na perda de quociente de inteligência de crianças, anemia e ao aumento na pressão sanguínea em adultos; carcinogênico ^{1, 8}	25 µg/kg/dia
Cloreto	Toxicidade não foi observada em humanos, exceto em casos de metabolismo prejudicado por cloreto de sódio, por exemplo, na insuficiência cardíaca congestiva. Gosto salgado ^{9, 16}	**
Cromo total	Cancerígeno; danos ao DNA ^{18, 19}	25-35 mg/dia ¹⁷
<i>Escherichia coli</i>	Diarreia, cólicas, náuseas e dores de cabeça. Risco maior para a saúde de bebês, crianças pequenas e pessoas com sistema imunológico gravemente comprometido ¹	-
Ferro total	Efeito estético de coloração avermelhada ou alaranjada; gosto metálico; pode provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano ⁹	0,8 mg/kg/dia
Fluoreto	Nas crianças pode causar manchas esbranquiçadas nos dentes (fluorose dentária) e riscos de fraturas ósseas nos adultos ^{1, 10}	1 mg/kg/dia (intoxicação aguda)
Manganês total	Ingestão em excesso (> 3 mg/dia) pode provocar quadro de intoxicação conhecido por manganismo; exposição a longo prazo pode gerar tremores permanentes, dificuldades de coordenação motora e problemas de memória ¹¹	-
Níquel total	Dermatite, doença cardiovascular, asma, fibrose pulmonar e câncer do trato respiratório ²¹	70 µg/L ²⁰
Nitrato	Falta de ar e síndrome do bebê azul; exposição a longo prazo pode resultar em metemoglobinemia em recém-nascidos, bem como em adultos com uma particular deficiência de enzimas ^{1 e 22}	4 mg/kg/dia (ingestão crônica, intermediária e aguda) ¹⁵
pH	Importante para controlar problemas de incrustação e corrosão das redes de distribuição ¹²	-
Selênio total	Perda de cabelo ou unhas; dormência nos dedos das mãos ou dos pés; problemas circulatórios; a exposição prolongada ao selênio inorgânico pode aumentar o risco de câncer ^{1 e 23}	0,005 mg/kg/dia (ingestão crônica) ¹⁵
Sódio total	Quando em excesso no sangue ocorre uma alteração no equilíbrio entre esses líquidos; o organismo retém mais água, sobrecarregando o coração e os rins, situação que pode levar à hipertensão; a pressão alta prejudica a flexibilidade das artérias e ataca os vasos, coração, rins e cérebro	-
Sólidos dissolvidos totais	Efeito estético: dureza; depósitos; coloração; gosto salgado. Pessoas hipertensas devem evitar consumir águas com alta concentração de sais dissolvidos ⁹	-
Sulfato	Desconforto no estômago e diarreias ²⁴	-

Parâmetros	Efeitos potenciais para a saúde humana	Nível de Risco Mínimo (MRL) / Consumo Diário Tolerável (TDI)
Surfactantes	O caráter anfótero facilita sua acumulação em organismos. Quando isso ocorre em proteínas, enzimas e membranas fosfolipídicas, essa modificação estrutural causa toxicidade nos órgãos ²⁴	-
Trihalometanos	Podem provocar problemas no fígado, rins ou sistema nervoso central; aumento do risco de câncer.	Clorofórmio: 15 µg/kg/dia; Bromofórmio: 17,9 µg/kg/dia
Turbidez	Pode causar sintomas de curto prazo, como náuseas, câimbras, diarreia e dores de cabeça ¹	-
Zinco total	Náusea e vômito, perda de apetite, diarreia, cólicas abdominais, dores de cabeça, função imunológica reduzida, diminuição dos níveis do colesterol "bom" (HDL); elevada ingestão crônica de zinco pode interferir na absorção de cobre e ferro ²⁶	12 mg/dia (mulheres); 15 mg/dia (homens); 19 mg/dia (grávidas) ²⁷

Referências: ¹US EPA, 2009; ²CETESB, 2019; ³CLETO, 2008; ⁴ROSALINO, 2011; ⁵FLANTEN, 2001; ⁶RONDEAU *et al.*, 2000; ⁷BAKAR *et al.*, 2020; ⁸ANVISA, 2019; ⁹US EPA, 2015; ¹⁰YADAV *et al.*, 2019; ¹¹UNIFESP, 2016; ¹²BRASIL, 2006; ¹³WHO, 2011; ¹⁴CETESB, 2013; ¹⁵ATSDR, 2019; ¹⁶WHO, 2019; ¹⁷Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine; ¹⁸PEREIRA *et al.*, 2012; ¹⁹LINOS *et al.*, 2011; ²⁰OMS, 2012; ²¹CHEN *et al.*, 2017; ²²FAN & STEINBERG, 1996; ²³VICENTI *et al.*, 2018; ²⁴USEPA, 2003; ²⁵CSEHÁTI *et al.*, 2002; ²⁶PRASAD *et al.*, 2008; ²⁷Institute of Medicine, 2002; ²⁸WHO, 1996; ²⁹WHO, 2017.

O cloro residual livre apresentou violação em todos os municípios investigados, seja por ter obtido resultado inferior ou superior a faixa do limite aplicável. Na grande maioria dos países, incluindo o Brasil, o cloro é o desinfetante mais utilizado durante o processo de desinfecção no tratamento de água, sendo aplicado principalmente para controle de microrganismos nocivos (MADZIVHANDILA & CHIRWA, 2017; ZHANG *et al.*, 2017). No entanto, o cloro pode reagir com a matéria orgânica e inorgânica presentes na massa líquida, o que resulta no decaimento da sua concentração residual no decorrer do tempo (CASAGRANDE & SARMENTO, 1997). Caso não ocorra a sua reposição, pode haver um aumento no número de patógenos que são prejudiciais à saúde humana, tais como as bactérias do grupo coliforme (*E. coli*, por exemplo), que são indicadoras de contaminação fecal, além de ser um indicativo do lançamento esgoto doméstico e/ou pela infiltração do efluente tratado com baixa eficiência (ALVES *et al.*, 2008; LATORRACA, 2007). Por outro lado, altas

concentrações de cloro podem levar a problemas de gosto e de odor ou a formação de subprodutos de desinfecção que são prejudiciais para a saúde humana, como por exemplo, os ácidos haloacéticos e trihalometanos (BLOKKER *et al.*, 2014).

Os ácidos haloacéticos apresentaram violação em 8 dos 24 municípios investigados, com variação total de 0,3% em Belo Oriente a 32,3% em Aracruz. Os ácidos haloacéticos são derivados do ácido acético, onde os hidrogênios do grupo metilo podem ser substituídos por cloro e/ou bromo (PAULL & BARRON, 2004). Estudos que expuseram uma comunidade à ácido haloacéticos observaram um risco de redução de crescimento de crianças e do desenvolvimento intra-uterino, além do potencial cancerígeno (HINCKLEY *et al.*, 2005; WHO, 2011). No caso dos trihalometanos, 13 dos 24 municípios avaliados apresentaram violação do parâmetro, com variação total 0,6% em Mariana a 39,4% em Alpercata. Estudos epidemiológicos mostraram associações entre a exposição a estas substâncias e o câncer de bexiga, cólon e reto (VILLANUEVA *et al.*, 2001; RICHARDSON *et al.*, 2007). Além disso, Santos & Gouveia (2011) mostraram associações entre a presença de trihalometanos na água de abastecimento aos aspectos relacionados com recém-nascidos, como baixo peso ao nascer, prematuridade, malformação congênita, malformação no tubo neural e do sistema nervoso central.

Cloraminas totais apresentaram violação somente em Governador Valadares, e com percentual total < 1% de violação. De maneira geral, as cloraminas são formadas ocasionalmente, podendo causar problemas no sabor e odor da água. As cloraminas são rapidamente degradadas no estômago se ingeridas. Estudos com animais de laboratório demonstraram redução do peso corporal devido a ingestão de elevadas doses de cloramina na água, provavelmente devido ao sabor da água (WHO, 2017).

As bactérias heterotróficas apresentaram violação em Fernandes Tourinho (25%), Mariana (26,3%) e Rio Doce (12,5%), enquanto coliformes totais e *E. coli* apresentaram violação em todos os 24 municípios investigados. As bactérias do grupo coliformes estão

presentes no intestino humano, no entanto, dependendo de suas densidades, da vulnerabilidade do organismo e mesmo tipo de cepa, podem causar diarreia e, em outras partes do corpo podem levar a doenças graves, como infecção do trato urinário, meningite e bacteriemia. Uma baixa porcentagem de casos com exposição a esses patógenos desenvolve síndrome urêmica, que é caracterizada por insuficiência renal aguda e anemia hemolítica. Algumas cepas são capazes de produzir toxinas, que pode causar diarreia, cólicas abdominais, náuseas e dor de cabeça (WHO, 2017).

A presença de metais em recursos hídricos pode estar relacionada às atividades industriais, de mineração e despejo de esgoto doméstico (SREENIVASA RAO, 2006). No entanto, também existem fontes naturais, visto ocorrência natural de alguns elementos, como por exemplo a presença de alumínio, ferro e manganês na bacia do rio Doce (ECOPLAN-LUME, 2010). Alguns elementos são considerados essenciais para o funcionamento dos organismos, como ferro, manganês e zinco, enquanto outros, conhecidos como não-essenciais, possuem uma faixa de tolerância, mas, no geral, apresentam maior toxicidade (ESTEVEES, 1998).

O alumínio total apresentou violação em 19 dos 24 municípios investigados, com variação de 0,8% em Barra Longa a 41,6% em Alpercata. A água tratada pode apresentar concentrações de alumínio residuais devido à presença na fonte de água, ou seja, na captação, como também pelo uso de coagulantes à base de sais de alumínio durante o processo de tratamento da água (ROSALINO, 2011). A ingestão de elevadas concentrações de alumínio pode gerar diferentes efeitos nocivos, como ulceração de lábios e boca, anemia microcítica, osteomalácia, intolerância à glicose devido à uremia e parada cardíaca (INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE, 2003; BASTOS, 2007). A encefalopatia é uma das principais manifestações observadas que indicam a neurotoxicidade do alumínio, uma vez que este elemento é capaz de se acumular no cérebro e induzir degeneração neurofibrilar e morte neuronal (RONDEAU *et al.*, 2000).

O antimônio total apresentou violação em Periquito e Governador Valadares, com percentuais totais $< 1\%$ de violação. O elemento e seus compostos são considerados perigosos para a saúde humana ou mesmo cancerígenos (FOWLER & GOERING, 1991; GEBEL *et al.*, 1997; HAMMEL *et al.*, 2000). A intoxicação aguda por antimônio se manifesta com dores no estômago, vômito, desidratação, dores musculares, câimbras, hematúria, enurese, cirrose hepática, necrose muscular, nefrite e pancreatite (PIERART *et al.*, 2015). Elevadas concentrações de antimônio também podem levar a doenças cardíacas agudas e existem relatos relacionando o contaminante com a síndrome da morte súbita infantil (MCCALLUM, 2005). A intoxicação crônica se manifesta com alterações das funções pulmonares, bronquite crônica, enfisema, tuberculose precoce e aderências pleurais (PIERART *et al.*, 2015; BELZILE *et al.*, 2011).

O arsênio total apresentou violação somente em Governador Valadares, com percentual total $< 1\%$ de violação. Indivíduos sujeitos à exposição crônica ao arsênio (média de 10 a 20 anos) podem desenvolver várias formas de câncer, tais como, câncer de pele, pulmão, próstata, bexiga, rins e fígado, além de graves doenças como patologias cutâneas, gastro-intestinais, cardiovasculares, hematológicas, pulmonares, neurológicas, endocrinológicas e reprodutivas (WHO, 2001). Além disso, alguns estudos mostraram efeitos adversos do elemento no crescimento e desenvolvimento fetal (MILTON *et al.*, 2005; KWOK *et al.*, 2006; VON EHRENSTEIN *et al.*, 2006).

O bário total apresentou violação em Governador Valadares, Linhares e Tumiranga, com percentuais totais $< 4\%$ de violação. A ingestão de água contendo elevadas concentrações de bário pode acarretar em estímulo dos sistemas neuromuscular e cardiovascular, contribuindo para a hipertensão (HÉLLER & PÁDUA, 2006; CETESB, 2019).

O cádmio total apresentou violação em 12 dos 24 municípios investigados, mas, no geral, apresentou percentual total $< 2\%$ de violação. A forma inorgânica do cádmio é altamente tóxica para os humanos. A exposição se dá principalmente pela inalação e ingestão. A toxicidade aguda deste elemento está associada a dor abdominal intensa, náusea, vômito, diarreia, dor de cabeça ou vertigem, causar danos ao fígado e rins (PAN *et al.*, 2010). Por outro lado, os sintomas de toxicidade crônica por cádmio incluem problemas respiratórios, disfunção renal, distúrbios do metabolismo do cálcio e doenças ósseas, como osteoporose e fratura óssea espontânea (WHO, 1992). No Japão, a doença 'itai-itai' é um exemplo de doença atribuída diretamente à exposição de longo prazo de uma população ao cádmio por meio de alimentos e água. O cádmio também é listado como uma substância desreguladora endócrina devido à sua capacidade de se ligar aos receptores de estrogênio celulares e, portanto, imitar as ações desses hormônios (DARBRE, 2006). Além disso, há evidência de que a exposição ao cádmio pode levar ao desenvolvimento de câncer de próstata e câncer de mama (WAALKES, 2003).

O chumbo total apresentou violação em 9 dos 24 municípios investigados, mas, no geral, apresentou percentual total $< 7\%$ de violação. Em relação ao chumbo, há relatos de alterações neurocomportamentais após exposição ocupacional de chumbo e efeitos de desenvolvimento em crianças com exposição pré ou pós-natal precoce (LIDSKY & SCHNEIDER, 2003).

O cromo total apresentou violação em Governador Valadares, Galileia e Periquito, com percentuais totais $< 1\%$ de violação. Muitos estudos já comprovaram que o cromo pode ser altamente cancerígeno por ingestão ou exposição cutânea (SMITH, 2008; SMITH & STEINMAUS, 2009; STERN, 2010; OEHHA, 2011). Além disso, o cromo pode ser teratogênico, ou seja, capaz de contornar a barreira placentária e causar impactos negativos no desenvolvimento fetal (SAXENA *et al.*, 1990).

O ferro total apresentou violação em 20 dos 24 municípios investigados, com violação total variando entre 0,8% em Ituaeta a 96,8% em São Mateus. O elemento contribui para o transporte de oxigênio no sangue e, de um modo geral, altas concentrações na água podem resultar em sabor ferroso e pouco atraente, além serem responsáveis por manchas em roupas e encanamentos (US EPA, 2002; SARIN *et al.*, 2004). O manganês total apresentou violação em 22 dos 24 municípios investigados, com violação total variando entre 0,4% em Barra Longa a 68,1% em Fernandes Tourinho, não exibindo violação somente em São Mateus e Bugre. O manganês também pode causar alguns problemas na coloração da água, manchas e sujeiras nos sistemas de tratamento (SLY *et al.*, 1990). A exposição a este elemento atinge as funções do sistema nervoso e pode até causar uma síndrome irreversível do tipo Parkinson conhecida como manganismo, caracterizada por fraqueza, anorexia, dor muscular, apatia, fala lenta, expressão facial sem emoção, dificuldades posturais, rigidez, tremor, diminuição do estado mental e movimentos lentos desajeitados dos braços e pernas (MICHALKE *et al.*, 2007; ROCCARO *et al.*, 2007; MICHALKE *et al.*, 2014).

O níquel total apresentou violação em 6 dos 24 municípios investigados, mas, no geral, exibiu percentual total < 1% de violação. A exposição humana ao níquel pode provocar alergias na forma de dermatite de contato, fibrose pulmonar, doenças cardiovasculares e renais e câncer no trato respiratório (MCGREGOR *et al.*, 2000; SEILKOP & OLLER, 2003). Os efeitos agudos para a saúde geralmente resultam de exposição de curto prazo a elevadas concentrações, que se manifestam como uma variedade de sintomas clínicos, como náuseas, vômitos, desconforto abdominal, diarreia, distúrbio visual, dor de cabeça, tontura e tosse (SEILKOP & OLLER, 2003).

O selênio total apresentou violação em Governador Valadares e Baixo Guandu, com percentual total < 1% de violação. Elevadas concentrações de selênio no corpo humano pode provocar perda de cabelo e unhas, lesões de pele, cárie dentária e anormalidades do sistema nervoso, como acroparestesia, dores nas extremidades e anestesia periférica. Além disso, há

relatos de acroparestesia, disestesia, hiperreflexia, fraqueza motora, convulsões e hemiplegia (US EPA, 1992; QIN *et al.*, 2013).

O zinco total apresentou violação em Barra Longa e Linhares, com percentual total < 1% de violação. O excesso de zinco está associado à supressão da resposta imune, diminuição da lipoproteína de alta densidade (HDL) e à redução das concentrações de cobre e ferro no plasma (JEN & YAN, 2010).

O nitrato apresentou violação em São José do Goiabal, Linhares e Mariana, com percentuais totais < 2% de violação. De maneira geral, a tolerância ao nitrato por adultos é elevada, porém, bebês menores de seis meses de idade possuem bactérias no trato digestivo que reduzem o nitrato a nitrito, podendo haver envenenamento. Quando o nitrito alcança a corrente sanguínea, ocorre reação com a hemoglobina, diminuindo a capacidade de transporte do oxigênio. Nessa situação, a criança pode sofrer asfixia ficando com a pele azulada, sintomas típicos da meta hemoglobinemia ou síndrome do bebê azul. A doença é letal quando 70% da hemoglobina do corpo é convertida em meta hemoglobina (ZUBLENA *et al.*, 2002).

A amônia apresentou violação em 8 dos 24 municípios avaliados, com percentuais totais < 5% de violação, com exceção de Fernandes Tourinho (17%). A amônia na água potável não é de relevância imediata para a saúde, mas pode comprometer a eficiência da desinfecção e promover a formação de nitrito, que leva a falha na remoção do manganês e problemas de sabor e odor (WHO, 2017). No entanto, dependendo de suas concentrações ingeridas, pode influenciar o metabolismo ao alterar o equilíbrio ácido-base, atrapalhando tolerância à glicose e reduzindo a sensibilidade a insulina (WHO, 1996).

Os surfactantes apresentaram violação em 6 dos 24 municípios investigados, com percentuais totais, no geral, $< 4\%$ de violação. Os surfactantes são conhecidos por sua solubilidade e propriedades de limpeza e, por este motivo, estão na composição de detergentes e outros produtos de limpeza (YING, 2006). Alguns estudos relataram que os surfactantes podem provocar toxicidade sanguínea e irritações na pele e olhos (KARMAN *et al.*, 2006; FUJIII *et al.*, 2007).

A cor aparente apresentou violação em praticamente todos os municípios investigados, com variação entre 0,4% em Bugre a 66% em Fernandes Tourinho, com exceção de Santana do Paraíso. A turbidez apresentou violação em 20 dos 24 municípios investigados, com variação total entre 0,4% em Baixo Guandu e Linhares a 54,8% em São Mateus. Os sólidos dissolvidos totais apresentaram violação em Baixo Guandu, Linhares e Santa Cruz do Escalvado, com percentuais totais $< 2\%$ de violação. Valores elevados de sólidos dissolvidos totais, cor aparente e turbidez nas águas de consumo diminuem a aceitabilidade pela água, o que pode resultar em redução da ingestão de água ou busca de fontes alternativas que podem não ser seguras. Além disso, em níveis elevados, podem levar à coloração de roupas e interferir na eficácia dos processos de tratamento (WHO, 2017).

O cloreto total apresentou violação em Linhares (4,5%), o sódio total em Baixo Guandu (3,9%), Tumiritinga (1,2%) e Linhares (1,3%) e o sulfato total em Baixo Guandu (1,1%) e Mariana (1,2%). O cloreto, de maneira geral, não apresenta toxicidade aos seres humanos, com exceção em casos de deficiência no metabolismo do cloreto de sódio, por exemplo, na insuficiência cardíaca congestiva. A concentração de cloreto em águas para abastecimento público podem provocar um sabor “salgado” na água (CETESB, 2016). O mesmo é válido para o sódio, onde concentração acima de 200 mg/L pode resultar em um gosto não aceitável à (CETESB, 2016). Em relação ao sulfato, elevadas concentrações na água tratada podem provocar efeito laxativo (CETESB, 2016). Na rede de esgoto, se há depósito de matéria orgânica, o sulfato pode ser transformado em sulfeto, sendo que a reação

tem como produto o gás sulfídrico, que pode resultar em problemas de corrosão e odor, além de ser tóxico (CETESB, 2016).

O fluoreto apresentou violação em Naque, Tumiritinga, Governador Valadares e Barra Longa, com percentuais totais < 6% de violação, com exceção de Naque, onde o percentual de violação foi de 20%. O fluoreto após ingerido é retido nos ossos e uma pequena parte nos dentes, e sua eliminação é influenciada pelo estado de saúde e grau de exposição. Concentrações elevadas de fluoreto podem aumentar a incidência da fluorose dentária (CETESB, 2016).

O pH apresentou violação em 13 dos 24 municípios avaliados, com variação total de 0,5% em Resplendor e Tumiritinga a 7,7% em São Mateus. Normalmente, o pH não apresenta impacto para os consumidores, mas é fundamental para garantir a qualidade final da água tratada, especialmente nas etapas de clarificação e desinfecção do tratamento. Além disso, o controle do pH no sistema de distribuição diminui a probabilidade de corrosão dos encanamentos e, conseqüentemente, evita contaminação e efeitos adversos, alterando sabor e cor da água (WHO, 2017).

8 - CONCLUSÕES

O presente relatório apresentou os resultados do PMQACH de junho de 2020 a julho de 2021, sendo considerados 56 pontos ativos, distribuídos em 24 municípios. Dentre os resultados obtidos, destaca-se o total de 30 parâmetros que apresentaram valores em desconformidade aos limites legais aplicáveis. Considerando todos os dados de captação, os parâmetros que apresentaram maiores percentuais de violação foram ferro total, cor aparente, *E. coli*, manganês total e turbidez. Os dados de saída sem tratamento apresentaram como parâmetros mais importantes: cloro residual livre, coliformes totais, *E. coli*, ferro total, cor aparente, manganês total, turbidez e bactérias heterotróficas. Considerando os dados com tratamento de água, os parâmetros mais importantes foram cloro residual livre, coliformes totais, alumínio total e trihalometanos totais. De maneira geral, cloro residual livre apresentou elevados percentuais de violação, sendo o limite superior legal ultrapassado especialmente nos pontos com tratamento e o inferior nos pontos sem tratamento. Coliformes totais e *E. coli* foram detectados de maneira frequente, com redução dos percentuais de violação em pontos com tratamento, mas ainda presentes.

O número de parâmetros desenquadrados, assim como seus percentuais de violação, variou de acordo com o município e o ponto específico, demonstrando a importância não só de fatores regionais como locais. O número de parâmetros em desconformidade variou entre um mínimo de 4 parâmetros em Bugre (um ponto sem tratamento) a 21 parâmetros em Governador Valadares (seis pontos com tratamento). Como exemplo de fatores locais que podem levar a contaminação dos recursos hídricos pode-se citar: deficiências construtivas ou de manutenção dos poços, fonte de poluição pontual próxima ao recurso hídrico utilizado como captação, proximidade com fossas e criação de animais. Os fatores ambientais como processos de infiltração e percolação no solo, transformação das rochas e dos solos e presença de fontes de poluição são determinantes para a qualidade da água e podem variar conforme localidade.

A ausência de cloro residual total e a presença de coliformes totais e de *Escherichia coli* foi evidente em pontos sem tratamento, com expressivo percentual de violações desses parâmetros. Este fato ocorreu tanto para pontos de captação superficial quanto de captação subterrânea. Importante destacar que a ausência de cloro e a presença de organismos microbiológicos não possuem correlações com o rompimento da barragem de Fundão. A contaminação microbiológica também foi observada em pontos com tratamento, mesmo que os percentuais de violação tenham sido reduzidos, demonstrando poluição por efluente sanitário, incluindo vazamentos dos sistemas de esgotamento, ou proximidade com criação de animais. Vale destacar que aquíferos superficiais estão mais susceptíveis a contaminação por infiltração e migração de bactérias e organismos patogênicos através de fossas sépticas ou rudimentares. Em pontos com tratamento, também foi observado elevados percentuais de violação do cloro residual livre, porém, com resultados ultrapassando o limite superior legal. Enquanto a ausência do cloro favorece a contaminação microbiológica, concentrações mais elevadas favorecem a formação de subprodutos indesejados quando há presença de matéria orgânica, como trihalometanos e ácidos haloacéticos, o que, de fato, foi observado em pontos com tratamento. As ocorrências de violação do cloro e de subprodutos tóxicos do processo de cloração, assim como a presença de parâmetros microbiológicos em pontos com tratamento, indicam a necessidade de ajuste operacional na etapa de desinfecção.

De maneira geral, também foram observados percentuais de violação para os metais totais alumínio, ferro e manganês. Apesar de serem constituintes de rejeitos da atividade mineradora, os três elementos apresentam elevada ocorrência natural na bacia do rio Doce. Os elementos apresentaram ocorrência e percentuais de violação bastante variado conforme municípios e pontos monitorados, indicando a importância da litologia regional para a presença destes elementos nos cursos hídricos superficiais e subterrâneos. A presença dos elementos nos pontos com tratamento indica necessidade de ajustes na etapa de coagulação.

As análises estatísticas demonstraram, de maneira geral, ausência de padrões temporais e/ou sazonais nos pontos avaliados. No entanto, foi possível observar uma

influência mais evidente da pluviosidade (sazonalidade) e dos anos amostrados (temporalidade) nos dados de captação em comparação aos dados de saída. Os parâmetros mais fortemente influenciados pela sazonalidade foram os metais, cor aparente e turbidez, enquanto cloro residual livre apresentou uma maior variação ao longo do tempo, demonstrando padrões de redução ou aumento de forma mais frequente.

Os dados demonstram a importância do tratamento para a melhora da qualidade da água, especialmente em relação a contaminação microbiológica, percentual de sólidos representados pela turbidez e cor aparente, assim como para alguns metais, em especial ferro total e manganês total. O atendimento integral aos limites legais de potabilidade pode demandar instalação ou adequação das etapas de tratamento com o objetivo de controlar parâmetros específicos conforme particularidades de cada ponto. Além disso, é indispensável a manutenção e operação adequada dos processos de tratamento, com a manutenção dos filtros, ajustes do pH, dosagens de coagulante e do produto para desinfecção adequadas, com o objetivo de garantir a concentração de cloro residual no sistema e evitar a formação de subprodutos indesejados e a presença de bactérias e organismos patogênicos. Com a adoção dessas medidas pelo poder público é possível reduzir e evitar os potenciais riscos à saúde humana.

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E. C. et al. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó-Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Revista Acta Scientiarum Technology, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.

AMARANENI, S. R. Distribution of pesticides, PAHs and heavy metals in prawn ponds near Kolleru lake wetland, India. Environment international, v. 32, n. 3, p. 294-302, 2006.

BARROS, A. R. B. Remoção de ions metálicos em água utilizando diversos adsorventes. 2001. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

BELZILE, N., CHEN, Y. W., FILELLA, M. Human exposure to antimony: I. Sources and intake. Critical reviews in environmental science and technology, 41(14), 1309-1373. 2011.

BETTEGA, J. M. P. R et al. Métodos analíticos no controle microbiológico de água para consumo humano. Cienc. agrotec. Vol. 30, n.5, pp.950-954. ISSN 1413-7054. 2006.

BLOKKER, M., VREEBURG, J., SPEIGHT, V. Residual chlorine in the extremities of the drinking water distribution system: the influence of stochastic water demands. Procedia Engineering, n. 70, p. 172-180. 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Controle da qualidade da água. 212 p. – (Série B. Textos Básicos de Saúde) ISBN 85-334-1240-1 1. 2006.

CASAGRANDE, J., SARMENTO, R. O uso de modelagem matemática de qualidade de água no controle de cloro residual em sistemas de distribuição. In: Congresso Brasileiro De Engenharia Sanitária E Ambiental, 19. Anais. Foz do Iguaçu, Pr.: ABES, 1997, v. 2.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade das águas subterrâneas no estado de São Paulo. Boletim 2017.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Apêndice E Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem. 2016.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. 2019. Ficha de Informações toxicológicas [Bário]. Acesso em novembro 2021.

CONTE, V. D., COLOMBO, M., ZANROSSO, A. V., SALVADOR, M. Qualidade microbiológica de águas tratadas e não tratadas na região nordeste do Rio Grande do Sul. Infarma, v.16, n.11-12, p. 83-84, 2004.

COTTA, J. A. O., REZENDE, M. O. O., PIOVANI, M. R. Avaliação do teor de metais em sedimento do rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira - PETAR, São Paulo, Brasil. Quim Nova, v.29, n.1, p.40-45, 2006.

DANIEL, L. A. Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. EESC-USP, UFRG, UnB, Unicamp, UFMG. São Carlos, SP. 2001.

DARBRE, P. D. Metalloestrogens: An emerging class of inorganic xenoestrogens with potential to add to the oestrogenic burden of the human breast. Journal of Applied Toxicology, 26, 191–197. 2006.

ECOPLAN-LUME. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce. Volume III - Relatório Final. Junho de 2010.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. Interciência. 1998.

FERREIRA FILHO, S., SAKAGUTI, M. Comportamento cinético do cloro livre em meio aquoso e formação de subprodutos da desinfecção. Eng. Sanit. Ambient. Rio de Janeiro, p. 198-206. abr. 2008.

FOWLER, B. A., GOERING ANTIMONY, P. L., MERIAN, E. (Ed.), Metals and their compounds in the environment, VCH, Weinheim, New York, Basel, Cambridge, 1991.

FUJII, S., et al. New POPs in the water environment: Distribution, bioaccumulation and treatment of perfluorinated compounds-A review paper. Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA, 56: 313-326. 2007.

FUNASA. Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa / Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014. 36 p.

FUNASA. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde. Brasília, 2014.

GEBEL, T., CHRISTENSEN, S., DUNKELBERG, H. Comparative and environmental genotoxicity of antimony and arsenic. Anticancer research, v. 17, n. 4A, p. 2603-2607, 1997.

HAMMEL, W., DEBUS, R., STEUBING, L. Mobility of antimony in soil and its availability to plants. Chemosphere, v. 41, n. 11, p. 1791-1798, 2000.

HÉLLER, L., PÁDUA, V. (Orgs.). Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte, Editora UFMG, 860p. 2006.

HINCKLEY, A., BACHAND, A., REIF, J. Late Pregnancy Exposures to Disinfection By-products and Growth-Related Birth Outcomes. Environmental Health Perspectives. 113:1808-13. 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - Brasil 2002. Disponível em: www.ibge.gov.br, acesso em outubro de 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - Brasil 2010. Disponível em: www.ibge.gov.br, acesso em outubro de 2021.

JEN, M., YAN, A. C. Syndromes associated with nutritional deficiency and excess. Clin Dermatol., v. 28, n. 6, p. 669-85, nov./dez. 2010.

KÄRRMAN, A., et al. Perfluorinated chemicals in relation to other persistent organic pollutants in human blood. Chemosphere, 64(9), 1582-1591. 2006.

KWOK, R. K., KAUFMANN, R. B., JAKARIYA, M. Arsenic in drinking-water and reproductive health outcomes: a study of participants in the Bangladesh Integrated Nutrition Programme. J Health Popul Nutr 2006; 24:190-205.

LATORRACA, T. J. F., FILHO, J. F. P., GOMES, L. A. Análise do desempenho do sistema de impermeabilização basal das células em um aterro sanitário, estudo por meio de dados de monitoramento das águas subterrâneas. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro Oeste, Cuiabá. Mato Grosso, 2007.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 3º ed. Campinas: Editora Átomo, 2010.

LIDSKY, T. L., SCHNEIDER, J. S. Lead neurotoxicity in children: basic mechanisms and clinical correlates, Brain, 126, 2003, 5–19.

LIMA, G. M. D. Desenvolvimento de correlação de formação de ácidos haloacéticos em água contendo substância húmica oxidada com cloro. Mestrado em Tecnologia ambiental. 2014.

LIMA, J. C. A. L. Avaliação do desempenho de dispositivo de desvio das primeiras águas de chuva utilizado em cisternas no semiárido pernambucano. Universidade Federal de Pernambuco. 2012.

MACHADO, R. P., AUGUSTO, R. S., MARTINS, O. A. Análise química da água de nascentes nas cidades de Avaré e Cerqueira César, São Paulo. Revista Eletrônica de Educação e Ciência, 02, 40-44. 2012.

MADEIRA, V. S. Desenvolvimento de um carvão adsorvente para remoção de íons ferro em águas. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química, Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2003. 89 p.

MADZIVHANDILA, V., CHIRWA, E. M. N. Modeling Chlorine Decay in Drinking Water Distribution Systems using Aquasim. Chemical Engineering Transactions, v. 57, p. 1111-1116. 2017.

MARMONTEL, C. V. F., RODRIGUES, V. A. Parâmetros Indicativos para Qualidade da Água em Nascentes com Diferentes Coberturas de Terra e Conservação da Vegetação Ciliar. Floresta e Ambiente, v. 22, n. 2, 2015.

MCCALLUM, R. I. Occupational exposure to antimony compounds. Journal of Environmental Monitoring, v. 7, n. 12, p. 1245-1250, 2005.

MCGREGOR D. B., et al. Evaluation of the carcinogenic risks to humans associated with surgical implants and other foreign bodies – a report of an IARC Monographs Programme Meeting. Eur. J. Cancer., 36: 307-313. 2000.

MEYER, S. T. O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública. Cad. Saúde Públ., Rio de Janeiro, 10, 99-110. 1994.

MICHALKE, B., FERNSEBNER, K. New insights into manganese toxicity and speciation. Journal of trace elements in medicine and biology, v. 28, n. 2, p. 106-116, 2014.

MICHALKE, B., HALBACH, S. NISCHWITZ, V. Speciation and toxicological relevance of manganese in humans. *Journal of Environmental Monitoring*, v. 9, n. 7, p. 650-656, 2007.

MILTON, A. H., et al. Chronic arsenic exposure and adverse pregnancy outcomes in Bangladesh. *Epidemiology* 2005; 16:82-6.

MORUZZI, R. B., REALI, M. A. P. Oxidação E Remoção De Ferro E Manganês Em Águas Para Fins De Abastecimento Público Ou Industrial – Uma Abordagem Geral. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 4, n. 1, p. 29-43, 2012.

NARCISO, M. G., GOMES, L. P. Qualidade da água subterrânea para abastecimento público na Serra das Areias, Aparecida de Goiânia –GO. *Revista Técnica da Sanepar, Curitiba*, v. 21, n.21, p. 4-18, 2004.

OHHEA. Office of Environmental Health Hazard Assessment California Environmental Protection Agency. Public health goal of hexavalent chromium in drinking water. Corrected portions of draft PHG document for hexavalent chromium 2010. January 25, 2011.

PAN, J., et al. Cadmium levels in Europe: implications for human health. *Environmental geochemistry and health*, v. 32, n. 1, p. 1-12, 2010.

PARRON, M. P., MUNIZ, D. H. F., PEREIRA, C. M. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Florestas. ISSN 1980-3958, Documentos 232, Colombo – PR. 2011.

PAULL, B., BARRON, L. Using ion chromatography to monitor haloacetic acids in drinking water: a review of current technologies. *Journal of Chromatography A*, v.1046, p.1– 9, 2004.

PEIXOTO, F. S., SILVEIRA, R. N. M. C. Bacia hidrográfica: tendências e perspectivas da aplicabilidade no meio urbano. *Revista Brasileira de Geografia Física, Recife*, v. 10, n. 3, p. 840 - 853, 2017.

PIERART, A. et al. Antimony bioavailability: knowledge and research perspectives for sustainable agricultures. *Journal of hazardous materials*, v. 289, p. 219-234, 2015.

QIN, H. et al. The bioavailability of selenium and risk assessment for human selenium poisoning in high-Se areas, China. *Environment international*, v. 52, p. 66-74, 2013.

RICHARDSON, S. D., et al. Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: a review and roadmap for research. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, v. 636, n. 1-3, p. 178-242, 2007.

RICHTER, C. A., AZEVEDO NETO, J. M. Tratamento de água: tecnologia atualizada. São Paulo: Edgard Blucher, 1991.

ROCCARO, P., et al. Removal of manganese from water supplies intended for human consumption: a case study. *Desalination*, v. 210, n. 1-3, p. 205-214, 2007.

RONDEAU, V., et al. Relation between aluminum concentrations in drinking water and Alzheimer's disease: an 8-year follow-up study. *American journal of epidemiology*, v. 152, n. 1, p. 59-66, 2000.

ROSALINO, M. R. R. Potenciais efeitos da presença de alumínio na água de consumo humano. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa. Novembro 2011.

SALES, A. E. T. Estudos da Balneabilidade das Praias Urbanas do Município de Natal durante o ano de 2005: Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária. UFRGN. Rio Grande do Norte, 2005.

SANTOS, S. M., GOUVEIA, N. Presença de trihalometanos na água e efeitos adversos na gravidez. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 14, p. 106-119, 2011.

SARIN, P. et al. Iron release from corroded iron pipes in drinking water distribution systems: effect of dissolved oxygen. *Water research*, v. 38, n. 5, p. 1259-1269, 2004.

SAXENA, D. K. et al. Fetoplacental-maternal uptake of hexavalent chromium administered orally in rats and mice. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, v. 45, n. 3, p. 430-435, 1990.

SCHIRMER, M., LESCHIK, S., MUSOLFF. Current research in urban hydrogeology – A review. *Advances in Water Resources* 51, p. 280–291. 2013.

SECO, B. M. S., BURGOS, T. N., PELAYO, J. S. Avaliação bacteriológica das águas de bebedouros do campus da Universidade Estadual de Londrina –PR. *Semina cienc. biol. saúde*. 33(2):193-200. 2012.

SEILKOP, S. K., OLLER, A. R. Respiratory cancer risks associated with low-level nickel exposure: an integrated assessment based on animal, epidemiological, and mechanistic data. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, v. 37, n. 2, p. 173-190, 2003.

SILVA, B. H. L., MELO, B. H. E. Trihalometanos em água potável e riscos de câncer: simulação usando potencial de interação e transformações de bäcklund. *Química Nova*, 38, 309-315. 2015.

SILVA, R. S. B. et al. Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de influência do Lixão de Salinópolis, PA. *Ambiente e Água*, 13, e207. 2018.

SLY, L. I., HODGKINSON, M. C., ARUNPAIROJANA, V. Deposition of manganese in a drinking water distribution system. *Applied and environmental microbiology*, v. 56, n. 3, p. 628-639, 1990.

SMITH, A. H. Commentary: Hexavalent Chromium, Yellow Water, and Cancer a Convolutad Saga. *Epidemiology*, p. 24-26, 2008.

SMITH, A. H., STEINMAUS, C. M. Health effects of arsenic and chromium in drinking water: recent human findings. Annual review of public health, v. 30, p. 107-122, 2009.

STERN, A. H. A quantitative assessment of the carcinogenicity of hexavalent chromium by the oral route and its relevance to human exposure. Environ Res 110:798–807. 2010.

TOMINAGA, M. Y., MIDIO, A. F. Exposição humana a trihalometanos presentes em água tratada. Rev. Saúde Pública, 33, 413-21, 1999.

US EPA. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). The Integrated Risk Information System (IRIS) Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office, Cincinnati, OH. 1992.

US EPA. U.S. Environmental Protection Agency (online). Drinking Water Contaminants. Last updated on Tuesday, November 26th, 2002.

VIEIRA, R. H. S. F., OLIVEIRA, R. A. Avaliação do grau de contaminação fecal da água e do camarão sossego (*Macrobrachium jelskii*), na Lagoa Parangaba (Fortaleza, Ceará). Higiene Alimentar, v. 15, n. 85, p. 61-64, 2001.

VILLANUEVA, C. M., KOGEVINAS, M., GRIMALT, J. O. Cloración del agua potable y efectos sobre la salud: revisión de estudios epidemiológicos. Med. Clin., v. 117, p. 27–35, 2001.

VILLAR, P. C. As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise. Ambiente e Sociedade, 19, 83-102. 2016.

VIOLA, Z. G. G., BARBOSA, F. A. R., ALMEIDA, K. C. B. Avaliação dos indicadores de qualidade de água para subsidiar propostas de conservação e manejo da bacia do rio doce em minas gerais – Brasil. Interfaces Científicas – Saúde e Ambiente, 5, 51-64. 2016.

VON EHRENSTEIN, O. S., et al. Pregnancy outcomes, infant mortality, and arsenic in drinking water in West Bengal, India. *Am J Epidemiol.* 163(7):662-9. 2006.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3.ed. Belo Horizonte: UFMG/ Departamento de Engenharia Sanitária, 2005. v.1, 452p.

WAALKES, M. P. Cadmium carcinogenesis. *Mutation Research*, 533, 107–120. 2003.

WHO. World Health Organization. Arsenic and arsenic compounds. Geneva: International Programme on Chemical Safety; 2001.

WHO. World Health Organization. Cadmium: Environmental aspect, environmental health criteria, 135. Geneva: 1992.

WHO. World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality. 2011.

WHO. World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality. 1996.

WHO. World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality. 2017.

YAMAGUCHI, M. U., et al. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá-PR. *O mundo da saúde*, 37(3), 312-320. 2013.

YING, G. Fate, behavior and effects of surfactants and their degradation products in the environment. *Environment international*, v. 32, n. 3, p. 417-431, 2006.

ZHANG, C. et al. Effect of pipe materials on chlorine decay, trihalomethanes formation, and bacterial communities in pilot-scale water distribution systems. *International Journal of Environmental Science and Technology*, v. 14, n. 1, p. 85-94, 2017.