



ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA

ESTRUTURA DE CONTENÇÃO A JUSANTE (ECJ) - BARRAGEM
FORQUILHAS E GRUPO - MINA DE FÁBRICA, NO MUNICÍPIO DE
ITABIRITO, MG.

CL-HC-1085-EIA-003-VOL-II

OUTUBRO | 2022





VOLUMES

O Estudo de Impacto Ambiental da Estrutura de Contenção de Jusante Fábrica é composto por 6 (seis) volumes, sendo este documento o VOLUME II, que consiste nas informações que compõem o diagnóstico ambiental do meio físico, apresentando informações sobre o clima, a qualidade do ar, ruído, geologia, geomorfologia, espeleologia, recurso hídricos e qualidade das águas.

Volume I	Introdução
	Localização e acessos
	Legislação ambiental
	Identificação do empreendedor e da empresa de consultoria
	Estudo de alternativas locacionais e tecnológicas
	Caracterização da intervenção
	Referências
Volume II	Diagnóstico Ambiental do Meio Físico
	Área de Estudo do Meio Físico
	Clima e Meteorologia
	Qualidade do Ar
	Ruído Ambiental
	Geologia
	Geomorfologia
	Hidrogeologia
	Espeleologia
	Recursos Hídricos e Qualidade das Águas Superficiais
	Recursos Hídricos e Qualidade das Águas Subterrâneas
	Referências
Volume III	Diagnóstico Ambiental do Meio Biótico
	Área de Estudo do Meio Biótico
	Flora regional
	Flora local
	Fauna Terrestre e Biota Aquática
	Referências
Volume IV	Diagnóstico Ambiental do Meio Socioeconômico
	Área de Estudo
	Contextualização Regional
	Contextualização Local
	Propriedades
	Caracterização das comunidades ao entorno
	Análise Integrada do Diagnóstico Ambiental
	Referências



Volume V	Serviços Ecosistêmicos Associados à Vegetação Nativa
	Passivos Ambientais
	Avaliação de Impactos
	Definição das Áreas de Influência
	Programas de Mitigação, Monitoramento, Compensação e Recuperação
	Prognóstico Ambiental
	Conclusão
	Equipe Técnica
Volume VI	Anexos



ÍNDICE

5	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	9
5.1	Meio Físico	9
5.1.1	Área de Estudo do Meio Físico	9
5.1.2	Clima e Meteorologia	11
5.1.3	Qualidade do Ar.....	17
5.1.4	Ruído Ambiental e Vibração	22
5.1.5	Geologia	34
5.1.6	Geomorfologia e Pedologia	43
5.1.7	Espeleologia.....	53
5.1.8	Recursos Hídricos e Qualidade das Águas Superficiais	63
5.1.9	Recursos Hídricos e Qualidade das Águas Subterrâneas.....	121



LISTA DE FIGURAS

Figura 5-1 - Área de Estudo do Meio Físico.....	10
Figura 5-2 - Classificação climática de Koppen-Geiger.....	13
Figura 5-3 - Comportamento das temperaturas médias, entre os anos de 1991 e 2020 (Belo Horizonte) e 2006 a 2010 (Ouro Branco).....	15
Figura 5-4 - Variação da precipitação mensal acumulada e dos índices médios de umidade Atmosférica.....	16
Figura 5-5 - Rosa dos ventos com dados da estação de Ouro Preto/MG	17
Figura 5-6 - Localização da Estrutura de Contenção e áreas acessórias (Total, 2020)	20
Figura 5-7 - Gráfico da Concentração de Partículas Totais em Suspensão (PTS) nos pontos P01 a P04.	21
Figura 5-8 - Média Geométrica Anual da medição de Partículas Totais em Suspensão (PTS).	21
Figura 5-9 - Monitoramento de Ruído no Ponto 02.....	24
Figura 5-10 - Monitoramento de Ruído no Ponto 03.....	24
Figura 5-11 - Monitoramento de Ruído no Ponto 04.....	24
Figura 5-12 - Localização dos pontos de monitoramento de Ruído Ambiental- CCR Fábrica – São Gonçalo do Bação / MG.	25
Figura 5-13 - Monitoramento de Vibração no Ponto 02.	26
Figura 5-14 - Monitoramento de Vibração no Ponto 03.	26
Figura 5-15 - Monitoramento de Vibração no Ponto 04.	26
Figura 5-16 - Dados do monitoramento de ruído no período diurno em todos os pontos.	28
Figura 5-17 – Dados do monitoramento de ruído no período noturno em todos os pontos.	28
Figura 5-18 - Gráfico de comparação de não conformidade dos resultados do monitoramento de ruídos.	30
Figura 5-19 - Gráficos do monitoramento de vibração realizado de nov/21 a jun/22. Fonte: CLAM, 2022.	34
Figura 5-20 - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero.	36
Figura 5-21 - Localização da ECJ da mina de Fábrica no contexto do QF.....	37
Figura 5-22 - Mapa Geológico.....	38
Figura 5-23 - Domínios Geomorfológicos na área de estudo.	45
Figura 5-24 - Mapa hipsométrico da área de estudo	46
Figura 5-25 - Mapa de declividade da área de estudo.....	47
Figura 5-26 - Classes de Solos da área de estudo.	49
Figura 5-27 - Perfil de Cambissolo Háplico (Arraial do Cabo, RJ), Fonte: EMBRAPA, 2018.....	50
Figura 5-28 - Perfil de Neossolo Litólico (Caracol, MS), Fonte: EMBRAPA, 2018.	51
Figura 5-29 - Perfil de Latossolo Vermelho-Amarelo (Rio Paranaíba, MG), Fonte: EMBRAPA, 2018.	52



Figura 5-30 - Delimitação da Área de Avaliação Espeleológica (AAE).....	55
Figura 5-2 - Potencial espeleológico conforme CECAV/IDE-SISEMA-MG e cavidade registrada mais próxima conforme CANIE (CECAV, 2022).....	56
Figura 5-3 - Posição do projeto em avaliação, em relação aos parâmetros das informações de prospecções espeleológicas.....	57
Figura 1-4 - Avaliação de potencial espeleológico com base em variáveis de relevo.	59
Figura 5-5 - Unidade geomorfológica Quadrilátero Oeste e unidade espeleológica Quadrilátero Ferrífero-Conceição. O empreendimento é indicado pelo ponto preto. Fonte: Oliveira et al. (2011).....	60
Figura 5-31 - Mapa de bacia hidrográfica.....	64
Figura 5-32 - Pontos de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais.....	69
Figura 5-33 - Amostragem de águas superficiais no Ponto 03.....	70
Figura 5-34 - Amostragem de águas superficiais no Ponto 04.....	70
Figura 5-35 - Amostragem de águas superficiais no Ponto 05.....	70
Figura 5-36 - Gráfico dos resultados das análises de temperatura em águas superficiais.	71
Figura 5-37 - Gráfico dos resultados das análises de pH em águas superficiais	72
Figura 5-38 - Gráfico dos resultados das análises de cor verdadeira em águas superficiais.	72
Figura 5-39 - Gráfico dos resultados das análises de turbidez em águas superficiais	73
Figura 5-40 - Gráfico dos resultados das análises de alcalinidade em águas superficiais.....	73
Figura 5-41 - Gráfico dos resultados das análises de dureza em águas superficiais	74
Figura 5-42 - Gráfico dos resultados das análises de condutividade elétrica (<i>in situ</i>) em águas superficiais.	75
Figura 5-43 - Gráfico dos resultados das análises de sólidos dissolvidos totais em águas superficiais 75	
Figura 5-44 - Gráfico dos resultados das análises de oxigênio dissolvido (<i>in situ</i>) em águas superficiais	76
Figura 5-45 - Gráfico dos resultados das análises da demanda bioquímica de oxigênio em águas superficiais	77
Figura 5-46 - Gráfico dos resultados das análises de sólidos suspensos totais em águas superficiais ..	78
Figura 5-47 - Gráfico dos resultados das análises de sólidos sedimentáveis em águas superficiais	78
Figura 5-48 - Gráfico dos resultados das análises de fósforo total em águas superficiais.	79
Figura 5-49 - Gráfico dos resultados das análises de nitrogênio total em águas superficiais	80
Figura 5-50 - Gráfico dos resultados das análises de nitrogênio amoniacal em águas superficiais	81
Figura 5-51 - Gráfico dos resultados das análises de nitrito em águas superficiais	81
Figura 5-52 - Gráfico dos resultados das análises de nitrato em águas superficiais	81
Figura 5-53 - Gráfico dos resultados das análises de alumínio dissolvido em águas superficiais	83
Figura 5-54 - Gráfico dos resultados das análises de arsênio total em águas superficiais.	84
Figura 5-55 - Gráfico dos resultados das análises de chumbo total em águas superficiais	84
Figura 5-56 - Gráfico dos resultados das análises de ferro dissolvido em águas superficiais	85
Figura 5-57 - Gráfico dos resultados das análises de manganês total em águas superficiais	85



Figura 5-58 - Gráfico dos resultados das análises de zinco total em águas superficiais	86
Figura 5-59 - Amostragem de sedimentos no Ponto 03.....	100
Figura 5-60 - Amostragem de sedimentos no Ponto 04.....	100
Figura 5-61 - Amostragem de sedimentos no Ponto 05.....	100
Figura 5-62 - Pontos de Monitoramento de Qualidade dos Sedimentos.....	101
Figura 5-63 - Gráfico dos resultados das análises de arsênio total em sedimentos.....	102
Figura 5-64 - Gráfico dos resultados das análises de cádmio total em sedimentos.....	103
Figura 5-65 - Gráfico dos resultados das análises de chumbo total em sedimentos	103
Figura 5-66 - Gráfico dos resultados das análises de cobre total em sedimentos	104
Figura 5-67 - Gráfico dos resultados das análises de cromo total em sedimentos	105
Figura 5-68 - Gráfico dos resultados das análises de mercúrio total em sedimentos	105
Figura 5-69 - Gráfico dos resultados das análises de níquel total em sedimentos	106
Figura 5-70 - Gráfico dos resultados das análises de zinco em sedimentos.....	106
Figura 5-71 - Pontos de Monitoramento de Qualidade dos Solos.....	112
Figura 5-72 - Amostragem de solos no Ponto 03.....	113
Figura 5-73 - Amostragem de solos no Ponto 04.....	113
Figura 5-74 - Gráfico dos resultados das análises de antimônio em solos	114
Figura 5-75 - Gráfico dos resultados das análises de arsênio em solos.....	114
Figura 5-76 - Gráfico dos resultados das análises de cromo em solos.....	115
Figura 5-77 - Gráfico dos resultados das análises de cobalto em solos	115
Figura 5-78 - Gráfico dos resultados das análises de níquel em solos	116
Figura 5-79 - Mapa de domínios hidrogeológicos	122



LISTA DE TABELAS

Tabela 5-1 – Estações climatológicas	11
Tabela 5-2 - Parâmetros climatológicos obtidos da Estação Climatológica Belo Horizonte e Estação Ouro Branco (1991-2020).....	14
Tabela 5-3 - Padrões da qualidade do ar estabelecidos na Resolução CONAMA n° 491/2018.	18
Tabela 5-4 - Rede de monitoramento da qualidade do ar	19
Tabela 5-5 - Quantidade de medições por ano em cada um dos pontos de monitoramento de qualidade do ar	21
Tabela 5-6 - Limites dos níveis de ruídos de pressão sonora contínuos equivalentes, pondera em A, R _{LAeq} , estabelecidos na ABNT NBR 10.151:2019	22
Tabela 5-7 - Limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas de Frequência.	23
Tabela 5-8 - Localização dos pontos de monitoramento de ruído ambiental.	24
Tabela 5-9 - Localização dos pontos de monitoramento de vibração.	26
Tabela 5-10 - Análise de conformidade para os pontos de monitoramento de ruídos.	29
Tabela 5-11 - Resultados do monitoramento de vibração realizado no período diurno.	30
Tabela 5-12 - Resultados do monitoramento de vibração realizado no período noturno.	31
Tabela 5-13 - Resultados do monitoramento de vibração realizado de nov/21 a jun/22.....	32
Tabela 5-14 - Unidades Territoriais Estratégicas (UTE's) do Alto do Rio das Velhas.....	65
Tabela 5-15 - Pontos de monitoramento de qualidade das águas superficiais – Bacia do rio das Velhas.	68
Tabela 5-16 - Valores Máximos Permitidos para Nitrogênio Amoniacal em relação ao pH obtido.	80
Tabela 5-17 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P03	87
Tabela 5-18 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P04	90
Tabela 5-19 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P05	94
Tabela 5-20 - Pontos de monitoramento de sedimentos – Bacia do rio das Velhas.....	99
Tabela 5-21 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P03 (sedimentos).....	107
Tabela 5-22 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P04 (sedimentos).....	108
Tabela 5-23 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P05 (sedimentos).....	109
Tabela 5-24 - Pontos de monitoramento de solos – Bacia do rio das Velhas.	111
Tabela 5-25 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento - P03 (solos)	116
Tabela 5-26 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P04 (solos)	118



5 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

5.1 MEIO FÍSICO

5.1.1 Área de Estudo do Meio Físico

Para definição da área de estudo dos atributos do meio físico, considerou-se, além dos arranjos topográficos e das linhas de interflúvios, o atendimento aos preceitos legais conforme a Resolução CONAMA 01/86, que indica a utilização de bacias hidrográficas para delimitação de áreas com potencial influência pelos impactos.

A Estrutura de Contenção de Jusante (ECJ) está localizada na sub-bacia hidrográfica do rio Itabirito, portanto, esta foi definida como área de estudo dos atributos do meio físico, a qual é caracterizada fortemente pela atividade industrial, pelas atividades minerárias, pela expansão das atividades imobiliárias e implantação de infraestrutura viária. Além disso, a atividade agropecuária e o crescente aporte de sedimentos e esgotos sem tratamento, despejados diretamente nos cursos de água, vêm alterando a qualidade das águas desta importante sub-bacia do rio das Velhas. Os principais cursos d'água da bacia em questão são o rio Itabirito, o ribeirão Mata Porcos, ribeirão do Silva, córrego do Mango e ribeirão Bação.

A sub-bacia do rio Itabirito se encontra na região fisiográfica denominada como Alto Rio das Velhas, estando também localizado na unidade territorial do Subcomitê da Bacia Hidrográfica do Rio Itabirito (SCBH rio Itabirito), vinculado ao Comitê da Bacia Hidrográfica do rio das Velhas. (CBH Rio das Velhas, 2016).

Na respectiva área, avaliou-se de forma criteriosa a possibilidade de propagação dos impactos do empreendimento, objeto desse estudo, de forma que a malha amostral dos monitoramentos ambientais estivesse contida nessa. Foram utilizados os dados de hidrografia disponíveis no banco de Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema); consultas as cartas topográficas Rio Acima do IBGE - Folha SF-23-X-A-III-1 (IBGE, 1986), Itabirito - Folha SF-23-X-A-III-3 (IBGE, 1977), Ouro Preto - Folha SF-23-X-A-III-4 (IBGE, 1977); e ferramentas de geoprocessamento para a delimitação da área, apresentada no mapa da Figura 5-1.

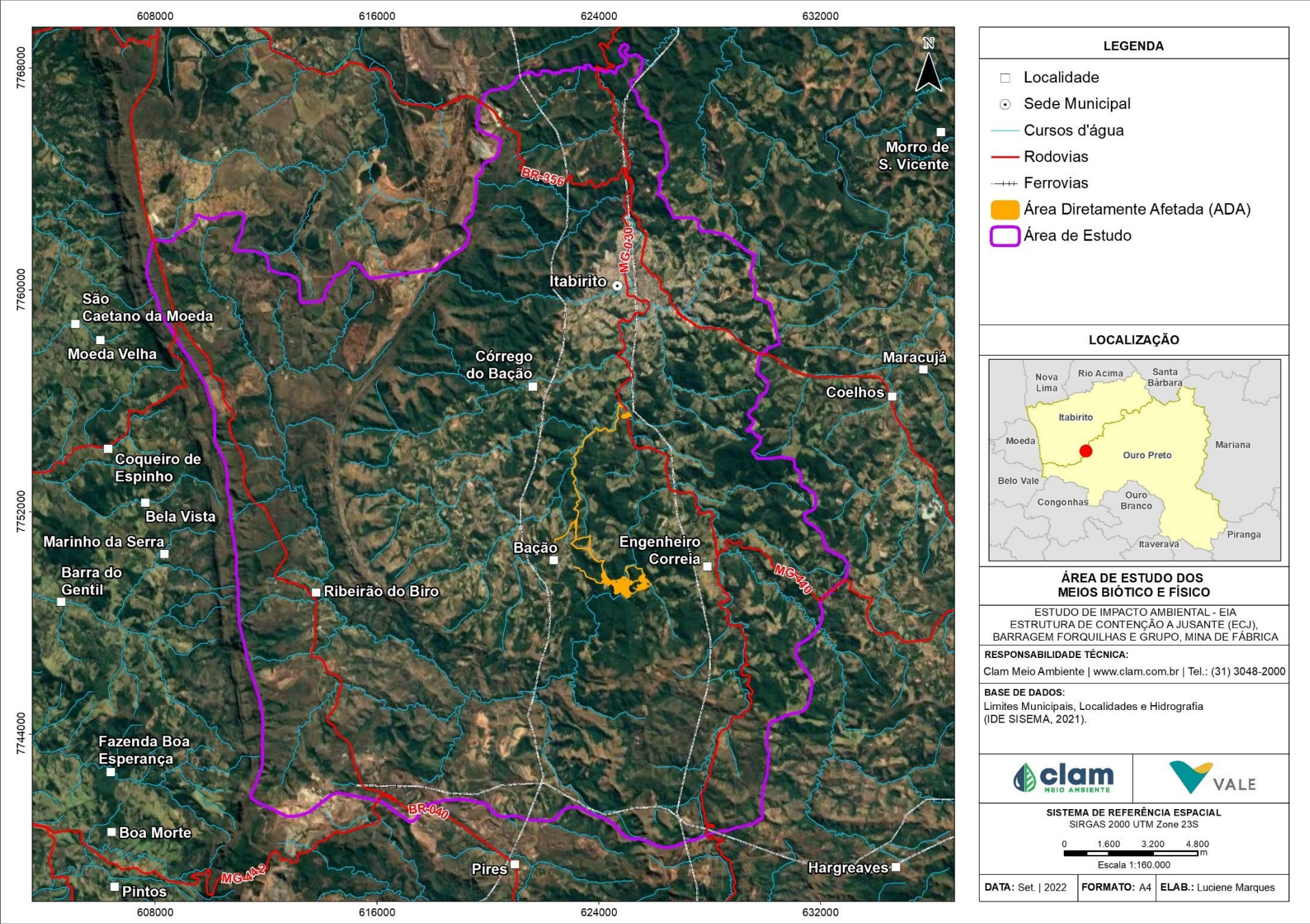


Figura 5-1 - Área de Estudo do Meio Físico



5.1.2 Clima e Meteorologia

5.1.2.1 Metodologia

A Área de Estudo está situada entre os municípios de Itabirito e Ouro Preto, no estado de Minas Gerais. Nos respectivos municípios não existem estações climatológicas que possuem médias de dados climatológicos calculadas para períodos consecutivos de 30 anos, que são as Normais Climatológicas definidas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM).

Segundo a definição do INMET, as normais climatológicas são valores médios de variáveis meteorológicas calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas e representa as características médias do clima em um determinado local (INMET, 2022).

Para a caracterização do clima foram utilizados dados que compreendem o período entre os anos de 1991 e 2020 da estação climatológica Belo Horizonte (83587), distante à aproximadamente 48 km da ECJ Fábrica, operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Além disso, para obtenção do gráfico da rosa dos ventos, foram utilizados os dados da estação de Fábrica, em Ouro Preto/MG. De forma complementar, também foram considerados os dados de precipitação mensal acumulada e temperatura média compensada do período entre 2006 e 2010 da estação meteorológica Ouro Branco (código A513), também operada pelo INMET (CLAM, 2022). As informações das respectivas estações estão apresentadas na Tabela 5-1.

Tabela 5-1 - Estações climatológicas

Nome	Código	Município	Coordenadas Geográficas		Responsável	Período de Dados
			Latitude	Longitude		
Belo Horizonte	83587	Belo Horizonte - MG	-19.934379	-43.952291	INMET	1991 a 2020
Fábrica		Ouro Preto - MG	-20.418547	-43.875806	Vale	2018 a 2020
Ouro Branco	A513	Ouro Branco - MG	-20.556593	-43.756222	INMET	2006 a 2010

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (<https://portal.inmet.gov.br/normais>); CLAM (2022).

5.1.2.2 Caracterização

O clima mineiro é fortemente influenciado pelo relevo, em que variações na altitude contribuem expressivamente para a formação de microclimas locais, expressos em valores de temperatura e umidade diferentes daqueles encontrados em áreas relativamente próximas (ÁVILA *et al.*, 2014). Exemplo disso é a ocorrência de clima mais ameno em áreas mais elevadas do que em áreas de menor altitude (MARTINS *et al.*, 2018). A diferença de tipos climáticos em Minas Gerais também ocorre em função da variação espacial e temporal da precipitação, a qual é influenciada pelo sistema de Monção Sul-Americana (MSA), de forma



que o inverno é seco e o verão é chuvoso (REBOITA *et al.*, 2015).

Para a classificação climática da área de estudo, foi utilizado a Classificação de Köppen-Geiger que é um sistema de classificação global dos tipos climáticos. Essa classificação é baseada no pressuposto, com origem na fitossociologia e na ecologia, de que a vegetação natural de cada grande região da Terra é essencialmente uma expressão do clima nela prevalecente. Assim, as fronteiras entre regiões climáticas foram selecionadas para corresponder, tanto quanto possível, às áreas de predominância de cada tipo de vegetação, razão pela qual a distribuição global dos tipos climáticos e a distribuição dos biomas apresenta elevada correlação. Na determinação dos tipos climáticos é considerada a sazonalidade, além dos valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da precipitação. Os tipos climáticos são simbolizados por duas ou três letras. A primeira letra indica a zona climática, sendo definida pela temperatura do mês mais frio e precipitação. A segunda considera a distribuição sazonal da precipitação e a terceira considera a variação sazonal da temperatura do mês mais quente.

A predominância no estado de Minas Gerais é dos climas Aw (tropical com estação seca de inverno), Cwa (subtropical úmido com inverno seco e verão quente) e Cwb (subtropical úmido com inverno seco e verão temperado) (Martins, Gonzaga, Santos, & Reboita, 2018), conforme apresentado no mapa da Figura 5-2, sendo que a classificação na área de estudo (AE) é caracterizada pelo clima Cwb.

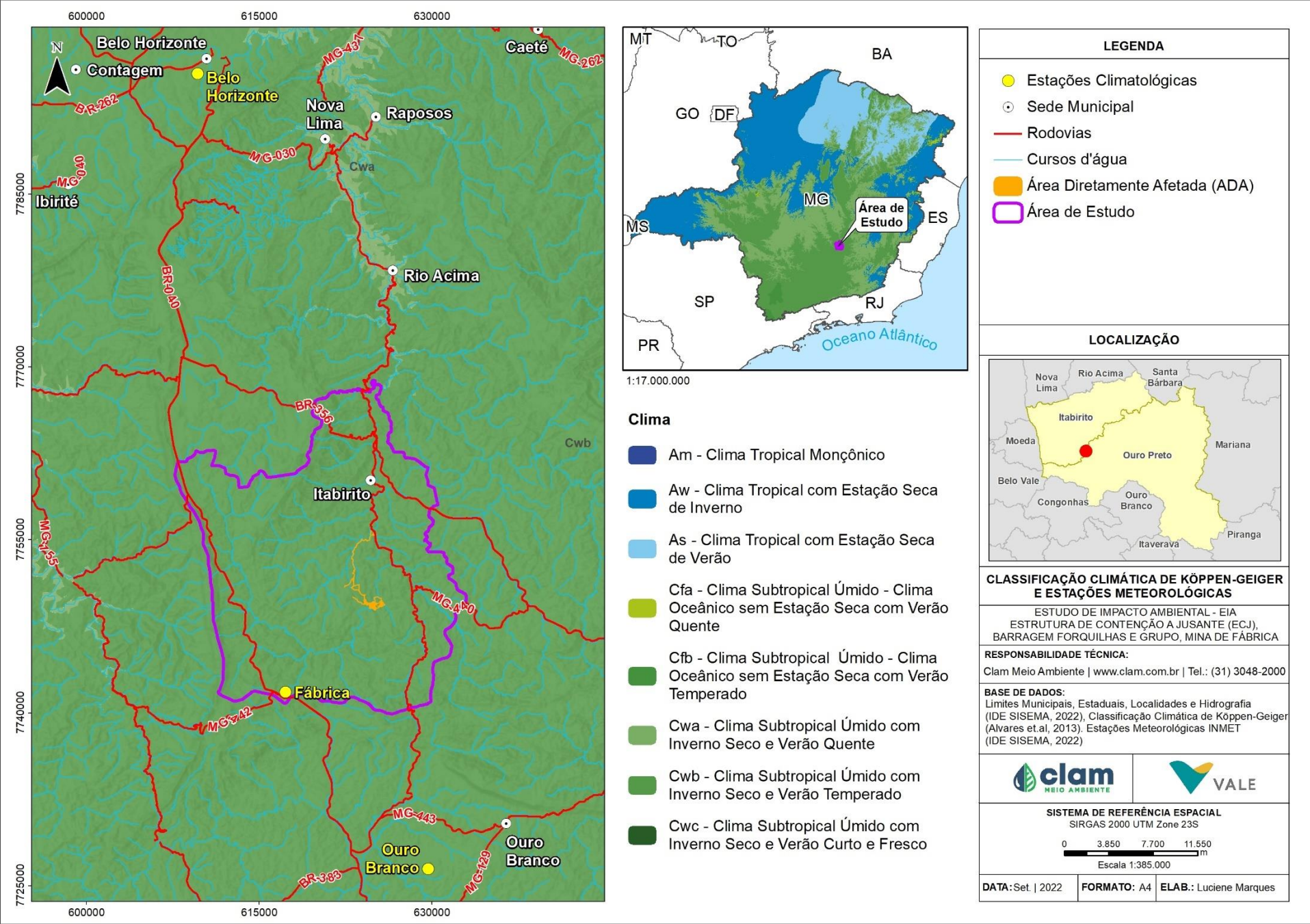


Figura 5-2 - Classificação climática de Köppen-Geiger.



5.1.2.3 Análise dos Dados Disponíveis

Com relação aos dados obtidos das estações climatológicas mais próximas à área de estudo, a Tabela 5-2 apresenta os valores mensurados para os seguintes parâmetros: temperatura (média compensada, mínima e máxima), umidade relativa do ar e precipitação mensal acumulada.

Tabela 5-2 - Parâmetros climatológicos obtidos da Estação Climatológica Belo Horizonte e Estação Ouro Branco (1991-2020)

Mês	Temperatura Média Compensada (°C)		Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)	Precipitação Mensal Acumulada (mm)	
	Belo Horizonte	Ouro Branco	Belo Horizonte	Belo Horizonte	Belo Horizonte	Belo Horizonte	Ouro Branco
Janeiro	23,7	21,2	20	28,7	69,3	330,9	298,7
Fevereiro	24	21,6	20,2	29,1	66,2	177,7	170,8
Março	23,5	21,4	19,8	28,4	68,6	197,5	216,0
Abril	22,6	19,8	18,8	27,6	66,3	82,3	88,3
Mai	20,6	17,8	16,6	25,7	64,3	28,1	19,4
Junho	19,6	16,6	15,4	24,9	62,6	11,4	13,3
Julho	19,4	17,2	15,2	24,9	58,4	5,4	3,9
Agosto	20,5	18,0	15,8	26,3	54,0	10,6	10,3
Setembro	22	19,2	17,4	27,9	55,3	49,2	51,2
Outubro	23	20,2	18,8	28,7	59,9	110,1	153,2
Novembro	22,7	20,4	18,9	27,7	68,5	236,0	246,2
Dezembro	23,3	21,0	19,5	28,2	71,0	339,1	289,9
Média anual	22,1*	19,5*	18*	27,3*	63,7*	1578,3**	1561,2**

(*) Média anual (**) Precipitação anual

Considerando os dados da estação meteorológicas de Belo Horizonte, no período de 1991 a 2020, é possível observar que as maiores temperatura foram registradas nos meses de outubro, dezembro, janeiro, fevereiro e março com 28,7 °C, 28,2 °C, 28,7 °C, 29,1 °C e 28,4 °C, respectivamente. Um padrão de comportamento similar pode ser observado nos valores mensurados pela estação de Ouro Branco, onde as maiores temperaturas ocorrem de outubro a março. As menores temperaturas foram observadas entre junho e agosto, com médias mínimas mensais de 15,4 °C, 15,2 °C e 15,8 °C, respectivamente. As temperaturas médias mínimas da estação Ouro Preto foram registradas nos meses de junho e julho.

A variabilidade anual da temperatura local pode ser considerada relativamente baixa, conforme atestam os valores de amplitude térmica, que variam de 4,6 °C (TMED) com os dados da estação Belo Horizonte e 5 °C conforme resultados da estação Ouro Branco. Esse comportamento reflete a tropicalidade do clima local, conforme o gráfico da Figura 5-3.

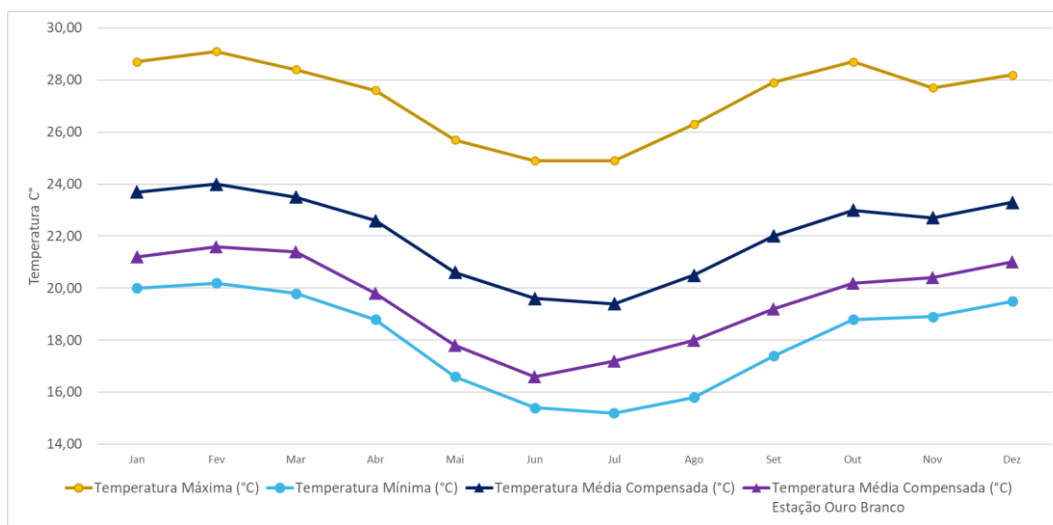


Figura 5-3 - Comportamento das temperaturas médias, entre os anos de 1991 e 2020 (Belo Horizonte) e 2006 a 2010 (Ouro Branco)

Com relação à precipitação, conforme os dados apresentados na Figura 5-4, o período das maiores chuvas ocorre entre os meses de novembro a março. Por outro lado, nos meses de junho a agosto, devido à baixa atividade convectiva, os valores totais acumulados não ultrapassam a 14 mm. A região fica sob a ação do Anticiclone do Atlântico Sul, induzindo um período de seca bem característico. Os meses de abril e outubro são definidos como períodos de transição, sendo abril, do chuvoso para seco, com índices médios mensais de aproximadamente 80 a 90 mm, e outubro, do seco para o chuvoso, quando começam as primeiras chuvas, com índices médios mensais de 110 e 150 mm. Em relação às precipitações, é notável a semelhança no comportamento das precipitações em ambas as estações analisadas, reforçando a tropicalidade do clima local.

O índice médio anual da umidade relativa do ar é de 63,70 %, sendo que o mês de dezembro supera os 70,0%. Já os meses de julho, agosto, setembro e outubro apresentam os menores índices, 58,4%, 54%, 55,3 e 59,9%, respectivamente. A Figura 5-4 apresenta os valores de precipitação mensal acumulada em relação à variação da umidade relativa do ar ao longo do ano.

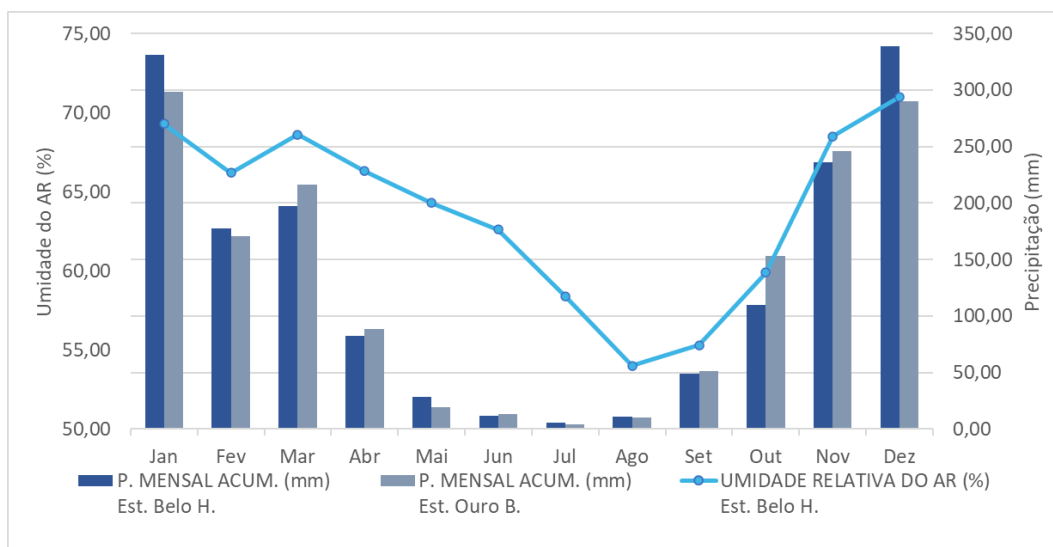


Figura 5-4 - Variação da precipitação mensal acumulada e dos índices médios de umidade Atmosférica

5.1.2.4 Rosa dos Ventos

Os ventos, ou deslocamentos de ar, são originados pela diferença de gradiente de pressão atmosférica. A direção do vento é bastante variável no tempo e no espaço, em função da situação geográfica, rugosidade da superfície, relevo, vegetação e estação do ano. Em associação com a estabilidade atmosférica e o perfil vertical de temperatura do ar, os ventos agem diretamente sobre a dispersão dos poluentes atmosféricos.

A avaliação das movimentações de ar foi realizada por meio dos dados disponibilizados pela FEAM (estação de Fábrica, em Ouro Preto/MG), utilizando-se os anos de 2018 a 2020 como referência para elaboração da rosa dos ventos. A Figura 5-5 mostra o produto gerado, com as estatísticas sobre o vento, reunidas ao longo do tempo. Essas medições incluem velocidade do vento, direção e frequência.

De acordo com a imagem, o centro do gráfico, representa um posicionamento da estação, sendo os ventos detectados no referido ponto. O tamanho deste círculo representa também a quantidade de ventos calmos registrados, quanto maior o círculo, maior a frequência de calmaria. Na região em estudo, 0,04% dos ventos são calmos, como mostra a legenda da rosa dos ventos da Figura 5-5. O tamanho das barras (pétalas) que irradiam do centro representa a direção de origem do vento, sendo o tamanho destas barras indicativos da frequência dos ventos oriundos desta direção. As maiores barras estão na região norte, ou seja, os ventos que tem contato direto com a estação meteorológica vêm do sentido norte.

As cores das barras (pétalas) são indicativos da velocidade do vento, conforme a legenda na parte inferior à direita da rosa dos ventos. Dentro do referido estudo da região, observa-se a predominância de velocidade na faixa de 0,5 a 2,1 m/s, atingindo ainda a faixa de 2,1 a 3,6 m/s. Há, também, registros de ventos com velocidades de 3,6 a 5,7 m/s, podendo, em menos frequência, atingir a faixa de velocidade de 5,7 a 8,8 m/s.

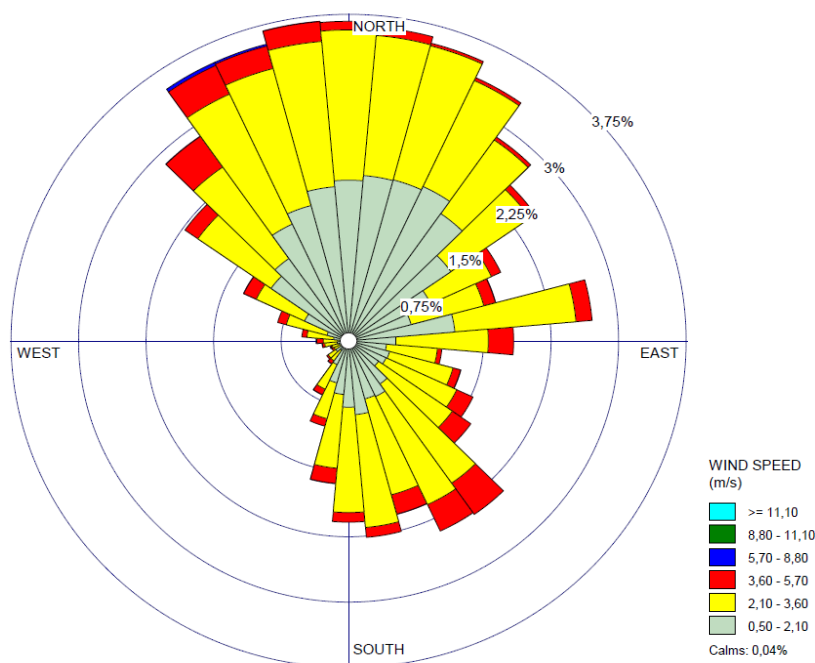


Figura 5-5 - Rosa dos ventos com dados da estação de Ouro Preto/MG

5.1.3 Qualidade do Ar

Durante as obras de construção da ECJ Fábrica foi implementado o programa de qualidade do ar tendo em vista a movimentação e operação de veículos em vias não pavimentadas, movimentação de terra e execução de obras, que poderiam implicar na geração de material particulado que, eventualmente, poderiam acarretar problemas à saúde da população como o agravamento de problemas respiratórios.

A qualidade do ar pode ser alterada tanto por fatores naturais (queimadas, atividades vulcânicas, entre outras formas) quanto artificiais (atividades industriais, queima de combustíveis fósseis), e componentes como topografia, condições climáticas e meteorológicas, são fatores que podem contribuir para maior ou menor dispersão de poluentes na área.

Dessa forma, a Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, que dispõe sobre os padrões de qualidade do ar, classifica-se poluente atmosférico como:

“qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade”.

O padrão de qualidade do ar define legalmente as concentrações máximas permitidas quanto



a emissão de um componente gasoso na atmosfera, de modo a garantir a proteção da saúde e do bem-estar das pessoas. Os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são estabelecidos em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada.

As Partículas Totais em Suspensão (PTS) possuem diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 50 µm, sendo que parte delas são inaláveis e outras podem causar prejuízos à qualidade estética, visibilidade e às atividades cotidianas da população. A Tabela 5-3 apresenta os padrões de qualidade do ar conforme definidos na Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018.

Tabela 5-3 - Padrões da qualidade do ar estabelecidos na Resolução CONAMA nº 491/2018.

Parâmetro	Período de referência	PF (mg/m³)
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas	240
	Anual ¹	80

(1) Média Geométrica Anual (MGA).

Para a amostragem dos parâmetros em campo, os equipamentos devem estar em conformidade com as diretrizes a seguir:

- ABNT – NBR 9547/1997: Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente – Determinação da concentração Total pelo Método do Amostrador de Grande Volume;
- ABNT – NBR 13.412/1995 – Material Particulado em Suspensão na Atmosfera - Determinação da Concentração de Partículas Inaláveis pelo Método Amostrador de Grande Volume Acoplado a um Separador Inercial de Partículas.

5.1.3.1 Metodologia

Para o monitoramento da qualidade do ar foram amostradas Partículas Totais em Suspensão (PTS) em 4 locais, com frequência semanal ou mensal, entre out/2019 e jun/2022, conforme mostra a Tabela 5-4, que detalha as informações de medições para cada um dos pontos. A localização espacial desses pontos pode ser visualizada na Tabela 5-4. Para todos os monitoramentos foi utilizado o equipamento AGV-Hi-Vol (Amostrador de Grande Volume de Ar).



Tabela 5-4 - Rede de monitoramento da qualidade do ar

Ponto	Descrição	Coordenadas SIRGAS 2000 (Zona 23S)		Parâmetro	Frequência	Período de Monitoramento
		E	N			
P01	Engenho	625877	7749395	PTS	Mensal	Janeiro/2020 a abril/2021
P02	Fazenda	624376	7754906		Mensal	Janeiro/2020 a julho/2021
P03	Sítio	623267	7754298		Mensal	Janeiro/2020 a julho/2021
P04	São Gonçalo do Bação	622745	7750450		Semanal e Mensal	Outubro/2019 a janeiro/2020; Fevereiro/2020 a junho/2022

5.1.3.2 Resultados

No gráfico da Figura 5-7 estão apresentados os resultados do monitoramento da qualidade do ar dos pontos P01, P02, P03 e P04, e a média anual para cada um dos pontos é mostrada na Figura 5-8, sendo que a quantidade de medições utilizadas para a geração da média se encontra na Tabela 5-5.

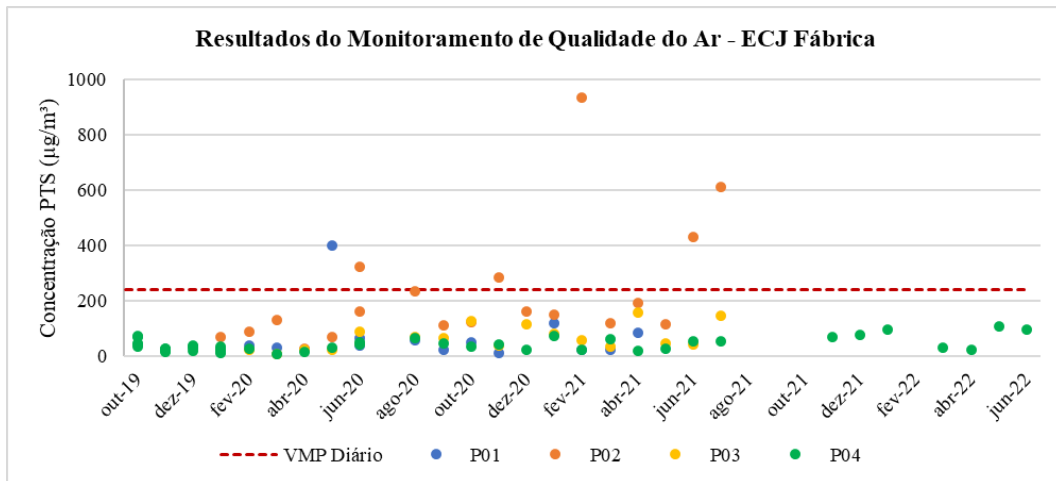


Figura 5-7 - Gráfico da Concentração de Partículas Totais em Suspensão (PTS) nos pontos P01 a P04.

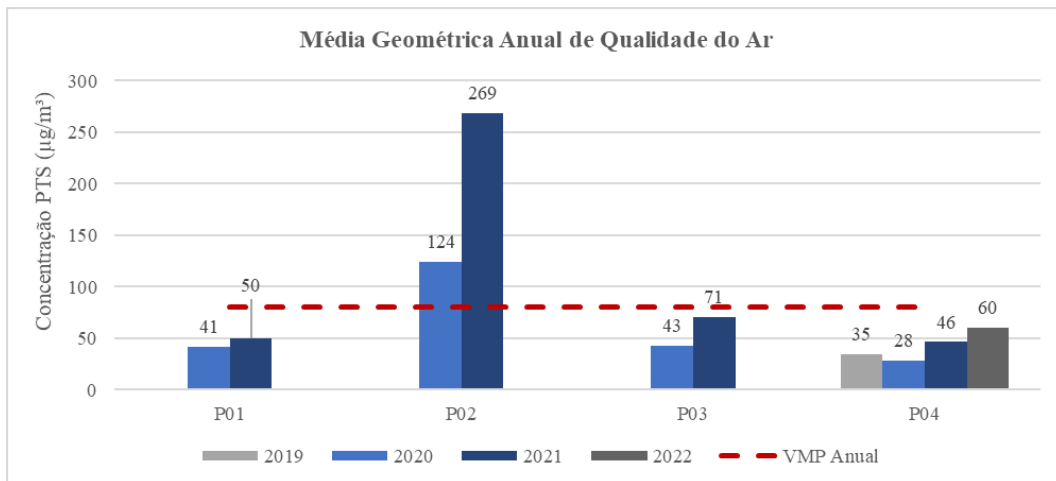


Figura 5-8 - Média Geométrica Anual da medição de Partículas Totais em Suspensão (PTS).

Tabela 5-5 - Quantidade de medições por ano em cada um dos pontos de monitoramento de qualidade do ar

Ponto	2019	2020	2021	2022
P01	-	11	4	-
P02	-	12	7	-
P03	-	12	7	-
P04	10	16	9	5



De acordo com os dados apresentados, observa-se que todos os resultados apresentaram padrões em conformidade com os limites diários de Partículas Totais em Suspensão preconizados pela Resolução CONAMA 491/2018, com exceção de uma medição para o P01 e cinco medições para o P02. Os resultados do P03 e P04 estiveram abaixo dos limites de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (diário) e $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (anual) em todas as medições.

No P01 foi identificada uma não conformidade na análise realizada em maio/20, com concentração de $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e os valores acima do limite para o P02 variaram de $287 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nov/20) a $934 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (fev/21). Apesar do resultado diário para o P01, a média anual esteve abaixo do limite estabelecido na legislação, o que não ocorreu para o P02, que obteve concentrações médias anuais acima do limite nos dois anos de amostragem. No entanto, ressalta-se que a média realizada para o ano de 2021 considerou apenas 7 meses, devido à interrupção das medições no P02 em julho/21.

5.1.4 Ruído Ambiental e Vibração

O Monitoramento de Ruído Ambiental deve ser realizado em conformidade a Resolução CONAMA nº 01, de 08 de março de 1990, que determina que sejam atendidos os critérios estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, em sua norma técnica NBR 10.151/2019.

A Norma ABNT NBR 10.151, de 31 de maio de 2019 – “*Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, visando o Conforto da Comunidade*”, é aplicável para ruídos emitidos em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, sendo considerado recomendável padrões de ruído para conforto acústico. Os limites de níveis de pressão sonora apresentados na Tabela 5-6 são estabelecidos pela referida legislação em função dos tipos de áreas e do período do dia.

Tabela 5-6 - Limites dos níveis de ruídos de pressão sonora contínuos equivalentes, pondera em A, R_{LAeq} , estabelecidos na ABNT NBR 10.151:2019

Tipos de áreas habitadas	R_{LAeq} (dB)	
	Período diurno	Período noturno
Área de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Entende-se por área mista, aquelas ocupadas por dois ou mais tipos de uso do solo, sejam elas residencial, comercial, de lazer, turismo, industrial etc.



Na Legislação Estadual de Minas Gerais (Lei nº 7.302, de 21 de julho de 1978, com as devidas alterações processadas pela Lei nº 10.100, de 17 de janeiro de 1990), os limites de nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A (LAeq, T), são de 70 dB no período diurno, e 60 dB no período noturno. Caso o LAeq, T medido do som residual em um intervalo de tempo (T), acrescido de 10 dB, seja inferior aos limites citados, o RL_{Aeq, T} deverá ser equivalente ao LAeq, T residual, acrescido de 10 dB.

A norma ABNT NBR 10.151/2019 estabelece ainda:

- Procedimento para medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes externos às edificações, em áreas destinadas à ocupação humana, em função da finalidade de uso e ocupação do solo;
- Procedimento para medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes internos às edificações provenientes de transmissão sonora aérea ou de vibração da edificação, ou ambos;
- Procedimento para avaliação de som total, específico e residual;
- Procedimento para avaliação de som tonal, impulsivo, intermitente e contínuo.

No Brasil o monitoramento de vibração deve ser avaliado a partir da comparação com os limites estabelecidos na norma ABNT - NBR 9.653/2018 - “*Guia Para Avaliação dos Efeitos Provocados Pelo Uso de Explosivos nas Minerações em Áreas Urbanas*”, transcritos na Tabela 5-7. Essa norma estabelece limites para a velocidade de vibração de partícula de pico acima dos quais podem ocorrer danos induzidos por vibrações do terreno.

Tabela 5-7 - Limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas de Frequência.

Faixa de Frequência (Hz)	Limite de velocidade de Vibração de partículas de Pico (PPV)
4 a 15	Iniciando em 15, aumenta linearmente até 20 mm/s
15 a 40	Acima de 20, aumentando linearmente até 50 mm/s
Acima de 40	0 mm/s

Nota: Para valores de frequência abaixo de 4Hz, deve ser utilizado como limite o critério de deslocamento de partícula de pico máximo 0,6 mm (de zero a pico).

Fonte: ABNT NBR 9.653/2018.

5.1.4.1 Metodologia

Os monitoramentos de ruído e vibração foram realizados pela empresa ECOAR Meio Ambiente, entre ago/2019 e jul/21, durante as obras de construção da ECJ Fábrica, e pela empresa CLAM Engenharia de nov/21 a junho/2022, com o objetivo avaliar os níveis de ruído e os níveis de vibração durante as obras.

5.1.4.1.1 Monitoramento de Ruído Ambiental

O monitoramento de ruídos foi realizado em 4 pontos, na localidade de São Gonçalo do Bação, com campanhas mensais no período diurno e noturno, conforme descrição na Tabela 5-8. Estes

pontos foram determinados pela proximidade de residências às obras da estrutura de concreto rolado (CCR), e foram selecionados baseado na sensibilidade em relação aos possíveis ruídos gerados pelas atividades de implantação. As fotos do monitoramento de ruídos podem ser vistas nas Figura 5-9 a Figura 5-11, que mostram a medição de julho/2021, sendo que na data não houve medição do P01. A espacialização dos pontos de monitoramento pode ser vista no mapa da Figura 5-12.

A área foi classificada como “Área mista, predominantemente residencial”, sendo os resultados comparados ao limite diurno de 55 dB e noturno de 50 dB.

Tabela 5-8 - Localização dos pontos de monitoramento de ruído ambiental.

Ponto	Descrição	Coordenadas UTM/ Datum - SIRGAS 2000, 23S	
		E (m)	N (m)
P01	Engenho	625.877	7.749.395
P02 (R-03)	Nas proximidades da Fazenda Velha	624.482	7.754.936
P03 (R-02)	Nas proximidades da Fazenda Nova	623.226	7.754.152
P04 (R-01)	Pracinha do Distrito de Bação	622.745	7.750.453



Figura 5-9 - Monitoramento de Ruído no Ponto 02.

Fonte: ECOAR, 2021.



Figura 5-10 - Monitoramento de Ruído no Ponto 03.

Fonte: ECOAR, 2021.



Figura 5-11 - Monitoramento de Ruído no Ponto 04.

Fonte: ECOAR, 2021

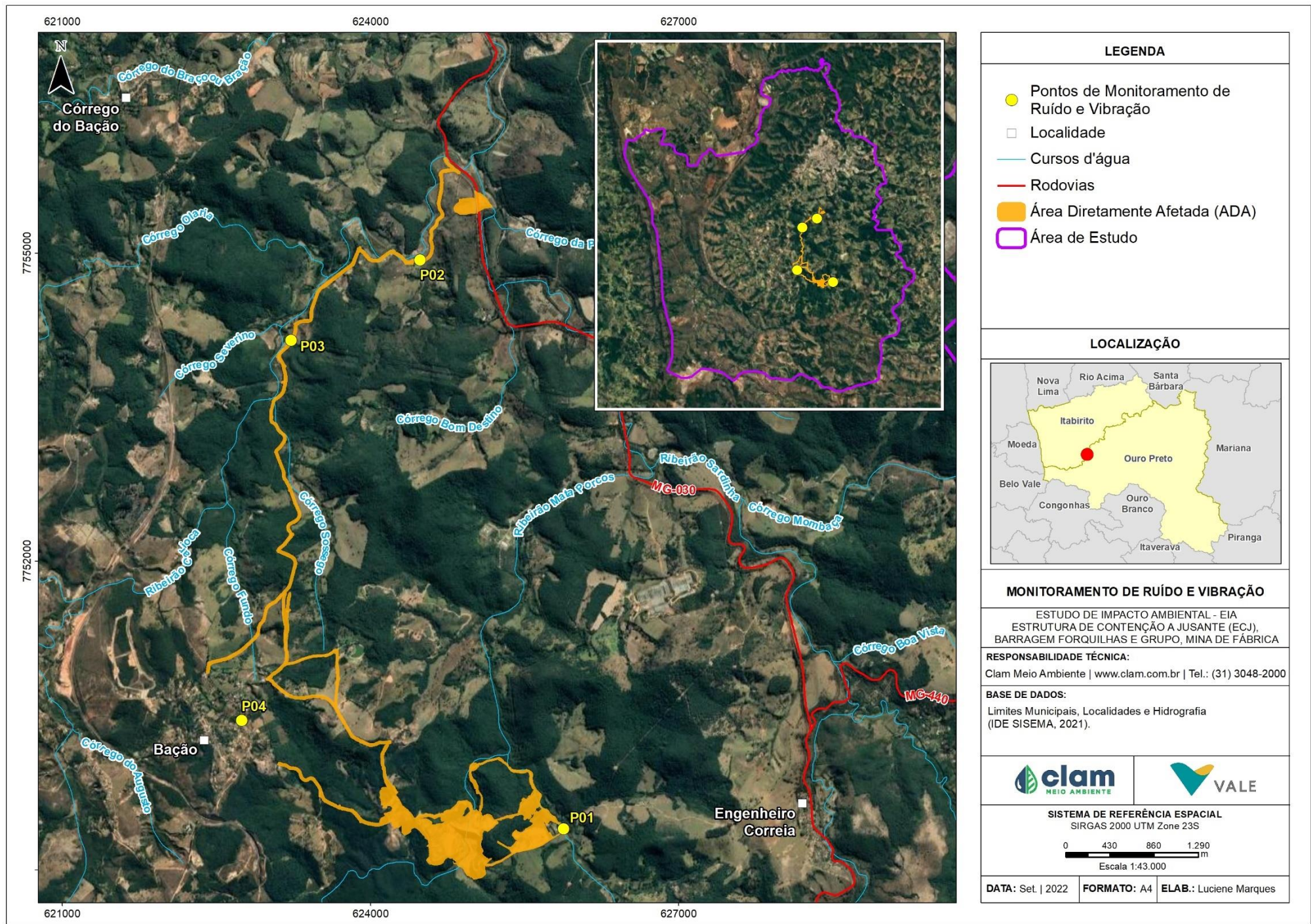


Figura 5-12 - Localização dos pontos de monitoramento de Ruído Ambiental- CCR Fábrica – São Gonçalo do Bação / MG.

5.1.4.1.2 Monitoramento de Vibração

O monitoramento de ruídos foi realizado nos mesmos 4 pontos, onde foi monitorado ruído, com campanhas diárias no período diurno e noturno, conforme descrição na Tabela 5-9. As fotos do monitoramento de vibração são ilustradas por meio das Figura 5-13 a Figura 5-15 e a espacialização dos pontos de monitoramento foi apresentada no mapa da Figura 5-12.

Tabela 5-9 - Localização dos pontos de monitoramento de vibração.

Ponto	Descrição	Datum WGS 1984, UTM 23S	
		E	N
P01	Engenho	625.877	7.749.395
P02	Nas proximidades da Fazenda Velha	624.482	7.754.936
P03	Nas proximidades da Fazenda Nova	623.226	7.754.152
P04	Pracinha do Distrito de Bação	622.745	7.750.453

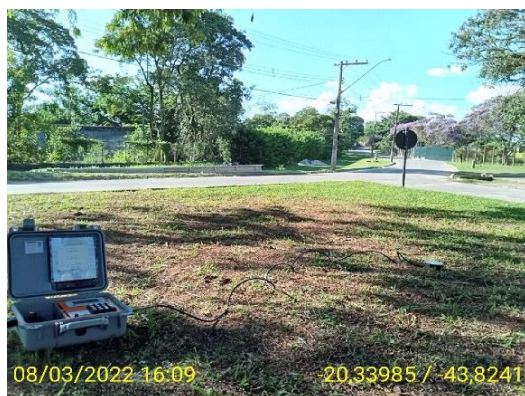


Figura 5-13 - Monitoramento de Vibração no Ponto 02.

Fonte: CLAM, 2022.

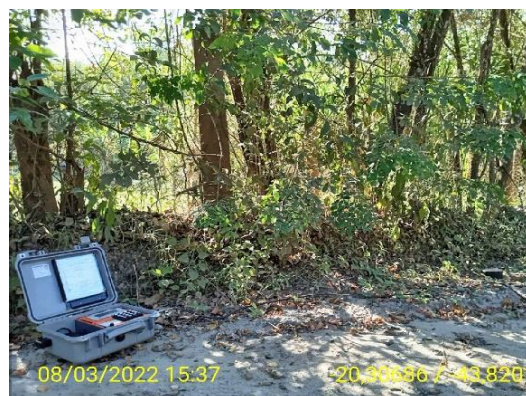


Figura 5-14 - Monitoramento de Vibração no Ponto 03.

Fonte: CLAM, 2022.



Figura 5-15 - Monitoramento de Vibração no Ponto 04.

Fonte: CLAM, 2022.



Métodos de Análise e Equipamentos Utilizados para os monitoramentos de ruído e de vibração

No ponto de monitoramento foram feitas medições ininterruptas de Níveis de Pressão Sonora (NPS), com um tempo de amostragem de 15 minutos, objetivando caracterizar o ruído na área de estudo e verificar sua compatibilidade ou não com a norma (conforme NBR 10.151, o tempo de amostragem deve ser determinado de forma a ser suficiente para caracterizar o ruído da área).

As medições de NPS foram efetuadas a fim de registrar os níveis sonoros equivalentes contínuos, na curva de ponderação “A”, de um em um segundo, durante todo o intervalo de medição. As amostragens foram programadas para operar em resposta fast (rápida).

Conforme previsto pela ABNT NBR 10.151, as medições foram procedidas em pontos afastados aproximadamente 1,2 metros do piso e pelo menos dois metros de distância das superfícies refletoras tais como muros, paredes, dentre outras.

As medições de ruído foram procedidas com análise estatística dos dados, considerando, dentre outros parâmetros, o LAeq (nível de ruído equivalente ponderado na curva A).

O áudio de todo o período do monitoramento é gravado pelo sonômetro, de modo a subsidiar as discussões dos resultados.

Em campo, foram retiradas fotos dos procedimentos de medição permitindo uma melhor visualização do equipamento posicionado. As fichas utilizadas para anotação no local constam com uma descrição geral dos principais acontecimentos no momento da medição, facilitando assim, a caracterização dos ruídos presentes na área de estudo. Os dados coletados em campo foram tratados com o software dBTrait que é eficiente no pós-processamento dos dados acústicos, vibratórios e meteorológicos provenientes dos principais sistemas de aquisição 01dB: DUO, FUSION, CUBE, ORION, dB4 associado com dBTrig (CLAM, 2022).

5.1.4.2 Resultados

5.1.4.2.1 Monitoramento de Ruído Ambiental

A determinação de valores de ruído ambiental foi realizada a fim de caracterizar as possíveis influências sonoras provenientes do empreendimento nas áreas não pertencentes à sua delimitação. Os níveis de pressão sonora equivalente (LAeq) obtidos para os períodos diurno e noturno são apresentados nos gráficos das Figura 5-16 e Figura 5-17.

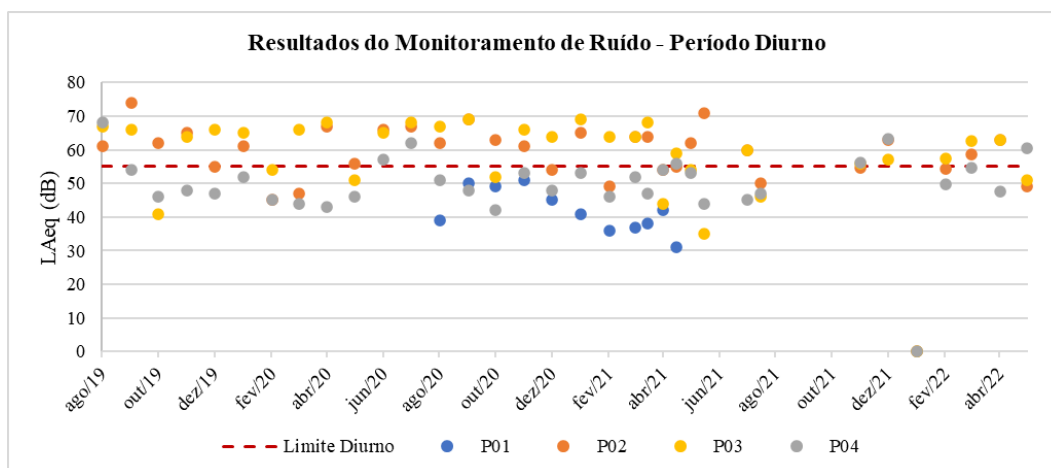


Figura 5-16 - Dados do monitoramento de ruído no período diurno em todos os pontos.

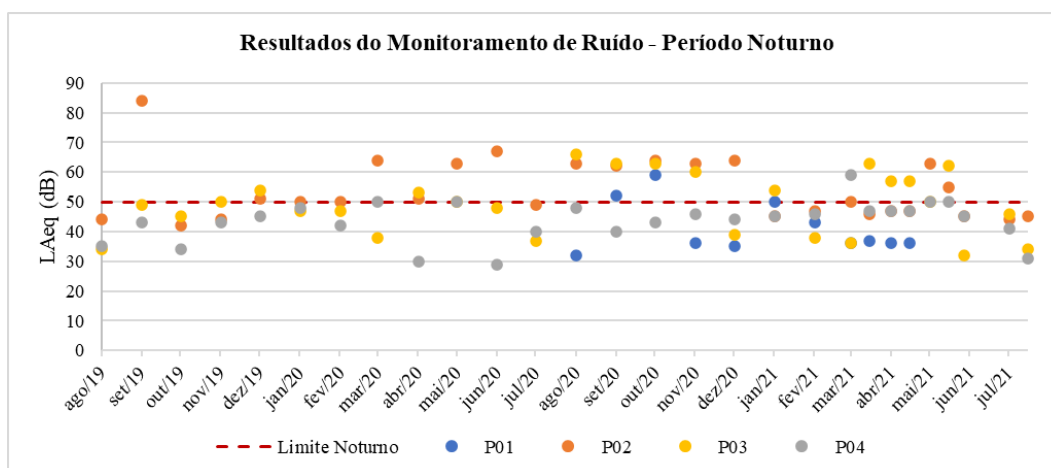


Figura 5-17 – Dados do monitoramento de ruído no período noturno em todos os pontos.

Os gráficos apresentados indicam que a maioria dos resultados para os pontos P01 e P04, tanto no período diurno quanto no período noturno, estiveram abaixo dos limites máximos de 55 dB (diurno) e 50 dB (noturno), estabelecidos pela ABNT NBR 10151:2019. Para o período diurno, o P01 apresentou 100% de resultados abaixo do Valor Máximo Permitido (VMP), a maior porcentagem para o período, sendo que os resultados variaram de 31 a 51 dB. Já o P04 obteve 76,47% dos valores abaixo do limite de 55 dB, com variação de 42 a 68 dB quando analisadas as medições realizadas no período.

De forma similar, no período noturno o P01 apresentou 90,91% de resultados conformes, sendo o maior nível de ruído de 59 dB. O P04 teve 96,43% de dados em conformidade com a legislação, com variação de 29 dB a 59 dB no período noturno.

Em contrapartida, as menores porcentagens de níveis de ruídos em conformidade com a legislação foram encontradas para o P02 e P03 no período diurno, que obtiveram 32,35% e 23,53%, respectivamente. A variação percebida em ambos os pontos foi de 45 a 74 dB no P02 e de 35 a 69 dB no P03. Já para o período noturno estes locais apresentaram 64,29% (P02) e 71,43% (P03) de resultados abaixo do limite de 50 dB, estabelecido na ABNT NBR



10151:2019, com valores mínimos de 42 e 84 dB e máximos de 32 e 66 dB, respectivamente no P02 e P03.

Durante as amostragens foram observados sons intrusivos: interferências sonoras aleatórias ao objetivo de medição. Tais sons foram removidos das medições de modo que o tempo total e tempo de integração são distintos nos pontos em que foram registradas tais interferências. Não foram observados sons impulsivos relacionados ao empreendimento. Vale ressaltar que não foram detectados sons tonais advindos das obras da CCR no período de novembro/21 a junho/22.

A Tabela 5-10 evidencia as quantidades totais de dados levantados e as porcentagens de Não Conformidades (NC) podem ser vistas nos gráficos da Figura 5-18.

Tabela 5-10 - Análise de conformidade para os pontos de monitoramento de ruídos.

		P01	P02	P03	P04
Período Diurno	Quantidade de amostragens	11	34	34	34
	Quantidade de Não Conformidades	0	23	26	8
	% Não Conformidades	0,00	67,65	76,47	23,53
Período Noturno	Quantidade de amostragens	11	28	28	28
	Quantidade de Não Conformidades	1	10	8	1
	% Não Conformidades	9,09	35,71	28,57	3,57

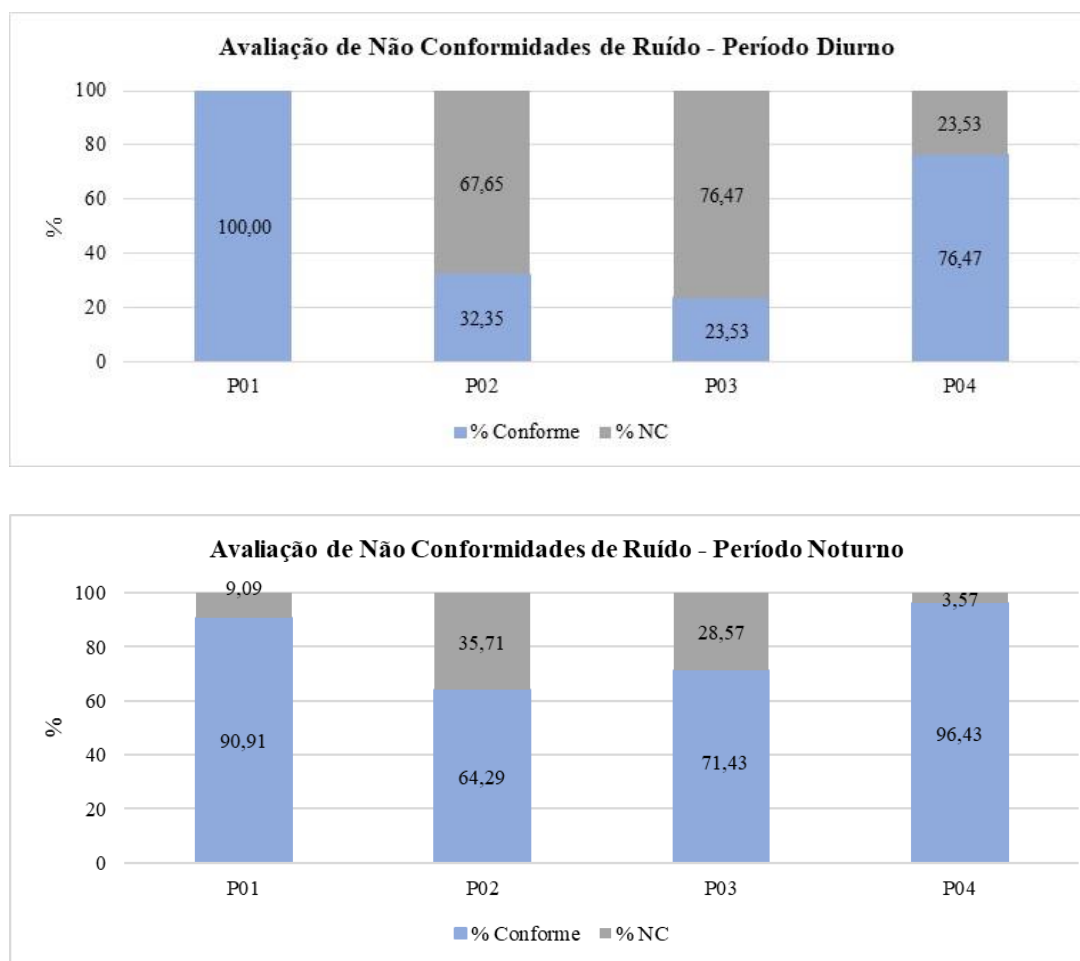


Figura 5-18 - Gráfico de comparação de não conformidade dos resultados do monitoramento de ruídos.

5.1.4.2.2 Monitoramento de Vibração

Os resultados obtidos para o monitoramento de vibração realizado pela empresa ECOAR Meio Ambiente, entre ago/2019 e jul/21, são apresentados nas Tabela 5-11 e Tabela 5-12, e os resultados do monitoramento realizado entre nov/21 e jun/22 pela CLAM Engenharia são mostrados na Tabela 5-13 e no gráfico da Figura 5-19.

Tabela 5-11 - Resultados do monitoramento de vibração realizado no período diurno.

Mês	Ano	Velocidade de Partícula (mm/s)			
		P01	P02	P03	P04
Agosto	2019	-	0,307	1,151	0,200
Setembro	2019	-	0,200	0,804	0,200
Outubro	2019	-	0,200	0,200	0,200
Novembro	2019	-	0,206	0,230	0,200
Dezembro	2019	-	0,200	0,200	0,200



Mês	Ano	Velocidade de Partícula (mm/s)			
		P01	P02	P03	P04
Janeiro	2020	-	0,200	0,200	0,200
Fevereiro	2020	-	0,302	0,270	0,200
Março	2020	-	0,200	0,200	0,200
Abril	2020	-	0,749	0,820	0,000
Mai	2020	-	0,544	0,520	0,200
Junho	2020	-	0,236	0,631	0,127
Julho	2020	-	0,300	0,378	0,127
Agosto	2020	0,127	0,560	0,552	0,127
Setembro	2020	0,127	0,397	0,365	0,127
Outubro	2020	0,127	0,127	0,127	0,127
Novembro	2020	0,127	0,127	0,127	0,127
Dezembro	2020	0,127	0,127	0,825	0,127
Janeiro	2021	0,127	0,504	0,560	0,127
Fevereiro	2021	0,127	0,127	0,127	0,127
Março	2021	0,127	0,127	0,127	0,127
Abril	2021	0,127	0,127	0,127	0,127
Mai	2021	0,127	0,127	0,127	0,127
Junho	2021	-	0,497	0,127	0,127

Fonte: Consórcio Minas Mais, 2021.

Tabela 5-12 - Resultados do monitoramento de vibração realizado no período noturno.

Mês	Ano	Velocidade de Partícula (mm/s)			
		P01	P 02 - Fazenda	P 03 - Sítio	P01
Agosto	2019	-	0,200	0,200	0,200
Setembro	2019	-	1,324	0,670	0,200
Outubro	2019	-	0,200	0,200	0,200
Novembro	2019	-	0,317	0,286	0,200
Dezembro	2019	-	0,200	0,200	0,200
Janeiro	2020	-	0,200	0,200	0,200
Fevereiro	2020	-	0,200	0,200	0,200
Março	2020	-	0,552	0,200	0,200
Abril	2020	-	0,200	0,200	0,000
Mai	2020	-	0,363	0,434	0,200
Junho	2020	-	0,307	0,127	0,127
Julho	2020	-	0,449	0,127	0,127
Agosto	2020	0,127	0,528	0,397	0,127



Mês	Ano	Velocidade de Partícula (mm/s)			
		P01	P 02 - Fazenda	P 03 - Sítio	P01
Setembro	2020	0,127	0,127	0,127	0,127
Outubro	2020	0,127	0,127	0,127	0,127
Novembro	2020	0,127	0,127	0,127	0,127
Dezembro	2020	0,127	0,127	0,127	0,127
Janeiro	2021	0,127	0,127	0,363	0,127
Fevereiro	2021	0,127	0,127	0,402	0,127
Março	2021	0,127	0,127	0,127	0,127
Abril	2021	-	0,127	0,127	0,127
Maiο	2021	-	0,127	0,441	0,127
Junho	2021	-	0,127	0,127	0,127
Julho	2021	-	0,127	0,127	0,127

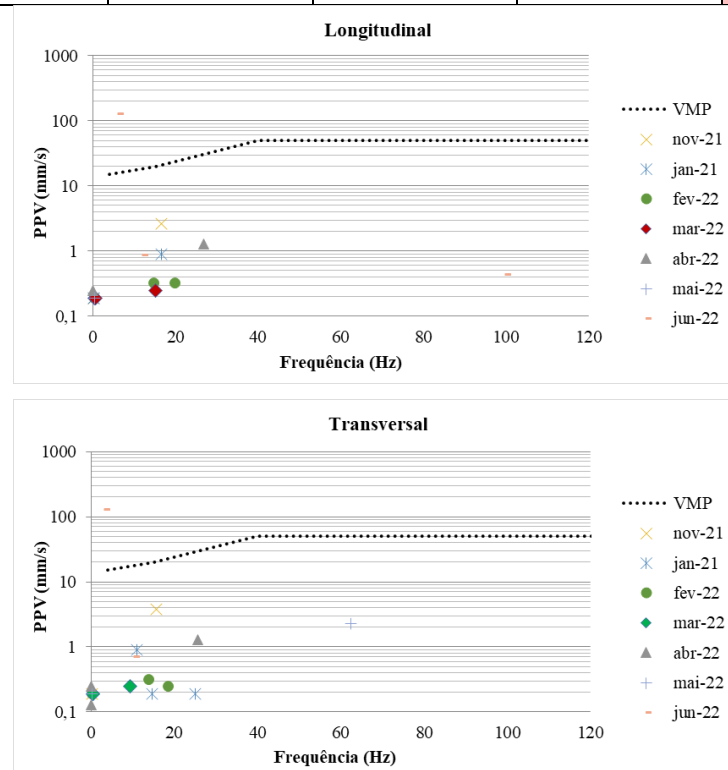
Fonte: Consórcio Minas Mais, 2021.

Tabela 5-13 - Resultados do monitoramento de vibração realizado de nov/21 a jun/22.

Data	Parâmetro	P01	P02	P03	P04
nov-21	Fre. (Hz)	-	16,7	166,7	0,3
	L (mm/s)	-	2,6	0,25	0,19
	Fre. (Hz)	-	15,6	166,7	0,3
	T (mm/s)	-	3,75	0,51	0,19
	Fre.	-	16,1	17,2	18,5
	V (mm/s)	-	5,91	0,38	0,19
jan-21	Fre. (Hz)	-	16,7	0,3	0,3
	L (mm/s)	-	0,89	0,19	0,19
	Fre. (Hz)	-	11,1	25	14,7
	T (mm/s)	-	0,89	0,19	0,19
	Fre.	-	9,3	18,5	0,4
	V (mm/s)	-	2,79	0,25	0,19
fev-22	Fre. (Hz)	-	20	14,7	0,4
	L (mm/s)	-	0,32	0,32	0,19
	Fre. (Hz)	-	18,5	13,9	0,3
	T (mm/s)	-	0,25	0,32	0,19
	Fre.	-	25	27,8	0,2
	V (mm/s)	-	0,25	0,32	0,19
mar-22	Fre. (Hz)	-	0,5	0,6	15,2
	L (mm/s)	-	0,19	0,19	0,25
	Fre. (Hz)	-	0,4	0,4	9,4
	T (mm/s)	-	0,19	0,19	0,25



Data	Parâmetro	P01	P02	P03	P04
	Fre.	-	0,3	0,3	10,2
	V (mm/s)	-	0,19	0,19	0,64
abr-22	Fre. (Hz)	-	26,9	128	0
	L (mm/s)	-	1,27	0,51	0,25
	Fre. (Hz)	-	25,6	0	0
	T (mm/s)	-	1,27	0,13	0,25
	Fre.	-	36,5	0	0
	V (mm/s)	-	0,38	0,13	0,13
mai-22	Fre. (Hz)	-	0,4	0,4	125
	L (mm/s)	-	0,19	0,19	1,52
	Fre. (Hz)	-	0,3	0,3	62,5
	T (mm/s)	-	0,19	0,19	2,29
	Fre.	-	12,8	26,3	41,7
	V (mm/s)	-	0,32	0,25	0,83
jun-22	Fre. (Hz)	-	12,2	100	6,1
	L (mm/s)	-	0,88	0,44	129,9
	Fre. (Hz)	-	10,4	125	3,4
	T (mm/s)	-	0,7	0,57	129,9
	Fre.	-	9,4	11,4	2,5
	V (mm/s)	-	1,8	0,44	129,9



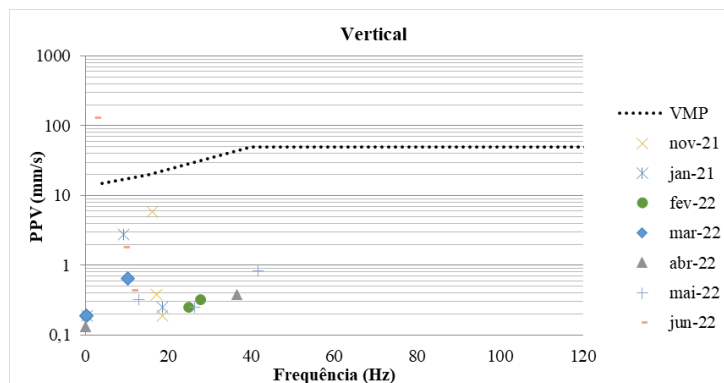


Figura 5-19 - Gráficos do monitoramento de vibração realizado de nov/21 a jun/22. Fonte: CLAM, 2022.

Com relação aos dados de monitoramento de vibração, comparando os valores medidos de velocidade de partícula (pico), com os limites estabelecidos, constata-se que, os níveis de vibração registrados em todos os pontos, nas amostragens de nov/21 a jun/22, se encontram abaixo do limite da percepção humana, com exceção do resultado observado na medição de junho/2022. Na ocasião da medição de jun/22, os dados das 3 faixas medidas, longitudinal, transversal e vertical, se encontraram acima dos limites estabelecidos na NBR 9.653:2018, no entanto, foi registrada a “passagem de um grande grupo de cavalos, muito próximo ao aparelho de medição”, o que pode ter ocasionado interferência.

5.1.5 Geologia

5.1.5.1 Metodologia

A descrição do contexto geotectônico/geológico regional do Quadrilátero Ferrífero, província mineralógica cuja área de estudo se encontra, foi apresentada conforme estudos desenvolvidos por diversos autores, como Dorr, (1969), Rosière & Chemale (2000), Alkmim (2004), entre outros compilados por Castro, Endo & Gandini (2020). Para a descrição do contexto geológico local no qual a ECJ Fábrica está inserida, foram utilizados, principalmente, dados dos trabalhos de mapeamento da Folha Ouro Preto da CODEMIG (2017) e da APA Sul RMBH, elaborado por Silva et al. (2005). Tais trabalhos foram escolhidos devido à escala de mapeamento dos mesmos, compatível com uma análise local.

5.1.5.2 Contexto geotectônico

A ECJ da mina de Fábrica está localizada na porção sudoeste da província mineral do Quadrilátero Ferrífero (QF). O Quadrilátero Ferrífero representa uma região de grande relevância geológica e econômica, devido às suas riquezas minerais, principalmente, ferro, ouro e manganês.

Devido à alta complexidade da evolução geotectônica do Quadrilátero Ferrífero, diversos



autores discorreram sobre a compreensão da evolução estrutural do QF. Segundo Dorr (1969), com base nas relações estratigráficas, na geometria espacial das megaestruturas e na teoria geossinclinal elaborada para o QF, ocorreram três eventos que estruturaram o arcabouço do quadrilátero, a saber:

- i) O primeiro evento teria ocorrido no período Pós-Rio das Velhas e Pré-Minas e afetou somente as unidades do Supergrupo Rio das Velhas, sendo marcado por uma discordância angular entre as duas unidades (Supergrupo Rio das Velhas e Supergrupo Minas).
- ii) O segundo evento, perpassado no período Pós-Minas e Pré-Itacolomi, de natureza mais diastrófica do que orogênica, teria provocado o soerguimento e arqueamento das rochas, principalmente, do Supergrupo Minas; e
- iii) O terceiro evento, decorrido Pós-Itacolomi, que teria afetado todas as sequências anteriores e foi considerado o de maior intensidade.

Chemale Jr et al. (1991; 1994) propõem um modelo com dois eventos de deformação regional, um primeiro evento deformacional de caráter extensional no paleoproterozoico, definido pelos megassinclinais da Serra do Curral, da Moeda, de Dom Bosco e de Santa Rita que ocorrem conectados fisicamente e bordejados pelos altos do embasamento e, posteriormente, por um segundo evento compressional no neoproterozoico, marcado por um sistema de cavalgamentos e estruturas associadas a um transporte tectônico para oeste.

De acordo com autores como Alkmim & Marshak (1998) e Baltazar & Zuccheti (2000), a evolução geotectônica do Quadrilátero Ferrífero é marcada por três grandes eventos tectonotermiais: o Evento Rio das Velhas, de idade arqueana; o Ciclo Transamazônico, do Paleoproterozoico; e, por fim, o Ciclo Orogênico Brasileiro, marcando o final dos processos orogênicos relacionados a regimes compressivos e distensivos, que resultaram em uma grande diversidade de feições, incluindo as descontinuidades de caráter dúcteis a rúpteis, além do metamorfismo impresso nas rochas.

Na área de estudo, testemunha-se, principalmente, a segunda e a terceira fases de eventos deformacionais. No local, as rochas do Supergrupo Minas dominam a distribuição superficial, num trend WNW-ESSE, coincidindo com o traço axial do Sinclinal Dom Bosco e a maioria dos contatos geológicos. A estratigrafia se desenvolve perpendicularmente a este eixo: com unidades mais velhas a nordeste da Mina de Fábrica, e as mais novas a sudoeste. Por fim, falhas de diversas categorias truncam as rochas do Supergrupo Minas e Supergrupo Rio das Velhas, orientadas, predominantemente, num eixo NE-SW.

5.1.5.3 Litoestratigrafia

Dorr (1969) divide a região do QF em quatro grandes unidades geológicas. A primeira é composta por rochas gnáissicas e graníticas e por rochas intrusivas máficas e ultramáficas de

diversas idades. As outras três são o Supergrupo Rio das Velhas, o Supergrupo Minas e o Grupo Itacolomi. Utilizando nomenclaturas mais atuais, Alkmim (2004), subdivide o QF em cinco unidades principais: Complexo metamórfico basal, Supergrupo Rio das Velhas, Supergrupo Minas, Grupo Itacolomi e granitóides arqueanos e paleoproterozoicos. Castro et al., (2020) incluem os grupos Sabará e Itacolomi no Supergrupo Estrada Real, situado no topo da sequência. A coluna estratigráfica simplificada do QF, ilustrada na Figura 5-20, permite a melhor visualização da estratigrafia da região.

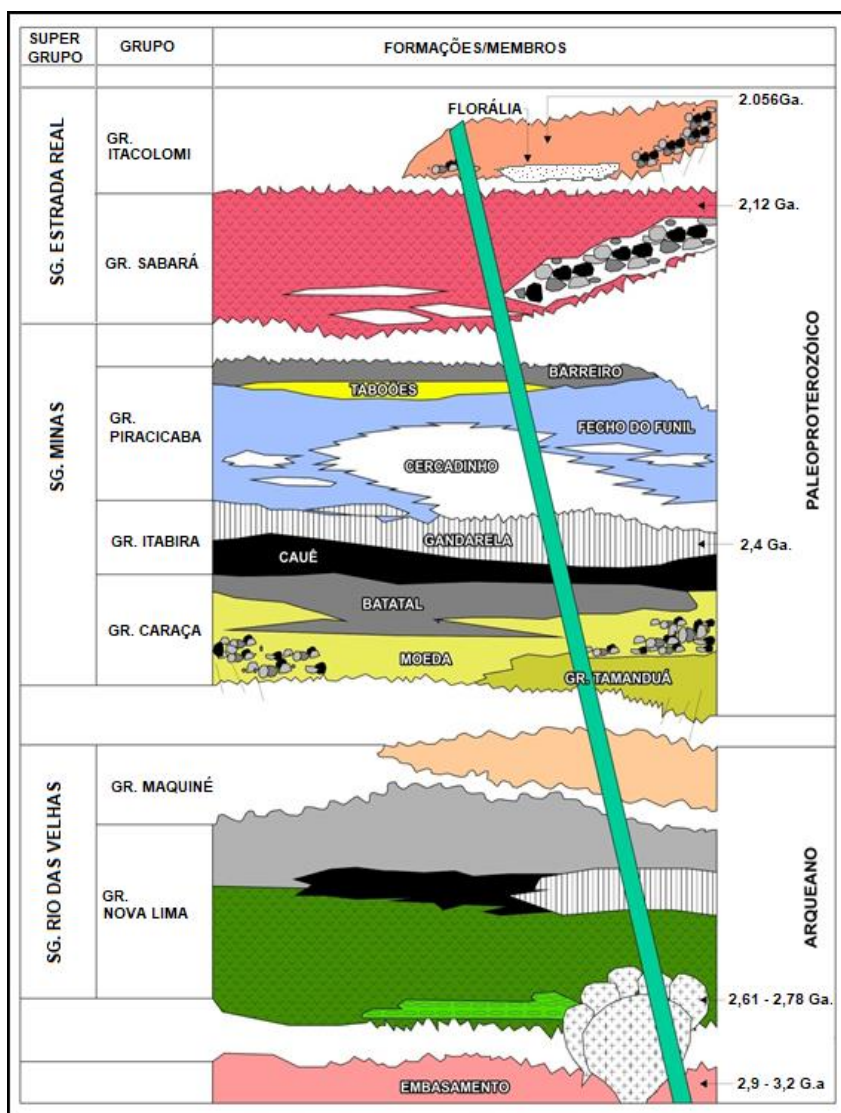


Figura 5-20 - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero.

Fonte: Duque; Alkmim & Lana (2020)

De modo geral, no Quadrilátero Ferrífero, rochas metassedimentares supracrustais, pertencentes aos Supergrupos Rio das Velhas (Arqueano) e Minas (Paleoproterozoico), sobrepõem o embasamento composto por terrenos gnaisses tonalítico-graníticos de idade arqueana (>2,7 Ga) (Rosière & Chemale, 2000). O mapa da Figura 5-21 apresenta a localização da ECJ da mina de Fábrica, no contexto geológico supracitado.

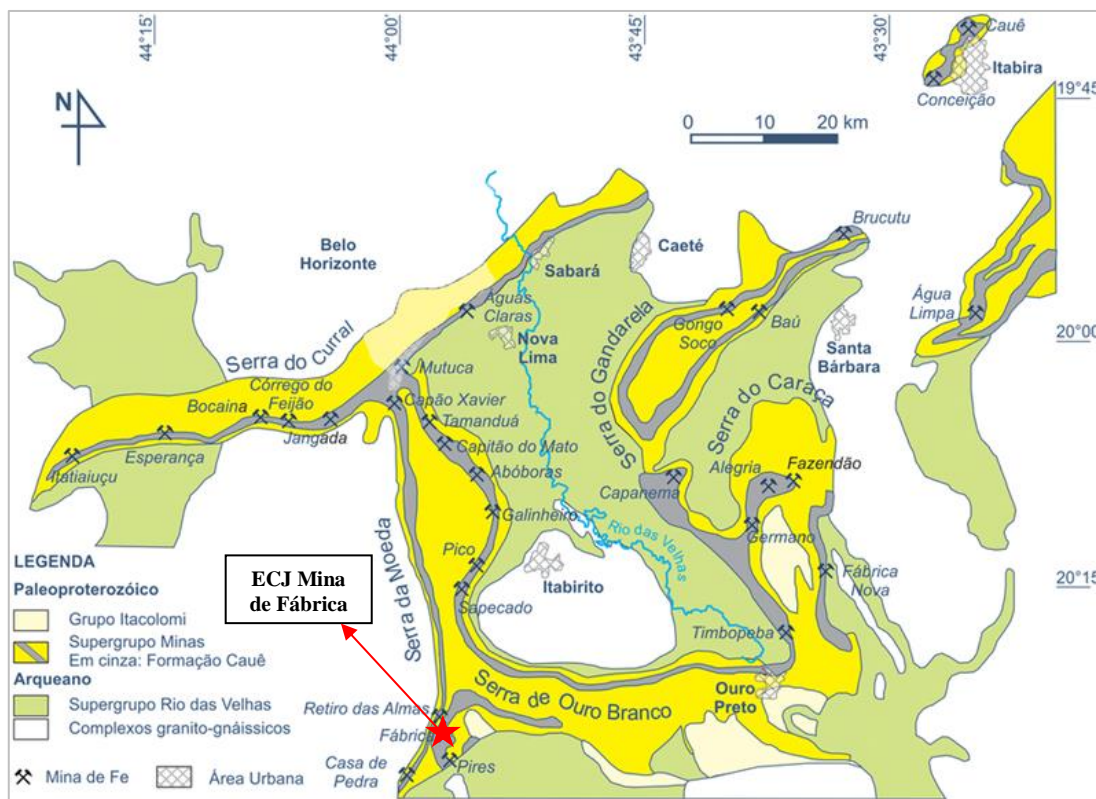


Figura 5-21 - Localização da ECJ da mina de Fábrica no contexto do QF.
Fonte: Lobato & Costa (2020).

Na região da ECJ da Mina de Fábrica ocorrem rochas dos complexos Bação e Bonfim, do Supergrupo Rio das Velhas (grupos Nova Lima e Maquiné), do Supergrupo Minas (grupos Caraça, Itabira e Piracicaba) e do Supergrupo Estrada Real (grupos Itacolomi e Sabará), além de corpos graníticos e coberturas cenozóicas, como pode ser observado no mapa da Figura 5-22.

A estratigrafia envelhece de sudoeste para nordeste. Os depósitos residuais e detríticos Cenozóicos dominam as encostas e vales das serras ao redor do complexo da mina de Fábrica; as serras, por sua vez, edificam-se, principalmente, com os topos pertencentes ao Grupo Itacolomi (Sg. Estrada Real), e suas encostas pertencentes ao Grupo Piracicaba (Sg. Minas). O Sinclinal Dom Bosco, cujo traço axial se orienta num trend WNW-ESSE, mantém a cronologia no eixo perpendicular, aflorando os Grupos Piracicaba, Itabira e Caraça até o contato com o Supergrupo Rio das Velhas, representado pelo Grupo Nova Lima. Por fim, o quadrante nordeste da área de estudo é dominado pelo Complexo Bação, distribuído de forma suboblata entre as serras do Quadrilátero Ferrífero, marcando o embasamento de todo o pacote.

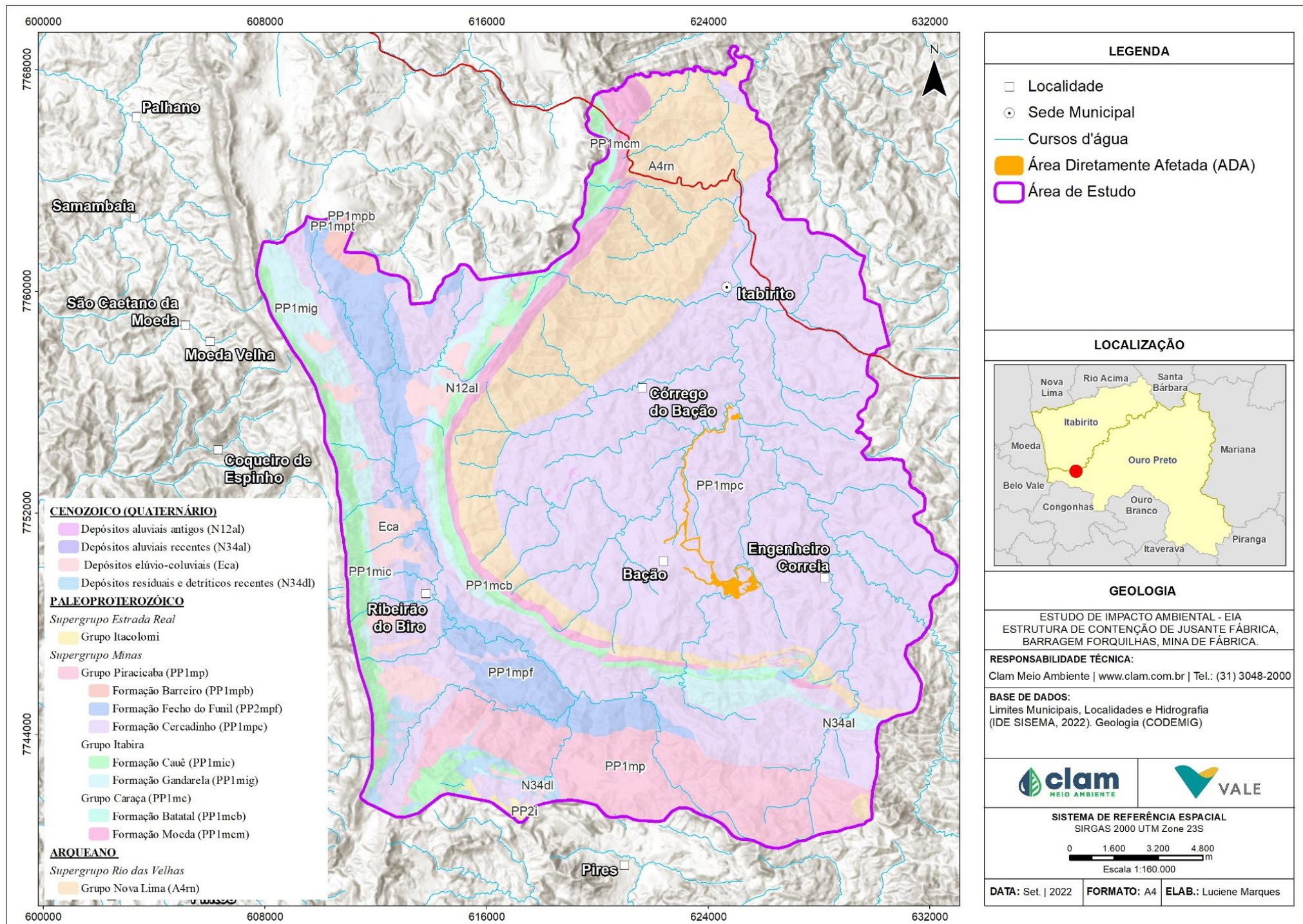


Figura 5-22 - Mapa Geológico



5.1.5.3.1 Complexos Metamórficos

Os Complexos Metamórficos constituem o embasamento do QF e são formados por rochas de composição granito-gnáissicas de idades arqueanas com características de suítes TTGs. Na área de estudo, ocorrem os complexos Bação e Bonfim.

Complexo Bação

De acordo com o levantamento feito pela CODEMIG (2017), o Complexo Bação constitui complexos cristalinos mesoarqueanos que podem ser subdivididos em granitoides potássicos, rochas do tipo TTG e gnaisses e migmatitos diversos.

O complexo TTG, que engloba a maior parte da unidade, é constituído de rochas faneríticas inequigranulares a equigranulares, granulação média a grossa, de coloração clara, esbranquiçada a cinza. A presença de minerais micáceos (biotita) imprime na unidade estruturação evidente de foliações, sendo que, podem ocorrer bandamentos que não ultrapassam 2 cm de espessura, evidenciando alternância entre minerais máficos (escuras) e félsicos (claros). Os minerais macroscópicos se apresentam como uma associação típica, incluindo quartzo, feldspato e biotita, sem que, em porções com maior grau de alteração há a presença de caulinição com o saprólito alaranjado a rosa. Comumente possui veios e diques aplíticos intrudindo as rochas do complexo TTG.

A associação gnáissica possui coloração cinza clara com granulação fina a média e é marcada pelo bandamento característico em sua extensão, podendo variar de 1 a 20 cm entre as porções máficas e félsicas. Ambas as porções se encontram fortemente estruturadas, com bandas difusas, dobradas, redobradas até porções pegmatíticas com veios quartzíticos e aplíticos de 2 a 15 cm de espessura cortando essas rochas. Sua paragênese macroscópica inclui quartzo, feldspato (plagioclásio e feldspato potássico) e biotita, mineral este que constitui as leves foliações que podem ocorrer paralelas ao bandamento e aos veios concomitantemente. As intrusões de quartzo por vezes ocorrem com estruturas pegmatíticas, e as porções aplíticas se apresentam com granulações mais grosseiras, além de, no próprio gnáisse fenocristais de feldspato fraturados em bandas leucocráticas comumente ocorrem e podem possuir até 5 cm de espessura.

Os granitoides potássicos se apresentam como intrusões extensas das demais rochas do Complexo Bação, de coloração clara, esbranquiçada, granulação média a grossa, sem a presença de estruturação evidente, e quando ocorrem, são muito discretas a imperceptíveis. A associação macroscópica demonstra a presença de quartzo, feldspato, biotita e raramente muscovita. Uma das particularidades dessa unidade compõe o distinto grau de alteração, que quando ocorre, imprime a coloração azul clara resultante dos processos de caulinição, característica esta que frequentemente ocorre nesses granitoides.



Complexo Bonfim

O Complexo Metamórfico Bonfim, descrito por Carneiro (1992), engloba granitos, anfíbolitos, tonalitos e gnaisses de idade arqueana. As rochas do complexo exibem marcante foliação milonítica N-S. Corpos intrusivos de rochas básicas cortam esta unidade (Carneiro, 1992).

5.1.5.3.2 Supergrupo Rio das Velhas

O Supergrupo Rio das Velhas, conforme definido por Dorr et. al. (1957), é constituído por uma sequência “greenstone belt” arqueana que compreende rochas xistosas metassedimentares e metavulcânicas. Dorr (1969) subdividiu o Supergrupo Rio das Velhas em Grupo Nova Lima (inferior) e Maquiné (superior).

Grupo Maquiné

Conforme Dorr (1969), o Grupo Maquiné pode ser subdividido em Formação Palmital (inferior) e Formação Casa Forte (superior). A Formação Palmital é formada basicamente por filitos, quartzitos homogêneos e lentes metaconglomeráticas, enquanto a Formação Casa Forte é constituída por lentes de metaconglomerados e quartzitos (Ladeira & Roeser, 1983).

Grupo Nova Lima

De acordo com o mapeamento realizado na área de estudo pela CODEMIG (2017), as rochas arqueanas do Grupo Nova Lima encontram-se em contato direto com as rochas do Complexo Bação e do Supergrupo Minas. Em geral, afloram sequências homogêneas de filitos de cores variadas (vermelho, róseo, marrom, verde etc.) e de separação complexa. Sua composição varia de filitos e xistos de origem vulcanossedimentar e sedimentar com paragênese associada a quartzo, clorita, biotita, muscovita, carbonato, plagioclásio e feldspato, sedimentos químicos como formações ferríferas bandadas (geralmente magnetíticas) associadas a filito carbonoso e metachert puro e ferruginoso, rocha calcissilicática, metaconglomerado, metagrauvaca com estratificação cíclica e gradacional, metagrauvaca félsica e quartzito (CODEMIG, 2017).

5.1.5.3.3 Supergrupo Minas

O Supergrupo Minas possui três grupos principais subdivididos pela gênese do ambiente deposicional, sendo eles, do mais velho para o mais novo, o Grupo Caraça de sedimentação clástica, o Grupo Itabira de sedimentação química, e o Grupo Piracicaba de sedimentação clasto-química (CODEMIG, 2017).



Grupo Caraça

Posicionado na porção basal do Supergrupo Minas o Grupo Caraça faz contato em discordância angular com as unidades do Supergrupo Rio das Velhas na região de Itabirito e em paraconformidade nas outras localidades. Subdivide-se em Formação Moeda na base, como uma unidade clástica grosseira de ambiente transgressivo em ambiente litorâneo e de plataforma rasa, e Formação Batatal no topo, porção sedimentar fina do Grupo Caraça de ambiente plataformar clástico.

A Formação Moeda é constituída de uma fácies grosseira de quartzito e grit com níveis conglomeráticos e pouco filito, e uma fácies de sedimentos mais finos compostas de filitos e quartzito micáceo a fino, sendo que, as ocorrências mais características dessa unidade compõem os conglomerados, muitas vezes polimíticos, ortoconglomeráticos com arcabouço pertencente às unidades do Grupo Nova Lima e dos complexos basais. Uma das particularidades dessa formação está na presença piritosa com concentração de ouro em sua matriz nas porções profundas e não intemperizadas, o que auxilia o diagnóstico de um paleoambiente deposicional redutor.

A Formação Batatal constitui a porção fina da unidade, compreendendo filitos muscovíticos prateados, com porções que podem conter clorita, material carbonoso, além de formações ferríferas bandadas e metachert em raras proporções. Devido ao material foliado, o grau de alteração das rochas expressivas é alto, principalmente pelo deslocamento em seus planos de estruturação das rochas, o que torna essa unidade pouco aflorante ao longo da região, mesmo que ocorra em uma distribuição expressiva ao longo da Área de Estudo (CODEMIG, 2017).

Grupo Itabira

O Grupo Itabira compreende as unidades mais expressivas do Supergrupo Minas e comumente ocupa os cumes das serras do Quadrilátero Ferrífero, sendo seu ambiente deposicional composto por unidades químicas em ambiente plataformar estável. Dentre as subdivisões do Grupo Itabira encontra-se a Formação Cauê essencialmente itabirítica e a Formação Gandarela essencialmente dolomítica, ambas estas que comumente possuem contato gradativo, lateralmente e verticalmente entre si.

A Formação Cauê é composta por itabiritos, itabiritos dolomíticos, itabiritos anfíbolíticos e algumas lentes de filito e hematitas compactas ou friáveis, estas que são resultado do metamorfismo de sedimentos jaspílicos com recristalização da sílica em quartzo fino e o ferro originário dos filossilicatos ferruginosos em hematita devido aos processos hidrotermais e metamórficos. Esses terrenos marcam o relevo característico das serras do Quadrilátero Ferrífero podendo demonstrar topografia e declividades muito expressivas, ocupando as linhas cumeadas e evidenciando a resistência ao intemperismo das rochas que compõe a Formação Cauê.

A Formação Gandarela constitui os terrenos cársticos do Grupo Itabira com dolomitos com



bandas de cores alternadas entre vermelho e rosa esbranquiçado, branco a cinza claro-escuro e branco, além de níveis filíticos cinza a esverdeados, conglomerados intraformacionais paralelas ao bandamento composicional e possíveis concreções ferruginosas em algumas porções. Sua estruturação é marcante em alguns locais podendo apresentar lentes sigmoidais, pequenas dobras e falhas, estiramento das concreções. Uma das particularidades está definida pela presença de óxidos de manganês ao longo de toda a unidade, porém não está posicionado em contato direto com os itabiritos e ocorrem com contato gradacional interdigitando as rochas das duas formações, além da possível ocorrência local de finas camadas estromatolíticas colunares (CODEMIG, 2017).

Grupo Piracicaba

Marcado por uma discordância erosiva regional com o Grupo Itabira encontra-se sobreposto a este o Grupo Piracicaba, marcado pelo sistema deposicional regressivo plataformar clasto-químico, dividido entre clásticos psamíticos grosseiros a finos, sedimentos argilosos e sílticos químicos e bioquímicos, e leitos ferruginosos e carbonosos. Cada formação possui ambiente deposicional de características próprias e são subdivididos da base para o topo em Formação Cercadinho, Formação Fecho do Funil, Formação Taboões e Formação Barreiro.

A Formação Cercadinho marca um ambiente plataformar instável demonstrada pelas características rítmicas turbidíticas das rochas em discordância erosiva evidenciada por conglomerados granulares nem sempre visíveis. Alterna entre quartzitos cinza escuro contendo lentes de filito prateados e finos relativamente ricos em hematita ou com hematita no cimento exibindo aspecto pesado e escuro a esbranquiçado, com camadas mais espessas de quartzito alternando a camadas mais finas de filito. Mesmo em camadas ferruginosas a presença quartzítica é evidente, e estratigraficamente, as rochas da Formação Cercadinho exibem contato gradacional à unidade sobrejacente da Formação Fecho do Funil.

A Formação Fecho do Funil representa a porção transgressiva mais fina e que contém termos químicos carbonáticos puros podendo conter contribuição bioquímica, e está representada pela predominância filitos podendo ocorrer mármores dolomíticos vermelhos e estromatolíticos colunares, e dolomitos.

A Formação Taboões é caracterizada exclusivamente por ortoquartzito branco e cinza com nódulos milimétricos e dispersos de limonita, sem preservação de textura sedimentar aparente e localmente pode apresentar-se friável.

No topo do Grupo Piracicaba, encontra-se a Formação Barreiro, caracterizada por filitos carbonosos típicos de coloração negra (CODEMIG, 2017).

5.1.5.3.4 Supergrupo Estrada Real

O Supergrupo Estrada Real é composto pelo Grupo Sabará e pelo Grupo Itacolomi (Castro et



al., 2020). As rochas metassedimentares químicas do Grupo Sabará e continentais do Grupo Itacolomi encontram-se interdigitadas, conforme observado na região do Pico do Itacolomi, porção sudeste do QF (Teixeira da Costa, 1961; Castro et al., 2020).

Grupo Sabará

O Grupo Sabará equivale ao topo do Supergrupo Minas e faz contato com o Grupo Itacolomi por discordância angular (Dorr, 1969). Distribui-se por todo o QF e é formado por xistos, metagrauvacas, filitos, metarenitos, metatufos, metaconglomerados, metadiamicritos e formações ferríferas (Almeida et al., 2005).

Grupo Itacolomi

O Grupo Itacolomi deposita-se discordantemente sobre o Grupo Sabará e é composto por duas fácies, a fácies quartzítica e a fácies filítica. O primeiro conjunto elucida pacotes quartzíticos conglomeráticos e grit com quantidades variáveis de muscovita sericítica, podendo conter níveis de conglomerados ou com finas lentes de filitos, visto que, seu arcabouço é constituído de fragmentos itabiríticos e por vezes graníticos. O segundo pacote ocorre pela fácies Santo Antônio e apresenta-se de maneira acessória, contendo filitos, conglomerados, quartzito puro a ferruginoso (CODEMIG, 2017).

5.1.5.3.5 *Coberturas Cenozoicas*

Constitui cangas ferruginosas extensas paleógenas/neógenas como carapaças rígidas contendo fragmentos de itabirito e hematita, de granulometrias variadas, rolados e angulosos de cimentos constituídos de hidróxidos de ferro, dispostos como depósitos de eluvios, coluvios e de tálus. Ocorrem em toda a extensão do Quadrilátero Ferrífero, geralmente posicionadas sobre as unidades itabiríticas do Grupo Itabira, recobrando os altos relevos serranos do QF e sustentando as camadas itabiríticas (CODEMIG, 2017).

5.1.6 Geomorfologia e Pedologia

5.1.6.1 Geomorfologia

O Quadrilátero Ferrífero (QF) representa um dos conjuntos orográficos mais importantes de Minas Gerais. Ele ocupa uma área de aproximadamente 7.000 km², e suas altitudes predominantes variam entre 800 e 900 m. Esses terrenos são frequentemente entrecortados por linhas de cristas de serras que ultrapassam, usualmente, a cota 1200 m e, excepcionalmente, a cota 2000 m como na Serra do Caraça, na borda leste.

O Quadrilátero Ferrífero se trata de uma estrutura muito complexa de cadeia dobrada, de



conhecimento geológico e geomorfológico ainda incompleto, cujas camadas de quartzitos e itabiritos desenharam um sistema quadrado de cristas, em posição topográfica dominante com relação às depressões alveolares, abertas nos granitos, gnaisses e xistos, entre outras rochas (MEDINA et al 2005).

Ao longo da evolução morfogenética do Quadrilátero Ferrífero (QF), ocorreu uma conjunção especial das variáveis (estrutura, litologia, epirogênese e variações climáticas), de maneira a favorecer a formação de um relevo distinto das áreas adjacentes. O diversificado conjunto litoestrutural da região foi submetido a variações climáticas e a atividade erosiva desde o Proterozoico, gerando um mosaico constituído por províncias geomorfológicas com nítido controle litoestrutural (VARAJÃO, 1991).

A preservação de porções elevadas do relevo é favorecida pela existência de extensas áreas cobertas por resistentes crostas ferruginosas, também chamadas de canga ou laterita, que recobrem tanto o topo de superfícies aplainadas, quanto diversos níveis das vertentes (VARAJÃO, 1988). Estas couraças detrítico-lateríticas constituem uma superfície impermeável bastante resistente ao intemperismo físico e químico, sendo estas, resultantes da laterização de colúvios e tálus, cujos materiais são provenientes da desagregação mecânica das superfícies de cimeira, ou ainda das cristas de itabirito (TRICART, 1961 apud VARAJÃO, 1991).

A Área de Estudo é formada, principalmente, pelo domínio geomorfológico das Serras do Quadrilátero Ferrífero e, dentre as particularidades regionais, o relevo diferencia-se quanto a sua natureza e forma, podendo ocorrer padrões do tipo homogênea de topos tabulares, estrutural de topos aguçados, estrutural de topos convexos e homogênea de topos convexos, apresentando aspectos morfológicos locais correspondentes aos domínios de colinas dissecadas e morros baixos (Figura 5-23), com altitudes variando entre 1100 (máxima) e 500 (mínima) metros (Figura 5-24). Os domínios estruturais compreendem as porções de maior declive e os domínios homogêneos compreendem as porções mais aplainadas.

A Figura 5-25 exibe a categoria das declividades presentes na AE, sendo que, é possível observar a variação entre um relevo Plano a Montanhoso, com predominância de padrões Ondulado a Forte Ondulado compondo uma caracterização local de declives da região.

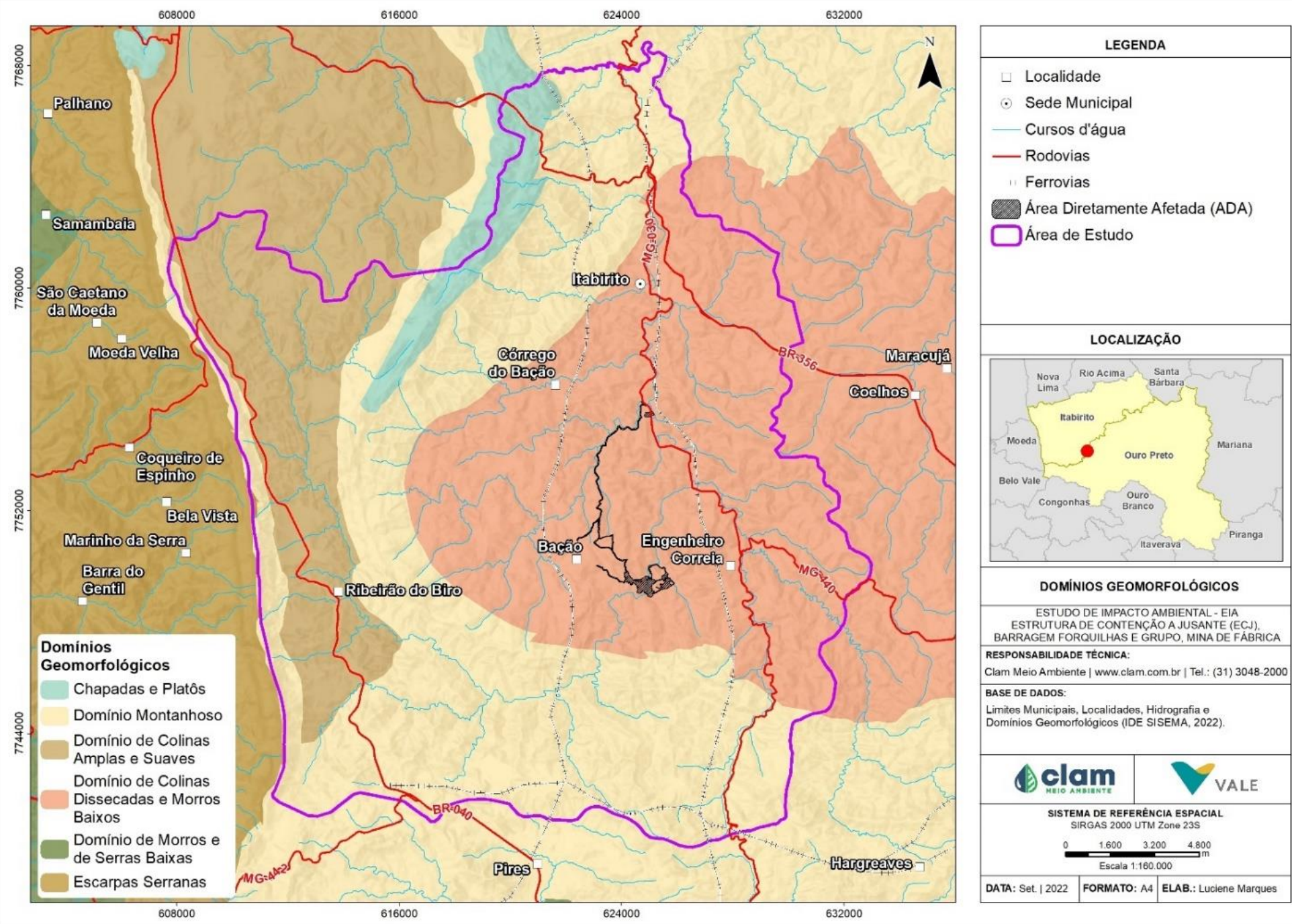


Figura 5-23 - Domínios Geomorfológicos na área de estudo.

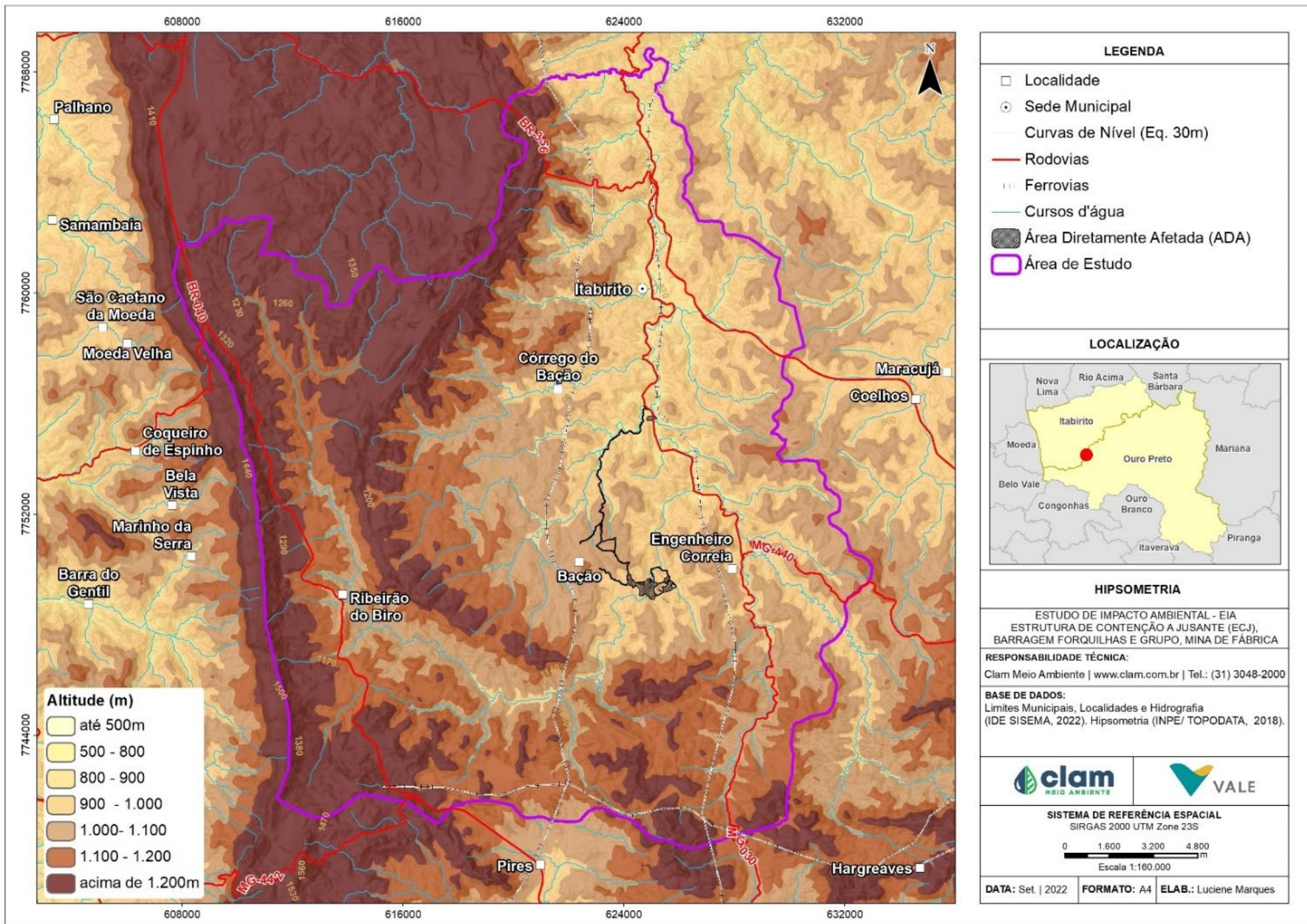


Figura 5-24 - Mapa hipsométrico da área de estudo

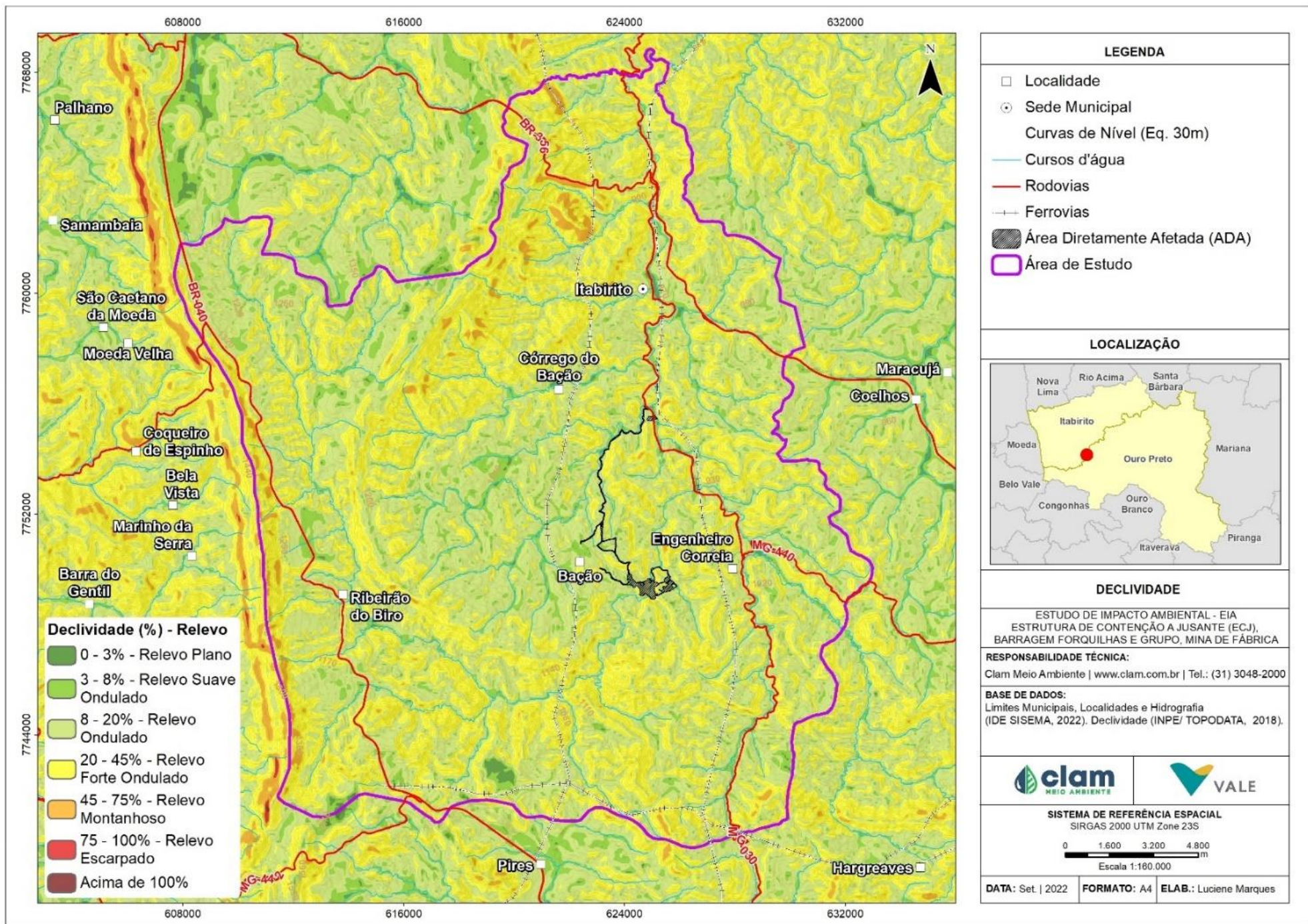


Figura 5-25 - Mapa de declividade da área de estudo



5.1.6.2 Pedologia

Conforme a base de dados do Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais (UFV, 2010), na área de ocupação do projeto predominam os Cambissolos Háplicos distróficos (CXbd21), Neossolos Litólicos distróficos (RLd4) e os Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos (LVAd1) (Figura 5-26).

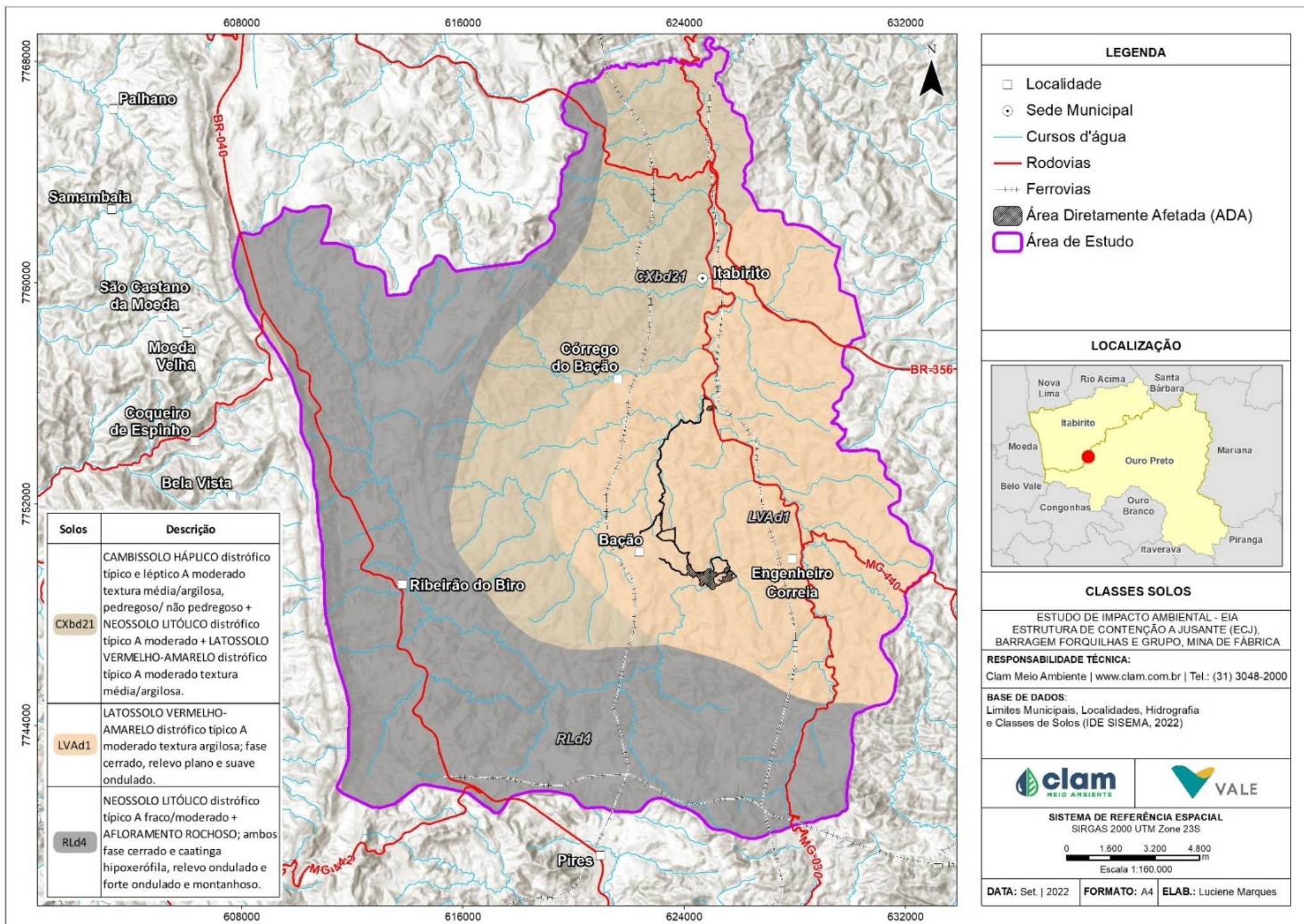


Figura 5-26 - Classes de Solos da área de estudo.

5.1.6.2.1 Cambissolos háplicos distróficos

Seguindo o Sistema de Classificação de Solos da Embrapa (2018), os Cambissolos envolvem solos com horizonte B subjacentes a qualquer tipo de horizonte superficial que não se enquadrem em classes de Vertissolos, Chernossolos, Plintossolos e Organossolos. São unidades heterogêneas de solos fortemente até imperfeitamente drenados, rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho-escura.

O perfil pedogenético dos Cambissolos (Figura 5-27) é caracterizado de sequências de horizonte A ou hístico, Bi e C, com ou sem R. O horizonte Bi (B incipiente) possui características de um solo não muito desenvolvido, características estas que diferenciam estes dos Latossolos, além de, conter textura heterogênea em sua granulometria entre horizontes A e Bi, de composições francoarenosa ou com mais argila, sendo essas com teores uniformes, podendo variar o incremento ou decréscimo da argila de A para Bi (EMBRAPA, 2018).



Figura 5-27 - Perfil de Cambissolo Háptico (Arraial do Cabo, RJ), Fonte: EMBRAPA, 2018.

Sua natureza háptica e distrófica imprime perfis com baixa atividade de argila e saturação por bases <50%, na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive na transição BA). As principais limitações desse tipo de solo, de acordo com a classificação de Amaral et al. (2004), estão associadas a pedregosidade, fase cascalhenta ou rochosa, além de serem mal a acentuadamente drenados. Possuem saturação por bases (V) muito baixo e saturação por alumínio (m) médio. Além desses fatores, encontra-se sua relação com o relevo, que majoritariamente se apresentam como forte ondulado a ondulado, em declives mais acentuados, além de, baixa fertilidade natural e sua exploração ocorrer a pequenas

profundidades devido à natureza dos Cambissolos.

Para a Área de Estudo, o grau de susceptibilidade a erosão é forte devido a sua relação com declives acentuados e a pequena profundidade desses solos, em conjunto com uma deficiência por *fertilidade moderada a forte*.

5.1.6.2.2 Neossolos litólicos distróficos

Os Neossolos compõem unidades com material mineral ou orgânico com limitada evolução e de pequena espessura devido a fatores como material de origem, clima, relevo e tempo.

O perfil pedogenético dos Neossolos (Figura 5-28) são caracterizados por uma sequência A-R, A-C-R, A-Cr-R, A-Cr, A-C, O-R ou H-C, sem atenderem os critérios estabelecidos para os Chernossolos, Vertissolos, Plintossolos, Organossolos ou Gleissolos, sendo que, podem apresentar espessuras de 20 cm a 50 cm seus horizontes superficiais, com exclusão de horizonte B diagnóstico, que, mesmo ocorrendo em alguns casos, não possui espessura suficiente para caracterizar o tipo de classificação de solo presente nas regiões. Os horizontes A e hístico, quando presentes, se dispõem com menos de 20 cm de espessura imediatamente em contato com camadas que possuem 90%, em volume, de fragmentos de rocha ou material de origem, independentes do tipo de material pretérito (EMBRAPA, 2018).



Figura 5-28 - Perfil de Neossolo Litólico (Caracol, MS), Fonte: EMBRAPA, 2018.

Ainda, dentro do sistema de classificação supracitado, sua natureza litólica e distrófica imprime solos com saturação por base <50% na maior parte dos horizontes dentro de 50 cm a

partir da superfície.

De acordo com a classificação proposta por Amaral et al. (2004), as limitações desse tipo de solo estão relacionadas à pedregosidade e rochosidade, relevo movimentado e baixa profundidade, sendo que, por serem distróficos, possuem valores baixos de saturação por bases (V) e médios para saturação por alumínio (m). O parâmetro de deficiência e fertilidade consiste em uma restrição forte a moderada, baseado nos valores de V%, e grau de susceptibilidade a erosão muito forte e um grau de limitação forte para a mecanização na região devido a pedregosidade e relevo, predominante, na Área de Estudo, Forte Ondulado a Ondulado.

5.1.6.2.3 Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos

Os Latossolos são característicos de um avançado estágio de intemperismo. São solos virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes aos processos de pedogênese. Dentre as suas características relacionadas a drenagem, podem ocorrer de fortemente drenados até bem drenados.

Seu perfil pedogenético (Figura 5-29) tem sequências de horizontes B latossólico imediatamente abaixo de horizonte A, dentro de 200 cm a partir da superfície ou 300 cm se o horizonte A possuir mais de 150 cm de espessura, e por fim, o horizonte C, com pouca diferenciação de sub-horizontes e transições difusas ou graduais. O horizonte A apresenta cores mais escuras, B de cores mais vivas que dependem dos coeficientes de óxidos e hidróxidos de ferro, os quais são condicionados pelos gradientes hídricos e drenagem de solo. O horizonte C tem relação mais próxima com sua natureza saprolítica ou do sedimento, possuindo cores menos intensas, mais variadas e heterogêneas (EMBRAPA, 2018).



Figura 5-29 - Perfil de Latossolo Vermelho-Amarelo (Rio Paranaíba, MG), Fonte: EMBRAPA, 2018.



Ainda dentro dessa classificação, em geral, são solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases. Na área de estudo possuem a coloração vermelho-amarelada, e a presença da característica distrófica imprime ao solo uma saturação por bases <50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (incluindo BA).

Segundo a classificação feita por Amaral et al. (2004), as limitações ao potencial agrícola para esses solos estão relacionadas a baixa fertilidade, a presença de alumínio tóxico para plantas e sua associação com relevo acidentado, além de serem caracterizados por sua saturação por bases (V) muito baixa e saturação por alumínio média (m), o que contribui para uma categoria de deficiência de fertilidade moderada a forte. Isso se deve diretamente à sua origem granito-graússica, relacionada às rochas cristalinas do Complexo Bação. Correlacionando os níveis de declividade local, considerando que, no geral apresenta declives ondulados ou forte ondulados, a susceptibilidade a erosão é classificada como moderada a forte, esta última relacionada às porções com declividades de categoria forte ondulada, podendo exibir relevos mais acidentados, considerando as porções onde o relevo apresenta inclinações maiores do que 20%.

5.1.7 Espeleologia

Tendo em vista as obras emergenciais necessárias à estabilização de riscos para descaracterização das barragens Forquilhas e Grupo, localizadas na Mina de Fábrica em Ouro Preto/Itabirito, torna-se necessária avaliação de atributos espeleológicos no contexto projetado. O projeto é referente à implantação da Estrutura de Contenção à Jusante. Como será demonstrado à frente, a avaliação espeleológica seguiu a Instrução de Serviço SISEMA 08/2017 – revisão 01, atribuído para avaliações em locais de potencial baixo conforme o ICMBio/CECAV. A área avaliada se localiza na depressão de Bação, próxima ao limite leste da Serra da Moeda, na unidade geomorfológica denominada por Oliveira et al. (2011) como Quadrilátero-Oeste, na região do Quadrilátero Ferrífero.

A avaliação partiu da pesquisa de dados secundários e cruzamento de informações para esclarecimentos do tema. Neste sentido, prosseguiu-se na avaliação a partir dos seguintes passos:

1. Parâmetros de avaliação:

- Definição da Área de Avaliação Espeleológica (AAE);
- Identificação dos litotipos e potencial espeleológico sob influência do projeto;
- Avaliação das informações de prospecção existentes disponíveis para o atendimento do tema;
- Considerações acerca do potencial espeleológico por outros estudos existentes.



2. Resultados e conclusão:

- Sintetizar o conjunto das informações em resultado do atendimento quanto ao tema espeleologia;
- Concluir o cenário e, caso necessário, propor ações.

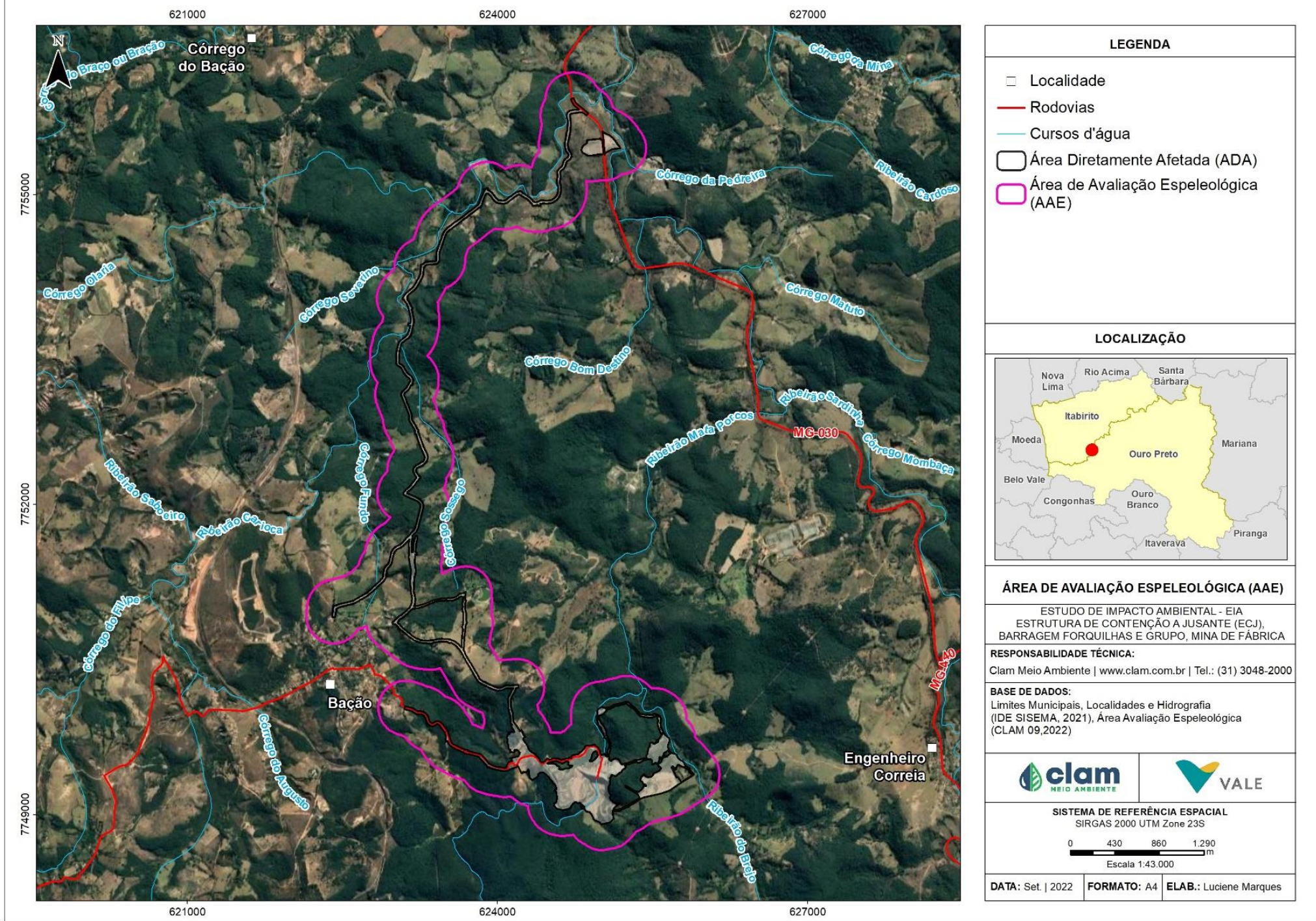


Figura 5-30 - Delimitação da Área de Avaliação Espeleológica (AAE)

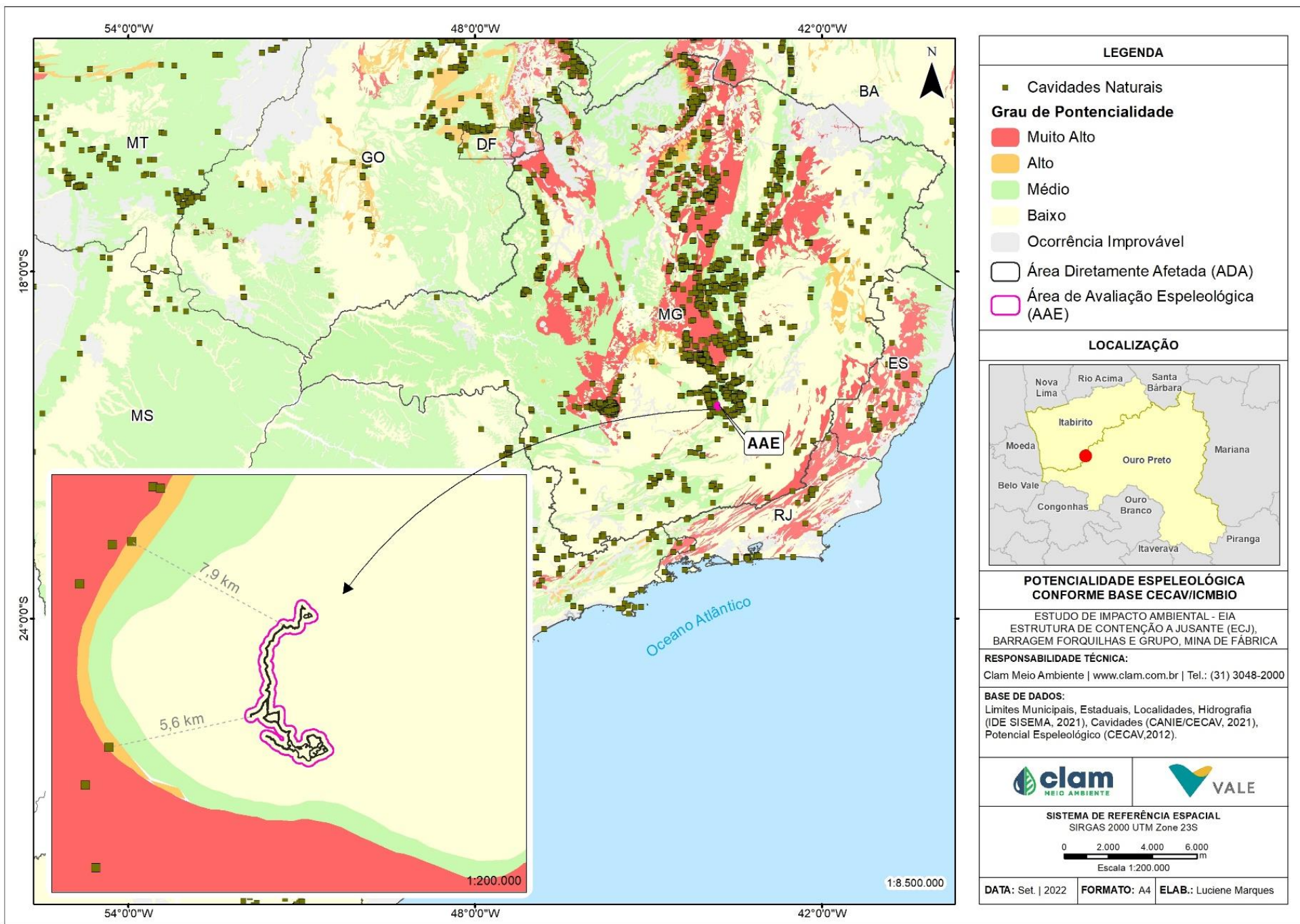


Figura 5-31 - Potencial espeleológico conforme CECV/IDE-SISEMA-MG e cavidade registrada mais próxima conforme CANIE (CECAV, 2022).

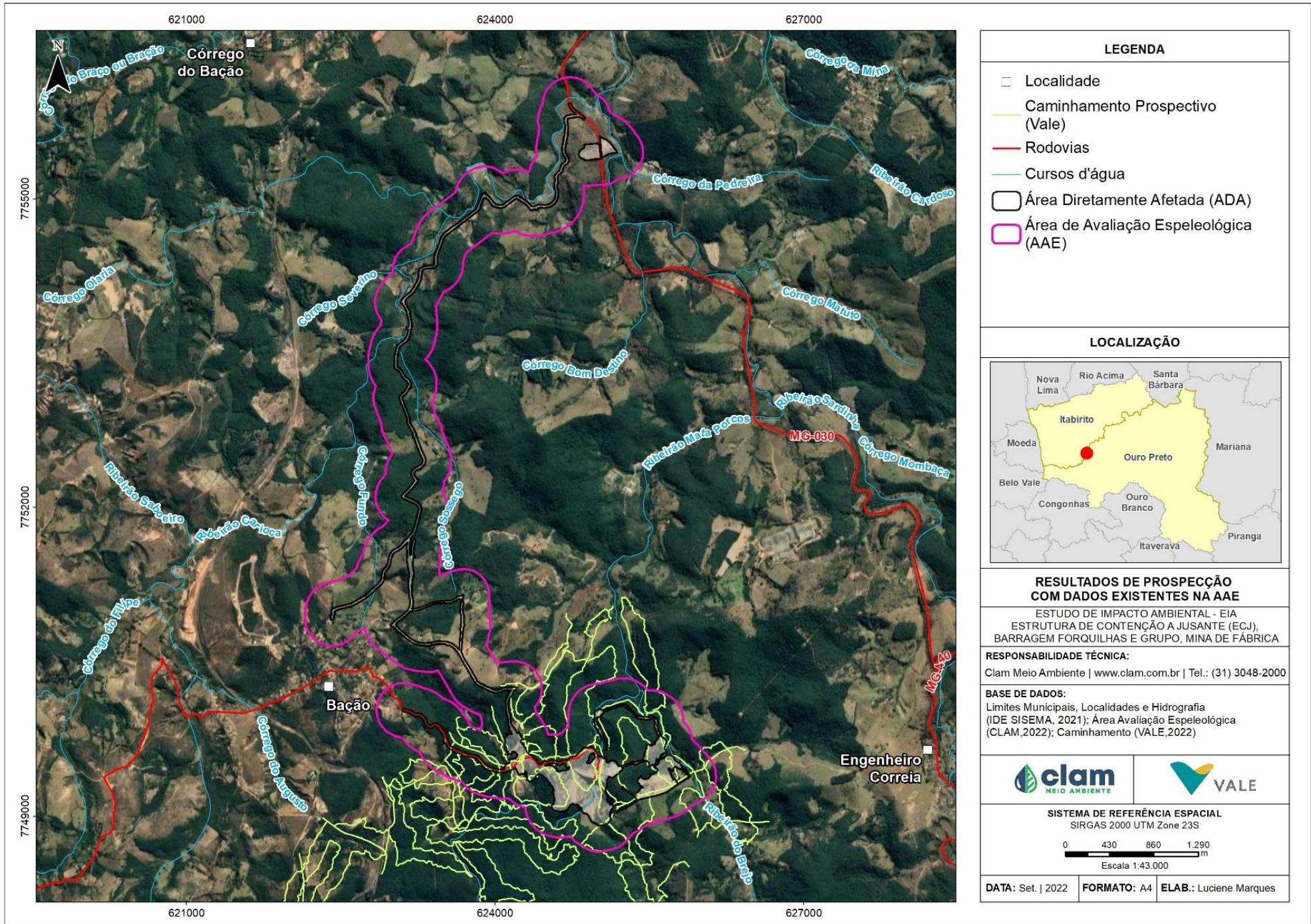


Figura 5-32 - Posição do projeto em avaliação, em relação aos parâmetros das informações de prospecções espeleológicas.



5.1.7.1 Considerações acerca da potencialidade espeleológica sob influência do projeto

5.1.7.1.1 Avaliação de potencial espeleológico por parâmetros geomorfométricos sob influência do projeto

Visando ao refinamento da análise de potencial espeleológico, foram considerados os parâmetros geomorfométricos de declividade e curvatura do terreno ou “variáveis de relevo”, a partir de base de curvas de nível equidistantes de 3 m disponibilizada pela contratante. Para a caracterização das formas foi aplicada a ferramenta denominada “Curvature”-“General Curvature” para cálculo de curvaturas topográficas positivas (convexas), planas (retilíneas) e negativas (côncavas). Depois foi gerada a superfície de declividade (“Slope”) em graus. Foram consideradas as áreas de maior potencial aquelas as quais apresentam maior concavidade associadas às maiores declividades.

O potencial litológico foi desconsiderado, já que somente um tipo litológico cobre toda a área analisada. As diferentes variáveis foram cruzadas a partir da seguinte equação:

$$PE = LOG_N \{-(Curvatura \text{ do relevo}) \times Declividade\} \rightarrow \text{Classificação pelo método de quebras naturais a partir do histograma de frequências.}$$

O resultado obteve as respectivas coberturas na AAE conforme a Tabela 5-14 e a Figura 5-33. As maiores representatividades correspondem respectivamente às classes médio, baixo, acima de 33 % cada, seguida da ocorrência improvável, próxima dos 26 %. As classes alto e muito alto ficaram abaixo de 7 % associadas a trechos taludados de rodovias e nas porções de vertentes associadas a zonas de erosões por rastejamentos da cobertura de solo ou voçorocamentos.

Tabela 5-14 - Potencial espeleológico baseado em variáveis de relevo na AAE.

Potencial Espeleológico:	Área (ha)	Área (km²)	%
Ocorrência Improvável	228,3803	2,2838	26,36%
Baixo	291,3476	2,9135	33,63%
Médio	292,8118	2,9281	33,80%
Alto	53,538	0,5354	6,18%
Muito Alto	0,3088	0,0031	0,04%
TOTAL	866,3865	8,6639	100,00%

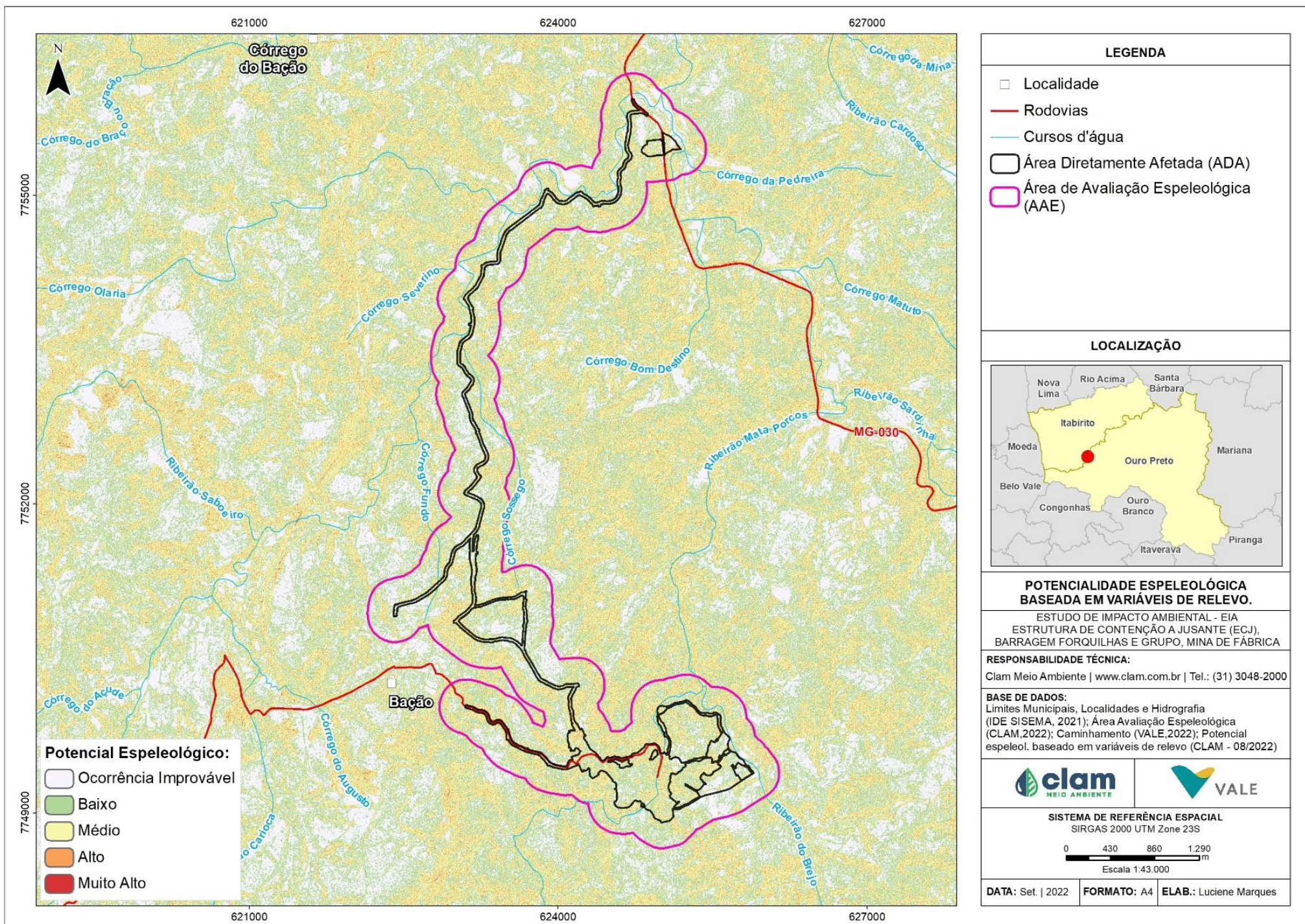


Figura 5-33 - Avaliação de potencial espeleológico com base em variáveis de relevo.

5.1.7.1.2 Avaliação de potencial espeleológico por estudos espeleológicos e acadêmicos existentes

Como já mencionado, a área de estudo situa-se no Quadrilátero Ferrífero, definido pelo ICMBio/CECAV como região de alto potencial espeleológico. Este potencial associa-se principalmente à ocorrência de rochas ferríferas, como itabiritos e canga recorrentes na região.

OLIVEIRA, et al. (2011) definem a unidade espeleológica Quadrilátero Ferrífero – Conceição (Figura 5-34) e associam a ocorrência de cavidades nesta unidade a três grupos de rochas: ferríferas, siliciclásticas e carbonáticas, estando as intervenções especificamente na proximidade leste da unidade geomorfológica “Quadrilátero-Oeste”. Na região do Quadrilátero Ferrífero, em acordo com Dutra et al. (2020), até junho/2019, a base do CANIE apresentava 1.490 cavernas cadastradas sendo:

- 989 em litologias associadas a ferro;
- 231 em quartzitos relacionados às formações Moeda e Itacolomi e outras rochas siliciclásticas consideradas como rochas sedimentares terrígenas grossas;
- 126 em rochas carbonáticas (dolomitos da Formação Gandarela; mármore das formações Cercadinho, Barreiro, Taboões e Fecho do Funil);
- 96 em rochas sedimentares terrígenas finas, tais como filitos da Formação Batatal;
- 37 em xistos, como os do Grupo Nova Lima;
- 12 em rochas ígneas incluindo-se granitos, gnaisses e diques de rochas vulcânicas.

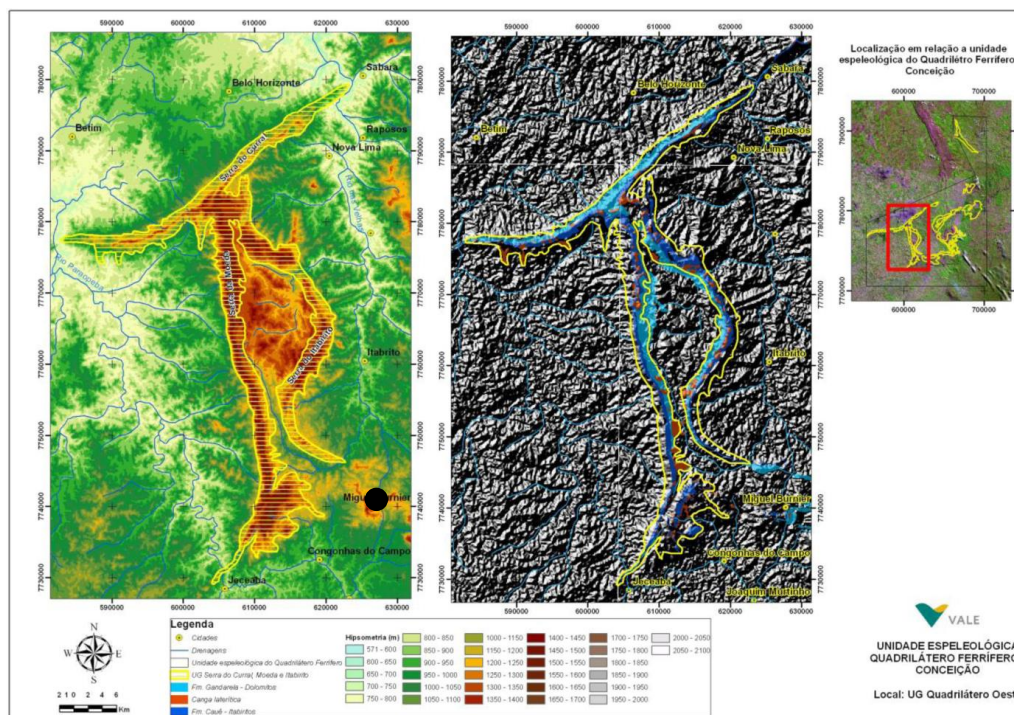


Figura 5-34 - Unidade geomorfológica Quadrilátero Oeste e unidade espeleológica Quadrilátero Ferrífero-Conceição. O empreendimento é indicado pelo ponto preto. Fonte: Oliveira et al. (2011).



As coberturas recentes de canga e lateritas, além da Formação Cauê representam as principais unidades geológicas constituintes do primeiro grupo. No grupo das rochas silicicláticas, OLIVEIRA et al. (2011) destacam a importância dos Grupos Caraça, Itacolomi, Maquiné e Conceição do Mato Dentro, enquanto as Formações Gandarela e Fêcho do Funil são relevantes devido às suas contribuições de rochas carbonáticas.

Cavidades naturais em rochas cristalinas apresentam ocorrência restrita, muito relacionada a depósitos de tálus. Conforme a contagem existente, elas representam 0,8% dos registros espeleológicos do Quadrilátero Ferrífero atualmente.

5.1.7.2 Parâmetros De Avaliação

5.1.7.2.1 Área de Avaliação Espeleológica

O parágrafo 3º do art. 4º da Resolução CONAMA nº 347/2004 (BRASIL, 2004) e o parágrafo único do art. 6º da Portaria IBAMA 887/1990 (BRASIL, 1990) definem a área que deve ser considerada inicialmente para a manutenção do equilíbrio ecológico e da integridade física do ambiente cavernícola. Até que sejam realizados estudos específicos para sua delimitação, a área deve ser a projeção horizontal da caverna acrescida de um entorno 250 metros, em forma de poligonal convexa.

Assim, cabe à análise em questão verificar a sobreposição entre a área de intervenção das obras emergenciais com eventuais cavidades e sua área de influência preliminar. Essa exigência é cumprida acrescentando uma faixa de 250 metros em forma de poligonal convexa no entorno da área de intervenção, a qual será tratada neste relatório como Área de Avaliação Espeleológica (AAE).

A Área de Avaliação Espeleológica (AAE) adquiriu o valor de área de 866,38 hectares ou 8,66 Km² como demonstrado pela Figura 5-30.

5.1.7.2.2 Litotipos e potencial espeleológico sob influência do projeto

O projeto está posicionado sobre litotipo cristalino relacionados ao complexo granito-gnáissico Bação. Por suas características quanto ao potencial espeleogenético, o ICMBio/CECAV (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas), assim como o Sistema Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais, através das bases do IDE-SISEMA, consideram a região como de baixo potencial espeleológico, estando a cavidade mais próxima a 5,6 km sobre classes de potencial maiores (Figura 5-31).

5.1.7.2.3 Informações espeleológicas existentes

Conforme informações disponibilizadas por VALE em 2022, os caminhamentos prospectivos existentes na AAE restringem-se a 29,0 Km, no contexto das obras da ECJ e entorno. A Figura



5-32 ilustra essa cobertura, na qual a densidade de caminhamentos atingiu 3,35 Km/Km². Como a região de AAE dos acessos ao norte do projeto correspondem apenas a adequações de vias, sem incremento de ADA, inserida em contexto ou da área urbana de Bação ou entre propriedades rurais de terceiros, tal região não apresenta levantamentos realizados. Tal região corresponde a uma área aproximada de 6,34 Km² ou a 73,18% da AAE. Considerando esse recorte, subtraindo as áreas sem incremento de ADA, a densidade de caminhamento atingiu 12,5 Km/Km². Nenhuma cavidade registrada.

5.1.7.3 Conclusão

A partir do conjunto das abordagens segue:

- Considerando a baixa ocorrência de cavidades em litotipo cristalino no contexto estadual e no Quadrilátero Ferrífero;
- Considerando o quadro de ocorrências de cavidades nas porções de patamares e topos serranos sobre rochas siliciclásticas (quartzitos) e ferríferas (itabiritos e cangas) – Unidade Espeleológica Quadrilátero Ferrífero - Conceição;
- Considerando ausência de registros espeleológicos pelas prospecções realizadas antes da obra;
- Considerando o predomínio de feições em tálus nas bordas de cursos d'água em trechos encaixados com afloramentos rochosos, sob forma de reentrâncias superficiais;
- Considerando o potencial espeleológico pelo litotipo, conforme CECAV, como baixo;
- Considerando o potencial espeleológico geomorfométrico com predominância de potenciais médios a de ocorrência improvável, estando a representatividade as classes alta e muito alta abaixo de 7 % associadas a trechos taludados de rodovias e nas porções de vertentes associadas a zonas de erosões por rastejamentos da cobertura de solo ou voçorocamentos;
- Considerando as densidades de caminhamento obtidas com os dados existentes, além das áreas de adequações de acessos ao norte não apresentarem incremento de ADA;

Conclui-se que a potencialidade da área avaliada é na verdade “Improvável”. Desta maneira, na “Área de Avaliação Espeleológica” (AAE), sob condição das obras emergenciais não se observa contexto de potencial patrimônio espeleológico representativo ou impeditivo, que poderia vir a sofrer algum impacto. Por fim, tal cenário configura-se como passível de dispensa de novas prospecções espeleológica complementares.



5.1.8 Recursos Hídricos e Qualidade das Águas Superficiais

O diagnóstico ambiental dos recursos hídricos da região pode ser realizado por meio da avaliação dos resultados de qualidade das águas superficiais obtidos em pontos de monitoramento estrategicamente localizados no contexto da área de estudo do meio físico.

O monitoramento contínuo de qualidade dos recursos hídricos visa construir uma série histórica de dados que indique o nível de qualidade dos corpos hídricos, proporcionando assim, uma boa avaliação do comportamento sazonal, e de background, na área de estudo. Nesse sentido, o diagnóstico aqui apresentado permitirá identificar possíveis impactos, positivos ou negativos, na qualidade hídrica em decorrência das obras da ECJ Fábrica.

5.1.8.1 Recursos hídricos

A bacia hidrográfica do rio São Francisco é dividida em dez Unidades de Planejamento de Recursos Hídricos (UPGRH's). A área de estudo da ECJ Fábrica, se insere na bacia do rio das Velhas, está inserida na **UPGRH SF5 – Rio das Velhas**, mais especificamente na porção do alto Rio das Velhas, UTE Rio Itabirito, e sub-bacia do ribeirão Mata Porcos, conforme a divisão hidrográfica nacional instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) por meio da Deliberação Normativa CERH nº 66, de 17/2020 (Figura 5-35).

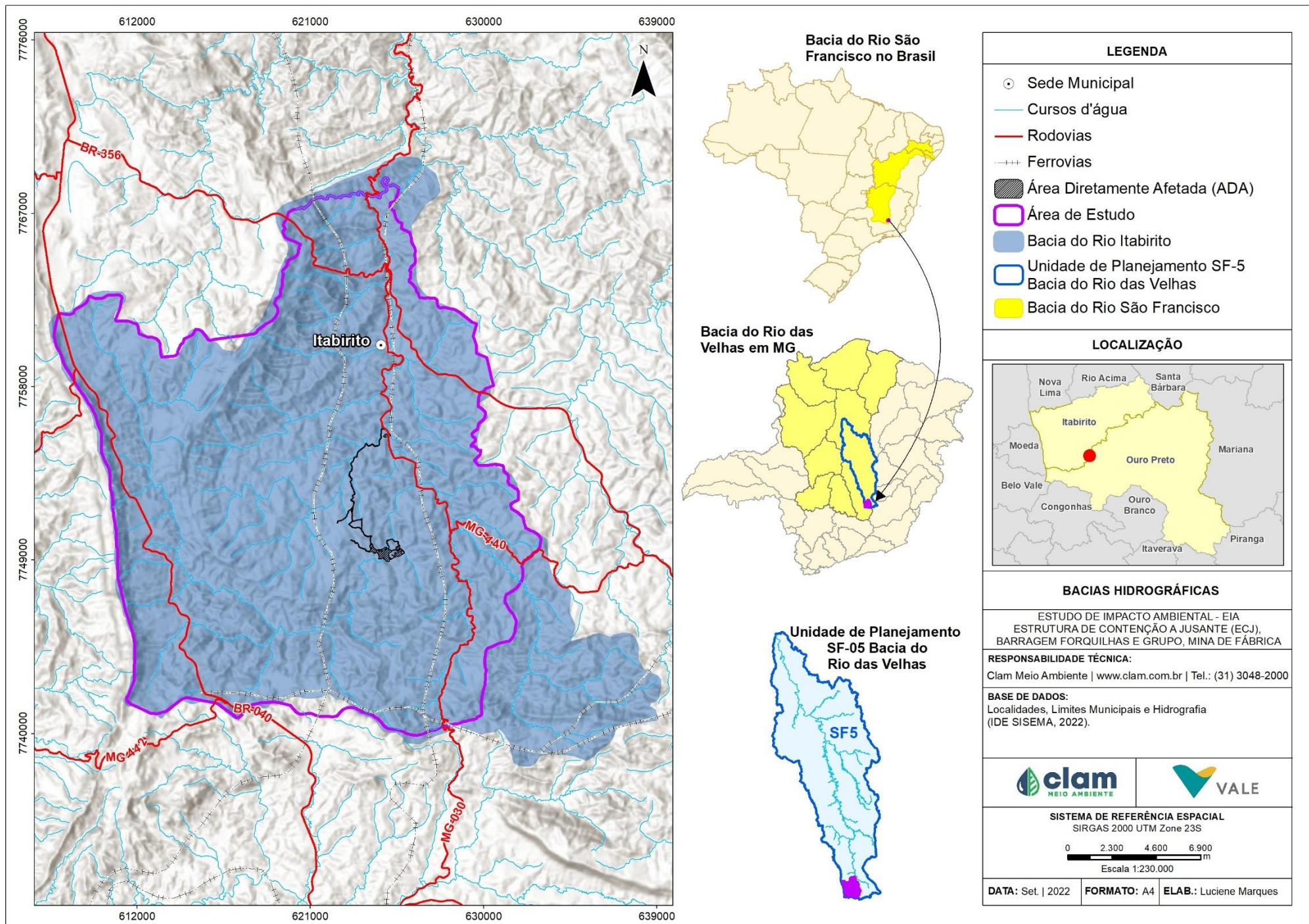


Figura 5-35 - Mapa de bacia hidrográfica



5.1.8.1.1 *Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas*

A Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas é considerada a maior afluyente em comprimento da bacia do Rio São Francisco apresentando uma extensão de 761 Km. Esta abarca 51 municípios, sendo estes 44 com sede na própria bacia. Seus principais rios são: rio Cipó, rio Corrente, rio Pardo, rio Onça, rio Bicudo, rio Picão e rio Curimatai (CBHSF, 2022). A bacia pode ser dividida em quatro macrorregiões de planejamento: Alto, Médio Alto, Médio Baixo e Baixo rio das Velhas.

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas foi promulgado pelo Decreto Estadual nº 39.692, de 29 de junho de 1998, o qual institui o Comitê com a finalidade de desenvolvimento sustentado da bacia no que tange à gestão dos recursos hídricos.

A bacia hidrográfica do rio das Velhas é extensa e possui características muito variadas, porém há aspectos que permitem a identificação de regiões homogêneas. Desse modo, foi realizada uma análise de feições em comum e definidas como Unidades Territoriais Estratégicas (UTE's), para agrupamento. As feições analisadas foram a hidrografia, as tipologias de relevo, a ocupação da bacia e a presença de região metropolitana com seus impactos sobre os recursos hídricos (IGAM, 2015).

A região do alto rio das Velhas, onde a área de estudo está localizada, apresenta o maior contingente populacional, com uma expressiva atividade econômica, concentrada, principalmente, na região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Nessa região, encontra-se o sistema de abastecimento integrado rio das Velhas com captação no rio das Velhas e capacidade instalada de 9,0 m³/s abastecendo 74% da cidade de Belo Horizonte além das cidades de Raposos, Nova Lima, Sabará e Santa Luzia. Os principais agentes poluidores são os esgotos industriais e domésticos não tratados e os efluentes gerados pelas atividades minerárias clandestinas, atuantes nesta parte da bacia (IGAM, 2015).

A Bacia do Rio das Velhas é subdividida em 23 Unidades Territoriais Estratégicas (UTES), definidas pela Deliberação Normativa CBH Rio das Velhas nº 01, de 09 de fevereiro de 2012 e Deliberação Normativa CBH Rio das Velhas nº 02, de 02 de agosto de 2019 em seu Art. 3º, Parágrafo 2º. Na região do Alto rio das Velhas estão inseridas sete (7) Unidades Territoriais Estratégicas (UTE's), conforme apresentado na Tabela 5-15, sendo que a ECJ Fábrica e as barragens Forquilhas I, II, III, Grupo, se inserem na UTE Rio Itabirito.

Tabela 5-15 - Unidades Territoriais Estratégicas (UTE's) do Alto do Rio das Velhas.

Região	UTE/SCBH		Área (km²)	Percentual da bacia (%)
Alto	1	Nascentes	541,58	1,94
	2	Rio Itabirito	548,89	1,97
	3	Águas do Gandarela	323,66	1,16
	4	Águas da Moeda	544,32	1,95
	5	Ribeirão Caeté/Sabará	331,56	1,19
	6	Ribeirão Arrudas	228,37	0,82



Região	UTE/SCBH		Área (km²)	Percentual da bacia (%)
	7	Ribeirão Onça	221,38	0,79
Total geral			2739,76	9,82

Fonte: CBH VELHAS, 2015.

A UTE Rio Itabirito localiza-se no Alto rio das Velhas e possui uma área de 541,58 km², composta pelos municípios de Itabirito, Ouro Preto e Rio Acima, que compõem o Subcomitê Rio Itabirito, instituído em 12 de maio de 2006. O município de maior porte populacional é Itabirito, que concentra 90,1% do total. Os principais cursos d'água da UTE Rio Itabirito são o rio Itabirito, ribeirão Mata Porcos, ribeirão do Silva, córrego do Mango, ribeirão Bação e o rio das Velhas que possui 73 km dentro da área da UTE (CBH VELHAS, 2021). As águas do rio Itabirito escoam para o rio das Velhas, contribuindo de maneira significativa para o abastecimento da população da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

A UTE Rio Itabirito possui quatro Unidades de Conservação inseridas parcialmente em seu território, somando aproximadamente 9.586,49 ha de áreas protegidas, o que representa 17,47% da área total. A totalidade da área está inserida no Quadrilátero Ferrífero, o que a qualifica como área prioritária para conservação.

Quanto ao uso do solo, a bacia do rio Itabirito é fortemente marcada pela atividade industrial, pelas atividades minerárias, pela expansão das atividades imobiliárias e implantação de infraestrutura viária. Além disso, a atividade agropecuária e o crescente aporte de sedimentos e esgotos sem tratamento, despejados diretamente nos cursos de água, vêm alterando a qualidade das águas desta importante sub-bacia do rio das Velhas.

Quanto ao ribeirão Mata Porcos, este curso d'água nasce da confluência do córrego Retiro ou da Cruz com o ribeirão do Silva, que tem suas nascentes localizadas entre 1400 e 1500 metros. Drena boa parte do sinclinal moeda, onde são observadas atividades de mineração e ocupação antrópica em loteamentos. O curso d'água percorre aproximadamente 33,5 km até o encontro com o ribeirão Sardinha, de onde se forma o Rio Itabirito (SCBH RIO ITABIRITO, 2013).

5.1.8.2 Qualidade das águas

O monitoramento e a avaliação da qualidade das águas são fatores primordiais para a adequada gestão dos recursos hídricos, permitindo a caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas, sendo essenciais para várias atividades de gestão, tais como: planejamento, outorga, cobrança e enquadramento dos cursos de água.

A qualidade das águas superficiais será avaliada respeitando o disposto na Legislação Estadual, por meio da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008 e na Legislação Federal pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Esta



última foi alterada pela Resolução CONAMA 430/11, que traz como complemento as alterações de alguns padrões do CONAMA 357/05, bem como, informa a separação das Condições de Padrões de Lançamento para efluentes e Condições e Padrões para Efluentes de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários.

O enquadramento dos corpos d'água é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e é responsável pela definição da classe de qualidade da água para seus usos preponderantes. Para a área de estudo, o enquadramento é determinado pela Deliberação Normativa (DN) COPAM nº 20, de 24 de junho de 1997. Esta deliberação prevê o enquadramento das águas da bacia do rio das Velhas, a qual a sub-bacia ribeirão Mata Porcos está inserida.

O Art. 1º descreve os trechos e os respectivos enquadramentos:

Trecho 20 - Ribeirão Mata-Porcos/Itabirito, das nascentes até a confluência com Rio das Velhas - Classe 2.

5.1.8.2.1 Metodologia

Para o monitoramento da qualidade das águas superficiais foram realizadas 6 campanhas de amostragem no período de agosto/2021 a junho/2022, contemplando 3 pontos ao longo da área de estudo. Na Tabela 5-16 estão descritos os pontos de monitoramento, parâmetros e frequência de amostragem e nas Figura 5-37 a Figura 5-39 podem ser vistas as fotos que representam as amostragens da primeira campanha realizada. A espacialização dos pontos se encontra no mapa da Figura 5-36.



Tabela 5-16 - Pontos de monitoramento de qualidade das águas superficiais – Bacia do rio das Velhas.

Ponto de Amostragem	Descrição	Parâmetros	Coordenadas UTM		Sub-Bacia	Frequência de Monitoramento
			N	E		
P03	Montante ECJ Bação - Ribeirão Mata Porcos	1,1-Dicloroeteno / 1,2-Dicloroetano / 1,2-Dicloroeteno (Cis + Trans) / 1-Bromo-4-fluorbenzeno (Surrogate) / 2,4,5-T / 2,4,5-TP / 2,4,6-Triclorofenol / 2,4-Diclorofenol / 2-Clorofenol / 2-Fluorobifenilo (Surrogate) / Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) / Acrilamida / Alaclor / Alcalinidade Total / Aldrin+Dieldrin / Alumínio Dissolvido / Amônia / Antimônio Total / Arsênio Total / Atrazin / Bário Total / Benzeno / Benzidina / Benzo(a)antraceno / Benzo(a)pireno / Benzo(b)fluoranteno / Benzo(k)fluoranteno / Berílio Total / Boro Total / Cádmio Total / Carbaril / Chumbo Total / Cianeto Livre / Cianeto Total / Clordano (Isômeros) / Cloreto / Clorofórmio / Cobalto Total / Cobre Dissolvido / Coliformes Termotolerantes / Coliformes Totais / Condutividade Elétrica (In situ) / Cor Verdadeira / Criseno / Cromo Hexavalente / Cromo Total / Cromo Trivalente / DDT(Isômeros) / Demanda Bioquímica de Oxigênio / Demanda Química de Oxigênio / Demeton (isômeros misturados) / Dibenzo(a,h)antraceno / Diclorometano (Cloreto de Metileno) / Dureza Total / Endosulfan (a, b, sulfato) / Endrin / Enterococos/Estreptococos / Estanho Total / Estireno / Etilbenzeno / Fenóis Totais / Ferro Dissolvido / Ferro Total / Fluoreto / Fósforo Total / g-BHC (Lindano) / Glifosato / Gution / Heptacloro + Heptacloro Epóxido / Hexaclorobenzeno / Indeno(1,2,3-cd)pireno / Lítio Total / Malation / Manganês Dissolvido / Manganês Total / Mercúrio Total / Metolacolor / Metoxicloro / Mirex (Dodecacloropentaciclodecano) / M-Paration / Níquel Total / Nitrato (N) / Nitrito (N) / Nitrogênio Amoniacal / Nitrogênio Total / Óleos Graxas Mineral / Óleos Graxas Total / Óleos Vegetais e Gorduras Animais / Ortofosfato / Oxigênio Dissolvido (In situ) / PCB-101 / PCB-118 / PCB-138 / PCB-153 / PCB-180 / PCB-28 / PCB-52 / PCBs / Pentaclorofenol / pH (In situ) / Prata Total / P-Terfenil-d14 (Surrogate) / Selênio Total / Simazina / Sólidos Dissolvidos Totais / Sólidos Sedimentáveis / Sólidos Suspensos Totais / Sulfato / Sulfeto / Sulfeto (H2S não Dissociado) / Sulfeto de Hidrogênio / Surfactantes Aniônicos / Temperatura Ambiente / Temperatura da Amostra / Tempo / Tetracloroeto de Carbono / Tetracloroeteno / Tolueno / Tolueno-d8 (Surrogate) / Toxafeno / Tributilestanho / Triclorobenzenos (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB+1,3,5 TCB) / Tricloroeteno / Trifluralina / Turbidez / Última Chuva / Urânio Total / Vanádio Total / Xileno / Zinco Total	7.749.165	624.962	Mata Porcos	Bimestral
P04	Jusante ECJ Bação - Ribeirão Mata Porcos		7.749.569	625.031	Mata Porcos	
P05	ÁGUA_FAB_15 - Rio Itabirito		7.752.874	626.494	Itabirito	

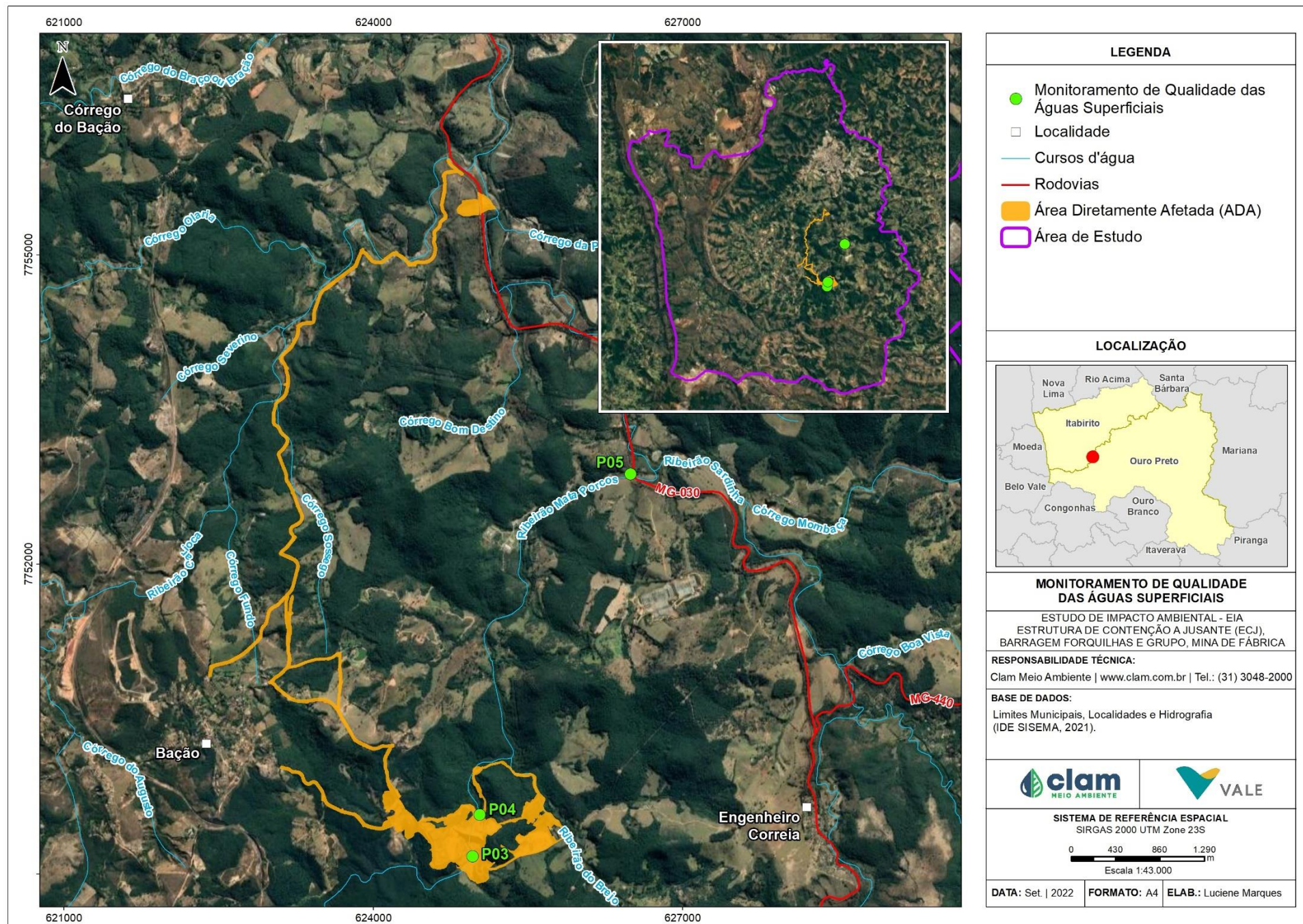


Figura 5-36 - Pontos de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais.



Figura 5-37 - Amostragem de águas superficiais no Ponto 03.

Fonte: CLAM, 2021.



Figura 5-38 - Amostragem de águas superficiais no Ponto 04.

Fonte: CLAM, 2021.



Figura 5-39 - Amostragem de águas superficiais no Ponto 05.

Fonte: CLAM, 2021.

5.1.8.2.2 Resultados

Os resultados encontrados são apresentados a seguir, divididos por tipologia, de modo a facilitar a discussão. Ressalta-se que os dados obtidos nas campanhas realizadas podem ser associados ao fim da obra Estrutura de Contenção a Jusante (ECJ) de Fábrica.

Caracterização genérica da água: temperatura, pH, cor verdadeira e turbidez

Temperatura

A temperatura é um importante parâmetro a ser avaliado, pois, através de sua elevação é possível que ocorra um aumento na taxa das reações físicas, químicas e biológicas. Em geral, à medida em que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização

diminuem, enquanto que a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam. Em todos os pontos de amostragem houve temperaturas que variaram entre 17,7 °C e 25° C, conforme apresentado na Figura 5-40. A Resolução CONAMA n° 357/2005 e a DN COPAM/CERH-MG n° 01/2008 não estabelecem limite de temperatura para águas doces, classe 2.

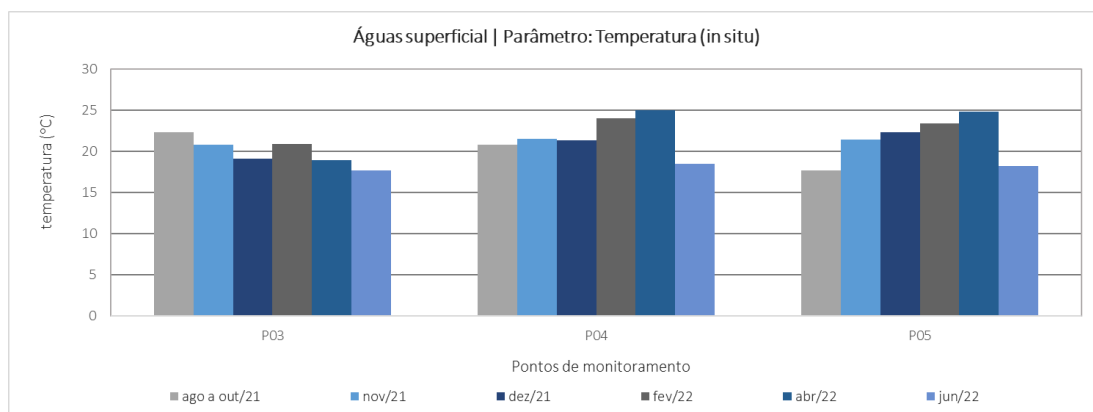


Figura 5-40 - Gráfico dos resultados das análises de temperatura em águas superficiais.

pH

O pH é o símbolo para uma medida físico-química, o potencial hidrogeniônico, que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução aquosa. O pH igual a 7 é considerado neutro, e a presença de ácidos ou de sais alteram o pH para uma faixa de 1 a 14. Portanto, o pH nos ambientes aquáticos é determinado pelos sais provenientes dos solos, isto é, pela alcalinidade, e pelos processos químicos que produzem ácidos, principalmente na decomposição de matéria orgânica vegetal, que produz ácidos húmicos e fúlvicos (CETESB, 2020). A análise de pH fornece informações sobre o equilíbrio ácido-básico em soluções aquosas e exerce influência sobre a fisiologia de várias espécies aquáticas, além de, determinadas condições de pH contribuírem para a precipitação de elementos químicos tóxicos, como metais pesados, ou para a solubilidade de nutrientes (ESTEVEZ, 2011).

No gráfico da Figura 5-41, são apresentados os dados dos resultados de pH em que a maioria dos resultados estiveram de acordo com a faixa limite de 6 a 9 estabelecida pela Resolução CONAMA n° 357/2005 e pela DN COPAM/CERH-MG n° 01/2008 para águas doces, classe 2. Os resultados de pH entre todos os pontos amostrados, durante as seis campanhas de monitoramento, variaram de 6,84 (P03, fev/22) a 8,15 (P04, agosto/21), indicando duas observações extremas com características que variam de ácidas a alcalinas.

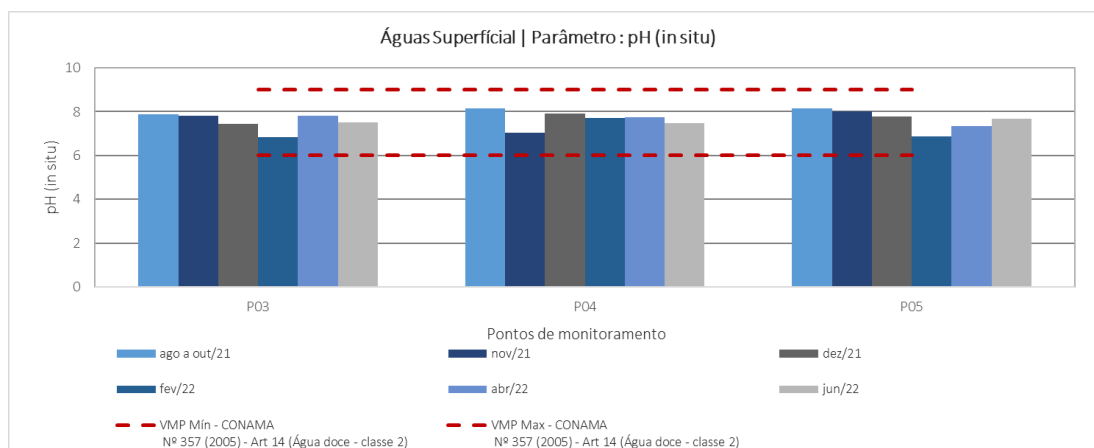


Figura 5-41 - Gráfico dos resultados das análises de pH em águas superficiais

Cor verdadeira e turbidez

A cor verdadeira e a turbidez estão relacionadas ao grau de redução da intensidade que a luz sofre ao atravessar a água. No caso da cor verdadeira, é devido à presença de sólidos dissolvidos e no caso da turbidez, é devido aos sólidos em suspensão. No gráfico da Figura 5-42 é possível visualizar que todos os valores obtidos para cor verdadeira atenderam ao limite de 75 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 e pela DN COPAM/CERH-MG n° 01/2008 para águas doces, classe 2.

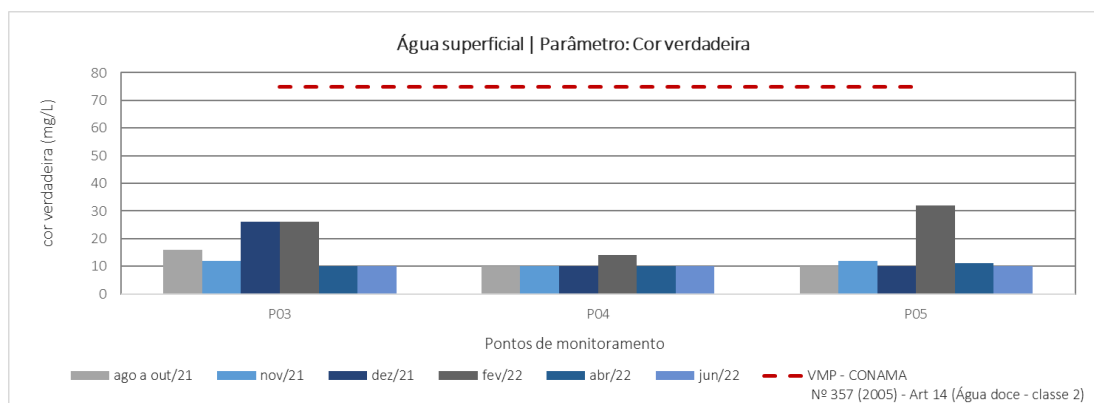


Figura 5-42 - Gráfico dos resultados das análises de cor verdadeira em águas superficiais.

Já para turbidez, dentre os pontos amostrados durante as seis campanhas de monitoramento, foi observado que em fevereiro/2022 os valores de todos os pontos de monitoramento ficaram acima do permitido na legislação vigente, conforme gráfico da Figura 5-43. A origem dos sólidos em suspensão, causadores do aumento de turbidez no período chuvoso, pode ser diversa: exposição do solo (quando não há mata ciliar – por meio da erosão); lavra, como a retirada de areia ou a exploração de argila; e, indústrias ou o esgoto doméstico lançado no manancial sem tratamento. Após chuvas fortes, as águas dos cursos hídricos, normalmente, ficam turvas, graças ao carreamento dos sedimentos das margens pela enxurrada.

Vale ressaltar que, em fevereiro/22, a turbidez no ponto P03, a montante da ECJ, obteve valor

de 835 NTU, bem maior que no ponto imediatamente a jusante, P04, onde o valor encontrado foi de 153 NTU. No ponto P05, já próximo à MG-030, a turbidez encontrada no mesmo mês foi de 1115 NTU, o que indica que o resultado se deve, possivelmente, a interferências externas à ECJ, localizadas entre os pontos P04 e P05.

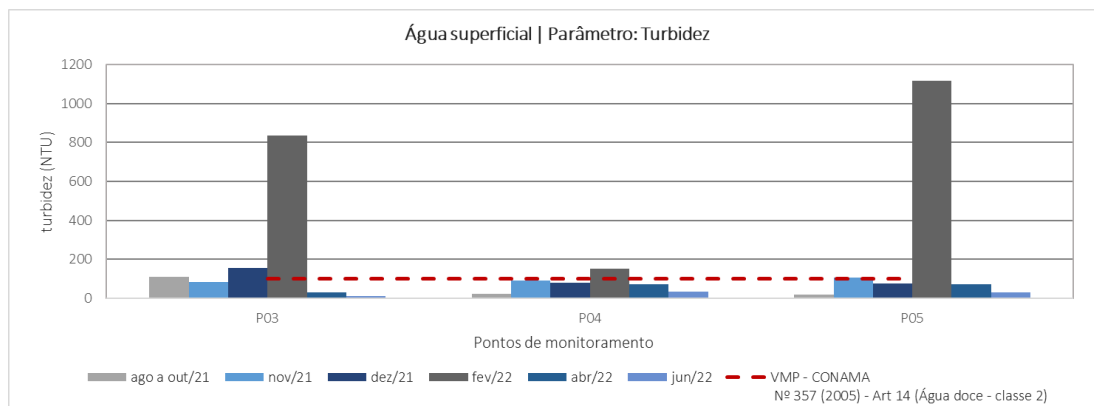


Figura 5-43 - Gráfico dos resultados das análises de turbidez em águas superficiais

Caracterização do grau de mineralização da água: alcalinidade, dureza, condutividade e sólidos totais dissolvidos

Alcalinidade

A alcalinidade é a medida total de, principalmente, bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos presentes na água, capazes de neutralizarem ácidos (capacidade de resistir às mudanças de pH). Os principais constituintes são os sólidos dissolvidos, podendo ser de origem natural da dissolução das rochas e da reação do CO₂ (advindo da decomposição da matéria orgânica) ou de despejos industriais (VON SPERLING, 2014). A Resolução CONAMA n° 357/2005 e a DN COPAM/CERH-MG n° 01/2008 não estabelecem limite para alcalinidade em águas doces, classe 2.

Os resultados analíticos para os ensaios de alcalinidade são apresentados no gráfico da Figura 5-44 e mostram que o valor mínimo encontrado foi de 26,7 mg/L (P03, fevereiro/22) e o máximo foi de 166 mg/L (P03, junho/22).

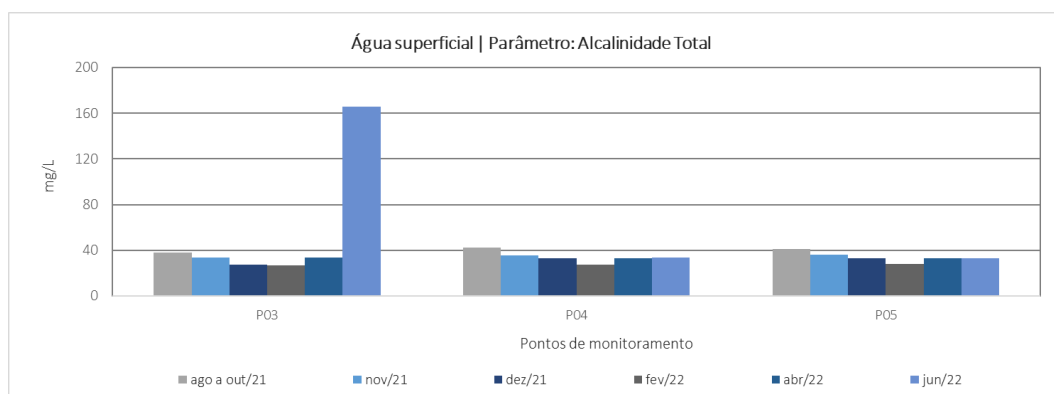


Figura 5-44 - Gráfico dos resultados das análises de alcalinidade em águas superficiais

Dureza

A dureza da água é provocada principalmente pela presença de cálcio e magnésio, além de outros cátions como ferro, manganês, estrôncio, zinco, alumínio, hidrogênio, etc., associados em maior expressividade a ânions carbonáticos (mais propriamente bicarbonato, que é o mais solúvel) e sulfatos, além de outros ânions como nitrato, silicato e cloreto. São quatro os principais compostos que conferem dureza às águas: bicarbonato de cálcio, bicarbonato de magnésio, sulfato de cálcio e sulfato de magnésio. A principal fonte destes constituintes que provocam elevados teores de dureza nas águas são os sólidos dissolvidos provenientes da dissolução das rochas calcárias pelo gás carbônico da água (CETESB, 2020). A Resolução CONAMA n° 357/2005 e a DN COPAM/CERH-MG n° 01/2008 também não estabelece limite para dureza em águas doces, classe 2.

De todas as amostras analisadas, conforme apresentado na Figura 5-45, os resultados variaram de 28,7 mg/L no P03 (dezembro/2021) a 50,2 mg/L no P04 (agosto/2021).

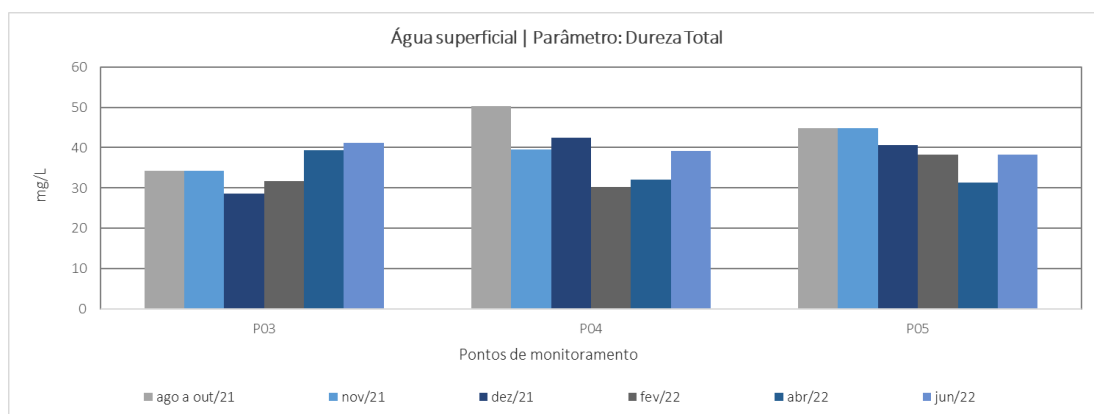


Figura 5-45 - Gráfico dos resultados das análises de dureza em águas superficiais

Condutividade Elétrica

A expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica é determinada pela condutividade. Sua variação é condicionada pelas concentrações iônicas e pela temperatura, indicando a quantidade de sais que existem na água e, portanto, representando indiretamente a ocorrência de concentrações de outros poluentes. Também fornece indicação de modificações na composição da água, principalmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes, sendo que, à medida que a concentração de sólidos dissolvidos aumenta, a condutividade da água também tende a aumentar (CETESB, 2020). O parâmetro não possui limite estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 e pela DN COPAM/CERH-MG n° 01/2008 para águas doces, classe 2, mas geralmente, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados.

Na Figura 5-46, é possível visualizar que o valor máximo encontrado, entre todos os pontos de monitoramento, foi de 130 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P04, fevereiro/22) e o menor valor foi de 53 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P03, dezembro/21).

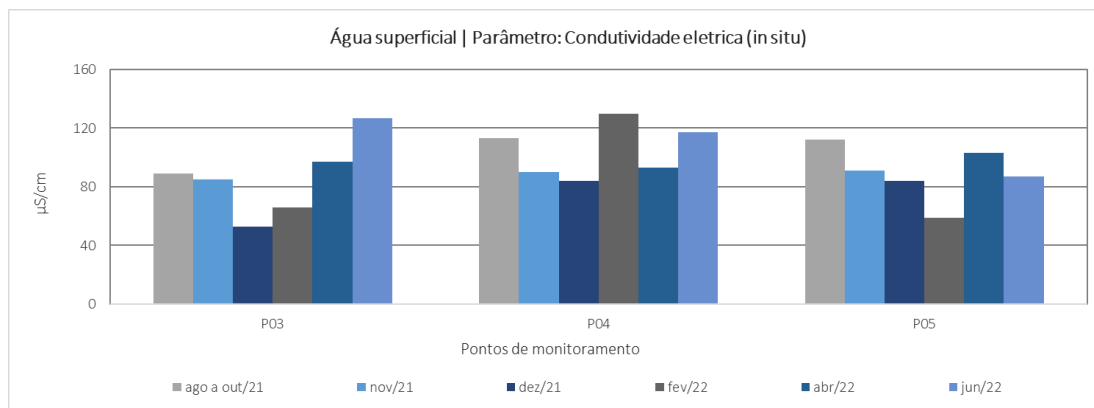


Figura 5-46 - Gráfico dos resultados das análises de condutividade elétrica (*in situ*) em águas superficiais.

Sólidos Dissolvidos Totais

Os sólidos dissolvidos condizem à fração filtrável dos sólidos totais. Referem-se aos íons provenientes da dissolução dos sais nas águas (VON SPERLING, 2005). Geralmente são originados do intemperismo das rochas, onde os ambientes aquáticos apresentam altos resultados de sólidos dissolvidos, ou da contribuição de despejos industriais. Assim, o teor de sólidos dissolvidos está relacionado com a condutividade elétrica, que é diretamente proporcional à quantidade de íons por volume de água, e à dureza ou mineralização.

De acordo com a Figura 5-47, é possível visualizar que nenhum resultado extrapolou o limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 e pela DN COPAM/CERH-MG n° 01/2008 para águas doces, classe 2, que é de 500 mg/L. O resultado máximo encontrado foi de 106 mg/L (P05, novembro/21) e o mínimo foi de 40 mg/L (P03, fevereiro/22).

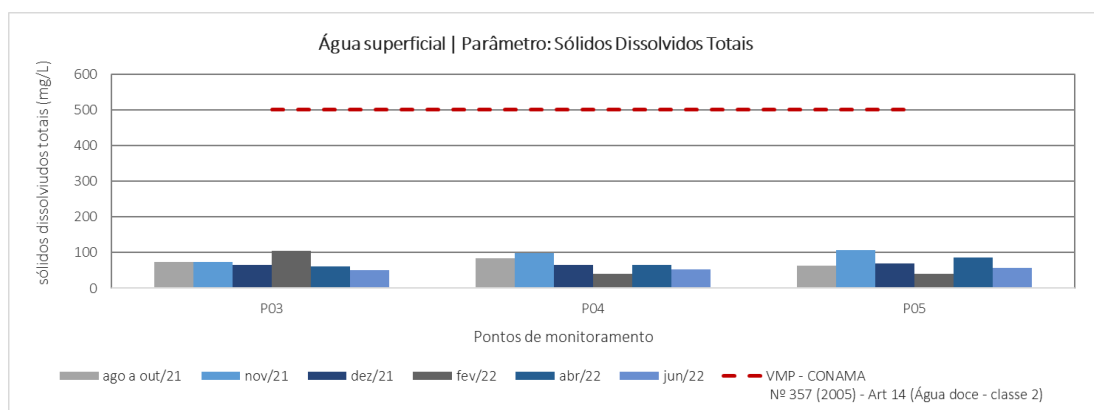


Figura 5-47 - Gráfico dos resultados das análises de sólidos dissolvidos totais em águas superficiais

Caracterização do grau de oxigenação e da poluição orgânica das águas: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e demanda química de oxigênio

Oxigênio Dissolvido

As principais fontes de oxigênio dissolvido nas águas superficiais são a difusão a partir da atmosfera e a produção vegetal (fotossíntese). No entanto, as perdas são decorrentes da respiração dos organismos aquáticos e oxidação química, principalmente por íons metálicos,

como ferro e manganês, e no ciclo de moléculas orgânicas, como do nitrogênio e do enxofre (ESTEVES, 2011).

Considerando os dados apresentados na Figura 5-48, observa-se que, dentre as amostras analisadas, uma apresentou resultado abaixo do limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 e pela DN COPAM/CERH-MG n° 01/2008 para águas doces, classe 2, de 5 mg/L. O valor mínimo foi de 3,96 mg/L e foi encontrado no P05 em abril/2022. Os resultados de oxigênio dissolvido no presente monitoramento indicam, de modo geral, que as águas monitoradas são bem oxigenadas, sendo favoráveis ao desenvolvimento das comunidades aquáticas.

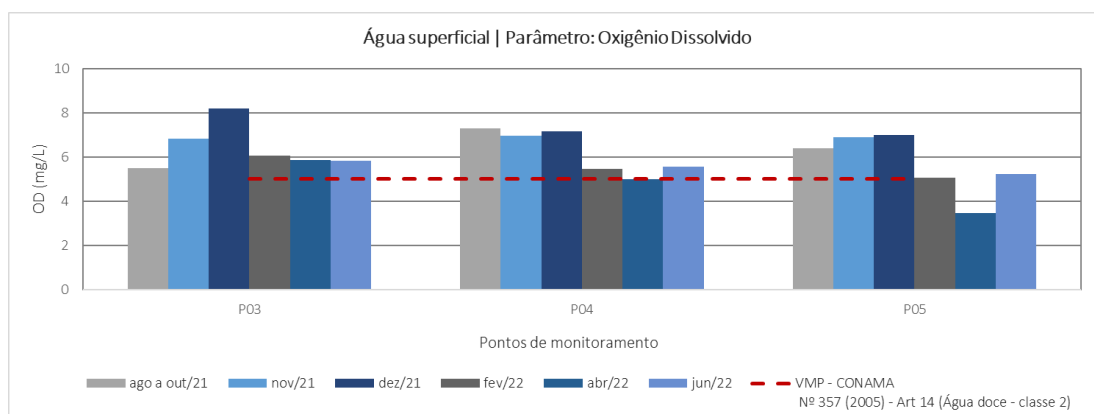


Figura 5-48 - Gráfico dos resultados das análises de oxigênio dissolvido (*in situ*) em águas superficiais

DBO

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é a medida indireta da matéria orgânica na água através do cálculo do consumo de oxigênio por microrganismos em um dado período. Quanto maior a concentração de matéria orgânica presente no corpo de água, mais elevado o consumo de oxigênio pelos microrganismos que a degradam. Tendo em vista que na demanda bioquímica os microrganismos não conseguem quebrar matéria orgânica muito complexa em curto espaço de tempo, a DBO é considerada a medida indireta da matéria orgânica de fácil degradação (ESTEVES, 2011).

No período amostrado, a DBO verificada em todas as amostras evidenciou valores de 3 mg/L, portanto dentro do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 e pela DN COPAM/CERH-MG n° 01/2008, que possuem valor máximo permitido de 5 mg/L (Figura 5-49).

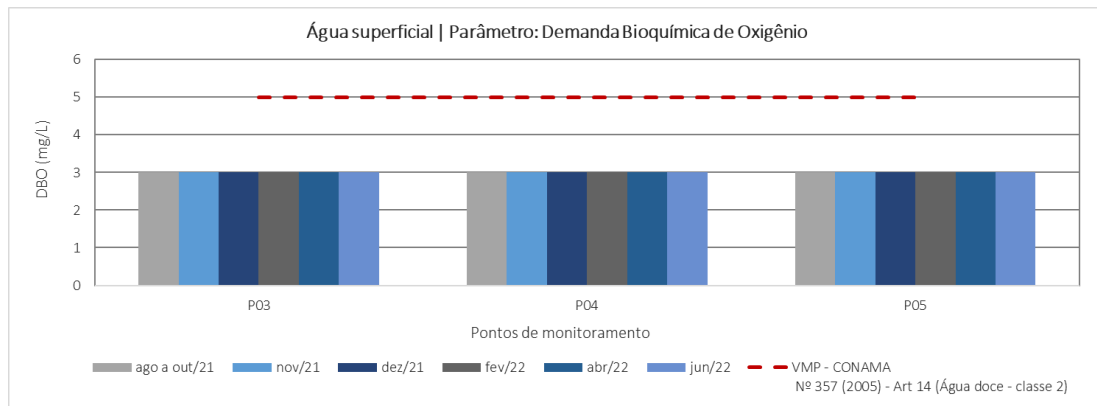


Figura 5-49 - Gráfico dos resultados das análises da demanda bioquímica de oxigênio em águas superficiais

Caracterização da presença de sólidos na água: sólidos em suspensão e sólidos sedimentáveis

Sólidos em Suspensão Totais

Os sólidos em suspensão são a porção dos sólidos totais que ficam retidos em um filtro que propicia a retenção de partículas de diâmetro maior ou igual a 1,2 μm . São representados por colóides e partículas menos densas que a água, inclusive microrganismos planctônicos.

Na Figura 5-50, são apresentados os resultados das análises de sólidos suspensos totais, onde observa-se que os resultados de todos os pontos estiveram acima do limite estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces, classe 2, nas campanhas realizadas em dezembro/2021 e em fevereiro/2022. Além disso, o P03 apresentou concentrações acima do VMP em agosto e novembro/2021. Os resultados de todas as análises variaram de 13 mg/L (P05, agosto/2021) a 2132 mg/L (P05, fevereiro/2022).

O comportamento observado para o parâmetro sólidos em suspensão foi similar ao da turbidez, com maiores valores em fevereiro/2022, no período chuvoso, com maiores concentrações no P03 (a montante da ECJ) e no P05 (a jusante, já próximo à MG-030), e menor valor no ponto P04, imediatamente a jusante da ECJ. Este dado pode indicar que o resultado obtido no P05 se deve, possivelmente, a interferências externas à ECJ, localizadas entre os pontos P04 e P05.

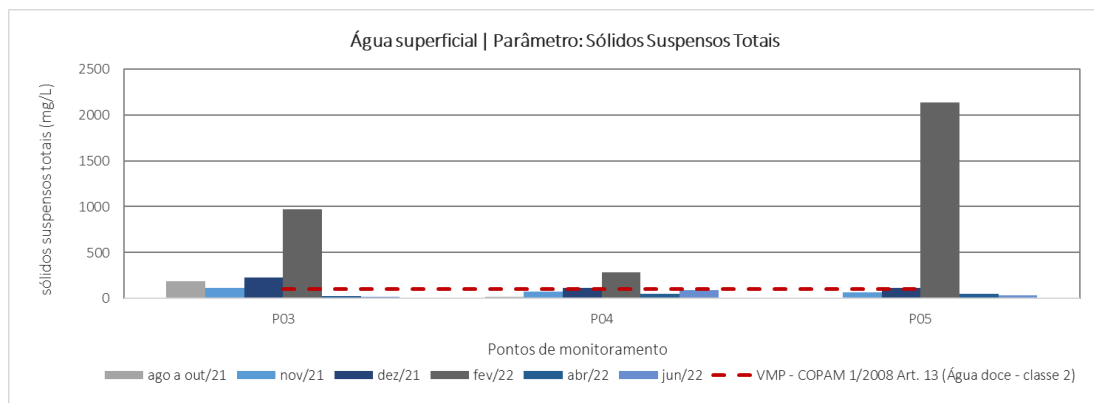


Figura 5-50 - Gráfico dos resultados das análises de sólidos suspensos totais em águas superficiais

Sólidos Sedimentáveis

Os sólidos sedimentáveis são aqueles designados a fração de sólidos em suspensão na água que decantam em certas condições, devido a ação da gravidade. Este parâmetro não é limitado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 e pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas doces, classe 2.

Os resultados variaram entre 0,3 ml/L e 2 ml/L, conforme gráfico apresentado na Figura 5-51. Os maiores valores encontrados foram no período chuvoso (fevereiro/22). Esses materiais podem ser provenientes de grandes carreamentos de solos e material orgânico no entorno da bacia.

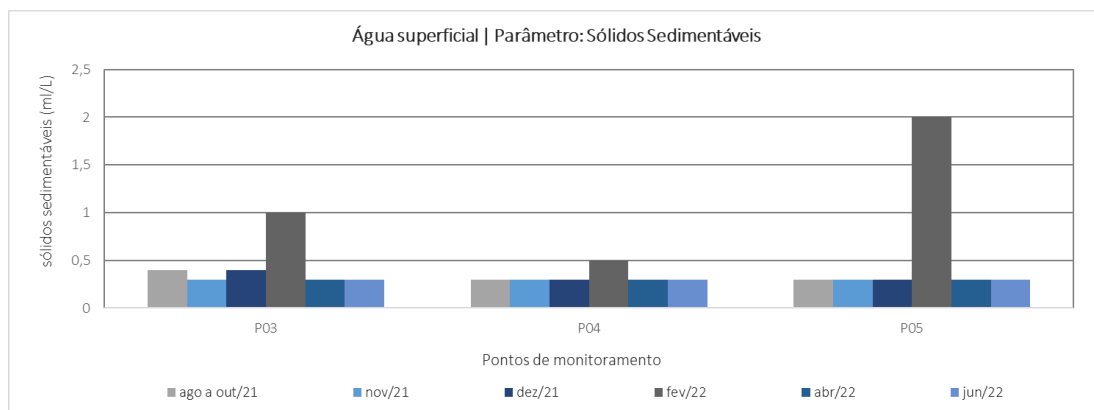


Figura 5-51 - Gráfico dos resultados das análises de sólidos sedimentáveis em águas superficiais

Caracterização da presença de nutrientes na água: Fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrato

Fósforo

O fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macro-nutrientes. Em termos de qualidade das águas, este se apresenta na água principalmente nas formas de ortofosfato e fosfatos orgânicos. Porém, o ortofosfato se encontra diretamente disponível para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões à forma mais simples. A origem antrópica desse macro-nutriente ocorre a partir de

lançamentos de despejos domésticos, industriais, excrementos de animais, fertilizantes e detergentes (CETESB, 2020; VON SPERLING, 2014).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 e a DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008 estabelecem o limite máximo de 0,1 mg/L para fósforo em ambientes lóticos e tributários de ambientes intermediários em águas doces, classe 2. Como observado no gráfico da Figura 5-52, o fósforo registrou valores acima do limite em todos os pontos na análise de fevereiro/2022, o P03 obteve concentração de 0,16 mg/L, acima do VMP, em agosto/2021 e o P04 superou o limite em junho/2022 (0,31 mg/L).

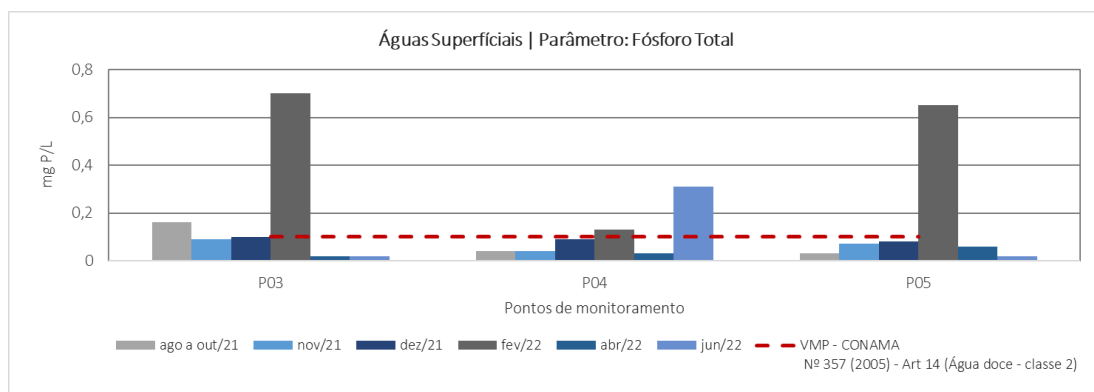


Figura 5-52 - Gráfico dos resultados das análises de fósforo total em águas superficiais.

Nitrogênio

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras são formas reduzidas e as duas últimas, oxidadas. Pode-se associar as etapas de degradação da poluição orgânica por meio da relação entre as formas de nitrogênio. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas (CETESB, 2020).

Das diversas fontes de nitrogênio em águas naturais, os esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico, devido à presença de proteínas, e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da ureia na água, mas fontes como efluentes industriais; atmosfera (pela biofixação por bactérias e algas); fixação química de efluentes de drenagem; e o escoamento de águas pluviais (em solos fertilizados - áreas agrícolas; e fontes difusas de poluição - áreas urbanas), também podem contribuir para o aumento das concentrações de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas naturais (CETESB, 2020). A série de nitrogênio aqui avaliada é constituída por nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato.

Nos gráficos das Figura 5-53 a Figura 5-56 são apresentados os dados de nitrogênio total, amoniacal, nitrito e nitrato das seis campanhas realizadas. A partir desses gráficos, é possível perceber se o foco de poluição se encontra próximo ao local amostrado, nos casos onde é identificada a predominância de nitrogênio amoniacal na amostra coletada; ou mais distante do local de coleta, nos casos onde o nitrito e/ou nitrato são predominantes.

No gráfico da Figura 5-53, percebe-se a predominância do nitrogênio amoniacal com seu valor mais alto no P03 (0,8 mg/L, dezembro/21) e seu menor valor no ponto P05 (0,1 mg/L, junho/22).

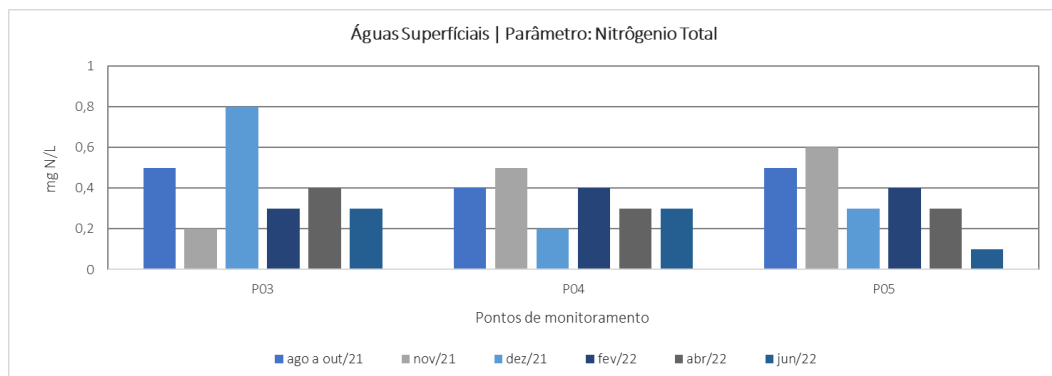


Figura 5-53 - Gráfico dos resultados das análises de nitrogênio total em águas superficiais

No gráfico da Figura 5-54, nos pontos de monitoramento dentro da área de estudo, percebe-se que todos os resultados obtidos para os pontos P03, P04 e P05 ficaram abaixo dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA n° 357/2005, variando entre 0,06 mg/L (P03 e P05, junho/2022) e 0,22 mg/L (P04, fevereiro/2022). Além disso, as concentrações encontradas foram bem abaixo de 5 mg/L, concentração acima da qual pode causar prejuízos e não ser suportada por muitas espécies de peixes (CETESB, 2020).

Como os limites de nitrogênio amoniacal variam com o pH para águas doces classe 2, foram apresentados no gráfico os três limites pertinentes, sendo estes detalhados na Figura 5-17, por ponto em cada amostragem realizada.

Tabela 5-17 - Valores Máximos Permitidos para Nitrogênio Amoniacal em relação ao pH obtido.

Ponto de Monitoramento	Concentrações de Nitrogênio Amoniacal por Campanha de Amostragem (mg/L)					
	ago a set/21	out/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/22
P03	2,0	2,0	3,7	3,7	2,0	2,0
P04	1,0	3,7	2,0	2,0	2,0	3,7
P05	1,0	1,0	2,0	3,7	3,7	2,0

VMP Nitrogênio Amoniacal:

3,7 mg/L para $\text{pH} \leq 7,5$; 2,0 mg/L para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$; 1,0 mg/L para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$; e 0,5 mg/L para $\text{pH} > 8,5$.

Fonte: Resolução CONAMA n° 357/2005 (classe 2).

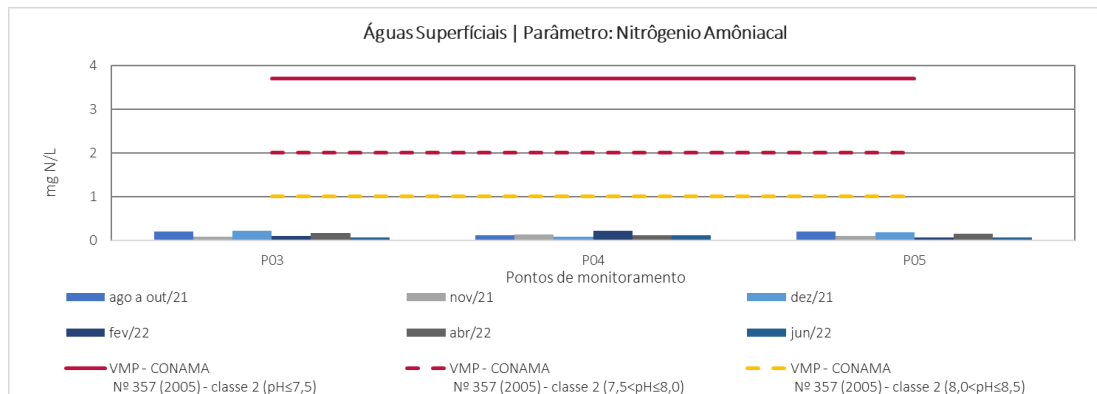


Figura 5-54 - Gráfico dos resultados das análises de nitrogênio amoniacal em águas superficiais

No gráfico das Figura 5-55 e Figura 5-56, os valores encontrados de nitrito e nitrato nas seis campanhas de monitoramento não ultrapassaram o valor máximo permitido, segundo a Resolução CONAMA 357/05 e a DN COPAM/CERH-MG n° 01/2008, que é de 10 mg/L.

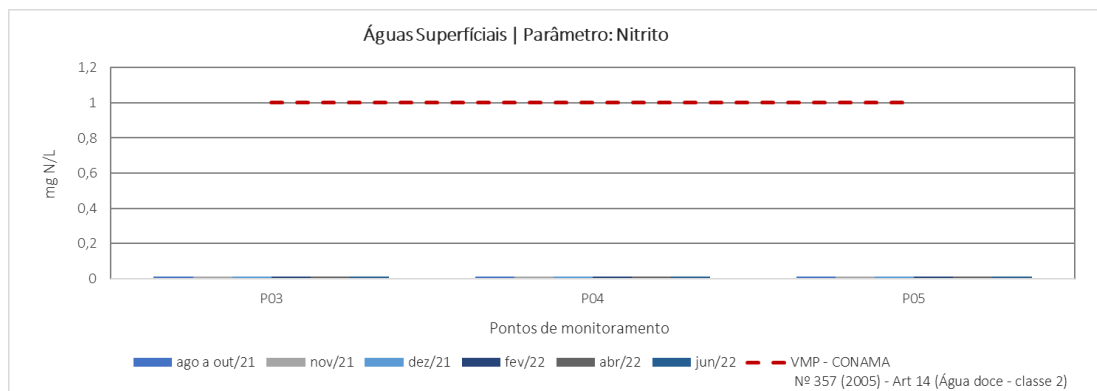


Figura 5-55 - Gráfico dos resultados das análises de nitrito em águas superficiais

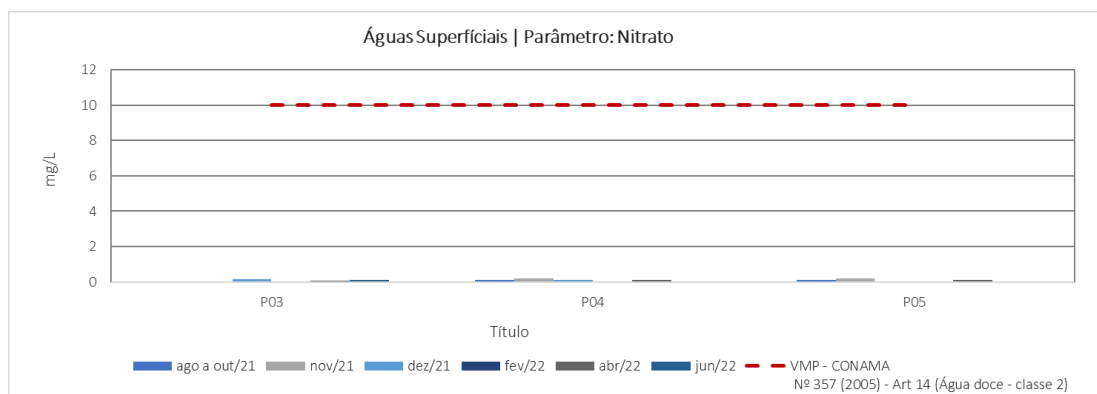


Figura 5-56 - Gráfico dos resultados das análises de nitrato em águas superficiais



Caracterização da presença de elementos-traço e eventuais contaminantes na água: alumínio, arsênio, bário, cádmio, cobre, cromo, chumbo, ferro dissolvido, mercúrio, manganês, prata, selênio e zinco

Elementos-traço

As principais fontes de elementos-traço para os ambientes aquáticos são o intemperismo de rochas e a erosão de solos ricos nesses minerais, mas ocorrem na natureza de um modo geral em pequenas concentrações. Alguns elementos traço (magnésio, ferro, zinco, manganês, entre outros) são essenciais aos seres vivos e têm importante papel no metabolismo dos organismos aquáticos, já que participam de um grande número de processos fisiológicos. Outros (mercúrio, chumbo, cádmio, cromo, níquel, estanho, entre outros), no entanto, não apresentam função biológica definida. Devido a isso, podem apresentar alta toxicidade aos vegetais e animais quando ocorrem em grandes concentrações (ESTEVES, 2011).

Dos elementos analisados em todos os pontos do monitoramento, entre agosto/21 e junho/22, o mercúrio, cromo, prata e selênio não apresentaram resultados detectáveis, estando de acordo com os respectivos limites permitidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005 e pela DN COPAM/CERH-MG n° 01/2008 para águas doces, classe 2.

Na água, o elemento traço alumínio pode ocorrer em diferentes formas, sendo influenciado pelo pH, pela temperatura e pela presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. Sua solubilidade é baixa em pH, entre 5,5 e 6,0, e as concentrações em águas com pH neutro variam de 0,001 a 0,05 mg/L, mas aumentam para 0,5-1 mg/L em águas mais ácidas ou ricas em matéria orgânica. Em águas com extrema acidez, afetadas por descargas de mineração, as concentrações de alumínio dissolvido podem ser maiores que 90 mg/L. O aumento da concentração de alumínio também está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez (CETESB, 2020).

Dentre as amostras analisadas, o alumínio dissolvido apresentou valor acima do VMP (Valor Máximo Permitido) preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 e pela DN COPAM/CERH-MG n° 01/2008 para águas doces, classe 2, apenas no P05 em fevereiro/2022, onde a concentração foi de 0,15 mg/L, conforme Figura 5-57. Dado que, o resultado não conforme foi obtido no período chuvoso; que o ponto P05 se localiza já próximo à MG-030; e que a concentração observada para o P04, imediatamente a jusante da ECJ, foi bem abaixo dos outros dois pontos, no mesmo período, é possível sugerir que o resultado acima do limite no P05 se originou de fontes externas ao empreendimento.

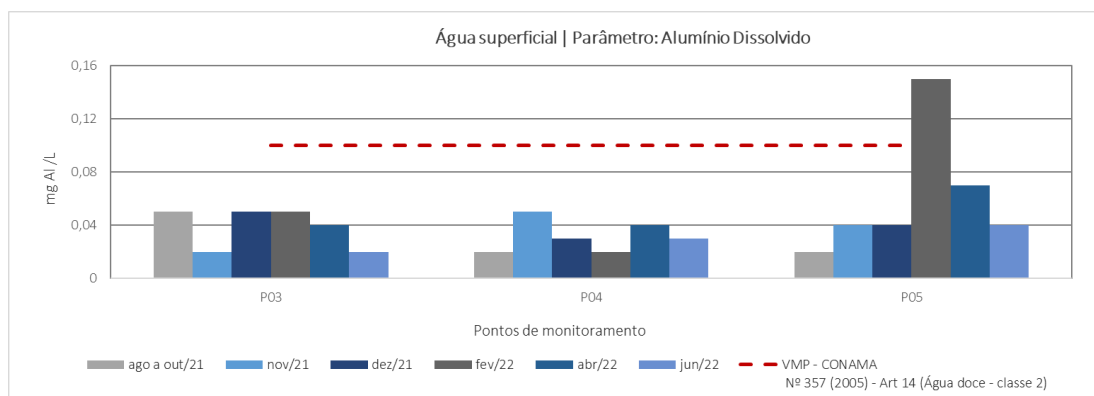


Figura 5-57 - Gráfico dos resultados das análises de alumínio dissolvido em águas superficiais

O transporte e a distribuição do arsênio dependem da sua forma química e de interações com outros materiais presentes no meio aquático. O arsênio é insolúvel em água, mas muitos compostos de arsênio são solúveis. Normalmente o arsênio é coprecipitado e adsorvido sobre a superfície de óxidos de ferro (II) no solo, como teria ocorrido nos tempos antigos quando os sedimentos estavam sendo formados. Porém, o arsênio, junto com o ferro, é dissolvido, quando o ferro (III) insolúvel é reduzido pelo carbono orgânico natural para o Fe (II), que é mais solúvel. Dessa forma, a mais alta concentração de ferro dissolvido provoca uma concentração mais alta de arsênio na água superficial (BAIRD, 2011).

Segundo Borba *et al.* (2000), no período 1900 a 1940, cerca de 3×10^6 toneladas de rejeitos foram depositados em vales ao longo do ribeirão do Cardoso, afluente do rio das Velhas (distrito de Nova Lima). Após o preenchimento dos depósitos, os rejeitos foram descarregados diretamente nas drenagens locais, correspondendo a uma liberação de arsênio estimada de 390.000 toneladas.

Nos estudos de Vasconcelos *et al.* (2011) foram detectadas concentrações extremas de arsênio em águas superficiais, em particular no ribeirão do Cardoso, com valores de 0,26 a 1,71 mg/L, sendo que, estudos sobre as águas superficiais ao longo de todo o vale do rio das Velhas foram realizados pelo Instituto Mineiro de Administração de Águas (IGAM, 2005), encontrando concentrações mais altas de arsênio (0,45 mg/L) no local onde o córrego Cardoso deságua no rio das Velhas.

No gráfico da Figura 5-58, são apresentados os resultados analíticos de arsênio total encontradas por esse estudo durante o período de agosto/21 a junho/22. O arsênio total apresentou em todas as campanhas de monitoramento, os valores abaixo do limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 e pela DN COPAM/CERH-MG n° 01/2008 para águas doces, classe 2.

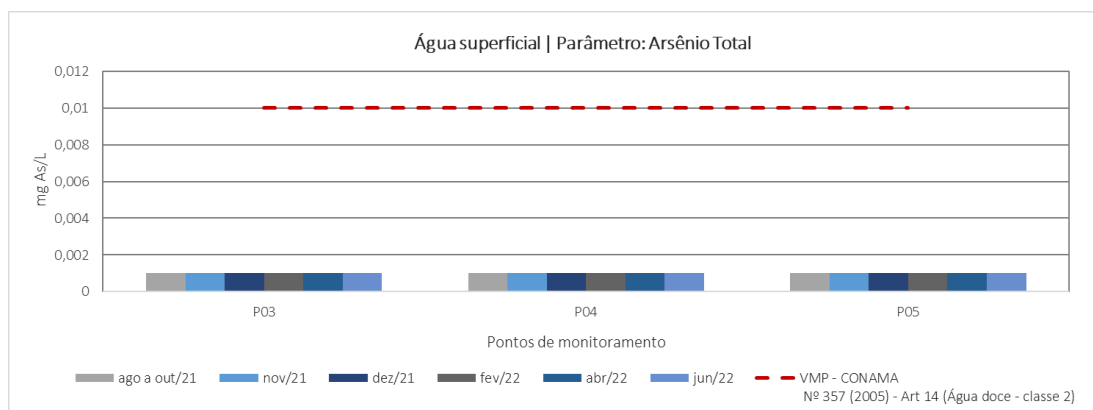


Figura 5-58 - Gráfico dos resultados das análises de arsênio total em águas superficiais.

As principais fontes de poluição antropogênica por chumbo são provenientes de rejeitos de processos industriais envolvendo emissões atmosféricas, provenientes da indústria metalúrgica, fábricas de fertilizantes, combustão de carvão e combustíveis fósseis, mineração e incineradores, além da aplicação direta no solo de biossólidos, estrume, fertilizantes e corretivos agrícolas (BAIRD, 2011). A presença do metal na água ocorre por deposição atmosférica ou lixiviação do solo, dado que, as doses letais para peixes variam de 0,1 a 0,4 mg/L (CETESB, 2020).

O chumbo total, limitado em 0,01 mg/L pela legislação vigente para águas doces, classe 2, não ultrapassou o limite estabelecido em todas as campanhas de monitoramento.

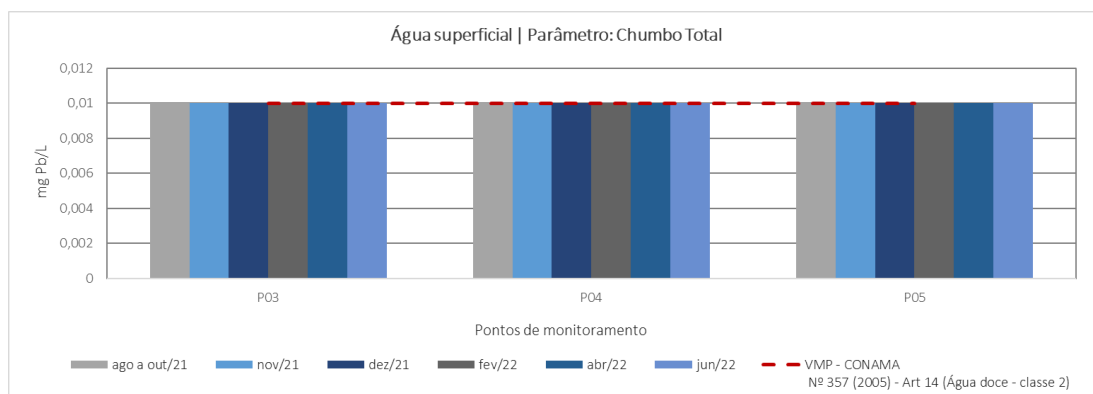


Figura 5-59 - Gráfico dos resultados das análises de chumbo total em águas superficiais

O ferro é um elemento muito frequente na superfície terrestre. Como consequência, seus compostos são encontrados em todos os corpos d'água, mesmo que em teores muito baixos. Como é considerado um micronutriente, é indispensável ao metabolismo dos seres vivos. Também exerce grande influência na prevenção da eutrofização, por combinar-se com o fosfato e precipitar como fosfato férrico (ESTEVES, 2011). Ressalta-se que o ferro não é considerado tóxico, mas não é desejável em elevados teores na água principalmente por provocar coloração amarelada na água.

O ferro dissolvido representa uma forma reduzida do ferro presente nos corpos d'água e possui limite de 0,3 mg/L, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 e DN

COPAM/CERH-MG nº 01/2008, para águas doces, classe 2. Como observado no gráfico da Figura 5-60, não foram identificadas inconformidades para o ferro dissolvido no período analisado.

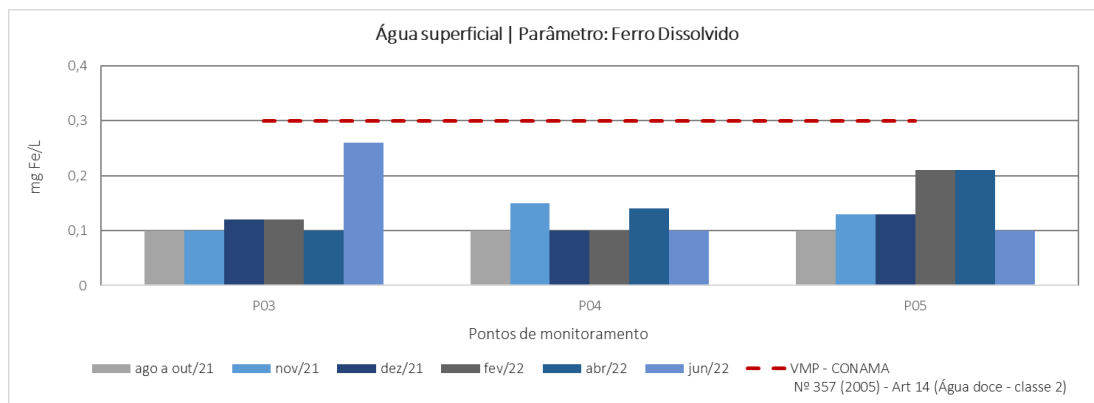


Figura 5-60 - Gráfico dos resultados das análises de ferro dissolvido em águas superficiais

O manganês também ocorre naturalmente nas águas superficiais, no entanto, as atividades antropogênicas são também responsáveis pela contaminação da água, principalmente quando encontradas em altas concentrações.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 e a DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008 fixam um limite de 0,1 mg/L para manganês em águas doces de classe 2. De acordo com o gráfico da Figura 5-61, os valores não conformes de manganês total foram detectados em 94% do total de amostras, visto que a única amostra conforme foi encontrada no P05, em novembro/2021. Os resultados inconformes variaram entre 0,11 mg/L (P04, agosto/21) e 4,64 mg/L (P05, fevereiro/22). Como as concentrações de manganês total foram acima o limite tanto no ponto a montante (P03) quanto nos pontos a jusante da ECJ, é possível que esses resultados sejam provenientes de contribuições do solo local, considerando a dissolução de rochas ricas neste mineral.

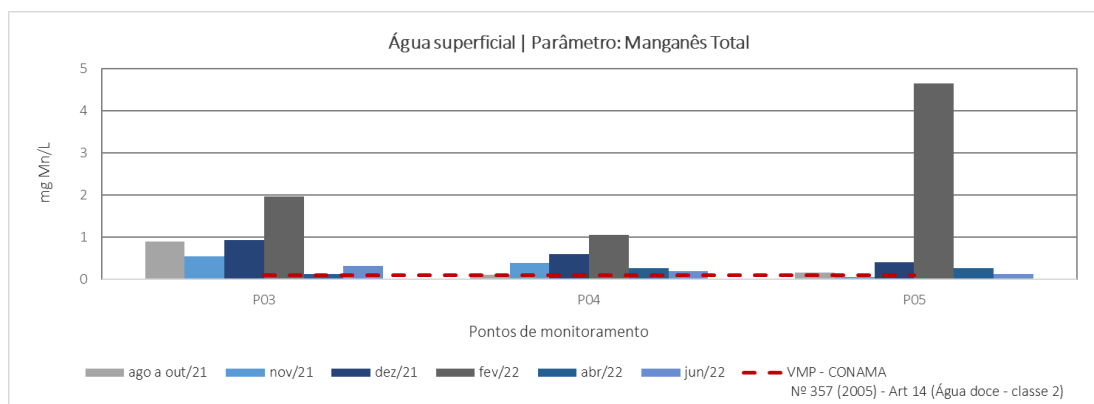


Figura 5-61 - Gráfico dos resultados das análises de manganês total em águas superficiais

A presença de zinco é comum nas águas superficiais naturais, em concentrações geralmente abaixo de 0,01 mg/L. No período analisado foi observado resultado acima do limite apenas no



P03 em abril/2022, onde a concentração de zinco total foi de 1,02 mg/L (Figura 5-42).

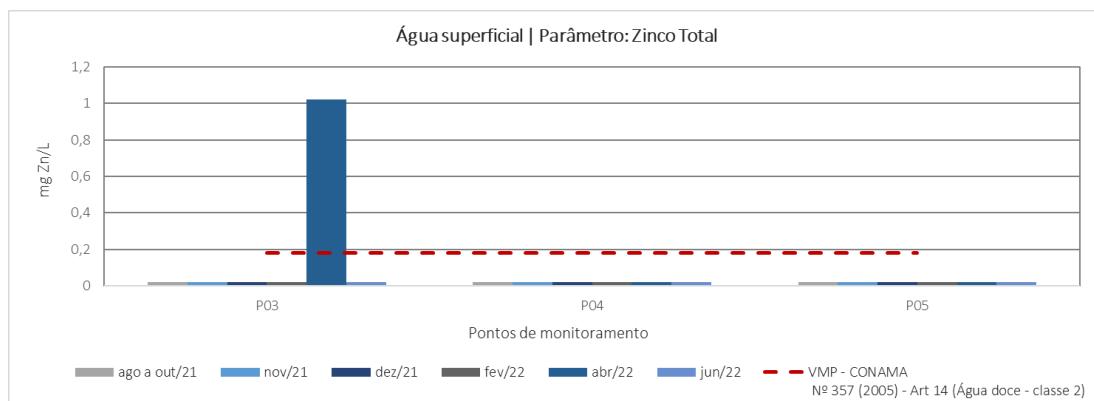


Figura 5-62 - Gráfico dos resultados das análises de zinco total em águas superficiais

Os demais parâmetros analisados que não apresentaram não conformidades em relação aos limites estabelecidos na legislação, são mostrados nas Tabela 5-18 a Tabela 5-20.



Tabela 5-18 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P03

Parâmetros	Unidade	VMP	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
1,1-Dicloroetano	µg/L	3	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2-Dicloroetano	µg/L	10	<2	<2	<2	<2	<2	<2
1,2-Dicloroetano (Cis + Trans)	µg/L	-	<6	<6	<6	<6	<6	<6
1-Bromo-4-fluorbenzeno (Surrogate)	%	-	94,1	107,8	75	62	55,3	95,7
2,4,5-T	µg/L	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
2,4,5-TP	µg/L	10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
2,4,6-Triclorofenol	µg/L	10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01
2,4-Diclorofenol	µg/L	0,3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05
2-Clorofenol	µg/L	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2-Fluorobifenilo (Surrogate)	%	-	N.A.	63,6	72,1	N.A.	118,5	N.A.
Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)	µg/L	4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Acilamida	µg/L	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alaclor	µg/L	20	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ /L	-	37,9	33,5	27,4	26,7	33,6	166
Aldrin+Dieldrin	µg/L	0,00 5	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Alumínio Dissolvido	mg Al/L	0,1	0,05	<0,02	0,05	0,05	0,04	<0,02
Amônia	mg NH ₃ /L	-	0,25	0,1	0,26	0,12	0,21	<0,07
Antimônio Total	mg/L	0,00 5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Arsênio Total	mg/L	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Atrazina	µg/L	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Bário Total	mg Ba/L	0,7	0,05	0,03	0,05	0,1	0,01	0,01
Benzeno	µg/L	5	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Benzidina	µg/L	0,00 1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Benzo(a)antraceno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(a)pireno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Berílio Total	mg Be/L	0,04	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Boro Total	mg B/L	0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cádmio Total	mg Cd/L	0,00 1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Carbaril	µg/L	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chumbo Total	mg Pb/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cianeto Livre	mg CN- /L	0,00 5	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Cianeto Total	mg CN- /L	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Clordano (Isômeros)	µg/L	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01



Parâmetros	Unidade	VMP	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
Cloreto	mg Cl-/L	250	2,55	2,13	1,76	1,17	1,39	<1
Clorofórmio	µg/L	-	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cobalto Total	mg Co/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cobre Dissolvido	mg Cu/L	0,009	<0,009	<0,009	<0,009	0,197	<0,009	<0,009
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	1000	242	400	444	3500	92	118
Coliformes Totais	NMP/100 mL	-	19200	21800	111900	24600	3106	4840
Condutividade Elétrica (In situ)	µS/cm	-	89	85	53	66	97	127
Cor Verdadeira	mg Pt/L	75	16	12	26	26	<10	<10
Criseo	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Hexavalente	mg Cr6+/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Total	mg Cr/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Trivalente	mg Cr3+/L	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
DDT(Isómeros)	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg O2/L	5	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Demanda Química de Oxigênio	mg O2/L	-	<26	<26	<26	<26	<26	<26
Demeton (isómeros misturados)	µg/L	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Diclorometano (Cloreto de Metileno)	µg/L	20	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Dureza Total	mg CaCO3/L	-	34,3	34,2	28,7	31,8	39,3	41,2
Endosulfan (a, b, sulfato)	µg/L	0,056	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Endrin	µg/L	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Enterococos/Estreptococos	UFC/100 mL	-	2400	196	156	70	104	500
Estanho Total	mg Sn/L	-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Estireno	µg/L	20	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Etilbenzeno	µg/L	90	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Fenóis Totais	mg/L	0,003	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Ferro Dissolvido	mg Fe/L	0,3	<0,1	<0,1	0,12	0,12	<0,1	0,26
Ferro Total	mg Fe/L	-	2,85	1,48	2,69	3,31	0,38	0,55
Fluoreto	mg F-/L	1,4	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,14
Fósforo Total	mg P/L	0,1	0,16	0,09	0,1	0,7	<0,02	<0,02
g-BHC (Lindano)	µg/L	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Glifosato	µg/L	65	<25	<25	<25	<25	<25	<25
Gutíon	µg/L	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Hexaclorobenzeno	µg/L	0,0065	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Indeno(1,2,3-cd)pireno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01



Parâmetros	Unidade	VMP	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
Lítio Total	mg Li/L	2,5	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Malation	µg/L	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Manganês Dissolvido	mg Mn/L	-	0,07	<0,02	0,04	0,15	0,05	0,08
Manganês Total	mg Mn/L	0,1	0,89	0,54	0,93	1,96	0,13	0,32
Mercúrio Total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Metolaclor	µg/L	10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Metoxicloro	µg/L	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mirex (Dodecacloropentaciclodecano)	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
M-Paration	µg/L	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Níquel Total	mg Ni/L	0,025	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato (N)	mg N-NO3/L	10	0,03	<0,02	0,13	<0,02	0,07	0,1
Nitrito (N)	mg N-NO2/L	1	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
Nitrogênio Amoniacal	mg N-NH3/L	[008]	0,2	0,08	0,21	0,1	0,17	<0,06
Nitrogênio Total	mg N/L	-	0,5	0,2	0,8	0,3	0,4	0,3
Óleos Graxas Mineral	mg/L	V.A.	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Óleos Graxas Total	mg/L	V.A.	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Óleos Vegetais e Gorduras Animais	mg/L	V.A.	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Ortofosfato	mg PO4-3/L	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Oxigênio Dissolvido (In situ)	mg O2/L	>5	5,5	6,82	8,19	6,05	5,87	5,84
PCB-101	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-118	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-138	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-153	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-180	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-28	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-52	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCBs	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Pentaclorofenol	µg/L	9	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
pH (In situ)	-	6-9	7,88	7,8	7,44	6,84	7,82	7,52
Prata Total	mg Ag/L	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
P-Terfenil-d14 (Surrogate)	%	-	30	N.A.	N.A.	38,2	99,7	36
Selênio Total	mg/L	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Simazina	µg/L	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sólidos Dissolvidos Totais	mg SDT/L	500	74	74,5	65	105	61	51
Sólidos Sedimentáveis	ml/L	-	0,4	0,3	0,4	1	<0,3	<0,3



Parâmetros	Unidade	VMP	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
Sólidos Suspensos Totais	mg SST/L	-	191	113	232	974	30	17
Sulfato	mg SO ₄ /L	250	8,54	8,67	4,95	3,51	6,86	6,56
Sulfeto	mg S ₂ -L	0,00 2	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Sulfeto (H ₂ S não Dissociado)	mg/L	0,00 2	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Sulfeto de Hidrogênio	mg H ₂ S/L	0,00 2	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Surfactantes Aniônicos	mg MBAS/L	0,5	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Temperatura Ambiente	°C	-	29	29	25,3	22,1	25,4	23,6
Temperatura da Amostra	°C	-	22,3	20,8	19,1	20,9	18,9	17,7
Tempo	-	-	Nublado	Bom	Bom	Chuvoso	Bom	Nublado
Tetracloreto de Carbono	µg/L	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tetracloretoeno	µg/L	10	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Tolueno	µg/L	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tolueno-d8 (Surrogate)	%	-	128,8	87,8	119	117,9	64,2	150
Toxafeno	µg/L	0,01	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tributilestano	µg/L	0,06 3	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Triclorobenzenos (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB+1,3,5 TCB)	µg/L	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tricloroeteno	µg/L	30	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Trifluralina	µg/L	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Turbidez	NTU	100	110	84,1	157	835	31,7	12,6
Última Chuva	-	-	Últimos 5 dias	Últimos 5 dias	Últimos 5 dias	Na hora da coleta	Mais de 5 dias	Mais de 5 dias
Urânio Total	mg/L	0,02	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Vanádio Total	mg V/L	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Xileno	µg/L	300	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Zinco Total	mg Zn/L	0,18	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	1,02	<0,02

Tabela 5-19 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P04

Parâmetros	Unidade	VMP	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
1,1-Dicloroeteno	µg/L	3	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2-Dicloroetano	µg/L	10	<2	<2	<2	<2	<2	<2
1,2-Dicloroeteno (Cis + Trans)	µg/L	-	<6	<6	<6	<6	<6	<6
1-Bromo-4-fluorbenzeno (Surrogate)	%	-	51	86,7	104,9	108,7	66	60,6
2,4,5-T	µg/L	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
2,4,5-TP	µg/L	10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
2,4,6-Triclorofenol	µg/L	10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
2,4-Diclorofenol	µg/L	0,3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,07
2-Clorofenol	µg/L	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01



Parâmetros	Unidade	VMP	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
2-Fluorobifenilo (Surrogate)	%	-	59,50	31,4	68,2	35,1	99,9	112,7
Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)	µg/L	4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Acrilamida	µg/L	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alaclor	µg/L	20	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ /L	-	42,4	35,6	32,7	27,2	33,1	33,7
Aldrin+Dieldrin	µg/L	0,005	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Alumínio Dissolvido	mg Al/L	0,1	<0,02	0,05	0,03	0,02	0,04	0,03
Amônia	mg NH ₃ /L	-	0,13	0,16	0,1	0,27	0,14	0,15
Antimônio Total	mg/L	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Arsênio Total	mg/L	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Atrazina	µg/L	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Bário Total	mg Ba/L	0,7	0,02	0,03	0,04	0,06	0,02	0,02
Benzeno	µg/L	5	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Benzidina	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Benzo(a)antraceno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(a)pireno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Berílio Total	mg Be/L	0,04	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Boro Total	mg B/L	0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cádmio Total	mg Cd/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001
Carbaril	µg/L	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chumbo Total	mg Pb/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cianeto Livre	mg CN-/L	0,005	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Cianeto Total	mg CN-/L	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Clordano (Isômeros)	µg/L	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloreto	mg Cl-/L	250	4,13	2,97	1,75	3,54	3,15	1,3
Clorofórmio	µg/L	-	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cobalto Total	mg Co/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cobre Dissolvido	mg Cu/L	0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	1000	280	800	600	2000	2300	66
Coliformes Totais	NMP/100 mL	-	29100	10500	26100	92100	41100	3106
Condutividade Elétrica (In situ)	µS/cm	-	113	90	84	130	93	117
Cor Verdadeira	mg Pt/L	75	<10	<10	<10	14	10	<10
Criseno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Hexavalente	mg Cr ⁶⁺ /L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01



Parâmetros	Unidade	VMP	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
Cromo Total	mg Cr/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Trivalente	mg Cr ³⁺ /L	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
DDT(Isômeros)	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg O ₂ /L	5	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Demanda Química de Oxigênio	mg O ₂ /L	-	<26	<26	<26	<26	<26	<26
Demeton (isômeros misturados)	µg/L	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Diclorometano (Cloro de Metileno)	µg/L	20	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	-	50,2	39,6	42,5	30,3	32	39,2
Endosulfan (a, b, sulfato)	µg/L	0,05 6	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Endrin	µg/L	0,00 4	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Enterococos/Estreptococos	UFC/100 mL	-	96	1200	200	210	900	86
Estanho Total	mg Sn/L	-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Estireno	µg/L	20	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Etilbenzeno	µg/L	90	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Fenóis Totais	mg/L	0,00 3	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Ferro Dissolvido	mg Fe/L	0,3	<0,1	0,15	<0,1	0,1	0,14	<0,1
Ferro Total	mg Fe/L	-	0,27	1,66	1,46	2,55	1,4	0,6
Fluoreto	mg F-/L	1,4	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Fósforo Total	mg P/L	0,1	0,04	0,04	0,09	0,13	0,03	0,31
g-BHC (Lindano)	µg/L	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Glifosato	µg/L	65	<25	<25	<25	<25	<25	<25
Gutien	µg/L	0,00 5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Hexaclorobenzeno	µg/L	0,00 65	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Indeno(1,2,3-cd)pireno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Lítio Total	mg Li/L	2,5	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Malation	µg/L	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Manganês Dissolvido	mg Mn/L	-	0,03	0,05	0,06	0,14	0,04	0,05
Manganês Total	mg Mn/L	0,1	0,11	0,39	0,6	1,05	0,27	0,19
Merúrio Total	mg/L	0,00 02	<0,000 2	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Metolaclor	µg/L	10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Metoxicloro	µg/L	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mirex (Dodecacloropentaciclodecano)	µg/L	0,00 1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
M-Paration	µg/L	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Níquel Total	mg Ni/L	0,02 5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01



Parâmetros	Unidade	VMP	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
Nitrato (N)	mg N_NO3/L	10	0,09	0,17	0,11	<0,02	0,12	<0,02
Nitrito (N)	mg N_NO2/L	1	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
Nitrogênio Amoniacal	mg N_NH3/L	[008]	0,11	0,13	0,08	0,22	0,12	0,12
Nitrogênio Total	mg N/L	-	0,4	0,5	0,2	0,4	0,3	0,3
Óleos Graxas Mineral	mg/L	V.A.	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Óleos Graxas Total	mg/L	V.A.	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Óleos Vegetais e Gorduras Animais	mg/L	V.A.	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Ortofosfato	mg PO4-3/L	-	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Oxigênio Dissolvido (In situ)	mg O2/L	>5	7,29	6,96	7,17	5,47	5	5,55
PCB-101	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-118	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-138	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-153	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-180	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-28	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-52	µg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCBs	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Pentaclorofenol	µg/L	9	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
pH (In situ)	-	6-9	8,15	7,04	7,91	7,71	7,76	7,47
Prata Total	mg Ag/L	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
P-Terfenil-d14 (Surrogate)	%	-	N.A.	57,3	N.A.	86,6	115,7	111,7
Selênio Total	mg/L	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Simazina	µg/L	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sólidos Dissolvidos Totais	mg SDT/L	500	83	99	66	41	65	52
Sólidos Sedimentáveis	ml/L	-	<0,3	<0,3	0,3	0,5	<0,3	<0,3
Sólidos Suspensos Totais	mg SST/L	-	15,5	73	118	285	54,5	95
Sulfato	mg SO4/L	250	11,3	9,17	8,4	5,8	5,58	6,58
Sulfeto	mg S2-/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Sulfeto (H2S não Dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Sulfeto de Hidrogênio	mg H2S/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Surfactantes Aniônicos	mg MBAS/L	0,5	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Temperatura Ambiente	°C	-	27,4	28	30	29	29,1	23,8
Temperatura da Amostra	°C	-	20,8	21,5	21,3	24	25	18,5
Tempo	-	-	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
Tetracloroeto de Carbono	µg/L	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1



Parâmetros	Unidade	VMP	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
Tetracloroeteno	µg/L	10	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Tolueno	µg/L	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tolueno-d8 (Surrogate)	%	-	67,1	113,9	86,8	N.A.	109,8	65,9
Toxafeno	µg/L	0,01	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tributilestano	µg/L	0,06 3	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Triclorobenzenos (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB+1,3,5 TCB)	µg/L	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tricloroeteno	µg/L	30	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Trifluralina	µg/L	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Turbidez	NTU	100	23,7	89,9	78,8	153	71,8	34,5
Última Chuva	-	-	24H Antes	Mais de 5 dias	Últimos 5 dias	Mais de 5 dias	Últimos 5 dias	Mais de 5 dias
Urânio Total	mg/L	0,02	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Vanádio Total	mg V/L	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Xileno	µg/L	300	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Zinco Total	mg Zn/L	0,18	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

Tabela 5-20 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P05

Parâmetros	Unidade	VMP	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
1,1-Dicloroeteno	µg/L	3	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2-Dicloroetano	µg/L	10	<2	<2	<2	<2	<2	<2
1,2-Dicloroeteno (Cis + Trans)	µg/L	-	<6	<6	<6	<6	<6	<6
1-Bromo-4-fluorbenzeno (Surrogate)	%	-	80,5	80,3	105,4	60,4	68,5	57,5
2,4,5-T	µg/L	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
2,4,5-TP	µg/L	10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
2,4,6-Triclorofenol	µg/L	10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
2,4-Diclorofenol	µg/L	0,3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04
2-Clorofenol	µg/L	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2-Fluorobifenilo (Surrogate)	%	-	N.A.	32,3	53,6	N.A.	119,5	N.A.
Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)	µg/L	4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Acrilamida	µg/L	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Alaclor	µg/L	20	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ /L	-	40,8	36	33,1	27,8	33,2	33,1
Aldrin+Dieldrin	µg/L	0,00 5	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Alumínio Dissolvido	mg Al/L	0,1	<0,02	0,04	0,04	0,15	0,07	0,04
Amônia	mg NH ₃ /L	-	0,24	0,11	0,23	0,09	0,18	<0,07
Antimônio Total	mg/L	0,00 5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Arsênio Total	mg/L	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Atrazina	µg/L	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1



Parâmetros	Unidade	VMP	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
Bário Total	mg Ba/L	0,7	0,02	0,02	0,03	0,23	0,02	0,02
Benzeno	µg/L	5	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Benzidina	µg/L	0,00 1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Benzo(a)antraceno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(a)pireno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Berílio Total	mg Be/L	0,04	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Boro Total	mg B/L	0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cádmio Total	mg Cd/L	0,00 1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Carbaril	µg/L	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chumbo Total	mg Pb/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cianeto Livre	mg CN-/L	0,00 5	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Cianeto Total	mg CN-/L	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Clordano (Isômeros)	µg/L	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloreto	mg Cl-/L	250	3,82	3,09	2,05	<1	2,98	1,18
Clorofórmio	µg/L	-	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cobalto Total	mg Co/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01
Cobre Dissolvido	mg Cu/L	0,00 9	<0,007	<0,009	<0,009	0,016	<0,009	<0,009
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	1000	174	300	70	2600	1500	46
Coliformes Totais	NMP/100 mL	-	476	4700	16500	173300	48800	3972
Condutividade Elétrica (In situ)	µS/cm	-	112	91	84	59	103	87
Cor Verdadeira	mg Pt/L	75	<10	12	<10	32	11	<10
Criseno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Hexavalente	mg Cr6+/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Total	mg Cr/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Trivalente	mg Cr3+/L	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
DDT(Isômeros)	µg/L	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg O2/L	5	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Demanda Química de Oxigênio	mg O2/L	-	<26	<26	<26	60	<26	<26
Demeton (isômeros misturados)	µg/L	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Diclorometano (Cloreto de Metileno)	µg/L	20	<1	<1	<1	3	<1	<1
Dureza Total	mg CaCO3/L	-	44,8	44,8	40,7	38,2	31,4	38,3
Endosulfan (a, b, sulfato)	µg/L	0,05 6	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Endrin	µg/L	0,00 4	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001



Parâmetros	Unidade	VMP	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
Enterococos/Estreptococos	UFC/100 mL	-	318	1700	126	32	1400	100
Estanho Total	mg Sn/L	-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Estireno	µg/L	20	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Etilbenzeno	µg/L	90	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Fenóis Totais	mg/L	0,00 3	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Ferro Dissolvido	mg Fe/L	0,3	<0,1	0,13	0,13	0,21	0,21	0,1
Ferro Total	mg Fe/L	-	0,43	0,14	0,96	5,5	1,33	0,46
Fluoreto	mg F-/L	1,4	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Fósforo Total	mg P/L	0,1	0,03	0,07	0,08	0,65	0,06	<0,02
g-BHC (Lindano)	µg/L	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Glifosato	µg/L	65	<25	<25	<25	<25	<25	<25
Gution	µg/L	0,00 5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Hexaclorobenzeno	µg/L	0,00 65	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Indeno(1,2,3-cd)pireno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Lítio Total	mg Li/L	2,5	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Malation	µg/L	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Manganês Dissolvido	mg Mn/L	-	0,04	0,05	0,05	0,29	0,05	0,05
Manganês Total	mg Mn/L	0,1	0,17	0,05	0,41	4,64	0,27	0,13
Mercúrio Total	mg/L	0,00 02	<0,000 2	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Metolaclor	µg/L	10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Metoxicloro	µg/L	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mirex (Dodecacloropentaciclodecano)	µg/L	0,00 1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
M-Paration	µg/L	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Níquel Total	mg Ni/L	0,02 5	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
Nitrato (N)	mg N_NO3/L	10	0,1	0,2	<0,02	<0,02	0,11	<0,02
Nitrito (N)	mg N_NO2/L	1	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
Nitrogênio Amoniacal	mg N_NH3/L	[008]	0,2	0,09	0,19	0,07	0,15	<0,06
Nitrogênio Total	mg N/L	-	0,5	0,6	0,3	0,4	0,3	0,1
Óleos Graxas Mineral	mg/L	V.A.	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Óleos Graxas Total	mg/L	V.A.	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Óleos Vegetais e Gorduras Animais	mg/L	V.A.	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Ortofosfato	mg PO4- 3/L	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Oxigênio Dissolvido (In situ)	mg O2/L	>5	6,39	6,89	6,99	5,08	3,46	5,23
PCB-101	µg/L	0,00 1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-118	µg/L	0,00 1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001



Parâmetros	Unidade	VMP	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
PCB-138	µg/L	0,00 1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-153	µg/L	0,00 1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-180	µg/L	0,00 1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-28	µg/L	0,00 1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-52	µg/L	0,00 1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
PCBs	µg/L	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Pentaclorofenol	µg/L	9	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
pH (In situ)	-	6-9	8,14	8,01	7,77	6,87	7,33	7,68
Prata Total	mg Ag/L	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
P-Terfenil-d14 (Surrogate)	%	-	31,8	60,4	N.A.	38,7	116,8	112,7
Selênio Total	mg/L	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Simazina	µg/L	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sólidos Dissolvidos Totais	mg SDT/L	500	62,5	106	70	40	85	56,5
Sólidos Sedimentáveis	ml/L	-	<0,3	<0,3	<0,3	2	<0,3	<0,3
Sólidos Suspensos Totais	mg SST/L	-	13,5	68,5	116	2132	51,5	35,5
Sulfato	mg SO4/L	250	9,02	9,04	8,38	2,87	5,29	6,55
Sulfeto	mg S2-/L	0,00 2	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Sulfeto (H2S não Dissociado)	mg/L	0,00 2	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Sulfeto de Hidrogênio	mg H2S/L	0,00 2	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Surfactantes Aniônicos	mg MBAS/L	0,5	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Temperatura Ambiente	°C	-	21	23	30	27,4	29	26,4
Temperatura da Amostra	°C	-	17,7	21,4	22,3	23,4	24,8	18,2
Tempo	-	-	Bom	Bom	Bom	Chuvoso	Bom	Bom
Tetracloreto de Carbono	µg/L	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tetracloroetano	µg/L	10	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Tolueno	µg/L	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tolueno-d8 (Surrogate)	%	-	67,8	102,1	85,9	108,8	114,5	67,1
Toxafeno	µg/L	0,01	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tributilestanho	µg/L	0,06 3	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Triclorobenzenos (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB+1,3,5 TCB)	µg/L	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tricloroetano	µg/L	30	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Trifluralina	µg/L	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Turbidez	NTU	100	20,2	107	75,3	1115	70,5	30,5
Última Chuva	-	-	12H Antes	Últimos 5 dias	Últimos 5 dias	Na hora da coleta	Últimos 5 dias	Mais de 5 dias
Urânio Total	mg/L	0,02	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001



Parâmetros	Unidade	VMP	ago a out/21	nov/21	dez/21	fev/22	abr/22	jun/21
Vanádio Total	mg V/L	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
Xileno	µg/L	300	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Zinco Total	mg Zn/L	0,18	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

No próximo tópico são apresentadas as caracterizações por parâmetros, dos monitoramentos realizados nos sedimentos de fundo.

5.1.8.3 Sedimentos

Os sedimentos são componentes fundamentais em estudos ambientais de uma bacia hidrográfica, pois além de caracterizarem-se como depósitos geoquímicos de metais tóxicos, controlam também a disponibilidade e o transporte destas substâncias para a hidrosfera, atmosfera e a biota (COSTA, 2015).

O termo sedimento refere-se à partícula derivada da fragmentação das rochas, seja por processos físicos ou químicos que é transportada por ação de agentes externos como água e vento, do seu lugar de origem aos rios e locais de deposição. Nos rios estes sedimentos podem ser encontrados principalmente em suspensão na água ou depositado no leito (CARVALHO *et al.*, 2000).

Os sedimentos servem como catalisadores, carreadores e como agentes fixadores para outros agentes poluidores das águas superficiais. O sedimento sozinho degrada a qualidade da água para consumo humano, para recreação, para o consumo industrial, infra-estruturas hidroelétricas e vida aquática. Adicionalmente, produtos químicos e lixo são assimilados sobre e dentro das partículas de sedimento. Trocas iônicas podem ocorrer entre o soluto e o sedimento. Dessa forma as partículas de sedimento agem como um potencializador dos problemas causados por pesticidas, agentes químicos decorrentes do lixo, resíduos tóxicos, nutrientes, bactérias patogênicas, vírus, etc. (CARVALHO *et al.*, 2000).

O conhecimento da qualidade dos sedimentos em corpos hídricos é fundamental para a adequada gestão e uso de seus recursos hídricos. A avaliação da qualidade de sedimentos foi realizada em conformidade ao Termo de Referência para Elaboração de EIA/RIMA para Atividades ou Empreendimentos com Necessidade de Corte ou Supressão de Vegetação do Bioma Mata Atlântica.

Serão considerados os limites estabelecidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) por meio de sua Resolução nº 454/2012, que define limites de contaminantes em sedimentos para fins de dragagem de leitos de cursos sob jurisdição nacional e disposição do material em solos ou águas. Os limites dessa legislação foram utilizados, uma vez que não existe ainda no Brasil, legislação publicada para a avaliação da qualidade de sedimentos de fundo para outras finalidades, senão a dragagem.

O inciso II do Art. 10 da Resolução dispõe de dois níveis de valores orientadores para

caracterização química de sedimentos que serão dispostos em águas sob jurisdição nacional, conforme mostrado abaixo. Os valores serão utilizados apenas como referência nas amostragens realizadas, uma vez que a atividade objeto do presente estudo não é a dragagem de cursos d'água federais, bem como a disposição de sedimentos em solo e/ou água.

Art. 10. Após a caracterização química do material a ser dragado, proceder-se-á sua classificação química, para fins de avaliar as condições de sua disposição, observando os seguintes critérios:

[...] II - para avaliação das alternativas de disposição em águas sob jurisdição nacional, os resultados da caracterização química devem ser comparados com os valores orientadores previstos na Tabela III do Anexo desta Resolução e classificados em dois níveis:

- a) Nível 1- limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota;*
- b) Nível 2 - limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.*

5.1.8.3.1 Metodologia

Para o monitoramento de sedimentos foram realizadas 2 campanhas de amostragem, uma no período de seca, nos meses de agosto e setembro/21, abril e junho/22, e outra no período de chuva, nos meses de outubro e novembro/21 e fevereiro/22, contemplando 3 pontos ao longo da área de estudo. Na Tabela 5-21 estão descritos os pontos de monitoramento, parâmetros e frequência de amostragem, e nas Figura 5-63 a Figura 5-65 podem ser vistas as fotos que representam as amostragens da primeira campanha realizada. A espacialização dos pontos foi apresentada no mapa da Figura 5-66.

Tabela 5-21 - Pontos de monitoramento de sedimentos – Bacia do rio das Velhas.

Ponto de Amostragem	Descrição	Parâmetros	Coordenadas UTM		Sub-Bacia
			N	E	
P03	Montante ECJ Bação - Ribeirão Mata Porcos	2-Metilnaftaleno / Acenafteno / Acenaftileno / Antraceno / Arsênio / Benzo(a)antraceno / Benzo(a)pireno / Cádmio / Chumbo / Cis-Clordano (alfa) / Cobre / Criseno / Cromo / DDD(Isômeros) / DDE(Isômeros) / DDT(Isômeros) / Dibenzo(a,h)antraceno / Dieldrin / Endrin / Fenantreno / Fluoranteno / Fluoreno / HCH Alfa / HCH Beta / HCH Delta / Lindano (g-HCH) / Mercúrio / Naftaleno / Níquel / PCB's-Bifenilas Policloradas / Pireno / Porcentagem de sólidos / Soma dos PAH's / Tempo / Trans-Clordano (gama) / Tributilestanho / Última Chuva / Umidade / Zinco	7.749.165	624.962	Mata Porcos
P04	Jusante ECJ Bação - Ribeirão Mata Porcos		7.749.569	625.031	Mata Porcos
P05	ÁGUA_FAB_15 - Rio Itabirito		7.752.874	626.494	Itabirito



Figura 5-63 - Amostragem de sedimentos no Ponto 03.

Fonte: CLAM, 2021.



Figura 5-64 - Amostragem de sedimentos no Ponto 04.

Fonte: CLAM, 2021.



Figura 5-65 - Amostragem de sedimentos no Ponto 05.

Fonte: CLAM, 2021

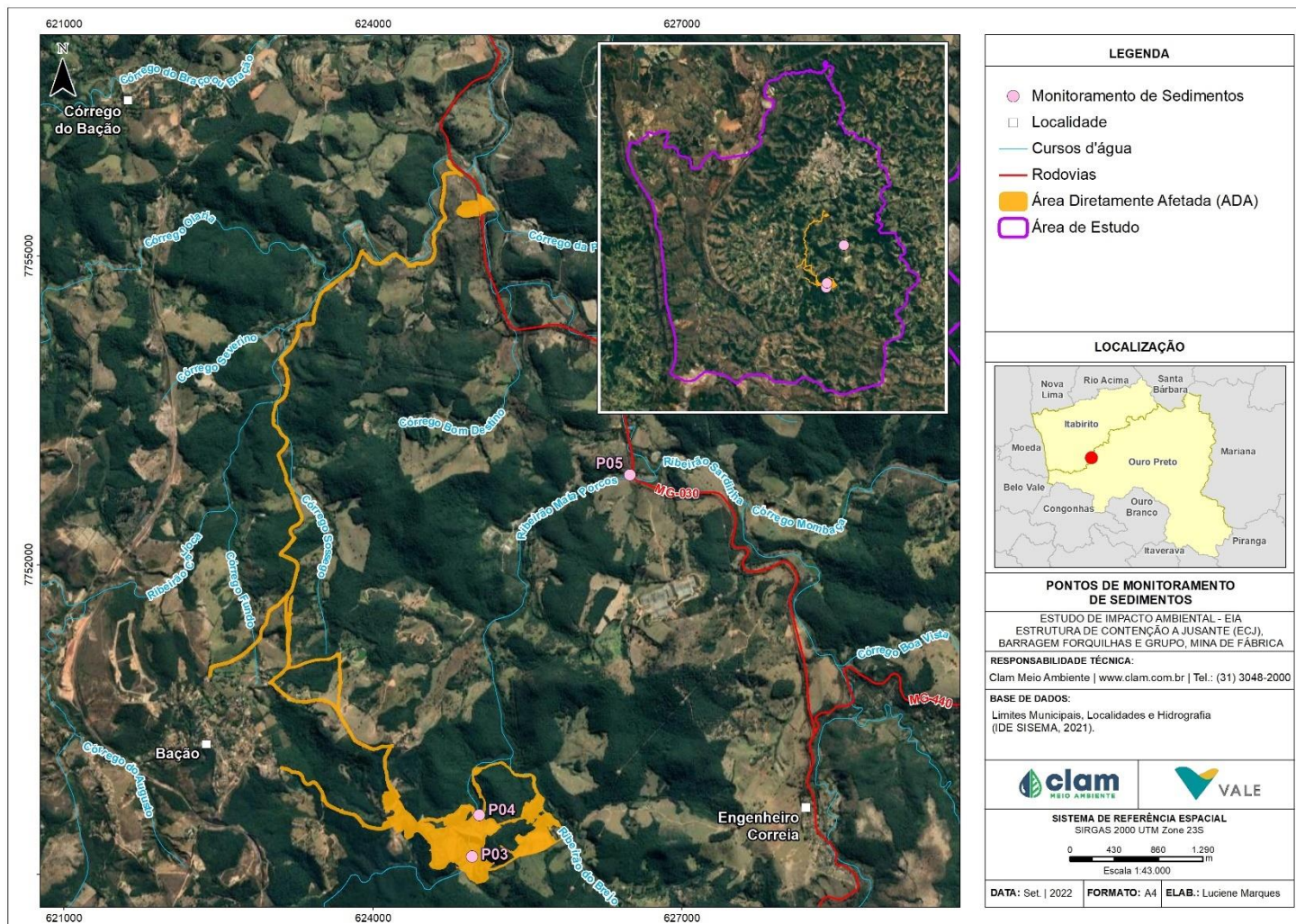


Figura 5-66 - Pontos de Monitoramento de Qualidade dos Sedimentos.

5.1.8.3.2 Resultados

Os resultados encontrados são apresentados a seguir, divididos por tipologia, de modo a facilitar a discussão.

Caracterização das variáveis químicas inorgânicas: Arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel e zinco

Arsênio

O arsênio é um elemento raro com ciclo rápido através dos sistemas água, terra e ar. Ocorre na crosta terrestre em uma concentração média de 2 a 5 mg/kg, principalmente como complexos de sulfitos e óxidos. Em corpos d'água, o arsênio é predominantemente encontrado no sedimento. Especificamente em sedimentos, a concentração natural varia de 3 e 10 mg/kg. Sua dessorção é controlada pelo pH, ferro total e carbonato de cálcio. Em ambientes reduzidos, com a presença de oxihidróxidos de ferro e manganês dissolvidos, o arsênio é liberado para a água subterrânea (CETESB, 2020; SMEDLEY E KINNIBURGH, 2002).

Dentro das campanhas de monitoramento, o arsênio total ficou acima do limite permitido na Resolução CONAMA 454/2012 para águas doces nível 2, apenas na análise do P03 para o período seco, onde apresentou 25,8 mg/kg (Figura 5-67). Todos os resultados foram superiores ao limite máximo estabelecido para o nível 1.

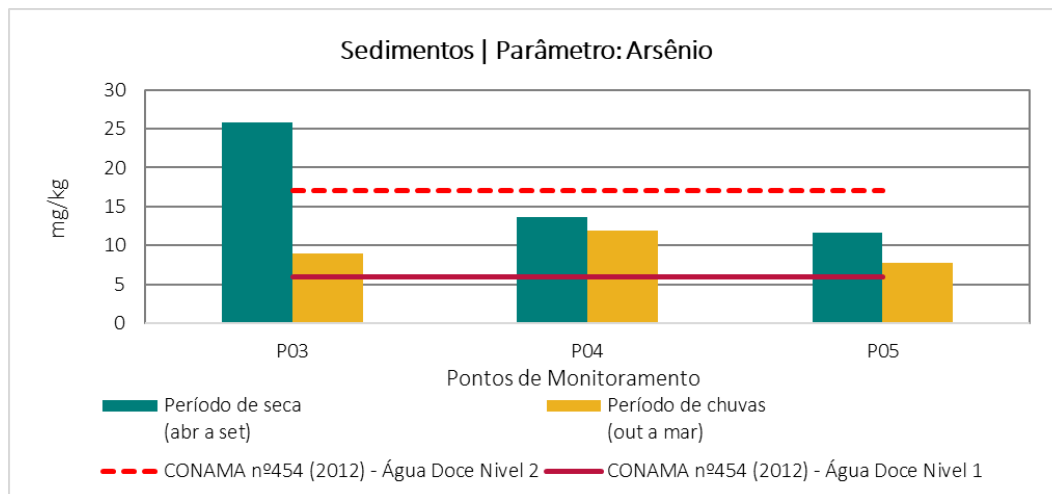


Figura 5-67 - Gráfico dos resultados das análises de arsênio total em sedimentos

Cádmio

A maioria das concentrações de cádmio é produzida como subproduto da fusão do zinco, uma vez que os dois elementos geralmente ocorrem juntos. Contaminações por cádmio muitas vezes são verificadas em áreas vizinhas a fundições de zinco, chumbo e cobre. Conforme o gráfico da Figura 5-68, os resultados das amostras analisadas não apresentaram valores que excederam o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 454/2012 (águas doces) nível 2, que é de 3,5 mg/Kg, ou o limite para o nível 1 (0,6 mg/Kg).

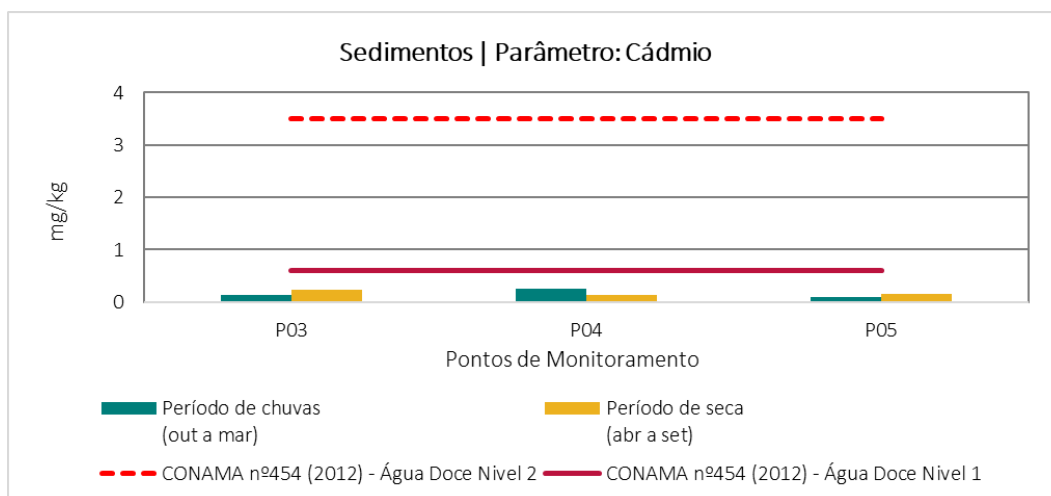


Figura 5-68 - Gráfico dos resultados das análises de cádmio total em sedimentos

Chumbo

O chumbo é amplamente distribuído na crosta terrestre e os teores naturais mais elevados (mg/kg) são essencialmente apresentados por alguns tipos de rocha, como os argilitos e os xistos (15 a 20 mg/kg), além dos granitos e os granitóides (20 mg/kg). No monitoramento realizado entre agosto/21 e junho/22, nenhuma amostra apresentou resultados excedentes ao limite permitido pela Resolução CONAMA n° 454/2012 (águas doces) nível 2, de 91,3 mg/kg ou o limite de 35,0 mg/Kg para o nível 1.

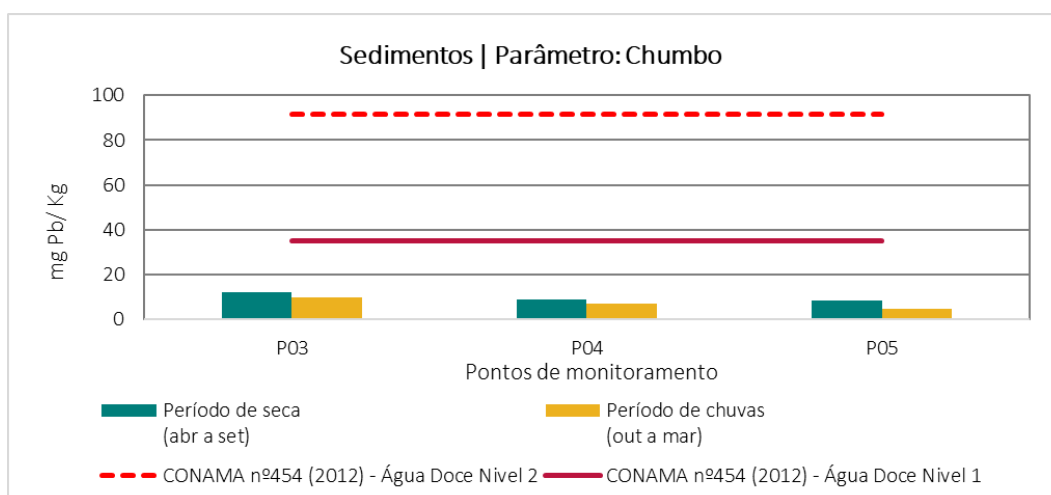


Figura 5-69 - Gráfico dos resultados das análises de chumbo total em sedimentos

Cobre

Altos teores de cobre no meio ambiente podem ser provenientes de fontes antrópicas como minas de cobre ou de outros metais, corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir do uso agrícola do cobre e precipitação atmosférica de fontes industriais (CETESB, 2020). No entanto, conforme

gráfico da Figura 5-70, as amostras analisadas entre agosto/21 e fevereiro/22 não apresentaram valores acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA n° 454/2012 (águas doces) nível 2, de 197 mg/kg. Para o limite de nível 1, 37,5 mg/Kg, apenas o ponto P03 obteve valores acima do limite, com 46,3 e 36 mg/Kg, respectivamente, no período de seca e de chuvas.

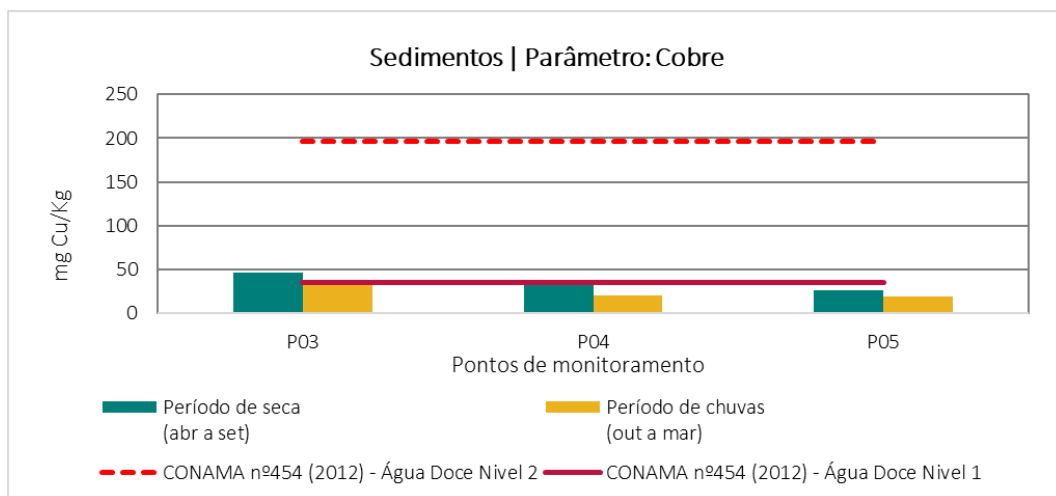


Figura 5-70 - Gráfico dos resultados das análises de cobre total em sedimentos

Cromo

Dentro de todos os pontos de monitoramento na área de estudo, os resultados encontrados não excederam o limite máximo permitido para cromo, segundo a Resolução CONAMA 454/2012, nível 2 que é de 90 mg/Kg, conforme gráfico da Figura 5-71. No entanto, alguns resultados superaram o limite para o nível 1, de 37,3 mg/Kg, com destaque para o P03, localizado a montante de ECJ.

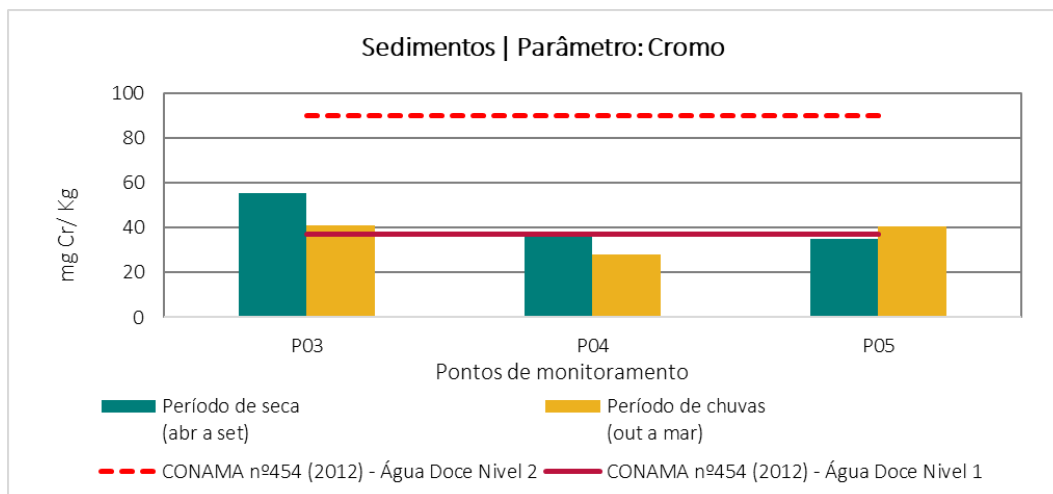


Figura 5-71 - Gráfico dos resultados das análises de cromo total em sedimentos

Mercúrio

O mercúrio é distribuído naturalmente na crosta terrestre, entretanto, sua emissão por atividades antrópicas tornou-se um processo capaz de modificar seu ciclo biogeoquímico global (OUTRIDGE *et al.*, 2018). Em algumas localidades, o mercúrio é utilizado em garimpos ilegais para extração do ouro, por isso é importante realizar uma avaliação de potenciais locais de contaminação. No gráfico da Figura 5-72 percebe-se que os resultados encontrados estiveram muito abaixo dos máximos permitidos pela Resolução CONAMA n° 454/2012 (águas doces), para os níveis 1 e 2, sendo que em alguns pontos há a impossibilidade de representação em escala gráfica, o que indica que nos locais amostrados não há presença de contaminação por mercúrio.

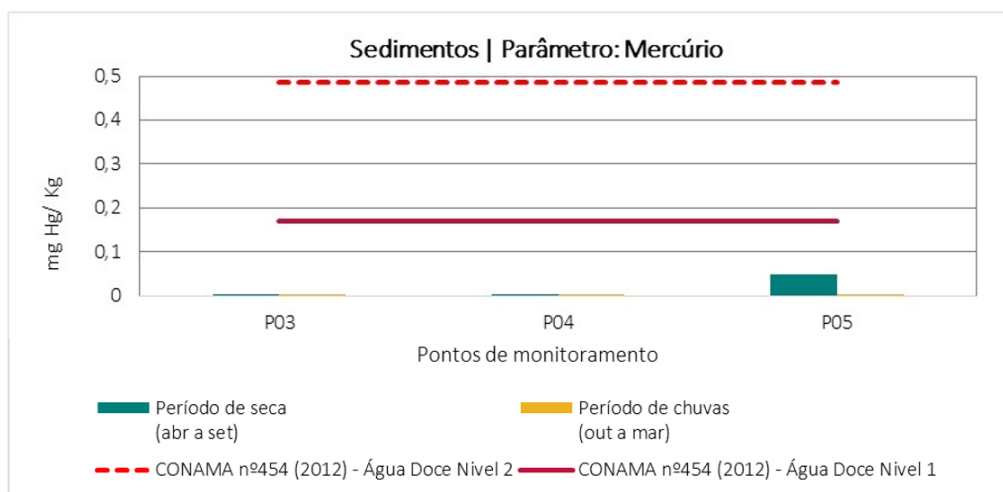


Figura 5-72 - Gráfico dos resultados das análises de mercúrio total em sedimentos

Níquel

A maior contribuição antropogênica de níquel para o meio ambiente é a queima de combustíveis, além da mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias

de eletrodeposição, fabricação de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes aromatizados. Dos pontos amostrados, todos os resultados ficaram abaixo do limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 454/2012 (águas doces), nível 2, como pode ser observado no gráfico da Figura 5-73. O limite permitido para o nível 1 foi superado em todos os pontos no período de seca e apenas no P03 para o período de chuvas.

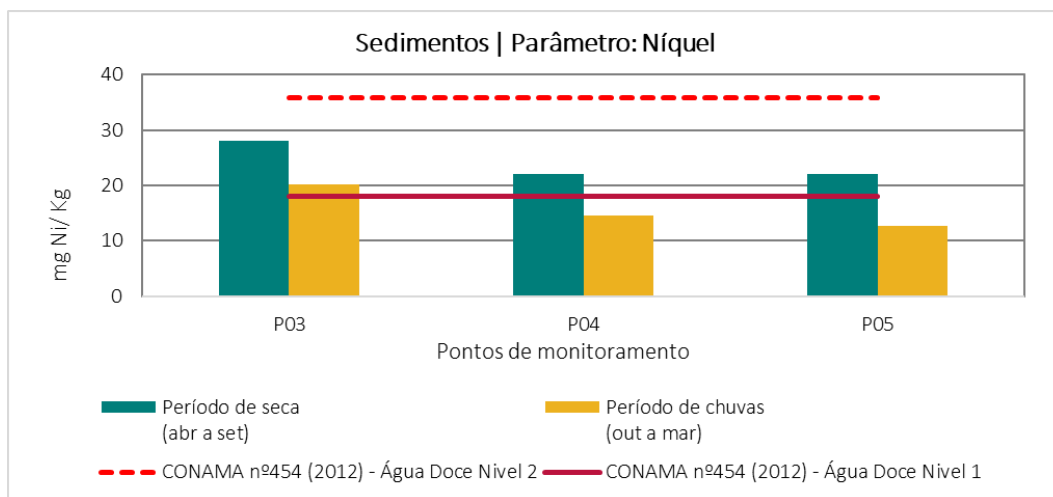


Figura 5-73 - Gráfico dos resultados das análises de níquel total em sedimentos

Zinco

Conforme gráfico da Figura 5-74, o zinco não apresentou nenhuma não conformidade nas campanhas de monitoramento, dentro do período de agosto/21 a junho/22, tanto para o nível 1 quanto para o nível 2 permitidos pela Resolução CONAMA n° 454/2012.

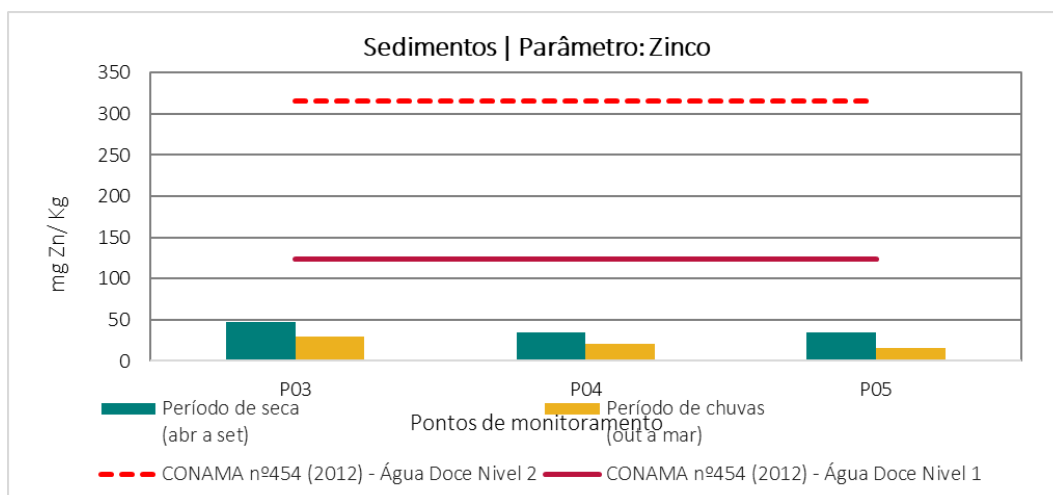


Figura 5-74 - Gráfico dos resultados das análises de zinco em sedimentos

Os demais parâmetros analisados para a matriz de sedimentos, que não apresentaram não conformidades em relação aos limites estabelecidos na legislação, são mostrados nas Tabela



5-22 a Tabela 5-24.

Tabela 5-22 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P03 (sedimentos)

Parâmetro	Unidade	CONAMA nº454 (2012) - Água Doce Nível 2	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
2-Metilnaftaleno	mg/kg	0,201	<0,001	<0,001
Acenafteno	mg/kg	0,0889	<0,001	<0,001
Acenaftileno	mg/kg	0,128	<0,001	<0,001
Antraceno	mg/kg	0,245	<0,001	<0,001
Arsênio	mg As/kg	17	8,96	25,8
Benzo(a)antraceno	mg/kg	0,385	<0,001	<0,001
Benzo(a)pireno	mg/kg	0,782	<0,001	<0,001
Cádmio	mg Cd/kg	3,5	0,13	0,23
Chumbo	mg Pb/kg	91,3	9,78	12,3
Cis-Clordano (alfa)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Cobre	mg Cu/kg	197	36	46,3
Criseno	mg/kg	0,862	<0,001	<0,001
Cromo	mg Cr/kg	90	40,9	55,3
DDD(Isômeros)	mg/kg	0,00851	<0,001	<0,001
DDE(Isômeros)	mg/kg	0,00675	<0,001	<0,001
DDT(Isômeros)	mg/kg	0,00477	<0,001	<0,001
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg	0,135	<0,001	<0,001
Dieldrin	mg/kg	0,00667	<0,001	<0,001
Endrin	mg/kg	0,0624	<0,001	<0,001
Fenantreno	mg/kg	0,515	<0,001	<0,001
Fluoranteno	mg/kg	2,355	<0,001	<0,001
Fluoreno	mg/kg	0,144	<0,001	<0,001
HCH Alfa	mg/kg	-	<0,001	<0,001
HCH Beta	mg/kg	-	<0,001	<0,001
HCH Delta	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Lindano (g-HCH)	mg/kg	0,00138	<0,001	<0,001
Mercúrio	mg/kg	0,486	<0,0025	<0,0025
Naftaleno	mg/kg	0,391	<0,001	<0,001
Níquel	mg Ni/Kg	35,9	20,2	28
PCB's-Bifenilas Policloradas	mg/kg	0,277	<0,00005	<0,00005
Pireno	mg/kg	0,875	<0,001	<0,001
Porcentagem de sólidos	%	-	73	67
Soma dos PAH's	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Tempo	-	-	Bom	Bom



Parâmetro	Unidade	CONAMA nº454 (2012) - Água Doce Nível 2	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
Trans-Clordano (gama)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Tributilestanho	µg/kg	-	<5	<5
Última Chuva	-	-	Últimos 5 dias	Mais de 5 dias
Umidade	%	-	26,5	33
Zinco	mg Zn/kg	315	29,8	46,8

Tabela 5-23 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P04 (sedimentos)

Parâmetro	Unidade	CONAMA nº454 (2012) - Água Doce Nível 2	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
2-Metilnaftaleno	mg/kg	0,201	<0,001	<0,001
Acenafteno	mg/kg	0,0889	<0,001	<0,001
Acenaftileno	mg/kg	0,128	<0,001	<0,001
Antraceno	mg/kg	0,245	<0,001	<0,001
Arsênio	mg As/kg	17	13,6	11,9
Benzo(a)antraceno	mg/kg	0,385	<0,001	<0,001
Benzo(a)pireno	mg/kg	0,782	<0,001	<0,001
Cádmio	mg Cd/kg	3,5	0,13	0,25
Chumbo	mg Pb/kg	91,3	8,78	7,25
Cis-Clordano (alfa)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Cobre	mg Cu/kg	197	35,2	20
Criseno	mg/kg	0,862	<0,001	<0,001
Cromo	mg Cr/kg	90	36,4	27,8
DDD(Isômeros)	mg/kg	0,00851	<0,001	<0,001
DDE(Isômeros)	mg/kg	0,00675	<0,001	<0,001
DDT(Isômeros)	mg/kg	0,00477	<0,001	<0,001
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg	0,135	<0,001	<0,001
Dieldrin	mg/kg	0,00667	<0,001	<0,001
Endrin	mg/kg	0,0624	<0,001	<0,001
Fenantreno	mg/kg	0,515	<0,001	<0,001
Fluoranteno	mg/kg	2,355	<0,001	<0,001
Fluoreno	mg/kg	0,144		<0,001
HCH Alfa	mg/kg	-	<0,001	<0,001
HCH Beta	mg/kg	-	<0,001	<0,001
HCH Delta	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Lindano (g-HCH)	mg/kg	0,00138	<0,001	<0,001
Mercúrio	mg/kg	0,486	<0,0025	<0,0025
Naftaleno	mg/kg	0,391	<0,001	<0,001
Níquel	mg Ni/Kg	35,9	22	14,5



Parâmetro	Unidade	CONAMA nº454 (2012) - Água Doce Nível 2	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
PCB's-Bifenilas Policloradas	mg/kg	0,277	<0,00005	<0,00005
Pireno	mg/kg	0,875	<0,001	<0,001
Porcentagem de sólidos	%	-	64	72
Soma dos PAH's	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Tempo	-	-	Bom	Bom
Trans-Clordano (gama)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Tributilestanho	µg/kg	-	<5	<5
Última Chuva	-	-	24H Antes	Mais de 5 dias
Umidade	%	-	35,9	27,7
Zinco	mg Zn/kg	315	34,1	20,5

Tabela 5-24 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P05 (sedimentos)

Parâmetro	Unidade	CONAMA nº454 (2012) - Água Doce Nível 2	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
2-Metilnaftaleno	mg/kg	0,201	<0,001	<0,001
Acenafteno	mg/kg	0,0889	<0,001	<0,001
Acenaftileno	mg/kg	0,128	<0,001	<0,001
Antraceno	mg/kg	0,245	<0,001	<0,001
Arsênio	mg As/kg	17	11,6	7,79
Benzo(a)antraceno	mg/kg	0,385	<0,001	<0,001
Benzo(a)pireno	mg/kg	0,782	<0,001	<0,001
Cádmio	mg Cd/kg	3,5	0,16	<0,1
Chumbo	mg Pb/kg	91,3	8,65	4,78
Cis-Clordano (alfa)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Cobre	mg Cu/kg	197	26,6	18,9
Criseno	mg/kg	0,862	<0,001	<0,001
Cromo	mg Cr/kg	90	35,1	40,7
DDD(Isômeros)	mg/kg	0,00851	<0,001	<0,001
DDE(Isômeros)	mg/kg	0,00675	<0,001	<0,001
DDT(Isômeros)	mg/kg	0,00477	<0,001	<0,001
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg	0,135	<0,001	<0,001
Dieldrin	mg/kg	0,00667	<0,001	<0,001
Endrin	mg/kg	0,0624	<0,001	<0,001
Fenantreno	mg/kg	0,515	<0,001	<0,001
Fluoranteno	mg/kg	2,355	<0,001	<0,001
Fluoreno	mg/kg	0,144	<0,001	<0,001
HCH Alfa	mg/kg	-	<0,001	<0,001
HCH Beta	mg/kg	-	<0,001	<0,001



Parâmetro	Unidade	CONAMA nº454 (2012) - Água Doce Nível 2	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
HCH Delta	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Lindano (g-HCH)	mg/kg	0,00138	<0,001	<0,001
Mercúrio	mg/kg	0,486	0,049	<0,0025
Naftaleno	mg/kg	0,391	<0,001	<0,001
Níquel	mg Ni/Kg	35,9	22	12,6
PCB's-Bifenilas Policloradas	mg/kg	0,277	<0,00005	<0,00005
Pireno	mg/kg	0,875	<0,001	<0,001
Porcentagem de sólidos	%	-	-	78
Soma dos PAH's	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Tempo	-	-	Bom	Chuvoso
Trans-Clordano (gama)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Tributilestanho	µg/kg	-	<5	<5
Última Chuva	-	-	12H Antes	Na hora da coleta
Umidade	%	-	29,6	21,6
Zinco	mg Zn/kg	315	34,4	16,1

No próximo tópico são apresentadas as caracterizações por parâmetros, dos monitoramentos realizados nos solos.

5.1.8.4 Solos

Para a avaliação da qualidade dos solos nos pontos amostrados foram utilizados os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420/2009 (Prevenção), que dispõe de sobre os valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

5.1.8.4.1 Metodologia

Foi realizado o monitoramento dos solos das planícies de inundação próximas aos pontos de monitoramento de águas superficiais e sedimentos. Foram realizadas 2 campanhas de amostragem, uma no período de seca, nos meses de agosto e setembro/21, abril e junho/22, e outra no período de chuva, nos meses de outubro e novembro/21 e fevereiro/22, contemplando 2 pontos ao longo da área de estudo. Na Tabela 5-25 estão descritos os pontos de monitoramento, parâmetros e frequência de amostragem e nas Figura 5-76 e Figura 5-77 podem ser vistas as fotos que representam as amostragens da primeira campanha realizada. A espacialização dos pontos foi apresentada no mapa da Figura 5-75.



Tabela 5-25 - Pontos de monitoramento de solos – Bacia do rio das Velhas.

Ponto de Amostragem	Descrição	Parâmetros	Coordenadas UTM		Sub-Bacia
			N	E	
P03	Montante ECJ Bação - Ribeirão Mata Porcos	1,1,1-Tricloroetano / 1,1-Dicloroetano / 1,1-Dicloroetano / 1,2,3,4-Tetraclorobenzeno / 1,2,3,5-Tetraclorobenzeno / 1,2,3-Triclorobenzeno / 1,2,4,5-Tetraclorobenzeno / 1,2,4-Triclorobenzeno / 1,2-Diclorobenzeno / 1,2-Dicloroetano / 1,3,5-Triclorobenzeno / 1,3-Diclorobenzeno / 1,4-Diclorobenzeno / 2,3,4,5-Tetraclorofenol / 2,3,4,6-Tetraclorofenol / 2,4,5-Triclorofenol / 2,4,6-Triclorofenol / 2,4-Diclorofenol / 2-Clorofenol / 3,4-Diclorofenol / Aldrin / Alumínio / Antimônio / Antraceno / Arsênio / Bário / Benzeno / Benzo(a)antraceno / Benzo(a)pireno / Benzo(g,h,i)perileno / Benzo(k)fluoranteno / Boro / Cádmio / Chumbo / Cis-1,2-Dicloroetano / Cloreto de Metileno (Diclorometano) / Cloreto de Vinila / Clorobenzeno / Clorofórmio / Cobalto / Cobre / Cresóis / Criseno / Cromo / DDD(Isômeros) / DDE(Isômeros) / DDT(Isômeros) / Di(2-etilhexil)ftalato / Dibenzo(a,h)antraceno / Dibutilftalato / Dieldrin / Dimetilftalato / Endrin / Estireno / Etilbenzeno / Fenantreno / Fenol / Ferro / HCH Beta / Hexaclorobenzeno / Indeno(1,2,3,cd)pireno / Lindano (g-HCH) / m,p-Xilenos / Manganês / Mercúrio / Molibdênio / Naftaleno / Níquel / Nitrato (N) / o-Xileno / PCB's-Bifenilas Policloradas / Pentaclorofenol / Porcentagem de sólidos / Prata / Selênio / Tempo / Tetracloroeto de Carbono / Tetracloroetano / Tolueno / Trans-1,2-Dicloroetano / Tricloroetano / Última Chuva / Umidade / Vanádio / Xileno Total / Zinco	7.749.165	624.962	Mata Porcos
P04	Jusante ECJ Bação - Ribeirão Mata Porcos		7.749.569	625.031	Mata Porcos



Figura 5-76 - Amostragem de solos no Ponto 03.
Fonte: CLAM, 2021.



Figura 5-77 - Amostragem de solos no Ponto 04.
Fonte: CLAM, 2021.

5.1.8.4.1 Resultados

Muitos elementos-traço são encontrados no solo por ocorrências naturais e são biogeoquimicamente ciclados. Porém, determinadas concentrações podem ser provenientes de atividades antrópicas, a partir de descarte de resíduos urbanos e industriais, deposição atmosférica e uso de agroquímicos.

O problema associado à contaminação dos solos por altas concentrações de elementos-traço se deve a existências de formas biodisponíveis desses elementos. Esses elementos, em situação mais preocupante, podem ser encontrados de duas formas no solo, nas formas solúveis e nas formas trocáveis. Na forma solúvel, o metal está na forma iônica ou de complexos orgânicos e é facilmente absorvido pelas plantas ou é lixiviado, podendo atingir os corpos d'água subterrâneos. Já na forma trocável, o metal ligado eletrostaticamente em sítios de adsorção, carregados negativamente na matéria orgânica ou em minerais, pode ser facilmente trocado por íons presentes na solução do solo, sendo então biodisponibilizados. As concentrações dos elementos-traço podem ser influenciadas pelas características de oxidação, redução e acidez do solo. Geralmente, condições oxidantes (solo com maior capacidade de drenagem) ou ambientes mais ácidos favorecem a existência de formas biodisponíveis desses elementos.

Em alguns tipos de mineração, como para extração de ouro, o minério geralmente está associado a minerais sulfetados que, quando expostos às condições oxidantes, tem o sulfeto transformado em sulfato, com a consequente formação de ácido sulfúrico e, então, do fenômeno denominado “drenagem ácida”. Esse fenômeno tem sido citado em diversos estudos como um possível solubilizador de arsênio.

Uma avaliação considerando a variação da sazonalidade para cada ponto amostral é importante para uma melhor interpretação da qualidade dos solos. Dessa forma, a coleta de amostras consistiu em duas campanhas para os pontos P03 e P04, a primeira no período seco e a segunda no período chuvoso.

Caracterização das variáveis químicas inorgânicas: Antimônio, arsênio, bário, boro, cádmio, chumbo, colbato, cobre, cromo, manganês, mercúrio, níquel e zinco

Antimônio

O antimônio está presente na natureza em baixas quantidades nos diferentes tipos de rochas e minerais. Comparando os resultados obtidos (Figura 5-78) com a Resolução CONAMA nº 420/2009 (Prevenção), foram detectados valores acima do limite de 2 mg/kg, preconizado pela legislação, no P03 no período de seca (2,18 mg/kg) e no P04 no período de chuva (2,37 mg/kg).

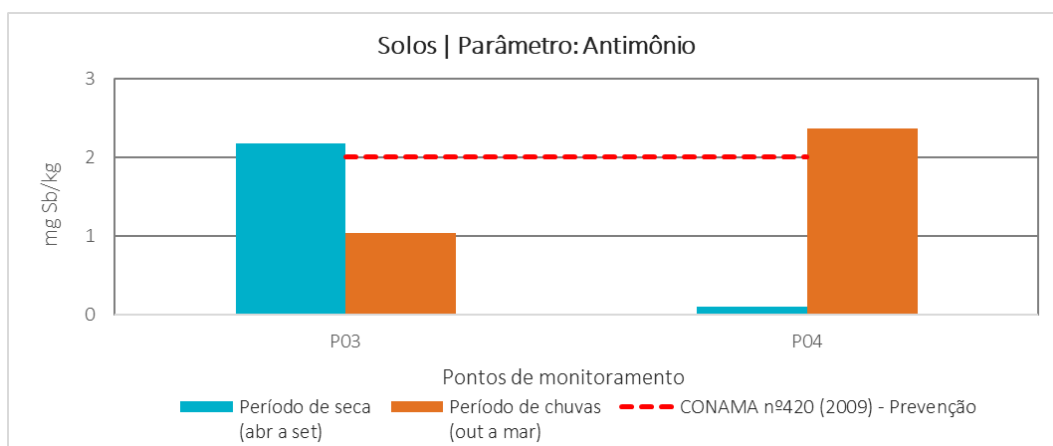


Figura 5-78 - Gráfico dos resultados das análises de antimônio em solos

Arsênio

De acordo com o gráfico da Figura 5-79, não foram encontrados valores de concentração de arsênio acima do preconizado pela Resolução CONAMA nº 420/2009 (Prevenção), considerando ambos os períodos amostrados.

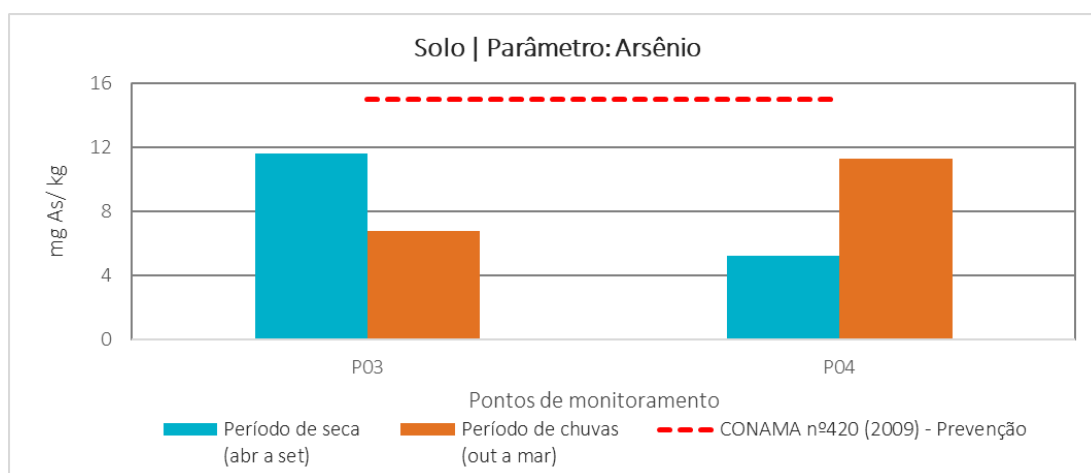


Figura 5-79 - Gráfico dos resultados das análises de arsênio em solos

Cromo

Segundo a Resolução CONAMA 420/2009 – Prevenção, o limite estabelecido para o cromo é de 75 mg/kg. No gráfico da Figura 5-80, é possível visualizar os pontos de monitoramento P03

e P04, e estes não ultrapassaram o limite preconizado pela lei.

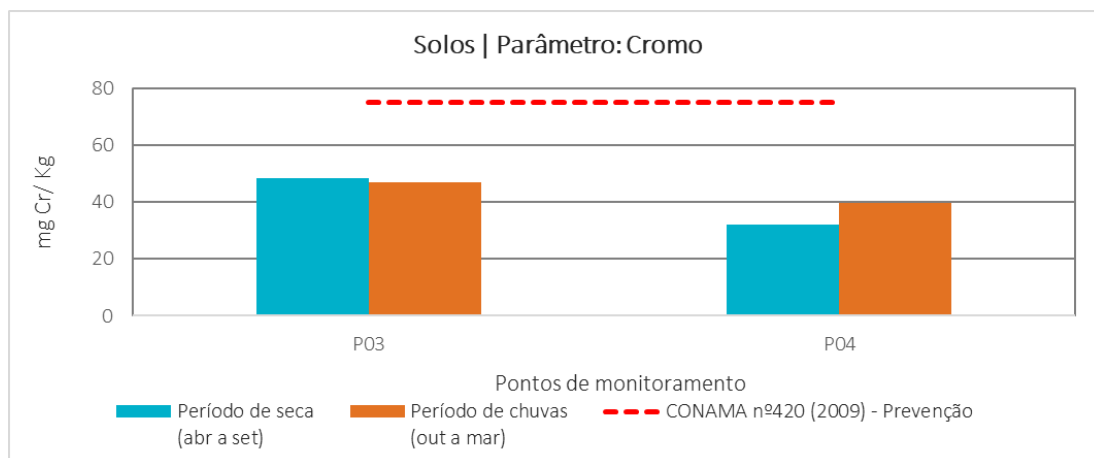


Figura 5-80 - Gráfico dos resultados das análises de cromo em solos

Cobalto

Na Figura 5-81, é possível visualizar que para o parâmetro cobalto não apresentou resultados acima do preconizado pela Resolução CONAMA 420/2009 – Prevenção, que é 25 mg/kg.

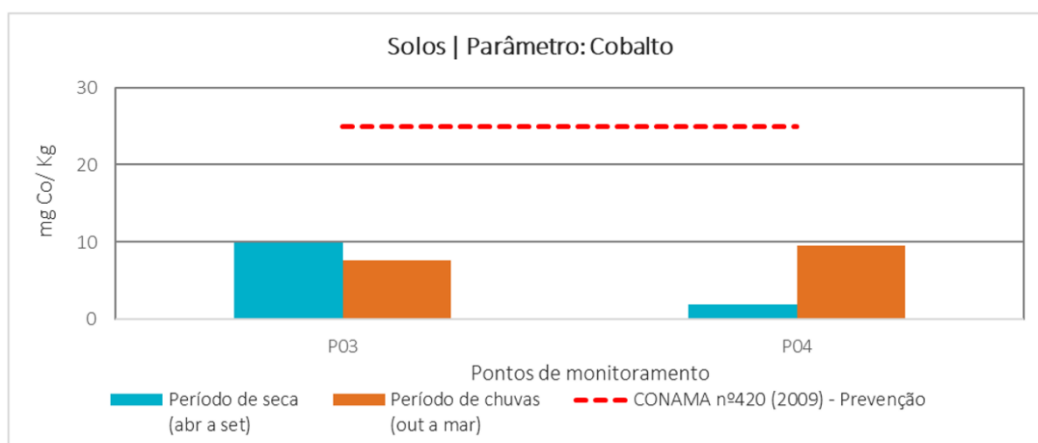


Figura 5-81 - Gráfico dos resultados das análises de cobalto em solos

Níquel

Nos pontos P03 e P04 o parâmetro níquel não apresentou qualquer não conformidade, tanto no período seco quanto chuvoso, conforme o gráfico da Figura 5-82.

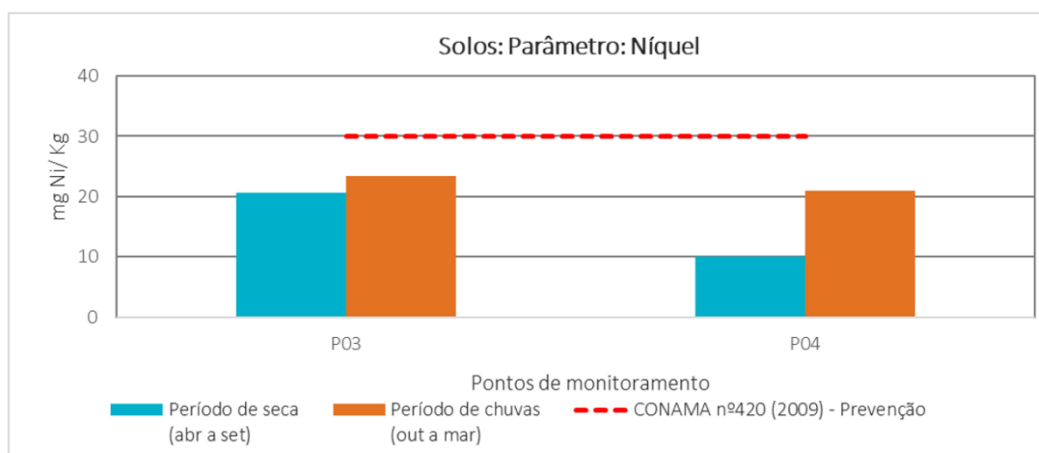


Figura 5-82 - Gráfico dos resultados das análises de níquel em solos

Os demais parâmetros analisados para a matriz de solos, que não apresentaram não conformidades em relação aos limites estabelecidos na legislação, são mostrados nas Tabela 5-26 e Tabela 5-27.

Tabela 5-26 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento - P03 (solos)

Parâmetro	Unidade	CONAMA nº420 (2009) - Prevenção	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
1,1,1-Tricloroetano	mg/kg	-	<0,005	<0,005
1,1-Dicloroetano	mg/kg	-	<0,005	<0,005
1,1-Dicloroeteno	mg/kg	-	<0,005	<0,005
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	mg/kg	0,16	<0,001	<0,001
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	0,01	<0,001	<0,001
1,2,3-Triclorobenzeno	mg/kg	0,01	<0,005	<0,005
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	0,01	<0,001	<0,001
1,2,4-Triclorobenzeno	mg/kg	0,011	<0,005	<0,005
1,2-Diclorobenzeno	mg/kg	0,73	<0,005	<0,005
1,2-Dicloroetano	mg/kg	0,075	<0,001	<0,001
1,3,5-Triclorobenzeno	mg/kg	0,5	<0,005	<0,005
1,3-Diclorobenzeno	mg/kg	0,39	<0,005	<0,005
1,4-Diclorobenzeno	mg/kg	0,39	<0,005	<0,005
2,3,4,5-Tetraclorofenol	mg/kg	0,092	<0,001	<0,001
2,3,4,6-Tetraclorofenol	mg/kg	0,011	<0,001	<0,001
2,4,5-Triclorofenol	mg/kg	0,11	<0,001	<0,001
2,4,6-Triclorofenol	mg/kg	1,5	<0,001	<0,001
2,4-Diclorofenol	mg/kg	0,031	<0,001	<0,001
2-Clorofenol	mg/kg	0,055	<0,001	<0,001
3,4-Diclorofenol	mg/kg	0,051	<0,001	<0,001
Aldrin	mg/kg	0,015	<0,001	<0,001



Parâmetro	Unidade	CONAMA nº420 (2009) - Prevenção	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
Alumínio	mg Al/kg	-	9768	9359
Antimônio	mg Sb/kg	2	1,04	2,18
Antraceno	mg/kg	0,039	<0,001	<0,001
Arsênio	mg As/kg	15	6,79	11,6
Bário	mg Ba/kg	150	112	106
Benzeno	mg/kg	0,03	<0,002	<0,002
Benzo(a)antraceno	mg/kg	0,025	<0,001	<0,001
Benzo(a)pireno	mg/kg	0,052	<0,001	<0,001
Benzo(g,h,i)perileno	mg/kg	0,57	<0,001	<0,001
Benzo(k)fluoranteno	mg/kg	0,38	<0,001	<0,001
Boro	mg B/kg	11,5	<3	<3
Cádmio	mg Cd/kg	1,3	0,28	0,17
Chumbo	mg Pb/kg	72	10,4	11,4
Cis-1,2-Dicloroeteno	mg/kg	-	<0,005	<0,005
Cloreto de Metileno (Diclorometano)	mg/kg	0,018	<0,01	<0,01
Cloreto de Vinila	mg/kg	0,003	<0,0002	<0,0002
Clorobenzeno	mg/kg	0,41	<0,005	<0,005
Clorofórmio	mg/kg	1,75	<0,005	<0,005
Cobalto	mg Co/kg	25	7,7	9,87
Cobre	mg Cu/kg	60	36,6	32,8
Cresóis	mg/kg	0,16	<0,001	<0,001
Criseno	mg/kg	8,1	<0,001	<0,001
Cromo	mg Cr/kg	75	47	48,5
DDD(Isômeros)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
DDE(Isômeros)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
DDT(Isômeros)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Di(2-etilhexil)ftalato	mg/kg	0,6	<0,001	<0,001
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg	0,08	<0,001	<0,001
Dibutilftalato	mg/kg	0,7	<0,001	<0,001
Dieldrin	mg/kg	0,043	<0,001	<0,001
Dimetilftalato	mg/kg	0,25	<0,001	<0,001
Endrin	mg/kg	0,001	<0,001	<0,001
Estireno	mg/kg	0,2	<0,005	<0,005
Etilbenzeno	mg/kg	6,2	<0,005	<0,005
Fenantreno	mg/kg	3,3	<0,001	<0,001
Fenol	mg/kg	0,2	<0,001	<0,001
Ferro	mg Fe/kg	-	63051	72842



Parâmetro	Unidade	CONAMA nº420 (2009) - Prevenção	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
HCH Beta	mg/kg	0,011	<0,001	<0,001
Hexaclorobenzeno	mg/kg	0,003	<0,001	<0,001
Indeno(1,2,3,cd)pireno	mg/kg	0,031	<0,001	<0,001
Lindano (g-HCH)	mg/kg	0,001	<0,001	<0,001
m,p-Xilenos	mg/kg	-	<0,005	<0,005
Manganês	mg Mn/kg	-	3794	2614
Mercurio	mg/kg	0,5	<0,0025	<0,0025
Molibdênio	mg Mo/kg	30	<1	<1
Naftaleno	mg/kg	0,12	<0,001	<0,001
Níquel	mg Ni/Kg	30	23,4	20,6
Nitrato (N)	mg/kg	-	61	15
o-Xileno	mg/kg	-	<0,005	<0,005
PCB's-Bifenilas Policloradas	mg/kg	0,0003	<0,00005	<0,00005
Pentaclorofenol	mg/kg	0,16	<0,001	<0,001
Porcentagem de sólidos	%		82	82
Prata	mg Ag/kg	2	<0,5	<0,5
Selênio	mg Se/kg	5	<0,1	<0,1
Tempo	-	-	Bom	Bom
Tetracloroeto de Carbono	mg/kg	0,17	<0,002	<0,002
Tetracloroeteno	mg/kg	0,054	<0,005	<0,005
Tolueno	mg/kg	0,14	<0,005	<0,005
Trans-1,2-Dicloroeteno	mg/kg	-	<0,005	<0,005
Tricloroeteno	mg/kg	0,0078	<0,002	<0,002
Última Chuva	-	-	Últimos 5 dias	Mais de 5 dias
Umidade	%	-	18,4	18,3
Vanádio	mg V/kg	-	40,8	46,9
Xileno Total	mg/kg	0,13	<0,01	<0,01
Zinco	mg Zn/kg	300	42,7	31,8

Tabela 5-27 - Resultados analíticos para o ponto de monitoramento – P04 (solos)

Parâmetro	Unidade	CONAMA nº420 (2009) - Prevenção	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
1,1,1-Tricloroetano	mg/kg	-	<0,005	<0,005
1,1-Dicloroetano	mg/kg	-	<0,005	<0,005
1,1-Dicloroeteno	mg/kg	-	<0,005	<0,005
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	mg/kg	0,16	<0,001	<0,001
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	0,01	<0,001	<0,001
1,2,3-Triclorobenzeno	mg/kg	0,01	<0,005	<0,005



Parâmetro	Unidade	CONAMA nº420 (2009) - Prevenção	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	mg/kg	0,01	<0,001	<0,001
1,2,4-Triclorobenzeno	mg/kg	0,011	<0,005	<0,005
1,2-Diclorobenzeno	mg/kg	0,73	<0,005	<0,005
1,2-Dicloroetano	mg/kg	0,075	<0,001	<0,001
1,3,5-Triclorobenzeno	mg/kg	0,5	<0,005	<0,005
1,3-Diclorobenzeno	mg/kg	0,39	<0,005	<0,005
1,4-Diclorobenzeno	mg/kg	0,39	<0,005	<0,005
2,3,4,5-Tetraclorofenol	mg/kg	0,092	<0,001	<0,001
2,3,4,6-Tetraclorofenol	mg/kg	0,011	<0,001	<0,001
2,4,5-Triclorofenol	mg/kg	0,11	<0,001	<0,001
2,4,6-Triclorofenol	mg/kg	1,5	<0,001	<0,001
2,4-Diclorofenol	mg/kg	0,031	<0,001	<0,001
2-Clorofenol	mg/kg	0,055	<0,001	<0,001
3,4-Diclorofenol	mg/kg	0,051	<0,001	<0,001
Aldrin	mg/kg	0,015	<0,001	<0,001
Alumínio	mg Al/kg	-	5133	5932
Antimônio	mg Sb/kg	2	<0,1	2,37
Antraceno	mg/kg	0,039	<0,001	<0,001
Arsênio	mg As/kg	15	5,23	11,3
Bário	mg Ba/kg	150	39,1	130
Benzeno	mg/kg	0,03	<0,002	<0,002
Benzo(a)antraceno	mg/kg	0,025	<0,001	<0,001
Benzo(a)pireno	mg/kg	0,052	<0,001	<0,001
Benzo(g,h,i)perileno	mg/kg	0,57	<0,001	<0,001
Benzo(k)fluoranteno	mg/kg	0,38	<0,001	<0,001
Boro	mg B/kg	11,5	<3	<3
Cádmio	mg Cd/kg	1,3	<0,1	0,27
Chumbo	mg Pb/kg	72	8,7	8,26
Cis-1,2-Dicloroetano	mg/kg	-	<0,005	<0,005
Cloreto de Metileno (Diclorometano)	mg/kg	0,018	<0,01	<0,01
Cloreto de Vinila	mg/kg	0,003	<0,0002	<0,0002
Clorobenzeno	mg/kg	0,41	<0,005	<0,005
Clorofórmio	mg/kg	1,75	<0,005	<0,005
Cobalto	mg Co/kg	25	1,98	9,59
Cobre	mg Cu/kg	60	6,88	26,7
Cresóis	mg/kg	0,16	<0,001	<0,001
Críseno	mg/kg	8,1	<0,001	<0,001



Parâmetro	Unidade	CONAMA nº420 (2009) - Prevenção	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
Cromo	mg Cr/kg	75	32	39,6
DDD(Isômeros)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
DDE(Isômeros)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
DDT(Isômeros)	mg/kg	-	<0,001	<0,001
Di(2-etilhexil)ftalato	mg/kg	0,6	<0,001	<0,001
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg	0,08	<0,001	<0,001
Dibutilftalato	mg/kg	0,7	<0,001	<0,001
Dieldrin	mg/kg	0,043	<0,001	<0,001
DimetilFtalato	mg/kg	0,25	<0,001	<0,001
Endrin	mg/kg	0,001	<0,001	<0,001
Estireno	mg/kg	0,2	<0,005	<0,005
Etilbenzeno	mg/kg	6,2	<0,005	<0,005
Fenantreno	mg/kg	3,3	<0,001	<0,001
Fenol	mg/kg	0,2	<0,001	<0,001
Ferro	mg Fe/kg	-	30395	46080
HCH Beta	mg/kg	0,011	<0,001	<0,001
Hexaclorobenzeno	mg/kg	0,003	<0,001	<0,001
Indeno(1,2,3,cd)pireno	mg/kg	0,031	<0,001	<0,001
Lindano (g-HCH)	mg/kg	0,001	<0,001	<0,001
m,p-Xilenos	mg/kg	-	<0,005	<0,005
Manganês	mg Mn/kg	-	457	2620
Mercúrio	mg/kg	0,5	<0,0025	<0,0025
Molibdênio	mg Mo/kg	30	<1	<1
Naftaleno	mg/kg	0,12	<0,001	<0,001
Níquel	mg Ni/Kg	30	<10	21
Nitrato (N)	mg/kg	-	508	37
o-Xileno	mg/kg	-	<0,005	<0,005
PCB's-Bifenilas Policloradas	mg/kg	0,0003	<0,00005	<0,00005
Pentaclorofenol	mg/kg	0,16	<0,001	<0,001
Porcentagem de sólidos	%		76	83
Prata	mg Ag/kg	2	<0,5	<0,5
Selênio	mg Se/kg	5	<0,1	0,8
Tempo	-	-	Bom	Bom
Tetracloroeto de Carbono	mg/kg	0,17	<0,002	<0,002
Tetracloroeteno	mg/kg	0,054	<0,005	<0,005
Tolueno	mg/kg	0,14	<0,005	<0,005
Trans-1,2-Dicloroeteno	mg/kg	-	<0,005	<0,005



Parâmetro	Unidade	CONAMA nº420 (2009) - Prevenção	Período de Seca (2021/2022)	Período de Chuva (2021/2022)
Tricloroeteno	mg/kg	0,0078	<0,002	<0,002
Última Chuva	-	-	24H Antes	Mais de 5 dias
Umidade	%	-	23,7	16,6
Vanádio	mg V/kg	-	20,8	31,8
Xileno Total	mg/kg	0,13	<0,01	<0,01
Zinco	mg Zn/kg	300	9,77	34,2

5.1.9 Recursos Hídricos e Qualidade das Águas Subterrâneas

Não foram obtidos dados de monitoramento de água subterrânea até o presente momento.

5.1.9.1 Hidrogeologia

Realizando uma análise regional, dentro da Área de Estudo, é possível classificar as unidades do Quadrilátero Ferrífero entre dois sistemas aquíferos principais (Figura 5-83), entretanto, devido à grande abundância de formações rochosas e suas variações ao longo da região, cabe aqui realizar uma caracterização das unidades predominantes e sua relação com a tectônica regional, visto que, a grande diversidade de feições possibilitam o fluxo hídrico subterrâneo mesmo em unidades que a priori poderiam ser consideradas como impermeáveis, principalmente devido aos processos metamórficos impresso em terrenos do QF desde o arqueano. Dessa forma, foi possível agrupar as unidades em Sistema Aquífero Fissural, Sistema Aquífero Cárstico-Fissural e Sistema Aquífero Poroso, este que, compreende as coberturas cenozoicas presentes na relação estratigráfica da região, sendo que, a relação numérica de produtividade dos aquíferos, relação de descarga e recarga é bastante heterogênea e varia de acordo com as particularidades de cada região em escala local.

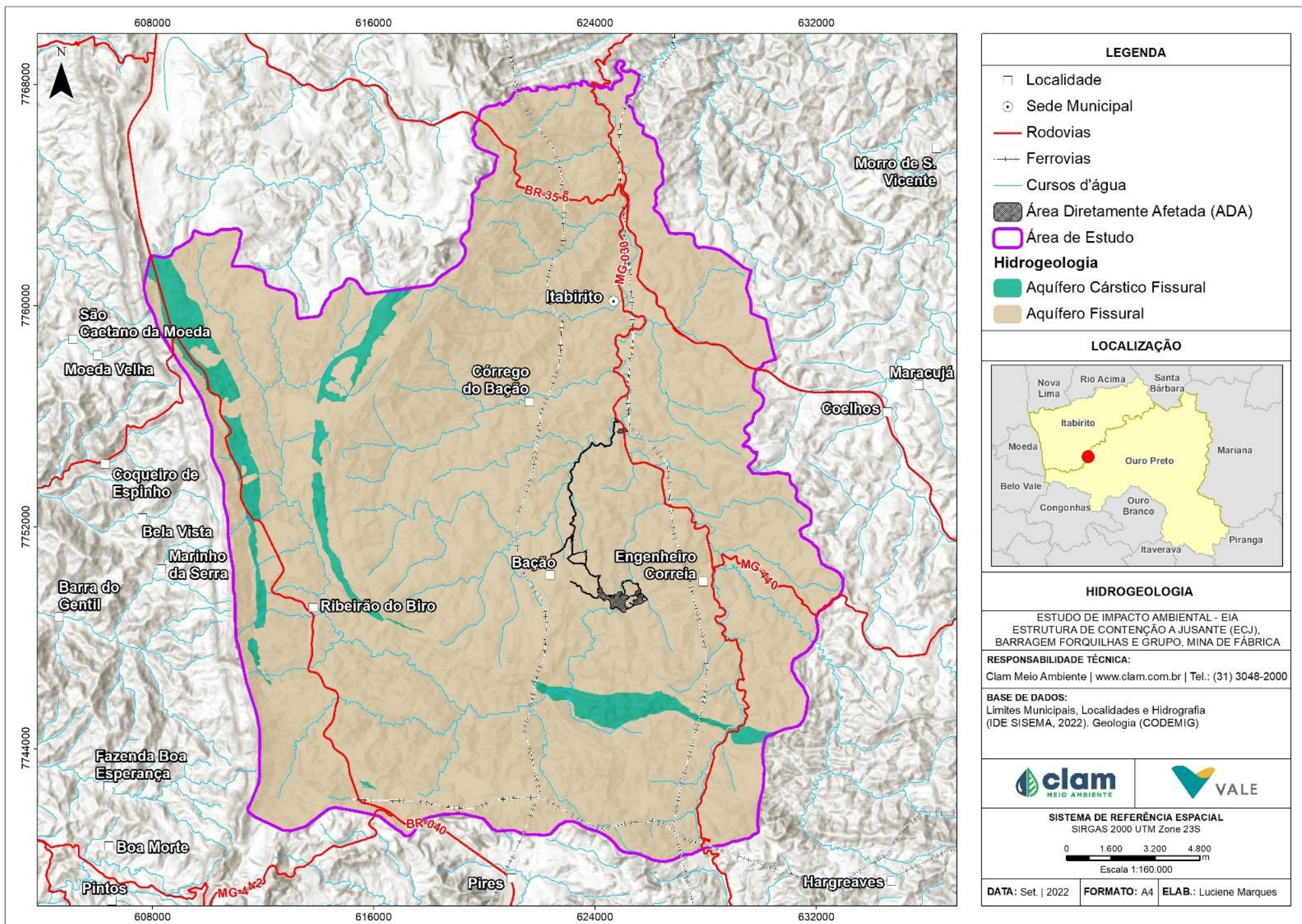


Figura 5-83 - Mapa de domínios hidrogeológicos



5.1.9.1.1 *Sistema Aquífero Fissural*

Compreendem aquíferos heterogêneos e anisotrópicos e sua permeabilidade está condicionada principalmente pelo sistema de falhas, fraturas, planos de foliação, dentre outras discontinuidades geradas pelos processos geológicos, visto que, o grau de alteração torna-se crucial para determinar a capacidade de armazenamento de fluídos, níveis confinantes, possível porosidade primária e transmissividade de água entre as camadas pela sua disposição estratigráfica.

Os xistos e filitos das unidades do Grupo Nova Lima e Formação Batatal do Grupo Caraça compreendem os litotipos de menor potencial hídrico devido à baixa permeabilidade. Com exceção do Grupo Nova Lima, essas unidades podem ser consideradas como camadas confinantes (aquicludes) em porções predominantemente metapelíticas, podendo haver geração em zonas fortemente estruturadas e descontínuas, ou em zonas com maior variedade litológica (MOURÃO, 2007), o que costuma formar nascentes em encostas, já que a água não consegue infiltrar com tanta facilidade e escapa lateralmente onde a topografia favorece. Em xistos existe uma maior distribuição de porosidade secundária (descontinuidades), porém, também se apresentam com baixo potencial hídrico e dependem de elevado grau de alteração para um melhor aproveitamento desses aquíferos. Dentre as unidades do Grupo Nova Lima, se enquadram aqui as porções metavulcanossedimentares e metassedimentares da sequência greenstone belt, sendo que as porções ultramáficas e máficas possuem a particularidade dos extensos mantos de alteração e intensa atividade tectônica, o que garante uma melhor conexão, recarga e descarga entre a porosidade secundária (posicionada nas discontinuidades), características essas que demonstram comportamento semelhante ao dos complexos cristalinos mais antigos.

Os quartzitos e metaconglomerados da Formação Moeda são condicionados pelos mesmos processos citados anteriormente, porém certo potencial é identificado pela distribuição de discontinuidades rúpteis no comportamento reológico dessas rochas, o que condiciona uma expressiva porosidade secundária e permeabilidade. BERTACHINI (1994) apud Beato et al. (2005) descrevem os aquíferos Moeda como confinados para algumas regiões e intensamente fraturados, dando uma particularidade a esta unidade devido a, nessas regiões, comportarem aquíferos muito produtivos.

Assim, como as demais unidades, os itabiritos e hematitas da Formação Cauê podem possuir natureza porosa e serem diferenciados pelo grau de processos tectônicos e intensidade intempérica, e estas influenciam diretamente na caracterização desses aquíferos. Essas rochas compõem as unidades mais produtivas da região e se distinguem entre porções maciças, friáveis e pulverulentas, caracterizando sua heterogeneidade e anisotropia quando maciças, com maior condutividade hidráulica, e maior homogeneidade e isotropia quando friáveis ou pulverulentas, que neste caso, imprime grande porosidade intersticial granular, possibilitando alta capacidade de armazenamento. Podem ocorrer ainda intercalações entre suas porções, e



apesar da diferenciação dos níveis maciços, friáveis e pulverulentos, a condutividade hidráulica geral dos itabiritos e hematitas é bastante relevante (BERTACHINI, 2004 apud Beato et al. 2005).

As formações ferríferas do Grupo Nova Lima possuem porosidade secundária provenientes das descontinuidades e agravadas pela dissolução de materiais carbonáticos, e a possível presença de sulfetos dessas unidades conferem uma característica ácida nas águas desses aquíferos (MOURÃO, 2007).

Neste trabalho, os aquíferos das formações ferríferas são classificados como fissurais devido à sua natureza química e metamórfica de geração, já que a presença de porosidade primária varia de maneira inconstante de acordo com as localidades, logo, sua classificação regional se dá pela natureza do litotipo, podendo possuir particularidades mediante às análises locais tal qual as demais rochas descritas nesse sistema aquífero. Para NEVES & BERTACHINI (2004) (apud Beato et al. 2005), as variações de porosidade podem estar relacionadas à grande variação de espessura dos corpos, grau de intemperismo, presença de corpos intrusivos, etc.

5.1.9.1.2 Sistema Aquífero Cárstico-Fissural

Este sistema compreende a Formação Gandarela do Grupo Itabira, com os dolomitos e demais rochas carbonáticas pertencentes a esta formação e, além do condicionamento estrutural, pode possuir processos de carstificação, o que contribui para uma boa produtividade desse aquífero. Em geral possuem bons parâmetros hidráulicos, mas sua condicionante de recuperação é limitada (MOURÃO, 2007).

5.1.9.1.3 Sistema Aquífero Poroso

Compreendendo a porção cenozoica do pacote estratigráfico da Área de Estudo, estão os sedimentos lacustrinos de materiais variados de alúvios antigos e, por vezes, como terraços fluviais, que comportam com muita heterogeneidade e anisotropia, o que confere aos parâmetros hidrodinâmicos grande variedade BEATO ET AL. (2005).

As coberturas de cangas ferruginosas estão dispostas em depósitos inconsolidados de elúvios, colúvios e depósitos de tálus. Possuem fluxo condicionado pelos interstícios intergranulares e tem características de aquíferos de alta porosidade e condutividade hidráulica, além de terem papel fundamental na recarga dos aquíferos subjacentes a essas unidades (MOURÃO, 2007).



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALKMIM, F. F. de. O que faz de um cráton um cráton? O Cráton São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo. In: Mantesso-Neto, Virgínio; Bartorelli, Andréa; Carneiro, Celso Dal Ré; Neves, Benjamin Bley de Brito (Org.). Geologia do continente Sul Americano. São Paulo: Beca, 2004. p. 17-35.

ALKMIM, F.F. & Marshak, S. 1998. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, 90:29- 58.

ALMEIDA L. G., Castro P. de T. A., Endo I., Fonseca M. A.. 2005. O Grupo Sabará no sinclinal Dom Bosco, Quadrilátero Ferrífero: uma revisão estratigráfica. *Rev. Bras. de Geoc.* 35(2):177-186.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22, 1 Dezembro 2013.

ÁVILA, L. F., DE MELLO, C. R., YANAGI, S. D., & NETO, O. B. Tendências de temperaturas mínimas e máximas do ar no Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 49, p. 9, 2014.

Baltazar O. F.; Zucchetti, M. 2000. Rio das Velhas Greenstone Belt structural evolution, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. In: 31° International Geological Congress. Rio de Janeiro, CD-ROM.

BEATO, Décio A. C (Org.); MONSORES, André L. M; BERTACHINNI, Antônio C. Projeto APA Sul RMBH: Estudos do Meio Físico - Hidrogeologia. Belo Horizonte: Semad/CPRM, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17/02/1986.

BRASIL. Decreto Estadual nº 39.692, de 29 de junho de 1998: Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Minas Gerais, MG.

BRASIL. Decreto Estadual nº 47.787, de 13 de dezembro de 2019: Dispõe sobre a organização da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Minas Gerais, MG.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997: Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

CARNEIRO, M. A. 1992. O Complexo Metamórfico Bonfim Setentrional - Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: Litoestratigrafia e evolução geológica de um segmento de crosta



continental do Arqueano. São Paulo. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado. 233p.

CARVALHO, N. de O.; FILIZOLA JÚNIOR, N. P.; SANTOS, P. M. C. dos; LIMA, J. E. F. W. Guia de Práticas Sedimentométricas. Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, ANEEL. Brasília, DF. Setembro, 2000.

CASTRO et al 2020. Quadrilátero Ferrífero: Avanços do conhecimento nos últimos 50 anos. 1st ed., Pp. 480. Belo Horizonte: 3i Editora. Publisher's Version.

CBH - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Deliberação Normativa CBH Rio das Velhas nº 01, de 09 de fevereiro de 2012: Define as Unidades Territoriais Estratégicas – UTE, da bacia Hidrográfica do Rio das Velhas.

CBH - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Deliberação Normativa CBH Rio das Velhas nº 02, de 02 de agosto de 2019: Altera e consolida o Regimento Interno do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas.

CBHSF – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Minas Gerais. Disponível em < <https://cbhsaofrancisco.org.br>>. Acessado em: 26/04/2022.

CECAV - Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas; ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Anuário Estatístico do Patrimônio Espeleológico Brasileiro. 2020. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/destaques/90-anuario-estatistico-do-patrimonio-espeleologico-brasileiro-2018.html>. Acesso em: 20 de abril de 2022.

CHEMALE, F. Jr. et al. 1994. The tectonic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Precambrian Research, 65:25-54.

CODEMIG – Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais. 2017. Programa Mapeamento Geológico do Estado de Minas Gerais – Projeto Triângulo Mineiro. Ouro Preto, Folha SF.23-X-A-III. Estado de Minas Gerais. Escala 1:100.000 – Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais: CODEMIG. 63p.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. 2018. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005: Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

COPAM - CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. 1997. Deliberação Normativa COPAM nº 20, de 24 de junho de 1997: Dispõe sobre o enquadramento das águas da bacia do rio das Velhas.

COSTA, R. de V. F. Mapeamento Geoquímico e Estabelecimento de Valores de Referência (Background) de Sedimentos Fluviais do Quadrilátero Ferrífero. 2015. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas, Departamento de Geologia. Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais. Ouro Preto, 2015.



DORR II, J. V. N.; Gair, J. E.; Pomerene, J. B.; Rynearson, G. A. 1957. Revisão estratigráfica Pré-cambriana do Quadrilátero Ferrífero. DNPM-DFPM. avulso 81, 3 I p.

DORR, J. V. N. II. 1969. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. USGS/DNPM. Professional Paper 641-A. 110p.

DUTRA, G.; CORRÊA, T.; FRIGO, F.; DELL'ANTONIO, R.; BRANDI, Y. VALE S.A. 2020. Avanços da Espeleologia no Quadrilátero Ferrífero. In: Quadrilátero Ferrífero: avanços do conhecimento nos últimos 50 anos / organizado por Paulo de Tarso Amorim Castro, Issamu Endo, Antonio Luciano Gandini. Belo Horizonte: 3i editora, 2020.

EMBRAPA- SANTOS, H. G., JACOMINE, P. K. T., DOS ANJOS, L. H. C., DE OLIVEIRA, V. A., LUMBRERAS, J. F., COELHO, M. R., ... & CUNHA, T. J. F. (2018). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, 22, 1 Dezembro 2013

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Carta Topográfica Folha Rio Acima (SF-23-X-A-III-1), escala 1:50.000. Secretaria do Planejamento e Coordenação Geral/Instituto de Geociências Aplicadas de Minas Gerais, 1986.

_____ Carta Topográfica Folha Itabirito (SF-23-X-A-III-3), escala 1:50.000. Secretaria do Planejamento e Coordenação Geral/Instituto de Geociências Aplicadas de Minas Gerais, 1977.

_____ Carta Topográfica Folha Ouro Preto (SF-23-X-A-III-4), escala 1:50.000. Secretaria do Planejamento e Coordenação Geral/Instituto de Geociências Aplicadas de Minas Gerais, 1977.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em 07/04/2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Normais Climatológicas do Brasil 1991-2020. Supervisão Editorial/Organização: Marcia dos Santos Seabra e Edmundo Wallace Monteiro Lucas. INMET, Brasília/DF, Brasil, 2022.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm. In.: REIS, Rui Bran Januário. Mapeando a Climatologia das Descargas Atmosféricas em Minas Gerais, Utilizando Dados de 1989 a 2002 - Uma Análise Exploratória. 2005. 216f. Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte.

LADEIRA, E. A. & Roeser, H. M. P. 1983. Petrography of the Rio das Velhas Greenstone Belt, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Stuttgart: Zentralblatt Geologie Palaeontologie. 3/4:430-45.



- LOBATO, L. M. & Costa, M. A. 2020. Recursos Minerais no Cenário Geológico de Minas Gerais. In: Recursos Minerais no Estado de Minas Gerais on line. CODEMGE. <http://recursomineralmg.codemge.com.br/recursos-minerais-no-cenario-geologico/>.
- MARTINS, F. B., GONZAGA, G., SANTOS, D. F., & REBOITA, M. S. (2018). Classificação Climática de Koppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: Cenário Atual e Projeções Futuras. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 1, p. 28, 2018.
- MEDINA, A. I.; DANTAS, M. E.; SAADI, A. Projeto APA Sul RMBH: estudos do meio físico, geomorfologia. Belo Horizonte: CPRM/Embrapa/Semad/Cemig, 2005.
- MOURÃO, M. A. A. Caracterização Hidrogeológica do Aquífero Cauê, Quadrilátero Ferrífero, MG. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação da Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte: 2007, 321p.
- REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F. & ALVES, M. A. Aspectos Climáticos do Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Climatologia*, Ano 11, Vol. 17 – Jul/Dez, 2015.
- Rosière, C. A. & Chemale, F. 2000. Brazilian Iron Formations and their Geological Setting. *Revista Brasileira de Geociências*. 30(2):274-278.
- SILVA, FERNANDO REIS. A paisagem do Quadrilátero Ferrífero, MG: potencial para o uso turístico da sua geologia e geomorfologia. 2007. 144f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- SILVA, Sérgio L. da. (Org.); MONTEIRO, Eduardo A.; BALTAZAR, Orivaldo F. Projeto APA Sul RMBH: Estudos do Meio Físico - Geologia. Belo Horizonte: Semad /CPRM, 2005.
- TEIXEIRA DA COSTA M.. 1961. Sedimentação e orogênese da Série de Minas: Ouro Preto, SICEG. Soc. Interc. Cult. e Est. Geol., nº. 1, p. 55-61.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV); Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC-MG); Universidade Federal de Lavras (UFLA); Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). Mapa de Solos Do Estado de Minas Gerais: legenda expandida. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010.
- VARAJÃO, César AC. A questão da correlação das superfícies de erosão do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Brazilian Journal of Geology*, v. 21, n. 2, p. 138-145, 1991.



RUA SERGIPE, 1333 | SAVASSI | BELO HORIZONTE - MG | CEP 30.130-174 | TEL: +55 31 3048-2000

RUA LEVINDO LOPES, 323 | SAVASSI | BELO HORIZONTE - MG | CEP 30.140-170 | TEL: +55 31 3048-2000

AVENIDA H | QUADRA 25 | LOTE 7 | CIDADE JARDIM | PARAUAPEBAS - PA | CEP 68.515-000 | TEL: +55 94 99219-6339