



Projeto Ampliação Mina Volta Grande

**ANMs nº 466/1943; 6127/1966;
831.043/2013
Pegmatito**



ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA VOLUME II - TOMO 1



NAZARENO/MG

JANEIRO/2026

APRESENTAÇÃO

A **AMG BRASIL S.A.**, apresenta o Estudo de Impacto Ambiental - EIA, com finalidade de instruir o processo de ampliação do empreendimento minerário denominado **PROJETO AMPLIAÇÃO MINA VOLTA GRANDE**, em processo de licenciamento ambiental junto à Unidade Regional de Regularização Ambiental - **URA Sul de Minas**, registrado nos processos **ANMs nº 466/1943; 6127/1966 e 831.043/2013**.

O projeto de ampliação envolve todas as unidades operacionais da Mina Volta Grande atualmente em operação regularizadas pelos atos autorizativos:

- Certificado REV-LO nº 102/2018;
- Certificado LO-A nº 067/2018;
- Certificado LO-A nº 068/2018;
- Certificado nº 3224/2022 Licenciamento Ambiental Simplificado;
- Autorizações de Intervenções Ambientais (2100.01.0007970/2025-53, 2100.01.0025920/2023-21, 2100.01.0019520/2022-67e 1370.01.0007357/2023-67)
- Certificado nº 1837/2024 Licenciamento Ambiental Concomitante (LP+LI+LO);
- Certificado nº 384/2023 Licenciamento Ambiental Concomitante (LI+LO);
- Certificado nº 2371/2022 Licenciamento Ambiental Concomitante (LP+LI+LO).

A ampliação do empreendimento consistirá exclusivamente na expansão da área da cava, com ajuste da geometria da área de lavra, sem qualquer aumento dos parâmetros produtivos anteriormente licenciados, bem como na implantação de uma pilha de disposição de estéril e rejeitos associada à operação existente. Não estão previstas ampliações de pátios de produtos, subprodutos ou de estruturas de apoio já licenciadas. As intervenções decorrentes dessas alterações resultarão na incorporação de novas áreas à atividade minerária, com supressão de vegetação nativa estimada em 41,209 hectares, localizada no município de Nazareno, no estado de Minas Gerais.

Conforme disposto no Sistema de Licenciamento Ambiental – SLA nº 2025.12.04.003.0002507, o Projeto de Ampliação da Mina Volta Grande foi enquadrado na modalidade de Licenciamento Ambiental Concomitante – LAC 1, a qual contempla, de forma integrada, as fases de Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO). Nessa modalidade, o licenciamento ambiental tem por finalidade avaliar, de maneira conjunta e integrada, a viabilidade

socioambiental do empreendimento, bem como autorizar a implantação das estruturas previstas e a operação da ampliação, desde que atendidas as condicionantes e diretrizes estabelecidas pelo órgão ambiental competente. Assim, o presente Estudo de Impacto Ambiental (EIA) visa subsidiar a análise técnica necessária à emissão das licenças ambientais concomitantes, considerando os aspectos técnicos, territoriais, sociais e ambientais associados à expansão da área da cava, motivada por rigidez locacional, e à implantação da pilha de rejeitos, sem alteração dos parâmetros produtivos atualmente licenciados.

A ampliação trata-se, portanto, de uma concessão de lavra para extração de pegmatito, através dos títulos nº 466/1943 (concessão de lavra), nº 6127/1966 (concessão de lavra) e nº 831.043/2013 (requerimento de lavra). O projeto, em função de seu porte, características operacionais e potencial poluidor/degradador, enquadra-se na legislação ambiental vigente, nos termos da Deliberação Normativa COPAM nº 217/2017. Considerando a coexistência de atividades com diferentes classes de enquadramento na ampliação, o empreendimento foi classificado como Classe 6, em conformidade com o Art. 5º, parágrafo único, da referida norma, tomando-se como referência a atividade de maior classe a ser regularizada.

Código	Atividade Objeto do Licenciamento (DN COPAM 217/2017)	Quantidade já licenciada	Quantidade a ser considerada na ampliação	Classe
A-05-04-5	Pilhas de rejeito/estéril	150,81 ha	82,7782 ha	6
H-01-01-1	Atividades e empreendimentos não listados ou não enquadrados em outros códigos, com supressão de vegetação primária ou secundária nativa pertencente ao bioma Mata Atlântica, em estágios médio e/ou avançado de regeneração, sujeita a EIA/RIMA nos termos da Lei Federal nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, exceto árvores isoladas.	0,00 ha	14,0378 ha	-

O presente Estudo de Impacto Ambiental foi estruturado de forma a caracterizar a área de inserção do empreendimento a partir de procedimentos metodológicos específicos, constituindo o diagnóstico ambiental, o qual diz respeito à base de dados necessária com o objetivo de garantir sua conformidade ambiental.

Este Estudo é composto de três volumes, a saber:

- **Volume I:** discorre acerca da identificação e localização do empreendimento, estudo de alternativas, caracterização do empreendimento, aspectos legais e institucionais

legislação aplicável, compatibilidade do empreendimento com planos e programas governamentais e definição das áreas de estudo.

- **Volume II:** subdividido em três tomos sendo:
 - Tomo 1: Diagnóstico do Meio Físico;
 - Tomo 2: Diagnóstico do Meio Biótico;
 - Tomo 3: Diagnóstico do Meio Socioeconômico e Análise Integrada.
- **Volume III:** discorre sobre a avaliação dos impactos ambientais, definição das áreas de influência, ações, planos e programas de mitigação, controle e compensação ambiental; prognóstico ambiental e conclusão, além de apresentar a equipe técnica responsável pelo Estudo, os anexos e referências bibliográficas.

Cabe ainda salientar que esses trabalhos foram conduzidos por uma equipe interdisciplinar e tiveram como base os dispositivos da legislação federal, estadual e municipal em vigor, atendendo o Termo de Referência para a elaboração de Estudo de Impacto Ambiental Atualização 03/01/2023, disponibilizado no sítio eletrônico da Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM.

SUMÁRIO

9. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	14
9.1. Meio Físico	14
9.1.1. Clima e Meteorologia	14
9.1.2. Qualidade do Ar	46
9.1.3. Mudanças Climáticas.....	59
9.1.4. Ruído Ambiental e Vibração	66
9.1.5. Geologia	82
9.1.6. Geomorfologia.....	95
9.1.7. Suscetibilidade e Processos Erosivos	100
9.1.8. Pedologia e Aptidão Agrícola	104
9.1.9. Espeleologia	111
9.1.10. Recursos Hídricos Superficiais.....	121
9.1.11. Qualidade dos Recursos Hídricos Superficiais.....	165
9.1.12. Recursos Hídricos Subterrâneos.....	187
9.1.13. Qualidade das Águas Subterrâneas	201
9.1.14. Áreas Contaminadas	207

LISTA DE FIGURAS

Figura 9.1 - Tempo e Clima no contexto ambiental	15
Figura 9.2 - Precipitação acumulada (mm) mensal de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020) - Brasil	16
Figura 9.3 - Temperatura média (°C) mensal de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020) - Brasil	18
Figura 9.4 - Umidade Relativa do Ar (%) mensal de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020) - Brasil	19
Figura 9.5 - Carta Sinótica da Marinha do dia 01 de fevereiro de 2025 às 00h	21
Figura 9.6 - Carta Sinótica da Marinha do dia 25 de janeiro de 2025 às 00h	21
Figura 9.7 - Imagem de Satélite do dia 01 de fevereiro de 2025 às 18h	21
Figura 9.8 - Imagem de Satélite do dia 25 de janeiro de 2025 às 18h.....	21
Figura 9.9 - Precipitação acumulada (mm) mensal em Minas Gerais de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020).....	23
Figura 9.10 - Temperatura média do ar (°C) mensal em Minas Gerais de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020)	24
Figura 9.11 - Umidade Relativa média do Ar (%) mensal em Minas Gerais de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020)	26
Figura 9.12 - Mapa de localização das estações meteorológicas convencionais do INMET utilizadas para a elaboração do mapa climatológico de Minas Gerais de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020)	28
Figura 9.13 - Mapa de localização das estações meteorológicas em relação à área do empreendimento	30
Figura 9.14 - Climograma com base nas Normais Climatológicas do município de Lavras (1991 – 2020)	32
Figura 9.15 - Temperatura (°C) média, mínima e máxima para a região do projeto de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020).....	34
Figura 9.16 - Temperatura média (°C) na área do entorno do empreendimento.....	35
Figura 9.17 - Precipitação acumulada (mm) mensal para a região do projeto de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020)	36
Figura 9.18 - Precipitação acumulada média (mm) mensal na área do entorno do empreendimento de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020)	37

Figura 9.19 - Déficit Hídrico (mm) médio na área do entorno do empreendimento de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020).....	39
Figura 9.20 - Umidade Relativa do Ar (%) para a região do projeto de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020).....	40
Figura 9.21 - Umidade relativa do Ar (%) mensal na área no entorno do empreendimento de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020).....	41
Figura 9.22 - Direção de Origem dos Ventos da estação meteorológica de São João Del Rey (2007 – 2024)	42
Figura 9.23 - Direção de Destino dos Ventos da estação meteorológica de São João Del Rey (2007 – 2024)	42
Figura 9.24 - Direção Predominante dos Ventos da estação meteorológica de São João Del Rey (2007 – 2024)	43
Figura 9.25 - Frequência anual média de distribuição da intensidade dos ventos (m/s) para a estação meteorológica de São João Del Rey (2007 – 2024).....	45
Figura 9.26 - Frequência mensal média de distribuição da intensidade dos ventos (m/s) para a estação meteorológica de São João Del Rey (2007 – 2024).....	45
Figura 9.27 - Pontos de Monitoramento de Qualidade do Ar em relação à ADA do Projeto Ampliação Mina Volta Grande.....	49
Figura 9.28 - Registro Fotográfico - Ponto de Monitoramento 01(538365 E/7667337 S) (Julho/2024).....	50
Figura 9.29 - Registro Fotográfico - Ponto de Monitoramento 02 (541119 E/7672845 S) (Julho/2024).....	50
Figura 9.30 - Registro Fotográfico - Ponto de Monitoramento 03 (543475 E/7666201 S) (Julho/2024).....	50
Figura 9.31 - Registro Fotográfico - Ponto de Monitoramento 04 (543963 E/7669982 S) (Julho/2024).....	50
Figura 9.32 - Registro Fotográfico - Ponto de Monitoramento Comunidade Minas Brasil (543779 E/7668084 S) (Julho/2024)	50
Figura 9.33 - Resultado de monitoramento de qualidade do ar - Parâmetro PTS	53
Figura 9.34 - Resultado de monitoramento de qualidade do ar - Parâmetro PM ₁₀	53
Figura 9.35 - Resultado de monitoramento de qualidade do ar - Parâmetro PM _{2,5}	54
Figura 9.36 - Resultado de monitoramento de qualidade do ar - Parâmetro PTS	57
Figura 9.37 - Resultado de monitoramento de qualidade do ar - Parâmetro PM ₁₀	57
Figura 9.38 - Resultado de monitoramento de qualidade do ar - Parâmetro PM _{2,5}	58

Figura 9.39 - Esquema do processo de avaliação de vulnerabilidade	60
Figura 9.40 - Esquema do processo de adaptação de sistemas naturais	61
Figura 9.41 - Índice Mineiro de Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas na área do empreendimento	62
Figura 9.42 – Capacidade de Adaptação às Mudanças Climáticas na área do empreendimento	63
Figura 9.43 - Exposição Geral às Mudanças Climáticas na área do empreendimento.....	64
Figura 9.44 - Sensibilidade Geral às Mudanças Climáticas na área do empreendimento.....	65
Figura 9.45 - Localização dos Pontos de Monitoramento de Ruído em relação à ADA do Projeto Ampliação Mina Volta Grande	71
Figura 9.46 - Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento 01 (538365 E/ 7667337 S) (Abril/2024).....	72
Figura 9.47 - Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento 02 (541119 E/ 7672845 S) (Abril/2024).....	72
Figura 9.48 - Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento 03 (543475 E/ 7666201 S) (Abril/2024).....	72
Figura 9.49 - Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento 04 (543963 E/ 7669982 S) (Abril/2024).....	72
Figura 9.50 - Resultado do Monitoramento de Ruído Ambiental (Diurno)	74
Figura 9.51 - Resultado do Monitoramento de Ruído Ambiental (Noturno)	75
Figura 9.52 - Pontos de Monitoramento de Vibração em relação à ADA do Projeto Ampliação Mina Volta Grande	78
Figura 9.53 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento 01 (538365 E/ 7667337 S) (Abril/2024).....	79
Figura 9.54 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento 02 (541119 E/ 7672845 S) (Abril/2024).....	79
Figura 9.55 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento 03 (543475 E/ 7666201 S) (Abril/2024).....	79
Figura 9.56 - Resultados Monitoramento de Vibração Diurno	81
Figura 9.57 - Resultados Monitoramento de Vibração Noturno	82
Figura 9.58 - Representação do Sistema Orogênico Mantiqueira	84
Figura 9.59 – Mapa geológico regional.....	90
Figura 9.60 – Eventos de convergência do Ciclo Brasileiro no sul do Brasil.	92
Figura 9.61 - Mapa de disponibilidade de recursos minerais.....	95

Figura 9.62 – Compartimentação geomorfológica na área do empreendimento.....	98
Figura 9.63 - Classes de declividade	100
Figura 9.64 - Risco à erosão	103
Figura 9.65 – Pedologia regional.....	107
Figura 9.66 – Aptidão agrícola regional.....	109
Figura 9.67 – Mapa do potencial espeleológico regional.....	112
Figura 9.68 – Mapa do potencial espeleológico local	114
Figura 9.69 – Mapa de pontos e caminhamento.....	121
Figura 9.70 - CBHs do Estado de Minas Gerais	123
Figura 9.71 - Localização do empreendimento na Bacia Hidrográfica do Rio Grande	125
Figura 9.72 – Hidrografia (IDE-SISEMA) no entorno do empreendimento.....	128
Figura 9.73 - Localização das nascentes em relação à área do empreendimento.....	133
Figura 9.74 - Localização das nascentes no entorno imediato à área do empreendimento	134
Figura 9.75 – Registro fotográfico da NAS01.....	135
Figura 9.76 – Registro fotográfico da NAS02.....	137
Figura 9.77 – Registro fotográfico da NAS03.....	138
Figura 9.78 – Registro fotográfico da NAS04.....	139
Figura 9.79 – Registro fotográfico da NAS16.....	141
Figura 9.80 – Registro fotográfico da NAS17.....	143
Figura 9.81 – Registro fotográfico da NAS18.....	144
Figura 9.82 – Registro fotográfico da NAS20.....	145
Figura 9.83 - APP Hídrica	147
Figura 9.84 – Bacias Locais	149
Figura 9.85 – Disponibilidade hídrica superficial – Ponto de outorgas	160
Figura 9.86 – Disponibilidade hídrica superficial – Ponto de usos insignificantes.....	161
Figura 9.87 - Rede Básica de Monitoramento de Qualidade de Água Superficial de MG - 2023	166
Figura 9.88 - Frequência de Ocorrência do IQA trimestral no estado de Minas Gerais ao longo da série histórica de monitoramento	169
Figura 9.89 - Média Anual do Índice da Qualidade da Água no Estado de Minas Gerais em 2023	170
Figura 9.90 - Frequência de Ocorrência da Contaminação por Tóxicos nas bacias do estado de Minas Gerais ao longo da série histórica de monitoramento.....	171
Figura 9.91 - Contaminação por Tóxicos no Estado de Minas Gerais em 2023	172

Figura 9.92 - Frequência de Ocorrência de IET nas bacias do estado de Minas Gerais no período de 2007 a 2023	173
Figura 9.93 - Médias de Estado Trófico – IET no Estado de Minas Gerais em 2023.....	174
Figura 9.94 - Panorama da Qualidade das Águas Superficiais na Bacia do Rio das Mortes (CH GD2) - 2023.....	175
Figura 9.95 – Localização dos Pontos de Monitoramento de Águas Superficiais em relação à ADA do Projeto Ampliação Mina Volta Grande	178
Figura 9.96 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASP01 (Julho/2024).....	179
Figura 9.97 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASP02 (Julho/2024).....	179
Figura 9.98 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASP03 (Julho/2024).....	179
Figura 9.99 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASP04 (Julho/2024).....	179
Figura 9.100 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASP05 (Julho/2024).....	179
Figura 9.101 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASP06 (Julho/2024).....	179
Figura 9.102 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASP07 (Julho/2024).....	180
Figura 9.103 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASP08 (Julho/2024).....	180
Figura 9.104 - Mapa de domínios hidrogeológicos.....	192
Figura 9.105 - Croqui Esquemático de um Sistema Aquífero de dupla Porosidade	196
Figura 9.106 - Mapa potenciométrico da área de estudo – Maio/2022	199
Figura 9.107 – Localização dos Pontos de Monitoramento de Águas Subterrâneas em relação à ADA do Projeto Ampliação Mina Volta Grande	202
Figura 9.108 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASUB01 (Julho/2024) ...	203
Figura 9.109 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASUB02 (Julho/2024) ...	203
Figura 9.110 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASUB03 (Julho/2024) ...	203
Figura 9.111 - Meios de transporte de contaminantes.....	208
Figura 9.112 - Vulnerabilidade de Contaminação Ambiental pelo Uso do Solo na área do entorno do empreendimento	212
Figura 9.113 - Potencial de Contaminação da Água Subterrânea na área do entorno do empreendimento	214

LISTA DE QUADROS

Quadro 9.1 - Estações meteorológicas convencionais do INMET utilizadas para a elaboração dos mapas climáticos de Minas Gerais de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020).....	27
Quadro 9.2 - Estações meteorológicas utilizadas no estudo.....	29
Quadro 9.3 - Classificação climática para a região de inserção do empreendimento	31
Quadro 9.4 - Normal Climatológica (1991 - 2020) para o município de Lavras/MG.....	33
Quadro 9.5 - Representação mensal do número de dias com precipitação acima de 50 mm no período de 1991 a 2020 para a estação localizada em Lavras	38
Quadro 9.6 - Pontos de Monitoramento da Qualidade do Ar - Projeto Ampliação Mina Volta Grande	49
Quadro 9.7 - Padrão nacional da qualidade do ar.....	51
Quadro 9.8 - Resultado do monitoramento de qualidade do ar - PTS.....	52
Quadro 9.9 - Resultado do monitoramento de qualidade do ar - MP10.....	52
Quadro 9.10 - Resultado do monitoramento de qualidade do ar - MP2,5	52
Quadro 9.11 - Resultado do monitoramento de qualidade do ar - PTS.....	55
Quadro 9.12 - Resultado do monitoramento de qualidade do ar - PM10.....	56
Quadro 9.13 - Resultado do monitoramento de qualidade do ar - PM2,5 - 1ª Campanha - Março/2024 (Período Chuvoso)	56
Quadro 9.14 – Classes de vulnerabilidade territorial municipal às mudanças climáticas	61
Quadro 9.15 - Equipamentos de medição utilizados	68
Quadro 9.16 - Pontos de Monitoramento do Ruído Ambiental - Projeto Ampliação Mina Volta Grande.....	70
Quadro 9.17 - Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período	73
Quadro 9.18 - Resultados do Monitoramento de Ruído Ambiental	74
Quadro 9.19 – Pontos de monitoramento da vibração - Projeto Ampliação Mina Volta Grande	77
Quadro 9.20 – Vibrações e percepções dos humanos e seus efeitos sobre as edificações	80
Quadro 9.21 – Normas internacionais utilizadas como referências	80
Quadro 9.22 - Resultados do Monitoramento de Vibração Diurna.....	80
Quadro 9.23 - Resultados do Monitoramento de Vibração Noturna.....	81
Quadro 9.24 - Classificação geomorfológica regional	96

Quadro 9.19.25 – Atributos para estimativa do risco potencial de erosão	101
Quadro 9.26 - Quadro-guia de avaliação da aptidão agrícola das terras	106
Quadro 9.27– Estimativa (ordem de grandeza) do potencial espeleológico brasileiro por litologia em relação a cavernas conhecidas	111
Quadro 9.28 – Pontos registrados em campo	114
Quadro 9.29 - Dimensão da ADA e AE e densidade da malha de caminhamento	120
Quadro 9.30 - Cobertura do caminhamento na ADA e AE em percentagem	120
Quadro 9.31 - Disponibilidade hídrica Rio das Mortes.....	126
Quadro 9.32 - Características das regiões hidrográficas da bacia do São Francisco.....	127
Quadro 9.33 - Pontos de nascentes registrados na área de estudo.....	132
Quadro 9.34 – Características da bacia	150
Quadro 9.35 – Parâmetros da geomorfologia fluvial	150
Quadro 9.36 – Classificação da forma da bacia	153
Quadro 9.37 – Classificação da Densidade Hidrográfica.....	155
Quadro 9.38- Classificação do Escoamento Superficial	155
Quadro 9.39 – Classificação da Relação de Relevo	156
Quadro 9.40 – Resultado da análise morfométrica.....	157
Quadro 9.41 – Características da secção de controle	162
Quadro 9.42 - Relação de Outorgas na sub-bacia	162
Quadro 9.43 - Relação de cadastros de Uso insignificante na sub-bacia	163
Quadro 9.44 – Disponibilidade Hídrica na secção de controle	165
Quadro 9.45 - Parâmetros de qualidade de água avaliados nas estações de amostragem do Programa Águas de Minas.....	166
Quadro 9.46 - Valores de Referência para Qualidade das Águas – Escala de Cores.....	168
Quadro 9.47 - Estação BG017	176
Quadro 9.48 - Pontos de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais dos Corpos Receptores da Região do Projeto Ampliação Mina Volta Grande	177
Quadro 9.49 – Resultados Monitoramento Hídrico Superficial – 1ª Campanha – Março/2024 – Período Chuvoso	181
Quadro 9.50 – Resultados Monitoramento Hídrico Superficial – 2ª Campanha – Julho/2024 – Período Seco	183
Quadro 9.51 - Pontos de Monitoramento da Qualidade das Águas Subterrâneas da Região do Projeto Ampliação Mina Volta Grande	201
Quadro 9.52 – Resultados Monitoramento Hídrico Subterrâneo – Março/2024.....	204

Quadro 9.53 – Resultados Monitoramento Hídrico Subterrâneo – Julho/2024	205
Quadro 9.54 - Atributos para determinação do nível de probabilidade de contaminação do solo	210

9. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

9.1. Meio Físico

O diagnóstico do Meio Físico foi elaborado com base em dados secundários e primários das áreas de estudo da Ampliação da Mina Volta Grande, analisados e tratados pela equipe do Meio Físico da CERN Consultoria e Recursos Naturais Ltda., composta por profissionais habilitados em Engenharia Ambiental, Geologia e Geografia.

Os dados secundários foram obtidos nas bases de dados públicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), da Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG), da Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE), do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), do Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE), do Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), além de artigos científicos que foram realizados nas proximidades das área de estudo regional e local.

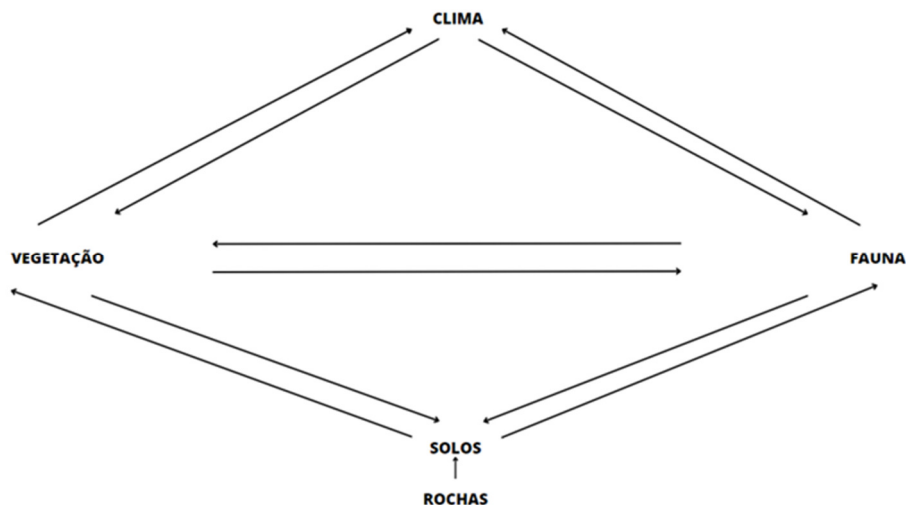
O diagnóstico do Meio Físico abrange os processos ambientais enfatizando a caracterização dos atributos abióticos, incluindo: clima e meteorologia, qualidade do ar, ruído, vibração, geologia, geomorfologia, pedologia, recursos hídricos superficiais e subterrâneos, espeleologia e áreas contaminadas, ocorrentes nas áreas de estudo do empreendimento

9.1.1. Clima e Meteorologia

O Clima, conforme descreve Ayoade (1998), refere-se à síntese do tempo em um determinado lugar, por um período de aproximadamente 30 anos, considerando as características da atmosfera após observações contínuas ao longo do tempo cronológico. Os diversos elementos meteorológicos que ocorrem em uma determinada localidade (e avaliados pelo período indicado), tais como frentes frias e quentes, tempestades, tornados, furacões, secas, dentre outros, irão caracterizar o clima local. Portanto, pode-se compreender o clima a partir da descrição estática das condições médias das variáveis de tempo de uma determinada região.

Ayoade (1998) descreve, ainda, a posição central do clima no estudo das ciências ambientais, em que, os processos atmosféricos exercem influência sobre outros processos ambientais, conforme a figura ilustrativa abaixo. Em contrapartida, fatores como o relevo e a posição geográfica também tem influência direta no clima, além da cobertura vegetal, áreas cobertas por água e/ou grandes manchas urbanas.

Figura 9.1 - Tempo e Clima no contexto ambiental



Fonte: Adaptado de Ayoade, 1998

Conforme citado, fatores como o relevo e a localização geográfica influenciam diretamente no clima, além da fitofisionomia, áreas cobertas por água e as grandes manchas urbanas. Na climatologia, os padrões de circulação do ar também são fatores interferentes e são definidos da seguinte forma:

- Macroescala, chamados de fenômenos sinóticos - da ordem de 1000 km;
- Mesoescala - da ordem de 100 km;
- Microescala - inferior a 1 km.

De acordo com Mendonça e Danni Oliveira (2007), as escalas espaciais estão relacionadas com os diferentes eventos meteorológicos que ocorrem todos os dias. Os fenômenos de macroescala estão ligados com o macroclima, os quais são associados aos fenômenos meteorológicos de maior escala, tais como a radiação solar e as massas de ar. Semelhante, a mesoescala relaciona-se com o mesoclima, que define os climas regionais de uma região associados aos biomas da mesma área. Por fim, na microescala há o microclima ou mesmo o clima local, o qual a cobertura do solo tem principal influência na diferenciação dos tipos de clima e tempo existentes.

Nimer (1989) afirma que o clima depende de fatores estáticos (características físicas do planeta) e dinâmicos (circulação atmosférica) que definem suas características, e, neste sentido, a região sudeste do Brasil se destaca por apresentar grande diversidade climática, em razão de sua grande extensão territorial e presença de diversos tipos de composição paisagística.

O clima apresenta-se como um dos aspectos mais importantes para os estudos ambientais, específicos para o empreendimento a ser licenciado, onde, as características climáticas da região

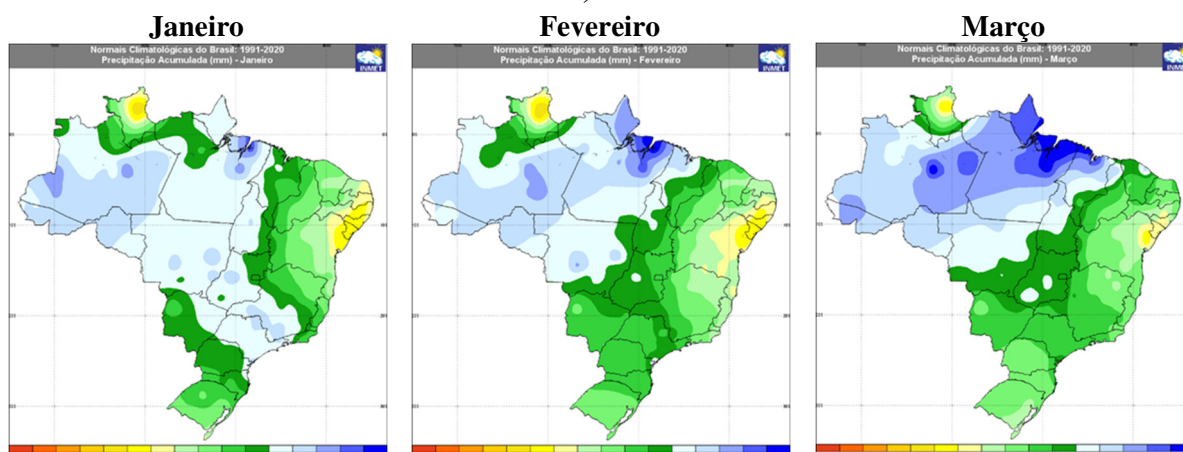
resultarão em definições de premissas como, por exemplo, a direção e velocidade do vento em relação à propagação de ruídos e poluentes atmosféricos.

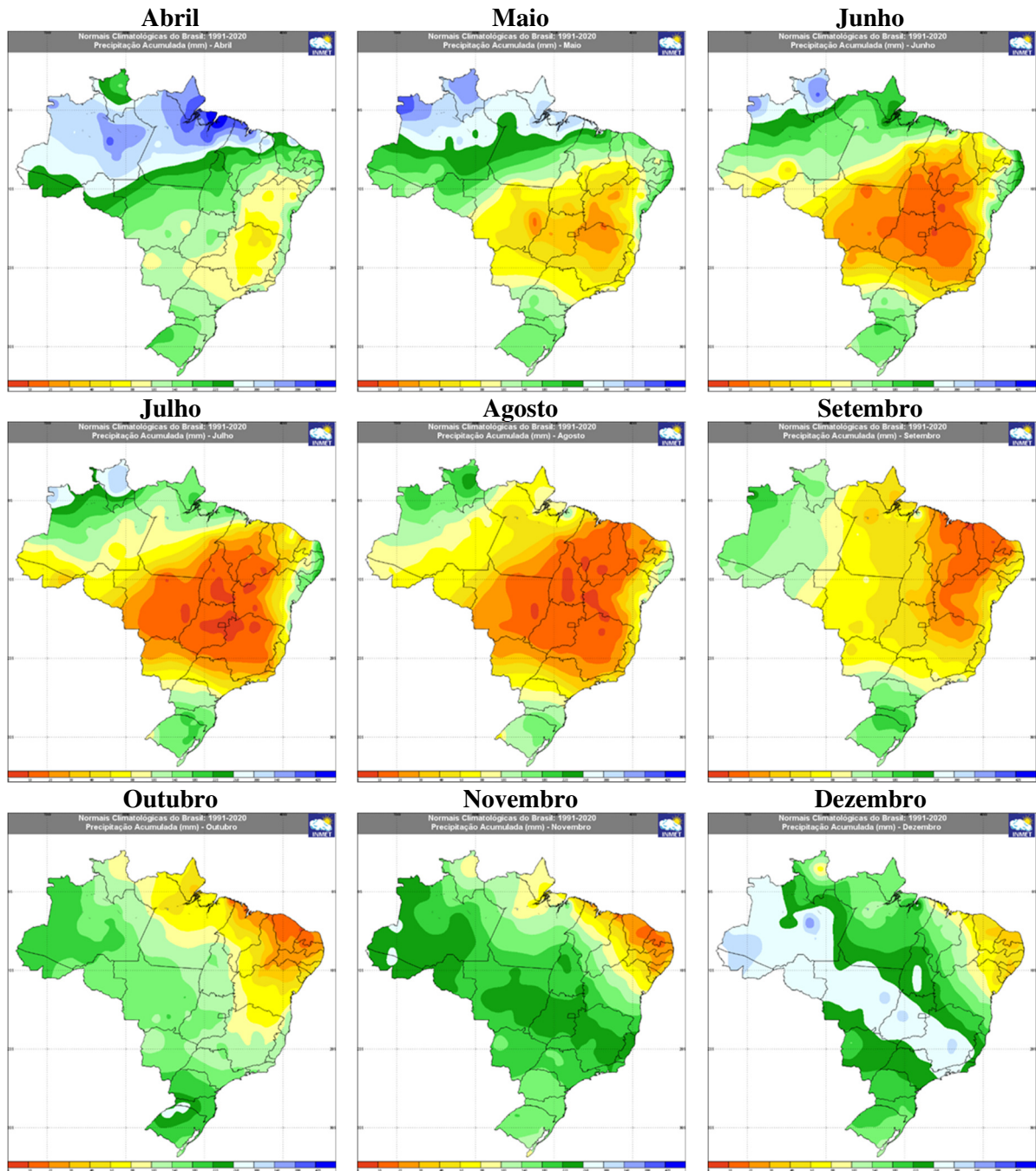
9.1.1.1. Caracterização Regional

Os gráficos e tabelas dos atributos do clima que serão apresentados a seguir foram confeccionados a partir de valores das Normais Climatológicas do Brasil (1991-2020), e a partir de dados advindos de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2025). Os procedimentos têm base em recomendações da Organização Mundial de Meteorologia (OMM), que define a normal de uma determinada variável meteorológica, coletada por um período de 30 anos consecutivos, sendo uma Normal-Padrão, ou Normal Climatológica Padronizada.

Nimer (1989) descreve que a região sudeste se caracteriza por ser de transição entre os climas quentes de latitudes baixas e os climas mesotérmicos de tipo temperado das latitudes médias. Nesta zona tropical, o traço mais marcante do ritmo das estações é definido por dois períodos: o chuvoso e o seco (Figura 9.2). A oposição entre a temperatura do verão e do inverno (Figura 9.3) também constitui um fato climático importante sob o ponto de vista das atividades humanas. Ainda, a relação entre precipitação e temperatura impactam nos valores de umidade relativa do ar, como pode ser visto na Figura 9.4.

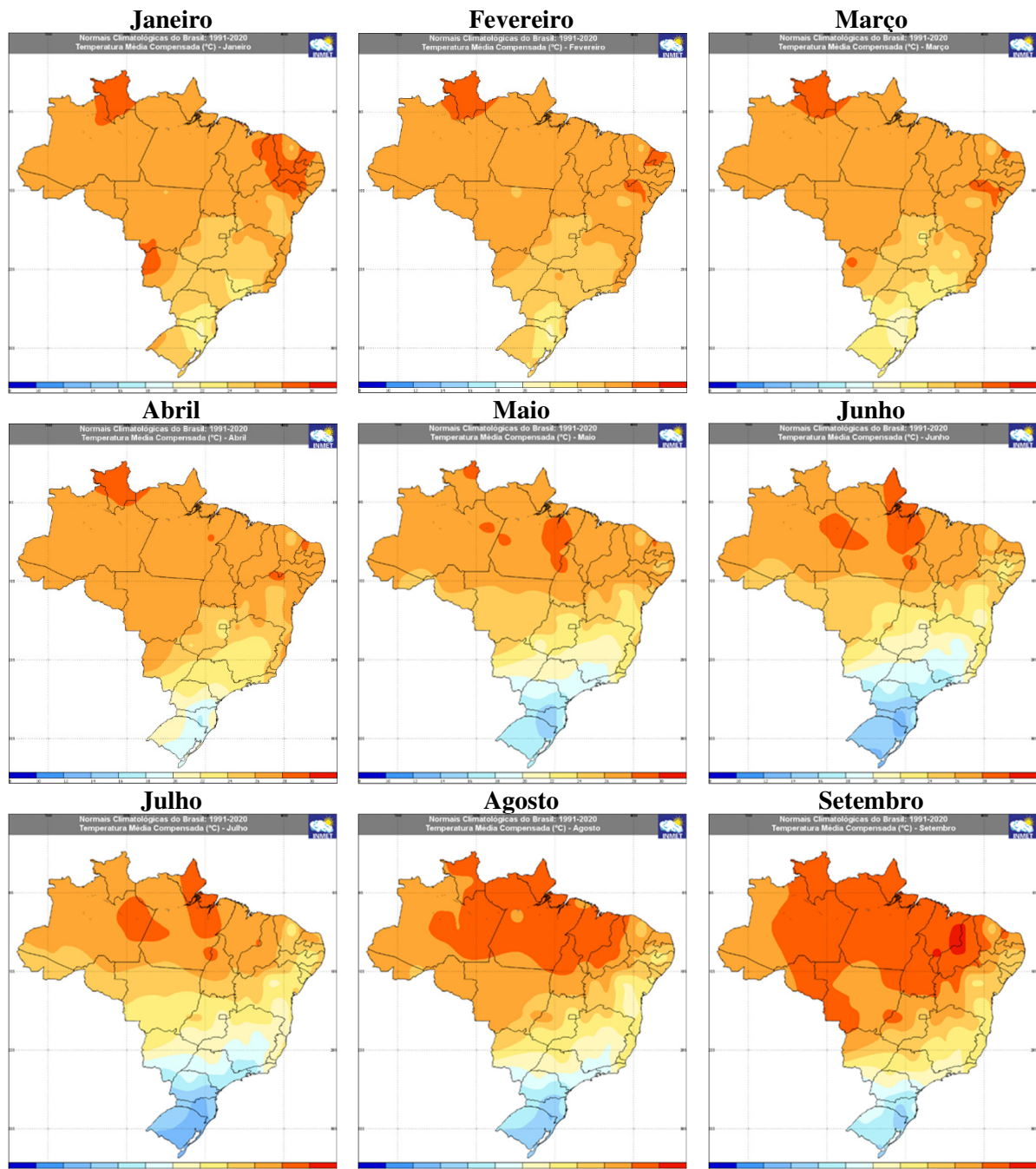
Figura 9.2 - Precipitação acumulada (mm) mensal de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020) - Brasil

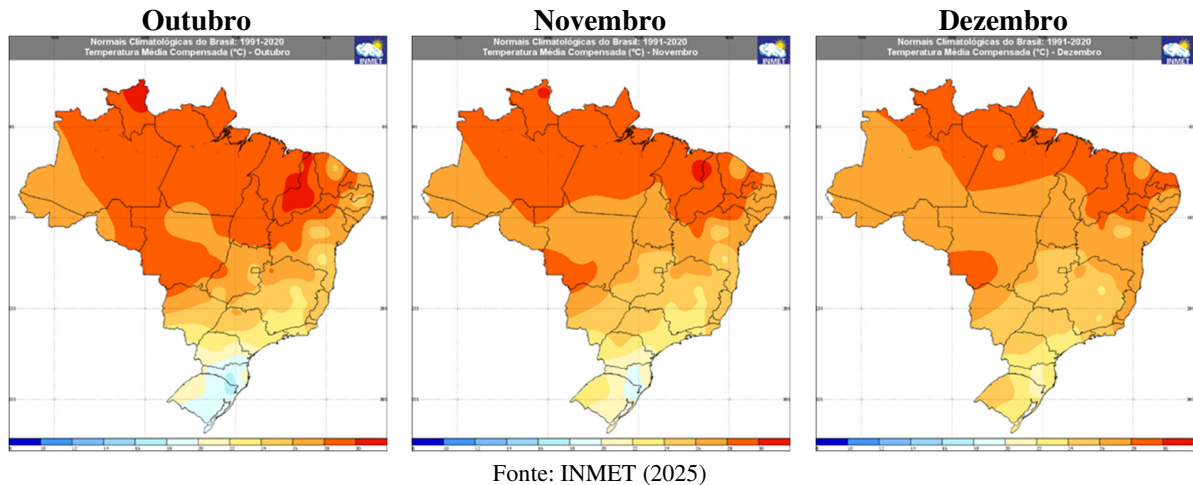




Fonte: INMET (2025)

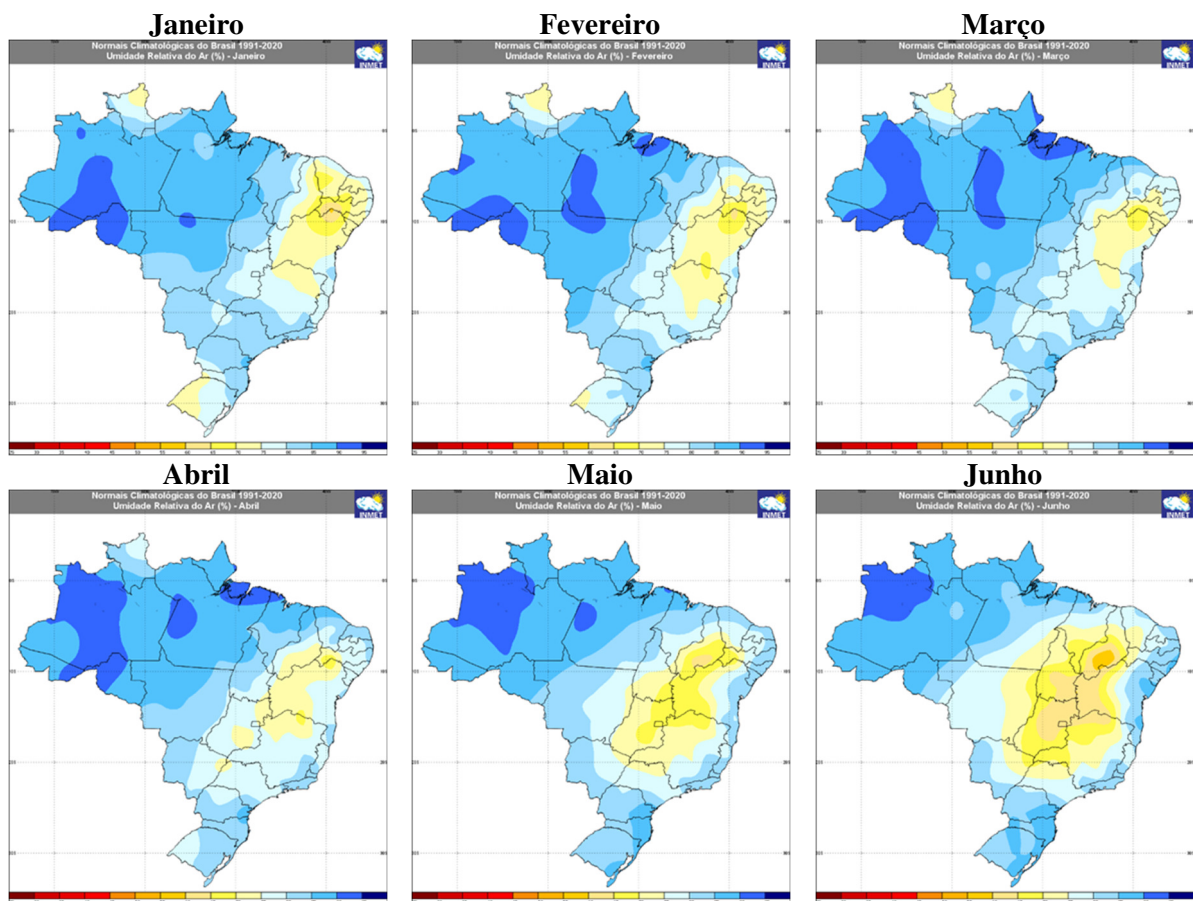
Figura 9.3 - Temperatura média (°C) mensal de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020) - Brasil

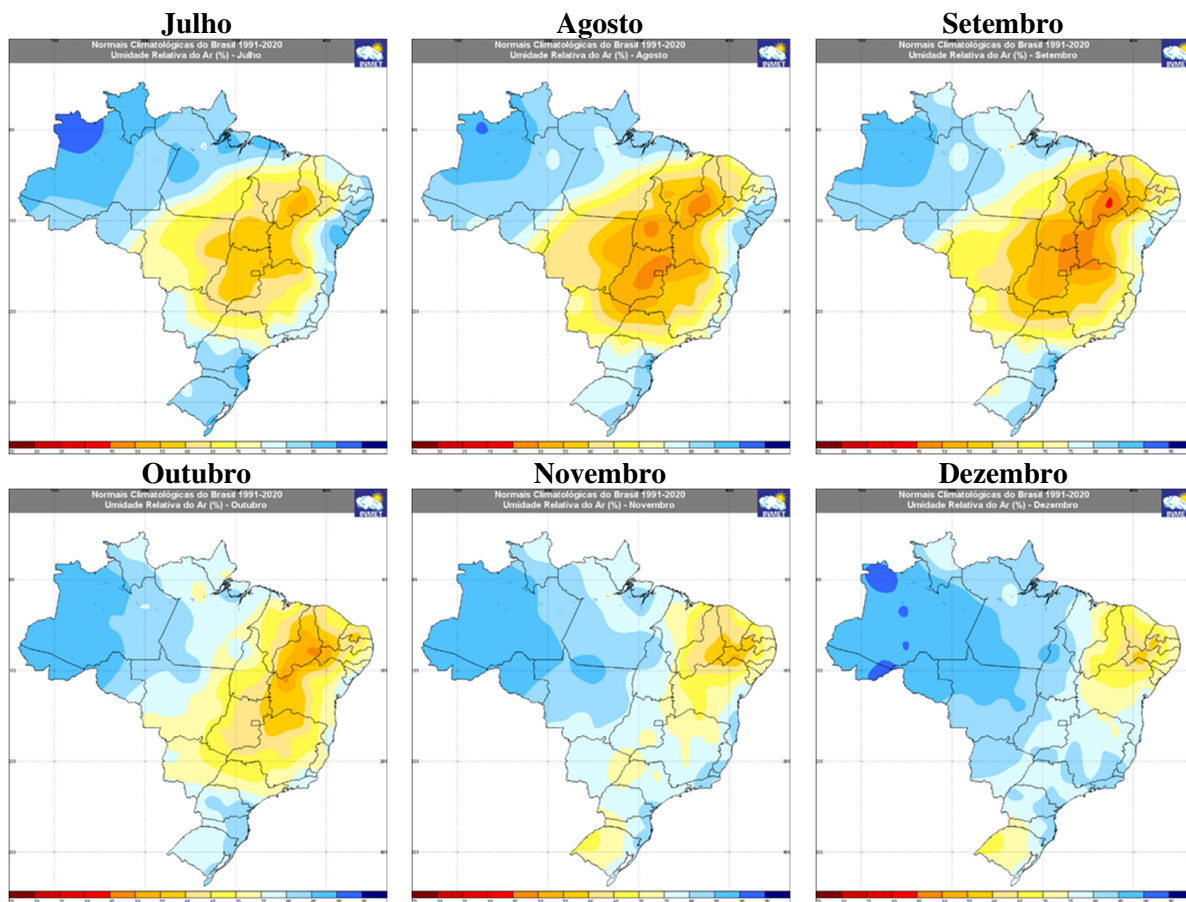




Fonte: INMET (2025)

Figura 9.4 - Umidade Relativa do Ar (%) mensal de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020) - Brasil

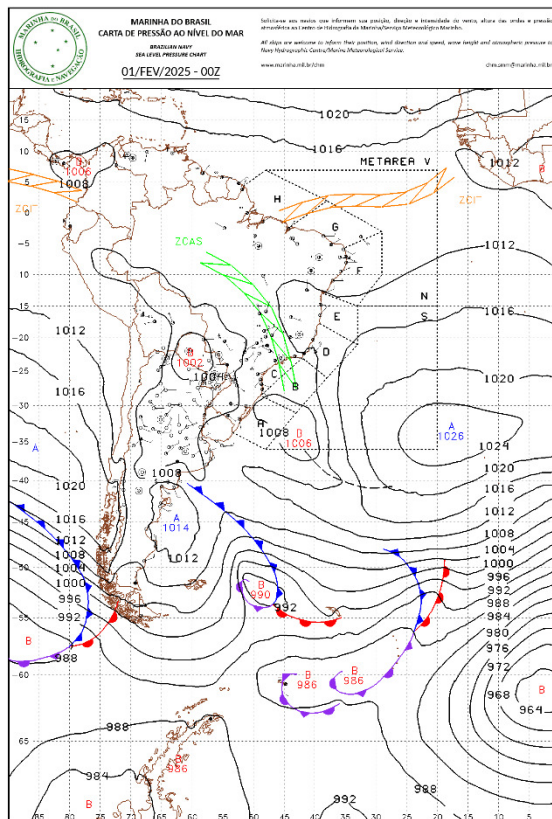




Fonte: INMET (2025)

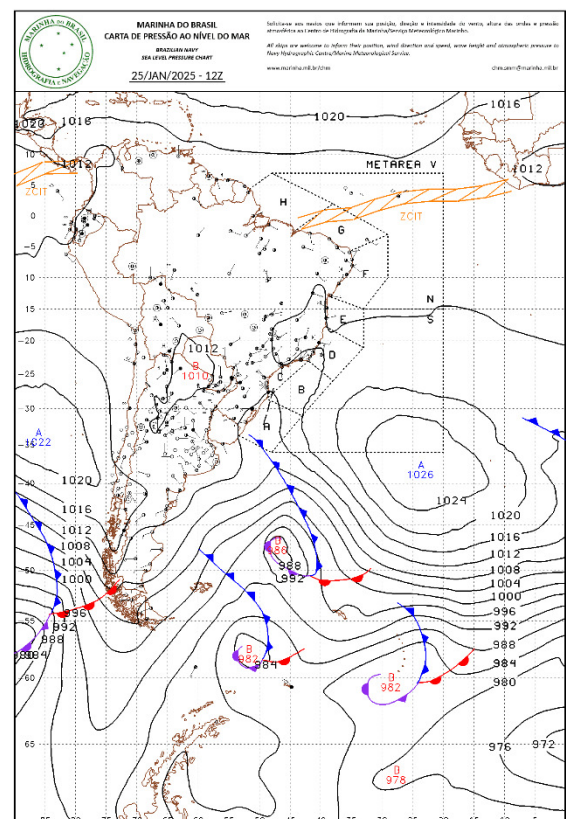
De modo geral, toda a região sudeste apresenta a marcha estacional da precipitação praticamente como um único regime. Os maiores acumulados de precipitação ocorrem no solstício de verão e o mínimo no solstício de inverno, significando que o máximo ocorre à época de dias mais longos que as noites e o mínimo à época em que as noites são mais longas que os dias, tratando-se, portanto, de regime estacional típico das regiões de clima tropical. As cartas sinóticas e imagens de satélite a seguir (Figura 9.5 a Figura 9.8) ilustram esta realidade climática.

Figura 9.5 - Carta Sinótica da Marinha do dia 01 de fevereiro de 2025 às 00h



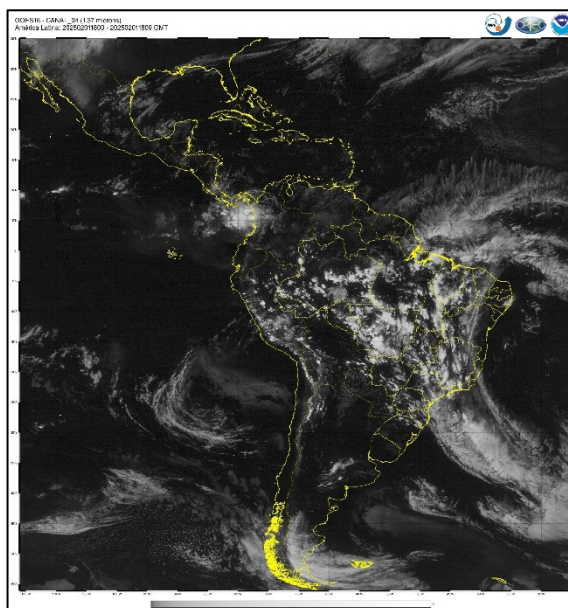
Fonte: Marinha do Brasil (2025)

Figura 9.6 - Carta Sinótica da Marinha do dia 25 de janeiro de 2025 às 00h



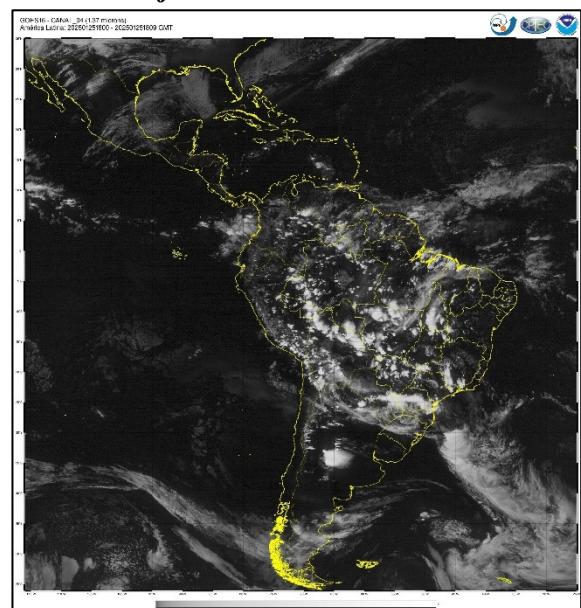
Fonte: Marinha do Brasil (2025)

Figura 9.7 - Imagem de Satélite do dia 01 de fevereiro de 2025 às 18h



Fonte: INPE (2025)

Figura 9.8 - Imagem de Satélite do dia 25 de janeiro de 2025 às 18h



Fonte: INPE (2025)

O município de inserção do empreendimento, assim como outros municípios da região sudeste do Brasil, recebe a atuação de sistemas atmosféricos causadores de tempo instável e estável. Na região do projeto, os principais sistemas atmosféricos atuantes são o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), a Massa Tropical Atlântica (mTa), os Sistemas Frontais e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

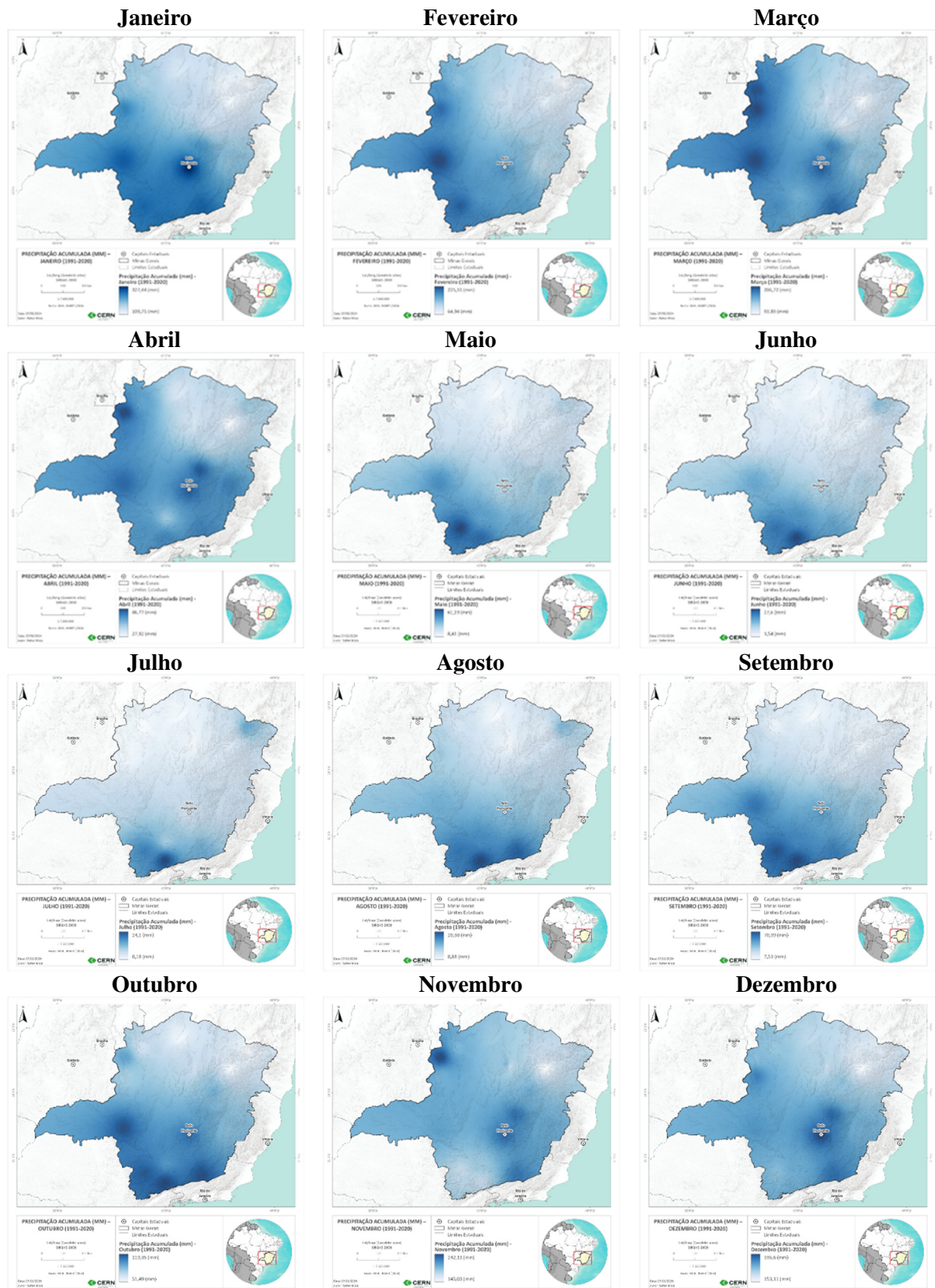
Boa parcela dos dias de tempo estável na região são caracterizados pela atividade do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul - ASAS, que é um sistema de alta pressão (de movimento anticiclonal/anti-horário), com centro de ação no oceano atlântico e presença durante todo o ano na região de estudo. Segundo Nimer (1989), quando associado a atuação da Massa Tropical do Atlântico - mTa, o ASAS tem influência sobre o regime de precipitação da região sudeste, formando bloqueios atmosféricos que impedem o avanço de frentes frias, inibindo a ocorrência de precipitação (Figura 9.6 e Figura 9.8).

Os dias instáveis, com registro de volumes consideráveis de chuva na região do projeto e em toda região sudeste do Brasil são ocasionados, em sua maioria, pela atividade da Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS (Figura 9.5). Este sistema caracteriza-se por uma faixa de nebulosidade orientada de noroeste/sudeste com atuação em meses de primavera e principalmente verão (Figura 9.7). O mecanismo de atuação das ZCAS permite que sejam registrados dias consecutivos de precipitação, podendo até resultar em episódios de eventos extremos (se houver grande concentração de chuva em um curto tempo).

Outros volumes de chuva na região de estudo também acontecem por meio da atuação de sistemas frontais, que são formados pelo encontro de duas massas de ar com propriedades termodinâmicas diferentes (temperatura, umidade relativa, pressão etc.). Conforme Steinke (2012) descreve, o contato entre duas massas de ar cria uma superfície de descontinuidade térmica propiciando o surgimento de sistemas frontais, que, por sua vez, provocam mudanças no estado de tempo atmosférico, podendo, no caso de frentes frias, causar precipitação nas regiões por onde passam.

O cenário climático de precipitação acumulada mensal para o estado de Minas Gerais pode ser observado na Figura 9.9 com a presença marcante da sazonalidade pluviométrica com chuvas durante o período de outubro a março, principalmente, e a estiagem nos demais meses do ano. Nota-se, ainda, a divisão da quantidade de chuva em todo o estado, com menor quantidade de chuva em todo o ano na região norte e nordeste de Minas.

Figura 9.9 - Precipitação acumulada (mm) mensal em Minas Gerais de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020)

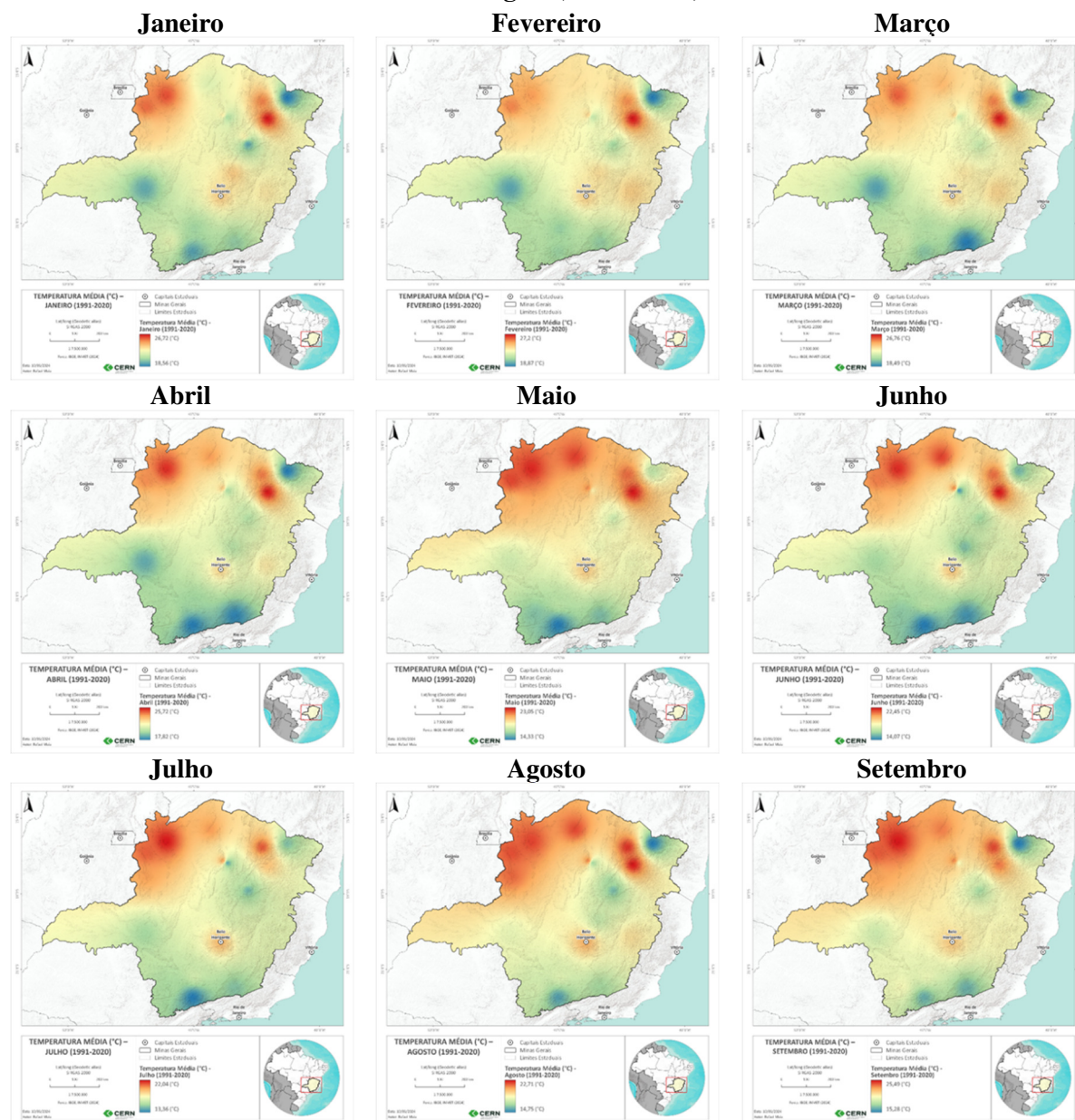


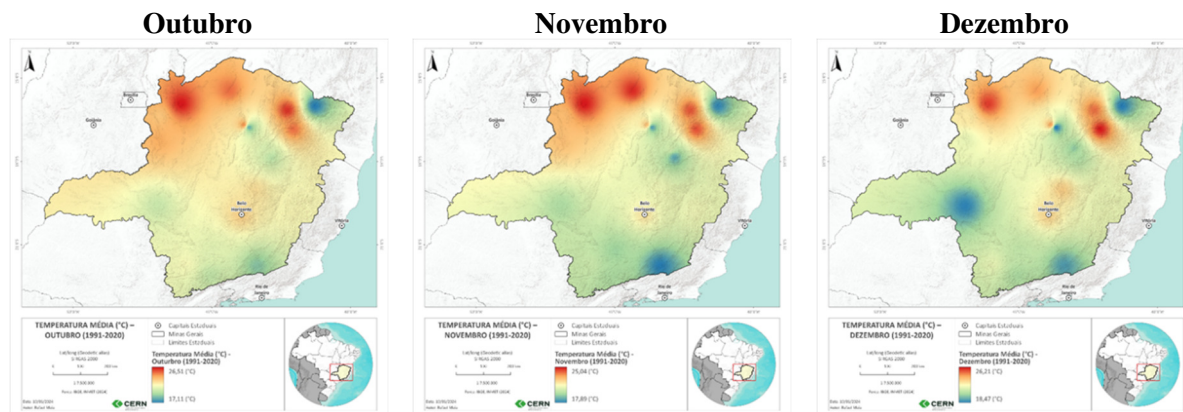
Abreu (1998) descreve que durante todo o ano ocorre a participação de frentes frias na região sudeste, no qual, seus mecanismos naturalmente provocam precipitação. Em meses de inverno,

as frentes frias têm mais força para adentrar o continente e diminuir as temperaturas. Tal fato decorre do ângulo de inclinação do planeta no período, onde, a radiação solar incide com mais intensidade no hemisfério norte.

A espacialização da média de temperatura para o estado de Minas Gerais pode ser observada na imagem abaixo (Figura 9.10), com os meses de verão e primavera apresentando as maiores temperaturas, e outono e inverno com as menores temperaturas. Verifica-se, ainda, que as áreas mais ao norte do estado apresentam as maiores média de temperatura dada a maior proximidade com a linha do Equador.

Figura 9.10 - Temperatura média do ar (°C) mensal em Minas Gerais de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020)



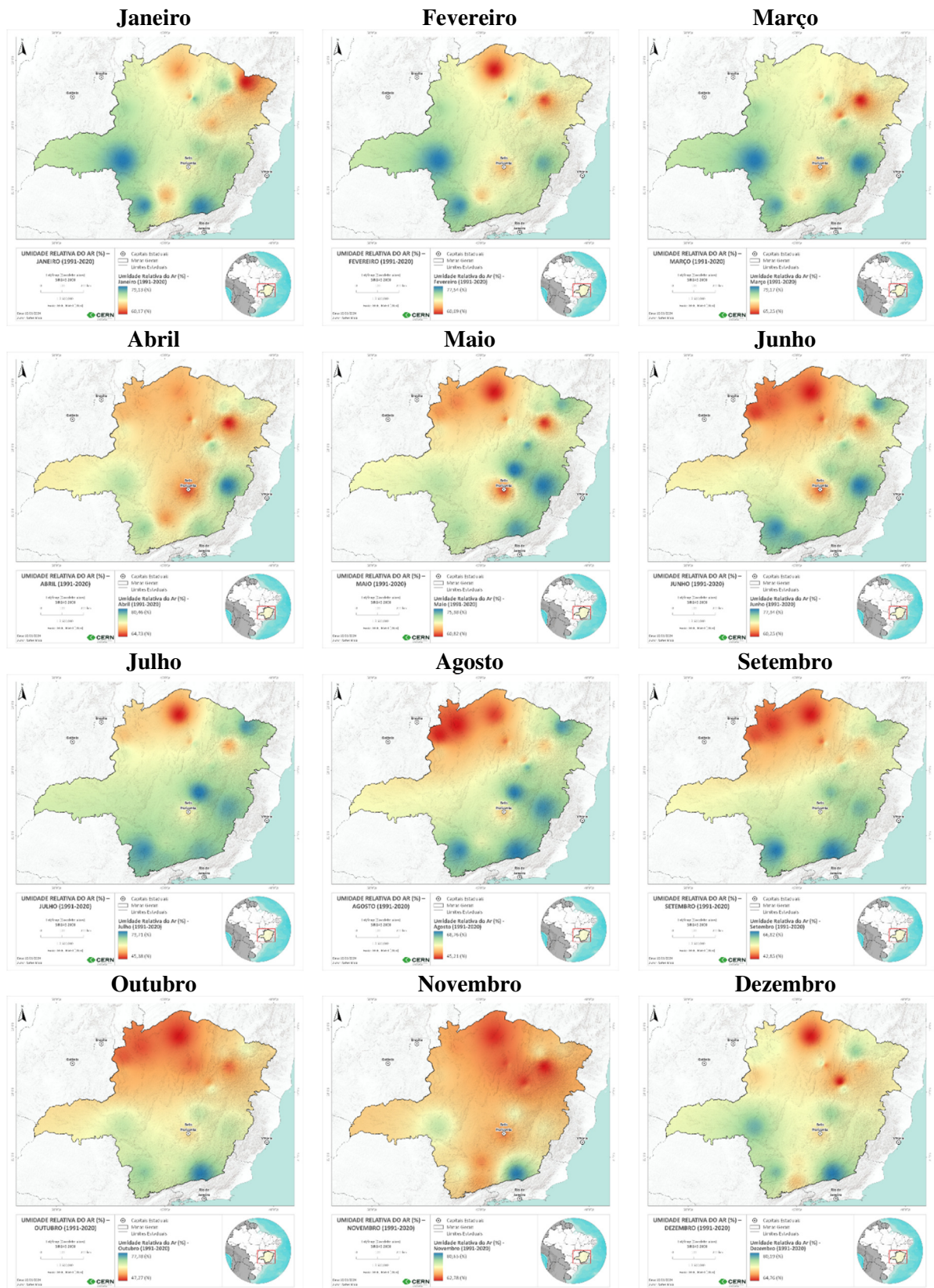


Em meses de verão, as frentes frias atuam com menor intensidade devido ao aquecimento do continente e as maiores temperaturas registradas, assim, sua entrada e permanência sobre Minas Gerais são mais brandas e apresentam menor atividade convectiva.

Além dos registros de precipitação, estes sistemas (frontais) podem causar a diminuição da temperatura e aumento da nebulosidade. Observa-se as frentes frias através de imagens de satélite (Figura 9.7) em que aparece uma banda de nebulosidade em sentido oeste-leste ou noroeste- sudeste, sendo que antes da passagem deste sistema a atmosfera apresenta uma condição chamada de pré-frontal (o deslocamento do ar frio comprime o ar quente que anteriormente ocupava a atmosfera). Nesta condição atmosférica as temperaturas são mais altas e o vento sopra de quadrante norte, por vezes podendo apresentar temperaturas mais elevadas até no período noturno.

A relação entre os valores de temperatura e precipitação impactam, conforme mencionado, nos valores de umidade relativa do ar observados durante todos os meses do ano (Figura 9.11). Os meses com maior quantidade de chuva registrada tendem a apresentarem maior umidade relativa do ar, enquanto os meses mais secos menores umidade relativa do ar. Em relação à temperatura do ar, meses com maiores temperaturas tendem a abaixarem os valores de umidade relativa do ar, e os meses com menores temperaturas, maior umidade relativa do ar. Setembro e outubro apresentam o pior cenário para a qualidade do ar, por serem meses secos ou com menor precipitação além de apresentarem temperaturas mais elevadas, o que abaixa a umidade do ar neste período. Os valores de umidade relativa também estão condicionados ao uso e ocupação do solo, visto que a área do entorno de Belo Horizonte, por instância, apresenta média inferior às regiões no entorno.

Figura 9.11 - Umidade Relativa média do Ar (%) mensal em Minas Gerais de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020)



Para a confecção dos mapas climatológicos do estado de Minas Gerais apresentados acima, foram utilizados dados de 19 estações meteorológicas do INMET para a Normal Climatológica do período 1990-2020, com processamento dos dados pelo método IDW. Abaixo, no Quadro 9.1, estão as 19 estações convencionais do INMET utilizadas com dados de precipitação acumulada, temperatura média e umidade relativa do ar, espacialmente inseridas no estado com localização na Figura 9.12.

Quadro 9.1 - Estações meteorológicas convencionais do INMET utilizadas para a elaboração dos mapas climáticos de Minas Gerais de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020)

Estação	Código	Latitude	Longitude	Altitude
Araçuaí	83442	-16,84	-42,06	317
Araxá	83579	-19,6	-46,94	1018
Arinos	83384	-15,91	-46,1	523
Belo Horizonte	83587	-19,93	-43,95	915
Caratinga	83592	-19,73	-42,13	609
Carbonita	83485	-17,53	-43,01	765
Conceição do Mato Dentro	83589	-19,02	-43,43	663
Itamarandiba	83488	-17,85	-42,85	919
Januária	83386	-15,44	-44,36	480
Juiz de Fora	83692	-21,76	-43,36	937
Juramento	83452	-16,77	-43,66	655
Lavras	83687	-21,22	-44,97	916
Machado	83683	-21,68	-45,94	892
Montes Claros	83437	-16,68	-43,84	645
Paracatu	83479	-17,24	-46,88	711
Pedra Azul	83393	-16	-41,28	648
Salinas	83441	-16,15	-42,28	476
São Lourenço	83736	-22,12	-45,04	930
Unaí	83428	-16,36	-46,88	595

Fonte: INMET (2025)

Figura 9.12 - Mapa de localização das estações meteorológicas convencionais do INMET utilizadas para a elaboração do mapa climatológico de Minas Gerais de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020)



9.1.1.2. Caracterização Local

O Projeto Mina Volta Grande, está localizado no município de Nazareno, mesorregião do Campos das Vertentes, na porção central de Minas Gerais. A área encontra-se majoritariamente na bacia hidrográfica Vertentes do Rio Grande – GD2 (Bacia Federal do Rio Grande). Ainda, tem-se como vegetação predominante, de acordo com o Mapa de Biomas de Minas Gerais (IDE SISEMA, 2025), o bioma da Mata Atlântica.

➤ **Dados utilizados**

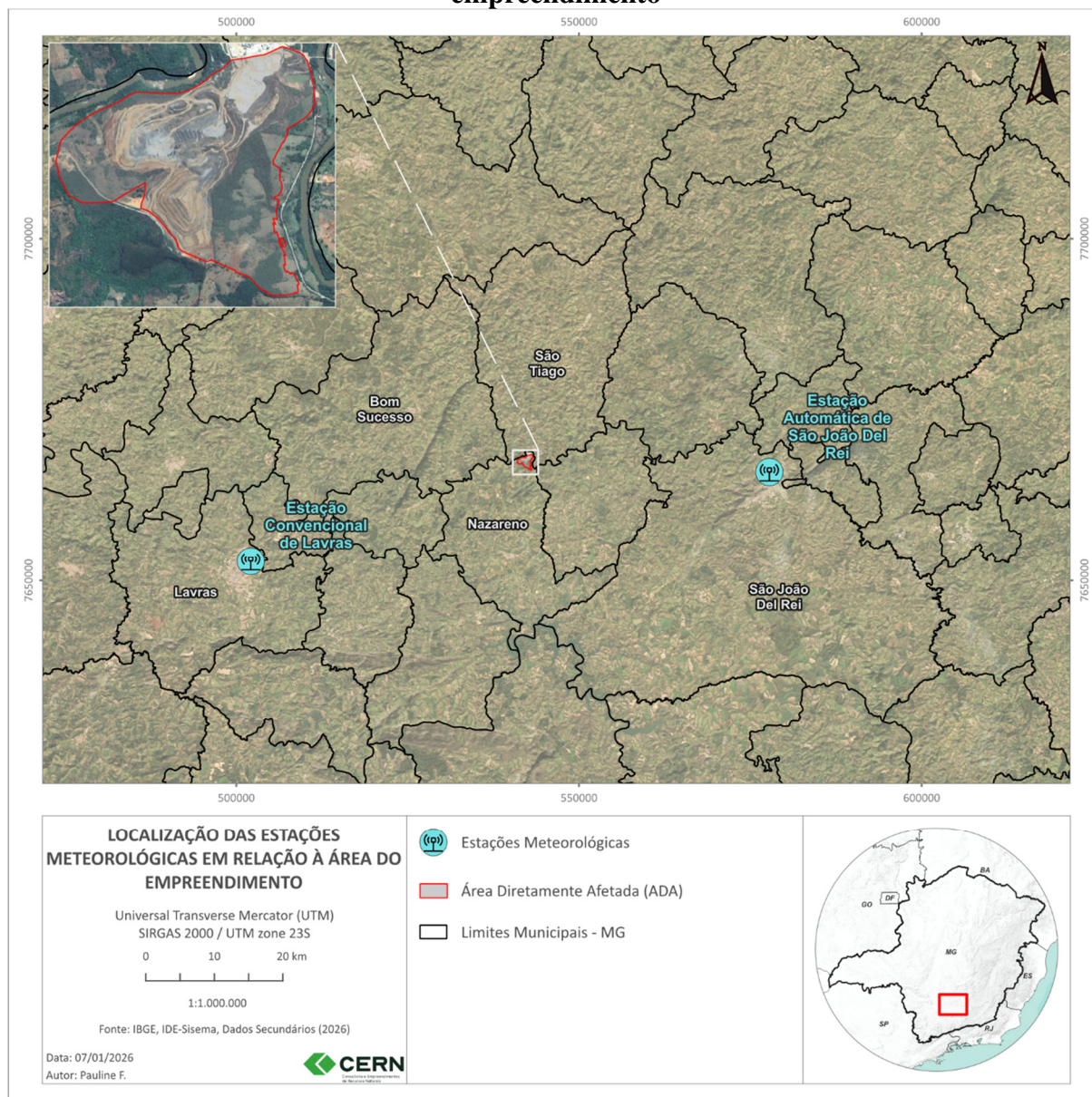
Para a caracterização climática local e regional do Projeto foram utilizados dados advindos das Normais Climatológicas (1991-2020), e dados de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. As informações referentes as estações meteorológicas, bem como a relação espacial de distância do empreendimento estão presentes no Quadro 9.2 e Figura 9.13 abaixo.

Quadro 9.2 - Estações meteorológicas utilizadas no estudo

Código	Nome	Coordenadas		Altitude	Tipo	Localização	Distância aproximada do local
		Latitude	Longitude				
83687	Lavras	-21.23	-44.98	918	Convencional	Lavras	83 km
A514	São João Del Rey	-21.11	-44.25	929	Automática	São João Del Rey	35 km

Fonte: INMET (2025)

Figura 9.13 - Mapa de localização das estações meteorológicas em relação à área do empreendimento



Cabe destacar que a área de estudo e inserção do empreendimento não é contemplada com estações meteorológicas oficiais do INMET em seus limites administrativos, dessa forma, optou-se por utilizar as estações mais próximas disponíveis dentro dos limites da Bacia Hidrográfica do rio Grande, considerando uma distância em linha reta, a fim de caracterizar o clima local e regional.

Os gráficos e tabelas dos atributos do clima que serão apresentados a seguir foram confeccionados a partir de valores das Normais Climatológicas do Brasil 1991-2020 (INMET, 2023). Tais procedimentos tem base em recomendações da Organização Mundial de Meteorologia (OMM), que define a normal de uma determinada variável meteorológica, coletada por um período de 30 anos, sendo uma Normal-Padrão, ou Padronizada.

Uma estação meteorológica convencional é composta de vários sensores que registram continuamente os parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento etc.), que são lidos e anotados por um observador a cada intervalo, posteriormente, os dados são disponibilizados para acesso. Já a estação automática faz a coleta de dados minuto em minuto e os transmite a cada hora para um servidor, também disponibilizados na internet.

➤ Dados Climatológicos e Normal Climatológica

De acordo com Nimer (1989), a região sudeste caracteriza-se por ser de transição entre os climas quentes de latitudes baixas e os climas mesotérmicos de tipo temperado das latitudes médias. Nesta zona tropical, o traço mais marcante do ritmo das estações é definido por dois períodos: o chuvoso e o seco. A oposição entre a temperatura do verão e do inverno constitui um fato climático importante sob o ponto de vista das atividades humanas.

De modo geral, toda a região sudeste apresenta a marcha estacional da precipitação praticamente como um único regime. Os maiores acumulados de precipitação ocorrem no solstício de verão e o mínimo no solstício de inverno, significando que o máximo ocorre à época de dias mais longos que as noites e o mínimo à época em que as noites são mais longas que os dias, tratando-se, portanto, de regime estacional típico das regiões de clima tropical.

Tomando por base a classificação climática elaborada por Köppen-Geiger (1928) *apud* Ayoade (1998), e os dados de temperatura e precipitação contidos nas Normais Climatológicas, a região de estudo do Projeto encontra-se na tipologia climática Cwa – clima temperado chuvoso e quente, com chuva de verão, onde as temperaturas médias do mês mais quente são superiores a 22°C, conforme quadro abaixo:

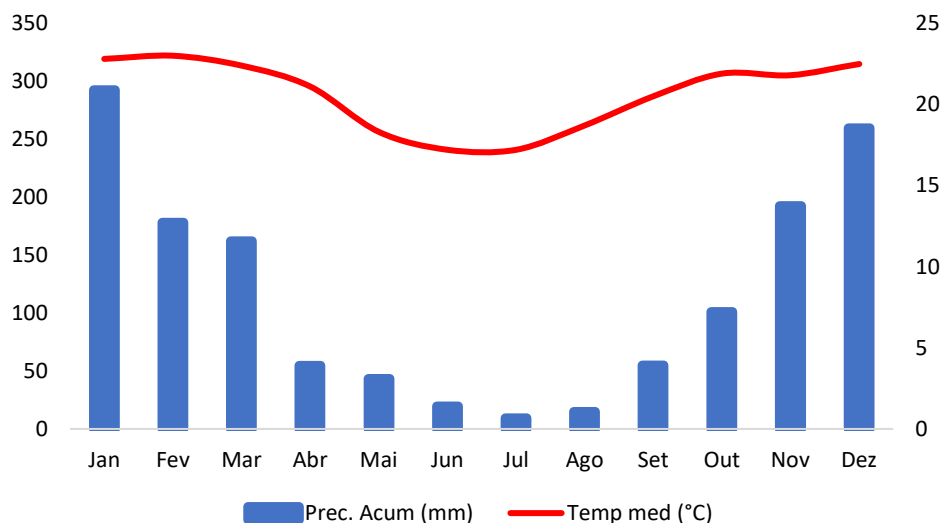
Quadro 9.3 - Classificação climática para a região de inserção do empreendimento

Temperatura do mês mais frio (°C)	Temperatura do mês mais quente (°C)	Acumulado de precipitação no mês mais seco (mm)	Precipitação acumulada anual (mm)	Descrição climática	Símbolo
17,2	23	9,5	1383,4	Clima temperado chuvoso e quente	Cwa

Fonte: INMET (2025) e Ayoade (1998)

O climograma (Figura 9.14) abaixo representa as variações de temperatura e precipitação ao longo dos meses. É possível visualizar duas estações do ano bem definidas, com as maiores concentrações de precipitação do final da primavera, se estendendo até meados do outono seguinte. O maior registro de precipitação ocorre no mês de janeiro (292,4 mm) e o menor ocorre em julho (9,5 mm).

Figura 9.14 - Climograma com base nas Normais Climatológicas do município de Lavras (1991 – 2020)



Fonte: elaborado a partir dos dados disponibilizado pelo INMET (2025)

O Quadro 9.4 mostra as normais climatológicas para a região de inserção do Projeto, conforme a seguinte ordem: temperatura média compensada (Temp-med), temperatura máxima absoluta (Temp-max), temperatura mínima absoluta (Temp-min), umidade relativa média (UR-med) e precipitação acumulada (Prec-acum), representadas pelo período de 1991 a 2020, segundo a estação convencional do INMET instalada no município de Lavras/MG. Ressalta-se que as estações convencionais coletam dados apenas três vezes por dia, sendo as 09h, as 15h e as 21h no horário local. Os períodos de 30 anos selecionados foram os mais recentes para cada parâmetro, segundo a disponibilidade de dados nos portais oficiais.

Quadro 9.4 - Normal Climatológica (1991 - 2020) para o município de Lavras/MG

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS - BELO HORIZONTE 1991-2020					
Mês	Temp med (°C)	Temp max (°C)	Temp min (°C)	UR med (%)	Prec. Acum (mm)
Jan	22,8	29	18,6	76,4	292,4
Fev	23	29,5	18,4	74,5	178,2
Mar	22,4	28,8	18	76,2	162,2
Abr	21,1	27,8	16,5	73,4	54,6
Mai	18,3	25,3	13,6	73,9	43,3
Jun	17,2	24,6	12,1	72,5	19,8
Jul	17,2	25	11,5	66,9	9,5
Ago	18,7	26,8	12,4	60,5	15,1
Set	20,5	28,1	14,6	61,3	55,1
Out	21,9	28,8	16,7	66,2	101
Nov	21,8	28	17,4	73,7	192,4
Dez	22,5	28,6	18,3	76,7	259,8

Fonte: elaborado a partir dos dados do INMET (2025) e Normais Climatológicas (1991-2020)

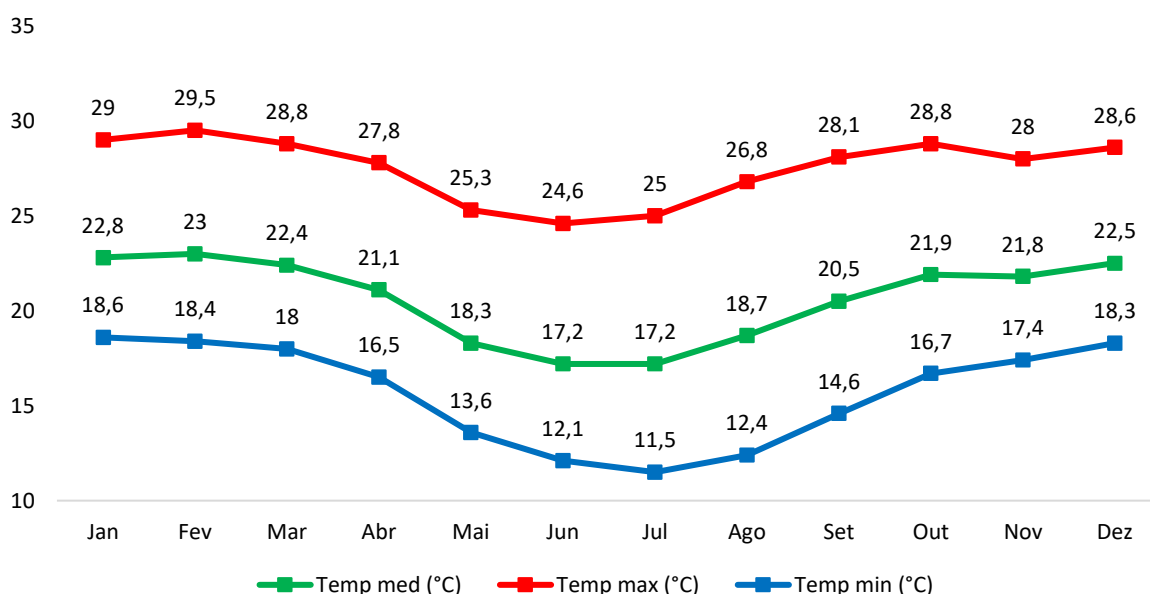
Com base nos dados presentes nas Normais acima, fevereiro é o mês mais quente do ano, com 23°C, enquanto junho e julho são os meses mais frios com 17,2°C. O mês com maior acumulado de precipitação é janeiro, com 292,4 mm registrados e o mês mais seco é julho, com 9,5 mm. Observa-se que, conforme o regime climático da região, os maiores registros de temperatura e precipitação ocorrem em meses de verão, enquanto os menores registros (também de precipitação) ocorrem em meses de inverno.

➤ **Temperatura**

Com base nos dados apresentados para as Normais Climatológicas acima, percebe-se que as variações de temperatura ao longo do ano acompanham o padrão estabelecido pela chuva, em que os menores registros de temperatura ocorrem nos meses em que há o menor registro de precipitação e vice-versa. A amplitude térmica média observada área do empreendimento, de acordo com a Normal Climatológica estipulada (1991 - 2020) é de 5,2°C. Destaca-se que a amplitude térmica considera a diferença entre os valores máximo e mínimo médios registrados. Os menores registros de temperatura do ar foram observados durante os meses de maio (18,3°C), junho e julho (17,2°C), período em que há menor entrada de energia solar no hemisfério sul (Figura 9.15).

Quando a radiação solar incidente é perpendicular ao trópico de capricórnio, há aumento da temperatura no hemisfério sul e, por consequência, as temperaturas médias máximas na região do projeto também aumentam, como observado pela curva de temperatura no gráfico exposto na Figura 9.15. Os maiores valores de temperatura máxima média ocorrem nos meses de verão (janeiro, fevereiro e dezembro), com registros de 22,8°C, 23°C e 22,5°C, respectivamente.

Figura 9.15 - Temperatura (°C) média, mínima e máxima para a região do projeto de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020)



Fonte: INMET, 2025

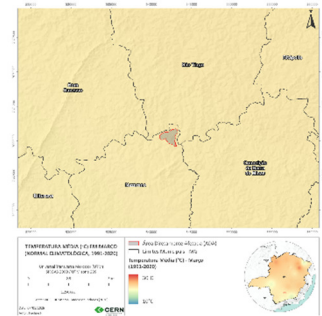
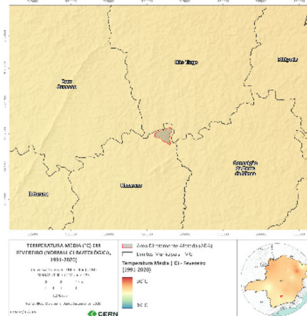
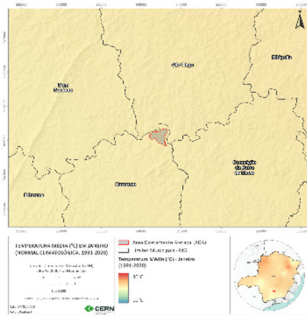
De modo geral, as variações de temperatura ao longo do ano são resultado da atuação de diversos sistemas atmosféricos que impactam diretamente no comportamento quantitativo de temperatura, umidade relativa do ar e pressão atmosférica, caracterizando o clima local. Como já salientado, os períodos entre maio e agosto há diminuição da temperatura média, e, durante o verão ocorre o cenário contrário, de aumento da temperatura. A espacialização dos dados de temperatura média na área de estudo pode, ainda, serem visualizados na Figura 9.16 abaixo.

Figura 9.16 - Temperatura média (°C) na área do entorno do empreendimento

Janeiro

Fevereiro

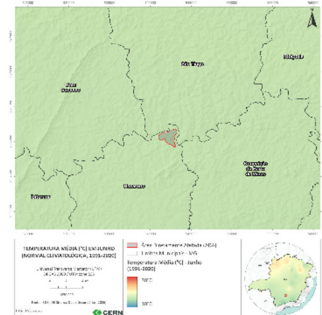
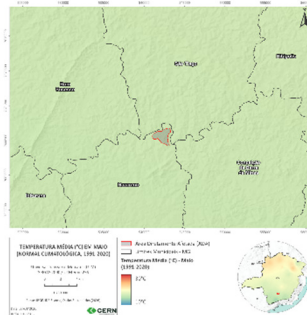
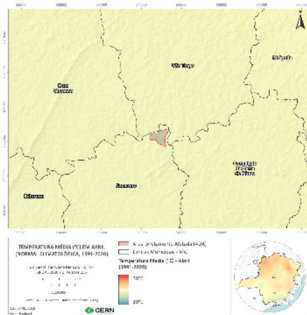
Março



Abril

Maio

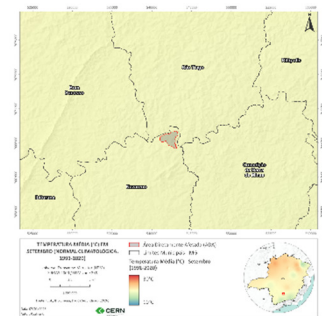
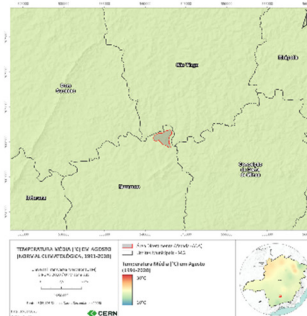
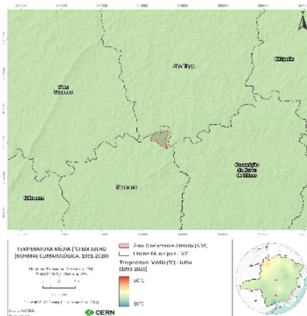
Junho



Julho

Agosto

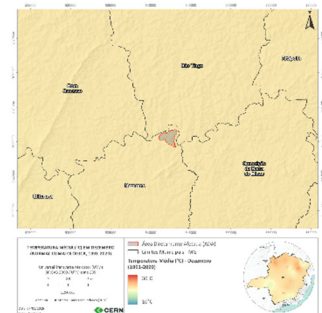
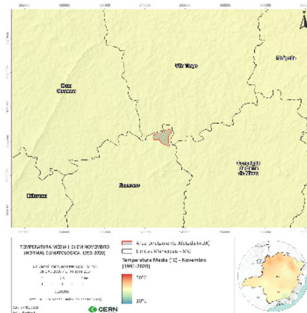
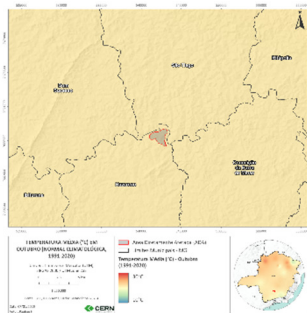
Setembro



Outubro

Novembro

Dezembro



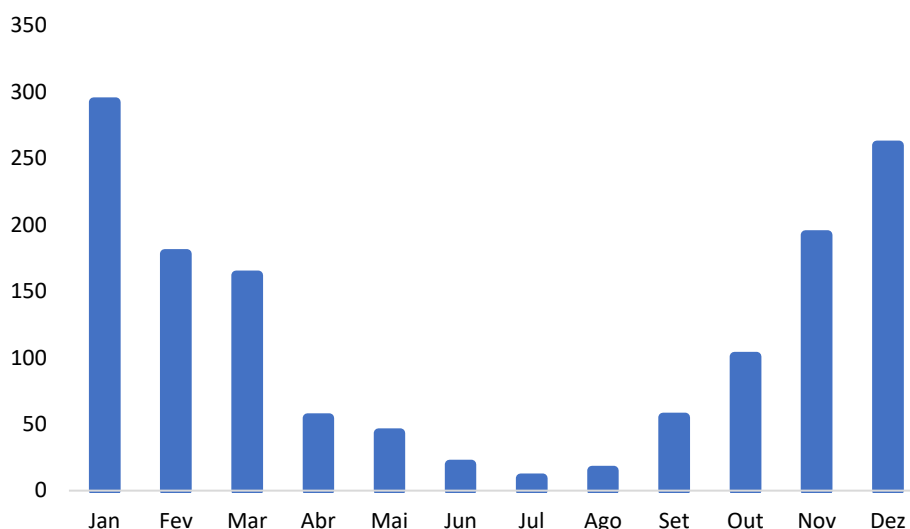
➤ Precipitação

O regime de precipitação é um dos mais importantes componentes climáticos, em função dos impactos diretos e indiretos que as chuvas têm sobre o meio ambiente, sobre sociedade, e sobre outras formas de vida, repercutindo em setores produtivos, na economia, e organização do ser humano enquanto sociedade.

A região de inserção do empreendimento e adjacências, assim como grande parte da região sudeste do Brasil, caracteriza-se pela existência de um regime de precipitação sazonal, com a maior quantidade do total pluviométrico registrada no período de outubro a março.

Considerando as Normais Climatológicas apresentadas, os maiores registros de precipitação acumulada ocorrem nos meses de novembro (192,4 mm), dezembro (259,8 mm) e janeiro (292,4 mm), coincidindo com os meses de maiores registros de temperatura, o que geram maior instabilidade atmosférica e a formação de nuvens a partir do processo de evaporação. Os meses de junho (19,8 mm), julho (9,5 mm) e agosto (15,1 mm) apresentaram os menores registros de precipitação, resultado da ação da ASAS sobre a região, resultando em maior estabilidade atmosférica e contribuindo para menores valores de umidade relativa do ar e, por consequência, maior dificuldade na dispersão de poluentes atmosféricos, os quais serão abordados em tópicos seguintes.

Figura 9.17 - Precipitação acumulada (mm) mensal para a região do projeto de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020)

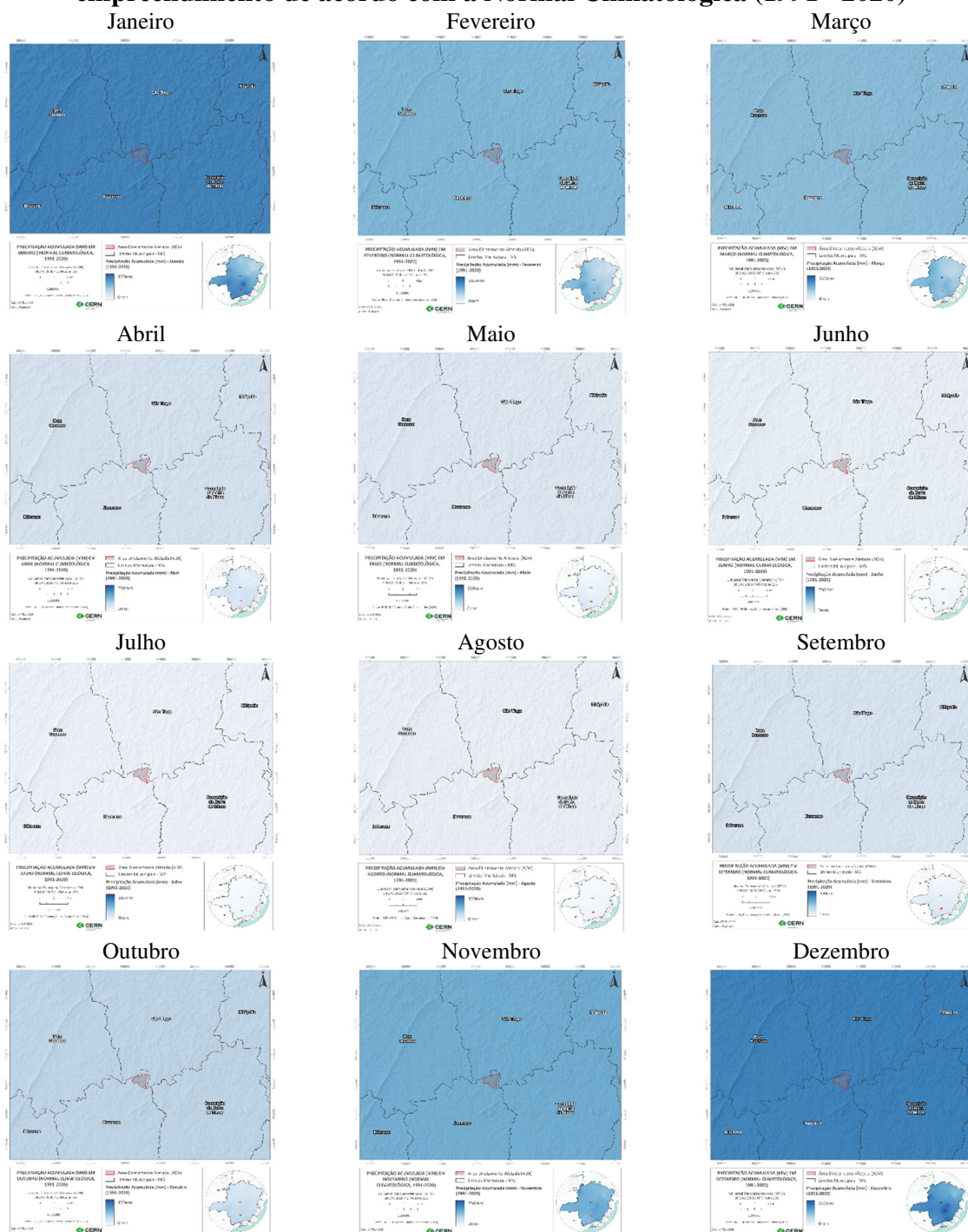


Fatores de mesoescala e macroescala incidem nos valores registrados de precipitação, isto é, o clima ainda que apresente certa constância nas variáveis físicas de tempo meteorológico, também apresenta variabilidades decorrentes da atuação conjunta de sistemas que podem resultar em um ano mais chuvoso e outro ano mais seco. Como os valores de precipitação são

baseados em uma média de todos os anos de análise, há anos com valores acima e abaixo da média, o que por si não caracteriza uma mudança no clima, mas sim uma variação.

A espacialização dos dados de precipitação acumulada e déficit hídrico na área de impacto do empreendimento podem ser visualizados na Figura 9.18.

Figura 9.18 - Precipitação acumulada média (mm) mensal na área do entorno do empreendimento de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020)



As diferenças nos acumulados de precipitação registrados em uma mesma região advêm de fatores que possibilitam a distribuição desigual da chuva no espaço, como o aquecimento

diferencial da superfície, provocando a formação de núcleos de baixa pressão; os diferentes tipos de vegetação existentes; e as distintas formas de relevo, que podem provocar efeitos orográficos.

O Quadro 9.5 abaixo, representa mensalmente o número de dias com precipitação acima de 50 mm, durante o período de 1991-2020 para a região, em que, foram registrados 3 dias com tal acumulado. É importante assinalar que grandes volumes de chuva registrados num curto período podem caracterizar a ocorrência de um evento extremo. Na literatura, diversos autores (Conti, 2011 e Teixeira, 2004, por exemplo) indicam o acumulado aproximado de 50 mm de precipitação em 24 horas para que seja considerado um evento extremo. Porém, é relevante indicar que mesmo quantidades menores de precipitação, se registradas em poucas horas, podem causar impactos negativos no meio em que ocorrem, principalmente se as condições de absorção de impactos, por parte dos locais atingidos, não forem adequadas

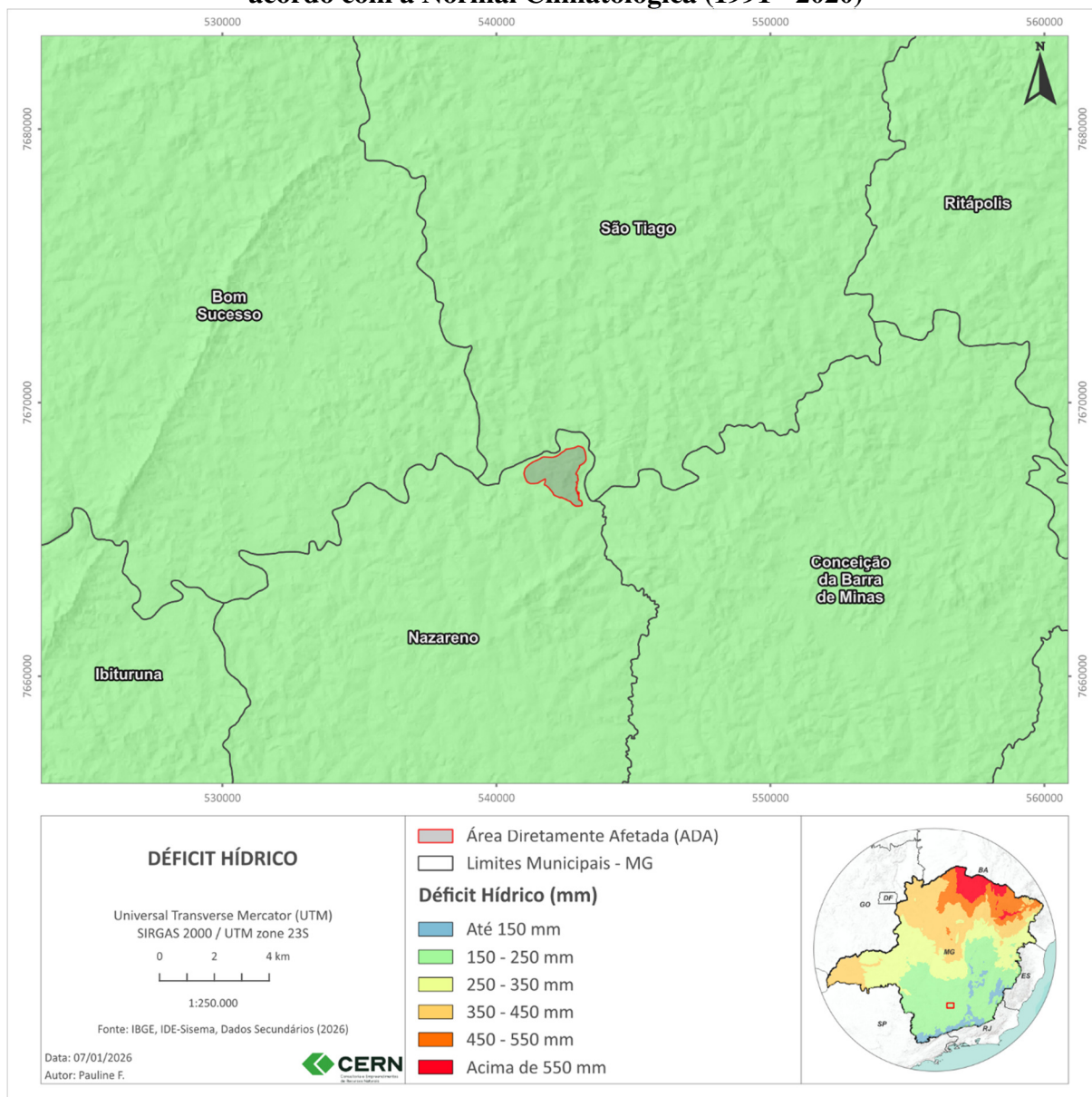
Quadro 9.5 - Representação mensal do número de dias com precipitação acima de 50 mm no período de 1991 a 2020 para a estação localizada em Lavras

Dias com volumes de precipitação superiores a 50mm - Belo Horizonte/MG											
Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Fonte: INMET (2025)

A variabilidade dos quantitativos de precipitação podem, ainda, resultar em um quadro de déficit hídrico que ocorre quando a demanda por recursos hídricos é superior à quantidade de água disponível na região. Na Figura 9.19 abaixo, nota-se que a região de inserção do empreendimento possui déficit hídrico de 150 milímetros até 250 milímetros, de acordo com a dados do TerraClimate, disponibilizados por meio do portal IDE Sisema (2025).

Figura 9.19 - Déficit Hídrico (mm) médio na área do entorno do empreendimento de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020)



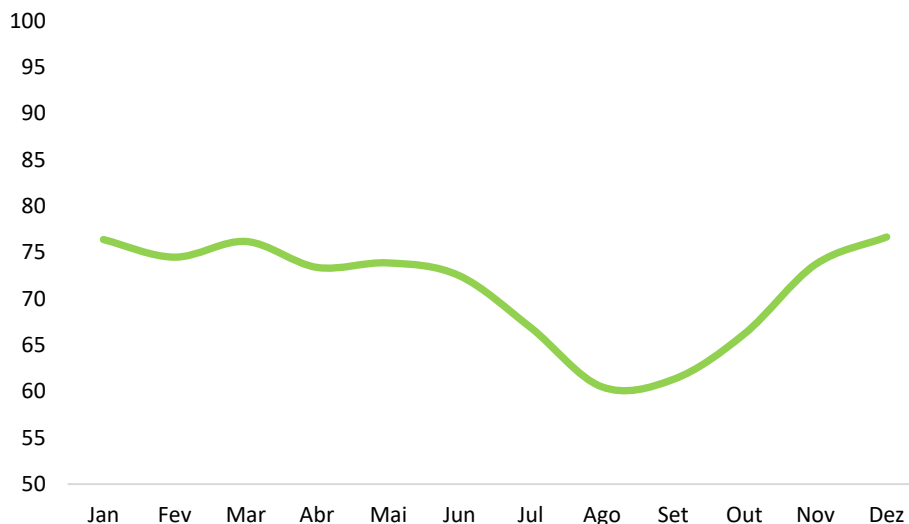
➤ Umidade Relativa do Ar

A Figura 9.20 a seguir mostra a variação de umidade relativa do ar para a região do empreendimento com base nas Normais Climatológicas (1991 - 2020). Por esta figura é possível observar que a região do empreendimento apresenta umidade relativa do ar média acima de 60%, em todos os meses do ano, com uma tendência de valores maiores nos meses de maior precipitação média acumulada e menor pressão atmosférica.

Observa-se, também, que os meses de agosto (60,5%) e setembro (61,3%) apresentaram os menores valores de umidade relativa do ar. O período chuvoso apresentou os maiores valores de umidade, com destaque aos meses dezembro (76,7%) e janeiro (76,4%).

Conforme apontado por Ayoade (1998), a umidade relativa tem uma relação de dependência com a temperatura, devido a sua capacidade de fazer evaporar a água presente nas diferentes superfícies gerando vapor d'água. A umidade relativa tem variação inversa a temperatura, onde, seus valores mínimos ocorrem durante os momentos de maior aquecimento diurno, e o inverso ocorre a noite, quando as temperaturas caem, a umidade relativa do ar aumenta.

Figura 9.20 - Umidade Relativa do Ar (%) para a região do projeto de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020)



Os meses mais secos são agosto e setembro, coincidentes com período de maior atuação da ASAS e da mTc que resultam em um cenário de maior estabilidade meteorológica. Em dezembro e janeiro os altos valores decorrem da elevada atividade convectiva na região.

Na Figura 9.21 abaixo, é possível visualizar a espacialização da Umidade Relativa do Ar na área no estorno do empreendimento, por meio da compilação de dados das estações convencionais de Minas Gerais para a normal climatológica de 1991 - 2020.

Figura 9.21 - Umidade relativa do Ar (%) mensal na área no entorno do empreendimento de acordo com a Normal Climatológica (1991 - 2020)



➤ Direção e Intensidade dos Ventos

A Figura 9.22 representa a direção predominante dos ventos, isto é, a angulação na qual os ventos têm origem. Já a Figura 9.23 apresenta o cenário oposto, com a direção resultante dos ventos - o sentido ou destino em direção angular dos ventos. Saber a direção resultante dos

ventos é importante para prever e controlar a dispersão de poeira e poluentes, proteger comunidades vizinhas e trabalhadores, orientar medidas como barreiras e horários de operação, e atender às exigências legais, garantindo que os impactos sejam avaliados, minimizados e geridos de forma eficaz. Conforme registros da estação meteorológica automática de São João Del Rey, os ventos na região são tem origem, majoritariamente, de sudeste e destinam-se, majoritariamente, para noroeste.

Figura 9.22 - Direção de Origem dos Ventos da estação meteorológica de São João Del Rey (2007 – 2024)

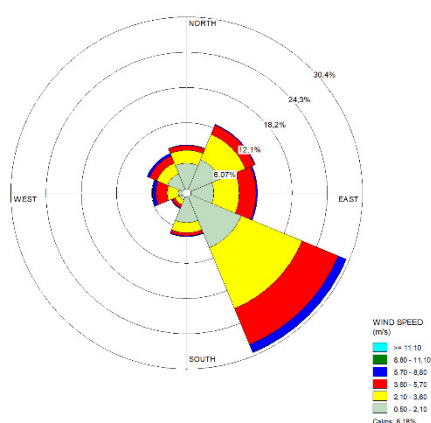
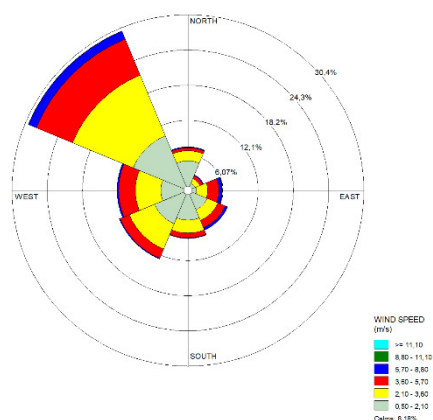


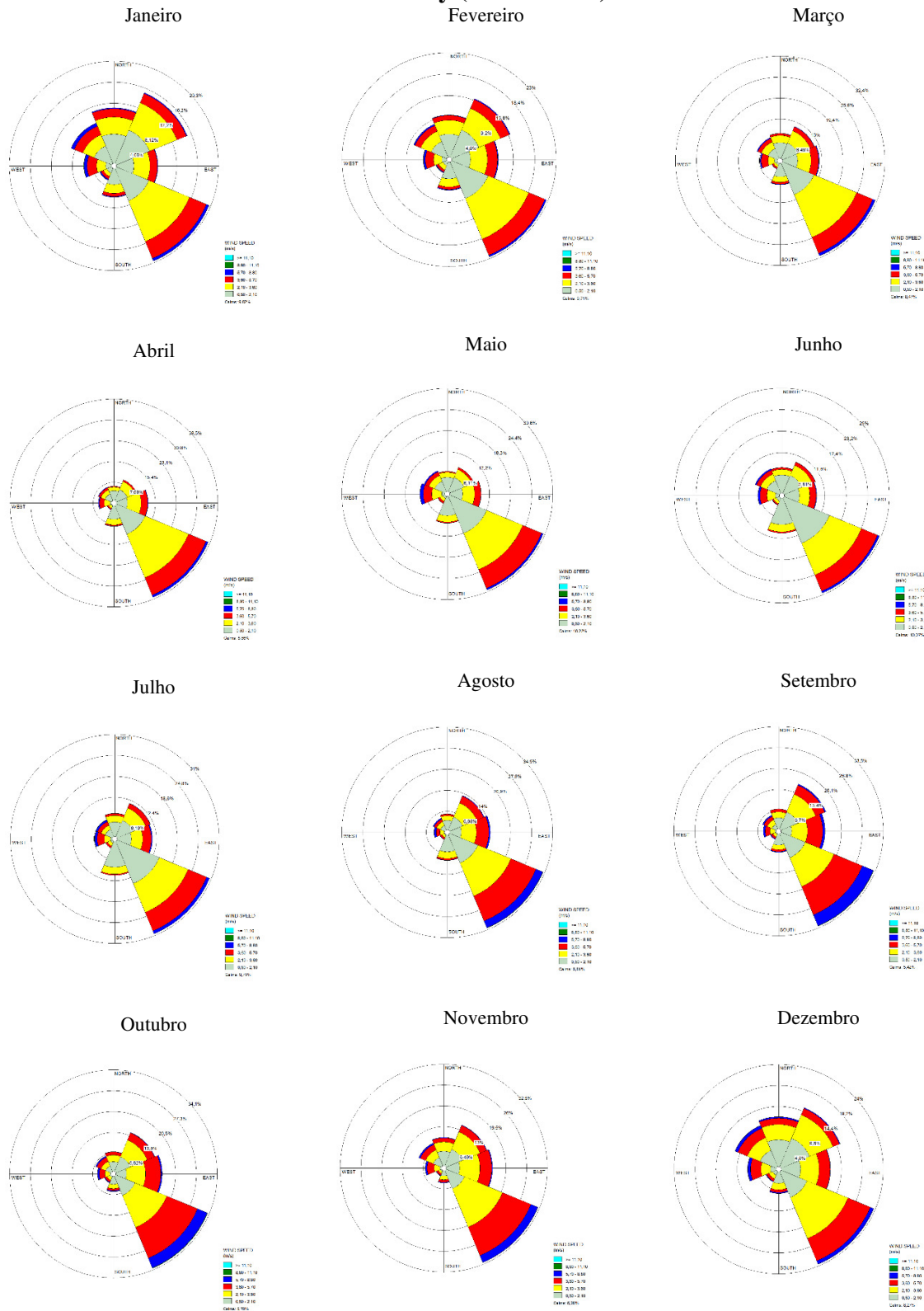
Figura 9.23 - Direção de Destino dos Ventos da estação meteorológica de São João Del Rey (2007 – 2024)



Fonte: elaborado a partir dos dados do INMET (2025)

O fato de a estação de monitoramento ser automática, é possível obter uma amostra de dados que proporciona um cenário mais próximo do real e menos generalista. Dessa forma, a representação gráfica de direção dos ventos da estação meteorológica de São João Del Rey apresentou dados presente em todos os quadrantes de direção, com predomínio de ventos advindos de sudeste. A espacialização mensal do vento pode ser vista na Figura 9.24 abaixo.

Figura 9.24 - Direção Predominante dos Ventos da estação meteorológica de São João Del Rey (2007 – 2024)

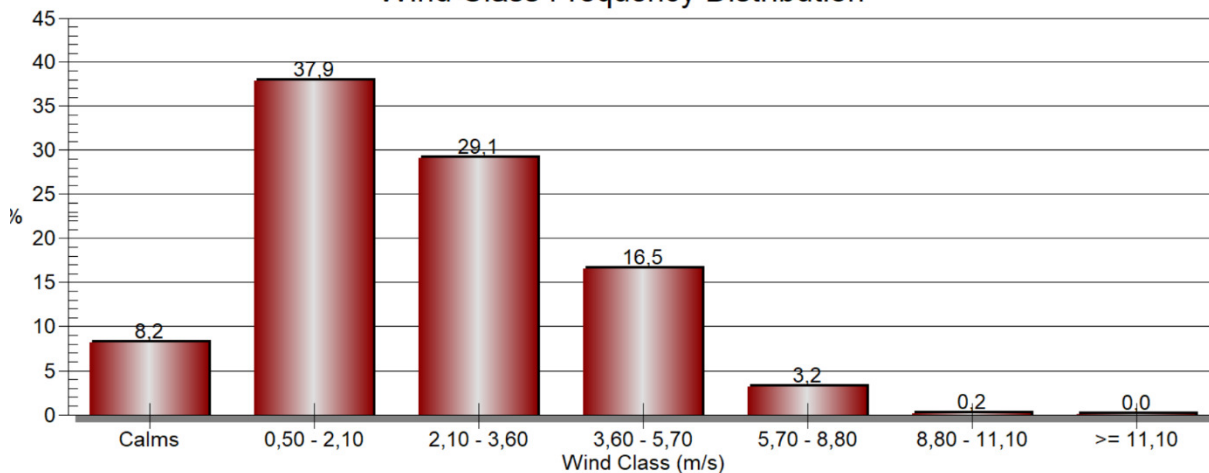


Tem-se, no panorama geral anual 37,9% de ventos com velocidade entre 0,5m/s e 2,1m/s, 29,1% com ventos entre 2,1m/s e 3,6m/s, 16,5% entre 3,6m/s a 5,7m/s e 3,2% entre 5,7m/s a

8,8 m/s., ou seja, na maior parte do tempo existe uma movimentação do ar na região em diferentes velocidades.

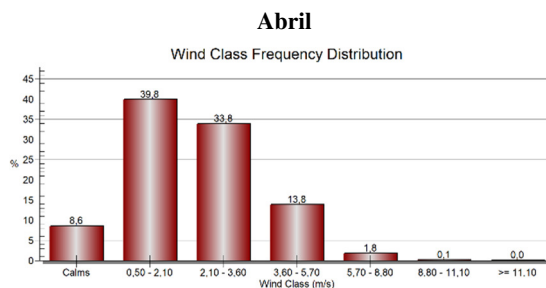
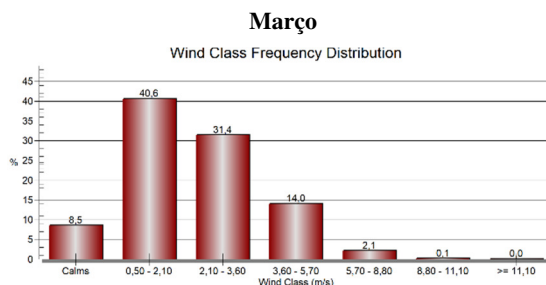
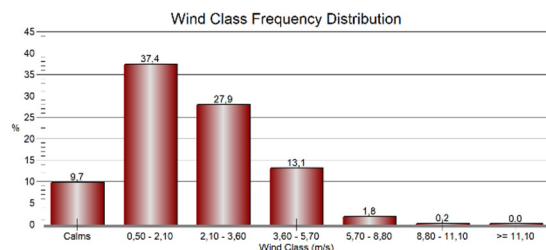
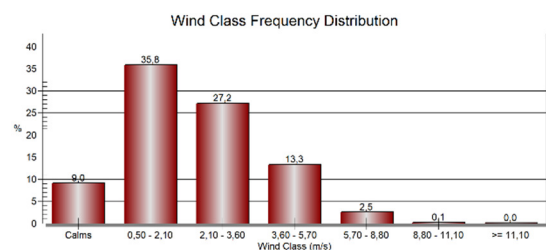
Conforme observado nas figuras abaixo, em todos os meses do ano os registros de ventos predominam no intervalo de 2,10 m/s até 8,80 m/s, tendo apenas 8,2% do tempo com ausência de movimentação do ar (calmaria). A ausência de calmaria mensal é algo positivo se tratando de dispersão de poluentes atmosféricos e partículas em suspensão, especialmente entre os meses de agosto e outubro que tendem a ser mais secos e com baixa umidade relativa do ar. Todavia, o mesmo cenário pode potencializar a propagação de focos de incêndio, o que aumenta a quantidade de fuligem no ar e a queima da vegetação. Abaixo, tem-se os valores dispostos graficamente.

Figura 9.25 - Frequência anual média de distribuição da intensidade dos ventos (m/s) para a estação meteorológica de São João Del Rey (2007 – 2024)
 Wind Class Frequency Distribution



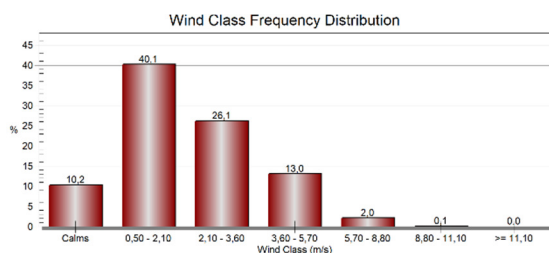
Fonte: elaborado a partir de dados do INMET (2025)

Figura 9.26 - Frequência mensal média de distribuição da intensidade dos ventos (m/s) para a estação meteorológica de São João Del Rey (2007 – 2024)
 Janeiro Fevereiro

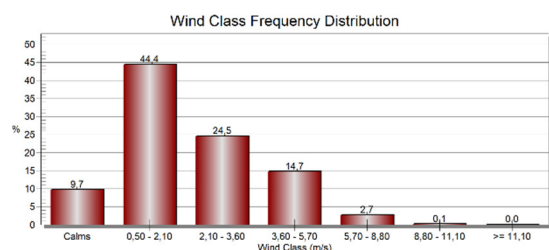


Maio

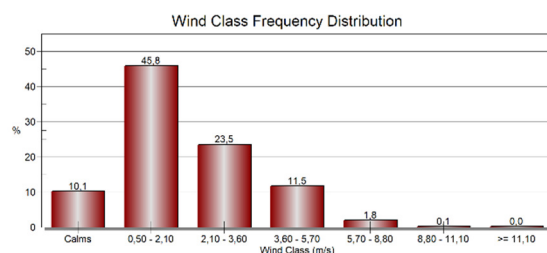
Junho



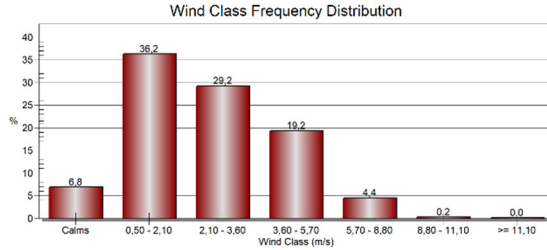
Julho



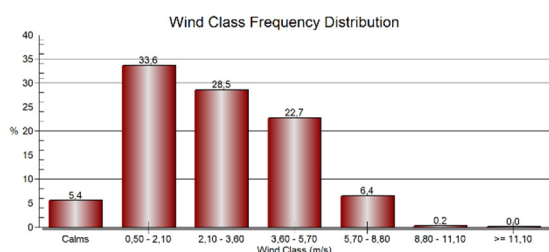
Agosto



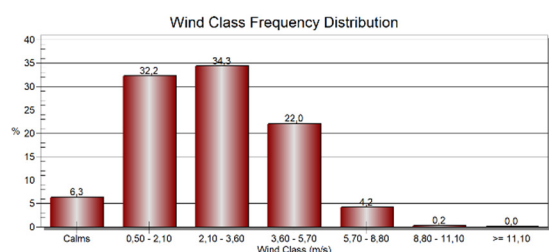
Outubro



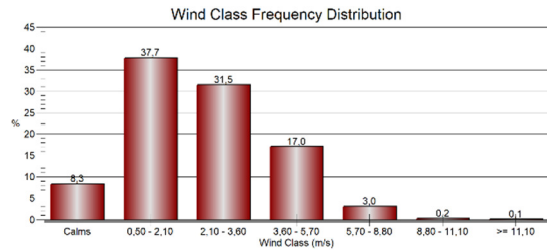
Setembro



Novembro



Dezembro



Fonte: elaborado a partir de dados do INMET (2025)

9.1.2. Qualidade do Ar

9.1.2.1. Caracterização Local

Objetivando a caracterização da qualidade do ar na região de inserção do Projeto Ampliação Mina Volta Grande foram utilizados dados obtidos através de 02 (duas) campanhas de monitoramento de qualidade do ar, sendo a primeira realizada entre os dias 02 e 05 abril de 2024, período correspondente ao início da época de transição da estação chuvosa para a estação seca no estado de Minas Gerais, e a segunda realizada entre os dias 09 e 12 de julho de 2024, período correspondente à estação seca no estado de Minas Gerais.

Foram monitorados, nas duas campanhas realizadas, quatro pontos de monitoramento, que abrangeram parte significativa das Áreas de Influência do empreendimento, além de estarem

localizados em locais sensíveis na área de inserção, devido à presença de residências e contingente populacional.

Ademais, foram realizadas mais 02 (duas) campanhas adicionais em um ponto localizado na Comunidade Minas Brasil, em julho de 2024 (período seco) e novembro de 2024 (período chuvoso).

Os monitoramentos de qualidade do ar foram realizados pelo laboratório SEGMA Segurança do Trabalho e Meio Ambiente Ltda, portador do CNPJ: 66.353.590/0001-44, devidamente creditados e certificados junto ao SISEMA - Sistema Estadual de Meio Ambiente e, em cumprimento às Deliberações Normativas no 216/2017 do COPAM, se encontra com o reconhecimento junto à Rede Metrológica de Minas gerais (RMMG). Isto posto, todas as medições foram realizadas considerando as principais normas e legislações aplicáveis.

➤ **Metodologia da Avaliação da Qualidade do Ar**

Como referências para a realização dessas amostragens foram adotadas as principais normas da ABNT e da Resolução nº 506, de 5 de julho de 2024 do CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente.

A metodologia utilizada considerou as seguintes normas:

- **ABNT NBR 9.547:1997** - 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 ao Separador Inercial de Partículas;
- **Resolução CONAMA no 506, de 05/07/2024** - Dispõe sobre padrões de qualidade do ar;
- **Deliberação Normativa COPAM nº 248, de 23/11/2023** - Estabelece padrões de qualidade do ar para o Estado de Minas Gerais;
- **PAA-001** - Procedimento interno de amostragem para a determinação de Partículas Totais em Suspensão no Ar Ambiente;
- **PAA-002** - Procedimento interno de amostragem para a determinação da concentração de Partículas Inaláveis PM10 e PM2,5.

O monitoramento de Partículas Totais em Suspensão foi realizado através do Amostrador de Grande Volume (AGV - PTS), por período de amostragem de 24 horas, conforme procedimento constante na NBR 9.547:1997 da ABNT.

A comparação dos resultados foi feita com o Limite de Tolerância estabelecido pela Resolução CONAMA 506/2024 que dispõe sobre os padrões de qualidade do ar, em específico para os parâmetros Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (PM10 e PM2,5).

➤ **Pontos de Amostragem e Período de Monitoramento**

Para a caracterização da qualidade do ar na região de inserção do Projeto Ampliação Mina Volta Grande, utilizou-se, conforme supracitado, os resultados obtidos através de 02 (duas) campanhas de monitoramento de qualidade do ar, sendo a primeira realizada no início de abril de 2024, período correspondente ao início da época de transição da estação chuvosa para a estação seca no estado de Minas Gerais, e a segunda realizada em julho de 2024, período correspondente à estação seca no estado de Minas Gerais.

Foram monitorados nas referidas campanhas quatro pontos. Tais pontos são localizados nas proximidades da Área Diretamente Afetada (ADA) pelo empreendimento e abrangeram parte significativa das Áreas de Influência (AII e AID), além de estarem localizados em locais sensíveis na área de inserção, devido à presença de residências e contingente populacional.

Ademais, foram realizadas mais 02 (duas) campanhas adicionais em um ponto localizado na Comunidade Minas Brasil, em julho de 2024 (período seco) e novembro de 2024 (período chuvoso).

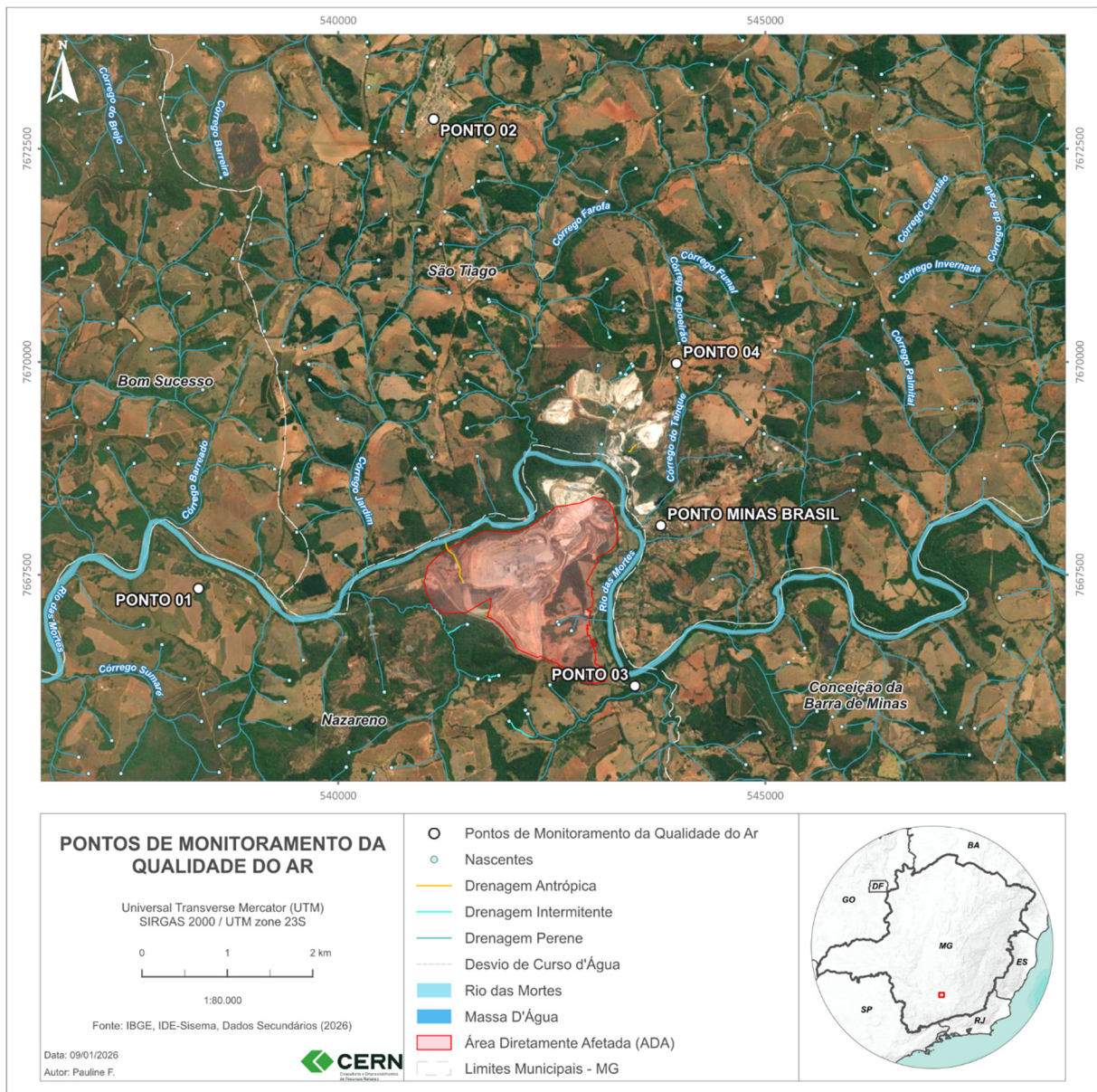
O Quadro 9.6, a seguir, apresenta os pontos de monitoramentos de qualidade do ar nas campanhas realizadas, bem como suas coordenadas UTM.

Por seguinte, é apresentada a Figura 9.27, com a localização dos pontos em relação à ADA do Projeto Ampliação Mina Volta Grande.

Quadro 9.6 - Pontos de Monitoramento da Qualidade do Ar - Projeto Ampliação Mina Volta Grande

Ponto	Coordenadas UTM (SIRGAS2000)		Localização/ Município
	X	Y	
PONTO 01	538365.00 m E	7667337.00 m S	Coqueiros Nazareno / MG
PONTO 02	541119.00 m E	7672845.00 m S	Próximo a quadra coberta São Tiago / MG
PONTO 03	543475.00 m E	7666201.00 m S	Antiga estação ferroviária Nazareno / MG
PONTO 04	543963.00 m E	7669982.00 m S	Vilarejo São Judas São Tiago/ MG
PONTO 05 MINAS BRASIL	543779.00 m E	7668084.00 m S	Comunidade Minas Brasil São Tiago/MG

Figura 9.27 - Pontos de Monitoramento de Qualidade do Ar em relação à ADA do Projeto Ampliação Mina Volta Grande



A seguir apresenta-se o registro fotográfico dos pontos de monitoramento de qualidade do ar.

**Figura 9.28 - Registro Fotográfico - Ponto de Monitoramento 01(538365 E/7667337 S)
(Julho/2024)**



**Figura 9.29 - Registro Fotográfico - Ponto de Monitoramento 02 (541119 E/7672845 S)
(Julho/2024)**



**Figura 9.30 - Registro Fotográfico - Ponto de Monitoramento 03 (543475 E/7666201 S)
(Julho/2024)**



**Figura 9.31 - Registro Fotográfico - Ponto de Monitoramento 04 (543963 E/7669982 S)
(Julho/2024)**



Figura 9.32 - Registro Fotográfico - Ponto de Monitoramento Comunidade Minas Brasil (543779 E/7668084 S) (Julho/2024)



➤ Padrões de Qualidade do Ar

Os padrões de qualidade do ar definem legalmente o limite máximo para a concentração de um poluente na atmosfera, que garanta a proteção da saúde e do meio ambiente. Os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos, e são fixados em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada. Os padrões nacionais foram estabelecidos pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis - IBAMA e aprovados pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente, por meio da Resolução CONAMA Nº 506, em 05 de Julho de 2024. Os parâmetros de interesse nesse estudo são as Partículas Totais em Suspensão - PTS e Material Particulado (MP₁₀ e MP_{2,5}), os quais são definidos pela CONAMA 506/2024 como sendo:

- Partículas Totais em Suspensão - PTS: partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 50 micrômetros;
- Material Particulado - MP₁₀: partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 10 micrômetros;
- Material Particulado - MP_{2,5}: partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 2,5 micrometros.

O padrão nacional de qualidade do ar (CONAMA Nº 506/2024 PI-2) para tais parâmetros são apresentados no Quadro 9.7 a seguir.

Quadro 9.7 - Padrão nacional da qualidade do ar

Parâmetro	Tempo de Amostragem	Padrão (µg/m ³)
Material Particulado - MP ₁₀	24 horas	100
Material Particulado - MP _{2,5}	24 horas	50
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas	240

O procedimento para a realização do monitoramento da qualidade do ar ambiente estabelece o monitoramento contínuo durante 24 horas, com um mínimo de 23 horas contínuas. Portanto, qualquer interrupção desse monitoramento por um período superior a uma hora, caso que pode ocorrer com certa frequência em função da queda e/ou falta de energia, é considerada a perda da análise.

Ressalta-se que também foram realizadas medições de SO₂ e CO nos pontos 01, 02, 03 e 04.

➤ **Resultados Monitoramento da Qualidade do Ar**

Nos quadros a seguir são apresentados os resultados dos monitoramentos de qualidade do ar realizados.

Por seguinte, para melhor visualização, os resultados também são apresentados graficamente.

➤ **Pontos 01 a 04:**

Quadro 9.8 - Resultado do monitoramento de qualidade do ar - PTS

Data das campanhas	Pontos	Resultados (µg/m³)	Limite da Legislação* (µg/m³)	Conformidade
		PTS	PTS	
Primeira Campanha – 02 a 05/04/24	PONTO 01	26,00	240	Conforme
	PONTO 02	34,16	240	Conforme
	PONTO 03	43,13	240	Conforme
	PONTO 04	80,56	240	Conforme
Segunda Campanha – 09 a 12/07/24	PONTO 01	73,26	240	Conforme
	PONTO 02	63,86	240	Conforme
	PONTO 03	45,46	240	Conforme
	PONTO 04	68,84	240	Conforme

*Resolução CONAMA 506/2024

Quadro 9.9 - Resultado do monitoramento de qualidade do ar - MP10

Data das campanhas	Pontos	Resultados (µg/m³)	Limite da Legislação* (µg/m³)	Conformidade
		MP10	MP10	
Primeira Campanha – 02 a 05/04/24	PONTO 01	8,81	100	Conforme
	PONTO 02	19,29	100	Conforme
	PONTO 03	20,02	100	Conforme
	PONTO 04	33,41	100	Conforme
Segunda Campanha – 09 a 12/07/24	PONTO 01	37,47	100	Conforme
	PONTO 02	61,39	100	Conforme
	PONTO 03	34,66	100	Conforme
	PONTO 04	45,91	100	Conforme

*Resolução CONAMA 506/2024

Quadro 9.10 - Resultado do monitoramento de qualidade do ar - MP2,5

Data das campanhas	Pontos	Resultados (µg/m³)	Limite da Legislação* (µg/m³)	Conformidade
		MP2,5	MP2,5	
Primeira Campanha – 02 a 05/04/24	PONTO 01	13,72	50	Conforme
	PONTO 02	17,25	50	Conforme
	PONTO 03	18,82	50	Conforme
	PONTO 04	32,53	50	Conforme
Segunda Campanha – 09 a 12/07/24	PONTO 01	30,89	50	Conforme
	PONTO 02	32,30	50	Conforme
	PONTO 03	24,79	50	Conforme
	PONTO 04	43,46	50	Conforme

*Resolução CONAMA 506/2024

Figura 9.33 - Resultado de monitoramento de qualidade do ar - Parâmetro PTS

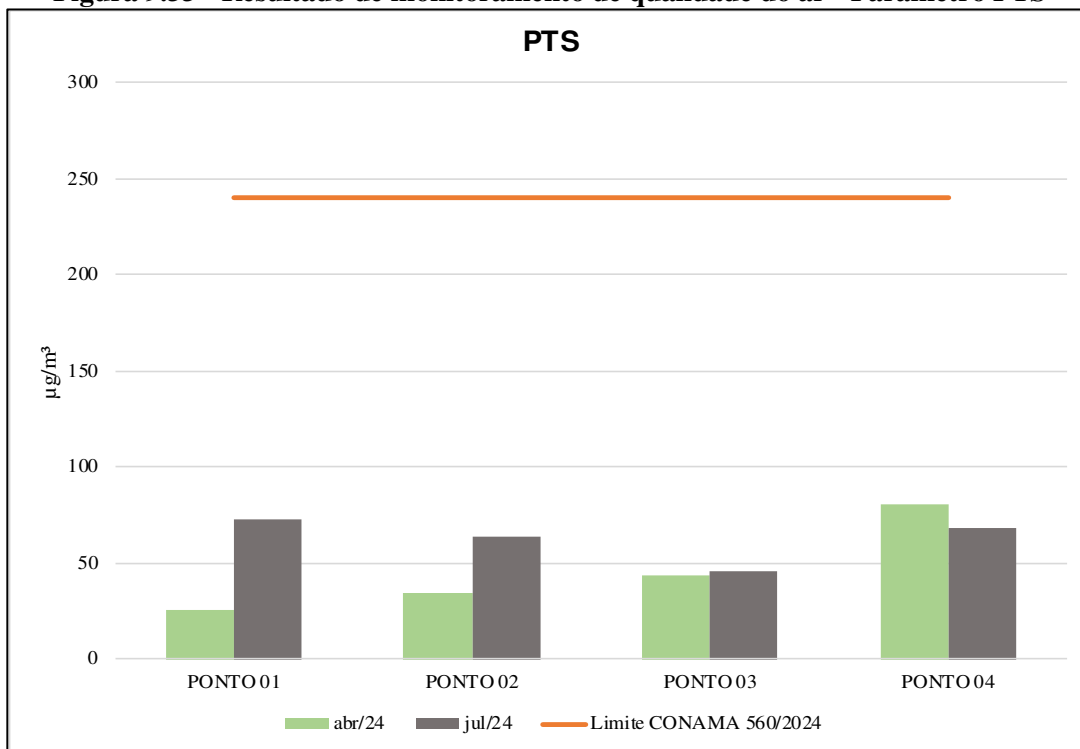


Figura 9.34 - Resultado de monitoramento de qualidade do ar - Parâmetro PM₁₀

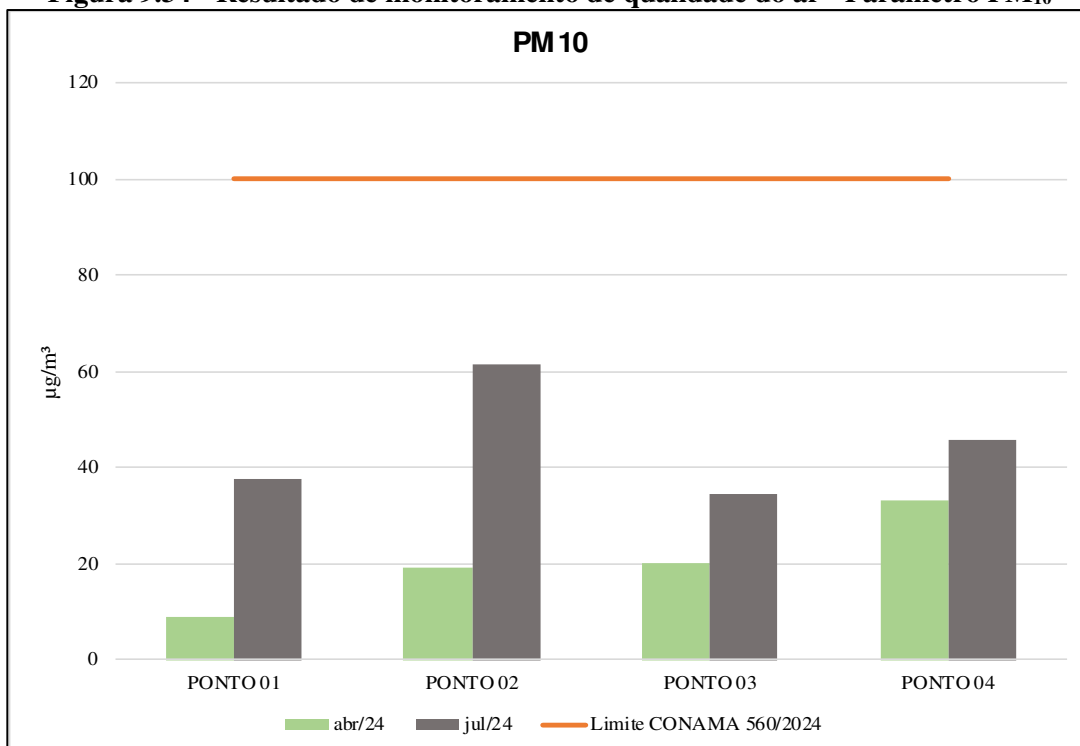
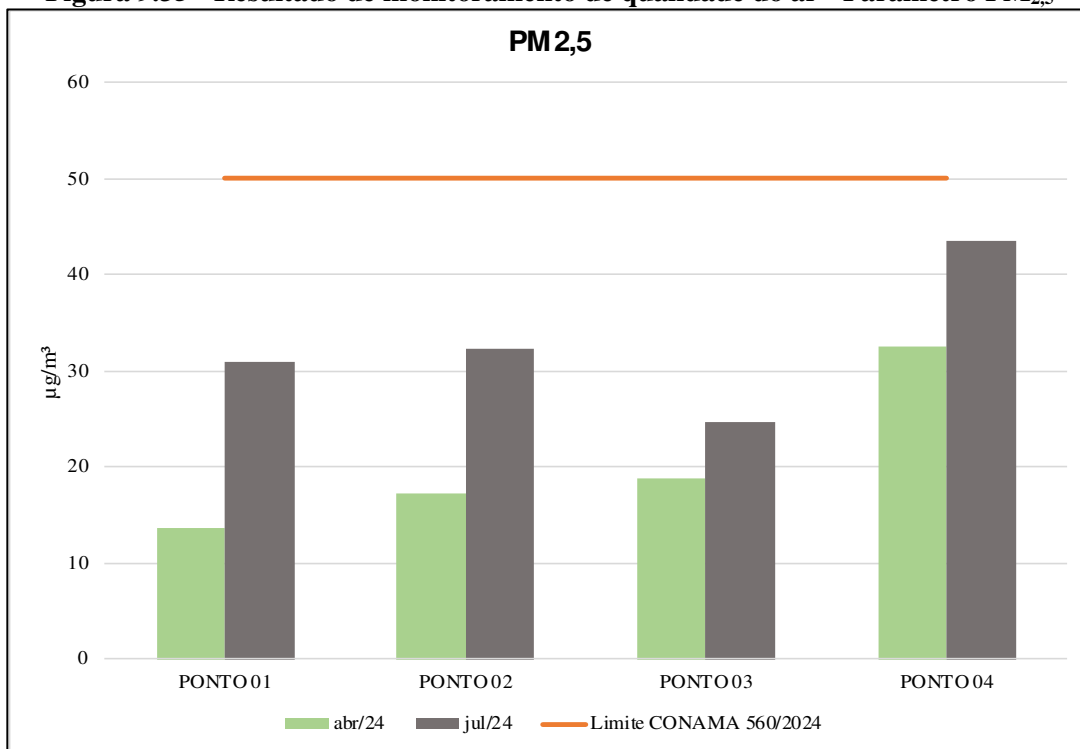


Figura 9.35 - Resultado de monitoramento de qualidade do ar - Parâmetro PM_{2,5}



De acordo com os resultados apresentados, observou-se que durante o período de amostragem a qualidade do ar na região encontrava-se satisfatória, uma vez que todos os resultados apresentaram valores inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 506/2024 para os parâmetros Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (MP₁₀ e MP_{2,5}). Foi possível observar grande influência da sazonalidade, uma vez que as concentrações, principalmente de material particulado, obtidos na campanha de julho de 2024, em plena estação seca, apresentaram-se maiores que as concentrações obtidas nas medições realizadas durante a primeira campanha.

Também foram realizadas medições de SO₂ e CO nos quatro pontos de monitoramento. Estes parâmetros se apresentaram em níveis muito baixos em relação ao limite estipulado pela legislação, e nulos, respectivamente.

Os dados utilizados como base para a caracterização da qualidade do ar da região de inserção do Projeto Ampliação Mina Volta Grande são referentes às medições realizadas pelo laboratório SEGMA e os relatórios técnicos elaborados pelo referido laboratório são apresentados no **Anexo 05 - Boletins de Monitoramento de Qualidade do Ar**.

➤ **Ponto – Comunidade Minas Brasil**

Conforme supracitado, foram realizadas duas campanhas adicionais de monitoramento de qualidade do ar em um ponto localizado na Comunidade Minas Brasil, nos meses de julho e novembro de 2024, correspondentes aos períodos seco e chuvoso, respectivamente. Cabe ressaltar que durante a campanha de julho de 2024 (período seco) foram realizadas medições dos parâmetros com o canhão para mitigação da poeira na Expedição de Feldspato da Mina Volta Grande ligado e desligado, a fim de verificar a eficiência desta técnica de controle e melhoria da qualidade do ar.

Nos quadros a seguir são apresentados os resultados dos monitoramentos de qualidade do ar realizados na Comunidade Minas Brasil.

Quadro 9.11 - Resultado do monitoramento de qualidade do ar - PTS

Data das campanhas	Pontos	Resultados ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Límite da Legislação* ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Conformidade
		PTS	PTS	
Primeira Campanha – 17 a 18/07/2024	PONTO COMUNIDADE MINAS BRASIL – Canhão ligado	91,68	240	Conforme
	PONTO COMUNIDADE MINAS BRASIL – Canhão desligado	33,15	240	Conforme
Segunda Campanha – 04/11/2024	PONTO COMUNIDADE MINAS BRASIL – Canhão desligado	12,91	240	Conforme

*Resolução CONAMA 506/2024

Quadro 9.12 - Resultado do monitoramento de qualidade do ar - PM10

Data das campanhas	Pontos	Resultados (µg/m³)	Limite da Legislação* (µg/m³)	Conformidade
		PM10	PM10	
Primeira Campanha – 17 a 18/07/2024	PONTO COMUNIDADE MINAS BRASIL – Canhão ligado	45,73	100	Conforme
	PONTO COMUNIDADE MINAS BRASIL – Canhão desligado	44,06	100	Conforme
Segunda Campanha – 04/11/2024	PONTO COMUNIDADE MINAS BRASIL – Canhão desligado	18,44	100	Conforme

*Resolução CONAMA 506/2024

**Quadro 9.13 - Resultado do monitoramento de qualidade do ar - PM2,5 - 1ª Campanha -
Março/2024 (Período Chuvoso)**

Data das campanhas	Pontos	Resultados (µg/m³)	Limite da Legislação* (µg/m³)	Conformidade
		PM2,5	PM2,5	
Primeira Campanha – 17 a 18/07/2024	PONTO COMUNIDADE MINAS BRASIL – Canhão ligado	34,67	50	Conforme
	PONTO COMUNIDADE MINAS BRASIL – Canhão desligado	40,48	50	Conforme
Segunda Campanha – 04/11/2024	PONTO COMUNIDADE MINAS BRASIL – Canhão desligado	12,46	50	Conforme

*Resolução CONAMA 506/2024

Figura 9.36 - Resultado de monitoramento de qualidade do ar - Parâmetro PTS

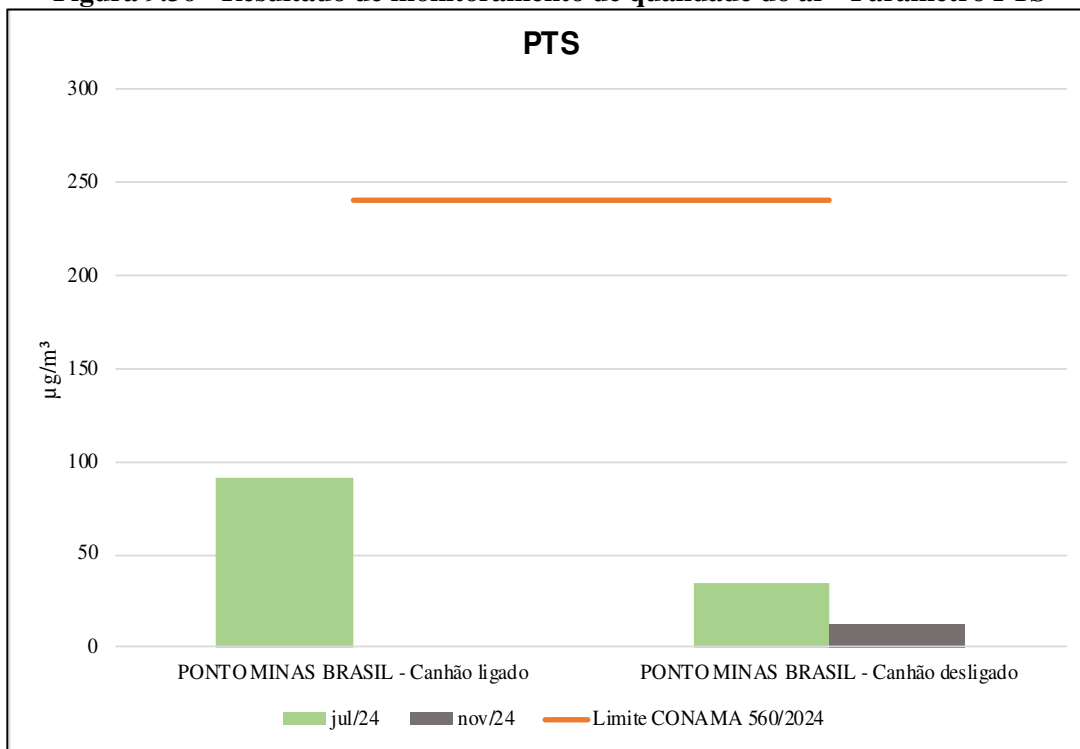


Figura 9.37 - Resultado de monitoramento de qualidade do ar - Parâmetro PM₁₀

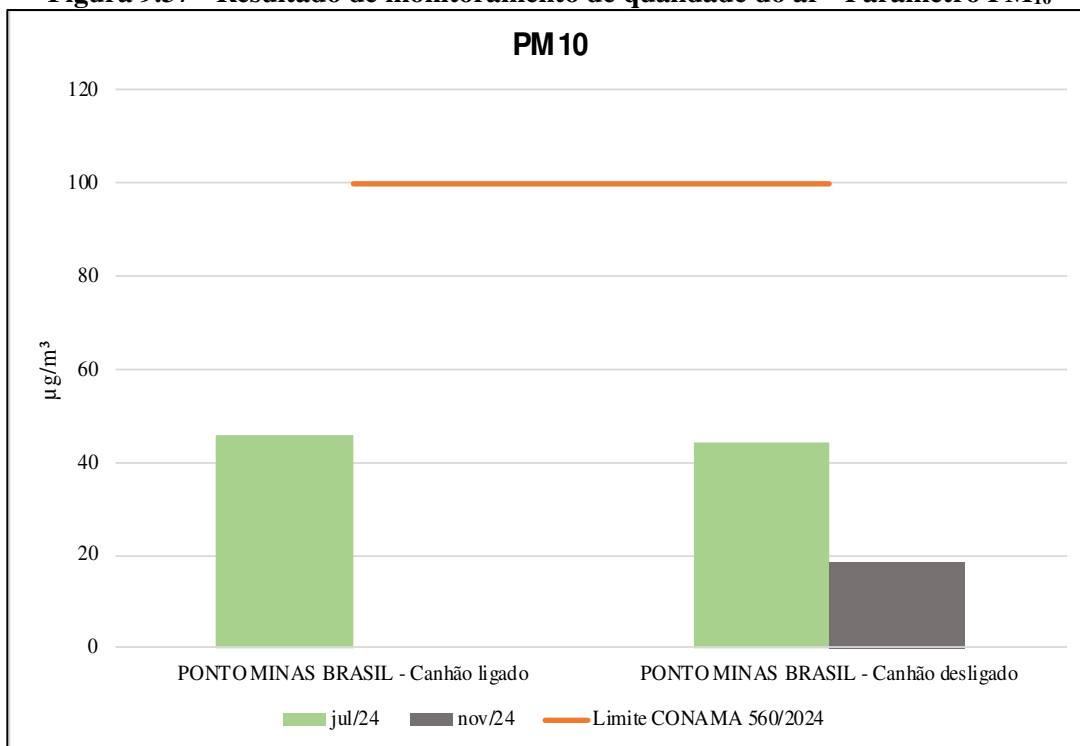
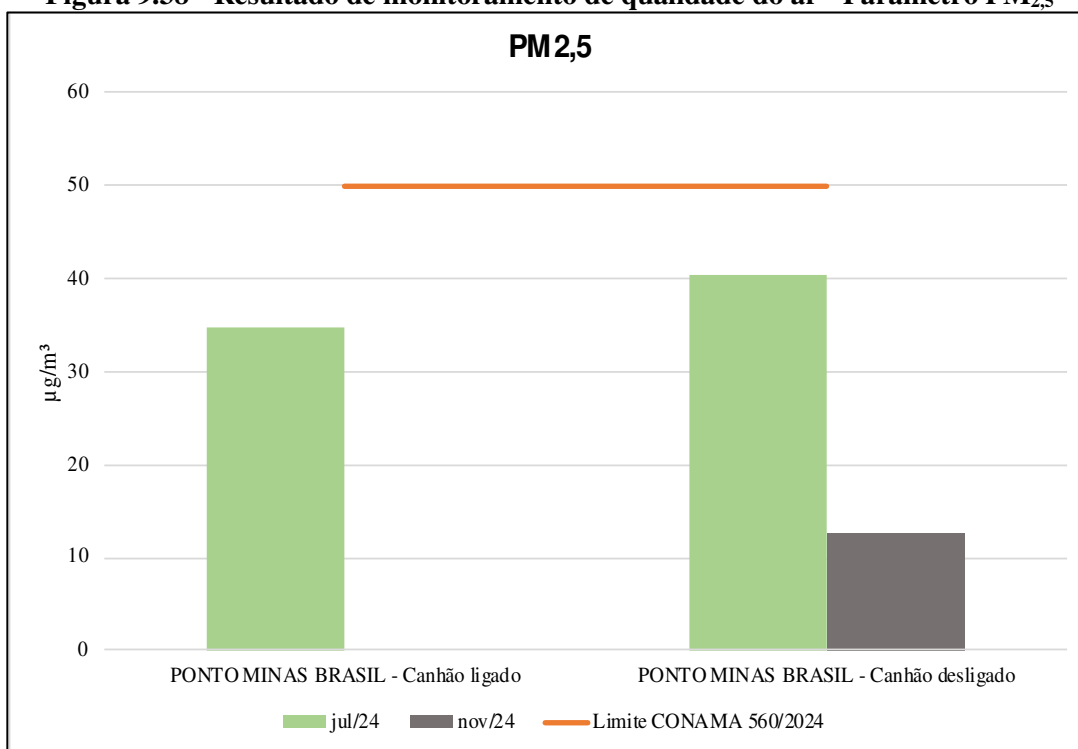


Figura 9.38 - Resultado de monitoramento de qualidade do ar - Parâmetro PM_{2,5}



De acordo com os resultados apresentados, observou-se que durante o período de amostragem a qualidade do ar na região do ponto localizado na Comunidade Minas Brasil encontrava-se satisfatória, uma vez que todos os resultados apresentaram valores inferiores ao valor limitado pela Resolução CONAMA nº 506/2024 para os parâmetros Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (PM₁₀ e PM_{2,5}), mesmo com o canhão desligado durante a campanha realizada no período da estação seca.

Foi possível observar grande influência da sazonalidade, uma vez que as concentrações, principalmente de material particulado, obtidos na campanha de julho de 2024, em plena estação seca, apresentaram-se maiores que as concentrações obtidas nas medições realizadas durante a campanha realizada em novembro de 2024 (período chuvoso).

Ressalta-se que, durante as medições com o canhão ligado, o fluxo de veículos foi maior que durante as de canhão desligado, de modo que os resultados não apresentam, efetivamente, uma avaliação sobre sua efetividade.

Também foram realizadas medições de SO₂ e CO nos quatro pontos de monitoramento e estes parâmetros se apresentaram em níveis muito baixos e até abaixo do limite de quantificação do laboratório responsável pelas medições, em relação ao limite estipulado pela legislação, e nulos, respectivamente.

Os dados utilizados como base para a caracterização da qualidade do ar da região de inserção do Projeto Ampliação Mina Volta Grande são referentes às medições realizadas pelo laboratório

SEGMA e os relatórios técnicos elaborados pelo referido laboratório são apresentados no **Anexo 05 - Boletins de Monitoramento de Qualidade do Ar.**

9.1.3. Mudanças Climáticas

9.1.3.1. Caracterização Regional

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2013) define as mudanças climáticas como um estado de clima que passou por alterações em suas médias e/ou variabilidade de suas propriedades, persistindo por um longo período, sendo normalmente décadas ou mais. O IPCC define, ainda, que:

“As mudanças climáticas podem decorrer de processos naturais internos ou forças externas, como modulações dos ciclos solares, erupções vulcânicas e mudanças antropogênicas persistentes na composição da atmosfera ou no uso do solo” (IPCC, 2013).

Ou seja, as mudanças climáticas são alterações que ocorrem a longo prazo e resultam em modificações nos padrões climáticos globais ou regionais.

O IPCC (2001) indica, ainda, que a vulnerabilidade é o grau de susceptibilidade de um sistema aos efeitos adversos da mudança climática, ou sua incapacidade de administrar esses efeitos, incluindo variabilidade climática ou episódios de extremos. Desta forma, a vulnerabilidade de um município refere-se ao nível de reação de um determinado sistema para uma mudança climática específica, em função do caráter, dimensão e taxa de variação climática ao qual está exposto.

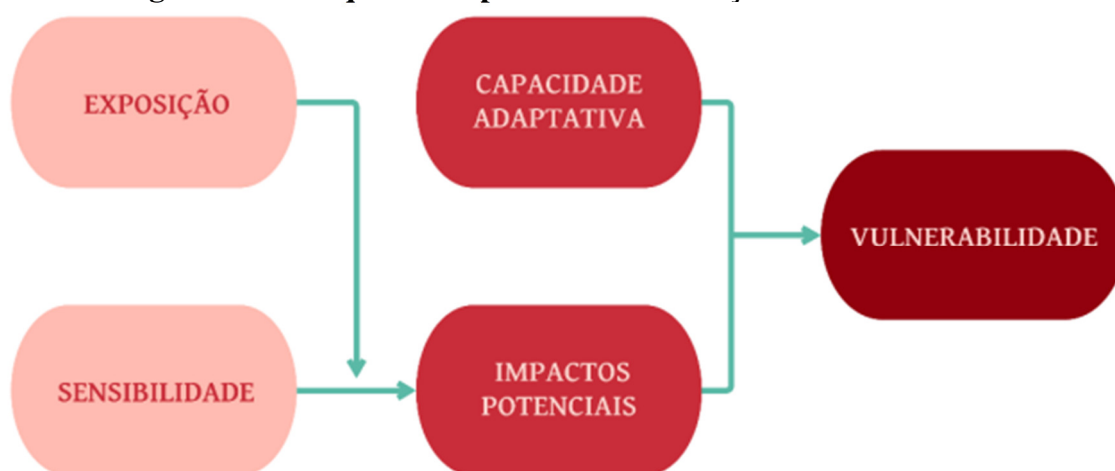
Para a avaliação do índice de Vulnerabilidade são considerados três componentes principais - a sensibilidade, exposição e capacidade de adaptação, sendo que:

- A exposição está relacionada à natureza, à amplitude e ao ritmo da variação climática à qual o sistema está exposto, sendo os fatores relacionados ao aumento da temperatura, diminuição ou aumento da precipitação, diminuição do PIB, impactos sobre a saúde humana, biodiversidade, patrimônio histórico, urbanização e processo de desertificação;
- A sensibilidade é o grau no qual um sistema é influenciado, positiva ou negativamente, sendo os fatores relacionados ao PIB, renda per capita, dependência econômica do turismo, dependência econômica da mineração, dependência energética das fontes sensíveis ao clima, condições das infraestruturas rodoviárias, alta urbanização, disponibilidade hídrica, ocorrência de seca e estiagens, ocorrências de chuvas intensas, ocorrência de inundações, ocorrência de deslizamentos de terrenos, entre outros; e
- A capacidade adaptativa está ligada à capacidade em diminuir ou evitar danos por meio da exploração de oportunidade benéficas existentes nos sistemas (IPCC, 2007), sendo

os fatores relacionados ao plano municipal de habitação, plano de mobilidade urbana, transporte público, agricultura orgânica e/ou familiar, saneamento básico, plano integrado de resíduos sólidos, lei de uso e ocupação do solo, defesa civil municipal, entre outros.

Castro (2021) estrutura as etapas necessárias para avaliar o nível de vulnerabilidade de determinada localidade diante de possíveis alterações na dinâmica climática local e/ou regional, onde é necessária uma análise integrada de impactos advindos do clima para que o entendimento da vulnerabilidade seja adaptado a cada contexto de ocorrência.

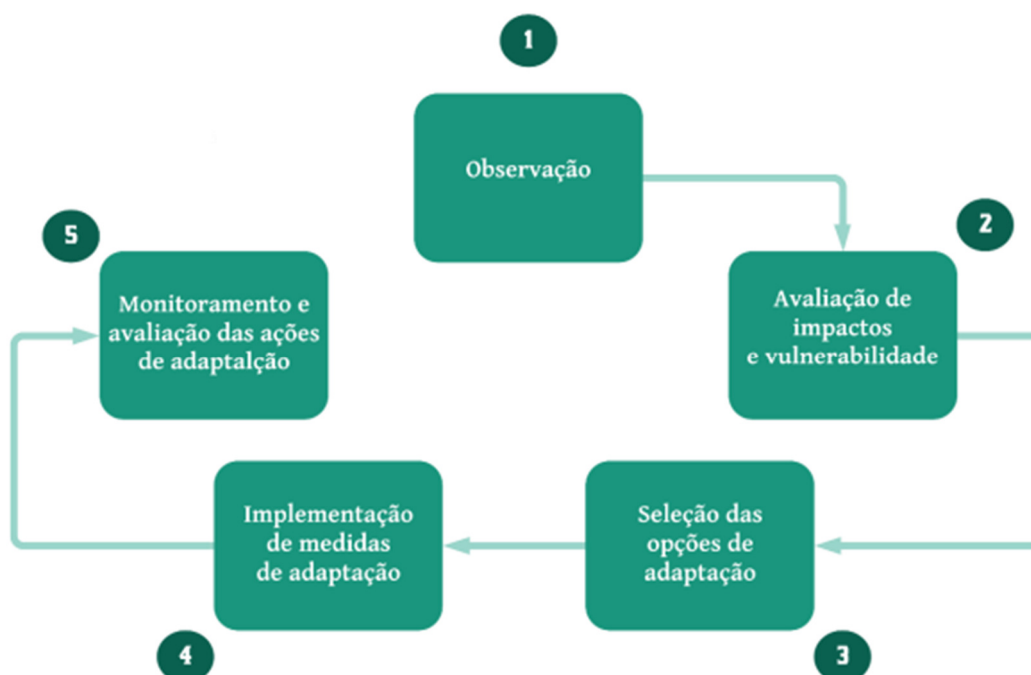
Figura 9.39 - Esquema do processo de avaliação de vulnerabilidade



Fonte: Midgley, Davies e Chesterman (2011) *apud* Castro (2021)

Castro (2021) cita, ainda, que existe uma adaptação dos sistemas naturais frente a mudanças que ocorrem no meio ambiente, a fim de buscar a redução dos efeitos danosos que as alterações climáticas podem causar a fim de explorar oportunidades socioeconômicas e ambientais a partir da redução tanto da vulnerabilidade quanto da exposição a essas mudanças. A Figura 9.40 abaixo mostra as etapas do processo de adaptação de um sistema frente a mudanças de ordem climatológica.

Figura 9.40 - Esquema do processo de adaptação de sistemas naturais



Fonte: UNFCCC (2011) *apud* Castro (2021)

9.1.3.2. Caracterização Local

Por meio da plataforma IDE SISEMA, os dados elaborados pelo Clima Gerais (2021), portal do Governo Estadual de Minas Gerais, é possível realizar uma pesquisa quanto à vulnerabilidade territorial em relação às mudanças climáticas.

As classes definidas para o município de Nazareno estão apresentadas na tabela e nas figuras abaixo. A

Figura 9.41 apresenta a vulnerabilidade municipal às mudanças climáticas, enquanto a Figura 9.42, Figura 9.43 e Figura 9.44 apresentam os índices de capacidade de adaptação, exposição geral e sensibilidade geral às mudanças climáticas, respectivamente. O Quadro 9.14 mostra a síntese das informações para o município de inserção do empreendimento.

Quadro 9.14 – Classes de vulnerabilidade territorial municipal às mudanças climáticas

Índice	Classe
Índice mineiro de vulnerabilidade climática	Moderada
Capacidade de adaptação geral às mudanças climáticas	Alta
Exposição geral às mudanças climáticas	Moderada
Sensibilidade geral às mudanças climáticas	Moderada

Figura 9.41 - Índice Mineiro de Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas na área do empreendimento

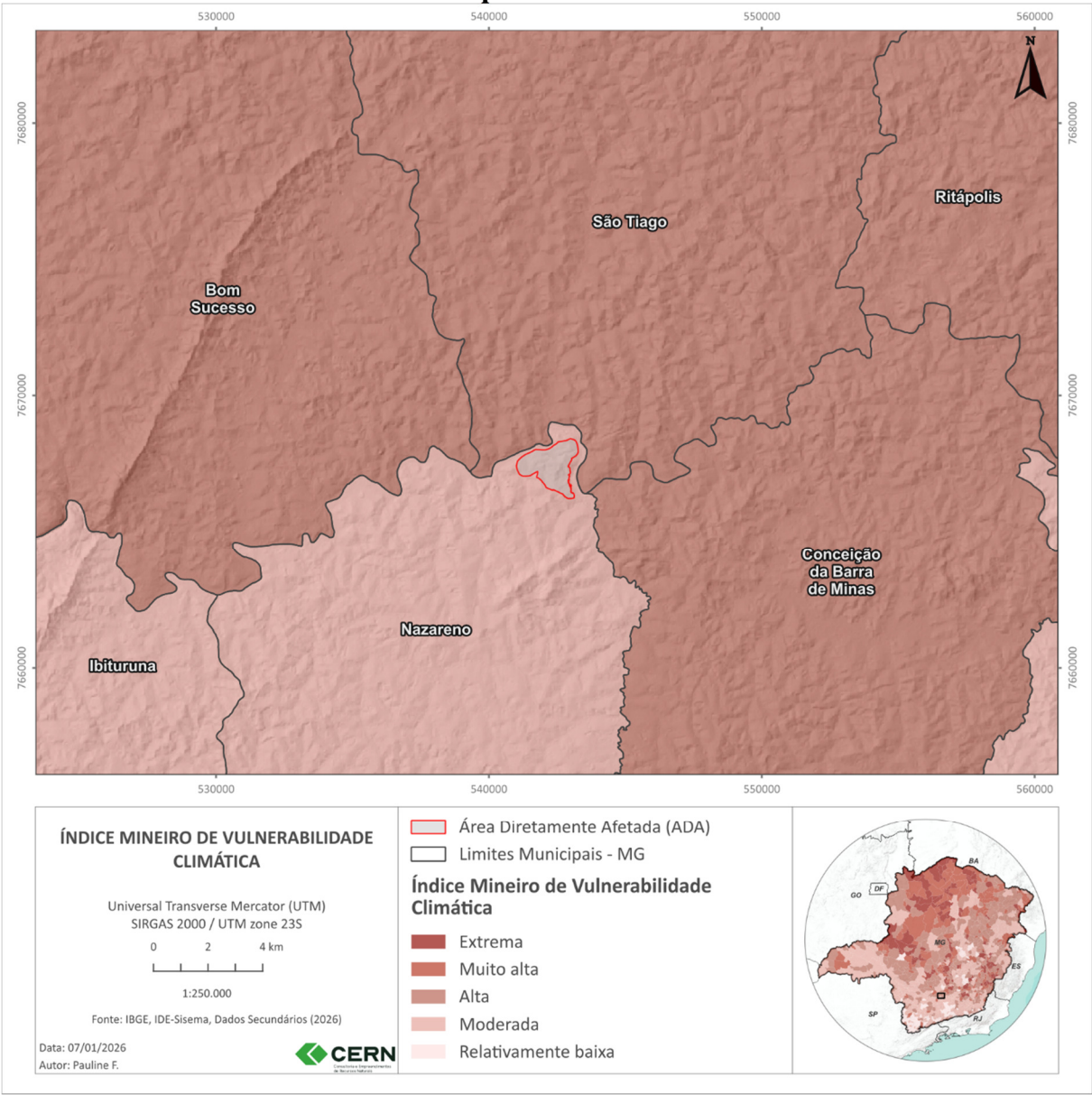


Figura 9.42 – Capacidade de Adaptação às Mudanças Climáticas na área do empreendimento

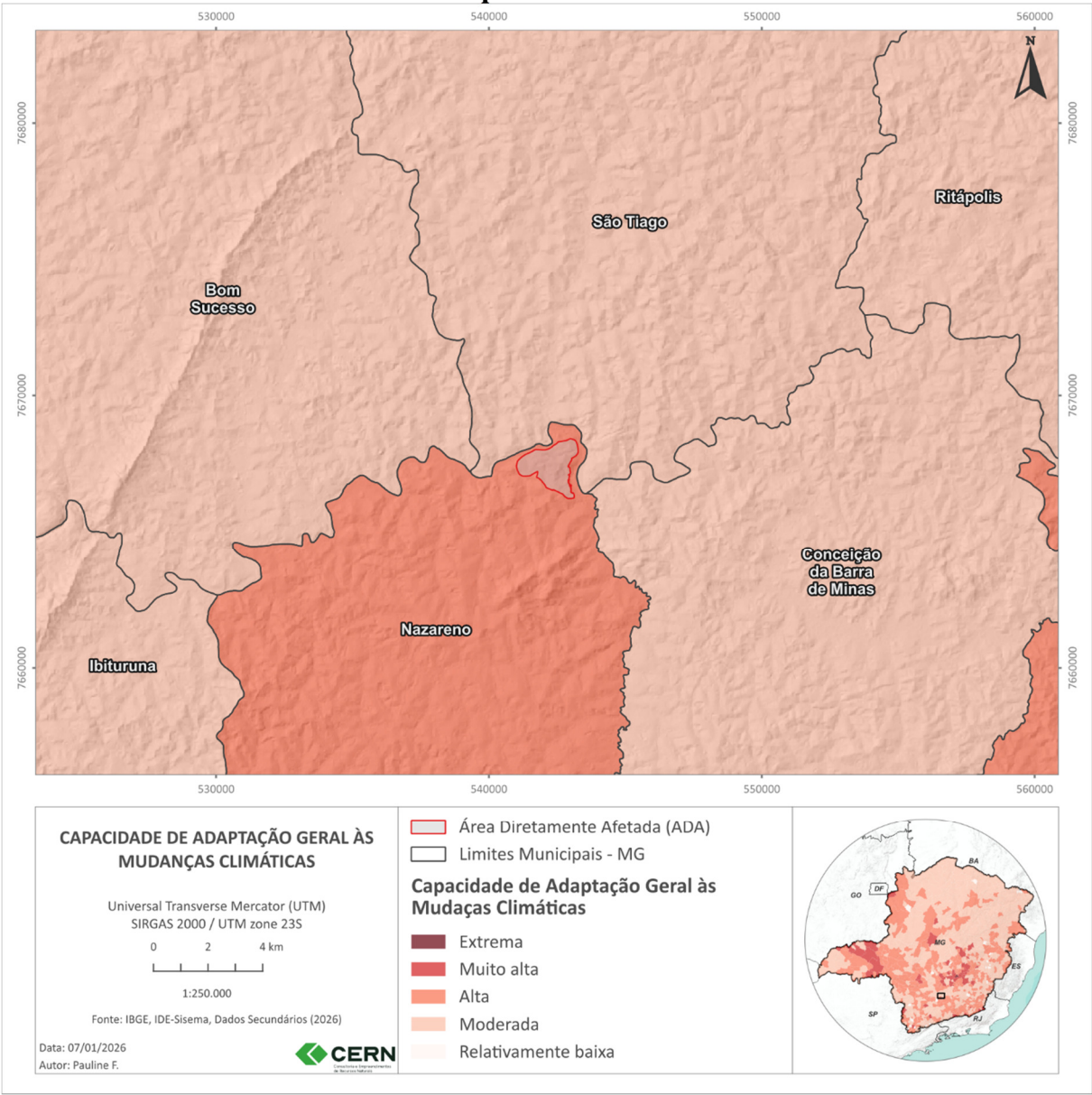


Figura 9.43 - Exposição Geral às Mudanças Climáticas na área do empreendimento

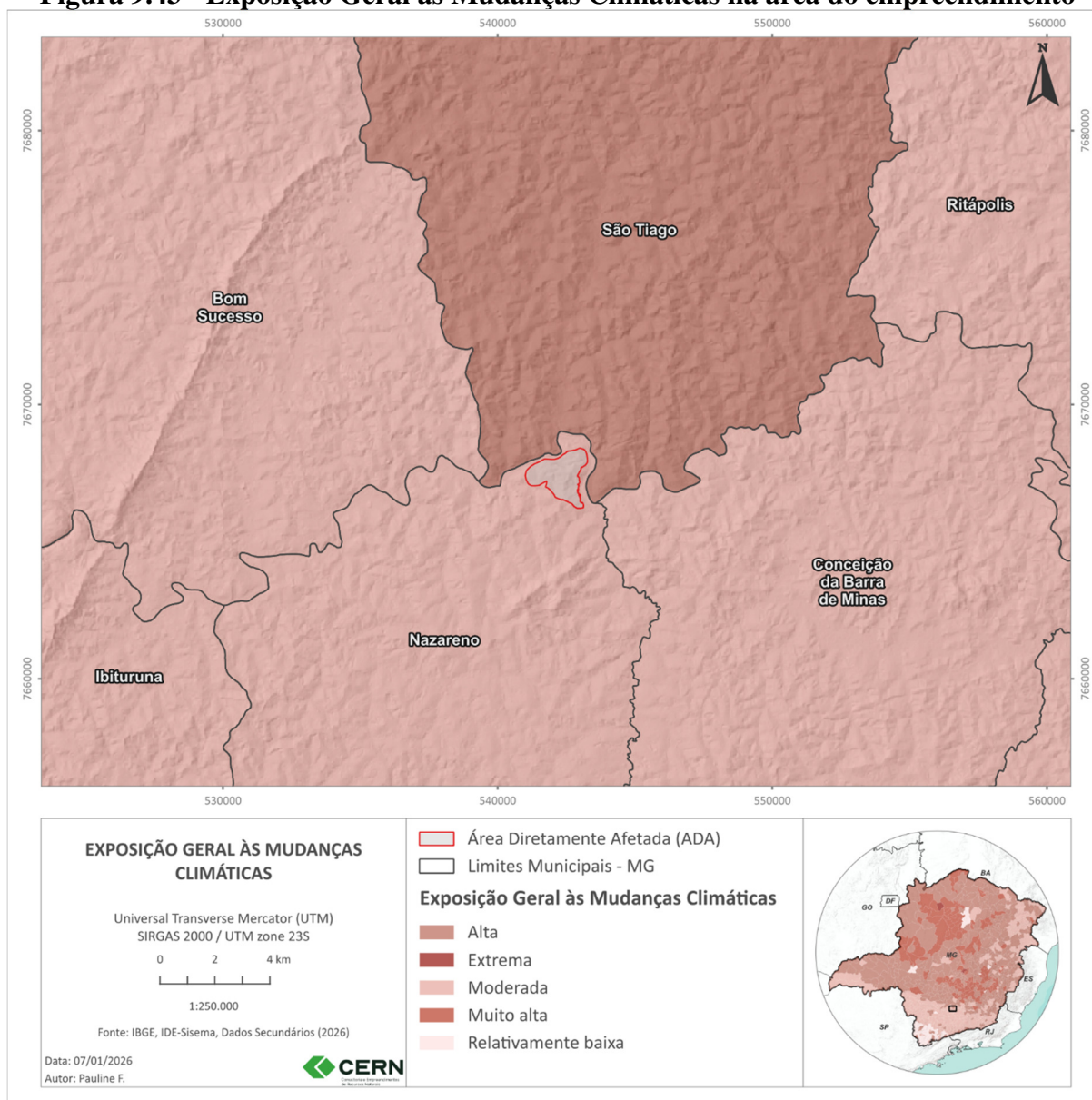
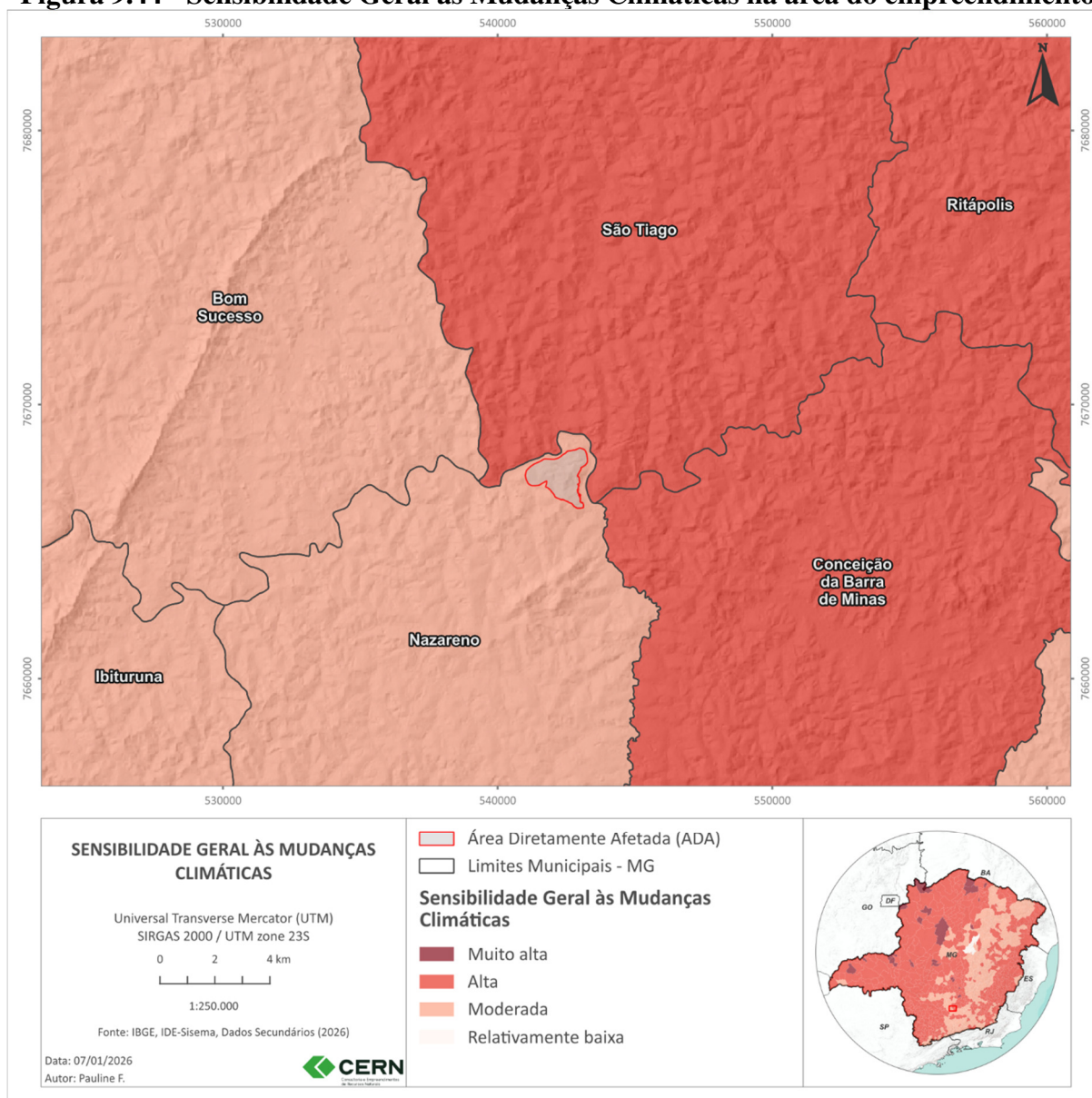


Figura 9.44 - Sensibilidade Geral às Mudanças Climáticas na área do empreendimento



Nimer (1989) indica que, dentre as regiões brasileiras, o Sudeste é a que possui maior diversificação climática considerando o regime de temperatura e distribuição de chuvas (neste quesito, a região fica atrás apenas do Nordeste). O estado de Minas Gerais e consequentemente a região de inserção do empreendimento, conforme mencionado anteriormente, possui duas estações do ano bem definidas, apresentando inverno seco e verão chuvoso. Outra característica comum ao estado é o registro de maiores temperaturas em meses de primavera/verão e o inverso em meses de outono/inverno.

Devido as características de sazonalidade da região, a área do empreendimento tem, ao longo do ano, sequências de dias sem registros de precipitação ou o cenário contrário, com dias de intensos acumulados de chuva. O registro de maiores e mais extensos episódios de dias secos podem impactar negativamente o município, seja na economia, na diminuição da

disponibilidade hídrica e/ou alterações na produção agrícola e agropecuária. O cenário contrário também pode provocar impactos negativos, como a ocorrência de inundações e alagamentos, por exemplo, tornando, assim, o município mais exposto e sensível ao acontecimento de eventos climáticos.

Dessa forma, episódios extremos de precipitação ou de temperatura, podem deixar a região mais exposta as possíveis ocorrências, sendo importante destacar que o acontecimento de eventos extremos também impacta de forma negativa a organização espacial das sociedades, tal como o seu cotidiano (tomando por exemplo a ocorrência de alagamentos, ou ondas de calor). A vulnerabilidade registrada para o município decorre da relação entre as variáveis capacidade de adaptação, exposição e sensibilidade do município às mudanças climáticas.

Barbieri (2011) aponta que, o nível de adaptação (ou não adaptação) de grupos populacionais refletem o grau de vulnerabilidade frente às mudanças climáticas, em que a mobilidade diante da ocorrência de eventos extremos não acontecerá de forma homogênea em todo o território, porque os indivíduos mais vulneráveis não são capazes de alterar em tempo hábil a realidade locacional a qual estão inseridos.

Conforme citado, a sensibilidade refere-se às características socioeconômicas e ambientais da população avaliada que podem sofrer impactos resultantes da mudança do clima. Já a exposição é uma propriedade externa dos sistemas socioecológicos e define-se como o tipo, a magnitude e a frequência dos eventos climáticos. Por fim, a capacidade adaptativa está ligada à condição da população em lidar com a exposição e reduzir sua sensibilidade, preventivamente, durante e depois das alterações climáticas (Clima Gerais, 2025). Desta forma, torna-se importante entender que índices de vulnerabilidade elevados são resultado de altos valores de exposição e sensibilidade associado a baixa capacidade adaptativa.

Ressalta-se que a alta capacidade adaptativa da população mais sensível pode minimizar a vulnerabilidade. Por outro lado, medidas com foco em estratégias socioeconômicas poderiam diminuir a sensibilidade da população e, conseqüentemente, também a vulnerabilidade. Esta lógica dar-se-á em razão da exposição estar vinculada a variáveis não controláveis, como precipitação e temperatura.

9.1.4. Ruído Ambiental e Vibração

9.1.4.1. Monitoramento de Ruído

O ruído pode ser definido como um som indesejável, constituído por variações de pressão no tempo, propagada em qualquer meio (ar, água, sólido) que o ouvido humano possa detectar. O número de flutuações da pressão acústica no tempo, expressa em ciclos por segundo, recebe a

denominação de frequência (Hertz). Para expressar os valores de ruído, utiliza-se a escala decibel, que varia de 0dB (zero decibel) - considerado o limiar da audição, em 1000 Hertz, até 130dB (cento e trinta decibéis) - considerado o limiar da dor.

Avaliar o ruído perpassa pela identificação e caracterização das possíveis fontes de emissão, podendo ser do tipo móvel ou estacionária. As fontes estacionárias são aquelas que se encontram fixas em determinado local, como por exemplo, equipamentos de condicionamento de ar e de exaustão e unidades de co-geração de energia elétrica. Já as fontes móveis são aquelas que emitem ruídos enquanto se deslocam, como no caso dos veículos.

A importância deste diagnóstico reflete na capacidade de relacionar ruído com efeitos físicos, psicológicos e sociais, de forma prejudicial à audição, interferindo na comunicação, causando fadiga e reduzindo o desempenho dos indivíduos, e mais recentemente, busca-se a vinculação de seus efeitos sobre o comportamento da fauna, incluindo reprodução e distribuição.

O presente item visa caracterizar o ruído ambiental na região de inserção do Projeto Ampliação Mina Volta Grande, considerando o cenário anterior às atividades de ampliação do empreendimento. Para tal caracterização foram utilizados e analisados dados obtidos através de 01 (uma) campanha de monitoramento de Ruído Diurno e Noturno, realizada nos dias 02 e 03 de abril de 2024, em 04 (quatro) pontos de monitoramento, que abrangem significativamente as áreas de influência do empreendimento, além de serem caracterizadas por serem área sensíveis da região de inserção, uma vez que são áreas de residências e contingente populacional.

Ademais, foram utilizados os resultados do monitoramento de Ruído Diurno em 14 (quatorze) pontos de monitoramento situados na Comunidade Germinal ou Minas Brasil, em setembro de 2024. A comunidade Germinal ou Minas Brasil pode ser considerada a comunidade mais próxima do empreendimento, logo, é caracterizada por ser uma área sensível da região, por haver contingente populacional.

Os monitoramentos do Ruído Ambiental nos pontos 01 a 04 foram realizados pelo laboratório SEGMA – Segurança do Trabalho e Meio Ambiente. Já os monitoramentos realizados nos pontos localizados na comunidade Germinal ou Minas Brasil em setembro de 2024 foram realizados pelo laboratório Excelência Ambiental. Ambos os laboratórios são devidamente creditados e certificados junto ao SISEMA - Sistema Estadual de Meio Ambiente. Isto posto, todas as medições foram realizadas considerando as principais normas e legislações aplicáveis e os relatórios técnicos serão apresentados na íntegra no **Anexo 06 - Boletins de Monitoramento de Ruído Ambiental**.

➤ Metodologia da Avaliação do Ruído Ambiental

Para as amostragens nos pontos 01 a 04 foi utilizado o método detalhado, logo estas seguiram os princípios e normas da ABNT NBR 10151:2019 Versão Corrigida 2020, que dispõe sobre Medição e Avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas; e da Lei 10.100 do Estado de Minas Gerais, de 17 de janeiro de 1990, que dá nova redação ao artigo 2º da Lei nº 7.302, de 21 de julho de 1978, que dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora no Estado de Minas Gerais.

Já para as amostragens nos pontos localizados na comunidade Germinal ou Minas Brasil, foi utilizado o método simplificado, por não apresentarem sons tonais ou impulsivos. Diante disso, foi utilizado a norma ABNT NBR 16313:2014, que estabelece a terminologia acústica, definindo termos e definições para a área de acústica no Brasil.

➤ Equipamentos utilizados

Conforme especificado nos relatórios apresentado no **Anexo 06 - Boletins de Monitoramento de Ruído Ambiental**, as medições dos níveis de ruído foram efetuadas com o microfone do equipamento a 1,20 metros do solo, conforme impõe a Lei 10.100 do Estado de Minas Gerais, de 17 de janeiro de 1990. Os ensaios foram realizados em condições climáticas normais. Para a medição e caracterização dos níveis de ruído dos pontos 01 a 04 pelo laboratório SEGMA foram utilizados os equipamentos descritos no quadro a seguir.

Quadro 9.15 - Equipamentos de medição utilizados

Equipamento	Patrimônio	Marca	Modelo	Número de Série
Medidor	Segma 0137	01 dB	Solo	30324
Calibrador	Segma 0184	Chrompack	SmartCal	CAL0000001403
Anemômetro	Segma 0112	B-MAX	XT-2134	-
Tripé	SEGMA 0325	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
GPS	Segma 0115	Garmin	Etrex	16R403045
Trena	SEGMA 0239	SAGYMA	3 m	Não aplicável

Para as medições nos pontos localizados na comunidade Germinal ou Minas Brasil, foi utilizado pelo laboratório Excelência Ambiental um sonômetro digital de alta precisão (modelo Octava Plus, fabricante Cliffer), devidamente calibrado de acordo com as normas IEC 61672, 61094 e 61260, classe 1. Antes de cada série de medições, o sonômetro foi ajustado com o auxílio de um calibrador acoplado ao microfone. O mesmo processo foi repetido ao final de cada série para verificar a precisão das leituras, com tolerância de $\pm 0,5$ dB, assegurando que os dados

estivessem dentro da faixa recomendada pelas normas. O certificado de calibração dos equipamentos encontra-se anexado ao final do relatório técnico apresentado na íntegra no **Anexo 06 - Boletins de Monitoramento de Ruído Ambiental**.

➤ **Duração e Frequência das medições**

O tempo de medição em cada ponto foi planejado para garantir uma caracterização sonora precisa, abrangendo as variações acústicas durante o funcionamento ou operação no ambiente avaliado. Foram realizadas 24 medições sequenciais de 5 segundos, totalizando 2 minutos de integração por ponto, tanto no período diurno quanto no noturno. Os dados obtidos estão detalhados em relatórios gerados pelo equipamento utilizado, em anexo aos relatórios técnicos apresentados no **Anexo 06 - Boletins de Monitoramento de Ruído Ambiental**.

➤ **Metodologia de medição**

Os laboratórios responsáveis pelas medições do ruído ambiental nos pontos definidos nas campanhas de monitoramento realizadas utilizaram os métodos supracitados e as medições foram efetuadas em pontos afastados 1,20 metros do piso e pelo menos 2,00 metros do limite do ponto a ser monitorado. Foram realizadas medições nos períodos diurno e noturno, em modo contínuo.

A comparação dos resultados foi feita com o Limite estabelecido pela Norma ABNT NBR 10151:2019 Versão Corrigida: 2020 e pela Lei 10.100 do Estado de Minas Gerais, de 17 de janeiro de 1990.

Não ocorreram desvios, adições ou exclusões das metodologias e procedimentos aplicados em ambas as campanhas de monitoramento realizadas.

➤ **Pontos de monitoramento**

Conforme supracitado, para a caracterização do nível de ruído ambiental da área de estudo local do empreendimento realizou-se a análise de Ruído Ambiental em 04 (quatro) pontos localizados na região do empreendimento.

Os referidos pontos foram definidos por abrangerem parte significativa das Áreas de Influência do empreendimento, além de estarem situados em regiões sensíveis, onde há a presença de residências e contingente populacional.

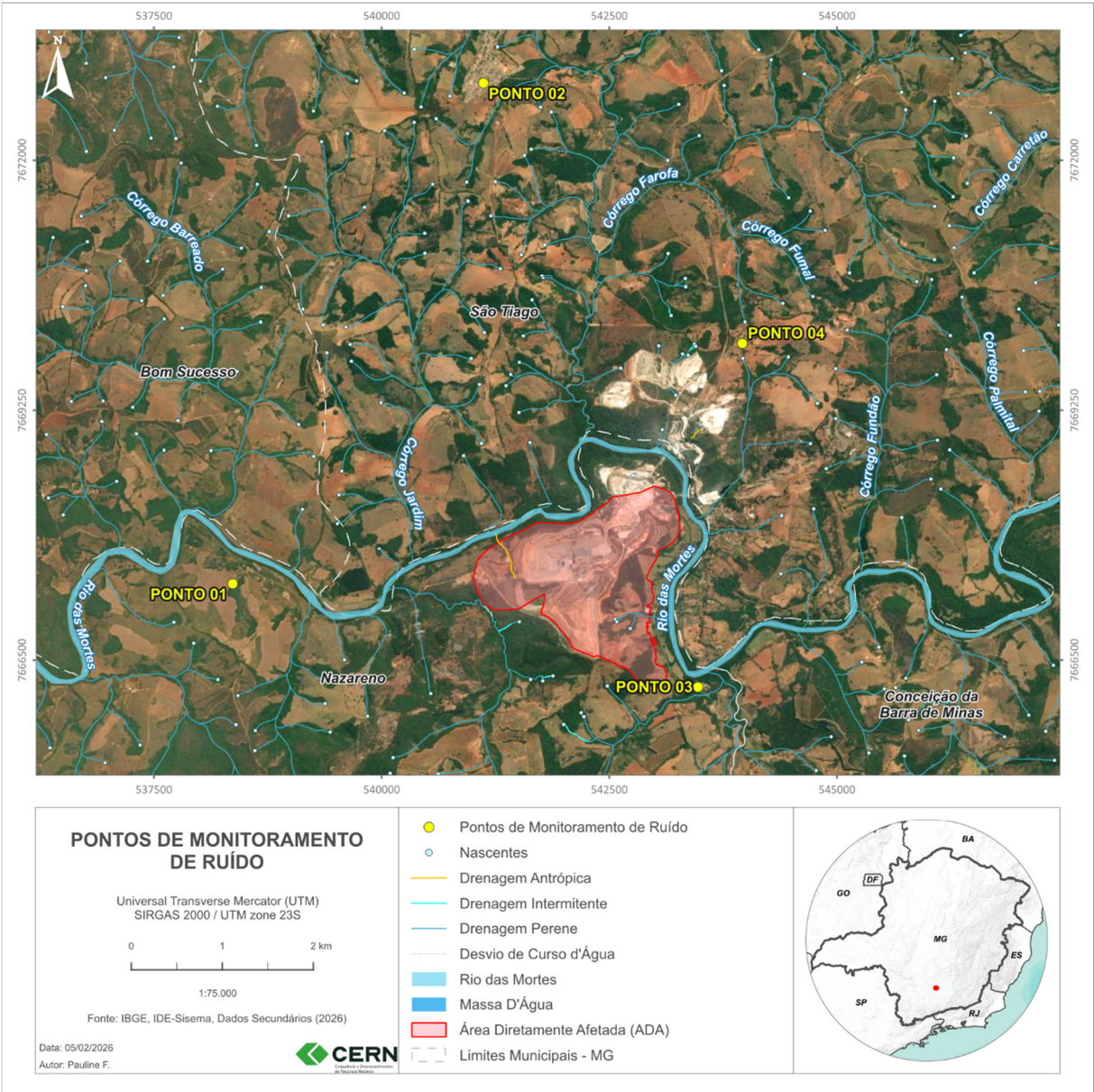
Os quadros a seguir apresentam os pontos monitorados e suas coordenadas UTM. Por seguinte são apresentadas figuras com a localização dos referidos pontos em relação à ADA do empreendimento objeto do presente licenciamento ambiental.

Quadro 9.16 - Pontos de Monitoramento do Ruído Ambiental - Projeto Ampliação Mina Volta Grande

Ponto	Data de Monitoramento	Coordenadas UTM SIRGAS2000		Localização/ Município	Observação
		X	Y		
PONTO 01	02/04/2024	538365.00 m E	7667337.00 m S	Coqueiros Nazareno / MG	Monitoramento Diurno: Não foi percebido a geração de ruídos pelo empreendimento durante o monitoramento. Somente sons e ruídos provenientes de pássaros e conversas entre moradores (ruído local). Monitoramento Noturno: Não foi percebido a geração de ruídos pelo empreendimento durante o monitoramento. Somente sons e ruídos provenientes de insetos.
PONTO 02	02/04/2024	541119.00 m E	7672845.00 m S	Próximo à quadra coberta São Tiago / MG	Monitoramento Diurno: Não foi percebido a geração de ruídos pelo empreendimento durante o monitoramento. Somente sons e ruídos provenientes de pássaros e conversas entre moradores (ruído local). Monitoramento Noturno: Não foi percebido a geração de ruídos pelo empreendimento durante o monitoramento. Somente sons e ruídos provenientes de insetos.
PONTO 03	02 e 03/04/2024	543475.00 m E	7666201.00 m S	Antiga estação ferroviária Nazareno / MG	Monitoramento Diurno: Não foi percebido a geração de ruídos pelo empreendimento durante o monitoramento. Somente sons e ruídos provenientes de pássaros e conversas entre moradores (ruído local). Monitoramento Noturno: Não foi percebido a geração de ruídos pelo empreendimento durante o monitoramento. Somente sons e ruídos provenientes de insetos.
PONTO 04	02/04/2024	543963.00 m E	7669982.00 m S	Vilarejo São Judas São Tiago / MG	Monitoramento Diurno: Não foi percebido a geração de ruídos pelo empreendimento durante o monitoramento. Somente sons e ruídos provenientes de pássaros e conversas entre moradores (ruído local). Monitoramento Noturno: Não foi percebido a geração de ruídos pelo empreendimento durante o monitoramento.

Ponto	Data de Monitoramento	Coordenadas UTM SIRGAS2000		Localização/ Município	Observação
		X	Y		
					Somente sons e ruídos provenientes de insetos.

Figura 9.45 - Localização dos Pontos de Monitoramento de Ruído em relação à ADA do Projeto Ampliação Mina Volta Grande



A seguir são apresentados os registros fotográficos dos pontos monitorados para ruído pelo laboratório SEGMA (Pontos 01, 02, 03 e 04).

Figura 9.46 - Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento 01 (538365 E/ 7667337 S) (Abril/2024)



Figura 9.47 - Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento 02 (541119 E/ 7672845 S) (Abril/2024)



Figura 9.48 - Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento 03 (543475 E/ 7666201 S) (Abril/2024)



Figura 9.49 - Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento 04 (543963 E/ 7669982 S) (Abril/2024)



➤ **Critério Legal de Avaliação de Ruído**

Legislação Federal

A Resolução CONAMA 01 de 08 de março de 1990 dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política. Os itens II e VI desta resolução estabelecem:

“II - São prejudiciais à saúde e ao sossego público, para os fins do item anterior, os ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela Norma NBR-10.151 - Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

VI - Para os efeitos desta Resolução, as medições deverão ser efetuadas de acordo com a NBR-10.151 - Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade, da ABNT.”

A norma NBR 10.151:2019 Versão Corrigida: 2020 estabelece procedimentos 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, bem como estabelece os limites máximos para os níveis de ruído, de acordo com a tipologia de área em questão.

A NBR 10.151:2019 Versão Corrigida: 2020 determina 03 tipos de métodos de medição, sendo eles: método simplificado, método de monitoramento de longa duração e método detalhado. Para este diagnóstico, foi utilizado o método detalhado para as medições realizadas nos pontos 01 a 04.

A norma NBR 10.151:2019 Versão Corrigida: 2020 estabelece, em sua Tabela 3, os limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período, conforme apresentado no Quadro a seguir.

Quadro 9.17 - Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período

Tipos de áreas habitadas	RL _{Aeq} Limites de níveis de pressão sonora (dB)	
	Período diurno	Período noturno
Áreas 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

Os valores obtidos para o monitoramento de ruído nos pontos de medição serão comparados com os valores de referência para Áreas Mistas Predominantemente Residenciais, enquadramento realizado através de observações *in loco* por equipe técnica especializada, uma vez que são áreas de residências rurais e/ou urbanas, mas também há atividade industrial na região.

Legislação Estadual

A nível estadual, tem-se a Lei Estadual nº 10.100 de 17 de janeiro de 1990, que define no seu artigo 2º:

“Para os efeitos desta Lei, consideram-se prejudiciais à saúde, à segurança ou ao sossego públicos quaisquer ruídos que:

I - atinjam, no ambiente exterior do recinto em que têm origem, nível de som superior a 10 (dez) decibéis - dB(A) acima do ruído de fundo existente no local, sem tráfego;

II - independentemente do ruído de fundo, atinjam, no ambiente exterior do recinto em que têm origem, nível sonoro superior a 70 (setenta) decibéis - dB(A), durante o dia, e 60 (sessenta) decibéis - dB(A), durante a noite, explicitado o horário noturno como aquele compreendido entre as 22 (vinte e duas) horas e as 6 (seis) horas, se outro não estiver estabelecido na legislação municipal pertinente.”

➤ Resultados Monitoramento de Ruído

As medições de ruído ambiental foram realizadas compreendendo o período diurno e noturno, conforme o estabelecido pela NBR 10.151:2019 Versão Corrigida: 2020:

“Os limites de horário para o período diurno e noturno podem ser definidos pelas autoridades de acordo com os hábitos da população. Porém, o período noturno não deve começar depois das 22 h e não deve terminar antes das 7 h do dia seguinte. Se o dia seguinte for domingo ou feriado o término do período noturno não deve ser antes das 9 h.”

O quadro a seguir apresenta os resultados do monitoramento de Ruído Ambiental nos referidos pontos durante a campanha de monitoramento realizada, por seguinte, para melhor visualização, eles serão apresentados graficamente.

Quadro 9.18 - Resultados do Monitoramento de Ruído Ambiental

Ponto	Abril/2024		Limite Diurno ABNT NBR 10151/2019 Errata 2020)	Limite Noturno ABNT NBR 10151/2019 Errata 2020)	Conformidade
	Resultado Total (DB) Diurno	Resultado Total (DB) Noturno			
01	47,00	46,40	55,00	50,00	Conforme
02	45,00	45,80	55,00	50,00	Conforme
03	35,00	36,90	55,00	50,00	Conforme
04	46,60	37,10	55,00	50,00	Conforme

* Limite para área mista predominantemente residencial

Figura 9.50 - Resultado do Monitoramento de Ruído Ambiental (Diurno)

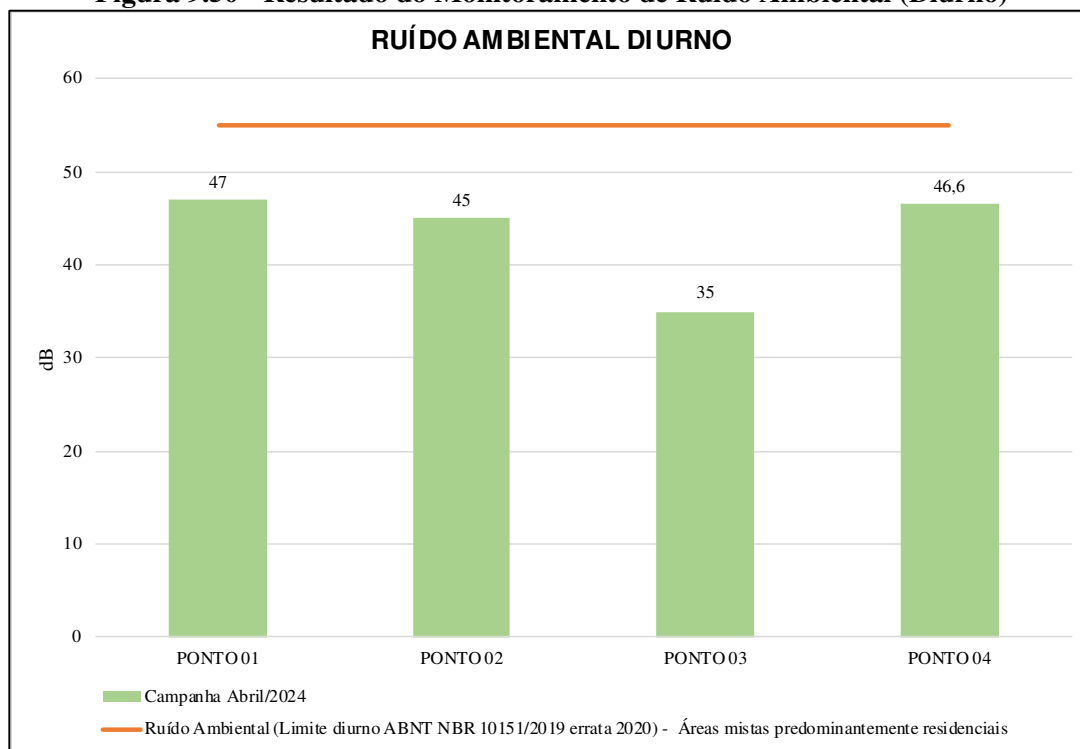
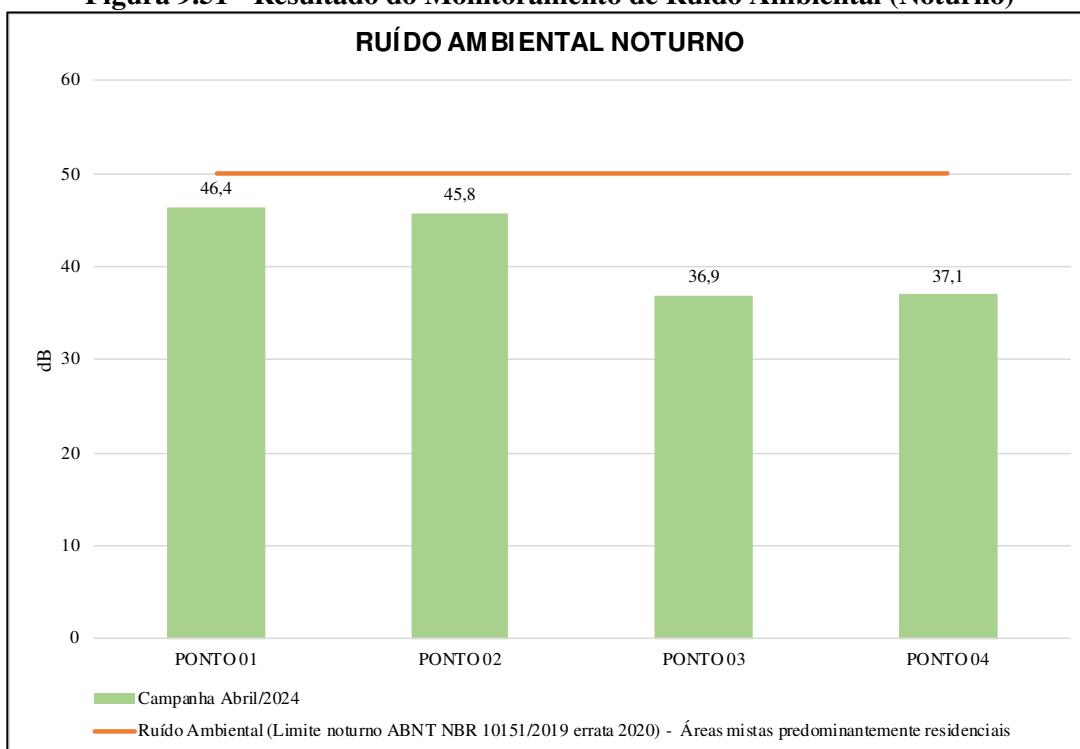


Figura 9.51 - Resultado do Monitoramento de Ruído Ambiental (Noturno)



De acordo com os dados apresentados, observa-se que, durante a amostragem ocorrida em abril de 2024, o nível do Ruído Ambiental - Diurno e Noturno - na região de inserção dos pontos de monitoramento encontrava-se em conformidade com o limite determinado pela NBR 10.151:2019 Versão Corrigida: 2020 para áreas mistas predominantemente residenciais, que é de 55 decibéis - dB e 50 decibéis - dB, respectivamente. Os índices de ruído total obtidos nos monitoramentos realizados podem ser associados, através de análises *in loco* pela equipe do laboratório SEGMA, responsável pelas medições, à ruídos de animais e de moradores conversando.

Ainda, é importante frisar, que nas fases de implantação e operação do Projeto Ampliação Mina Volta Grande, está prevista a implantação do Programa de Controle e Monitoramento de Ruídos, que será apresentado detalhadamente no Volume III do presente Estudo de Impacto Ambiental (EIA).

A íntegra dos monitoramentos realizados encontra-se disponível no **Anexo 06 - Boletins de Monitoramento de Ruído Ambiental**.

9.1.4.2. Monitoramento de Vibração

Objetivando a caracterização da vibração na região de inserção do Projeto Ampliação Mina Volta Grande foram utilizados dados obtidos através de 01 (uma) campanha de monitoramento de Vibração em 03 (três) pontos que abrangem parte significativa das áreas de influência do

empreendimento, além de estarem situados em áreas sensíveis, pois há a presença de residências rurais.

A campanha de monitoramento de vibração foi realizada entre 02 e 03 de abril de 2024 pelo laboratório SEGMA Segurança do Trabalho e Meio Ambiente Ltda, portador do CNPJ: 66.353.590/0001-44, sendo o relatório técnico elaborado por este laboratório apresentado no **Anexo 07 – Boletim de Monitoramento de Vibração**.

O laboratório supracitado é devidamente creditado e certificado. Isto posto, todas as medições foram realizadas considerando as principais normas e legislações aplicáveis.

➤ **Metodologia de Avaliação da Vibração**

Para a execução do monitoramento de vibração ambiental levou-se em consideração as seguintes normas:

- **NBR 15928:2011** – Ensaios não destrutivos – Análise de Vibrações – Terminologia.
- **ISO 2631** - *Mechanical vibration and shock-Evaluation of human exposure to whole-body vibration.*
- **ISO/DIS 5349** - *Mechanical vibration and shock-Evaluation of human exposure to whole-body vibration.*
- Procedimentos internos dos laboratórios responsáveis pelas medições.

➤ **Estratégias de Medição**

As medições foram todas realizadas no período diurno.

Diante da condição de excitação, foram executadas as medições por meio da fixação de uma massa de metal no solo e, no topo desta, foi fixado o acelerômetro com tomadas de sinais nas direções Vertical (Z), paralelo (Y) e perpendicular (X) ao empreendimento.

➤ **Equipamentos utilizados**

Os equipamentos utilizados para a realização do monitoramento e caracterização da Vibração na região do empreendimento estão listados no boletim de monitoramento apresentado na íntegra no **Anexo 07 – Boletim de Monitoramento de Vibração**.

➤ **Pontos de Amostragem e Período de Monitoramento**

Para a caracterização da vibração na região de inserção do Projeto Ampliação Mina Volta Grande foram utilizados dados obtidos através de 01 (uma) campanha de monitoramento de Vibração em 03 (três) pontos de monitoramento, conforme supracitado.

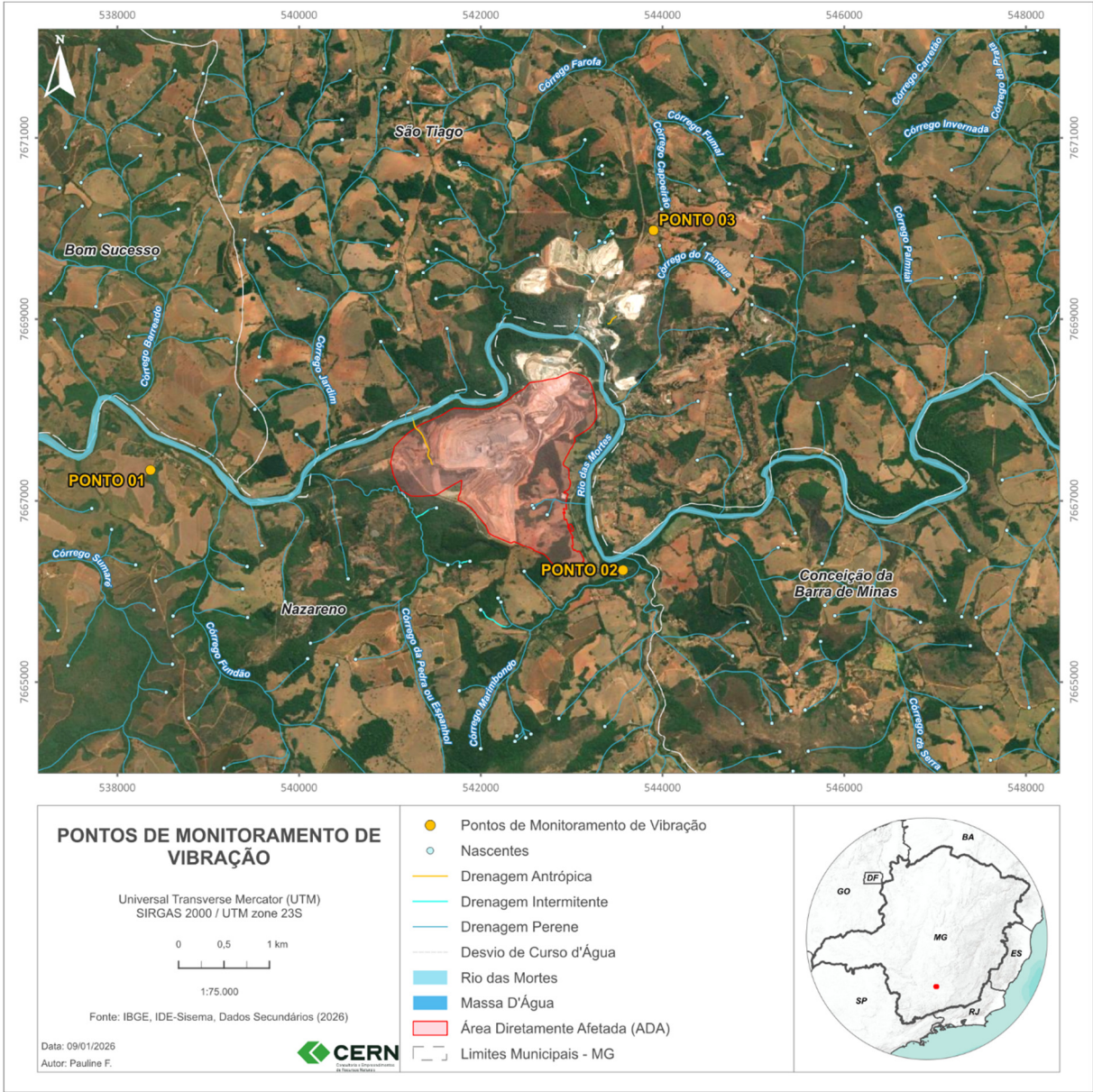
A definição da localização dos pontos de monitoramento de vibração foi baseada no fato de serem pontos que abrangem parte significativa das áreas de influência do empreendimento, além de estarem situados em áreas sensíveis, pois há a presença de residências rurais. Dito isto, é possível obter a caracterização da vibração nos locais da região mais afetados pelas atividades do empreendimento e com a maior precisão possível.

O Quadro 9.19 a seguir apresenta os pontos monitorados e suas respectivas coordenadas UTM. Por conseguinte, para melhor visualização, é apresentada a Figura 9.52 com a localização dos pontos de monitoramento em relação à ADA do empreendimento e os registros fotográficos dos pontos.

Quadro 9.19 – Pontos de monitoramento da vibração - Projeto Ampliação Mina Volta Grande

PONTOS	LOCALIZAÇÃO/ MUNICÍPIO	DATA DO MONITORAMENTO	COORDENADAS UTM (SIRGAS 2000)		OBSERVAÇÕES
			E	S	
PONTO 01	Coqueiros Nazareno/ MG.	02/04/2024	538365.00 m E	7667337.00 m S	Monitoramento Diurno: Movimentação de pessoas e automóveis. Monitoramento Noturno: Não foram registradas possíveis fontes geradoras de vibração.
PONTO 02	Antiga estação ferroviária Nazareno / MG	02 e 03/04/2024	543567.00 m E	7666226.00 m S	Monitoramento Diurno: Movimentação de pessoas, automóveis e caminhão. Monitoramento Noturno: Não foram registradas possíveis fontes geradoras de vibração.
PONTO 03	Vilarejo São Judas São Tiago / MG	02/04/2024	543904.00 m E	7669984.00 m S	Monitoramento Diurno: Movimentação de pessoas e automóveis. Monitoramento Noturno: Passagem de 02 automóveis.

Figura 9.52 - Pontos de Monitoramento de Vibração em relação à ADA do Projeto Ampliação Mina Volta Grande



A seguir são apresentados os registros fotográficos dos pontos monitorados para vibração.

Figura 9.53 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento 01 (538365 E/ 7667337 S) (Abril/2024)



Figura 9.54 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento 02 (541119 E/ 7672845 S) (Abril/2024)



Figura 9.55 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento 03 (543475 E/ 7666201 S) (Abril/2024)



➤ **Critérios de comparação**

Devido à inexistência de normas brasileiras que possam ser utilizados como referência na avaliação de efeitos de vibrações contínuas e/ou intermitentes, em pessoas e em edificações, serão adotados os valores de velocidade de partícula (pico) recomendados na referência “WHIFFIN, A.C. & LEONARD, D.R., *A Survey of Traffic – Induced Vibrations*, Design Division, Department of the Environment, Transportation Road Research Laboratory, Report LR 418, UK, 1971”. Sendo assim, as velocidades de partícula (pico) medidas, deverão ser comparadas aos valores de referência apresentados no Quadro 9.20 e no Quadro 9.21, na qual estão apresentadas faixas de valores de velocidade de partícula (pico) com as relações entre estas e as reações dos seres humanos, bem como os efeitos dessas velocidades sobre as construções.

Quadro 9.20 – Vibrações e percepções dos humanos e seus efeitos sobre as edificações

VELOCIDADE DE PARTÍCULA PICO (MM/S)	REAÇÃO HUMANA	EFEITOS SOBRE AS CONSTRUÇÕES
0 - 0,15	Imperceptível pela população, não incômoda	Sem danos
0,15 a 0,30	Limiar de percepção – possibilidade de incômodo	Sem danos
2	Vibração perceptível	Vibrações máximas recomendadas ruínas e monumentos antigos
2,5	Vibrações contínuas produzem incômodo na população	Virtualmente, não há risco de dano arquitetural às construções normais
5	Vibrações incomodativas	Limiar, no qual existe risco de danos às construções
10 – 15	Vibrações desagradáveis	Causam danos arquiteturais às residências

Quadro 9.21 – Normas internacionais utilizadas como referências

COMPARAÇÃO ENTRE CRITÉRIOS PARA VIBRAÇÃO CONTÍNUA			
CRITÉRIOS	CLASSIFICAÇÃO SUBJETIVA		
	LEVEMENTE PERCEPTÍVEL	CLARAMENTE PERCEPTÍVEL	PERTUBADORA
Reiher-Meister (1931)	0,30 a 0,90 mm/s	0,90 a 2,50 mm/s	Acima de 2,50 mm/s
DIN 4150 (1939)	0,45 a 0,80 mm/s	0,80 a 1,50 mm/s	Acima de 1,50 mm/s
Dieckman (1955)	0,10 a 0,60 mm/s	1,00 a 3,00 mm/s	Acima de 3,00 mm/s
VDI 2057 (1963)	0,10 a 0,60 mm/s	1,00 a 3,00 mm/s	Acima de 3,00 mm/s
Richart (1970)	0,25 a 0,76 mm/s	0,76 a 2,54 mm/s	Acima de 2,54 mm/s
DIN 4150 (1970)	0,10 a 0,60 mm/s	0,90 a 1,20 mm/s	Acima de 2,00 mm/s
ISO/2631/DAD1 (1980)	0,10 a 0,60 mm/s	0,60 a 1,20 mm/s	Acima de 2,00 mm/s
ANSI/S3.29 (1983)	De 0,14 a 0,40 mm/s para as áreas residenciais		

➤ **Resultados do Monitoramento de Vibração**

No Quadro 9.22 a seguir são apresentados os valores médios de Velocidade de Vibração (mm/s) – RMS Nível médio de vibração (amplitude média quadrática) obtidos para cada ponto de monitoramento de vibração durante a campanha de monitoramento realizada. Por conseguinte, para melhor visualização, os resultados são apresentados graficamente.

Quadro 9.22 - Resultados do Monitoramento de Vibração Diurna

PONTO	VETOR RESULTANTE RMS (mm/s) – VIBRAÇÃO DIURNA	LIMITE DE COMPARAÇÃO ISO/2631/DAD1 (1980)
Ponto 01	0,17	2,00
Ponto 02	0,17	2,00
Ponto 03	0,17	2,00

Quadro 9.23 - Resultados do Monitoramento de Vibração Noturna

PONTO	VETOR RESULTANTE RMS (mm/s) – VIBRAÇÃO NOTURNA	LIMITE DE COMPARAÇÃO ISO/2631/DAD1 (1980)
Ponto 01	0,16	2,00
Ponto 02	0,16	2,00
Ponto 03	0,16	2,00

Figura 9.56 - Resultados Monitoramento de Vibração Diurna

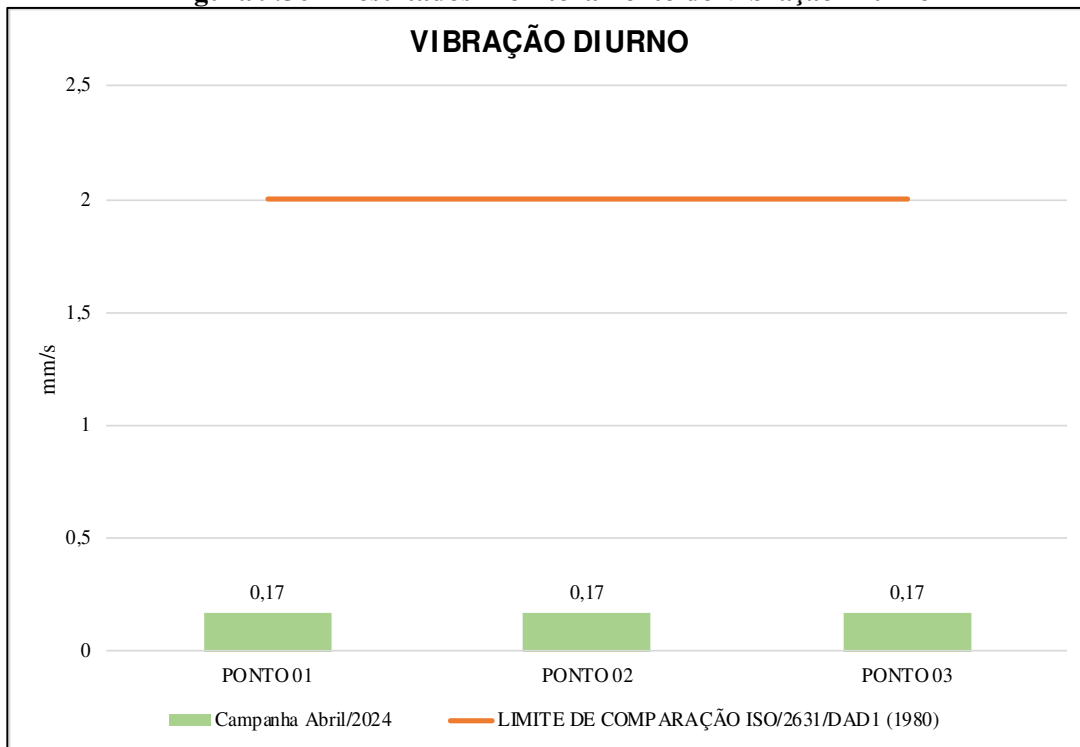
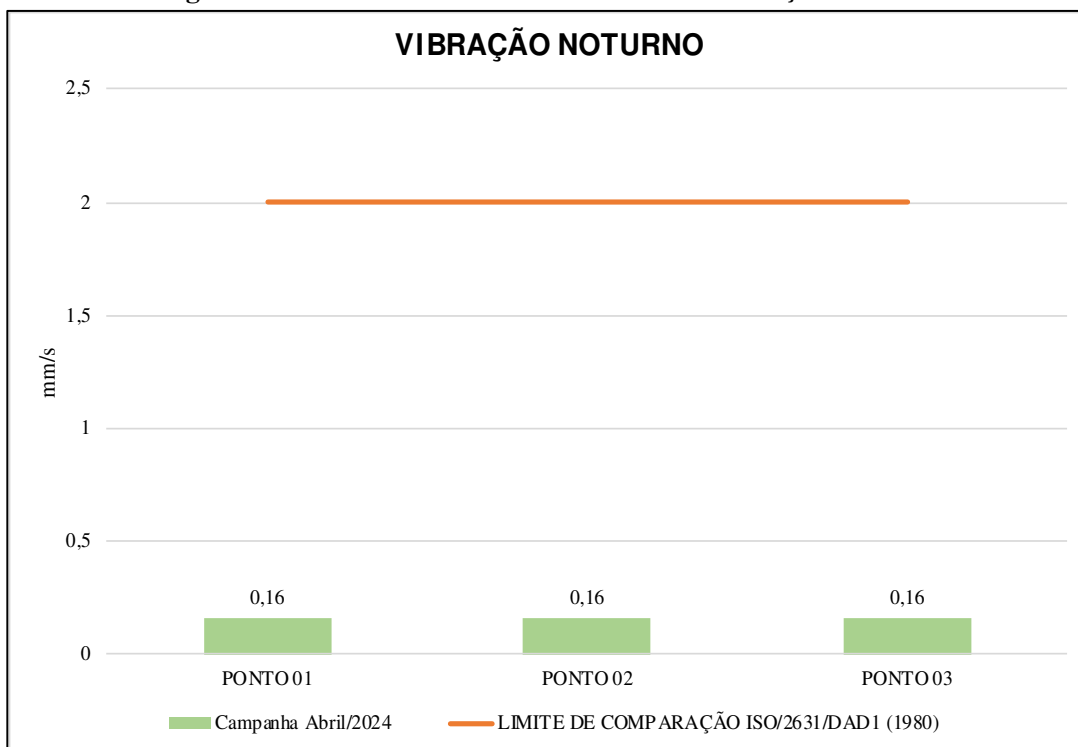


Figura 9.57 - Resultados Monitoramento de Vibração Noturno



Após a avaliação da vibração diurna e noturna nos pontos monitorados localizados na região do Projeto Ampliação Mina Volta Grande, pode-se observar diante dos resultados apresentados que os níveis de vibração se encontram na faixa de vibração “Levemente Perceptível” de acordo com os parâmetros estabelecidos pela ISO/2631/DAD1 (1980).

Isto posto, concluiu-se que a faixa de vibração na região do empreendimento analisada encontra-se dentro do estabelecido pela norma supracitada.

O relatório técnico emitido pelo laboratório SEGMA é apresentado na íntegra no **Anexo 07 – Boletim de Monitoramento de Vibração**.

9.1.5. Geologia

9.1.5.1. Caracterização Regional

A área da Ampliação da Mina Volta Grande localiza-se ao sul do Cráton São Francisco, no contexto geotectônico da Província Mantiqueira, uma extensa província orogênica neoproterozoica que margeia a borda oriental e sudeste do cráton, se estendendo desde o Espírito Santo e leste de Minas Gerais até o sul do Brasil. Esta província representa um cinturão colisional gerado durante o ciclo Brasileiro–Pan-Africano (ca. 650–500 Ma), associado à amalgamação final do supercontinente Gondwana, sendo composta por um mosaico de terrenos

de idades arqueanas, paleoproterozoicas e neoproterozoicas, que foram intensamente retrabalhados tectonicamente durante esse ciclo.

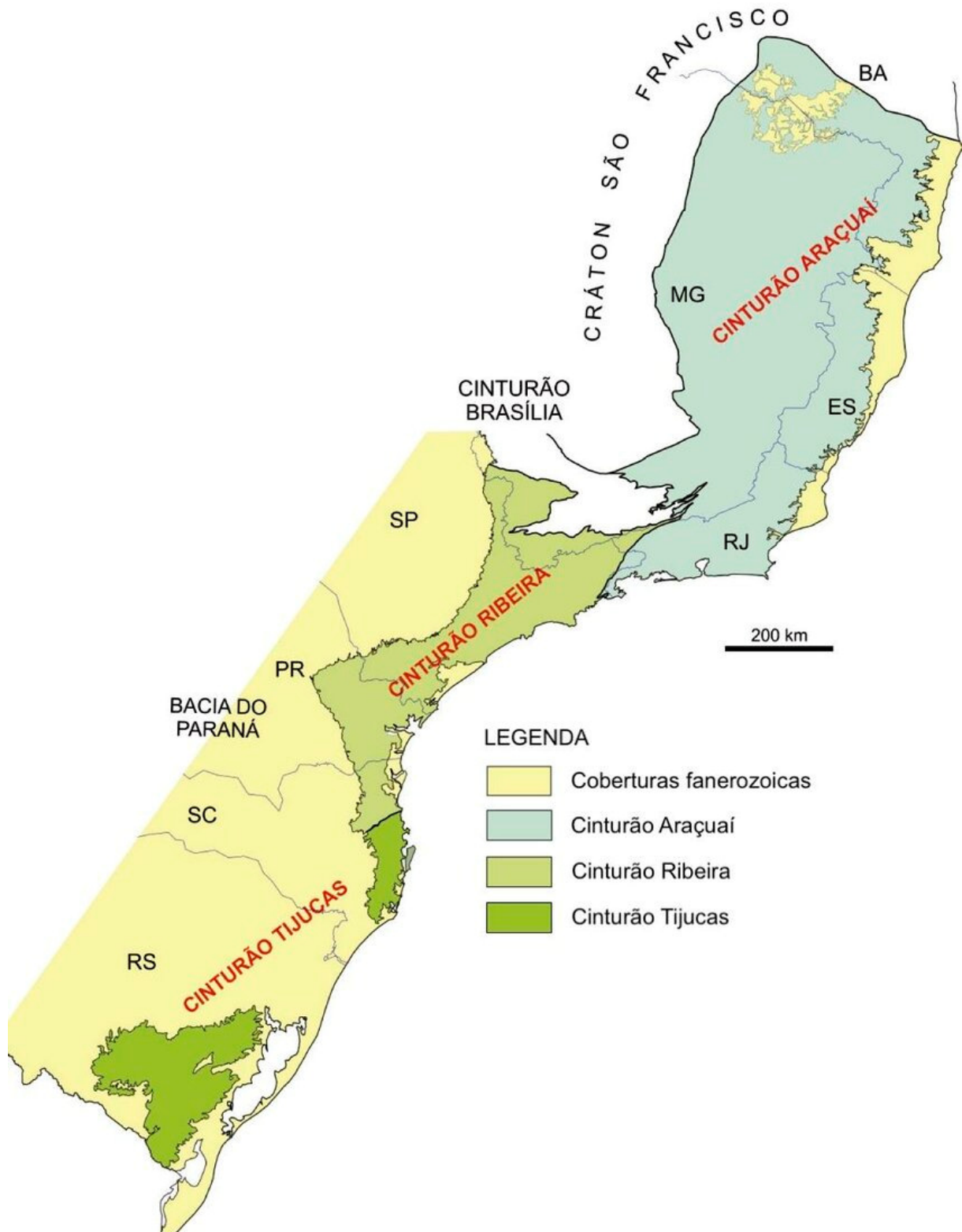
O Cráton é truncado por um rift abortado, de orientação N-S, onde foram depositados os protólitos dos Supergrupos Espinhaço (Mesoproterozoico) e São Francisco (Neoproterozoico). Do ponto de vista geotectônico, o Cráton São Francisco pode ser descrito como um mosaico de unidades estruturais, resultante de sucessivos eventos tectônicos que envolvem acreções crustais e/ou colisões continentais do final do paleoproterozoico, denominado por Saalman (2011).

Nesse contexto, o Sistema Orogênico Mantiqueira (SOM), definido por Almeida *et al.* (1977, 1981), é paralelo à costa atlântica do sudeste e sul do Brasil, delineando uma faixa de direção NE-SW, com mais de 3.000 km de comprimento, que se estende do paralelo 15° S até o Uruguai. O SOM faz limite com as províncias Tocantins, São Francisco e Paraná e é bordejada à leste, pela margem continental e pelas bacias costeiras do Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas. O sistema pode ser subdividido em três domínios geotectônicos principais:

- **Cinturão Dom Feliciano ou Tijucas**, ao sul, que envolve segmentos móveis do Rio Grande do Sul e Uruguai;
- **Orógeno Ribeira**, a leste, no Espírito Santo, Rio de Janeiro e parte de Minas Gerais;
- **Orógeno Araçuai**, ao norte, que representa a porção interna do sistema, situado no leste de Minas Gerais e norte do Espírito Santo.

É nesse último — o Orógeno Araçuai — que se insere a área da Ampliação da Mina Volta Grande, como pode ser visto na Figura 9.58.

Figura 9.58 - Representação do Sistema Orogênico Mantiqueira



O Cinturão Araçuaí evoluiu a partir da aglutinação de blocos crustais arqueanos durante um processo orogênico paleoproterozoico que se estende, entre aproximadamente 2,2 e 2,0 Ga. Esse processo formou uma cadeia orogênica intracontinental de vergência oeste, localizada na

borda leste do Cráton São Francisco, sendo considerado o par correlato do Orógeno Kaoko, situado atualmente na Namíbia, do outro lado do Atlântico. Essa correlação é sustentada por dados geocronológicos, litológicos, estruturais e isotópicos, que indicam a continuidade desses sistemas antes da abertura do Oceano Atlântico Sul.

No domínio do Orógeno Araçuaí, e de sua contraparte africana, o sistema orogênico paleoproterozoico, com seus núcleos arqueanos, foi profundamente retrabalhado e desmembrado, constituindo hoje as unidades do embasamento orogênico. No Orógeno Araçuaí, essas unidades de embasamento encontram-se expostas no domínio externo (oeste) e interno (leste) do orógeno. O domínio externo abrange o cinturão de dobramento-cavalcamento, de baixo grau metamórfico, que margeia o Cráton do São Francisco. Já o domínio interno está exposto os volumosos corpos granitoides relacionados às diversas etapas evolutivas do orógeno, com metamorfismo na fácies granulito e extensa anatexia. Este posicionamento em setores distintos do orógeno faz com que seja variável a intensidade do retrabalhamento tectônico e isotópico dos complexos do embasamento, durante a Orogênese Brasileira.

O SOM é um orógeno neoproterozoico resultante da colisão entre o Cráton São Francisco e blocos continentais situados a leste, notadamente o Bloco Congo, no contexto da orogenia Brasileira–Pan-Africana, entre ca. 650–500 Ma, se estende do sul da Bahia ao Uruguai, totalizando uma área de cerca de 700.000 km². Este sistema é constituído pelos orógenos Araçuaí, Dom Feliciano e São Gabriel e pela zona de interferência entre os orógenos Brasília e Ribeira. O Orógeno Araçuaí, no qual se insere a área da Mina Volta Grande, é interpretado como um orógeno de colagem (*collage orogen*), que evoluiu em um sistema de margem convergente associada ao fechamento de um ramo oceânico, seguido por intensa deformação crustal, espessamento litosférico e anatexia da crosta inferior.

A evolução tectônica do Cinturão Araçuaí é marcada por um ciclo orogênico completo, com as seguintes fases:

- **Fase Rife (ca. 900–750 Ma):** Associada à fragmentação do supercontinente Rodínia, com formação de bacias extensivas intracontinentais e sedimentação de depósitos siliciclásticos e vulcânicos, representados principalmente pelo Grupo Macaúbas e suas unidades (como a Formação Diamantina).
- **Fase de Margem Passiva (ca. 750–650 Ma):** Com sedimentação glaciomarinha e pós-glacial, incluindo depósitos associados à glaciação Sturtiana, como os diamictitos da Formação Jequitai.
- **Fase Orogênica (ca. 630–550 Ma):** Marcada pelo fechamento do oceano Brasileiro e subsequente colisão continental entre o Cráton São Francisco e o Bloco Congo. Esse

estágio resultou em intenso encurtamento crustal, formação de zonas de cisalhamento crustais, migmatização generalizada, anatexia, e intrusão de magmas graníticos sincolisionais.

- **Fase Pós-Colisional (ca. 545–500 Ma):** Caracterizada por relaxamento tectônico, isostasia e exumação das raízes orogênicas, com intrusão de granitos pós-tectônicos e desenvolvimento de bacias molássicas.

O Orógeno Araçuaí é subdividido em dez compartimentos tectônicos, caracterizados por sua orientação espacial, significado cinemático e história de nucleação das estruturas dominantes (Alkmim *et al.* 2006). Esses compartimentos são:

- Cinturão de Cavalgamentos da Serra do Espinhaço;
- Zona de Cisalhamento da Chapada Acauã;
- Zona de dobramentos de Salinas;
- Corredor transpressivo de Minas Novas;
- Saliência do Rio Pardo e sua zona de interação com o Aulacógeno do Paramirim;
- Bloco de Guanhões;
- Zona de Cisalhamento de Dom Silvério e estruturas associadas;
- Zona de Cisalhamento de Itapebi e estruturas associadas;
- Núcleo cristalino;
- Cinturão Oeste-Congolês

9.1.5.1.1. Litologias Predominantes e Unidades Estratigráficas

O Cinturão Araçuaí é constituído por rochas ortognáissicas e migmatíticas, com composição predominantemente tonalítica a granodiorítica, representando segmentos da crosta continental paleoproterozoica e arqueana, amplamente retrabalhados durante a orogenia Brasileira.

As unidades mais antigas são aquelas que tem relação com o estágio de rifte continental da bacia precursora do Orógeno Araçuaí. Estas unidades são:

- **Grupo Macaúbas Proximal, a Suíte Salto da Divisa e os complexos metamáfico-ultramáficos de Ipanema** apresentam características marcantes. O metamorfismo do Grupo Macaúbas Proximal aumenta, de oeste para leste, evoluindo da fácies xisto verde ao início da fácies anfibolito. Já as suítes magmáticas de Salto da Divisa e Ipanema sofreram deformação regional em fácies anfibolito alto e granulito (Pedrosa-Soares *et al.*, 2007).
- **A Suíte Salto da Divisa** (875 +/- 9 Ma) é um marco cronológico do estágio sin-rifte da Bacia Macaúbas. Trata-se de uma suíte plutônica bimodal, do tipo A, típica do início da

formação de riftes continentais (Silva *et al.* 2002, 2007). Os complexos máficos-ultramáficos acamadados de Ipanema, também associados ao magmatismo de rifte continental (Angeli *et al.*, 2004), correspondem à Suíte Salto da Divisa, formados em níveis mais profundos da crosta. O vulcanismo máfico que se observa na Formação Chapada Acauã reflete o estágio tardio de rifte continental, com rochas metamáficas exibindo assinatura geoquímica de basaltos transicionais e zircões com idade entre 1,1 e 2,7 Ga (Uhlein, 1991; Babinski *et al.*, 2005).

- As **formações Duas Barras e Rio Peixe Bravo**, que compõem as sucessões basais do Grupo Macaúbas Proximal, são formadas por arenitos, conglomerados e pelitos, marcando o início do estágio rifte. Os grãos de zircão detritico mais jovens encontrados nos arenitos dessas sucessões estabelecem a idade máxima do estágio rifte em 900 +/- 21 Ma (Noce *et al.*, 2007; Martins, 2006; Pedrosa-Soares *et al.*, 2007). Esta idade máxima de sedimentação é similar à datação dos diques máficos de Pedro Lessa (Machado *et al.*, 2000), que cortam o embasamento do Grupo Macaúbas. As demais formações do Grupo Macaúbas Proximal têm relação com um evento glacial neoproterozoico, sendo portadoras de espessas pilhas de diamictitos, com intercalações de arenitos, pelitos e formações ferríferas diamictíticas (Uhlein *et al.*, 2004, 2007; Pedrosa-Soares *et al.*, 1998).
- No topo do Grupo Macaúbas, encontram-se **formações Chapada Acauã**, composta por alternâncias de arenitos e pelitos, com zircões detriticos indicando uma idade máxima de deposição em 864 +/- 30 Ma e a **Formação Ribeirão da Folha**, formada por pelitos, sedimentos Vulcano-exalativos (metachert, formações ferríferas, diopsidito e sulfeto maciço), calcário e possíveis lavas máficas. Essas rochas sofreram metamorfismo que varia da fácies xisto verde (zona da granada) até a fácies anfibolito (zonas da estauroлита, cianita e silimanita).
- O **Complexo Jequitinhonha** representa o estágio de margem passiva da bacia precursora do Orógeno Araçuaí, mas também podem incluir depósitos originados dos arcos magmáticos dos orógenos Araçuaí e Ribeira.
- A **Suíte G1**, associada no estágio pré-colisional, é constituída predominantemente por tonalitos e granodioritos, com fácies e autólitos dioríticos e máficos, além de xenólitos de rochas encaixantes. Dados litoquímicos e isotópicos das rochas da Suíte G1 indicam uma suíte cálcio-alcalina, característica de um arco vulcânico de margem continental

ativa, formado entre aproximadamente. 630 a 580 Ma Nalini-Júnior, 2005; Pinto *et al.*, 2003).

- A **Formação Salinas** apresenta as primeiras evidências de uma bacia que recebeu sedimentos derivados do arco magmático do Orógeno Araçuaí (Lima *et al.*, 2002). Essa formação é constituída por arenitos grauvaquianos, pelitos e conglomerados, metamorfisados nas fácies xisto verde a anfibolito baixo, sendo interpretada como sinogênica (Santos, 2003).
- O **Complexo Nova Venécia** é uma unidade representante de bacia que recebeu sedimentos vindos do arco magmático do Orógeno Araçuaí, neste caso, uma bacia retroarco (Noce *et al.*, 2004). Os protólitos do Complexo Nova Venécia são, predominantemente, sedimentos pelíticos peraluminosos, metamorfisados na transição de fácies anfibolito-granulito.
- A **Suíte G2**, relacionada a granitogênese tipo S originada no estágio sincolisional, é composta principalmente de granitos peraluminosos, com granitos e granodioritos granatíferos em menor proporção. As rochas G2 foram batólitos, corpos tabulares e *stocks* que registram a deformação regional expressa por foliação em estado sólido, frequentemente milonítica e geralmente alinhada com a orientação prévia do fluxo ígneo (Pinto *et al.*, 2003; Pedrosa-Soares *et al.*, 2001, 2006).
- A **Suíte G3** é caracterizada por leucogranitos com granada e/ou cordierita, livres da foliação regional. As poucas idade U-Pb obtidas para esses leucogranitos indicam cristalização magmática entre 540-530 Ma (Silva *et al.*, 2005; Castaneda *et al.*, 2006)
- A **Suíte G4**, também do tipo S, é formada por granitos e duas micas e granitos pegmatoides, que ocorrem em intrusões alojadas, principalmente, nas formações Ribeirão da Folha e Salinas.
- A **Suíte G5** representa o plutonismo tipo I, cálcio-alcálico rico em potássio e ferro, associado ao estágio pós-colisional do Orógeno Araçuaí. Suas intrusões são predominantemente graníticas e charnockíticas, com termos enderbíticos e mais básicos em menor proporção.

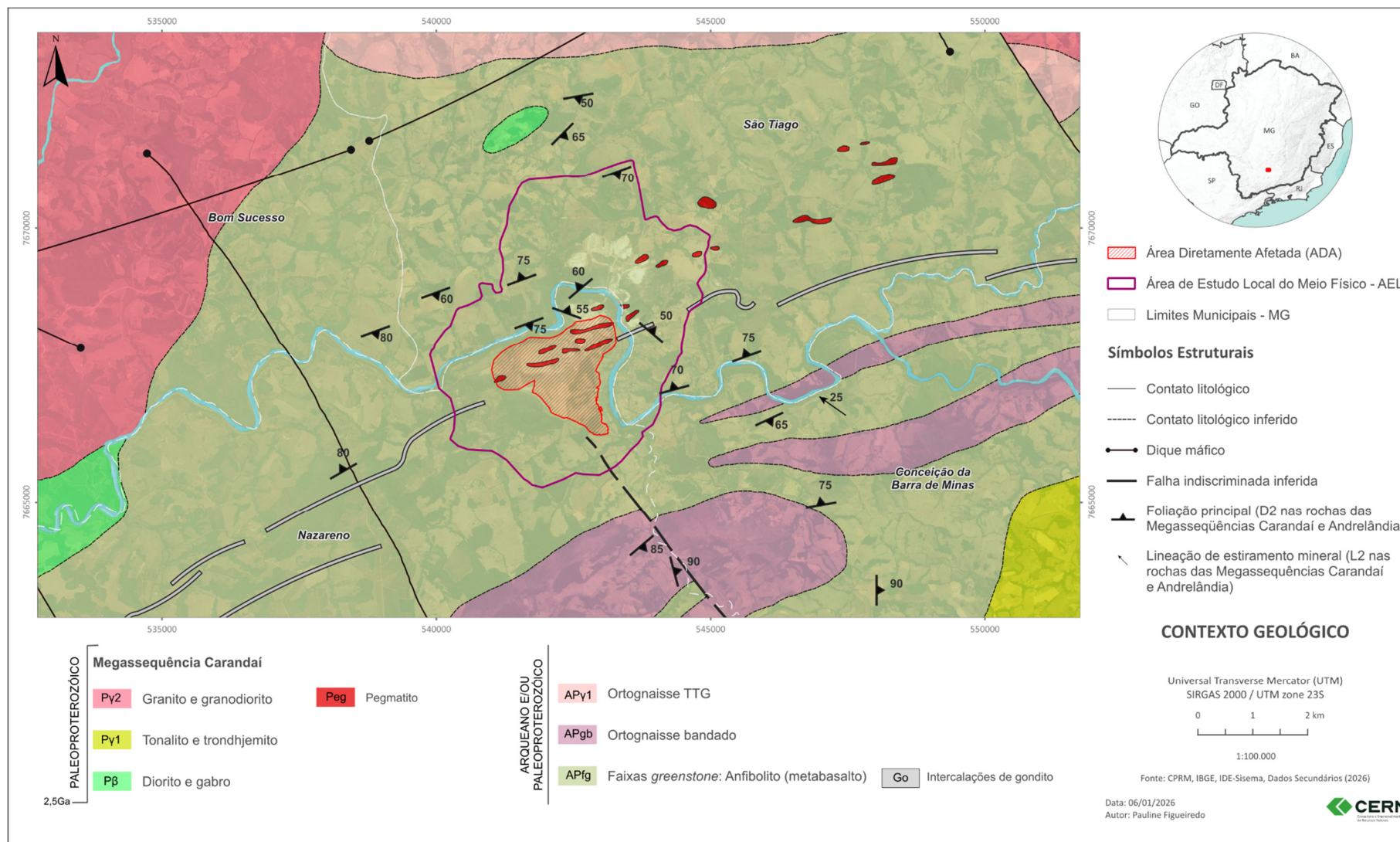
Regionalmente, a área de estudo está inserida nas seguintes formações geológicas, conforme apresentado na Figura 9.59:

- **Grupo Barbacena:** uma unidade paleoproterozoica (ca. 2,075 Ma) localizada no sul do Cráton São Francisco, com destaque para as regiões de Barbacena e do Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais. Esse grupo é composto por sequências metassedimentares

e metavulcânicas associadas a *greenstone belts*, incluindo queluzitos, metacherts, xistos grafitosos, quartzitos feldspáticos, mica-xistos, filitos e anfibolitos intercalados, que refletem ambientes tectônicos ativos durante o Paleoproterozoico. As rochas do Grupo Barbacena sofreram metamorfismo de médio a alto grau, predominantemente nas fácies xisto verde a anfibolito, e são frequentemente cortadas por intrusões graníticas e pegmatíticas. Essas intrusões desempenham um papel significativo na dinâmica geológica e hidrogeológica da região, influenciando a porosidade e a permeabilidade dos aquíferos locais.

- **Grupo Barbacena – Formação Lafaiete:** A Formação Lafaiete é composta por um pacote de rochas intensamente dobradas, dividido em três unidades principais:
 - (a) **Sequência basal:** Predominantemente formada por anfibolitos e anfibólio-xistos, de granulação fina a média, com foliação bem desenvolvida. Essa unidade apresenta intercalações grafitosas e, localmente, camadas ricas em epídoto, refletindo um ambiente metavulcânico-sedimentar.
 - (b) **Camada intermediária:** Sobreposta à sequência basal, consiste em um protominério sílico-carbonático, geralmente maciço, de cor cinza-escuro a rósea. O bandamento composicional ocorre esporadicamente, decorrente de variações mineralógicas. A espessura dessa camada varia de alguns metros a até 60 metros, com valores médios em torno de 20 metros.
 - (c) **Sequência de topo:** Composta essencialmente por xistos de granulação fina, com foliação bem-marcada e intercalações grafitosas. A presença de bandamento composicional é ocasional, indicando variações sutis no ambiente de deposição.
- **Suíte Tabuões:** Este pluton cobre uma superfície ovalada e cerca de 18 x 8km, é constituído por um tonalito, leucocrático a mesocrático, de cor cinza clara e grão fino a médio, localmente porfirítica com fenocristais de oligoclásio. Os minerais apresentam uma orientação EW que está superposta à nítidas fissuras de fluxo magmático. Esta orientação de fluxo magmático é grosseiramente perpendicular ao contato com as encaixantes.

Figura 9.59 – Mapa geológico regional



9.1.5.1.2. Metamorfismo e Deformação

A região foi submetida a metamorfismo regional de médio a alto grau, com condições do campo anfibolito a granulito, atingindo picos de temperatura superiores a 700 °C, sugeridos pela presença de granada, sillimanita, K-feldspato e biotita nos paragnaisses.

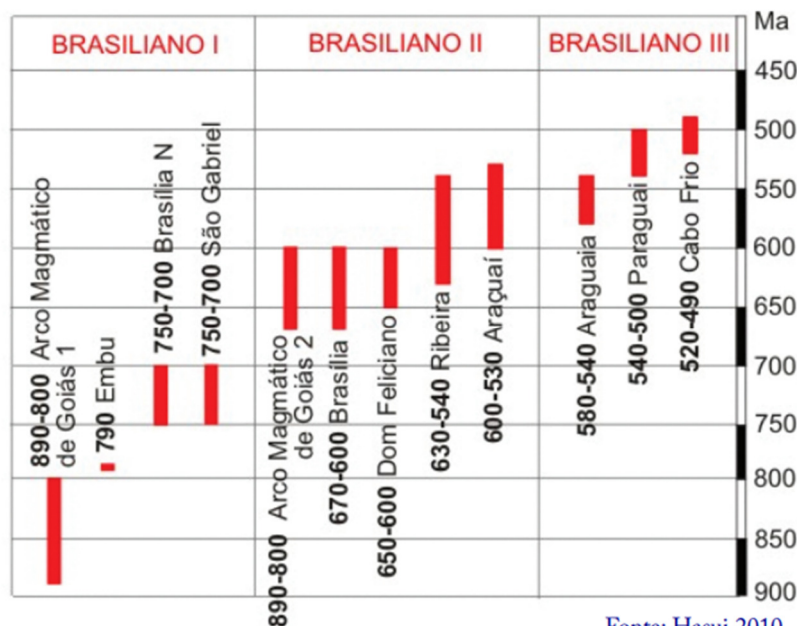
Eventos metamórficos múltiplos são reconhecidos:

- **Evento Transamazônico (ca. 2,1 Ga):** Este evento, ocorrido há aproximadamente 2,1 bilhões de anos, é registrado por minerais relictos preservados em núcleos de zircão e por estruturas gnáissicas herdadas. O Evento Transamazônico está associado à formação e estabilização de crátons no Paleoproterozoico, com processos tectônicos que envolveram colisões continentais e metamorfismo de alto grau. Essas condições resultaram na formação de terrenos gnáissicos que servem como embasamento para unidades geológicas mais jovens na região.

O Ciclo envolveu fragmentação de uma grande massa continental, o Supercontinente Kenorano, a formação de bacias preenchidas por supracrustais, bem como convergência de placas gerando arcos continentais e, por fim, colisões e orogenias. Tais processos são reconhecidos por complexos de gnaisses granitoides, *greenstone belts*, complexos de alto grau e pacotes metavulcanossedimentares por toda parte.

- **Evento Brasileiro (ca. 600–530 Ma):** Representa a principal fase de deformação dúctil, caracterizada por migmatização generalizada e formação de zonas de cisalhamento regionais, com orientação preferencial NE-SW. Durante o Brasileiro II (670-530 Ma), os processos de convergência e colisão foram mais intensos, moldando a maior parte das feições estruturais da região da região. Esse evento está relacionado ao fechamento do Oceano de Goiás entre o Cráton São Francisco e o Maciço Goiano, com progressão de norte a sul entre 670 e 620 Ma; ao mesmo tempo, fechava-se o Oceano Adamastor de sul para norte, entre 670 e 530 Ma, conforme apresentado na Figura 9.60.

Figura 9.60 – Eventos de convergência do Ciclo Brasileiro no sul do Brasil.



Fonte: Hasui 2010

9.1.5.2. Caracterização Local

A área de estudo está localizada em um *greenstone belt*, composto por anfibolitos interpretados como metabasaltos toleíticos, intercalados por xistos, quartzitos e frequentemente, gonditos. Essas rochas do paleoproterozoico são acompanhadas por plutonitos graníticos, que atuam como fonte de pegmatitos na região. Algumas faixas do *greenstone belt* são ou já foram exploradas como jazidas de manganês, destacando a importância econômica dessas unidades. Associados ao Granito Ritópolis, os pegmatitos da região apresentam corpos alongados na direção ENE, com altos teores médios de óxido de rubídio (0,8%) e óxido de lítio (2%). Na área de Volta Grande, esses pegmatitos são explorados como fontes de tântalo e estanho, com teores médios de 450 ppm e 600 ppm, respectivamente. Além disso, o metacalcário Barroso, presente na região, é amplamente utilizado pela indústria de cimento e fertilizantes, ocasionalmente apresentando veios centimétricos de fluorita.

Na área, os pegmatitos ocorrem como corpos tabulares sub-horizontais e lenticulares, com extensões variando de 700 a 1000 m (Lagache & Quéméneur, 1997). Denominados corpos A, B, C, D, E e F, esses pegmatitos são litiníferos, com espodumênio e lepidolita como principais minerais portadores de lítio, sendo classificados como pegmatitos do tipo albita-espodumênio. Esses pegmatitos formam uma associação homogênea de granitoides de granulação grossa a muito grossa, composta por espodumênio, quartzo, albita, microclina e muscovita. Uma zona aplítica descontínua de albita de granulação fina frequentemente recobre esses corpos.

Estruturalmente, eles estão alojados em zonas de cisalhamento nos anfibolitos, exibindo lineação com alongamento subvertical, o que reflete o controle tectônico sobre sua formação e posicionamento.

O arcabouço geológico-estrutural da Mina é formado pelos seguintes litotipos:

Anfibolitos xistosos, de coloração verde acinzentada, que se tornam avermelhados quando alterados. Esses litotipos são compostos principalmente por hornblenda, com ocorrência local de actinolita, labradorita e quartzo. Estruturalmente, exibem dobras apertadas com eixos subverticais, um sistema de diaclases com direção preferencial 290/20 e foliação regional orientada em 150/60.

Pegmatitos do tipo albita e espodumênio, que ocorrem como corpos lenticulares de grandes dimensões, alongados segundo a direção ENE e com mergulho variável para sul (20°). Esses corpos são interrompidos pela falha de Volta Grande de direção SW-NE. A morfologia dos pegmatitos é parcialmente controlada pela rede de fraturas que afeta os anfibolitos, com as intrusões aproveitando preferencialmente os sistemas de menor mergulho.

9.1.5.3. Metalogênese e Potencial Mineral

Os principais recursos minerais da área de estudo, localizada no sul do Cráton São Francisco, incluem tântalo, nióbio e estanho. Esses recursos estão associados às características litológicas, tectônicas e magmáticas das unidades geológicas do Grupo Barbacena, Formação Lafaiete e Suíte Tabuões. A seguir, são apresentadas as principais características que controlam o potencial mineral dessas unidades.

9.1.5.3.1. Tântalo e Nióbio

Tântalo (Ta) e nióbio (Nb) são elementos quimicamente semelhantes, frequentemente encontrados juntos em minerais como columbita-tantalita (coltan), pirocloro, microlita e, em menor escala, estruverita. Esses minerais ocorrem como óxidos, geralmente associados a rochas ígneas alcalinas, pegmatitos graníticos ou carbonatitos, formados em ambientes magmáticos tardios ou hidrotermais. A produção de tântalo é frequentemente um subproduto da extração de nióbio, estanho ou lítio (European Commission, 2020).

- Grupo Barbacena: Esta unidade paleoproterozoica, composta por sequências metassedimentares e metavulcânicas (*greenstone belts*), apresenta potencial moderado para tântalo e nióbio. Embora *greenstone belts* não sejam ambientes primários para esses elementos, as intrusões graníticas e pegmatíticas associadas, especialmente do tipo LCT (*lithium-cesium-tantalum*), podem hospedar columbita-tantalita. A presença de mica-xistos e filitos sugere enriquecimento em elementos litófilos (Ta e Nb) em zonas

pegmatíticas. O metamorfismo de médio a alto grau (fácies xisto verde a anfibolito) e a porosidade/permeabilidade favorecem a circulação de fluidos hidrotermais, que podem remobilizar esses elementos.

- Suíte Tabuões: Esta unidade, formada por tonalitos leucocráticos a mesocráticos, é a mais promissora para tântalo e nióbio. Tonalitos estão frequentemente associados a sistemas graníticos tardios ou pegmatíticos, ambientes clássicos para columbita-tantalita. A orientação E-W e as feições de fluxo magmático indicam zonas de fratura ou cisalhamento, que podem canalizar fluidos mineralizantes. A presença de fenocristais de oligoclásio e a natureza leucocrática sugerem um magma diferenciado, propício à concentração de elementos raros.

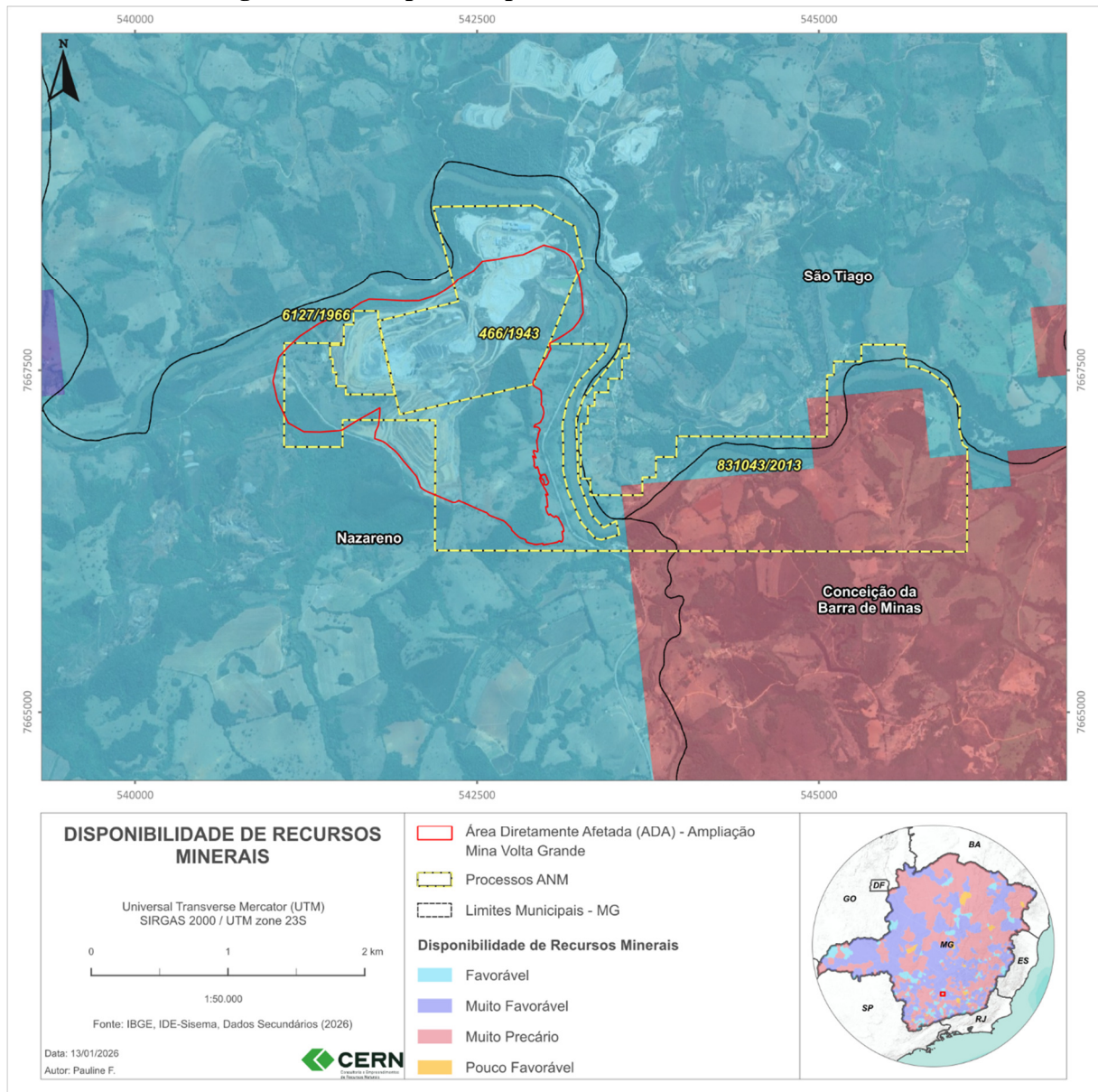
9.1.5.3.2. Estanho

O estanho ocorre principalmente como cassiterita (SnO_2), associada a granitos, pegmatitos, greisens ou veios hidrotermais em ambientes magmáticos tardios, especialmente em sistemas graníticos pós-tectônicos ricos em sílica. Suas propriedades, como inércia química, permitem seu uso em soldas e embalagens (Ramos, 2003) e (Pedrosa Soares, 2011).

- Grupo Barbacena: Apresenta potencial moderado para estanho, com as intrusões graníticas e pegmatíticas como principais alvos. A cassiterita pode ocorrer em pegmatitos ou zonas de greisenização (alteração hidrotermal associada a granitos). Xistos grafitosos e quartzitos feldspáticos indicam ambientes propícios à alteração hidrotermal, favorecendo a precipitação de cassiterita.
- Suíte Tabuões: É a unidade com maior potencial para estanho, devido à sua composição tonalítica. Tonalitos são frequentemente associados a mineralizações de cassiterita em greisens, veios hidrotermais ou pegmatitos. As zonas de fratura indicadas pela orientação E-W e feições de fluxo magmático são favoráveis à concentração de fluidos mineralizantes.

Com base na análise do potencial mineral da área de estudo, A Figura 9.61 evidencia a distribuição predominantemente favorável dos recursos minerais, conforme indicado pelas categorias de sua legenda.

Figura 9.61 - Mapa de disponibilidade de recursos minerais.



9.1.6. Geomorfologia

A caracterização geomorfológica tem por objetivo analisar e classificar as formas do relevo que compõem a paisagem das áreas de estudo, bem como entender e interpretar os processos que modelaram a paisagem na região de inserção do empreendimento, levando em consideração os aspectos que estão relacionados à classificação, gênese e evolução do relevo. Os estudos geomorfológicos permitem uma compreensão dos processos do meio físico e análise integrada da paisagem, contribuindo para o entendimento dos fatores naturais e antrópicos que modelam a superfície terrestre.

O diagnóstico da geomorfologia tem como preocupação os possíveis efeitos (impactos), que o empreendimento trará ao relevo, como exemplo induzir os impactos indiretos: processos erosivos, processos de movimentos de massa, inundações, assoreamentos ou ainda impactos diretos, como a necessidade de cortes, aterros, desmontes de morros, drenagem e ressecamento de planícies fluviais, retificação de canais de drenagem ou desvio de leitos fluviais, entre outros impactos. Por outro lado, é também significativo avaliar os efeitos ou respostas que as características do relevo poderão exercer sobre o empreendimento.

A caracterização e classificação geomorfológica da área do empreendimento, baseou-se nas informações consultadas em bases de dados secundários e materiais disponíveis na literatura sobre o tema. Dentre as referências utilizadas destaca-se, o banco de dados geoespaciais IDE Sisema, que apresenta o mapeamento de Compartimentos de Relevo que por sua vez foi elaborado no escopo da publicação Macrocaracterização dos Recursos Naturais do Brasil e apresenta parte dos resultados obtidos ao longo do projeto Mapeamento dos Recursos Naturais, que mapeou e descreveu os recursos naturais brasileiros, na escala 1:250 000, relativos aos temas Geologia (rochas), Geomorfologia (relevo), Pedologia (solos) e Vegetação.

O relevo de Minas Gerais é complexo, formado por uma grande variedade de morfologias, com gênese e dimensões distintas. Dentre as formações geomorfológicas presentes no estado, destacam-se os Planaltos e Serras do Atlântico Leste-Sudeste e do Espinhaço, com altitudes elevadas e formações antigas, além de áreas de depressões intermontanhas e vales.

9.1.6.1. Caracterização Regional

De acordo com o mapeamento geomorfológico regional (IDE Sisema), o Projeto Ampliação Mina Volta Grande apresenta suas áreas inseridas no Domínio dos Crátons Neoproterozoicos, na região do Planalto Centro-Sul Mineiro, tendo como unidade geomorfológica local o Planalto de Oliveira, conforme apresentado no Quadro 9.24 a seguir.

Quadro 9.24 - Classificação geomorfológica regional

DOMÍNIO MORFOESTRUTURAL	REGIÃO GEOMORFOLÓGICA	UNIDADE GEOMORFOLÓGICA
Crátons Neoproterozoicos	Planalto Centro-Sul Mineiro	Planalto de Oliveira

Fonte: IDE Sisema, 2025

Os Domínios Morfoestruturais compreendem os maiores táxons na compartimentação do relevo. Ocorrem em escala regional e organizam os fatos geomorfológicos segundo o arcabouço geológico marcado pela natureza das rochas e pela tectônica que atua sobre elas. Esses fatores, sob efeitos climáticos variáveis ao longo do tempo geológico, geraram amplos conjuntos de

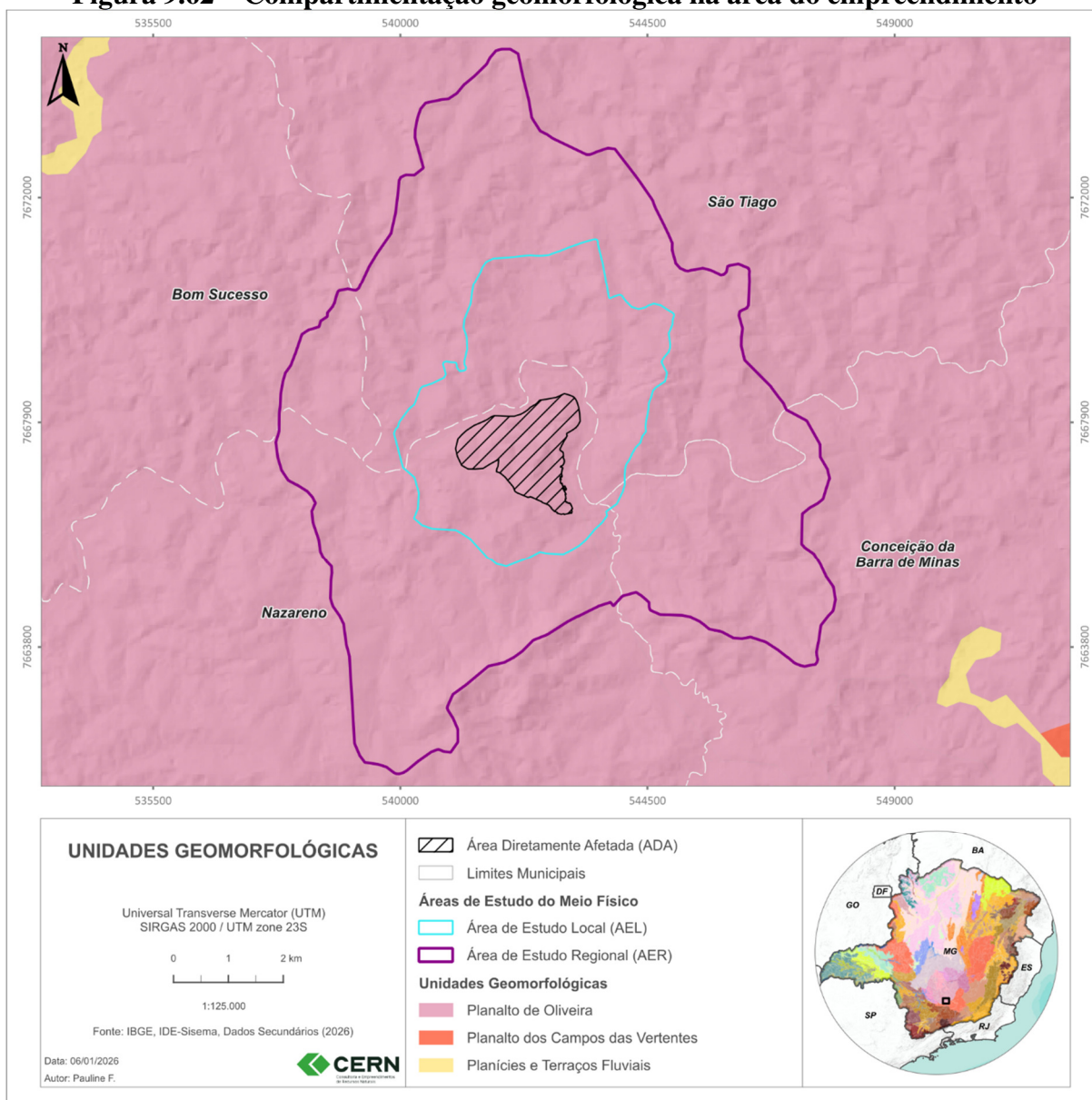
relevo com características próprias, cujas feições embora diversas, guardam, entre si, as relações comuns com a estrutura geológica a partir da qual se formaram. Regionalmente, o empreendimento está inserido no Domínio dos Crátons Neoproterozoicos que é composto por Planaltos residuais, chapadas e depressões interplanálticas, tendo como embasamento metamorfitos e granitoides associados e incluindo como cobertura rochas sedimentares e/ou vulcano-plutonismo, deformados ou não (IBGE, 2019).

As Regiões Geomorfológicas constituem o segundo nível hierárquico da classificação do relevo. Representam compartimentos inseridos nos conjuntos litomorfoestruturais que, sob a ação dos fatores climáticos pretéritos e atuais, lhes conferem características genéticas comuns, agrupando feições semelhantes, associadas às formações superficiais e às fitofisionomias.

Na sua identificação, também são consideradas, além dos aspectos mencionados, sua distribuição espacial e sua localização geográfica, em consonância com algumas regiões classicamente reconhecidas.

Cada unidade geomorfológica evidencia seus processos originários, formações superficiais e tipos de modelados diferenciados dos demais. O comportamento da drenagem, seus padrões e anomalias são tomados como referencial à medida que revelam as relações entre os ambientes climáticos atuais ou passados e as condicionantes litológicas ou tectônicas. Conforme mencionado, o empreendimento está inserido na unidade geomorfológica Planalto de Oliveira, conforme apresentado na Figura 9.62.

Figura 9.62 – Compartimentação geomorfológica na área do empreendimento



A Unidade Geomorfológica Planalto de Oliveira é caracterizada por um relevo predominantemente suave, em geral composto por morros e colinas de topo convexo. Há, em menor proporção, alguns modelados de dissecação com topos ligeiramente mais aguçados ou mesmo algumas serras residuais de pequeno porte. Em geral, o aprofundamento das incisões é considerado fraco (valores entre 50 e 100 metros). A densidade de drenagem é bastante variável ao longo da unidade, podendo se notar certa predominância das classes Média (interflúvios entre 750 e 1750 metros) e Fina (interflúvios entre 250 e 750 metros). Em geral, a unidade possui altitudes que variam entre 800 e 1.200 metros. O interior da unidade possui uma larga faixa onde as altitudes superam os 1.000 metros. O padrão de drenagem predominante na

unidade é o dendrítico, sendo que variações do padrão retangular podem ser encontradas localmente, onde existe um maior controle estrutural (CPRM, 2004).

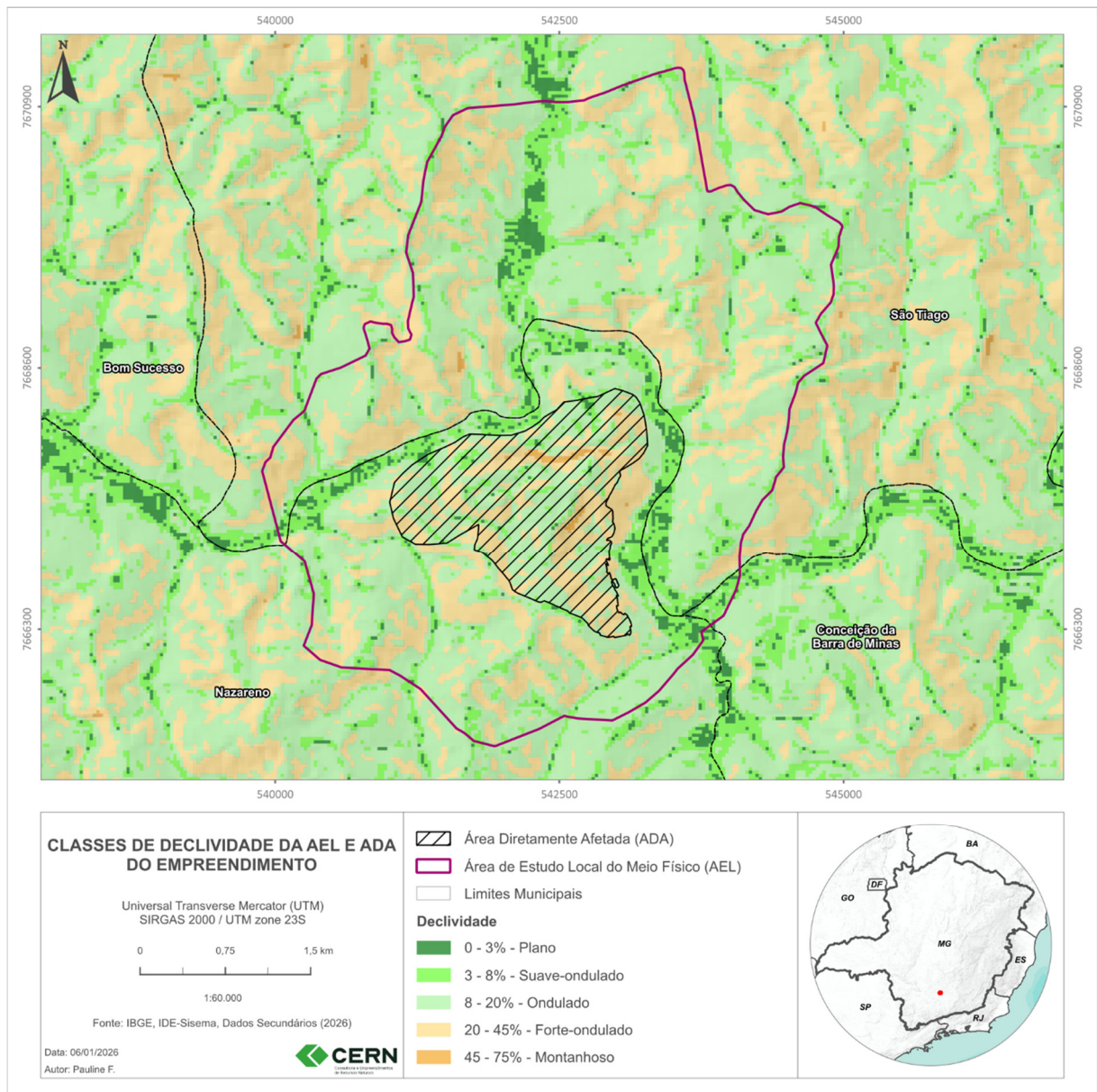
9.1.6.2. Caracterização Local

Em seu contexto local, a área do empreendimento está situada em uma região com padrão de dissecação homogêneo e drenagem de densidade média a grosseira, sendo marcada pela presença de colinas de topos convexos e tabulares, encostas assimétricas intercaladas por cristas alongadas e declividades que variam entre 10% e 50%. As planícies de inundação na região tendem a ser estreitas (CETEC, 1983).

Em relação as classes de declividade presentes na configuração geomorfológica da ADA, são observadas, predominantemente, classes de declividade entre 8-20%, caracterizando relevo ondulado e classes de declividade de 20-45%, com gradiente altimétrico de 50 metros e caracterizando relevo forte ondulado. Na porção norte da ADA existe uma pequena porção de relevo com declividade entre 45-75%, com gradiente altimétrico superior a 100 metros, caracterizando relevo montanhoso (Figura 9.63).

Por fim, destaca-se que a avaliação das Áreas de Preservação Permanente relacionadas a topos de morro e áreas com declividade foi realizada em relatório específico, o qual será apresentado de forma anexa a este Estudo (**Anexo 10 – Relatório de APP de topo de morro e declividade**).

Figura 9.63 - Classes de declividade



9.1.7. Suscetibilidade e Processos Erosivos

9.1.7.1. Caracterização Regional

O empreendimento está inserido no Planalto Centro-Sul Mineiro, porção elevada do relevo estadual caracterizada por superfícies onduladas a suavemente onduladas, intercaladas por vales e cristas residuais. Essa unidade geomorfológica resulta de processos de dissecação prolongada, apresentando variações altimétricas moderadas e condições favoráveis à ocorrência de processos erosivos quando associadas a declividades acentuadas e uso inadequado do solo (IBGE, 2019).

A região apresenta geologia composta por rochas do embasamento cristalino, como gnaisses, granitos e filitos, que influenciam a formação de relevo ondulado a montanhoso típico do

Planalto Centro-Sul Mineiro. A resistência variável dessas litologias, aliada à dissecação fluvial, contribui para a diversidade de formas e declividades, condicionando a suscetibilidade natural a processos erosivos (CPRM, 2003).

Para uma caracterização mais detalhada da suscetibilidade a processos erosivos e das características de relevo local onde o empreendimento está localizado, foi utilizado o mapeamento desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras (FEAM, 2008), apresentado por meio do Zoneamento Ecológico-Econômico de Minas Gerais (ZEE-MG).

Esse trabalho considerou a geomorfologia como o principal fator determinante da suscetibilidade dos solos à erosão, juntamente com a intensidade das chuvas e a exposição direta do solo ao impacto das gotas de chuva. O mapeamento do risco potencial de erosão levou em consideração a erodibilidade dos solos e as classes de declividade, combinando esses atributos para estimar o potencial de erosão. A seguir o Quadro 9.19.25 de estimativa do risco potencial de erosão

Quadro 9.19.25 – Atributos para estimativa do risco potencial de erosão

RISCO DE EROSÃO	ERODIBILIDADE	DECLIVE
Muito baixo	Muito baixa	Plano ou suave-ondulado
	Baixa	Plano ou suave-ondulado
Baixo	Muito baixa	Plano ou suave-ondulado
	Média	Forte-ondulado
Médio	Muito baixa	Forte-ondulado
	Baixa	Ondulado
	Média	Ondulado
	Alta	Plano ou suave-ondulado
	Muito alta	Plano ou suave-ondulado
Alto	Baixa	Forte-ondulado
	Média	Forte-ondulado
	Alta	Ondulado
Muito alto	-	Montanhoso
	Alta	Forte-ondulado
	Muito alta	Ondulado ou forte-ondulado

Fonte: Adaptado de UFLA (2008)

As classes de erodibilidade foram obtidas através da interpretação de mapas auxiliares de teor de matéria orgânica do solo, textura do solo e pedológico simplificado (FEAM, 2008). Para determinação do teor de matéria orgânica do solo, foram utilizadas informações referentes ao horizonte superficial de cada unidade de mapeamento. As unidades de mapeamento com horizonte “A fraco” foram classificadas como tendo baixo teor de matéria orgânica. Unidades de mapeamento com horizonte “A moderado” foram classificadas como tendo médio teor de

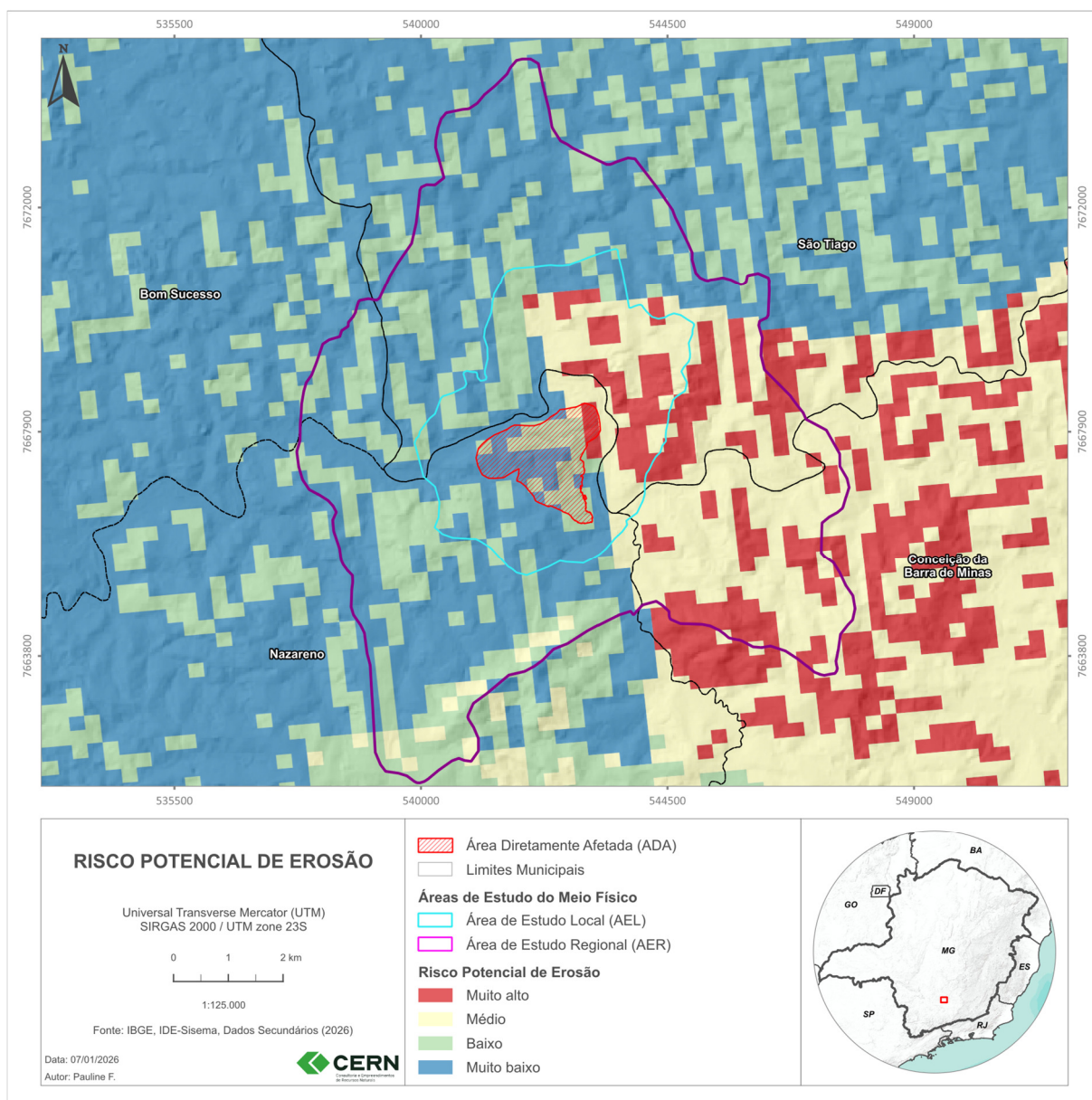
matéria orgânica e os demais tipos de horizontes superficiais foram classificados como tendo alto teor de matéria orgânica. Para a determinação da textura do solo foi utilizado como parâmetro a presença de cascalho em termos de comportamento do solo. Sendo assim, um solo sem cascalho em sua composição, apresenta textura fina, um solo considerado “argiloso cascalhento”, por exemplo, foi classificado como tendo textura média e um solo de textura “média cascalhenta” foi classificado como tendo textura grosseira. E por fim, para a definição das classes de erodibilidade, foi considerado o mapa pedológico simplificado, que apresenta apenas o principal componente de cada unidade de mapeamento e classificado de acordo com o segundo nível categórico mais alto (subordem), EMBRAPA (2018).

O declive que por sua vez, foi obtido a partir de um modelo digital de elevação e foi classificado em classes de declividade, conforme Lemos & Santos (1996) em: plano (0 a 3%); suave-ondulado (3 a 8%); ondulado (8 a 20%); forte-ondulado (20 a 45%); montanhoso (45 a 75%); e escarpado (>75%).

A região em que o empreendimento está inserido apresenta todas as classes de risco à erosão, sendo muito baixo risco potencial a muito alto risco potencial (Figura 9.64), sendo que, a porção norte da ADA está em área de muito alto e médio risco potencial a erosão e a porção sul está em área de baixo e muito baixo risco potencial. A diferença de classes de risco a erosão presentes na ADA estão diretamente relacionadas ao gradiente altimétrico da área, que, conforme citado no capítulo anterior, os declives variam, majoritariamente, de 20 a 45%.

Tal quadro é associado às distintas condições litoestruturais, geomorfológicas e pedológicas que foram observadas na área do empreendimento e seu limite imediato, correspondendo às áreas com maior ocorrência e intensidade de processos erosivos, representadas por relevo de dissecação, podendo ser agravados pela substituição da cobertura vegetal natural por áreas antropizadas.

Figura 9.64 - Risco à erosão



9.1.7.2. Caracterização Local

A ADA do Projeto Ampliação Mina Volta Grande está inserida no Planalto de Oliveira, com relevo ondulado a forte ondulado, conforme mencionado anteriormente.

As estruturas locais, como pilhas de rejeito, expostas às chuvas aumentam o risco de arraste de sedimentos, contribuindo para a erosão e o assoreamento de corpos d'água próximos, como o Rio das Mortes. Galpões, oficinas e o posto de gasolina compactam o solo, reduzindo a infiltração da água e intensificando o escoamento superficial, o que favorece a formação de sulcos e ravinas. Além disso, as vias internas, usadas por veículos pesados, agravam a remoção da vegetação e a compactação, elevando ainda mais a vulnerabilidade à erosão.

As análises de intersecção dos atributos ambientais da região da ADA do empreendimento e entorno imediato possibilitaram a classificação da área como de média a muito alta suscetibilidade a processos erosivos, sendo a mesma representada por litologias com características texturais e mecânicas mais propícias à ação de intemperismo químico e físico, com a ocorrência de Argissolo Vermelho distrófico, Cambissolo Háplico Tb distrófico e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, associados a presença do relevo ondulado e forte-ondulado, sendo tal cenário associado ao uso pretérito e atual da área, resultando na alta suscetibilidade a processos de intemperismo pedológico.

9.1.8. Pedologia e Aptidão Agrícola

9.1.8.1. Caracterização Regional - Pedologia

A caracterização das classes de solos existentes na região de inserção do Projeto Ampliação Mina Volta Grande, é de grande importância para a compreensão da dinâmica da paisagem e das possíveis alterações pedológicas, assim como o entendimento da dinâmica do uso e ocupação dos solos e sua aptidão agrícola. A formação dos solos está condicionada e associada às unidades geomorfológicas e ao substrato litológico existentes em determinadas regiões e sua representação cartográfica é constituída por unidades de mapeamento homogêneas, contendo somente uma classe de solo ou uma associação de classes.

Os solos podem ser definidos como corpos naturais constituídos por quantidades variáveis de materiais minerais e orgânicos. Estes se originam da alteração e reorganização de materiais de origem (rochas, sedimentos ou outros solos), a partir da ação de organismos vivos, agentes atmosféricos e trocas de energia, podendo ainda ser modificados por interferências antrópicas (SANTOS, 2018). Quando examinados a partir da superfície, consistem em seções aproximadamente paralelas, organizadas em camadas e/ou horizontes que se distinguem do material original (SANTOS, 2018).

O conhecimento e a organização das qualidades e das características dos solos, identificados nos levantamentos pedológicos, são essenciais no fornecimento de dados e informações referentes a pedologia, para diversos estudos e análises ambientais e alguns grupos de atividades, com destaque para a identificação e avaliação de impactos ambientais, que venham a ser induzidos pela ação antrópica e que podem fornecer subsídios para análise da qualidade e da realidade dos recursos naturais encontrados. No que se refere às funções ambientais, os solos constituem fator essencial no fornecimento de nutrientes e suporte à vegetação, filtragem e armazenamento de água, regulação do ciclo de carbono, além de se configurarem como habitats

para organismos vivos, proporcionando um ambiente de interação entre diversos componentes do ecossistema.

9.1.8.2. Caracterização Regional – Aptidão Agrícola

A interpretação dos levantamentos de solos é tarefa de grande relevância para utilização desse recurso natural na agricultura e mais atividades relacionadas a exploração dos recursos naturais, classificando as terras de acordo com sua aptidão para diversos tipos de uso, sob diferentes condições de manejo bem como de viabilidade de melhoramento, através de novas tecnologias. Amaral (1993), compilando e ajustando diversos trabalhos pedológicos sobre o estado de Minas Gerais, produziu um estudo integrado que deu suporte a diversos trabalhos correlatos na área agroambiental. Este mapeamento de solos foi posteriormente digitalizado pela Emater/MG e finalmente corrigido e atualizado tanto pedológica quanto cartograficamente pela Embrapa Solos, vindo a constituir o Mapeamento de Solos e Aptidão Agrícola do Estado de Minas Gerais, que tem por objetivo atualizar o mapeamento de solos do estado e fazer a correspondência aproximada e genérica entre a legenda original e o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), assim como avaliar a aptidão agrícola das terras, os níveis de possibilidades de mecanização, de exigência das terras para a aplicação de fertilizantes e corretivos e para a aplicação de práticas conservacionistas. A agricultura é uma atividade econômica dependente, em grande parte, do meio físico. O aspecto ecológico confere fundamental importância ao processo de produção agropecuária. Uma região pode apresentar várias sub-regiões com distintas condições de solo e de clima e, portanto, com distintas aptidões para produzir diferentes bens agrícolas (Brasil, 1979).

O referido mapeamento da aptidão agrícola, teve como base a interpretação do levantamento de solo, as características do meio ambiente, as propriedades físicas e químicas das diferentes classes de solo e a viabilidade de melhoramento dos cinco fatores limitantes básicos: fertilidade natural, excesso de água, deficiência de água, suscetibilidade à erosão e impedimentos ao uso de implementos agrícolas (Amaral et al, 2004). Ainda de acordo com estudos elaborados por Amaral (2004), em síntese, a avaliação da aptidão agrícola, consiste no enquadramento das terras em seis grupos, objetivando apresentar as alternativas de uso de uma determinada extensão de terra, em função da viabilidade de melhoramento dos cinco fatores limitantes básicos e da intensidade de limitação que persistir após a utilização de práticas agrícolas inerentes aos sistemas de manejo A/1 (baixo nível tecnológico), B/2 (médio nível tecnológico) e C/3 (alto nível tecnológico).

Com base na legenda de classes de solos, foi elaborada uma tabela em função dos graus de limitação referentes à deficiência de fertilidade natural, deficiência de água, deficiência de oxigênio, susceptibilidade à erosão e impedimentos ao uso de implementos agrícolas para cada unidade de mapeamento. Com esta sistematização, objetivou-se avaliar os graus de limitação de cada fator sob práticas de manejo que refletem baixo, médio e alto nível tecno-operacionais. Na etapa seguinte, foram obtidas as classes de aptidão agrícola das terras, em função dos graus de limitação persistentes após os melhoramentos inerentes aos níveis tecnológicos médio e alto. O Quadro 9.26 a seguir apresenta a combinação de atributos para a classificação da aptidão agrícola e os graus de limitação das condições agrícolas das terras.

Quadro 9.26 - Quadro-guia de avaliação da aptidão agrícola das terras

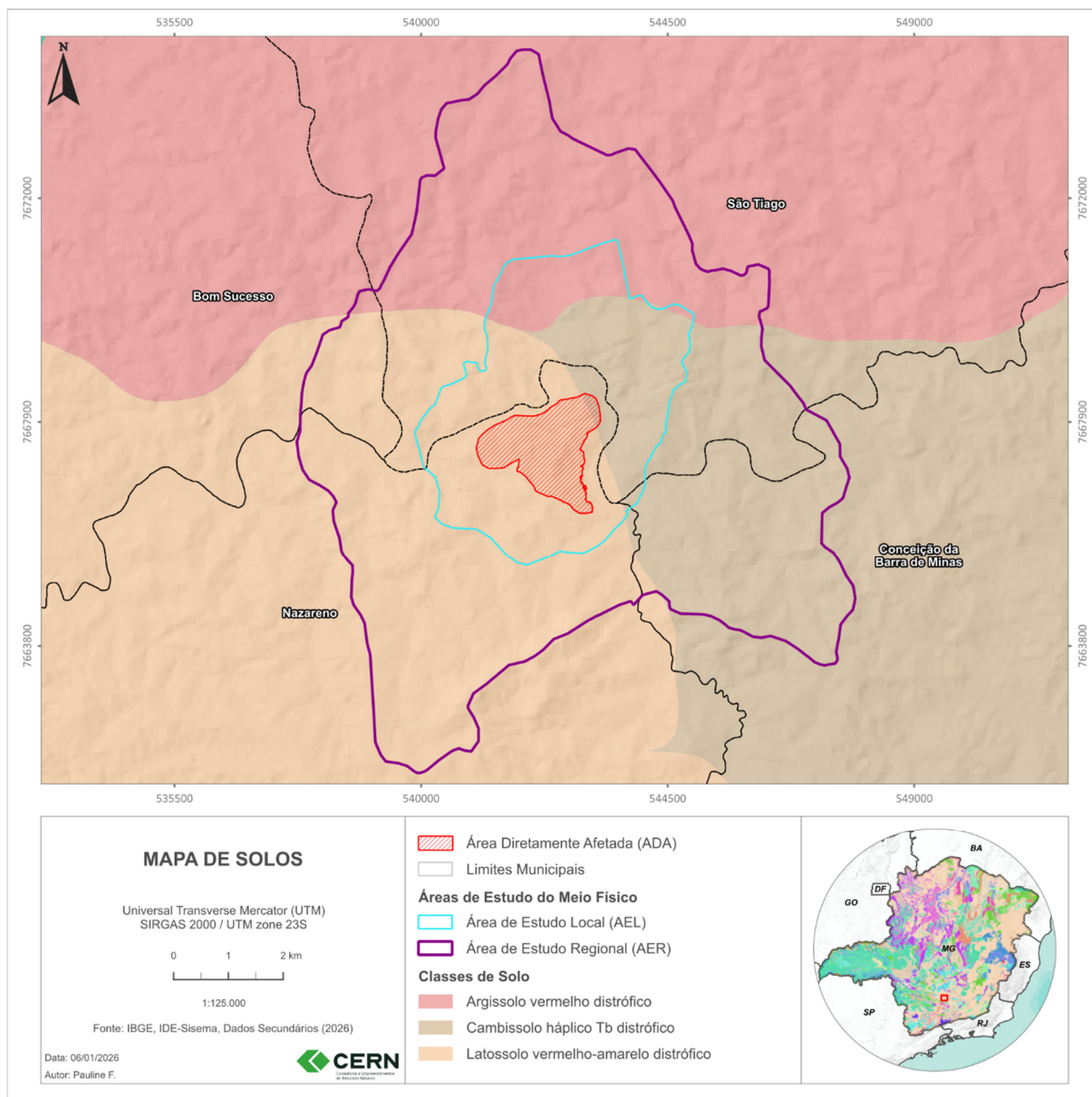
Aptidão agrícola			Graus de limitação das condições agrícolas das terras para os níveis de manejo A, B e C															
Grupo	Subgrupo	Classe	Deficiência de Fertilidade			Deficiência de Água			Excesso de Água			Susceptibilidade à Erosão			Impedimentos à Mecanização			Tipo de utilização indicado
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1	1ABC	Boa	N/L	N/L1	N1	L	L	L	L	L1	N2	L/M	N/L1	N1	M	L	N	Lavouras
2	2abc	Regular	L	L1	L2	M	M	M	M	L/M1	L2	M	L1	N2/L1	M/F	M	L	
3	3(abc)	Restrita	M	L/M1	L2	M/F	M/F	M/F	M/F	M1	M2	F*	M1	L2	F	M/F	M	
4	4P	Boa	M1			M			F1			M/F1			M/F			Pastagem plantada
	4p	Regular	M/F1			M/F			F1			F1			F			
	4(p)	Restrita	F1			F			MF			MF			F			
5	5S	Boa	M/F1			M			L1			F1			M/F			Silvicultura e/ou Pastagem natural
	5s	Regular	F1			M/F			L1			F1			F			
	5(s)	Restrita	MF			F			M1			MF			F			
	5N	Boa	M/F1			F			M/F			F			MF			
	5n	Regular	F1			M/F			F1			F			MF			
	5(n)	Restrita	MF			F			MF			F			MF			
6	6	Sem aptidão agrícola	-			-			-			-			-			Preservação da flora e da fauna
Grau de limitação		N - Nulo	F -Forte			Os algarismos sublinhados correspondem aos níveis de viabilidade de melhoramento das condições agrícolas das terras.												
		L - Ligeiro	MF - Muito forte			A ausência de algarismo sublinhado acompanhando a letra representativa do grau de limitação indica não haver possibilidade de melhoramento naquele nível de manejo.												
		M - Moderado	/ - Intermediário															

Fonte: Adaptado de Amaral (2004)

9.1.8.3. Caracterização Local - Pedologia

De acordo com a IDE Sisema, a região de inserção do projeto apresenta a ocorrência das classes pedológicas referentes ao Argissolo Vermelho distrófico, Cambissolo Háplico Tb distrófico e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, conforme apresentado na Figura 9.65 baixo.

Figura 9.65 – Pedologia regional



➤ Argissolo Vermelho distrófico

Os argissolos apresentam, como característica diagnóstica marcante, o horizonte B textural. Isso significa que há um acentuado aumento no teor de argila da camada superficial (horizonte A ou E) para a camada subsuperficial (horizonte B), em razão de um processo chamado argiluvium (migração de argila). Esses solos podem ocorrer em diferentes tipos de relevo, mas são mais frequentes em terrenos ondulados a fortemente ondulados. Sua fertilidade natural é, em geral, baixa a moderada, sendo bastante sensíveis à erosão quando desprotegidos da cobertura vegetal (SANTOS et al., 2018).

O Argissolo Vermelho distrófico é um tipo de solo caracterizado por apresentar horizonte B textural (acúmulo de argila em subsuperfície), coloração vermelha e baixa fertilidade natural.

A classificação "distrófico" indica a predominância de bases trocáveis em níveis muito baixos, com alta acidez e baixa saturação por bases (<50%). Apesar da fertilidade limitada, essa classe de solo pode ser aproveitado para uso agrícola com correções de acidez e adubação adequada.

➤ **Cambissolo Háplico Tb distrófico**

Os cambissolos são solos jovens do ponto de vista pedogenético, ou seja, ainda estão em processo inicial de formação e não apresentam horizontes diagnósticos bem desenvolvidos como os encontrados em solos mais evoluídos (como os Argissolos ou Latossolos). Seu nome deriva do grego *kambios*, que significa "mudança", aludindo à transição em desenvolvimento do perfil do solo.

A principal característica diagnóstica é a presença do horizonte B incipiente (Bi), que indica uma ligeira alteração em relação ao material de origem, mas ainda sem expressiva diferenciação morfológica. Também podem conter horizonte C (material de origem pouco alterado) logo abaixo. Esses solos ocorrem em diversos tipos de relevo, mas são especialmente frequentes em áreas montanhosas ou serranas, onde os processos erosivos superam os pedogenéticos.

O Cambissolo Háplico Tb distrófico apresenta baixa fertilidade natural e pH ácido, devido à baixa saturação por bases (<50%), podendo conter alumínio tóxico. Sua textura e cor variam conforme o material de origem, como basaltos, gnaisses, granitos e filitos. É comum em áreas de relevo movimentado com declives acentuados, especialmente nas regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste do Brasil. Trata-se de um solo com aptidão agrícola limitada, exigindo manejo adequado para uso sustentável.

➤ **Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico**

Os Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos são solos minerais altamente evoluídos, resultantes de longos processos de intemperismo e intensa lixiviação. Apresentam perfis profundos, bem desenvolvidos e homogêneos, com pouca diferenciação entre os horizontes. O horizonte A é moderado, geralmente com textura argilosa, enquanto o horizonte B latossólico (Bw) é caracterizado por estrutura granular fraca, textura média a argilosa e coloração variando entre tons de vermelho e amarelo, conforme a concentração de óxidos de ferro.

São solos amplamente distribuídos em áreas de relevo suave ondulado, o que favorece a infiltração de água e reduz a suscetibilidade à erosão. A estrutura granular fina e a predominância de argila do tipo caulinita contribuem para a elevada porosidade e permeabilidade.

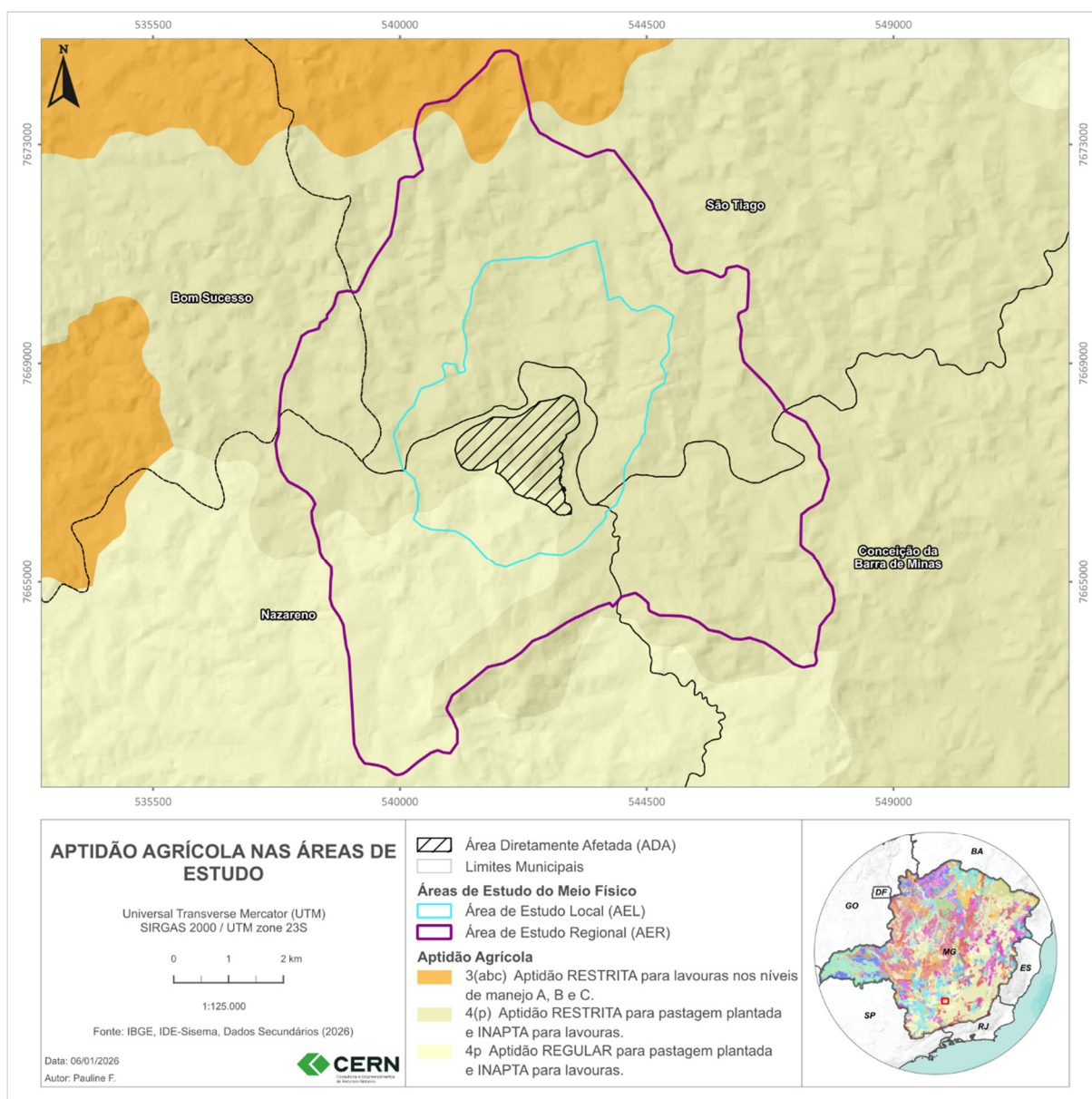
Quimicamente, são solos de baixa fertilidade natural, com saturação por bases inferior a 50% (distróficos), especialmente nos primeiros 100 cm do horizonte B. Embora pobres em nutrientes, os Latossolos apresentam alta aptidão agrícola devido às suas excelentes

propriedades físicas, facilidade de manejo e de correção da acidez e da fertilidade por meio de práticas como a calagem e adubação.

9.1.8.4. Caracterização Local – Aptidão Agrícola

De acordo com a análise do mapeamento de aptidão agrícola, a região de inserção do Projeto Ampliação Mina Volta Grande apresenta a classe de aptidão agrícola “sem aptidão agrícola – 6*” (Figura 9.66).

Figura 9.66 – Aptidão agrícola regional



➤ 4(p) Aptidão agrícola restrita

A Classe 4 (P) designa áreas com aptidão restrita para pastagem plantada, indicando que essas terras apresentam limitações severas que comprometem o desenvolvimento e a produtividade

das pastagens. Essas restrições podem estar relacionadas a fatores físicos, químicos, topográficos ou climáticos, tais como:

- Solo muito ácido ou pobre em nutrientes, exigindo correções intensivas;
- Textura inadequada que limita a retenção de água ou aeração;
- Relevo acentuado ou risco elevado de erosão;
- Condições climáticas desfavoráveis para espécies forrageiras convencionais.

Devido a essas limitações, o manejo dessas áreas requer tecnologias especializadas e práticas conservacionistas rigorosas, podendo ser indicado o uso de espécies forrageiras adaptadas a condições adversas ou a manutenção em sistemas silvipastoris ou integrados.

Essa classe indica que o uso para pastagem é possível, mas restrito e condicionado a esforços significativos para mitigação das limitações naturais.

➤ **4p Aptidão agrícola regular**

A Classe 4(p) corresponde a terras com aptidão regular para pastagem plantada, ou seja, áreas que apresentam limitações moderadas que podem reduzir a produtividade, mas que não inviabilizam o uso. Essas restrições normalmente estão associadas as condições do solo, de características topográficas ou de manejo, como:

- Solos de fertilidade natural baixa, que demandam correções periódicas;
- Textura ou estrutura que podem limitar a retenção de umidade em períodos secos;
- Declividade moderada, com risco de erosão controlável mediante práticas conservacionistas;
- Condições climáticas que podem restringir a escolha das espécies forrageiras.

Embora apresentem limitações, essas terras podem ser utilizadas de forma satisfatória para pastagem plantada, desde que se adotem práticas de manejo adequadas, como adubação e calagem regulares, controle da taxa de lotação e conservação do solo. O uso sustentável depende da adequação técnica, mas as restrições podem ser superadas com menor esforço do que nas terras de aptidão restrita.

➤ **Atividades potencialmente poluidoras**

A partir de observações realizadas em trabalhos de campo e análises de imagens de satélite (Google Earth), foram identificadas outras atividades que apresentam potencial poluidor na região do empreendimento. A leste e ao sul da ADA, respectivamente na margem direita e esquerda do rio das Mortes, constatou-se a existência de empreendimentos minerários, áreas de pastagens e terrenos utilizados para plantios. A atividade minerária em si pode provocar remoção da cobertura superficial do solo e deposição de rejeitos, que poderá acarretar sua contaminação por metais. As atividades de pastagens, quando manejadas de forma inadequada

contribuem para a compactação do solo, ocasionando o surgimento de focos erosivos e perda de fertilidade. As atividades de plantio, associadas ao uso intensivo de insumos químicos e ao revolvimento do solo, favorece processos de degradação e alteração de suas características naturais. Essas atividades, em conjunto, exercem influência significativa sobre a qualidade dos solos locais e na aptidão agrícola das terras.

9.1.9. Espeleologia

O território brasileiro possui uma extensa área de ocorrência de rochas carbonáticas, estimada por Auler et al. (2001) em cerca de 190.000km², esses terrenos são responsáveis pelo desenvolvimento de cerca de 90% das cavernas conhecidas em todo o mundo. Contudo conforme Piló e Auler et al. (2019), fatores relacionados a variáveis geológicas, geomorfológicas e climáticas também tornam os arenitos e quartzitos bastante propensos à formação de cavernas. Mais recentemente, a identificação das formações ferríferas e da canga como ambientes extremamente favoráveis à espeleogênese acrescentou um novo elemento ao diversificado cenário espeleológico brasileiro.

Até 2017, cerca de 17.000 cavernas encontravam-se registradas no cadastro federal brasileiro. Minas Gerais, com 6.300 cavernas, representando 39% do total das ocorrências, e Pará, com 2.473 ocorrências, representando 15% do total, são os estados com a maior quantidade de cavernas cadastradas (CECAV, 2017).

O quadro abaixo apresenta, de maneira preliminar, com base no conhecimento nos dados levantados pelos autores Piló e Auler et al. (2019) com base nos dados disponibilizados pelo CECAV, a quantidade de cavernas já identificadas em cada tipo de litologia, assim como o provável potencial espeleológico, cavernas existentes que ainda não foram descobertas.

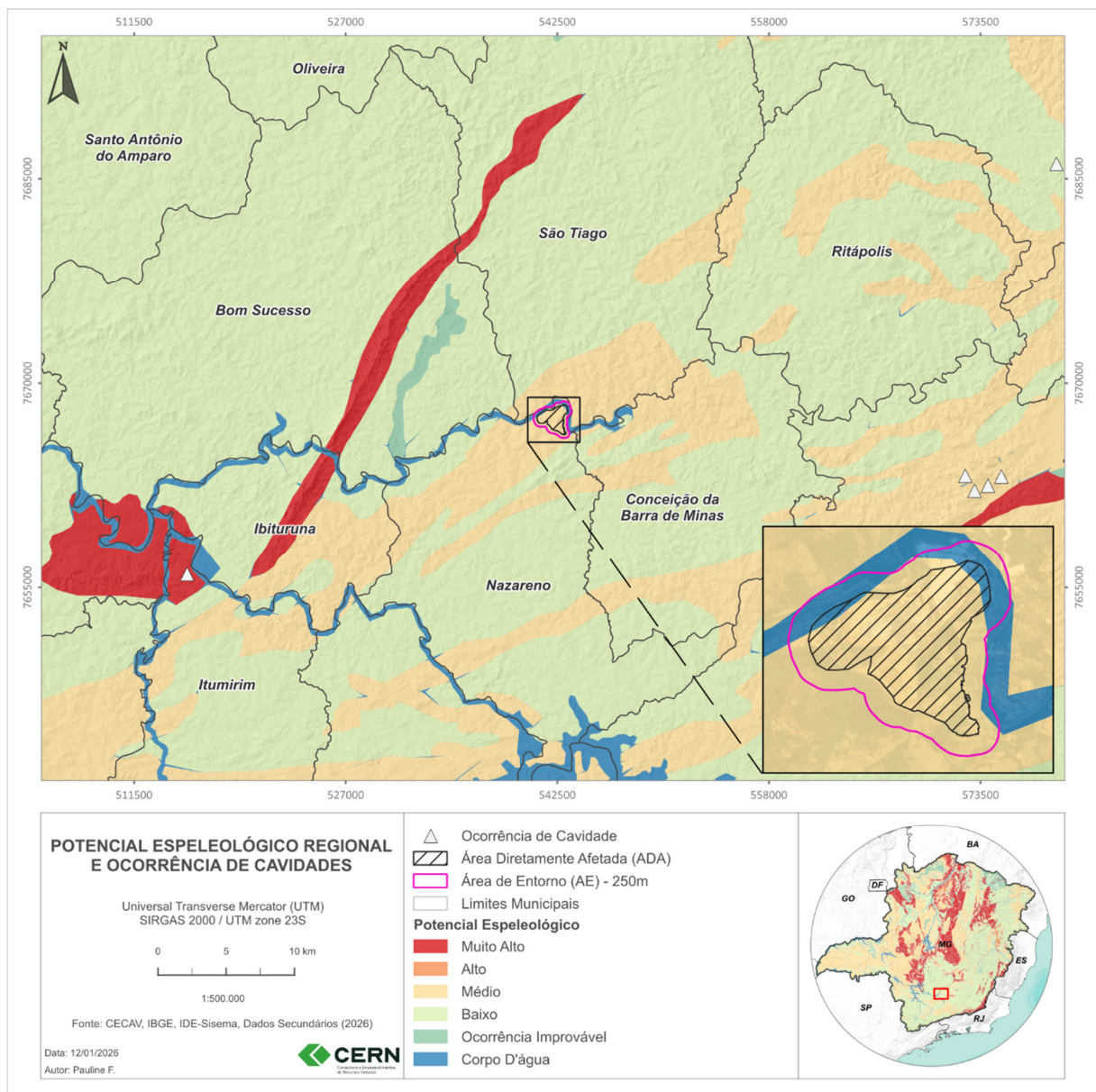
Quadro 9.27– Estimativa (ordem de grandeza) do potencial espeleológico brasileiro por litologia em relação a cavernas conhecidas

Litologia	Número de cavernas conhecidas	Provável potencial (cavernas ainda não conhecidas)	Percentagem de cavernas conhecidas
Carbonatos	11.000	>150.000	7%
Quartzitos	600	>50.000	1%
Arenitos	400	>50.000	>1%
F. Ferrífera/Canga	3.000	>5.000	60%
Outras Litologias	200	>50.000	>1%

Fonte: Piló e Auler et al. (2019).

Esse quadro proporciona uma referência, nos oferecendo assim uma estimativa aproximada que pode servir de base para a visualização de um modelo de potencial espeleológico no Brasil. Com base nestes dados o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) propôs uma classificação de potencialidade espeleológica, baseada nos trabalhos de Piló & Auler (2011) e Jansen (2012), tendo em vista uma melhor visualização das áreas de maior interesse para os estudos.

Figura 9.67 – Mapa do potencial espeleológico regional



De acordo com a figura apresentada, baseada nos dados do CECAV, as áreas de influência estão regionalmente inseridas na classe de médio potencial espeleológico.

De acordo com o banco de dados do CANIE, disponibilizada em 10 de junho de 2025, nas áreas de influência não há o registro de cavidades naturais subterrâneas.

Com base nos dados provenientes das observações realizadas em campo e nas demais características da área (geologia, topografia e hidrografia) e das imagens de satélite preparou-se um mapa de potencialidade espeleológica local que abrange todo interior da área do projeto e o entorno, representado pelo entorno de 250 metros.

O mapa de potencial espeleológico local delimitou três zonas de potencialidade espeleológica de acordo com fatores principais (litologia, pedologia, topografia, hidrografia e uso antrópico), além da utilização de imagens de satélite. O tipo de litologia presente no substrato rochoso é diretamente ligado a ocorrências de cavidades catalogadas no Brasil, conforme mostra o trabalho de Piló e Auler (2011). A topografia e a hidrografia, por sua vez exercem papel fundamental no grau de exposição dos afloramentos rochosos influenciando assim, na possibilidade de ocorrência de cavidades e a vegetação tem relação com a espessura do pacote de solo presente na área.

O mapa de potencial espeleológico local delimitou 3 (três) classes de potencialidade espeleológica, que serão descritas a seguir.

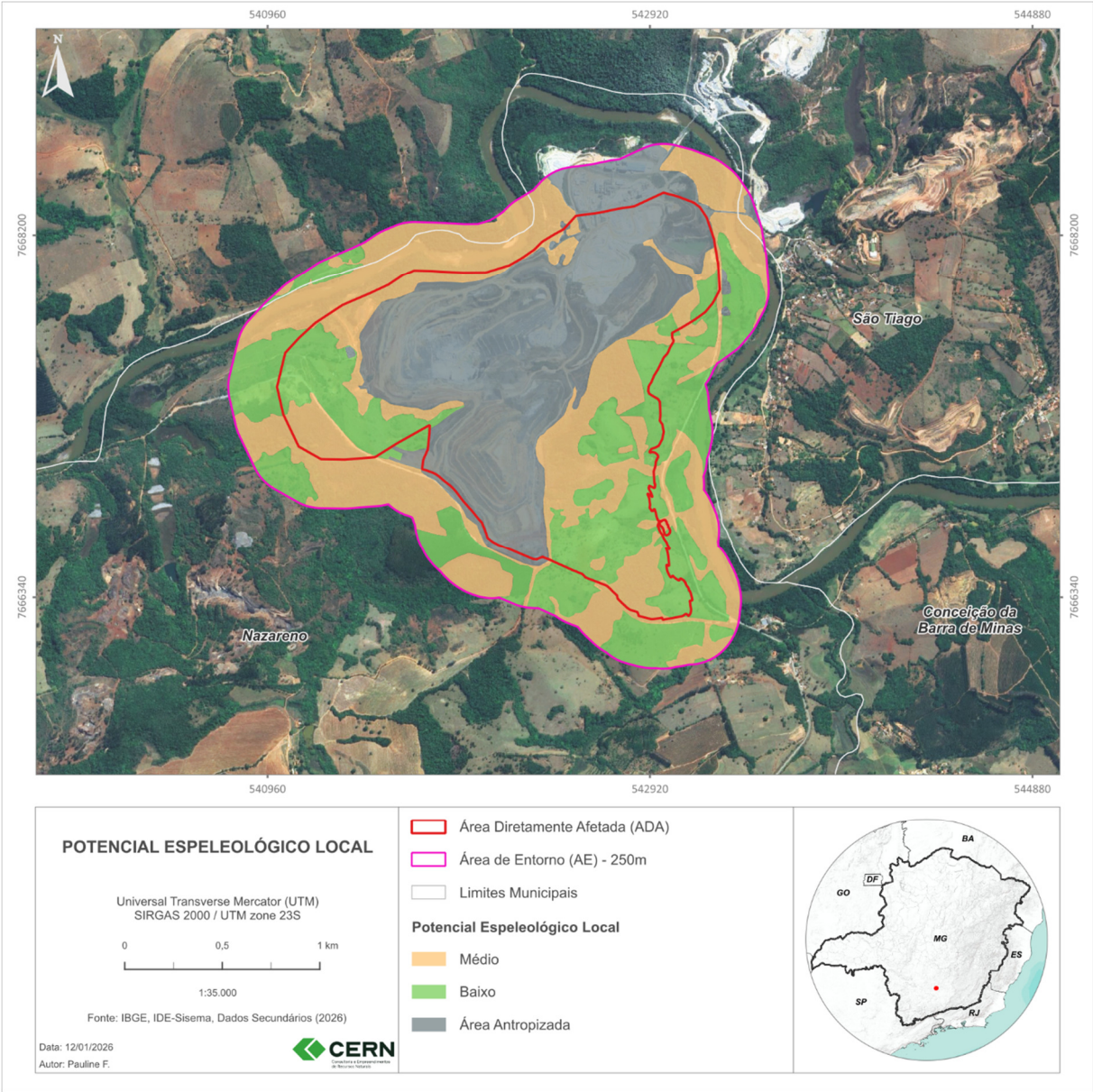
Médio Potencial Espeleológico: Nessas porções da área, observa-se um espesso pacote de solo que recobre quase totalmente o estrato litológico. Não foram identificados afloramentos rochosos que favoreçam diretamente a formação de cavidades. A região apresenta relevo do tipo forte-ondulado a suave-ondulado, porém sem a presença de rupturas ou quebras abruptas, o que resulta em menor amplitude da ação hídrica sobre as vertentes e, consequentemente, em condições menos favoráveis à espeleogênese.

Baixo Potencial Espeleológico: Esta classe corresponde a áreas onde não foram identificados afloramentos ou blocos rochosos expostos, e o relevo é predominantemente ondulado a suave-ondulado. Em algumas porções, observa-se intensa alteração decorrente da forte ação antrópica. Parte dessas áreas está ocupada por pastagens e apresentam indícios de uso antrópico, o que, somado às características geomorfológicas e geológicas, indica uma baixa probabilidade de ocorrência de cavidades naturais.

Área Antropizada: As áreas classificadas como antropizadas correspondem a regiões ocupadas por atividades de mineração, moradias, estabelecimentos comerciais e estradas.

O mapa de potencial espeleológico local para ADA e AE do empreendimento está representado na Figura 9.68.

Figura 9.68 – Mapa do potencial espeleológico local



9.1.9.1. Caminhamento Espeleológico

Foram percorridos cerca 101,63 quilômetros e registrados um total de 153 pontos, conforme apresentado na Figura 9.69, enquanto o Quadro 9.28 apresenta os pontos registrados em campo, com suas respectivas coordenadas e tipologia (PT – ponto de controle).

Quadro 9.28 – Pontos registrados em campo

PONTO	COORDENADAS UTM		COTA	TIPO
	E	S		
PT01	543116	7668726	860	Pontos de Controle
PT02	542827	7668761	859	Pontos de Controle

PONTO	COORDENADAS UTM		COTA	TIPO
	E	S		
PT03	542841	7668729	865	Pontos de Controle
PT04	542837	7668698	874	Pontos de Controle
PT05	541361	7667906	854	Pontos de Controle
PT06	541624	7668065	859	Pontos de Controle
PT07	541967	7667995	864	Pontos de Controle
PT08	542204	7668026	868	Pontos de Controle
PT09	543242	7668128	885	Pontos de Controle
PT10	542416	7668647	879	Pontos de Controle
PT11	542371	7668213	867	Pontos de Controle
PT12	542309	7668231	868	Pontos de Controle
PT13	542290	7668486	865	Pontos de Controle
PT14	542878	7668902	882	Pontos de Controle
PT15	543105	7669159	902	Pontos de Controle
PT16	542655	7666161	930	Pontos de Controle
PT17	542562	7665768	937	Pontos de Controle
PT18	542423	7665605	901	Pontos de Controle
PT19	542703	7665712	895	Pontos de Controle
PT20	542764	7665739	893	Pontos de Controle
PT21	542962	7665824	887	Pontos de Controle
PT22	543059	7665926	886	Pontos de Controle
PT23	543150	7666053	882	Pontos de Controle
PT24	543298	7666097	882	Pontos de Controle
PT25	541517	7668085	861	Pontos de Controle
PT26	541701	7668192	864	Pontos de Controle
PT27	541923	7668172	860	Pontos de Controle
PT28	542145	7668190	861	Pontos de Controle
PT29	542157	7668409	863	Pontos de Controle
PT30	542791	7670473	921	Pontos de Controle
PT31	542441	7670629	877	Pontos de Controle
PT32	542296	7670277	870	Pontos de Controle
PT33	542166	7669948	870	Pontos de Controle
PT34	542489	7670160	882	Pontos de Controle
PT35	542121	7669654	865	Pontos de Controle
PT36	542222	7669568	863	Pontos de Controle
PT37	542065	7669439	863	Pontos de Controle
PT38	542245	7670462	863	Pontos de Controle
PT39	541892	7669870	880	Pontos de Controle
PT40	543413	7669912	903	Pontos de Controle
PT41	542858	7669844	896	Pontos de Controle
PT42	542858	7667180	886	Pontos de Controle
PT43	542788	7667294	910	Pontos de Controle

PONTO	COORDENADAS UTM		COTA	TIPO
	E	S		
PT44	542754	7667386	922	Pontos de Controle
PT45	543045	7669956	905	Pontos de Controle
PT46	543100	7669974	914	Pontos de Controle
PT47	543369	7669851	901	Pontos de Controle
PT48	543306	7669867	900	Pontos de Controle
PT49	543437	7669975	920	Pontos de Controle
PT50	543453	7669952	921	Pontos de Controle
PT51	543207	7669452	905	Pontos de Controle
PT52	542749	7667421	929	Pontos de Controle
PT53	542638	7667066	0	Pontos de Controle
PT54	542569	7666947	0	Pontos de Controle
PT55	542585	7666918	0	Pontos de Controle
PT56	542734	7666846	0	Pontos de Controle
PT57	543970	7669817	0	Pontos de Controle
PT58	541883	7666324	0	Pontos de Controle
PT59	541771	7666269	0	Pontos de Controle
PT60	541638	7666284	0	Pontos de Controle
PT61	543180	7670288	0	Pontos de Controle
PT62	542192	7665919	0	Pontos de Controle
PT63	542224	7665873	0	Pontos de Controle
PT64	542767	7668719	872	Pontos de Controle
PT65	542623	7668775	871	Pontos de Controle
PT66	542474	7668780	871	Pontos de Controle
PT67	542325	7668826	881	Pontos de Controle
PT68	542177	7668788	868	Pontos de Controle
PT69	542147	7668623	862	Pontos de Controle
PT70	542208	7668484	861	Pontos de Controle
PT71	542301	7668339	861	Pontos de Controle
PT72	542287	7668666	863	Pontos de Controle
PT73	543345	7668124	866	Pontos de Controle
PT74	543461	7667946	864	Pontos de Controle
PT75	543362	7667685	865	Pontos de Controle
PT76	543279	7667866	878	Pontos de Controle
PT77	543182	7666533	861	Pontos de Controle
PT78	543333	7666297	866	Pontos de Controle
PT79	543446	7668954	919	Pontos de Controle
PT80	543527	7668965	939	Pontos de Controle
PT81	543679	7668889	951	Pontos de Controle
PT82	543619	7668706	925	Pontos de Controle
PT83	543680	7668576	923	Pontos de Controle
PT84	543722	7668484	903	Pontos de Controle

PONTO	COORDENADAS UTM		COTA	TIPO
	E	S		
PT85	543575	7668498	905	Pontos de Controle
PT86	543891	7668905	915	Pontos de Controle
PT87	543941	7669045	908	Pontos de Controle
PT88	543990	7669152	902	Pontos de Controle
PT89	544046	7669322	904	Pontos de Controle
PT90	544080	7669261	906	Pontos de Controle
PT91	544041	7669224	894	Pontos de Controle
PT92	541976	7666264	928	Pontos de Controle
PT93	541714	7666208	913	Pontos de Controle
PT94	541372	7666186	892	Pontos de Controle
PT95	541303	7666445	906	Pontos de Controle
PT96	541184	7666661	917	Pontos de Controle
PT97	540978	7666901	905	Pontos de Controle
PT98	540649	7666803	912	Pontos de Controle
PT99	540531	7667072	872	Pontos de Controle
PT100	540299	7667205	852	Pontos de Controle
PT101	540281	7667590	862	Pontos de Controle
PT102	540491	7667711	863	Pontos de Controle
PT103	540706	7667776	866	Pontos de Controle
PT104	541350	7668049	864	Pontos de Controle
PT105	541178	7667936	866	Pontos de Controle
PT106	542060	7669361	860	Pontos de Controle
PT107	542232	7669303	854	Pontos de Controle
PT108	542168	7669163	856	Pontos de Controle
PT109	542239	7669025	855	Pontos de Controle
PT110	542336	7669089	855	Pontos de Controle
PT111	542104	7669938	855	Pontos de Controle
PT112	542068	7669813	857	Pontos de Controle
PT113	542001	7669579	856	Pontos de Controle
PT114	542079	7670093	878	Pontos de Controle
PT115	542358	7670707	869	Pontos de Controle
PT116	543328	7670246	947	Pontos de Controle
PT117	543426	7670398	931	Pontos de Controle
PT118	543494	7670418	941	Pontos de Controle
PT119	543707	7670397	967	Pontos de Controle
PT120	543713	7670252	987	Pontos de Controle
PT121	543472	7670279	974	Pontos de Controle
PT122	542401	7670702	873	Pontos de Controle
PT123	542660	7670536	891	Pontos de Controle
PT124	543925	7669525	950	Pontos de Controle
PT125	543750	7669633	970	Pontos de Controle

PONTO	COORDENADAS UTM		COTA	TIPO
	E	S		
PT126	543852	7670193	958	Pontos de Controle
PT127	542890	7665734	882	Pontos de Controle
PT128	542573	7665422	887	Pontos de Controle
PT129	542281	7665605	890	Pontos de Controle
PT130	542289	7665618	890	Pontos de Controle
PT131	542378	7665452	906	Pontos de Controle
PT132	542584	7665530	886	Pontos de Controle
PT133	542702	7665494	892	Pontos de Controle
PT134	543447	7666103	865	Pontos de Controle
PT135	543535	7670047	935	Pontos de Controle
PT136	543557	7669961	935	Pontos de Controle
PT137	541655	7666518	937	Pontos de Controle
PT138	543052	7669101	890	Pontos de Controle
PT139	542938	7669011	902	Pontos de Controle
PT140	542832	7669038	899	Pontos de Controle
PT141	542728	7669026	881	Pontos de Controle
PT142	540625	7667239	872	Pontos de Controle
PT143	540635	7667168	857	Pontos de Controle
PT144	540736	7667090	865	Pontos de Controle
PT145	540785	7667165	885	Pontos de Controle
PT146	540919	7667152	882	Pontos de Controle
PT147	541144	7667168	888	Pontos de Controle
PT148	541266	7667084	900	Pontos de Controle
PT149	541343	7666945	887	Pontos de Controle
PT150	541458	7666783	897	Pontos de Controle
PT151	541422	7666587	894	Pontos de Controle
PT152	541526	7666914	889	Pontos de Controle
PT153	541518	7666339	892	Pontos de Controle

A prospeção espeleológica foi realizada na ADA e em seu entorno de 250 metros, sendo que a malha de caminamento foi adensada de acordo com o potencial espeleológico local, assim como recomenda a IS Sisema 08/2017 – Revisão 1, sendo a densidade da mesma apresentada no

Quadro 9.29 a seguir.

Quadro 9.29 - Dimensão da ADA e AE e densidade da malha de caminhamento

ÁREA	PERCURSO CAMINHADO (km)	ÁREA (ha)	DENSIDADE DA MALHA DE CAMINHAMENTO km/ha
ADA	36,16	500,0020	0,07
AE (Entorno de 250m)	65,473	597,1926	0,11

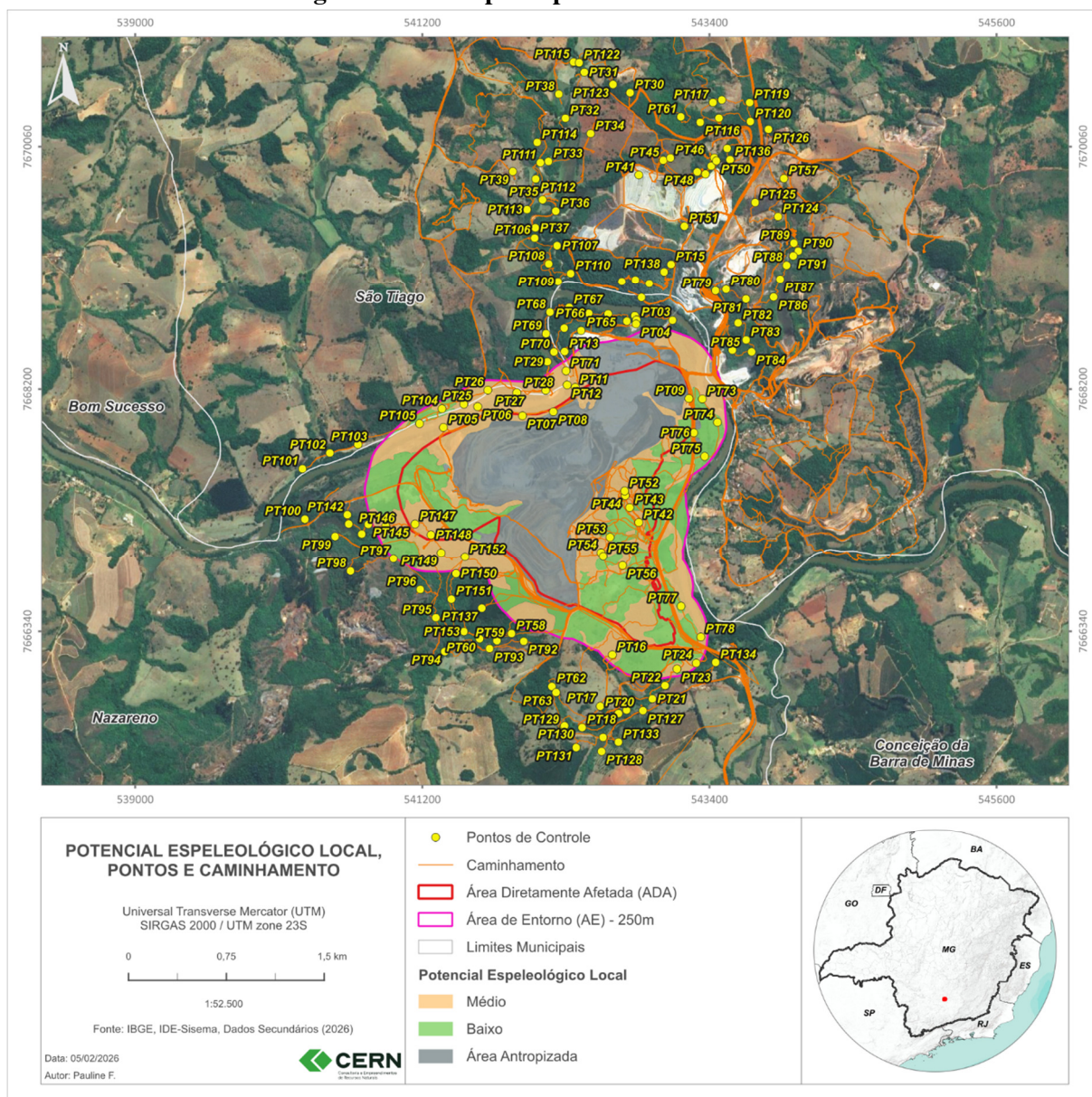
O Quadro 9.30 a seguir apresenta os valores percentuais da área coberta, tanto na ADA, quanto na AE (entorno de 250 m), sendo que para o cálculo de percentual da ADA e AE prospectadas, considerou-se uma faixa de abrangência de acordo com o potencial espeleológico apresentada na metodologia das atividades de campo, sendo que os valores adotados se justificam pelas características observadas em campo, que ratificaram o potencial adotado, bem como a extensão da faixa de cobertura dos caminhamentos realizados.

Quadro 9.30 - Cobertura do caminhamento na ADA e AE em percentagem

ÁREA	ÁREA (ha)	ÁREA PROSPECTADA (ha)	PERCENTAGEM DE ÁREA PROSPECTADA (%)
ADA	500,0020	299,4888	59
AE (entorno de 250 m)	597,1926	409,7782	69

A Figura 9.69 a seguir apresenta as áreas percorridas, com os pontos registrados e as rotas do caminhamento espeleológico realizado.

Figura 9.69 – Mapa de pontos e caminhamento



9.1.10. Recursos Hídricos Superficiais

9.1.10.1. Caracterização Regional

A caracterização da rede hidrográfica da área de estudo foi realizada com base nas informações e divisão das bacias hidrográficas estabelecidas pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM e pela Agência Nacional de Águas - ANA, com apoio da utilização da base de dados cartográficos disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, além de verificações em campo.

A unidade territorial para implementação da política brasileira de recursos hídricos é a bacia hidrográfica. As dimensões do país e os diferentes domínios constitucionais das águas, ora dos

Estados ora da União, criam a necessidade do estabelecimento de critérios técnicos adequados de apoio à implantação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SNGRH. A definição de unidades nacionais para o planejamento e para a gestão de recursos hídricos é uma das condições fundamentais para o desenvolvimento desse sistema.

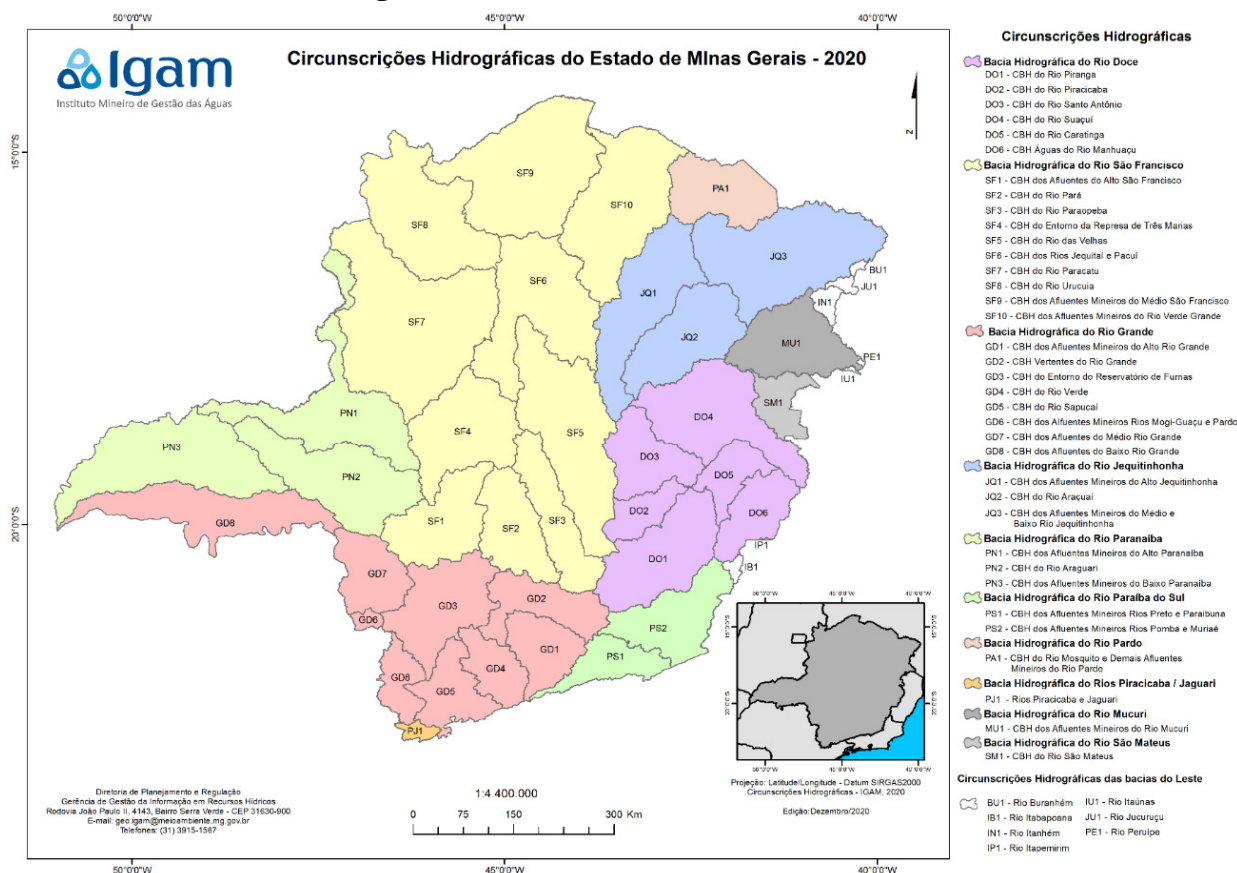
A gestão das águas em Minas Gerais é regida pela Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei 13.199/1999). Essa Política visa assegurar o controle, pelos usuários atuais e futuros, do uso da água e de sua utilização em quantidade, qualidade e regime satisfatórios. Para apoiar e direcionar o trabalho do SNGRH existem instrumentos e ferramentas de gestão.

Entre elas estão o Plano Estadual de Recursos Hídricos, os Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas, o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos - InfoHidro, o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo seus usos preponderantes, o cadastro de usos e usuários de recursos hídricos, o monitoramento da qualidade da água, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, a cobrança pelo uso de recursos hídricos, entre outros, sendo estes desenvolvidos em suas respectivas Unidades Estratégicas de Gestão de Recursos Hídricos – UEG, que são divididas em Circunscrições Hidrográficas - CH.

Visando uma efetiva gestão dos recursos hídricos no Estado de Minas Gerais, foram instituídos os Comitês de Bacia Hidrográfica - CBHs, estes levam em consideração características físicas, socioculturais, econômicas e políticas relacionadas aos recursos hídricos da área de atuação.

Os CBHs são organismos deliberativos e normativos, isentos de personalidade jurídica e têm como principal papel a cogestão dos recursos hídricos em nível local, ou seja, na bacia hidrográfica de sua atuação. Uma de suas atribuições é resolver em primeira instância administrativa os conflitos pelo uso da água, debater políticas relativas aos recursos hídricos, aprovar e acompanhar os planos diretores de bacias hidrográficas, estabelecer mecanismos e valores para a cobrança pelo uso da água, dentre outras. Abaixo apresenta as CH, bem como, seus respectivos Comitês de Bacias Hidrográficas.

Figura 9.70 - CBHs do Estado de Minas Gerais



9.1.10.1.1. Bacia Hidrográfica do Rio Grande

O projeto está inserido na bacia Hidrográfica do Rio Grande que possui uma área de 143.000km² em sua totalidade. No estado de Minas Gerais se estende desde a serra da Mantiqueira no sul do estado até Triângulo Mineiro a oeste, compreendendo uma área de 86.800km², sendo esta área 60,8% da área total da bacia. Esta bacia é uma importante produtora de energia elétrica, responsável por cerca de 67% de toda energia hidroelétrica produzida no Estado.

A bacia hidrográfica do Rio Grande foi dividida em oito circunscrições hidrográficas (CHs), sendo estas: GD1 – Afluentes Mineiros do Alto Rio Grande; GD2 – Vertentes do Rio Grande; GD3 – Entorno do reservatório de Furnas; GD4 - Rio verde; GD5 - Rio Sapucaí; GD6 – Afluentes Mineiros dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo; GD7 - Afluentes do Médio Rio Grande; GD8 - Afluentes do Baixo Rio Grande. Estas CHs foram estabelecidas visando a implantação dos instrumentos da Política Estadual e da gestão descentralizada dos recursos hídricos no Estado de Minas Gerais.

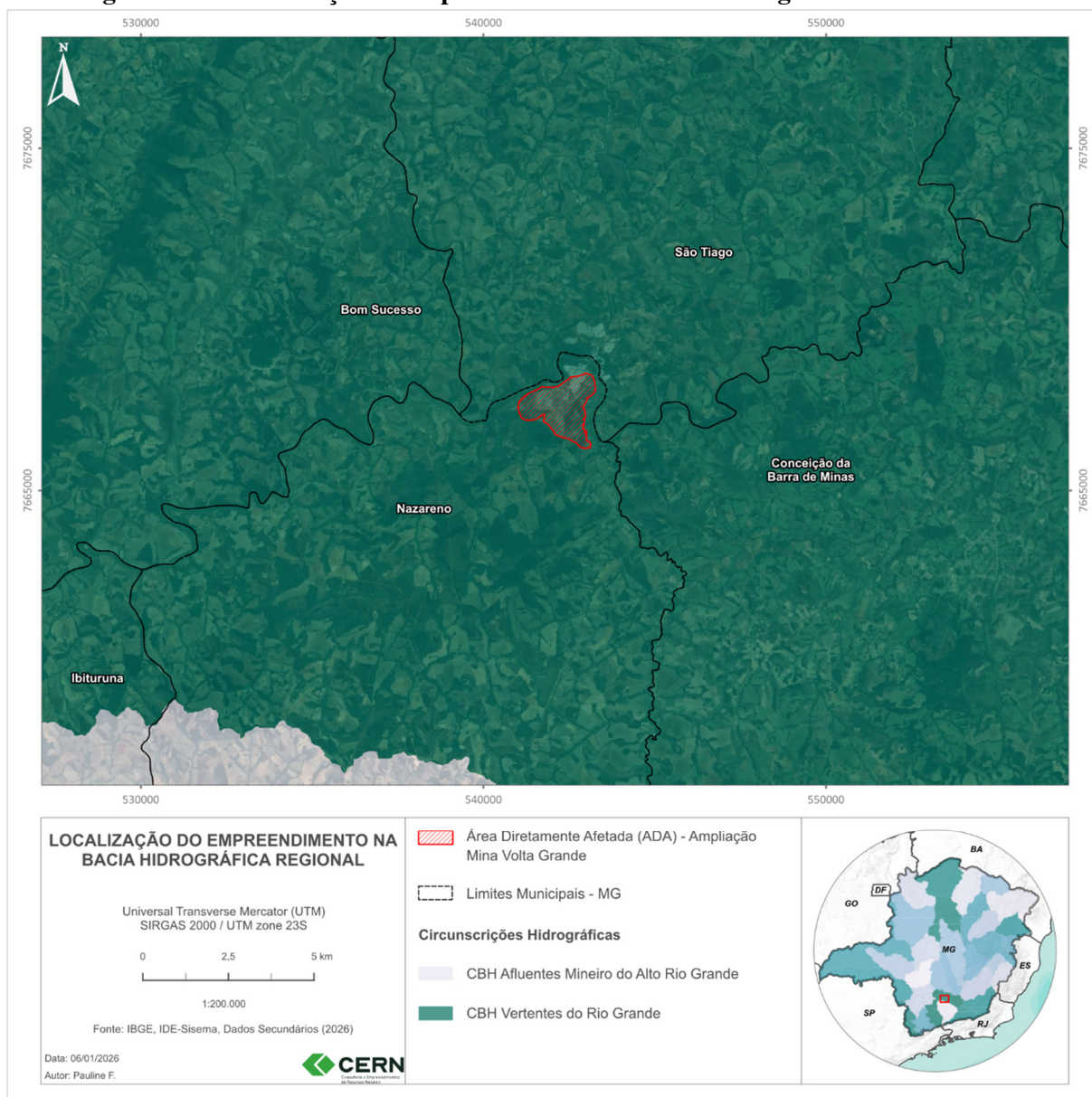
O Rio Grande, possui extensão total de 1.286 km, nasce no Alto do Mirantão, na Serra da Mantiqueira, município de Bocaina de Minas, com altitude de 1980 m aproximadamente. Seu curso apresenta direção preferencial SO-NE até as proximidades da cidade de Piedade de Minas. A partir daí, passa a correr para noroeste até próximo a barragem de Jaguará na divisa dos municípios de Sacramento e Conquista, quando passa a correr segundo a direção leste-oeste, após percorrer cerca de 216 km, conflui com o rio Aiuruoca e passa a ser de domínio da União.

A jusante desse ponto percorre mais 466 km até receber o rio das Canoas e forma a partir daí um limite natural entre os Estados de Minas Gerais e São Paulo até sua foz, quando forma o Rio Paraná, ao confluir com o Rio Paranaíba. Neste trecho recebe contribuintes importantes do estado de São Paulo, bastante diferentes dos pequenos rios do lado mineiro da bacia, pertencentes a região do Triângulo Mineiro.

Por toda extensão longitudinal de seu curso 13 barragens estão instaladas: Alto Rio Grande, Camargos, Itutinga, Funil, Furnas, Marechal Mascarenhas de Moraes (ex-Peixoto), Estreito, Jaguará, Igarapava, Volta Grande, Porto Colômbia, Marimondo e Água Vermelha. Há também parte do reservatório de Ilha Solteira em seu leito.

Os principais afluentes do rio Grande pela margem esquerda são os rios Aiuruoca, Capivari, Verde, São João, Carmo Sapucaí (Paulista), Pardo e Turvo, onde os quatros últimos apresentam suas nascentes localizadas em território paulista. Pela margem direita, destacam-se os rios da Morte, Jacaré, Santana, Formiga, Pouso Alegre, Uberaba, São Francisco e Verde ou Feio e os ribeirões Borá, Dourados, Ponte Alta, Conquistinha, Ponte Alta/Toldas, do Buriti, da Bagagem, São Mateus, do Frutal, Marimondo, da Moeda, Parafuso, do Bonito, Tronqueira, Monte Alto e da Mutuca.

Figura 9.71 - Localização do empreendimento na Bacia Hidrográfica do Rio Grande



9.1.10.1.2. Bacia Hidrográfica Vertentes do Rio Grande

A circunscrição hidrográfica GD2, correspondente às sub-bacias dos rios das Mortes e Jacaré, integra a Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos do rio Grande, sendo uma das mais relevantes por sua extensão territorial e importância socioeconômica. A área total da circunscrição é de aproximadamente 20.864 km², abrangendo 36 municípios, com destaque para Lavras, São João del-Rei, Oliveira e Campo Belo.

A circunscrição está inserida predominantemente no bioma Mata Atlântica, com remanescentes significativos de vegetação nativa e ecossistemas aquáticos de relevância ecológica. O relevo é

marcado por planaltos e depressões com altitudes médias entre 700 e 1.300 metros, o que influencia diretamente os regimes de escoamento superficial e infiltração.

9.1.10.1.3. Disponibilidade Hídrica Regional

A disponibilidade hídrica superficial na circunscrição hidrográfica GD2 foi avaliada com base em indicadores hidrológicos consolidados, especialmente as vazões Q7,10, Q95 e QMLT. Esses parâmetros fornecem referências para o planejamento do uso sustentável da água e avaliação do balanço hídrico nas sub-bacias dos rios das Mortes e Jacaré.

A vazão de referência Q7,10 (vazão mínima com 7 dias de duração e 10 anos de recorrência) foi calculada com base em dados de estações fluviométricas da rede hidrometeorológica nacional, por meio da técnica de regionalização hidrológica. A GD2 foi dividida em três regiões homogêneas para fins de estimativa, com os seguintes intervalos de valores de Q7,10:

- Região I (alta montante do rio das Mortes): 0,012 a 0,187 L/s/km²
- Região II (rio Jacaré e tributários de média altitude): 0,189 a 0,387 L/s/km²
- Região III (áreas de confluência): 0,388 a 0,671 L/s/km²

Esses dados indicam baixa disponibilidade específica nas cabeceiras, associada à menor cobertura vegetal e maior declividade, e maior regularidade nas áreas de baixa altitude e com presença de solos mais espessos, favorecendo o escoamento base.

Além disso, foram utilizados dados de vazão Q95 (percentil 95 das vazões diárias) e QMLT (vazão média de longo termo), com os seguintes intervalos:

- Q95: entre 0,8% e 3,2% da QMLT
- QMLT: variando de 5 a 75 L/s/km², dependendo da estação avaliada

O estudo apontou que, embora a QMLT seja, em geral, satisfatória para o suprimento de demandas hídricas difusas, a Q7,10 apresenta situações críticas de escassez, especialmente nos meses de julho a setembro, exigindo atenção na concessão de outorgas permanentes para usos consuntivos. A figura abaixo demonstra a disponibilidade hídrica das sub-bacias do Rio das Mortes.

Quadro 9.31 - Disponibilidade hídrica Rio das Mortes

Bacia Hidrográfica	Área (km ²)	Q7,10 (m ³ /s)	q7,10 (l/s.km ²)	Q95 (m ³ /s)	q95 (l/s.km ²)	QMLT (m ³ /s)	qMLT (l/s.km ²)
Baixo do Alto Rio Grande	712,2	3	4,21	4,04	5,68	13,35	18,75
Rio Carandaí	676,2	2,83	4,18	3,81	5,64	12,66	18,72
Baixo Rio das Mortes	1210,8	5,54	4,58	7,35	6,07	23,03	19,02

Rio dos Peixes	511,6	2,05	4	2,79	5,45	9,5	18,58
Médio Rio das Mortes	960,2	4,24	4,41	5,66	5,89	18,15	18,9
Rio Jacaré	2111,4	10,55	5	13,73	6,5	40,76	19,3

Fonte: Plano de Recursos Hídricos da Circunscrição Hidrográfica do Rio das Mortes (2011)

9.1.10.1.4. Usos Múltiplos das Águas Superficiais

Para a análise da utilização das águas superficiais na bacia hidrográfica GD2 (rios das Mortes e Jacaré), foi realizado o levantamento das outorgas regulares e usos insignificantes cadastrados no Sistema de Gestão de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais (IDE-Sisema). A partir dos dados extraídos e consolidados, foram identificadas as demandas por setor usuário, considerando apenas os usos com indicação de captação em corpos hídricos superficiais. A unidade de vazão foi normalizada para metros cúbicos por segundo (m^3/s), conforme apresentado no quadro a seguir:

Quadro 9.32 - Características das regiões hidrográficas da bacia do São Francisco

SETOR USUÁRIO	VAZÃO (m^3/s)
Outros	2,401643
Irrigação	2,023326
Mineração	0,291949
Dessedentação Animal	0,03792
Aquicultura	0,01865
Total	4,773488

Observa-se que o maior volume de água outorgado está classificado como "Outros", o que engloba usos diversos como paisagismo, uso múltiplo em propriedades rurais e pequenos abastecimentos não especificados. Em seguida, destaca-se a Irrigação, que representa o segundo maior consumo da bacia. Os demais setores apresentam valores significativamente menores, todos inferiores a $0,3 m^3/s$, com destaque para a Mineração, que figura como terceiro maior uso. A demanda total consolidada para a bacia GD2 é de aproximadamente $4,77 m^3/s$.

9.1.10.1.5. Caracterização Local

A área em estudo está situada próxima ao Rio das Mortes, que margeia e acompanha o empreendimento ao longo de toda a sua extensão. A porção norte do empreendimento está inserida nas sub-bacias do Córrego do Tanque e do Ribeirão Capão. O Córrego do Tanque é um afluente esquerdo do Rio das Mortes, com foz próxima ao distrito do Germinal, no município de São Tiago, e já foi objeto de estudos técnicos e outorgas no âmbito do IGAM.

A porção sul se insere nas sub-bacias do Córrego da Pedra e do Córrego Marimbondo. Este último possui relevância ambiental por estar inserido em uma área urbana com histórico de impactos, onde vêm sendo desenvolvidos projetos de recuperação e saneamento integrado, incluindo ações de renaturalização e prevenção de enchentes. Embora não haja dados detalhados sobre as sub-bacias do Ribeirão Capão e do Córrego da Pedra, ambas desempenham papel importante na rede de drenagem local e na conectividade hidrológica com o Rio das Mortes.

Figura 9.72 – Hidrografia (IDE-SISEMA) no entorno do empreendimento



A Figura 9.72 apresenta a hidrografia na área do empreendimento disponibilizada pelo estado na plataforma *IDE-SISEMA*, no entanto esta drenagem não representa a realidade atual dos recursos hídricos, apresentando deslocamento significativo, uma vez que sua elaboração foi

realizada a partir do Mapeamento Sistemático do Brasil, pela Coordenação de Cartografia do IBGE e pela Diretoria de Serviço Geográfico - DSG do Exército Brasileiro. Os dados foram obtidos por meio do processamento de modelos de elevação disponibilizados por projetos como o *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM ou o NASADEM, da agência espacial norte-americana, a *National Aeronautics and Space Administration* – NASA, com dados topográficos de 30 metros.

Destaca-se que a base hidrográfica disponibilizada no *IDE-SISEMA* é elaborada apenas a partir de produtos de sensoriamento remoto, retratando a dinâmica de vertentes e indicando a localização dos talwegues da bacia hidrográfica. No entanto, a presença de talvegue não significa obrigatoriamente a existência de curso d'água, uma vez que o talvegue pode ser caracterizado como um canal de drenagem pluvial (drenagem efêmera). Ao mesmo tempo, além de não ser eficaz na determinação da presença de talvegue fluvial, não alcança uma vetorização precisa da localização das drenagens. Dessa forma, o levantamento *in loco* se faz fundamental para caracterizar e identificar a realidade hidrográfica das bacias locais.

9.1.10.1.6. Cadastramento de Nascentes

Frente a importância de levantamento e avaliação de possíveis impactos do projeto à área, é fundamental delimitar as áreas de preservação permanente (APP) relacionadas aos recursos hídricos. As APP's hídricas consistem em áreas no entorno de nascentes e olhos d'água perenes, de lagoas e reservatórios naturais e artificiais e de cursos d'água perenes ou intermitentes. Dessa forma, realizou-se o cadastramento de nascentes/surgências e a aferição dos cursos de drenagem, em regiões pré-definidas relacionadas ao Projeto Barreiras – Fase 1, apresentando uma breve descrição das características naturais da área.

O inventário de recursos hídricos consistiu na identificação dos pontos de surgências, em percorrer os cursos d'água, concomitante à demarcação de pontos em seu trajeto, para efetuar o desenho da drenagem. Durante esse percurso do curso d'água também são verificados outros elementos relevantes aos recursos hídricos, como: presença de talwegues secos, captações de água, lagoas e barramentos. Desse modo, é possível realizar a delimitação exata das APP's hídricas.

A metodologia empregada no inventário de recursos hídricos teve início com uma compilação dos dados topográficos disponíveis, levantamento de informações de estudos já realizados na área, obtenção de base de drenagens do IBGE e levantamento de arruamentos/ vias pavimentadas e não pavimentadas.

Por meio da topografia foi confeccionado um modelo digital do terreno (MDT) no *software* ArcGIS PRO, no qual foi possível entender a dinâmica dos escoamentos superficiais, tornando-se uma das formas utilizadas para a definição das áreas de inspeção.

Outro método utilizado foi a verificação das drenagens já levantadas e disponibilizadas pelo IBGE, ajustando as mesmas sobre uma imagem de satélite do local. Também foram consideradas as drenagens e nascentes já levantadas em estudos anteriores realizados próximo à área.

Após a compilação de todos os dados obtidos pelas metodologias descritas acima, foi feito um mapa pré-campo com as seguintes informações: nascentes já levantadas da área, pontos e locais de possíveis ocorrências de nascentes, drenagens da região, limite da área de estudo e arruamentos e vias (pavimentadas e não pavimentadas).

O caminhar foi registrado em rotas georreferenciadas, com o auxílio do GPS eTrex 32 X Garmin, com precisão estimada de 3 metros, utilizando o sistema de projeção UTM e o *Datum* WGS84, zona 23S, sendo os dados posteriormente transcritos para o *Datum* SIRGAS2000, em conformidade com a Resolução 01/2005 do IBGE.

Foram realizadas quatro campanhas de campos na região, em que resultou no cadastro de 20 pontos de nascentes. A primeira campanha foi realizada em março e abril de 2024, entre os dias 25 de março e 04 de abril, contemplando a estação chuvosa. A segunda campanha ocorreu em agosto de 2024, entre os dias 05 e 10, contemplando a estação seca. A terceira campanha ocorreu em maio de 2025, entre os dias 26 e 30, contemplando a estação seca. A quarta campanha ocorreu em janeiro de 2026, entre os dias 05 e 07, contemplando a estação chuvosa. A classificação de nascentes e olho d'água foi orientada pela Lei nº12.651, de 25 de maio de 2012, Art. 1º:

“XVII - nascente: afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água; (Vide ADIN Nº 4.903)

XVIII - olho d'água: afloramento natural do lençol freático, mesmo que intermitente;”

A diferenciação realizada em campo, embasada pelo Novo Código Florestal Brasileiro, caracterizou como nascente o afloramento natural do lençol freático que dá início a um curso d'água e o olho d'água o afloramento natural do lençol freático, não contínuo, não apresentado fluxo de água e assim, não formando um curso d'água. As nascentes intermitentes foram incluídas na classificação uma vez que foram definidas como áreas de proteção permanente através da Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADI) Nº 4.903 em 28 de fevereiro de 2018 pela decisão:

“vii) por maioria, dar interpretação conforme ao art. 4º, IV, do Código Florestal, para fixar a interpretação de que os entornos das nascentes e dos olhos d’água intermitentes configuram área de preservação ambiental, vencidos o Ministro Gilmar Mendes e, em parte, os Ministros Marco Aurélio e Cármen Lúcia (Presidente);”

No Quadro 9.33 abaixo, estão apresentadas as características das nascentes inventariadas durante as campanhas.

Quadro 9.33 - Pontos de nascentes registrados na área de estudo

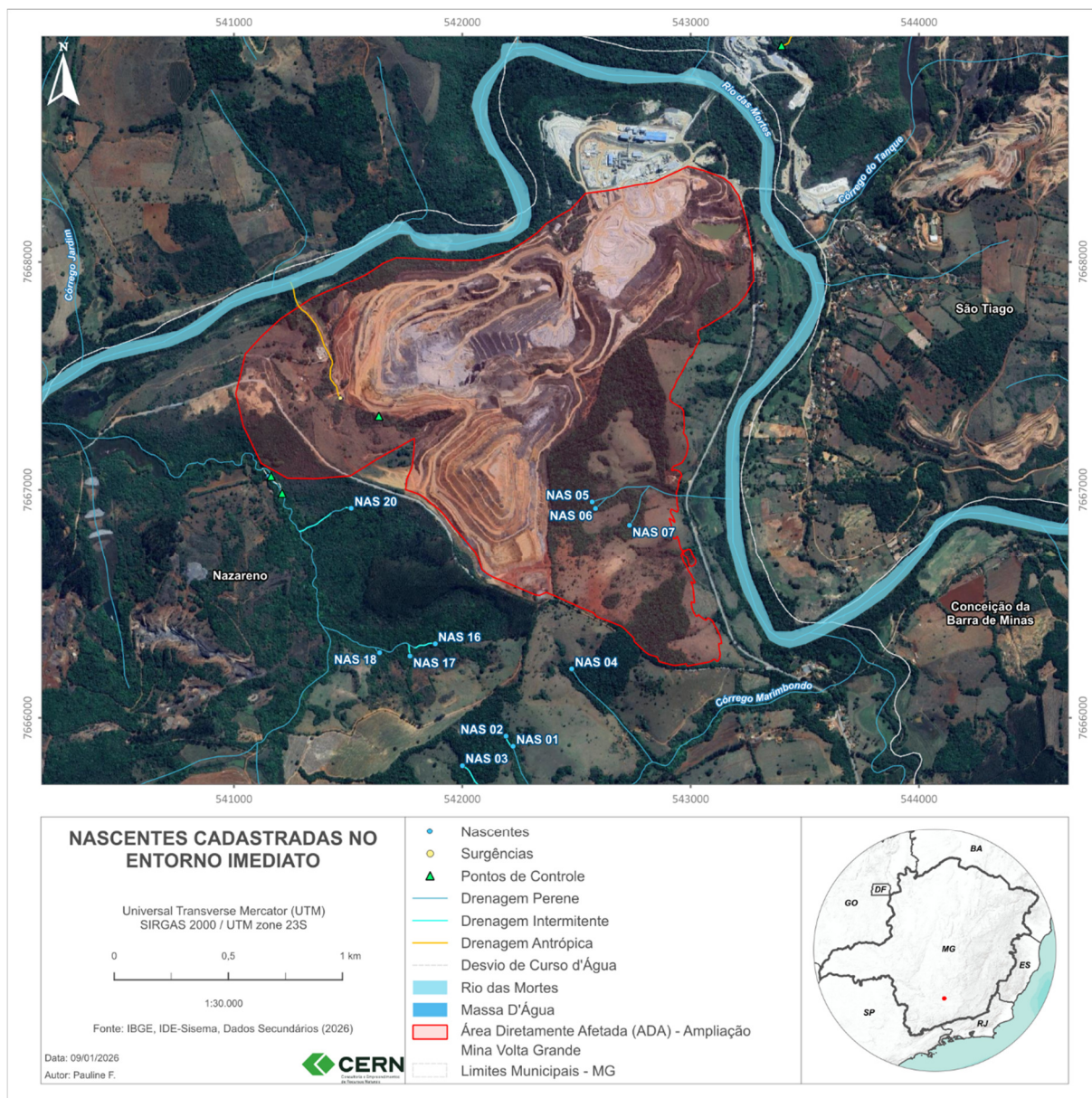
Ponto	Coordenadas UTM SIRGAS 2000 23S		Tipo de Nascente	Mobilidade (m)	Mobilidade Longitudinal (m)	Vazão (l/s)		Elevação (m)
	X	Y				Chuvosa	Seca	
NAS 01	542223	7665875	Múltipla	N/A	N/A	0,1074	0,0937	907
NAS 02	542192	7665919	Pontual	66	17	0,0195	N/A	920
NAS 03	542001	7665790	Pontual	346	44	N/A	N/A	924
NAS 04	542480	7666213	Pontual	N/A	N/A	0,2167	0,0951	917
NAS 05	542569	7666947	Difusa	N/A	N/A	0,0184	0,03	892
NAS 06	542584	7666918	Difusa	N/A	N/A	0,1310	0,0158	890
NAS 07	542733	7666845	Difusa	N/A	N/A	0,0445	0,0271	882
NAS 08	543369	7669851	Difusa	N/A	N/A	N/A	N/A	895
NAS 09	543306	7669867	Difusa	18	3	N/A	N/A	897
NAS 10	543437	7669975	Difusa	50	10	0,0624	N/A	913
NAS 11	543452	7669951	Pontual	N/A	N/A	0,0588	0,0120	913
NAS 12	543045	7669956	Pontual	N/A	N/A	0,0548	0,0379	899
NAS 13	543180	7670288	Difusa	69	3	N/A	N/A	904
NAS 14	543969	7669817	Difusa	50	15	0,1529	N/A	926
NAS 15	543231	7669415	Difusa	N/A	N/A	0,2698	0,0327	901
NAS 16	541882	7666323	Difusa	97	6	0,2607	N/A	906
NAS 17	541771	7666269	Pontual	53	4	0,1136	N/A	901
NAS 18	541638	7666284	Difusa	N/A	N/A	N/A	N/A	891
NAS 19	543084	7669037	Difusa	N/A	N/A	N/A	N/A	882
NAS 20	541511	7666910	Múltipla	N/A	N/A	N/A	0,0468	892

Na Figura 9.73 a seguir pode-se observar a localização das nascentes levantadas em relação a ADA do empreendimento. Na Figura 9.74 é apresentada a distribuição das nascentes no entorno imediato do empreendimento, as quais possuem maior relevância para a análise, em função da proximidade e da potencial interação com as intervenções previstas.

Figura 9.73 - Localização das nascentes em relação à área do empreendimento



Figura 9.74 - Localização das nascentes no entorno imediato à área do empreendimento



Na sequência, são apresentadas as descrições das nascentes localizadas no entorno imediato da área do empreendimento. As demais nascentes cadastradas na região não são detalhadas neste item, por não apresentarem relação espacial e funcional com a área de influência do projeto, não estando sujeitas a impactos diretos ou indiretos decorrentes de sua implantação e operação.

● *Ponto NAS 01*

Não apresentou mobilidade entre as campanhas. Nascente apresenta exfiltração múltipla, com característica pontual e de duto, com fluxo reocrenos. Durante a campanha chuvosa apresentou aspecto límpido e sem odor, enquanto na estação seca apresentou turbidez e odor de matéria orgânica em decomposição. Não apresenta talvegue seco a montante, e seu talvegue é pouco

encaixado. A jusante, em seu encontro com o afluente forma área brejosa. Através da análise tátil-visual o solo foi caracterizado como argilo arenoso de cor marrom escura. Se encontra em fragmento de mata em conservação média. Foi verificado trilhas no entorno da nascente.

Figura 9.75 – Registro fotográfico da NAS01

Nascente (Campanha Seca)



Nascente (Campanha Chuvosa)



Visão a montante (Campanha Seca)



Visão a montante (Campanha Chuvosa)



Visão a jusante (Campanha Seca)



Visão a jusante (Campanha Chuvosa)



Visão a jusante (Campanha Seca)



Visão a jusante (Campanha Seca)



- *Ponto NAS 02*

Nascente intermitente, apenas localizada na estação chuvosa. Nascente apresenta exfiltração pontual, com fluxo reocrenos e aspecto límpido e sem odor. Apresenta talvegue seco a montante e seu talvegue é pouco encaixado. Através da análise tátil-visual o solo foi caracterizado como argiloso de cor marrom, com espessa camada de serrapilheira sobreposta. Se encontra em fragmento de floresta estacional semidecidual em conservação média. Foi verificado trilhas no entorno da nascente.

Figura 9.76 – Registro fotográfico da NAS02

Nascente (Campanha Chuvosa)



Visão a jusante (Campanha Chuvosa)



Visão a montante (Campanha Chuvosa)



Medição de Vazão (Campanha Chuvosa)



- **Ponto NAS 03**

Nascente apresentou mobilidade descendente entre as campanhas. No período chuvoso, apresentou exfiltração pontual, fluxo reocrenos e aspecto límpido e sem odor. Apresenta talvegue seco a montante e possui talvegue bem encaixado. Através da análise táctil-visual o solo foi caracterizado como argiloso de cor marrom, com espessa camada de serrapilheira sobreposta. Se encontra em fragmento de floresta estacional semidecidual em conservação média. Sem antropização no entorno imediato.

No período seco, apresentou fluxo pontual, fluxo reocrenos e aspecto límpido e sem odor. A montante existe uma descontinuidade de seu talvegue pela presença de pasto, seguida por fragmento de mata onde foi identificado o ponto na campanha chuvosa. Apresenta talvegue pouco encaixado seguindo com fluxo difuso, que impossibilitou aferição de vazão. Através da análise tátil-visual o solo foi caracterizado como argiloso de cor marrom escura. Se encontra em fragmento de floresta estacional semidecidual em conservação baixa. Está circunscrita por pasto, e foi identificado trilhas e fezes de boi no entorno imediato.

Figura 9.77 – Registro fotográfico da NAS03

Medição de vazão (Campanha Chuvosa)

Nascente (Campanha Seca)



Visão à montante (Campanha Seca)



Vazão (Campanha Chuvosa)



Visão à jusante (Campanha Seca)



Visão à jusante (Campanha Chuvosa)



- *Ponto NAS 04*

Não apresentou mobilidade entre as campanhas. Nascente com exfiltração pontual, fluxo reocrenos e com aspecto límpido e sem odor. Apresenta talvegue seco a montante pouco encaixado. A jusante apresenta talvegue bem encaixado. Através da análise táctil-visual o solo foi caracterizado como argiloso de cor marrom. Se encontra em floresta estacional semidecidual e estado médio de conservação. A montante apresenta pastagem.

Figura 9.78 – Registro fotográfico da NAS04

Nascente (Campanha Seca)



Visão à montante (Campanha Chuvosa)



Visão à montante (Campanha Seca)



Visão à jusante (Campanha Chuvosa)



Medição de Vazão (Campanha Seca)



Medição de Vazão (Campanha Chuvosa)



Vazão (Campanha Seca)



- *Ponto NAS 16*

Apresentou mobilidade entre as campanhas. No período chuvoso, apresentou exfiltração difusa, com fluxo limnocrenos e aspecto límpido e sem odor. Apresenta talvegue seco a montante. Apresenta talvegue encaixado a jusante. Através da análise tátil-visual o solo foi caracterizado como argiloso de cor marrom, e apresenta espessa camada de serrapilheira. Se encontra em floresta estacional semidecidual em estado médio de conservação.

No período seco, apresentou exfiltração difusa, com fluxo limnocrenos e aspecto límpido e sem odor. Apresenta talvegue seco a montante. A jusante apresenta talvegue encaixado, com presença de blocos rochosos. Devido a característica rochosa no talvegue não foi localizado local possível para aferir vazão. Através da análise tátil-visual o solo foi caracterizado como argiloso de cor marrom alaranjado, e apresenta espessa camada de serrapilheira. Se encontra em floresta estacional semidecidual em estado baixo de conservação, está paralela a pastagem. Foi identificado trilhas de acesso e de boi no entorno imediato.

Figura 9.79 – Registro fotográfico da NAS16

Nascente (Campanha Chuvosa)

Nascente (Campanha Seca)



Visão à montante (Campanha Chuvosa)



Visão à montante (Campanha Seca)



Medição de Vazão (Campanha Chuvosa)



Visão à jusante (Campanha Seca)



● Ponto NAS 17

Nascente intermitente. Apresenta exfiltração pontual, com fluxo reocrenos e aspecto límpido e sem odor. Apresenta talvegue seco a montante. A jusante talvegue segue bem encaixado. Através da análise tátil-visual o solo foi caracterizado como argiloso de cor marrom avermelhado. Se encontra em floresta estacional semidecidual em baixo estado de conservação. Próximo a nascente apresenta pastagem, e foi verificado trilhas de boi no entorno.

Figura 9.80 – Registro fotográfico da NAS17

Nascente (Campanha Chuvosa)



Visão à jusante (Campanha Chuvosa)



Medição de Vazão (Campanha Chuvosa)



- *Ponto NAS 18*

Não apresentou mobilidade entre as campanhas. Nascente apresenta exfiltração difusa, com fluxo limnocrenos e aspecto límpido e sem odor. Não apresenta talvegue seco a montante. A jusante apresenta talvegue pouco encaixado com escoamento difuso, impossibilitando aferição de vazão. Através da análise táctil-visual o solo foi caracterizado como argiloso de cor marrom alaranjado. Se encontra em floresta estacional semidecidual em baixo estado de conservação. Próximo a nascente apresenta pastagem, e foi verificado trilhas de boi no entorno.

Figura 9.81 – Registro fotográfico da NAS18

Nascente (Campanha Chuvosa)

Nascente (Campanha Seca)



Visão à montante (Campanha Chuvosa)

Visão à montante (Campanha Seca)



Visão à jusante (Campanha Seca)



Visão à jusante (Campanha Chuvosa)



● *Ponto NAS 20*

Nascente apresenta exfiltração múltipla, com característica de duto e difusa. Apresenta fluxo reocrenos e aspecto límpido e sem odor. Apresenta talvegue pouco encaixado a montante. Apresenta talvegue encaixado a jusante. A jusante o talvegue perde encaixe e a água infiltra no solo, voltando a ressurgir próximo à confluência com o curso d'água principal. Através da análise tátil-visual o solo foi caracterizado como argiloso de cor marrom escura, com presença de espessa serrapilheira. A vegetação no entorno é caracterizada por floresta estacional semidecidual em estado bom de conservação. Foi identificado cerca próxima a nascente. Durante a estação chuvosa apresentou fluxo limnocrenos, impossibilitando a aferição de vazão.

Figura 9.82 – Registro fotográfico da NAS20

Nascente (Campanha Seca)



Nascente (Campanha Chuvosa)



Visão à montante (Campanha Seca)



Visão à montante (Campanha Chuvosa)



Visão à jusante (Campanha Seca)



Visão à jusante (Campanha Chuvosa)



Medição de Vazão (Campanha Seca)

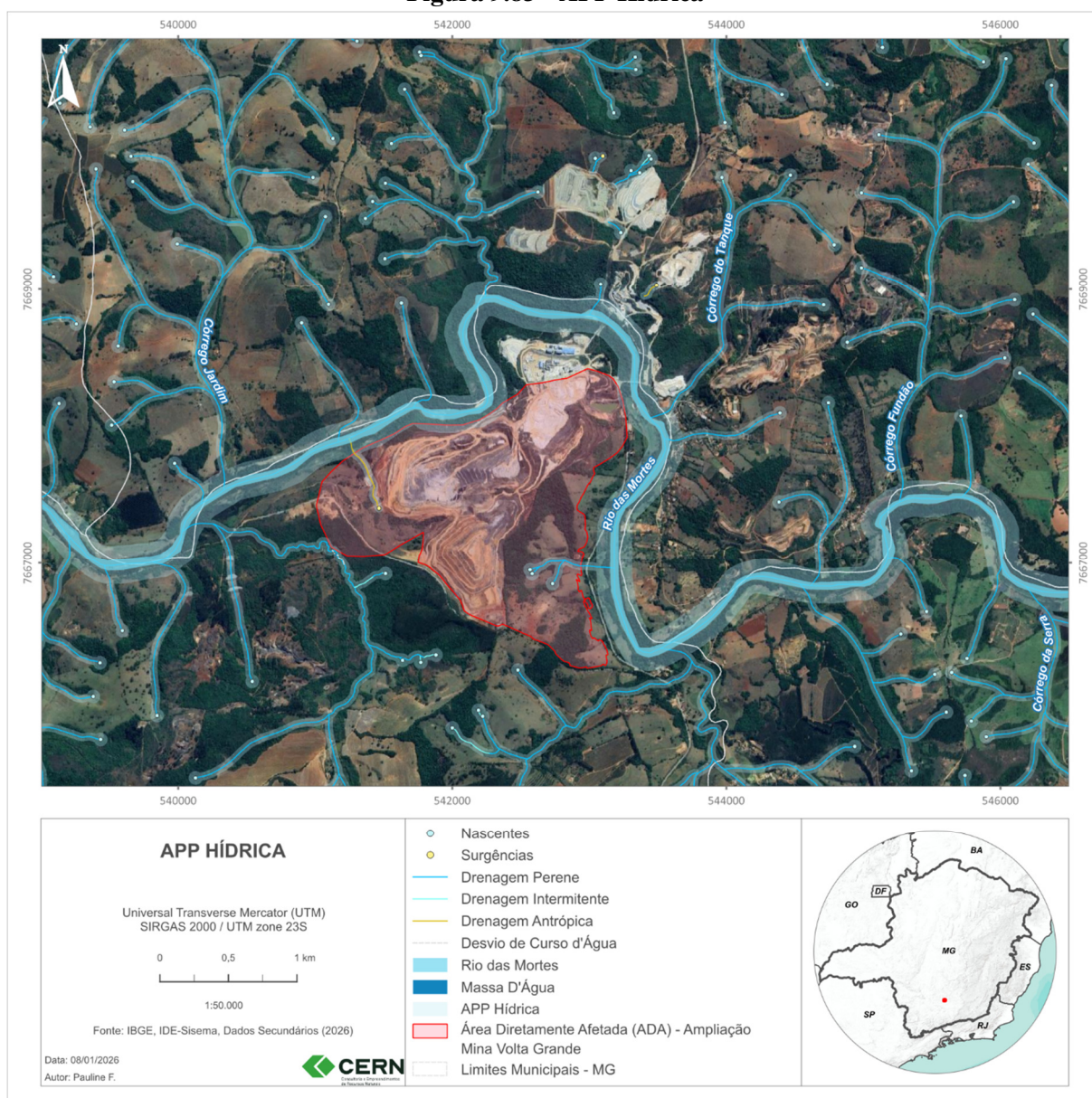


9.1.10.1.7. APP Hídrica

Conforme a Lei Federal nº 12.651, de 25 maio de 2012 e Lei Florestal de Minas Gerais nº 20.922, de 16 de outubro de 2013, a definição de nascente consiste no afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água. Admite-se como área

de preservação permanente (APP) um raio mínimo de 50 m no entorno das nascentes e olhos d'água perenes. As faixas marginais ao longo dos cursos d'água classificados como perenes e intermitentes também são passíveis de APP's, no qual as áreas de proteção são definidas a partir de medidas da borda da calha do leito regular, variando de 30 a 500 m de acordo com a sua largura. A partir de 28 de fevereiro de 2018 por meio de decisão da ADI Nº 4.903 em 28 de fevereiro de 2018 admite-se APP de um raio mínimo de 50 m no entorno das nascentes intermitentes. As áreas de proteção permanente na área do empreendimento são apresentadas na Figura 9.83

Figura 9.83 - APP Hídrica



9.1.10.1.8. Enquadramento dos cursos d'água

O enquadramento dos corpos d'água é um dos instrumentos fundamentais da Política Nacional (Lei nº 9.433/1997) e da Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei nº 13.199/1999), com a finalidade de assegurar às águas — superficiais e subterrâneas — qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, bem como promover a racionalização dos custos de combate à poluição, por meio de ações preventivas. A partir da identificação dos usos preponderantes, o enquadramento define a classe de qualidade da água a ser mantida ou atingida ao longo do tempo, orientando tanto a gestão da qualidade como os demais instrumentos de planejamento e controle ambiental.

No contexto do planejamento ambiental e do licenciamento de empreendimentos, o enquadramento estabelece diretrizes para análise de impacto e condicionantes relacionadas à manutenção da qualidade hídrica. Integra-se ainda aos demais instrumentos de gestão, como a outorga do direito de uso da água, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e o licenciamento ambiental.

A área de influência do empreendimento insere-se na bacia hidrográfica do rio das Mortes e seus afluentes, conforme a Deliberação Normativa CERH nº 59, de 13 de dezembro de 2018, que define o enquadramento dos cursos d'água da Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos GD2. Os corpos hídricos localizados na área avaliada estão assim enquadrados:

- Trecho 85: Rio das Mortes, da confluência com o rio do Peixe até a confluência com o rio Grande no reservatório da Usina Hidrelétrica Funil. Este trecho é classificado como classe 2, e abrange diretamente o curso principal na área de estudo;

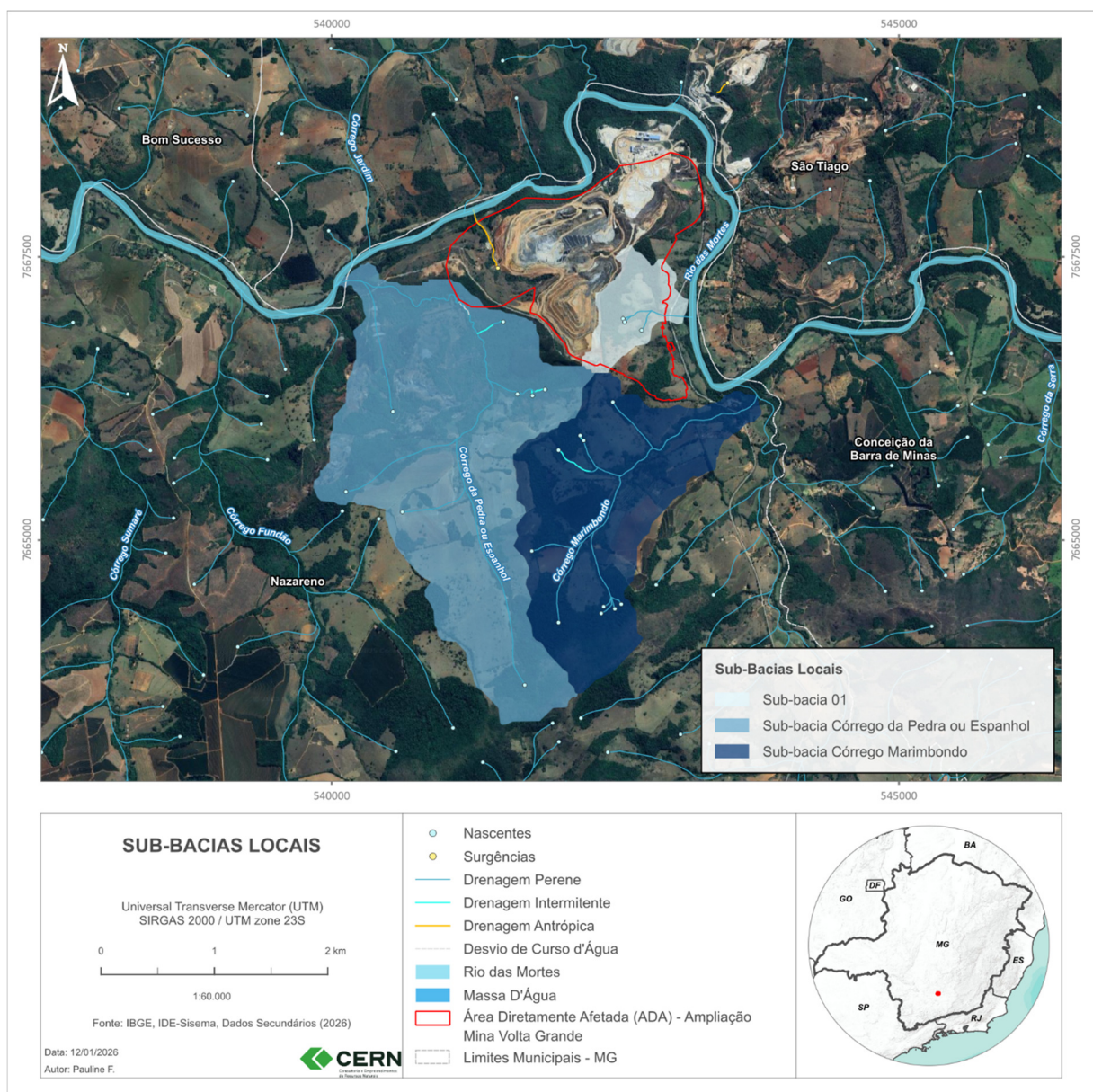
O Córrego do Espanhol e Marimbondo deságuam diretamente no Rio das Mortes (trecho 85). Conforme previsto no art. 2º da DN CERH nº 59/2018, cursos d'água não contemplados explicitamente na tabela de enquadramento devem adotar a mesma classificação do corpo hídrico receptor. Assim, é enquadrado como classe 2 por associação.

A adoção das classes 1 e 2 para os corpos hídricos mencionados implica em parâmetros de qualidade compatíveis com usos como abastecimento para consumo humano (com ou sem tratamento), proteção da biota aquática, irrigação, dessedentação de animais, recreação de contato secundário e outros. Esses critérios deverão ser considerados na avaliação dos potenciais impactos ambientais do empreendimento, com atenção especial às restrições impostas para lançamentos de efluentes, supressão de vegetação ripária e alterações no regime hidrológico.

9.1.10.1.9. Características Geométricas Gerais das Sub-Bacias

A partir da delimitação das bacias, dos dados topográficos e da rede de drenagem, foi possível mensurar as características geométrica básicas, que dão subsídio para análise morfométrica. A análise foi realizada nas sub-bacias que se encontram no entorno da área de interesse. A Figura 9.84 ilustra a delimitação das sub-bacias com relação ao empreendimento, no Quadro 9.34 constam as suas características.

Figura 9.84 – Bacias Locais



Quadro 9.34 – Características da bacia

PARÂMETROS	Córrego da Pedra ou Espanhol	Córrego Marimbondo	Sub-bacia 01
Área (km²)	5,0907	3,0002	0,5538
Perímetro Bacia (km)	12,7134	8,8938	3,6521
Comprimento do curso d'água principal (km)	4,7760	2,9960	0,6415
Número de canais	11	14	4
Distância da cabeceira e foz do canal (km)	3,8950	2,6660	0,6010
Soma do comprimento de todos os cursos d'água (km)	8,8685	6,1563	0,9093
Cota de maior elevação (m)	1103	1105	972
Cota de menor elevação (m)	847	851	851
Número de canais de 1 ordem	8	10	3
Amplitude Altimétrica Máxima (m)	256	254	121

Por meio de elementos mensuráveis, esse ramo da geomorfologia permite a comparação entre diferentes bacias hidrográficas no intuito de analisar seu regime hidrológico. Dos aspectos avaliados, alguns são aplicados às bacias hidrográficas e outros diretamente aos canais de drenagem. Dos elementos considerados, a forma, densidade de drenagem, densidade de rios, extensão do percurso superficial, coeficiente de manutenção, relação de relevo e textura topográfica são aplicados a bacia hidrográfica, já a hierarquização fluvial e o coeficiente de sinuosidade aos canais de drenagem. No Quadro 9.35 a seguir consta as fórmulas utilizadas nos cálculos dos parâmetros analisados neste estudo.

Quadro 9.35 – Parâmetros da geomorfologia fluvial

PARÂMETRO	FÓRMULA	DESCRIÇÃO	UNIDADE
Coeficiente de sinuosidade (SIN)	$SIN = Lc/Ld$	Lc = comprimento do canal de drenagem principal	Adimensional
		Ld = distância linear entre o ponto da cabeceira e foz do canal de drenagem principal	

PARÂMETRO	FÓRMULA	DESCRIÇÃO	UNIDADE
Forma da bacia (Ic)	$Ic = A/Ac$	A = Área da bacia considerada em km ²	Adimensional
		Ac = Área do círculo com perímetro igual ao da bacia	
Densidade de drenagem (Dd)	$Dd = Lt/A$	Lt = comprimento total de canais em km	km/km ²
		A = Área da bacia em km ²	
Densidade de rios (Dr)	$Dr = N/A$	N = N° de canais	canais/km ²
		A = Área da bacia	
Extensão do escoamento superficial (Eps)	$Eps = 1 / (2.Dd) * 1000$	Dd = Densidade de drenagem	m
Coeficiente de manutenção da bacia (Cm)	$Cm = (1 / Dd) * 1000$	Dd = Densidade de drenagem	m ² /m
Relação de Relevo (Rr)	$Rr = Ampl\ Max/Lc$	Ampl Max = Amplitude Máxima	Adimensional
		Lc = comprimento do canal de drenagem principal	
Textura Topográfica (Tt)	$LOG\ Tt = 0,219649 + 1,115\ logDd$	Dd = Densidade de drenagem	Adimensional

➤ Hierarquização fluvial

Segundo Christofletti (1980) a hierarquia fluvial permite estabelecer uma classificação de um determinado curso d'água em comparação com o conjunto total da bacia hidrográfica. Usualmente podem ser aplicadas duas técnicas: a definida por Horton, onde canais de primeira ordem não apresentam tributários, os de segunda ordem correspondem a confluência de dois canais de primeira, os de terceira dois canais de segunda e assim sucessivamente, sendo que o canal principal apresentará a mesma ordem, desde sua nascente até a jusante. Já a técnica de Strahler, se diferencia da primeira ao considerar que o canal principal apresenta hierarquia condicionada pela confluência de canais de ordem inferior, não tendo a mesma ordem desde seu montante até sua jusante. A relação entre a hierarquia fluvial e o regime de fluxo de canais é que quanto maior a ordem do canal mais provável que ele seja perene, segundo *NC Division of Water Quality* (2005).

Como justificativa, canais de primeira ordem tendem a ocorrer em bacias de menores dimensões, com menor capacidade de produção de água, inferindo assim a efemeridade de canais, enquanto que em canais de ordem superior, a superfície da bacia hidrográfica tende a ser maior; conseqüentemente, será maior a produção de água, permitindo inferir a perenidade ou intermitência do canal. Outro aspecto a se considerar é que possivelmente deverá haver mais

de um canal no seu montante, aumentando assim a contribuição de água, seja ela fluvial ou pluvial, nos segmentos posteriores.

A hierarquia fluvial também permite estimar o nível de desenvolvimento ou evolução da paisagem em uma bacia hidrográfica, onde canais de primeira ordem indicam formações mais recentes e canais de ordem igual ou superior a segunda, tendem a ser mais evoluídos. Sobre isto, formações mais antigas da paisagem, neste caso, canais ou convergências do terreno, tendem à perenidade ou intermitência.

➤ **Coefficiente de sinuosidade**

Corresponde à distância direta de montante até a jusante de um curso hídrico em relação ao comprimento total do talvegue do mesmo curso hídrico. Para sua determinação definem-se dois pontos, geralmente a cabeceira a foz, medindo-se a distância linear entre eles e em seguida a distância total do canal de drenagem, considerando seus meandros. A divisão do segundo pelo primeiro fornece o índice de sinuosidade.

Segundo a *NC Division of Water Quality* (2005) a sinuosidade tem relação com o gradiente de inclinação (G_c) de um determinado canal. Normalmente canais com grande declividade têm coeficientes de sinuosidade baixos; e córregos com pequena amplitude altimétrica (H_m) geralmente tem uma elevada sinuosidade. Desta forma, canais com regime de fluxo efêmero e intermitente, por não terem um fluxo constante, apresentam-se mais retilíneos.

A *NC Division of Water Quality* (2005) propõe quatro classificações relacionadas a sinuosidade (SIN) de um canal:

- Forte – quando a relação é superior a 1,4 e os canais apresentam inúmeras curvas e poucos trechos retilíneos, canais com tendência a ser perenes;
- Moderada – quando a relação está entre 1,2 e 1,4 e os canais apresentam sinuosidade, mas também alguns segmentos retilíneos. A tendência do canal é apresentar perenidade ou intermitência;
- Fraca – quando a relação está entre 1,0 a 1,2, cujos canais têm poucas curvas, e maior número de segmentos retilíneos, este comportamento mais comum em canais intermitentes e efêmeros;
- Ausente – quando a relação é igual a 1,0, sendo o canal praticamente reto, sem curvas. Em canais retilíneos, o regime de fluxo tende à efemeridade.

➤ Forma da Bacia

A forma de uma bacia está relacionada a sua circularidade. Christofolletti (1980) faz a relação entre a área de uma bacia hidrográfica com a área de um círculo de mesmo perímetro. Machado e Torres (2012) apresentam que o valor máximo obtido para o índice de circularidade é equivalente a 1,0, observando nesta situação uma bacia hidrográfica totalmente circular. Nesse sentido, quanto mais próximo a um (1,0) for o índice de circularidade, mais circular apresenta-se a forma da bacia hidrográfica, e de maneira inversa, quanto mais próximo a zero (0,0) for este índice, mais estreita e alongada é forma da bacia.

Bacias alongadas permitem um escoamento eficaz da água, apresentando uma resposta hidrológica rápida, fato comum em canais efêmeros, que apresentam fluxo de água em resposta direta a eventos pluviométricos. Bacias arredondadas, alargadas ou curtas apresentam um menor tempo de concentração que as alongadas. Sendo assim, tendo em vista que canais efêmeros respondem prontamente a eventos pluviométricos, gerando um escoamento de grande vazão, com um curto tempo de concentração, é possível inferir que bacias arredondadas tenham uma maior ocorrência de canais com esse regime de fluxo. Villela e Mattos (1975) correlacionam o formato da bacia hidrográfica com a probabilidade de ocorrência de enchentes.

Quadro 9.36 – Classificação da forma da bacia

IC	FORMATO DE BACIA	CLASSIFICAÇÃO
1,00 - 0,80	Redonda	Alta tendência a enchentes
0,80 - 0,60	Ovalada	Tendência mediana a enchentes
0,60 - 0,40	Oblonga	Baixa tendência a enchentes
< 0,40	Comprida	Tendência a conservação

Fonte: Adaptado de Villela e Mattos (1975)

➤ Densidade de drenagem

Este parâmetro é influenciado diretamente pelo clima e as condições físicas (geologia e pedologia). Tal índice pode ser aplicado como um indicador do nível de desenvolvimento de uma determinada bacia, permitindo inferir sua eficiência de drenagem, podendo estar relacionada ao tempo gasto para o escoamento superficial deixar a bacia hidrográfica.

Bacias de baixa densidade da drenagem indicam possivelmente uma infiltração mais eficiente, cujos canais presentes tendem a apresentar regime de fluxo perene ou intermitente. Ao contrário disso, em bacias de alta densidade de drenagem, a infiltração tende a ser reduzida, prevalecendo o escoamento superficial, bem como a abertura de novos canais em decorrência dos processos erosivos.

De acordo com Villela e Mattos (1975), as drenagens que apresentam valores de densidade inferiores a 0,5 km/km², estão associadas a bacias com densidade de drenagem baixa, em contrapartida, os valores de densidade de drenagem superiores a 3,5 km/km², correspondem a bacias hidrográficas excepcionalmente bem drenadas, neste estudo adotou-se que os valores compreendidos no intervalo de 0,5 a 3,5 equivalem a uma bacia hidrográfica com médio potencial para formação de novos canais.

Knierin e Trentin (2015) destacam as áreas de bacias que apresentam médio potencial, de maneira geral estão associadas a presença de rochas permeáveis e impermeáveis, uma vez que o comportamento hidrológico das rochas reflete na densidade de drenagem. Portanto, rochas com baixa capacidade de infiltração, aliadas a declividades acentuadas no relevo, tendem a favorecer um maior escoamento superficial na bacia e, por conseguinte, a formação de mais canais fluviais, o mesmo ocorre no sentido contrário, em que rochas mais permeáveis absorvem mais a água resultando no menor escoamento superficial e em função disso, a um menor número de canais fluviais.

➤ **Densidade Hidrográfica**

É a relação entre o número total de canais de primeira ordem e a área da bacia hidrográfica em que se inserem. Este índice representa o comportamento hidrográfico de uma determinada área, cujo aspecto fundamental é sua capacidade de gerar novos cursos d'água em uma bacia. Normalmente bacias com alta densidade hidrográfica tendem a apresentar maior número de canais efêmeros, em consequência justamente da maior capacidade de gerar novos canais. Santos e Sobreira (2008), ao estudarem determinadas bacias hidrográficas, afirmaram que altos valores de densidade hidrográfica indicam um menor potencial à infiltração, favorecendo escoamentos superficiais. Sendo assim, solos pouco permeáveis e altas densidades indicam uma maior propensão a escoamentos superficiais pluviais.

Segundo Silva et al. (2002), o sistema de drenagem de uma bacia pode ser facilmente alterado, bastando uma pequena mudança de gradiente de descarga do rio motivada, por exemplo, por pequenos ajustes neotectônicos e/ou a elevação súbita da descarga da bacia, em razão de enxurradas associadas ao desmatamento em grande escala, no montante da bacia, os quais podem levar à erosão basal das margens côncavas, até a formação de barras de sedimentos, nas margens convexas, a jusante.

Para se determinar a densidade hidrográfica, foi utilizada a seguinte equação:

$$Dh = N1/A$$

em que:

Dh = Densidade hidrográfica;

N1 = Número de rios ou canais de primeira ordem;

A = Área da bacia em km².

Adotou-se neste estudo a utilização de N1 como o número de canais de primeira ordem, em concordância com a classificação de Strahler (1952), obtendo dessa forma resultados mais realistas sobre o comportamento hidrológico da bacia, conforme sugerido por Christofolletti (1969).

Os resultados obtidos foram interpretados de acordo com Lollo (1995), que classifica a densidade hidrográfica nas seguintes faixas de valores:

Quadro 9.37 – Classificação da Densidade Hidrográfica

DH	DENOMINAÇÃO
< 3	Baixa
3 - 7	Média
7 - 15	Alta
> 15	Muito Alta

Fonte: Adaptado de Lollo (1995)

➤ Extensão do percurso superficial (Eps)

A extensão do percurso superficial é a distância média percorrida pela enxurrada entre o interflúvio e o canal permanente, ou seja, a distância média percorrida pelo escoamento superficial do divisor de águas até o canal de drenagem da bacia.

A Extensão do Percurso Superficial (EPS) apresenta uma relação inversa com o parâmetro Densidade de Drenagem. Valores elevados de EPS geralmente estão associados a solos mais permeáveis, o que favorece a infiltração da água pluvial e reduz sua contribuição para a vazão do canal (SANTOS e SOBREIRA, 2008). Assim, em canais com maior extensão de percurso superficial, é mais comum a presença de fluxo perene. Os resultados observados neste estudo estão em conformidade com a classificação proposta por Souza e Rodrigues (2012), segundo a qual valores altos e medianos de EPS são classificados como baixa e média susceptibilidade ao escoamento superficial, favorecendo a infiltração. Já os valores baixos e muito baixos de EPS são classificados como alta e muito alta susceptibilidade ao escoamento superficial, o que indica menor infiltração e maior escoamento.

Quadro 9.38- Classificação do Escoamento Superficial

EPS (M)	CLASSIFICAÇÃO
>1000	Baixa
1000 - 249	Mediana
248 – 142	Alta
< 142	Muito alta

➤ Coeficiente de manutenção da bacia (Cm)

Corresponde à área mínima necessária para manutenção de um metro de canal de escoamento. O Coeficiente de Manutenção tende a apresentar comportamento análogo ao parâmetro Extensão do Percurso Superficial (Eps) e inverso à Densidade de rios (Dr), visto que em terrenos muito dissecados, com grande densidade de rios, a extensão do percurso superficial tende a ser reduzida condicionando menores áreas de contribuição ou manutenção. Pequenas bacias, por outro lado, com terrenos de menor dissecação do relevo, tendem a apresentar uma menor densidade de rios, e consequentemente, a distância do percurso superficial será maior implicando numa maior área de manutenção. Quanto maior for a área necessária para a manutenção de um canal de drenagem maior será sua probabilidade de apresentar regime de fluxo perene, visto que a seu montante haverá uma maior superfície de infiltração se comparada a canais com um menor coeficiente de manutenção.

➤ Relação de Relevo (Rr)

A relação de relevo correlaciona a amplitude altimétrica com o comprimento do canal principal. Shumm (1956) afirma que quanto maior o valor de Rr, maior será o desnível entre a cabeceira e o exutório, consequentemente maior será a declividade média da bacia. Importante ressaltar que altas declividades favorecem uma maior velocidade para o escoamento superficial. A classificação dos dados de relação de relevo obtidos neste estudo seguiu a metodologia proposta por Piedade (1980).

Quadro 9.39 – Classificação da Relação de Relevo

RELAÇÃO DE RELEVO	CLASSIFICAÇÃO
0,0 – 0,10	Baixa
0,11 – 0,30	Média
0,31 – 0,60	Alta

Fonte: Adaptado de Piedade (1980)

➤ Textura Topográfica

A textura topográfica representa numericamente o grau erosivo e de entalhamento topográfico desempenhado pelos rios, sendo um atributo que reforça o retrato de dissecação do relevo. A textura topográfica define o grau de entalhamento e dissecação do relevo, conforme Christofolletti (1969), quanto maior for o índice da textura, mais colinoso, dissecado (maiores declividades) e mais entalhados serão os canais.

Para retratar a textura topográfica, França (1968), propôs a seguinte classificação:

- Textura Grosseira – $Tt < 4,0$
- Textura Média – $Tt 4,0 \leq Tt \leq 10,0$

- Textura Fina – $Tt > 10,0$

➤ **Análise Morfométrica**

Para a segmentação e delimitação da bacia e sub-bacias foi utilizado a base otto bacias e as curvas de nível de 30m do IDE-SISEMA. A partir da delimitação das bacias hidrográficas foram realizados os cálculos dos parâmetros morfométricos das bacias de interesse. O Quadro 9.40 apresenta os dados morfométricos levantados.

Quadro 9.40 – Resultado da análise morfométrica

PARÂMETROS	Córrego da Pedra ou Espanhol	Córrego Marimbondo	Sub-bacia 01
Coeficiente de sinuosidade	1,2262	1,1238	1,0674
Forma da bacia	0,3956	0,4764	0,5215
Densidade de drenagens (km/km ²)	1,7421	2,0520	1,6419
Densidade de hidrográfica (canais/km ²)	2,1608	4,6664	7,2228
Extensão do escoamento superficial (m)	287,0102	243,6691	304,5200
Coeficiente de manutenção da bacia (m ² /m)	574,0204	487,3382	609,0399
Relação de Relevo	0,0536	0,0848	0,1886
Textura Topográfica	0,4884	0,5677	0,4598

➤ **Córrego da Pedra ou Espanhol**

A Sub-bacia apresenta coeficiente de sinuosidade em que os canais apresentam poucas curvas, e maior número de trechos retilíneos, segundo *NC Division of Water Quality* (2005) é classificada como fraca, indicando tendência a apresentar intermitência e efemeridade. Em relação ao índice de circularidade, a bacia pode ser classificada como comprida, característica de canais perenes, apresentando maior tendência a infiltração, sem tendência a enchentes. A densidade de drenagem aponta que a bacia apresenta potencial médio, ou seja, indica um possível equilíbrio entre rochas permeáveis e impermeáveis na bacia. A densidade hidrográfica foi classificada como média, indicando médio dessecamento do relevo, demonstrando equilíbrio entre a infiltração d'água e o escoamento superficial, com tendência a canais perenes

e intermitentes.

A extensão do escoamento superficial é classificada como mediano, onde a tendência é o favorecimento da infiltração, característica presente em canais que apresentam regime perene e intermitente. O coeficiente de manutenção da bacia foi classificado como mediana, indicando que a montante dos canais existe equilíbrio entre escoamento superficial e infiltração.

A relação de relevo da bacia analisada foi classificada como baixa, indicando variação altimétrica reduzida e relevo pouco dissecado. Essa configuração favorece a infiltração da água no solo, reduzindo o escoamento superficial e prolongando o tempo de concentração. Como resultado, aumenta a probabilidade de perenidade dos cursos d'água. A textura topográfica foi classificada como grosseira, indicando um relevo pouco dissecado, com tendência a maior infiltração.

➤ **Córrego Marimbondo**

A Sub-bacia apresenta coeficiente de sinuosidade em que os canais apresentam poucas curvas, e maior número de trechos retilíneos, segundo *NC Division of Water Quality* (2005) é classificada como fraca, indicando tendência a apresentar intermitência e efemeridade. Em relação ao índice de circularidade, a bacia pode ser classificada como oblonga, característica mais comum em canais intermitentes e perenes, apresentando baixa tendência a enchentes. A densidade de drenagem aponta que a bacia apresenta potencial médio, ou seja, indica um possível equilíbrio entre rochas permeáveis e impermeáveis na bacia. A densidade hidrográfica foi classificada como média, indicando médio dessecamento do relevo, demonstrando equilíbrio entre a infiltração d'água e o escoamento superficial, com tendência a canais perenes e intermitentes.

A extensão do escoamento superficial é classificada como alta, favorecendo o escoamento superficial, indicando tendência a canais intermitentes e efêmeros. O coeficiente de manutenção da bacia foi classificado como mediana, indicando que a montante dos canais existe equilíbrio entre escoamento superficial e infiltração.

A relação de relevo da bacia analisada foi classificada como baixa, indicando variação altimétrica reduzida e relevo pouco dissecado. Essa configuração favorece a infiltração da água no solo, reduzindo o escoamento superficial e prolongando o tempo de concentração. Como resultado, aumenta a probabilidade de perenidade dos cursos d'água. A textura topográfica foi classificada como grosseira, indicando um relevo pouco dissecado, com tendência a maior infiltração.

➤ Sub-bacia 01

A Sub-bacia apresenta coeficiente de sinuosidade em que os canais apresentam poucas curvas, e maior número de trechos retilíneos, segundo *NC Division of Water Quality* (2005) é classificada como fraca, indicando tendência a apresentar intermitência e efemeridade. Em relação ao índice de circularidade, a bacia pode ser classificada como oblonga, característica mais comum em canais intermitentes e perenes, apresentando baixa tendência a enchentes. A densidade de drenagem aponta que a bacia apresenta potencial médio, ou seja, indica um possível equilíbrio entre rochas permeáveis e impermeáveis na bacia. A densidade hidrográfica foi classificada como alta, indicando alto dessecamento do relevo, e favorecimento de escoamento superficial, com tendência a canais intermitentes e efêmeros.

A extensão do escoamento superficial é classificada como mediano, onde a tendência é o favorecimento da infiltração, característica presente em canais que apresentam regime perene e intermitente. O coeficiente de manutenção da bacia foi classificado como mediana, indicando que a montante dos canais existe equilíbrio entre escoamento superficial e infiltração.

A relação de relevo da bacia analisada foi classificada como baixa, indicando variação altimétrica reduzida e relevo pouco dissecado. Essa configuração favorece a infiltração da água no solo, reduzindo o escoamento superficial e prolongando o tempo de concentração. Como resultado, aumenta a probabilidade de perenidade dos cursos d'água. A textura topográfica foi classificada como grosseira, indicando um relevo pouco dissecado, com tendência a maior infiltração.

9.1.10.1.10. Disponibilidade Hídrica Local

Neste estudo, procedeu-se à análise de disponibilidade hídrica na bacia do rio das Mortes, em escala local, adotando-se como seção de controle o primeiro ponto de outorga localizado a jusante do empreendimento. A seleção desta seção visa representar a condição de disponibilidade hídrica imediatamente a jusante da área de influência, conforme os registros de regularização de uso de recursos hídricos disponíveis no sistema.

O ponto de outorga utilizado como referência foi verificado a partir da base de Outorgas Superficiais disponibilizada no sistema IDE-SISEMA (Acesso em 07/01/2026). Para a definição do ponto de consulta, foram utilizadas as coordenadas geográficas da interferência outorgada selecionada (primeira outorga a jusante), obtidas a partir do mapeamento das regularizações existentes. Em seguida, a disponibilidade hídrica foi consultada no Portal Espacial do Sistema de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos (SOUT), por meio do método de inserção direta de coordenadas geográficas.

A Figura 9.85 apresenta os pontos de captação outorgada e a Figura 9.86 os pontos de usos insignificantes identificados no entorno da área do empreendimento.

Figura 9.85 – Disponibilidade hídrica superficial – Ponto de outorgas

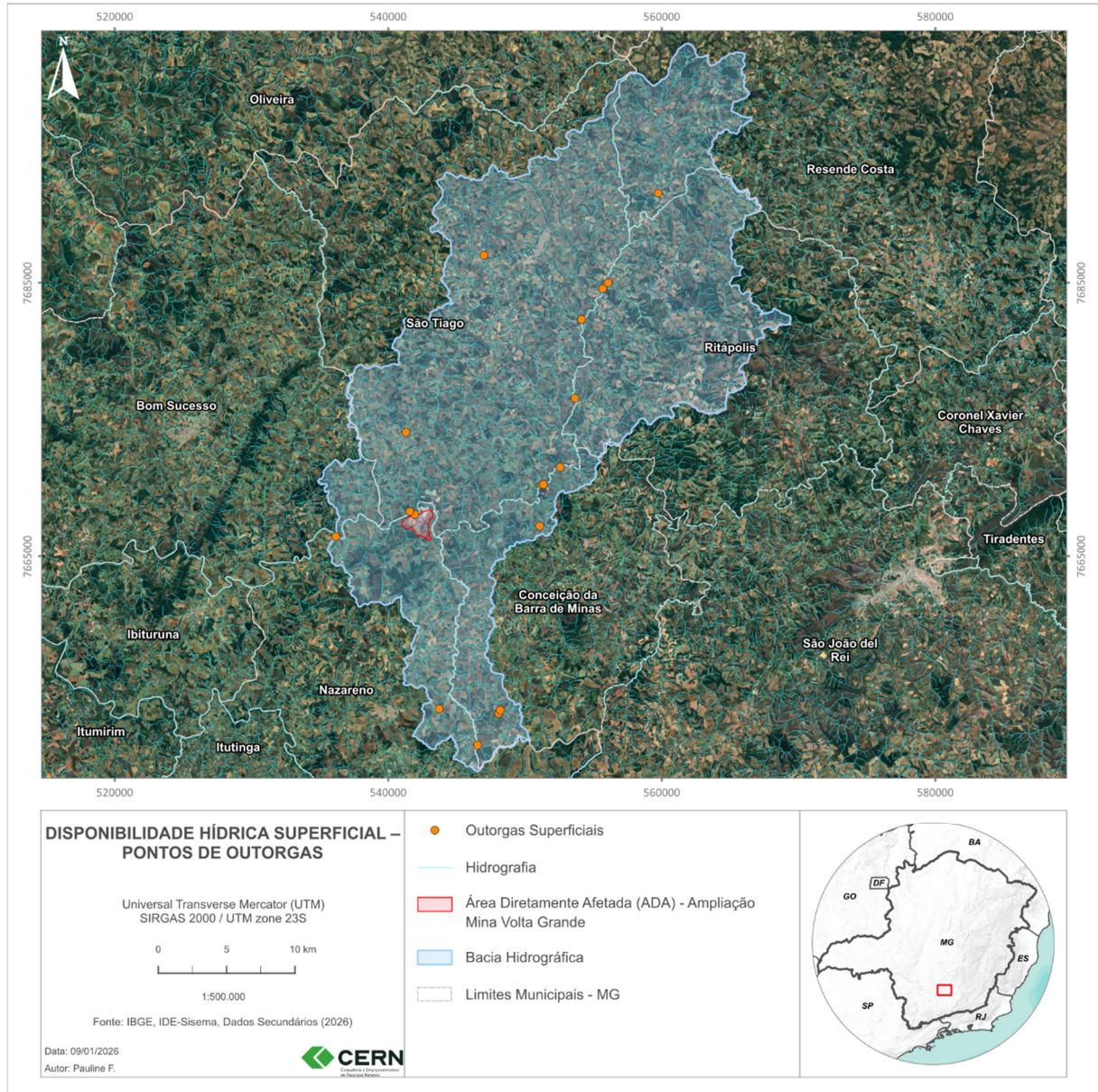
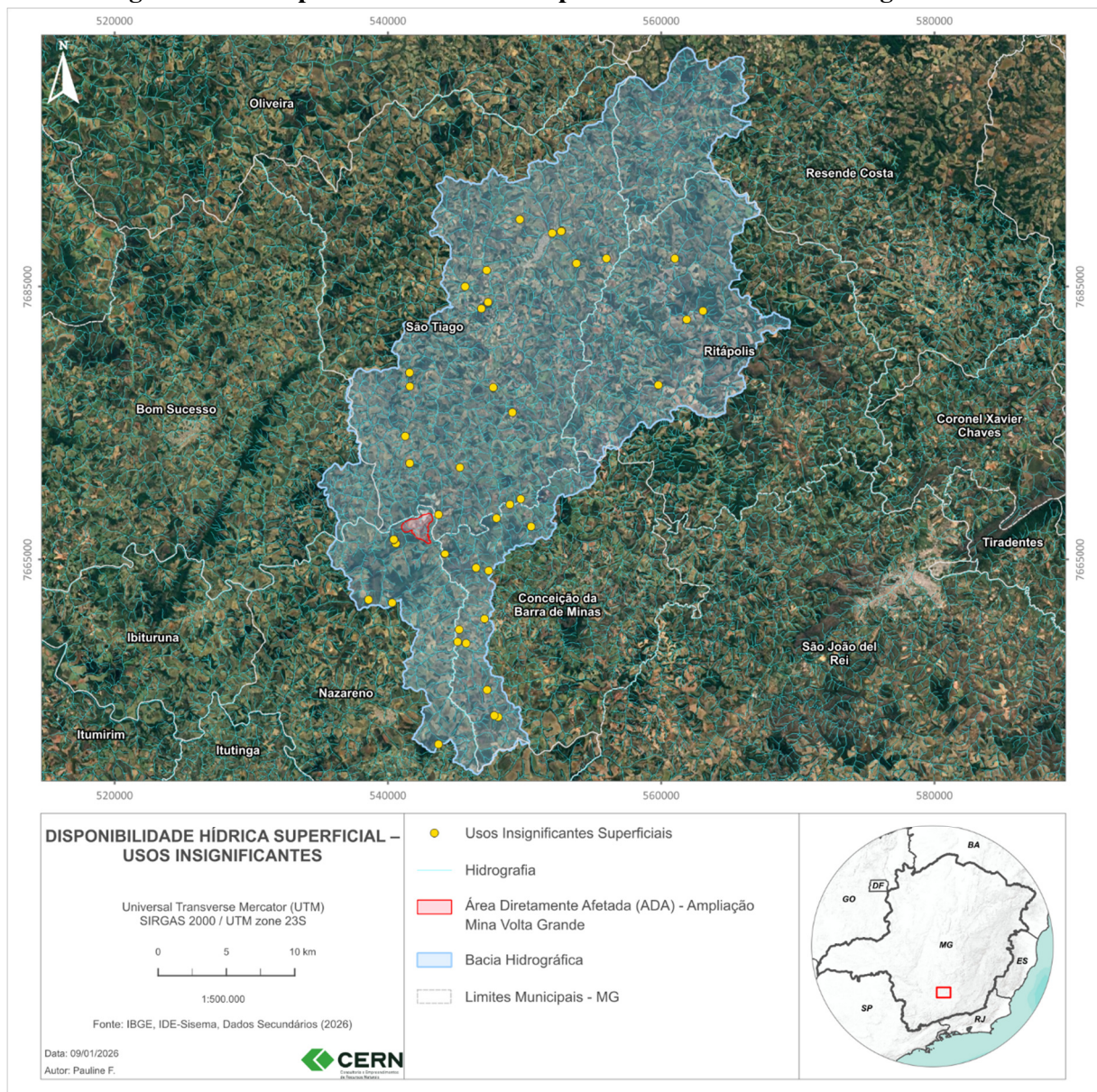


Figura 9.86 – Disponibilidade hídrica superficial – Ponto de usos insignificantes



O Quadro 9.41 apresenta as características da seção de referência adotada no rio das Mortes (primeira outorga a jusante do empreendimento), conforme dados disponibilizados no SOUT.

Quadro 9.41 – Características da secção de controle

Características da secção de controle	
Coordenadas Geográficas - Exutório	Latitude: -21,10250°; Longitude: -44,65167°
Código do Trecho	3086594
Código da Ottobacia	8689615191
Código do Curso D'água	86896
Nome do Curso D'água	Rio das Mortes
Código do Trecho à Jusante	818296
Domínio	Minas Gerais (IGAM)
Órgão Gestor	IGAM
Vazão de Referência	Q7,10
Percentual Outorgável de Captação (%)	50
Percentual Outorgável de Diluição (%)	50
Classe de Enquadramento	Classe 2
Área de Contribuição (km²)	0,454
Área de Drenagem (km²)	5.677,77
Rio de Preservação Permanente	Não

Fonte: Sistema de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos - SOUT (2026)

➤ **Balanco Hídrico da Bacia**

Para a avaliação do balanço hídrico da bacia, foram consultados dados acerca das outorgas e usos insignificantes na sub-bacia do ribeirão Barreiras, disponibilizados pelo IGAM através da plataforma geoespacial IDE Sisema, para verificação da existência de usuários de água na bacia.

Quadro 9.42 - Relação de Outorgas na sub-bacia

OUTORGAS REGULARIZADAS		
Nº Portaria	Modo de Uso	Q m³/s
1803776/2021	Captação ou Derivação Em Um Corpo De Água	0,0122
1801117/2024	Captação ou Derivação Em Um Corpo De Água	0,0024
1806745/2023	Captação ou Derivação Em Um Corpo De Água	0,03
1809007/2021	Captação ou Derivação Em Um Corpo De Água	0,01265
1801108/2021	Dragagem em corpo de Água para fins de extração mineral	0,0004
1803686/2023	Dragagem em corpo de Água para fins de extração mineral	0,37
3390/2018	Captação ou Derivação Em Um Corpo De Água	0,138
3389/2018	Captação ou Derivação Em Um Corpo De Água	0,167
800410/2021	Dragagem em corpo de Água para fins de extração mineral	0,00065
800409/2021	Captação ou Derivação Em Um Corpo De Água	0,01389
1802301/2019	Dragagem em corpo de Água para fins de extração mineral	0,0006
1249/2008	Captação ou Derivação Em Um Corpo De Água	0,013

OUTORGAS REGULARIZADAS		
Nº Portaria	Modo de Uso	Q m³/s
1806690/2022	Dragagem em corpo de Água para fins de extração mineral	0,0773
1801912/2022	Dragagem em corpo de Água para fins de extração mineral	0,00039
1801523/2021	Dragagem em corpo de Água para fins de extração mineral	0,000074
2740/2018	Dragagem em corpo de Água para fins de extração mineral	0
1806343/2020	Dragagem em corpo de Água para fins de extração mineral	0,000022
1801382/2022	Dragagem em corpo de Água para fins de extração mineral	0,000161
Vazão total (m³/s)		0,838737

Quadro 9.43 - Relação de cadastros de Uso insignificante na sub-bacia

CADASTROS DE USO INSIGNIFICANTE REGULARIZADAS		
Nº Portaria	Modo de Uso	Q m³/s
31281/2022	Barramento em curso de água, sem captação, para fins de regularização de vazão	0,0005
34963/2023	Barramento em curso de água, sem captação, para fins de regularização de vazão	0
34966/2023	Barramento em curso de água, sem captação, para fins de regularização de vazão	0
12472/2024	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,0001
14024/2022	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,001
38165/2024	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,0003
64628/2023	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,0002
58921/2023	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,0002
25411/2023	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,00028
31405/2024	Barramento em curso de água, sem captação, para fins de regularização de vazão	0
38966/2023	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,001
62067/2023	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,0005
66868/2023	Barramento em curso de água, sem captação, para fins de regularização de vazão	0
66865/2023	Barramento em curso de água, sem captação, para fins de regularização de vazão	0
35328/2023	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,00034
35466/2023	Barramento em curso de água, sem captação, para fins de regularização de vazão	0
24586/2022	Captação em barramento em curso de água, c/ regularização de vazão (área máx. menor ou igual 5,00 ha)	0,00034
02021/2023	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,0002
50488/2022	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,0002

CADASTROS DE USO INSIGNIFICANTE REGULARIZADAS		
Nº Portaria	Modo de Uso	Q m³/s
25474/2024	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,001
43140/2024	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,001
66373/2023	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,0005
09258/2022	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,0003
42024/2022	Barramento em curso de água, sem captação	0
50429/2022	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,001
42035/2024	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,001
02428/2023	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,00055
13953/2024	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,0005
59893/2022	Barramento em curso de água, sem captação, para fins de regularização de vazão	0,001
73162/2023	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,001
26385/2022	Captação em barramento em curso de água, c/ regularização de vazão (área máx. menor ou igual 5,00 ha)	0,001
05626/2024	Captação em barramento em curso de água, sem regularização de vazão	0,001
48886/2023	Barramento em curso de água, sem captação	0
42825/2023	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,001
15126/2023	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,0001
50355/2023	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,0002
25494/2024	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,001
43278/2023	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,00083
34831/2023	Captação em barramento em curso de água, sem regularização de vazão	0,001
64306/2024	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,001
25487/2024	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,001
25480/2024	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,001
55427/2022	Captação em corpo de água (rios, lagoas naturais etc.)	0,0001
Vazão total (m³/s)		0,02224

O Quadro 9.44 apresenta a disponibilidade hídrica obtida no SOUT para a seção de referência no rio das Mortes, expressa em termos de vazão outorgável mensal. Observa-se comportamento sazonal, com maiores ofertas de água no período chuvoso e redução no período seco, com menores valores geralmente associados ao auge da estiagem, conforme indicado no quadro.

Quadro 9.44 – Disponibilidade Hídrica na seção de controle

CARACTERÍSTICAS DA BACIA DO CÓRREGO FAROFAS - EXUTÓRIO		
MESES	VAZÃO REFERÊNCIA - Q7,10 (M³/S)	VAZÃO OUTORGÁVEL (M³/S)
Jan	32,163	16,081
Fev	32,163	16,081
Mar	32,163	16,081
Abr	32,163	16,081
Mai	32,163	16,081
Jun	32,163	16,081
Jul	32,163	16,081
Ago	32,163	16,081
Set	32,163	16,081
Out	32,163	16,081
Nov	32,163	16,081
Dez	32,163	16,081

Fonte: Sistema de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos - SOUT (2026)

Com base nos resultados apresentados, verifica-se que a seção de controle adotada no rio das Mortes apresenta disponibilidade hídrica para avaliação de novas interferências, devendo os valores outorgáveis mensais e eventuais restrições indicadas pelo próprio SOUT serem observados no dimensionamento do uso pretendido e na consolidação do balanço hídrico do estudo.

9.1.11. Qualidade dos Recursos Hídricos Superficiais

9.1.11.1. Caracterização Regional

No estado de Minas Gerais, o monitoramento da qualidade das águas superficiais no Estado é realizado pelo IGAM, por meio do Programa Águas de Minas, em execução desde 1997.

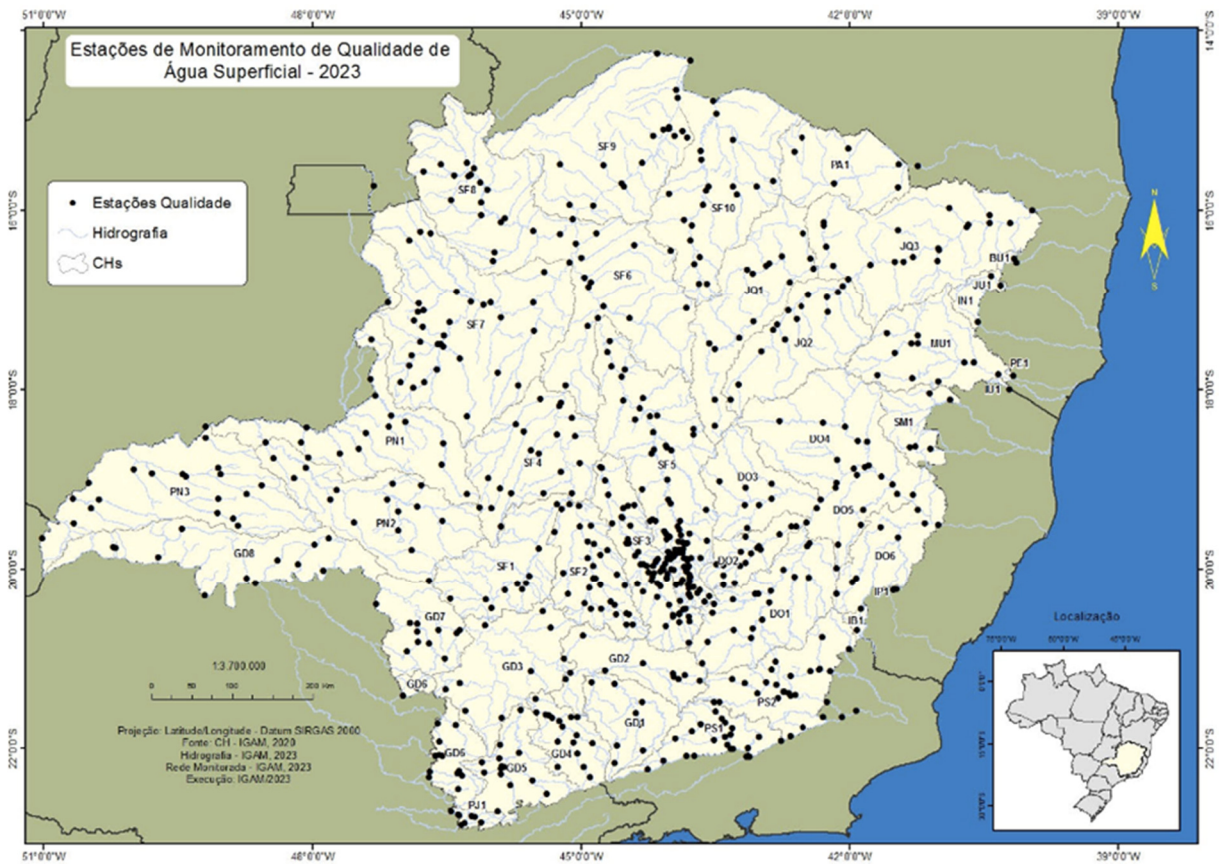
Os principais objetivos do programa de monitoramento são:

- Conhecer e avaliar as condições da qualidade das águas superficiais em Minas Gerais;
- Divulgar a situação de qualidade das águas para os usuários e apoiar o estabelecimento de metas de qualidade;
- Fornecer subsídios para o planejamento da gestão dos recursos hídricos;
- Verificar a efetividade de ações de controle ambiental implementadas e propor prioridade de atuação.

A rede básica de monitoramento está em constante ampliação visando a cobertura da maior área hidrográfica possível no Estado e a identificação de regiões onde são significativas as pressões ambientais. No ano de 2023 a rede básica de monitoramento (macro-rede) contava com 664 estações de amostragem distribuídas nas bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Grande, Doce, Paranaíba, Paraíba do Sul, Mucuri, Jequitinhonha, Pardo, Buranhém, Itapemirim, Itabapoana, Itanhém, Itaúnas, Jucuruçu, Peruípe, São Mateus e Piracicaba/Jaguari.

Na Figura 9.87 a seguir, é possível observar a Rede Básica de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais em Minas Gerais no ano de 2023.

Figura 9.87 - Rede Básica de Monitoramento de Qualidade de Água Superficial de MG - 2023



Fonte: IGAM (2024).

As campanhas de amostragem são trimestrais para a maioria das estações de monitoramento, com um total de 4 campanhas. Para as estações localizada nas calhas dos rios das Velhas, Doce, Jequitinhonha e Paraopeba as campanhas são mensais. A seguir, no Quadro 9.45 apresenta-se a relação dos parâmetros de qualidade avaliados.

Quadro 9.45 - Parâmetros de qualidade de água avaliados nas estações de amostragem do Programa Águas de Minas

Parâmetros Monitorados no Programa Águas Minas		
Alcalinidade total	Dureza total	Óleos e graxas

Parâmetros Monitorados no Programa Águas Minas		
Alumínio dissolvido	Ensaio ecotoxicológico#	Oxigênio dissolvido
Arsênio dissolvido	<i>Escherichia collicolif.</i> Termotolerantes*	Perfil térmico#
Arsênio total	Estanho total	pH <i>in loco</i> *
Bário total	Fenóis totais	Potássio dissolvido
Boro total	Feoftina <i>a</i> *	Saxitoxina#
Cadmo total	Ferro dissolvido	Selênio total
Cálcio total	Ferro total	Sódio dissolvido
Chumbo total	Fitoplâncton#	Sólidos dissolvidos totais*
Cianeto livre	Fósforo total*	Sólidos em suspensão totais*
Cloreto total*	Macroinvertebrados bentônicos#	Sólidos sedimentáveis
Clorofila <i>a</i> *	Magnésio total	Sólidos totais*
Cobre dissolvido	Manganês total	Substâncias tensoativas
Coliformes totais*	Mercurio total	Sulfato total
Condutividade elétrica <i>in loco</i> *	Microcistina#	Sulfeto
Cor verdadeira	Níquel total	Temperatura de água*
Cromo total	Nitrato*	Temperatura do ar*
Demanda Bioquímica de Oxigênio*	Nitrito	Transparência da água
Demanda Química de Oxigênio*	Nitrogênio amoniacal total*	Turbidez*
Densidade de cianobactérias#	Nitrogênio orgânico	Zinco total

*Parâmetros comuns a todos os pontos nas campanhas intermediárias

#Parâmetros analisados apenas em pontos específicos.

Fonte: IGAM (2024).

Os resultados de qualidade de água gerados são armazenados em uma base de dados do IGAM, que contém informações atuais e históricas, permitindo observar a evolução da qualidade das águas nas duas últimas décadas. De posse dos dados laboratoriais, a equipe do IGAM avalia os resultados e elabora mapas e relatórios, informando a qualidade das águas do Estado de Minas Gerais.

Indicadores da qualidade das águas superficiais

Os indicadores de qualidade das águas superficiais foram criados no intuito de traduzir de forma concisa e objetiva para a sociedade a influência que as atividades ligadas aos processos de desenvolvimento provocam na dinâmica ambiental dos ecossistemas aquáticos.

O IQA – Índice de Qualidade das Águas, foi desenvolvido pela *National Sanitation Foundation*, dos Estados Unidos, e utiliza 9 parâmetros considerados mais representativos para caracterização da qualidade das águas, quais sejam: oxigênio dissolvido (OD), coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrato, fósforo total, variação da temperatura da água, turbidez e sólidos totais.

Os valores de referência do índice variam entre 0 e 100 e indicam o nível de qualidade das águas através de uma escala de cores, como pode ser visto no Quadro 9.46 a seguir.

Quadro 9.46 - Valores de Referência para Qualidade das Águas – Escala de Cores

Nível de Qualidade	Faixa
Excelente	$91 \leq \text{IQA} \leq 100$
Bom	$71 \leq \text{IQA} \leq 90$
Médio	$51 \leq \text{IQA} \leq 70$
Ruim	$26 \leq \text{IQA} \leq 50$
Muito ruim	$0 \leq \text{IQA} \leq 25$

Com uma forma de complementar as informações geradas pelo IQA, foram adotados também outros indicadores de qualidade de água, conferindo importância a outros fatores que afetam os usos diversos da água. Assim, a Contaminação por Tóxicos (CT) analisa os valores de treze (13) parâmetros contaminantes de origem industrial, minerária e difusa em relação aos limites definidos na DN Conjunta COPAM/CERH nº 08/2022.

Os Ensaio de Ecotoxicidade avaliam os efeitos deletérios das substâncias presentes na água sobre os organismos teste, e o Índice de Estado Trófico (IET) considera a relação entre as variáveis, fósforo e clorofila-a, as quais relacionam diretamente ao processo de eutrofização de um corpo de água. Já o Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) avalia a distância entre a qualidade da água atual e a meta estabelecida pelo enquadramento de um corpo de água.

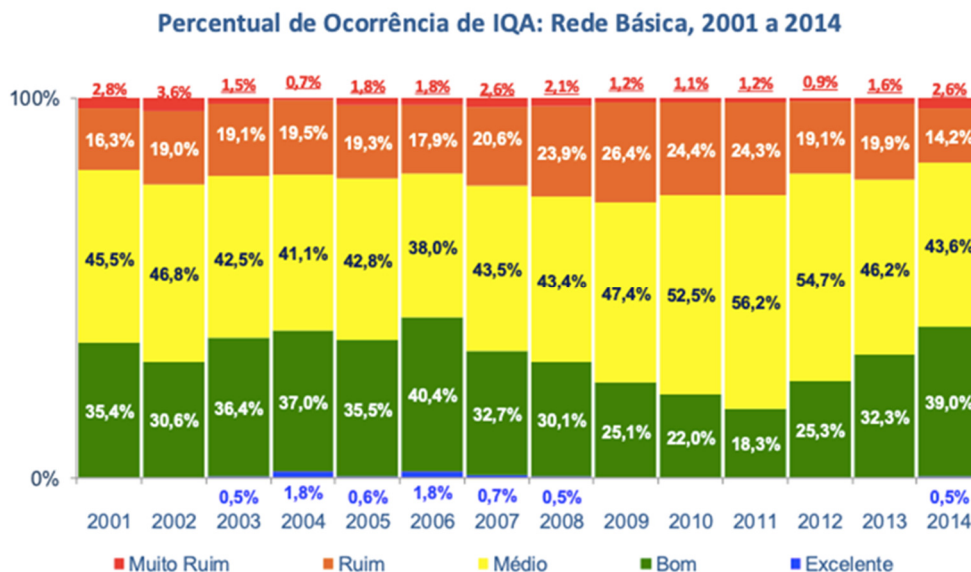
➤ **Índice de Qualidade das Águas (IQA) no estado de Minas Gerais**

Em 2023, o monitoramento da qualidade das águas em Minas Gerais, realizado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), indicou predominância da condição satisfatória de qualidade da água, classificada como IQA Médio. Em seguida, a classe IQA Bom (qualidade boa) representou 37,4% dos pontos monitorados. A condição de qualidade ruim (IQA Ruim) foi observada em 17,0% das amostras. Já os extremos da classificação — IQA Muito Ruim e IQA Excelente — corresponderam a 0,1% e 1,4%, respectivamente.

Esse padrão de distribuição das classes de qualidade tem se mantido ao longo da série histórica de monitoramento, conforme ilustrado na Figura 9.102.

Comparando-se os resultados de 2023 com os de 2022, observa-se uma ligeira melhoria na qualidade das águas em Minas Gerais. A proporção de pontos classificados como IQA Ruim caiu de 18,1% (em 2022) para 17,0% (em 2023). Por outro lado, a classe IQA Excelente apresentou uma redução de ocorrência, passando de 2,1% para 1,4% no mesmo período.

Figura 9.88 - Frequência de Ocorrência do IQA trimestral no estado de Minas Gerais ao longo da série histórica de monitoramento



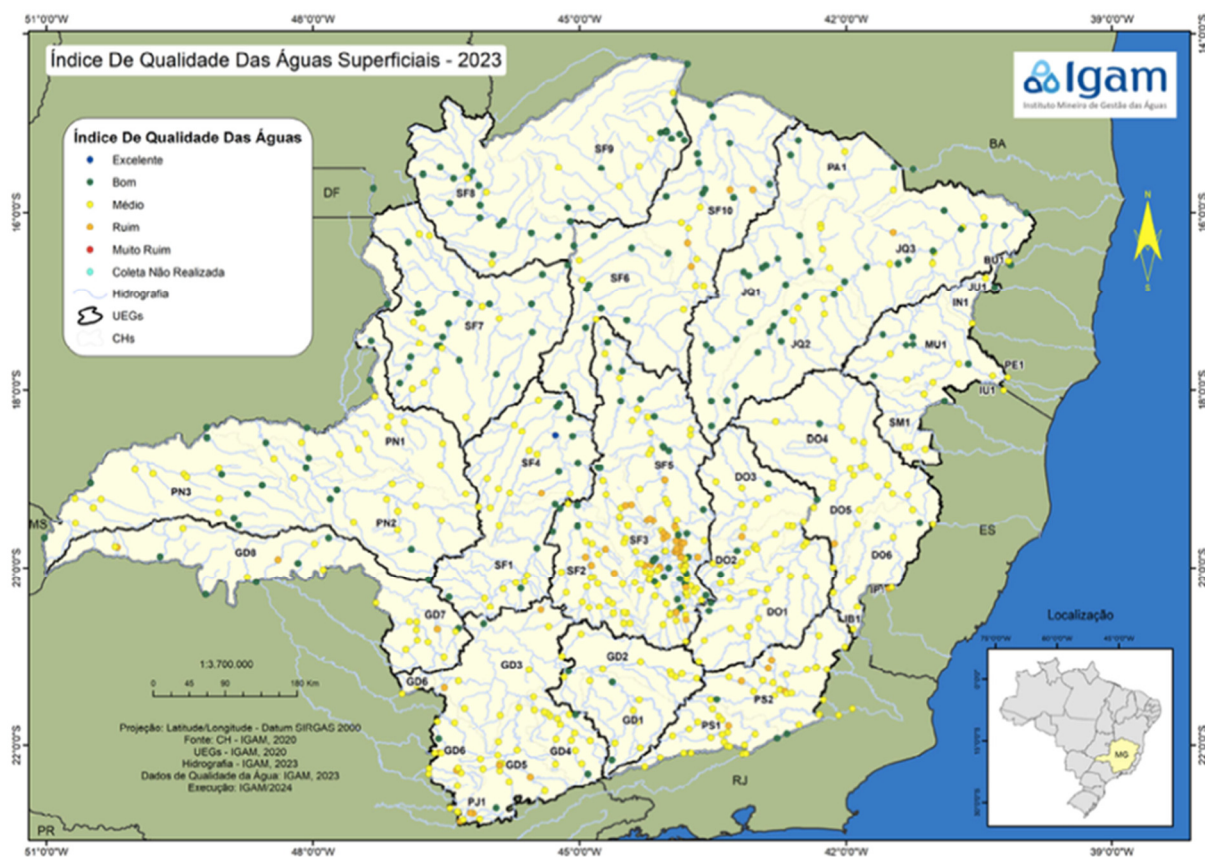
Fonte: IGAM (2024).

A Figura 9.89 apresenta o mapa de distribuição espacial do Índice de Qualidade das Águas (IQA) médio anual para o ano de 2023, com base na média dos quatro trimestres, nas estações de monitoramento do Estado de Minas Gerais.

A análise espacial permite observar a predominância da classe IQA Médio nas bacias dos rios Grande, Paraíba do Sul, Paranaíba, bem como nas regiões do alto São Francisco, Pará e Paraopeba.

Por outro lado, a classe IQA Ruim apresenta maior ocorrência na bacia do rio das Velhas e na porção média da bacia do Paraopeba, especialmente na área correspondente à Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

Figura 9.89 - Média Anual do Índice da Qualidade da Água no Estado de Minas Gerais em 2023



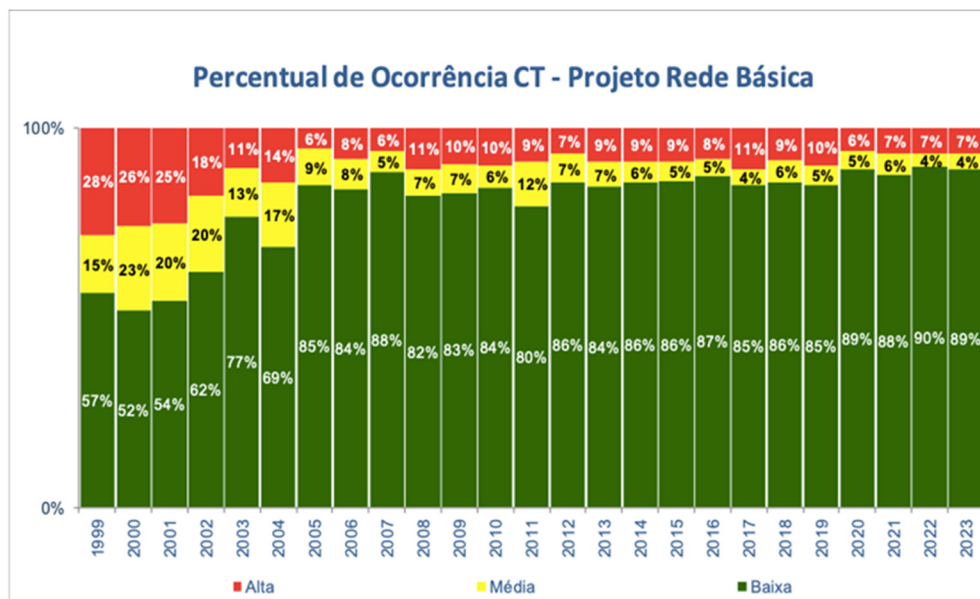
Fonte: IGAM (2024).

➤ Contaminação por Tóxicos

A análise histórica da Contaminação por Tóxicos (CT), no período de 1999 a 2023, revela a predominância da classe CT Baixa, que tem representado mais de 80% das amostras anuais desde 2005.

No ano de 2023 a CT Alta representou 7% dos resultados, enquanto a CT Média representou 4% das amostras analisadas.

Figura 9.90 - Frequência de Ocorrência da Contaminação por Tóxicos nas bacias do estado de Minas Gerais ao longo da série histórica de monitoramento

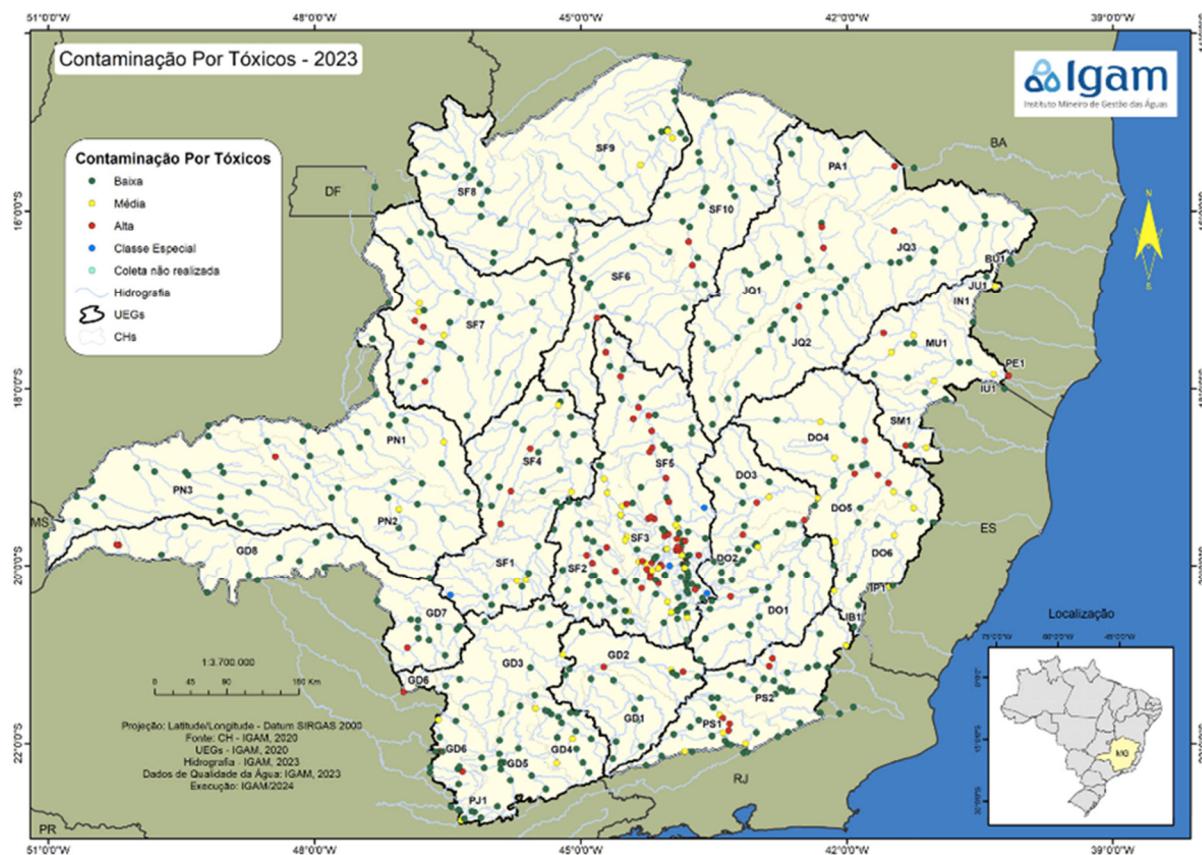


Fonte: IGAM (2024).

O mapa com o resultado anual da Contaminação por Tóxicos obtido em 2023 é apresentado na Figura 9.91 a seguir.

Observa-se espacialmente a predominância da contaminação Baixa em todo o estado. Também se observa que a CT Média registrada se apresenta de forma dispersa nas bacias hidrográficas a exceção das bacias dos rios Paraopeba (CH SF3) e Velhas (CH SF5). Já a CT Alta ocorre principalmente a jusante de grandes centros urbanos como a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), em toda a extensão do rio das Velhas, além das bacias do rio Paraopeba e rio Pará bem como dispersa nas demais bacias. Essa condição é favorecida pela presença de áreas urbanas, indústrias, mineração e uso de insumos agrícolas nessas regiões.

Figura 9.91 - Contaminação por Tóxicos no Estado de Minas Gerais em 2023

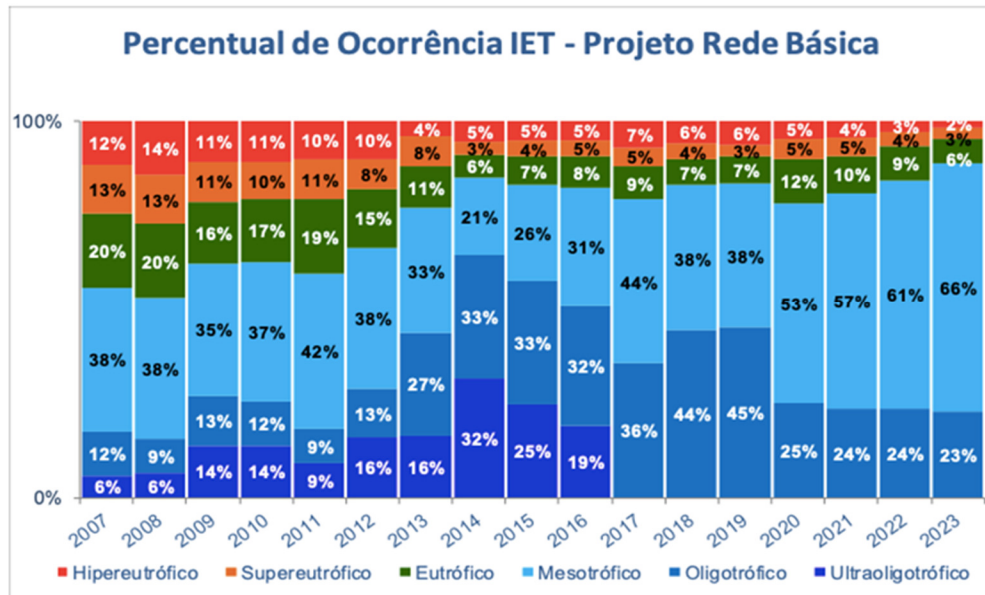


Fonte: IGAM (2024).

➤ Índice de Estado Trófico – IET

Para avaliar o potencial de eutrofização dos corpos de água monitorados foi calculado o Índice de Estado Trófico (IET) a partir dos valores de fósforo e clorofila-a obtidos no período de 2007 a 2023 em Minas Gerais. As análises foram realizadas em 655 estações de monitoramento, sendo a maioria localizadas em corpos de águas lóticos (águas correntes). Conforme apresentado na Figura 9.92 a seguir, verificou-se o predomínio das categorias mais baixas do IET (Oligotrófico e Ultraoligotrófico), as quais conjuntamente representaram 89% dos resultados obtidos em 2023, refletindo, de um modo geral, corpos de água de baixa produtividade (condição trófica) em que não ocorrem, ou ocorrem poucas, interferências indesejáveis sobre o uso da água, decorrentes da presença de nutrientes.

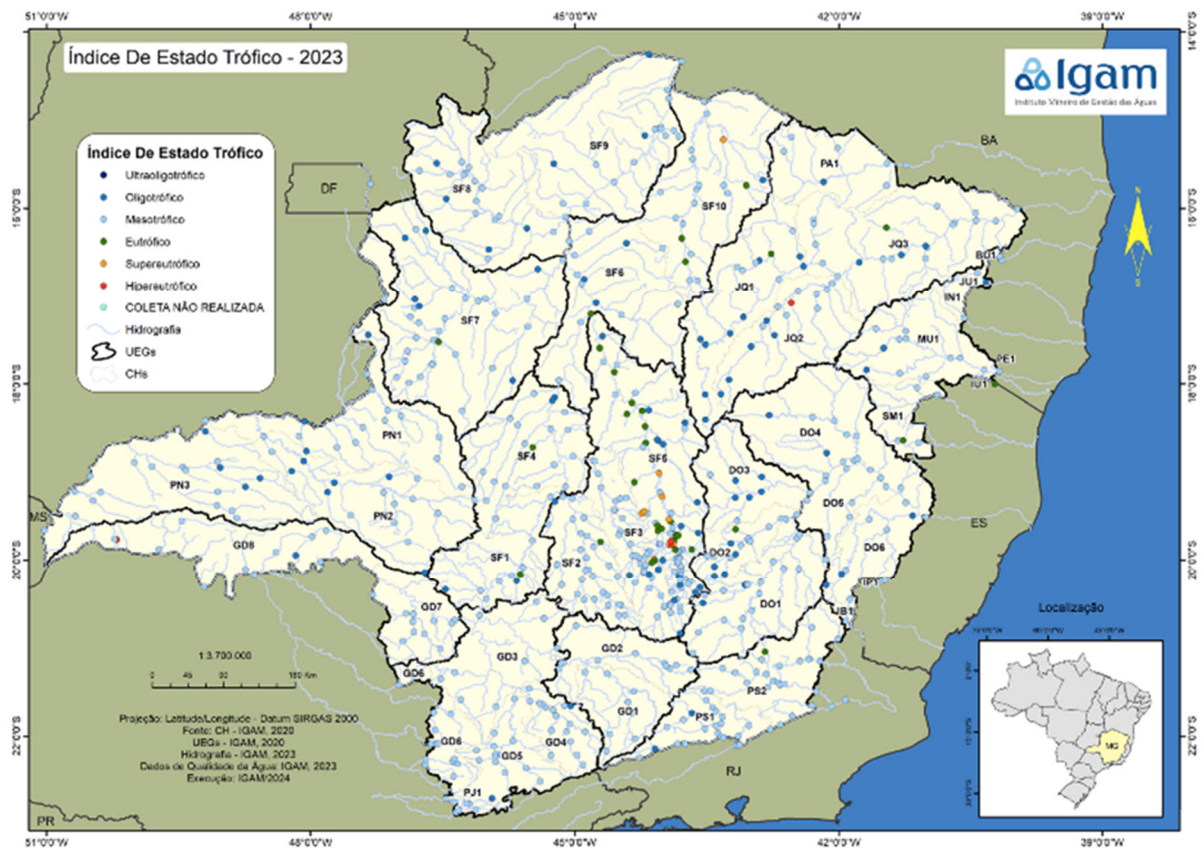
Figura 9.92 - Frequência de Ocorrência de IET nas bacias do estado de Minas Gerais no período de 2007 a 2023



Fonte: IGAM (2024).

O mapa com o resultado anual do IET obtido em 2023 é apresentado na Figura 9.93 a seguir. Observou-se a predominância das faixas de IET Mesotrófico e Oligotrófico em todo o estado. As faixas Supereutrófica e Hipereutrófica ocorreram, principalmente, em estações localizadas próximas a grandes centros urbanos, como a região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

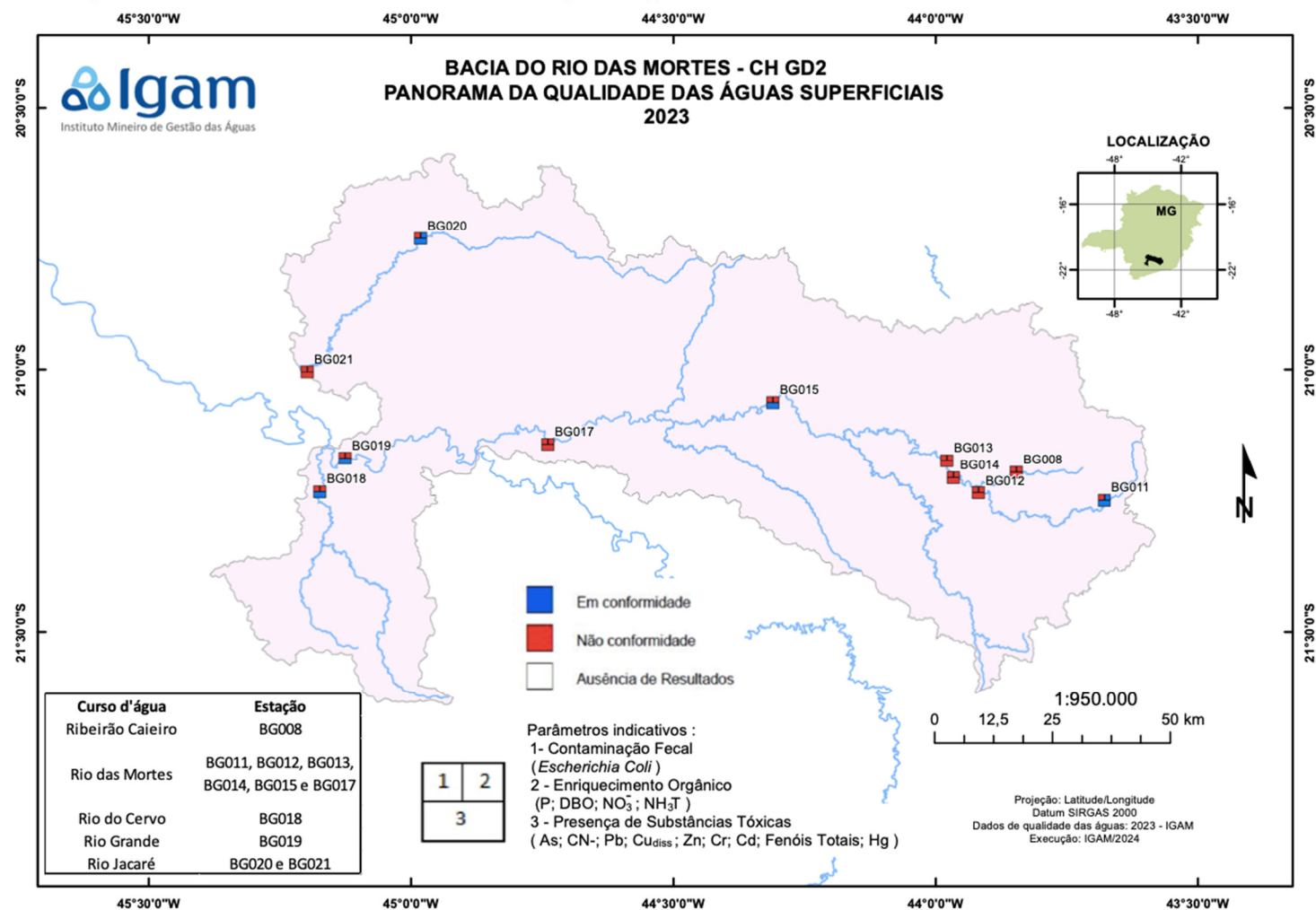
Figura 9.93 - Médias de Estado Trófico – IET no Estado de Minas Gerais em 2023



Fonte: IGAM (2024).

O Projeto Ampliação Mina Volta Grande está localizado na CircunSCRIção Hidrográfica da Bacia do Rio das Mortes (CH GD2). Na referida CH existem 11 estações de monitoramento de qualidade das águas superficiais, conforme é apresentado na Figura 9.94 a seguir.

Figura 9.94 - Panorama da Qualidade das Águas Superficiais na Bacia do Rio das Mortes (CH GD2) - 2023



Fonte: IGAM (2024).

A estação mais relevante para a área do Projeto Ampliação Mina Volta Grande é a BG017, localizada no Rio das Mortes. É possível observar que na referida estação, todos os parâmetros indicativos de qualidade das águas superficiais encontram-se em desconformidade com a legislação.

A seguir, o Quadro 9.47 apresenta a síntese comparativa dos resultados obtidos para IQA, CT e IET nos anos 2022 e 2023 na referida estação e os parâmetros indicativos de contaminação.

Quadro 9.47 - Estação BG017

Circunscrição Hidrográfica / Corpo d'Água			BG017 – Rio das Mortes / Rio das Mortes
Estação			BP066
Município			Bom Sucesso e Ibituruna/MG
Resultados dos Indicadores 2022/2023	IQA	2022	60,8
		2023	61,6
	CT	2022	Baixa
		2023	Alta
	IET	2022	53,6
		2023	55,8
Parâmetros que não atenderam o limite legal			Contaminação Fecal (<i>Escherichia coli</i>); Enriquecimento Orgânico (Fósforo Total); Substâncias Tóxicas (Chumbo Total).

Legenda:

IQA:

IQA Médio	$50 < IQA \leq 70$
-----------	--------------------

IET:

Mesotrófico

Fonte: IGAM (2024).

9.1.11.2. Caracterização Local

O presente capítulo tem como objetivo apresentar as características físico-químicas e condições ambientais da rede de drenagem superficial localizada no entorno do Projeto Ampliação Mina Volta Grande.

Dito isto, objetivando a caracterização da rede de drenagem local, foram utilizados dados obtidos através de 02 (duas) campanhas de monitoramento de águas superficiais, sendo que a primeira campanha foi realizada em março de 2024 (período chuvoso) e a segunda campanha foi realizada em julho de 2024 (período seco), em 08 (oito) pontos de monitoramento, definidos por abrangerem parte significativa das áreas de influência do projeto em questão.

As coletas foram realizadas pelo laboratório Visão Ambiental. O referido laboratório é devidamente creditado e, portanto, realizou todas as atividades considerando as principais normas e legislações aplicáveis.

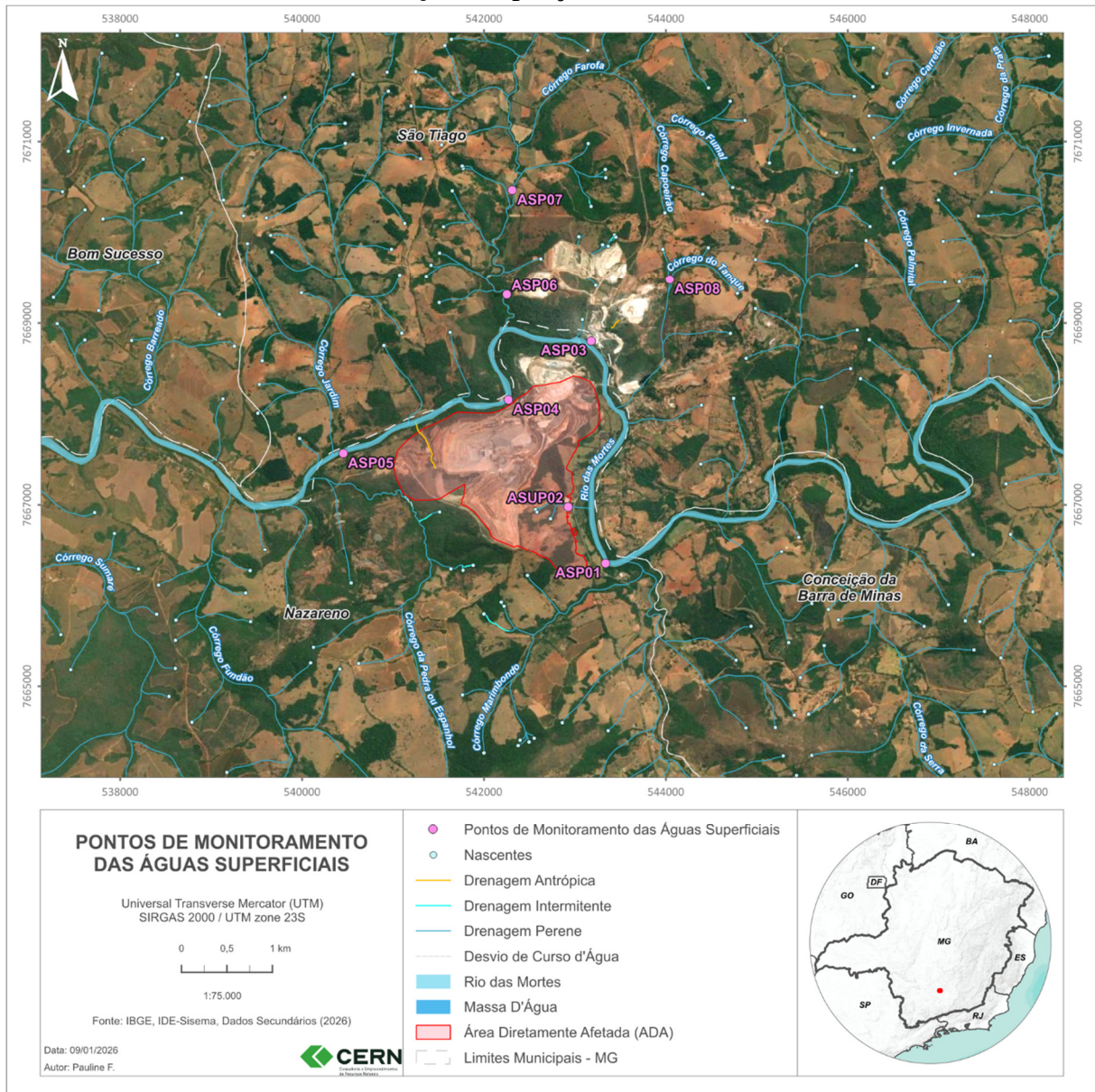
O quadro a seguir apresenta a denominação dos pontos monitorados, suas respectivas coordenadas UTM e datas de amostragem. Por seguinte é apresentada figura através da qual pode-se visualizar a localização dos pontos em relação à ADA do Projeto Ampliação Mina Volta Grande.

Quadro 9.48 - Pontos de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais dos Corpos Receptores da Região do Projeto Ampliação Mina Volta Grande

PONTO	LOCALIZAÇÃO	ENQUADRAMENTO*	COORDENADAS UTM (SIRGAS 2000)		DATAS DAS AMOSTRAGENS
			X	Y	
ASP01	Rio das Mortes	Classe 2	543339.00 m E	7666345.00 m S	27/03/2024 10/07/2024
ASP02	Córrego Charqueado	Classe 2	542928.00 m E	7666975.00 m S	27/03/2024 10/07/2024
ASP03	Rio das Mortes	Classe 2	543181.00 m E	7668801.00 m S	27/03/2024 10/07/2024
ASP04	Rio das Mortes	Classe 2	542270.00 m E	7668154.00 m S	27/03/2024 10/07/2024
ASP05	Rio das Mortes	Classe 2	540454.00 m E	7667564.00 m S	27/03/2024 10/07/2024
ASP06	Córrego Farofa	Classe 2	542253.00 m E	7669315.00 m S	27/03/2024 10/07/2024
ASP07	Córrego Farofa	Classe 2	542312.00 m E	7670467.00 m S	27/03/2024 10/07/2024
ASP08	Córrego do Tanque	Classe 2	544044.00 m E	7669482.00 m S	27/03/2024 10/07/2024

* Enquadramento pautado na Deliberação Normativa CERH nº 59, de 13 de dezembro de 2018, que dispõe sobre o enquadramento dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio das Mortes.

Figura 9.95 – Localização dos Pontos de Monitoramento de Águas Superficiais em relação à ADA do Projeto Ampliação Mina Volta Grande



A seguir são apresentados os registros fotográficos dos pontos monitorados para a caracterização das águas superficiais da região de inserção do Projeto Ampliação Mina Volta Grande.

Figura 9.96 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASP01 (Julho/2024)



Figura 9.97 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASP02 (Julho/2024)



Figura 9.98 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASP03 (Julho/2024)



Figura 9.99 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASP04 (Julho/2024)



Figura 9.100 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASP05 (Julho/2024)



Figura 9.101 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASP06 (Julho/2024)



Figura 9.102 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASP07 (Julho/2024)

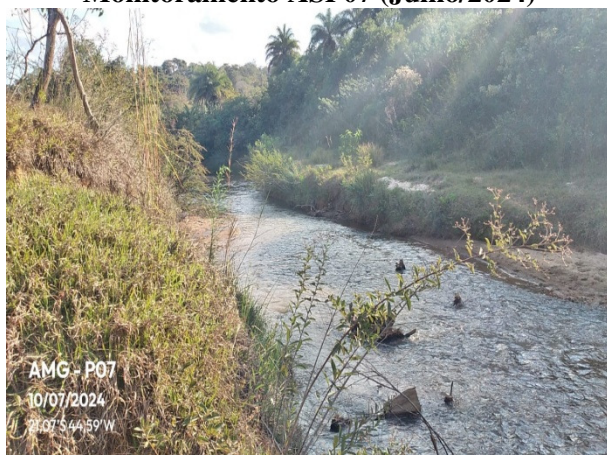


Figura 9.103 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASP08 (Julho/2024)



➤ Metodologias de Coleta e Análise

Conforme supracitado, os serviços de preparação de materiais, coletas das amostras e análises físicas, químicas e bacteriológicas dos pontos monitorados foram realizados pelo laboratório Visão Ambiental.

O plano de amostragem do referido laboratório é realizado utilizando-se de procedimentos internos, específicos do laboratório, embasados nas diretrizes do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, atendendo ao disposto na Deliberação Normativa COPAM/CERH Nº 08/2022.

Todas as amostras coletadas foram acondicionadas em frascos de materiais escolhidos e preparados de acordo com cada parâmetro a ser analisado. A seguir os frascos foram mantidos em caixas térmicas com gelo, devidamente lacradas e identificadas para transporte até o laboratório.

➤ Discussão de Resultados

Conforme descrito no item anterior “*Enquadramento dos cursos d’água*”, os cursos d’água que drenam a região de inserção do empreendimento são enquadrados como Classe 2, pautado na Deliberação Normativa CERH nº 59, de 13 de dezembro de 2018.

Os boletins de análises referentes às campanhas de amostragem são apresentados no **Anexo 8 – Boletins de Monitoramento de Águas Superficiais** do presente estudo e poderão auxiliar no acompanhamento e discussão dos resultados, relacionados a seguir. Os quadros a seguir apresentam os resultados das análises em questão.

Quadro 9.49 – Resultados Monitoramento Hídrico Superficial – 1ª Campanha – Março/2024 – Período Chuvoso

Campanha Chuvosa – Março/2024											
Parâmetro	Unidade	LQ	Pontos de Monitoramento								VMP*
			ASP01	ASP02	ASP03	ASP04	ASP05	ASP06	ASP07	ASP08	
Cloretos	mg/L	0,15	1,49	**	1,62	1,60	1,54	4,60	1,00	0,91	até 250,00
Fluoreto	mg/L	0,10	0,26	**	0,25	0,26	0,25	0,40	0,26	0,25	até 1,40
Nitratos	mg NO ₃ --N/L	0,113	0,424	**	0,358	0,389	0,252	0,186	<0,113	<0,113	até 10,000
Nitritos	mg N-NO ₂ -/L	0,030	0,041	**	<0,030	0,040	0,039	0,042	<0,030	<0,030	até 1,000
Ortofosfato	mg/L	0,163	<0,163	**	<0,163	<0,163	<0,163	<0,163	<0,163	<0,163	N.A
Sulfato	mg/L	0,10	3,88	**	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,93	até 250,000
pH	pH	1,000000	6,03	**	6,16	6,00	6,07	6,92	6,08	5,68	de 6,00 a 9,00
Alcalinidade de Bicarbonatos	mg/L	5,0	19,1	**	21,1	20,1	17,1	22,1	17,1	13,1	N.A
Alcalinidade de Carbonatos	mg/L	5,0	<5,0	**	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	N.A
Alcalinidade de Hidróxido	mg/L	5,0	<5,0	**	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	N.A
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ /L	5,0	19,1	**	21,1	20,1	17,1	22,1	17,1	13,1	N.A
Condutividade Em Campo	µS/cm	4,50	48,00	**	58,00	59,00	48,00	90,00	45,00	53,00	N.A
Cor Verdadeira	uH	5,00	168,57	**	75,29	75,85	155,07	178,90	179,20	9,14	até 75,00
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L O ₂	2,0	<2,0	**	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	até 5,0
Demanda Química de Oxigênio	mg/L O ₂	12	38	**	26	25	35	17	17	<12	N.A
Óleos e Graxas Totais	mg/L	10,0	<10,0	**	35,2	<10,0	25,5	<10,0	11,5	<10,0	Virtualmente ausente
Oxigênio Dissolvido em Campo	mg/L O ₂	1,0	9,4	**	9,2	9,8	9,3	9,9	9,4	7,7	≥ 5,0
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	20	20	**	36	26	32	40	41	<20	até 500
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	20	377	**	186	175	328	82	120	<20	até 100
Sulfetos	mg/L	1,00	<1,00	**	<1,00	1,00	<1,00	<1,00	<1,00	1,00	até 0,002
Temperatura da amostra em campo	°C	5,0	21,7	**	22,1	22,2	21,5	23,1	22,9	23,0	N.A
Turbidez	UNT	0,700000	243,00	**	98,60	89,30	211,00	81,10	104,00	19,50	até 100,00
Alumínio Solúvel	mg/L	0,100	<0,100	**	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	até 0,100
Alumínio Total	mg/L	0,150	17,940	**	<0,150	1,347	2,618	0,535	6,566	<0,150	N.A
Arsênio Solúvel	mg/L	0,001	<0,001	**	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	N.A
Arsênio Total	mg/L	0,001	<0,001	**	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	até 0,010
Bário Solúvel	mg/L	0,50	<0,50	**	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	N.A
Bário Total	mg/L	0,50	<0,50	**	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	até 0,70
Berílio Solúvel	mg/L	-	0,01	**	0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	N.A
Berílio Total	mg/L	0,02	<0,02	**	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	até 40,00

Campanha Chuvosa – Março/2024											
Parâmetro	Unidade	LQ	Pontos de Monitoramento								VMP*
			ASP01	ASP02	ASP03	ASP04	ASP05	ASP06	ASP07	ASP08	
Boro	mg/L	1,00	<1,00	**	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	até 0,50
Boro Solúvel	mg/L	1,00	<1,00	**	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	N.A
Cádmio Solúvel	mg/L	0,001	<0,001	**	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	N.A
Cádmio Total	mg/L	0,001	<0,001	**	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	até 0,010
Cálcio Solúvel	mg/L	-	3,21	**	3,91	4,01	4,11	4,19	3,25	2,92	N.A
Cálcio Total	mg/L	0,50	3,22	**	4,05	4,06	4,71	4,51	3,26	3,05	N.A
Chumbo Solúvel	mg/L	0,01	<0,01	**	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	N.A
Chumbo Total	mg/L	0,010	<0,010	**	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	até 0,010
Cobalto Solúvel	mg/L	-	<0,05	**	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	até 0,01
Cobalto Total	mg/L	0,05	<0,05	**	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	até 0,05
Cromo Solúvel	mg/L	0,05	<0,05	**	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	N.A
Cromo Total	mg CaCO ₃ /L	0,05	<0,05	**	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	até 0,05
Dureza Total	mg/L	1,33	12,98	**	14,27	14,54	15,88	15,96	12,71	10,99	N.A
Estanho Solúvel	mg/L	-	<1,00	**	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	Ausente	N.A
Estanho Total	mg/L	1,00	<1,00	**	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	N.A
Ferro Solúvel	mg/L	0,07	1,36	**	1,33	1,16	1,42	1,75	1,91	0,66	até 0,30
Ferro Total	mg/L	0,07	16,50	**	4,70	6,30	4,00	6,40	15,50	8,10	N.A
Lítio Solúvel	mg/L	-	<0,05	**	<0,05	<0,05	<0,05	0,16	<0,05	<0,05	N.A
Lítio Total	mg/L	0,05	<0,05	**	<0,05	<0,05	<0,05	0,17	<0,05	<0,05	até 2,50
Magnésio Solúvel	mg/L	-	0,81	**	0,89	0,93	0,84	1,05	0,99	0,81	N.A
Magnésio Total	mg/L	0,05	1,20	**	1,01	1,07	1,00	1,14	1,11	0,82	N.A
Manganês Solúvel	mg/L	0,05	<0,05	**	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,19	N.A
Manganês Total	mg/L	0,05	0,32	**	0,09	0,14	0,26	0,11	0,32	0,29	até 0,10
Mercurio Solúvel	mg/L	0,0002	<0,0002	**	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	N.A
Mercurio Total	mg/L	0,0002	<0,0002	**	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	até 0,0002
Níquel Solúvel	mg/L	0,02	0,02	**	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	N.A
Níquel Total	mg/L	0,02	0,04	**	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	até 0,02
Potássio Solúvel	mg/L	-	1,78	**	1,54	1,52	1,58	1,94	1,42	0,72	N.A
Potássio Total	mg/L	-	2,13	**	1,65	1,65	1,67	2,05	1,52	0,72	N.A
Prata Solúvel	mg/L	-	<0,01	**	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	N.A
Prata Total	mg/L	0,01	<0,01	**	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	até 0,01
Selênio Solúvel	mg/L	-	<0,002	**	0,001	0,001	0,001	0,001	<0,002	<0,002	até 0,010
Selênio Total	mg/L	0,002	<0,002	**	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	N.A

Campanha Chuvosa – Março/2024											
Parâmetro	Unidade	LQ	Pontos de Monitoramento								VMP*
			ASP01	ASP02	ASP03	ASP04	ASP05	ASP06	ASP07	ASP08	
Sódio Solúvel	mg/L	-	2,68	**	2,96	2,95	2,65	5,58	3,25	1,58	N.A
Sódio Total	mg/L	2,00	2,93	**	3,71	3,61	2,73	6,15	4,23	<2,00	N.A
Zinco Solúvel	mg/L	0,05	<0,05	**	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	até 0,18
Zinco Total	mg/L	0,05	<0,05	**	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	até 0,18
Antimônio	mg/L	0,0040	<0,0040	**	<0,0040	<0,0040	<0,0040	<0,0040	0,0046	<0,0040	até 0,0050
Antimônio Solúvel	mg/L	1,0000	<1,0000	**	<1,0000	<1,0000	<1,0000	<1,0000	<1,0000	<1,0000	N.A
Carbono Orgânico Total	mg/L	5,0	<5,0	**	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	N.A
Molibdênio	mg/L	0,01	<0,00	**	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00	N.A
Molibdênio Solúvel	mg/L	-	<0,00	**	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00	N.A
Urânio Solúvel	mg/L	-	<0,020	**	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	N.A
Urânio Total	mg/L	0,0200	<0,0200	**	<0,0200	<0,0200	<0,02	<0,0200	<0,0200	<0,0200	até 0,0200

** Sem acesso na data da campanha.

VMP*: Limites definidos pelo Artigo 16 da Deliberação Normativa Conjunta COPAM CERH nº 08/2022, para cursos d'água classe Classe 2.

Vermelho: Valores que ultrapassaram o limite estabelecido pela legislação.

Quadro 9.50 – Resultados Monitoramento Hídrico Superficial – 2ª Campanha – Julho/2024 – Período Seco

Campanha Seca – Julho/2024											
Parâmetro	Unidade	LQ	Pontos de Monitoramento								VMP*
			ASP01	ASP02	ASP03	ASP04	ASP05	ASP06	ASP07	ASP08	
Cloretos	mg/L	0,15	2,62	0,65	3,14	2,82	3,06	9,44	1,55	0,65	até 250,00
Fluoreto	mg/L	0,10	0,23	0,23	0,23	0,23	0,27	0,54	0,25	<0,100	até 1,40
Nitratos	mg NO3--N/L	0,113	0,771	<0,113	0,805	0,652	0,705	0,286	0,187	<0,113	até 10,000
Nitritos	mg N-NO2-/L	0,030	0,179	<0,030	0,176	0,189	0,172	0,186	0,166	<0,030	até 1,000
Ortofosfato	mg/L	0,163	<0,163	<0,163	<0,163	<0,163	<0,163	<0,163	<0,163	<0,163	N.A
Sulfato	mg/L	0,10	0,22	0,42	1,23	1,07	1,52	4,14	0,79	0,26	até 250,000
pH	pH	1,000000	7,44	6,60	6,98	7,30	7,30	6,89	7,32	6,20	de 6,00 a 9,00
Alcalinidade de Bicarbonatos	mg/L	5,0	16,9	36,8	15,9	15,9	14,9	23,9	12,9	11,9	N.A
Alcalinidade de Carbonatos	mg/L	5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	N.A
Alcalinidade de Hidróxido	mg/L	5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	N.A
Alcalinidade Total	mg CaCO3/L	5,0	16,9	36,8	15,9	15,9	14,9	23,9	12,9	11,9	N.A
Condutividade Em Campo	µS/cm	4,50	59,00	119,00	60,00	61,00	61,00	109,00	46,00	51,00	N.A
Cor Verdadeira	uH	5,00	18,97	<5,00	12,64	17,05	15,08	30,80	21,26	<5,00	até 75,00

Campanha Seca – Julho/2024											
Parâmetro	Unidade	LQ	Pontos de Monitoramento								VMP*
			ASP01	ASP02	ASP03	ASP04	ASP05	ASP06	ASP07	ASP08	
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L O ₂	2,0	2,0	2,4	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	até 5,0
Demanda Química de Oxigênio	mg/L O ₂	12	<12	<12	<12	16	<12	18	15	17	N.A
Óleos e Graxas Totais	mg/L	10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	Virtualmente ausente
Oxigênio Dissolvido em Campo	mg/L O ₂	1,0	9,0	6,7	7,7	9,0	9,0	7,7	8,0	6,5	≥ 5,0
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	20	32	65	39	49	47	77	45	20	até 500
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	20	21	25	<20	20	<20	25	<20	<20	até 100
Sulfetos	mg/L	1,00	<1,00	<1,00	<1,000	<1,00	<1,00	<1,000	<1,00	<1,00	até 0,002
Temperatura da amostra em campo	°C	5,0	19,9	19,7	19,4	19,2	19,3	20,4	20,5	20,5	N.A
Turbidez	UNT	0,700000	18,00	22,10	16,60	16,80	13,10	29,60	12,40	22,80	até 100,00
Alumínio Solúvel	mg/L	0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	até 0,100
Alumínio Total	mg/L	0,150	<0,150	<0,150	<0,150	<0,150	0,520	<0,150	0,497	<0,150	N.A
Arsênio Solúvel	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	N.A
Arsênio Total	mg/L	0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	até 0,010
Bário Solúvel	mg/L	0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	N.A
Bário Total	mg/L	0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	até 0,70
Berílio Solúvel	mg/L	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.A
Berílio Total	mg/L	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	até 40,00
Boro	mg/L	1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	até 0,50
Boro Solúvel	mg/L	1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	N.A
Cádmio Solúvel	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	N.A
Cádmio Total	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	até 0,010
Cálcio Solúvel	mg/L	-	2,81	4,27	2,81	2,99	3,03	2,45	1,65	1,49	N.A
Cálcio Total	mg/L	0,50	2,81	4,40	2,91	3,08	3,09	3,22	1,68	1,62	N.A
Chumbo Solúvel	mg/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	N.A
Chumbo Total	mg/L	0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	até 0,010
Cobalto Solúvel	mg/L	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	até 0,01
Cobalto Total	mg/L	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	até 0,05
Cromo Solúvel	mg/L	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	N.A
Cromo Total	mg CaCO ₃ /L	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	até 0,05
Dureza Total	mg/L	1,33	11,18	17,45	11,34	11,64	11,67	12,61	8,27	7,63	N.A
Estanho Solúvel	mg/L	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.A
Estanho Total	mg/L	1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	N.A

Campanha Seca – Julho/2024											
Parâmetro	Unidade	LQ	Pontos de Monitoramento								VMP*
			ASP01	ASP02	ASP03	ASP04	ASP05	ASP06	ASP07	ASP08	
Ferro Solúvel	mg/L	0,07	0,65	0,73	0,64	0,74	0,70	0,66	0,67	1,64	até 0,30
Ferro Total	mg/L	0,07	1,77	9,30	1,69	1,55	1,64	1,28	1,49	7,90	N.A
Lítio Solúvel	mg/L	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	0,31	Ausente	Ausente	N.A
Lítio Total	mg/L	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,32	<0,05	<0,05	até 2,50
Magnésio Solúvel	mg/L	-	0,99	1,56	0,93	0,91	0,93	1,05	0,98	0,86	N.A
Magnésio Total	mg/L	0,05	1,01	1,57	0,99	0,96	0,96	1,11	0,99	0,87	N.A
Manganês Solúvel	mg/L	0,05	<0,05	0,61	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,28	N.A
Manganês Total	mg/L	0,05	<0,05	0,61	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	0,28	até 0,10
Mercurio Solúvel	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	N.A
Mercurio Total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	até 0,0002
Níquel Solúvel	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	N.A
Níquel Total	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	até 0,02
Potássio Solúvel	mg/L	-	1,60	0,97	1,80	1,60	1,65	2,13	1,18	0,34	N.A
Potássio Total	mg/L	-	1,66	0,97	1,85	1,62	1,69	2,13	1,20	0,34	N.A
Prata Solúvel	mg/L	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	N.A
Prata Total	mg/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	até 0,01
Selênio Solúvel	mg/L	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	até 0,010
Selênio Total	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	N.A
Sódio Solúvel	mg/L	-	4,84	4,80	5,20	4,90	5,15	10,44	4,88	2,69	N.A
Sódio Total	mg/L	2,00	4,89	4,81	5,21	5,69	5,15	10,60	4,88	3,09	N.A
Zinco Solúvel	mg/L	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	até 0,18
Zinco Total	mg/L	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	até 0,18
Antimônio	mg/L	0,0040	<0,0040	0,0073	<0,0040	<0,0040	<0,0040	<0,0040	<0,0040	<0,0040	até 0,0050
Antimônio Solúvel	mg/L	1,0000	0,0007	0,0007	0,0035	0,0007	0,0008	0,0007	0,0007	0,0007	N.A
Carbono Orgânico Total	mg/L	5,0	<5,0	<5,0	<5,0	6,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	N.A
Molibdênio	mg/L	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	N.A
Molibdênio Solúvel	mg/L	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	N.A
Urânio Solúvel	mg/L	-	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	N.A
Urânio Total	mg/L	0,0200	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	até 0,0200

VMP*: Limites definidos pelo Artigo 16 da Deliberação Normativa Conjunta COPAM CERH nº 08/2022, para cursos d'água classe Classe 2.
 Vermelho: Valores que ultrapassaram o limite estabelecido pela legislação.

Para efeito de comparação de resultados, tomou-se como referência o Artigo 16 da Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG nº 8, de 21 de novembro de 2022, o qual define os limites dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados para cursos d'água enquadrados como Classe 2.

Após análise dos resultados da 1ª campanha realizada em março de 2024 (período chuvoso) nos pontos de monitoramento ASP01 a ASP08, verificou-se que:

- O parâmetro pH se apresentou ligeiramente abaixo do limite inferior estabelecido pela legislação no ponto amostral ASP08, indicando acidez pouco relevante, associada ao período chuvoso em que a amostragem foi realizada;
- O parâmetro Sólidos Suspensos Totais se apresentou acima do limite estabelecido pela legislação nos pontos amostrais ASP01, ASP03, ASP04, ASP05 e ASP07;
- O parâmetro Óleos e graxas se apresentou acima do limite estabelecido pela legislação nos pontos amostrais ASP03, ASP05 e ASP07;
- O parâmetro Sulfeto se apresentou nos pontos ASP04 e ASP08 dessa forma, em discordância com a legislação;
- O parâmetro Turbidez se apresentou acima do limite estabelecido pela legislação nos pontos amostrais ASP01, ASP05 e ASP07;
- Os parâmetros Níquel Total e Ferro Solúvel se apresentaram acima do limite estabelecido pela legislação em todos os pontos coletados;
- O parâmetro Cor verdadeira se apresentou acima do limite estabelecido pela legislação nos pontos amostrais ASP01, ASP03, ASP04, ASP05, ASP06 e ASP07;
- O parâmetro Manganês Total se apresentou acima do limite estabelecido pela legislação nos pontos amostrais ASP01, ASP04, ASP05, ASP06, ASP07 e ASP08;
- Demais parâmetros se encontraram em conformidade com o limite estabelecido pela legislação.

Cabe ressaltar que durante esta campanha estava chovendo na região, apesar de ser uma chuva fina, e o ponto ASP02 não foi coletado por falta de condições de acesso.

Após análise dos resultados da 2ª campanha, realizada em julho de 2024 (período seco), nos pontos de monitoramento ASP01 a ASP08, verificou-se que:

- O parâmetro Manganês Total se apresentou acima do limite estabelecido pela legislação nos pontos amostrais ASP02 e ASP08;
- O parâmetro Níquel Total se apresentou acima do limite estabelecido pela legislação no ponto ASP08;

- O parâmetro Antimônio se apresentou acima do limite estabelecido pela legislação no ponto ASP02;
- O parâmetro Ferro Solúvel se apresentou acima do limite estabelecido pela legislação em todos os pontos de monitoramento coletados;
- Demais parâmetros se encontram em conformidade com o limite estabelecido pela legislação.

O Ferro e o Manganês são metais comumente encontrados em solos, sendo que a ocorrência destes metais está relacionada às características geoquímicas da região. Devido a fatores físico-químicos, ele pode ser disponibilizado para a coluna d'água. Nas águas superficiais, os níveis de Ferro e Manganês aumentam nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e à ocorrência de processos de erosão das margens. Conclui-se então, que a presença acima do limite estabelecido de Ferro Solúvel e Manganês Total nos corpos hídricos, conforme foi observado, pode ser atribuída a fatores naturais associados ao *background* da região, como o intemperismo de rochas e altos índices pluviométricos.

A presença de Sulfetos, observada na campanha realizada em março de 2024, também pode ser atribuída às características geoquímicas da região, uma vez que nesta há a presença de minerais sulfetados.

Já as concentrações elevadas de Níquel podem ser atribuídas a processos naturais de lixiviação de solos e rochas, mas também a descargas de efluentes industriais, atividades agrícolas envolvendo o uso de fertilizantes e a corrosão de tubulações.

Em relação às elevadas concentrações de Turbidez, Cor Verdadeira e Sólidos Suspensos Totais, observados na campanha realizada em março de 2024, tal comportamento pode ser associado ao período chuvoso, que intensifica o escoamento superficial e o carreamento de partículas sólidas para o curso d'água, aumentando a turbidez e a concentração de sólidos em suspensão. A região em que o empreendimento está inserido é marcada por alta susceptibilidade a erosões e até voçorocamentos, fator que, aliado a altos índices pluviométricos, corrobora com o aumento das concentrações dos referidos parâmetros nos cursos d'água que drenam a região.

9.1.12. Recursos Hídricos Subterrâneos

9.1.12.1. Caracterização Regional

Os recursos hídricos subterrâneos são organizados em grandes domínios regionais, denominados províncias hidrogeológicas, que englobam áreas com características geológicas e hidráulicas semelhantes. Diferentemente, as bacias hidrogeológicas são unidades mais

específicas, correspondendo a segmentos da crosta terrestre delimitados pelas zonas de recarga, onde as plumas de umidade atingem a zona saturada dos aquíferos, e de descarga, onde as águas subterrâneas emergem na superfície (SGB/CPRM, 2022).

A delimitação das bacias hidrogeológicas é mais complexa que a das bacias hidrográficas, pois envolve critérios especializados, como a natureza do substrato geológico, a geometria da superfície potenciométrica, a presença de barreiras hidráulicas (como falhas) e a influência de quebras de relevo ou estruturas subterrâneas.

As províncias hidrogeológicas podem ser classificadas regionalmente, destacando-se:

Aquíferos Granulares – Depósitos aluvionares: Esses depósitos, encontrados em canais fluviais, planícies de inundação e terraços, são compostos por sedimentos inconsolidados, como areias, siltes, argilas e cascalhos, podendo conter material orgânico e crostas ferruginosas superficiais. Geralmente, formam aquíferos livres a semiconfinados, de natureza porosa e heterogênea, com extensão e espessura limitadas. A produtividade desses aquíferos é considerada baixa, com vazões típicas entre 1 e 10 m³/h, embora valores mais altos possam ser alcançados em depósitos mais espessos. A qualidade da água é geralmente boa, adequada para diversos usos, mas a pouca profundidade desses aquíferos os torna altamente vulneráveis à contaminação. Dados de poços na região indicam valores medianos de pH de 6,8, dureza de 23 mg/L e condutividade elétrica de 60 µS/cm.

Aquíferos Granulares – Litotipos sedimentares pelíticas (siltitos laminados e argilitos ardosianos): Esses aquíferos, caracterizados como livres a semiconfinados, apresentam dupla porosidade, são anisotrópicos e possuem extensão regional. Embora possuam porosidade primária, seu comportamento hidrogeológico é predominantemente fissural, controlado por fraturas e fissuras. A profundidade mediana dos poços é de 80 metros. A produtividade varia significativamente, com vazões que podem oscilar entre 1 e 10 m³/h em aquíferos de baixa produtividade até 50 a 100 m³/h em casos mais produtivos. As águas são geralmente adequadas para diversos usos, embora tendam a apresentar dureza e condutividade elétrica mais elevadas. Dados de poços tubulares indicam valores medianos de pH de 7,4, dureza de 100 mg/L e condutividade elétrica de 428 µS/cm. Em algumas situações, as águas podem ser muito duras, tornando-se impróprias para consumo humano.

Aquíferos Fraturados – Litotipos metamórficos (xistos, metaconglomerados, quartzitos e paragneisses): Esses aquíferos, de natureza fissural, podem ser livres ou confinados, são anisotrópicos e têm extensão regional. Sua espessura atinge centenas de metros, com poços apresentando profundidade mediana de 90 metros, conforme dados disponíveis. A produtividade varia entre geralmente baixa, com vazões de 10 a 25 m³/h (Classe 4), e muito

baixa, com vazões de 1 a 10 m³/h (Classe 5), embora localmente possa ser moderada. As águas apresentam, em geral, dureza e teor de sais de baixo a médio, sendo adequadas para diversos usos. Dados de poços indicam valores medianos de pH de 7,9, dureza de 106 mg/L, sólidos totais dissolvidos de 259 mg/L e condutividade elétrica de 311 µS/cm. Em locais específicos, pode haver aumento da salinidade das águas.

Aquíferos Fraturados – Litotipos metassedimentares (quartzito, metassiltito, filito, metarenito e metaconglomerado): Esses aquíferos consistem em um espesso pacote metassedimentar, caracterizado como fissural, livre a confinado, anisotrópico e de extensão regional. Com espessura de centenas de metros, apresentam profundidade mediana de poços de 80 metros, conforme dados públicos analisados. A produtividade varia entre geralmente baixa, com vazões de 10 a 25 m³/h (localmente moderada), e muito baixa, com vazões de 1 a 10 m³/h (localmente baixa). As águas são, em geral, brandas, com baixo teor de sais, sendo adequadas para diversos usos. Dados de poços indicam valores medianos de pH de 7,35, dureza de 70 mg/L e condutividade elétrica de 70 µS/cm.

Embasamento – Litotipos arqueanos, paleoproterozóicas e intrusivos associados a orogenias proterozóicas (gnaisses, xistos, granitos, quartzitos, migmatitos, rochas vulcânicas e metavulcânicas): Esse aquífero, também fissural, livre a confinado, anisotrópico e de extensão regional, possui espessura de centenas de metros. Sua produtividade está diretamente relacionada ao grau de desenvolvimento do manto de alteração, que favorece a recarga quando mais espesso. A profundidade mediana dos poços é de 87 metros, segundo dados disponíveis. A produtividade é predominantemente baixa, com vazões de 10 a 25 m³/h (localmente moderada), embora também ocorra, em menor proporção, produtividade muito baixa, com vazões de 1 a 10 m³/h (localmente baixa). Em casos pontuais, os aquíferos podem ser pouco produtivos ou não aquíferos, com vazões inferiores a 1 m³/h. As águas são geralmente brandas, com salinidade baixa a moderada e boa qualidade. Dados de poços apontam valores medianos de pH de 7,8, dureza de 88 mg/L, sólidos totais dissolvidos de 182 mg/L e condutividade elétrica de 288 µS/cm. Cerca de 9% dos poços apresentam condutividade elétrica superior a 1000 µS/cm, com mediana de 1560 µS/cm.

Na Figura 9.104, os domínios hidrogeológicos foram classificados em três categorias principais, com base em suas características litológicas conformes descritas anteriormente:

- **Formações Cenozoicas:** Englobam os aquíferos granulares formados por depósitos aluvionares e metassedimentares, como areias, siltes, argilas e cascalhos, típicos de ambientes fluviais e planícies de inundação.

- **Metavulcânicas e Metassedimentares:** Compreendem os aquíferos granulares, formados por litotipos sedimentares pelíticos (siltitos laminados e argilitos ardosianos), aquíferos fraturados, que incluem litotipos metamórficos (xistos, metaconglomerados, quartzitos e paragnaisses) e metassedimentares (quartzitos, metassiltitos, filitos, metarenitos e metaconglomerados). Esses aquíferos apresentam comportamento hidrogeológico predominantemente fissural.
- **Embasamento Cristalino:** Representado por litotipos arqueanos, paleoproterozoicos e intrusivos associados a orogenias proterozoicas, como gnaisses, xistos, granitos, quartzitos, migmatitos, rochas vulcânicas e metavulcânicas. Esses aquíferos fissurais têm produtividade influenciada pelo grau de fraturamento e pelo manto de alteração.

9.1.12.1.1. Caracterização do sistema aquífero da Bacia Hidrográfica do Rio Grande (GD2)

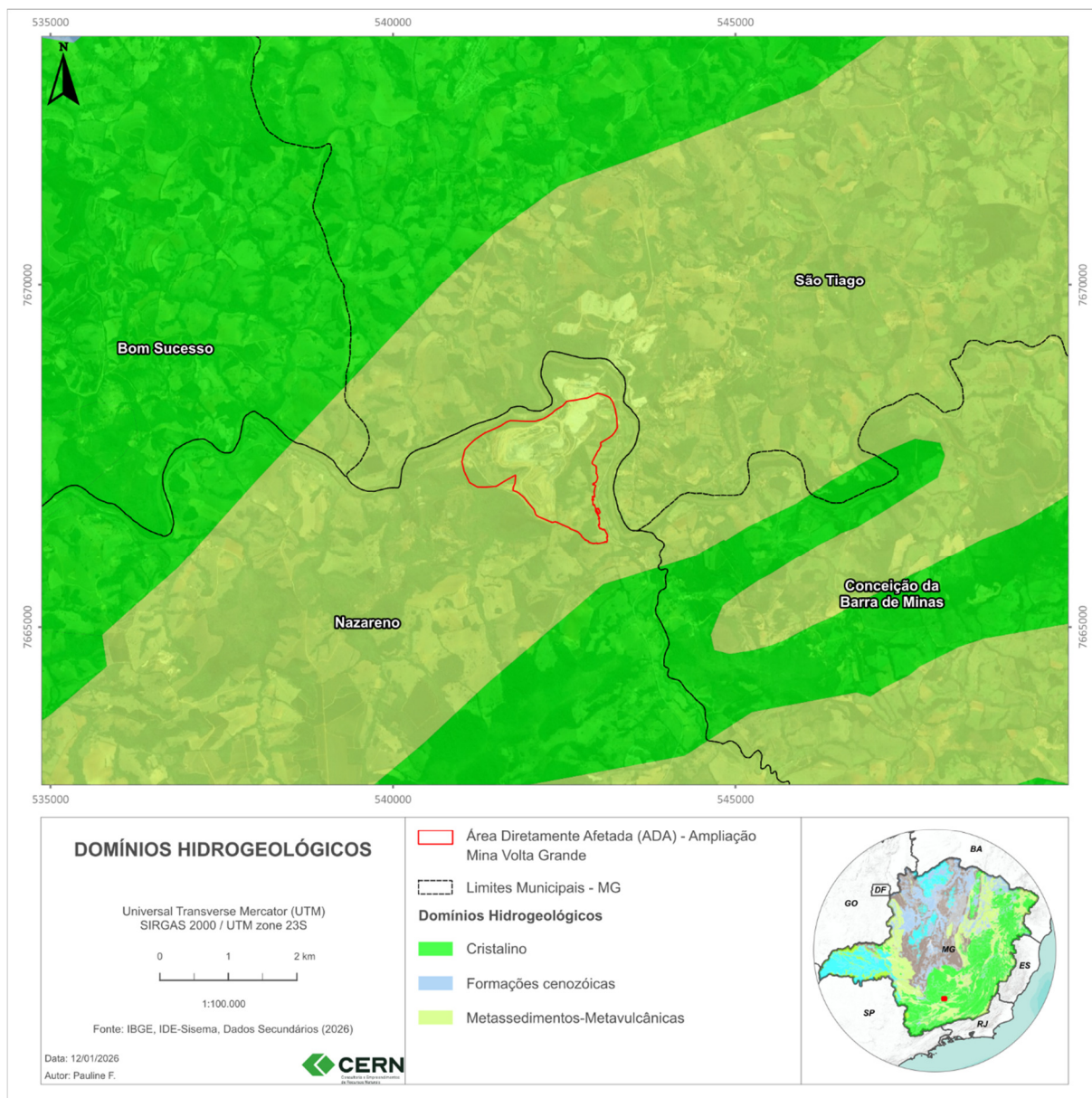
Para correlacionar os sistemas aquíferos descritos com a Bacia Hidrográfica do Rio Grande (GD2), é necessário considerar as características hidrogeológicas dos aquíferos e sua interação com os sistemas de drenagem superficial da bacia GD2. A seguir, são apresentados a correlação de cada tipo de aquífero com a bacia GD2, com base nas suas características litológicas, tectônicas e hidrogeológicas, e sua relação com os rios das Mortes, Jacaré e seus afluentes.

- **Aquíferos Granulares – Depósitos Aluvionares:** Na bacia GD2, esses aquíferos ocorrem em planícies de inundação e terraços fluviais ao longo do, como o Rio das Mortes e o Rio Jacaré. Essas áreas são formadas por depósitos aluvionares retrabalhados pelos rios, especialmente em trechos de menor declividade. A recarga ocorre por infiltração direta de chuvas e pela interação com os rios, particularmente durante períodos chuvosos.
- **Aquíferos Granulares – Litotipos Sedimentares Pelíticos (Siltitos Laminados e Argilitos Ardosianos):** Esses aquíferos estão associados a unidades sedimentares pelíticas do Grupo Barbacena ou formações correlatas, que podem ocorrer em setores da bacia GD2, especialmente em áreas de menor relevo, como o Rio Jacaré, Rio Santana, e ribeirões como Conquistinha e Ponte Alta/Toldas. A natureza fissural implica que a recarga depende de fraturas conectadas aos rios e córregos da bacia.
- **Aquíferos Fraturados – Litotipos Metamórficos (Xistos, Metaconglomerados, Quartzitos e Paragnaisses):** Esses aquíferos são predominantes no Grupo Barbacena, que inclui xistos, quartzitos e paragnaisses, comuns na bacia GD2, especialmente em áreas de relevo acidentado, como as serras próximas a Barbacena e São João del-Rei. A

natureza fissural implica que a recarga depende de fraturas conectadas a córregos e nascentes.

- **Aquíferos Fraturados – Litotipos Metassedimentares (Quartzito, Metassiltito, Filito, Metarenito e Metaconglomerado):** Esses aquíferos, associados a pacotes metassedimentares do Grupo Barbacena, ocorrem em áreas de relevo moderado a acidentado da bacia GD2, como nas proximidades de São João del-Rei e Tiradentes. A natureza fissural implica recarga por fraturas conectadas a nascentes e córregos.
- **Embasamento – Litotipos Arqueanos, Paleoproterozoicos e Intrusivos (Gnaisses, Xistos, Granitos, Quartzitos, Migmatitos, Rochas Vulcânicas e Metavulcânicas):** Esses aquíferos, associados ao embasamento cristalino, incluindo unidades como a Suíte Tabuões (tonalitos e granitos), são comuns em toda a bacia GD2, especialmente em áreas de relevo acidentado, como as serras de Barbacena e Carandaí. A recarga depende do manto de alteração, que facilita a infiltração de água da chuva e de afluentes como o Rio Jacaré e o Rio Santana.

Figura 9.104 - Mapa de domínios hidrogeológicos.



9.1.12.2. Caracterização Local

Uma província hidrogeológica pode reunir um ou mais reservatórios de água subterrânea ou unidades aquíferas e dadas as dimensões da área de estudo, são variados os tipos de sistemas aquíferos presentes, desde as zonas fraturadas no embasamento cristalino até os depósitos sedimentares cenozoicos. Dessa diversificação, resultaram em sistema aquíferos que, pelo seu comportamento, podem ser reunidos em: (a) sistemas porosos (rochas sedimentares ou metassedimentares) e (b) sistemas fissurados (rochas cristalinas e cristalofilianas) que são maciços com fraturas e outras descontinuidades. A arquitetura geológica, com alternância de camadas permeáveis e impermeáveis também pode propiciar a condição do tipo de aquífero.

Nesse contexto, a área de estudo está inserida a principalmente a um sistema hidrogeológico associado a terrenos arqueanos, caracterizados pela associação de pegmatitos e *greenstone belts*. Nessa região, observam-se os granitoides de granulação grossa (pegmatitos) encaixados em anfibolitos, que apresentam textura xistosa, quer influenciam diretamente a dinâmica hidrogeológica regional e local.

As diferenças texturais entre essas rochas resultam em propriedades hidráulicas distintas. Os anfibolitos, devido à sua textura fina, têm caráter semipermeável, armazenando água, mas permitindo sua transmissão a taxas extremamente baixas. Similarmente, os afloramentos de rochas metaultramáficas, disseminados nos anfibolitos, especialmente em zonas cisalhadas, também exibem baixa permeabilidade.

Por outro lado, os granitoides de granulação grossa, são relativamente mais permeáveis, favorecendo um maior fluxo de água. As foliações, falhas, fraturas e o grau de alteração dos maciços desempenham um papel crucial na dinâmica das águas subterrâneas em rochas de baixa porosidade primária. Essas estruturas aumentam localmente a porosidade e a permeabilidade controlando, junto ao gradiente hidráulico, o fluxo e a capacidade de armazenamento dos reservatórios subterrâneos.

Nas porções de topo dos maciços, o intenso intemperismo forma um manto de materiais inconsolidados de textura granular. Esses materiais são essenciais para recarga dos aquíferos, especialmente em encostas e fundos de talvegues, onde contribuem para a manutenção das vazões de base dos córregos. Isso ocorre porque eles armazenam temporariamente as águas de chuva, liberando-as atentamente ao longo do tempo.

Localmente, a hidrogeologia da Mina de Volta Grande pode ser classificada em quatro unidades aquíferas principais:

- **Unidade Aquífera em Sedimentos Inconsolidados:** Essa unidade corresponde a um sistema aquífero poroso de circulação rasa, formado por depósitos aluvionares localizados em vales e encostas, sobrepostos a rochas de baixa permeabilidade, como anfibolitos. Esses depósitos, compostos por areias, siltes e argilas, apresentam alta permeabilidade e capacidade de armazenamento, sendo recarregados diretamente pela precipitação. A presença de matas de galeria e ciliares protege esses sedimentos da erosão, favorecendo sua preservação. Devido ao perfil geralmente delgado do manto de alteração e à ocorrência de rocha sã pouco permeável aflorante próxima aos talvegues, a infiltração em maiores profundidades é insignificante, limitada pela natureza impermeável do substrato anfibolítico.

- **Unidade aquífera granitoides:** Formada por pegmatitos, que hospedam o minério da Mina de Volta Grande, essa unidade caracteriza-se como um aquífero fissural. O sistema inclui um manto de intemperismo, composto por material areno-argiloso de espessura variável – mais espesso em áreas aplainadas e mais raso em terrenos de alta declividade. Esse manto atua como uma zona de transição entre o solo e a rocha sã, onde o fluxo de água ocorre tanto por poros quanto por descontinuidades. Na rocha sã, o fluxo subterrâneo é predominantemente controlado por fraturas, falhas e juntas, que formam uma complexa rede hidráulica. Essa rede de descontinuidades comanda a recarga proveniente da porção superior do sistema, direcionando praticamente todo o fluxo de água subterrânea no aquífero fissural.
- **Unidade aquitarde anfíbolitos:** Composta por anfíbolitos, interpretados como metabasaltos toleíticos, intercalados com xistos, quartzitos, gonditos e rochas paleoproterozoicas, incluindo plutonitos graníticos, essa unidade apresenta um sistema de fluxo fissural controlado por estruturas tectônicas. Caracteriza-se por baixo armazenamento e transmissividade, com permeabilidade secundária pouco desenvolvida, devido à composição mineralógica que favorece a formação de argilas e à plasticidade que resulta em fraturas fechadas. No entanto, em zonas intensamente fraturadas com maior interconexão, a permeabilidade pode atingir níveis intermediários. O plano de foliação desempenha um papel crucial na percolação da água, pois apresenta maior porosidade, facilitando o fluxo subterrâneo.
- **Unidade aquíclade metaultramáficas:** Disseminada nos anfíbolitos, especialmente em zonas cisalhadas, essa unidade é composta por serpentina, clorita, tremolita e talco, em proporções variáveis. Quando alteradas, essas rochas geram materiais altamente argilosos. Tanto na forma sã quanto alterada, apresentam baixa capacidade de armazenamento e transmissividade, funcionando como barreiras hidráulicas ou unidades confinantes no sistema aquífero.

➤ **Considerações Hidrogeológicas Gerais**

A interação entre as características litológicas e estruturais das unidades descritas, aliada ao contexto geomorfológico, desempenha um papel crucial na complexidade do sistema hidrogeológico da área. A ocorrência de solos altamente intemperizados sobre rochas fraturadas favorece a infiltração e o armazenamento de água subterrânea em zonas específicas, configurando um sistema aquífero predominantemente fissural. Esse sistema é formado por redes de fraturas e descontinuidades nas rochas, que possibilitam a circulação e a acumulação

de água, especialmente em regiões onde o intemperismo e a tectônica favoreceram a conectividade das fraturas.

A análise detalhada das propriedades hidráulicas dessas unidades é fundamental para a gestão eficiente dos recursos hídricos da região. Esse entendimento é essencial não apenas para o desenvolvimento de modelos de fluxo subterrâneo, mas também para a implementação de estratégias voltadas à preservação ambiental e ao uso sustentável da água subterrânea. Estudos hidrogeológicos de alta resolução, incluindo testes de bombeamento e mapeamento estrutural, são recomendados para caracterizar a distribuição da porosidade e a conectividade hidráulica das fraturas.

➤ Sistema Aquífero e Influências Estruturais

O principal sistema aquífero presente na área da Mina Volta Grande é classificado como um aquífero fraturado, desenvolvido em rochas cristalinas e metassedimentares de baixa porosidade intersticial. Nesse tipo de meio, a circulação e o armazenamento da água subterrânea ocorrem predominantemente ao longo de planos de descontinuidade geológica, como fraturas, falhas, zonas de cisalhamento e planos de foliação, que atuam como condutos secundários de fluxo.

A origem e a distribuição dessas estruturas fraturadas estão fortemente relacionadas à história tectônica e deformacional do Cinturão Araçuaí, o que resulta em um meio hidrogeológico marcadamente heterogêneo e anisotrópico. Nessa configuração, a permeabilidade efetiva do aquífero depende não apenas da presença de fraturas, mas também de suas características geométricas (abertura, continuidade, densidade, conectividade e preenchimento), o que confere grande variabilidade espacial às propriedades hidrodinâmicas do meio.

Em determinadas zonas, especialmente onde há maior densidade de fraturas abertas e interconectadas, observa-se comportamento de dupla porosidade, em que a água se armazena em poros residuais da matriz rochosa ou em microfraturas (porosidade primária) e circula pelas fraturas maiores (porosidade secundária). Esse modelo implica em diferentes tempos de resposta hidráulica: uma parte da água se move mais lentamente na matriz, enquanto outra circula rapidamente pelas fraturas principais, influenciando o transporte de solutos e a dinâmica de descarga em nascentes e córregos.

Devido à natureza descontínua do sistema, os coeficientes de transmissividade e condutividade hidráulica variam amplamente, podendo atingir valores consideráveis em zonas de fraturamento intenso, mas tendendo a ser baixos em áreas de maciços menos afetados por deformações. A recarga hídrica nesses aquíferos ocorre predominantemente de forma difusa, por infiltração direta da água precipitada em áreas onde os solos e a cobertura superficial permitem percolação,

sendo intensificada em locais com presença de estruturas abertas ou zonas de alteração hidrotermal.

Adicionalmente, o relevo montanhoso e a compartimentação geomorfológica controlam os gradientes hidráulicos e favorecem o direcionamento do fluxo subterrâneo, geralmente no sentido das zonas de vale, que funcionam como áreas de descarga. Nesses pontos, a água subterrânea pode emergir sob a forma de nascentes fraturadas, frequentemente associadas a interseções de estruturas geológicas e mudanças litológicas, o que reforça o papel das estruturas tectônicas como elementos-chave no controle da hidrodinâmica subterrânea.

A seguir, na Figura 9.105 é possível ver de forma esquemática o funcionamento desse sistema aquífero.

Figura 9.105 - Croqui Esquemático de um Sistema Aquífero de dupla Porosidade



➤ **Relação com os Aquíferos Granulares**

Na área da Mina Volta Grande, os processos intempéricos prolongados atuantes sobre as rochas do embasamento resultaram na formação de uma camada de alteração, composta por materiais inconsolidados, que originou sistemas aquíferos granulares rasos, classificados predominantemente como aquíferos livres ou freáticos. Esses aquíferos ocorrem sobre as unidades rochosas menos permeáveis, que funcionam como substrato e, muitas vezes, como barreira à percolação vertical da água, conferindo ao sistema um comportamento não confinado. Os aquíferos granulares da região apresentam características hidrogeológicas diretamente condicionadas à textura, espessura e continuidade dos materiais inconsolidados, além da declividade do relevo e da cobertura pedológica.

A recarga desses aquíferos ocorre predominantemente por infiltração direta das águas de precipitação, percolando pela zona não saturada (ou zona vadosa) até atingir a superfície do lençol freático. A eficiência desse processo depende das características físicas dos solos, como porosidade, condutividade hidráulica e capacidade de retenção de água, bem como da

intensidade e frequência das chuvas, que no contexto regional apresentam marcada sazonalidade.

Durante períodos de maior pluviosidade, o lençol freático sofre elevação, podendo alcançar níveis próximos à superfície, especialmente em áreas de relevo suavizado ou rebaixado, como fundos de vale e depressões topográficas. Nesses locais, é comum a ocorrência de zonas de exfiltração, com surgimento de áreas alagadas temporárias, encharcamento superficial ou até mesmo nascentes difusas, evidenciando a interconexão entre o fluxo subterrâneo e a drenagem superficial.

Por outro lado, em topos de morros e encostas íngremes a infiltração é limitada, prevalecendo o escoamento superficial, o que reduz a recarga efetiva dos aquíferos granulares e acentua o risco de processos erosivos, como ravinamentos e carreamento de sedimentos.

Do ponto de vista hidrodinâmico, os aquíferos granulares da região tendem a apresentar baixa a moderada capacidade de armazenamento e transmissividade, em função da limitada espessura do manto de alteração e da variabilidade granulométrica dos sedimentos. Por serem sistemas livres, esses aquíferos são altamente vulneráveis a contaminações difusas oriundas de atividades superficiais.

➤ **Potenciometria e Direção de Fluxo**

A elaboração de um mapa potenciométrico é um dos principais estudos hidrogeológicos para caracterizar uma área com aquíferos. Esse mapa permite identificar zonas de recarga, descarga e trânsito do aquífero, direções do fluxo subterrâneo principal e secundário, além de áreas com maior ou menor transmissividade, entre outras informações.

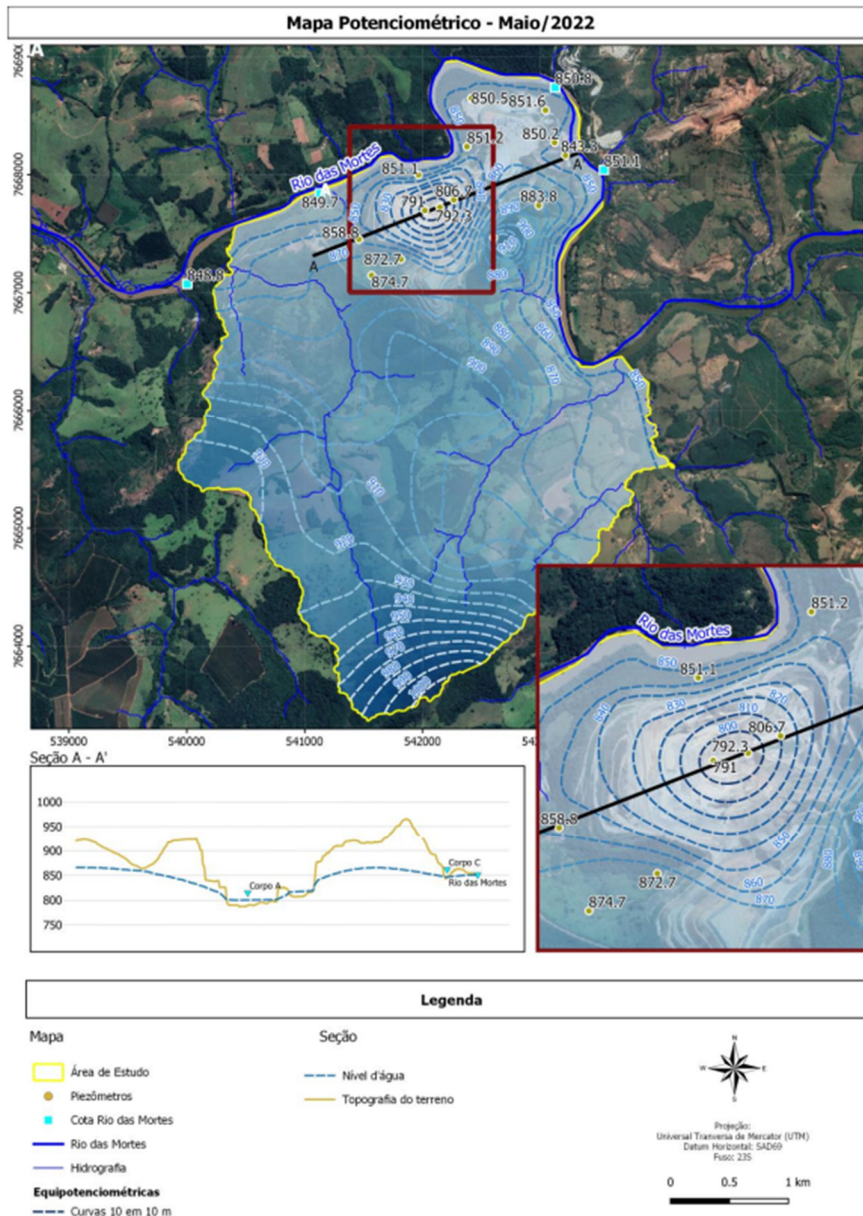
Conforme apresentado no **Anexo 14 – Estudo Hidrogeológico**, o relatório técnico para outorga de rebaixamento do nível d'água na Mina de Volta Grande, a área de estudo é caracterizada por um sistema hidrogeológico fissural, composto por rochas anfíbolíticas e granitoides. Essas rochas apresentam permeabilidade secundária, diretamente associada ao grau de fraturamento. Dados de poços de monitoramento já em execução revelam um lençol freático raso, geralmente a menos de 30 metros de profundidade, com flutuações sazonais entre 2 e 5 metros. Essas características indicam uma circulação subsuperficial predominante no manto de intemperismo das rochas cristalinas.

Devido à baixa permeabilidade em profundidade, o fluxo descendente de recarga é considerado insignificante, dado o caráter pouco permeável do embasamento. Assim, a recarga ocorre principalmente no manto de intemperismo raso e nos sedimentos inconsolidados depositados nos fundos de vales, com direções de fluxo geralmente alinhadas à topografia.

Na região da cava do Corpo A, observa-se a formação de um cone de rebaixamento, com o nível d'água próximo à cota de 790 m, cerca de 60 metros abaixo do nível do Rio das Mortes. Esse cone é localizado e tem formato semelhante ao da cava, como esperado, devido à baixa permeabilidade das rochas e ao rebaixamento promovido por gravidade através de *sumps*. No Corpo C, o nível d'água no fundo da cava está aproximadamente 8 metros abaixo do Rio das Mortes. Nessa área, parte da água circulante nos sedimentos fluviais, que naturalmente descarregaria no rio, é desviada para a cava, seguindo o gradiente hidráulico entre o rio e o fundo da cava.

Com base nos litotipos e em referências bibliográficas, estima-se que a recarga nas áreas de exposição de rochas anfíbolíticas e granitoides varia entre 4% e 20% da precipitação, dependendo do grau de alteração dessas rochas. Já nas áreas com sedimentos inconsolidados, a recarga pode atingir até 30% da precipitação, conforme apresentado na Figura 9.106.

Figura 9.106 - Mapa potenciométrico da área de estudo – Maio/2022



➤ Recarga e descarga do sistema aquífero

A recarga refere-se aos processos pelos quais a água entra na parte saturada de um sistema de fluxo de águas subterrâneas. As áreas onde esse processo ocorre são denominadas zonas de recarga, que desempenham um papel fundamental no armazenamento e renovação dos recursos hídricos subterrâneos. Existem diversas formas pelas quais a recarga pode ocorrer:

- **Infiltração direta no afloramento:** Uma parcela da água da chuva infiltra-se no solo, percola através da zona não saturada e alcança o lençol freático, entrando na zona saturada.

- Infiltração em leitos de córregos ou sumidouros: Em regiões extremamente áridas, essa é uma forma predominante de recarga, com a água fluindo de sistemas superficiais para os subterrâneos.
- Fluxo interformacional: Trata-se do fluxo subterrâneo entre sistemas aquíferos distintos, geralmente através de camadas ou zonas de confinamento com vazamento, onde há comunicação hidráulica direta entre os sistemas.

Na área de estudo, a recarga ocorre predominantemente pela precipitação, sendo mais intensa nas áreas de maior altitude. Esse processo é mais evidente na porção sudeste e sudeste, regiões nas quais apresentam as cotas topográficas mais elevadas. Nessa região, a proximidade entre as linhas potenciométricas indica um gradiente hidráulico mais elevado, sugerindo uma vazão unitária significativa. Essa dinâmica contribui diretamente para o armazenamento e a movimentação das águas subterrâneas, reforçando a importância dessa zona de recarga para a sustentabilidade do sistema aquífero local.

A descarga refere-se aos processos pelos quais a água deixa a parte saturada de um sistema de fluxo de águas subterrâneas. As áreas onde ocorre a descarga são denominadas zonas de descarga. Entre os principais processos de descarga estão:

- Descarga discreta para nascentes ou infiltração;
- Descarga em córregos, pântanos ou lagos;
- Fluxo interformacional, onde ocorre vazamento através de camadas confinantes;
- Evaporação, que em áreas áridas pode ser o principal mecanismo de descarga; e
- Bombeamento de poços, utilizado para captação de água subterrânea.

Na Mina Volta Grande, as áreas de descarga do sistema aquífero estão associadas principalmente aos cursos d'água, que atuam como drenagens efluentes. Nesse caso, o comportamento do aquífero caracteriza-se pelo abastecimento dos corpos d'água superficiais pela água subterrânea. Esse padrão evidencia uma interação direta e dinâmica entre o sistema aquífero e a rede hidrográfica local, demonstrando o papel crucial das drenagens na descarga do aquífero e na manutenção do equilíbrio hídrico da região.

Vale destacar que o empreendimento já conta com uma rede de monitoramento hidrogeológico para acompanhamento do nível d'água subterrâneo. No Plano de Controle Ambiental, propõe-se sua ampliação, visando obter um melhor entendimento do comportamento do aquífero, conforme suportado pelos resultados do modelo numérico de fluxo.

De modo geral, as análises históricas e de distribuição espacial e temporal dos dados de precipitação, oscilações do nível piezométrico e vazões de bombeamento já apresentadas

permitem uma compreensão bastante consistente do regime sazonal e da dinâmica de circulação das águas subterrâneas na área de interesse.

9.1.13. Qualidade das Águas Subterrâneas

9.1.13.1. Caracterização Local

O presente item tem como objetivo apresentar as características físico-químicas e condições ambientais das águas subterrâneas da região de entorno do Projeto Ampliação Mina Volta Grande.

Dito isto, foram utilizados dados obtidos através de 02 (duas) campanhas de monitoramento de águas subterrâneas em 03 (três) poços de monitoramento alocados no interior da Área Diretamente Afetada (ADA) do Projeto Ampliação Mina Volta Grande, em localizações específicas capazes de caracterizar o comportamento e composição físico-química e bacteriológica das águas subterrâneas da área de influência da Mina Volta Grande. As campanhas de monitoramento foram realizadas em março e julho de 2024, períodos correspondentes às estações chuvosa e seca respectivamente.

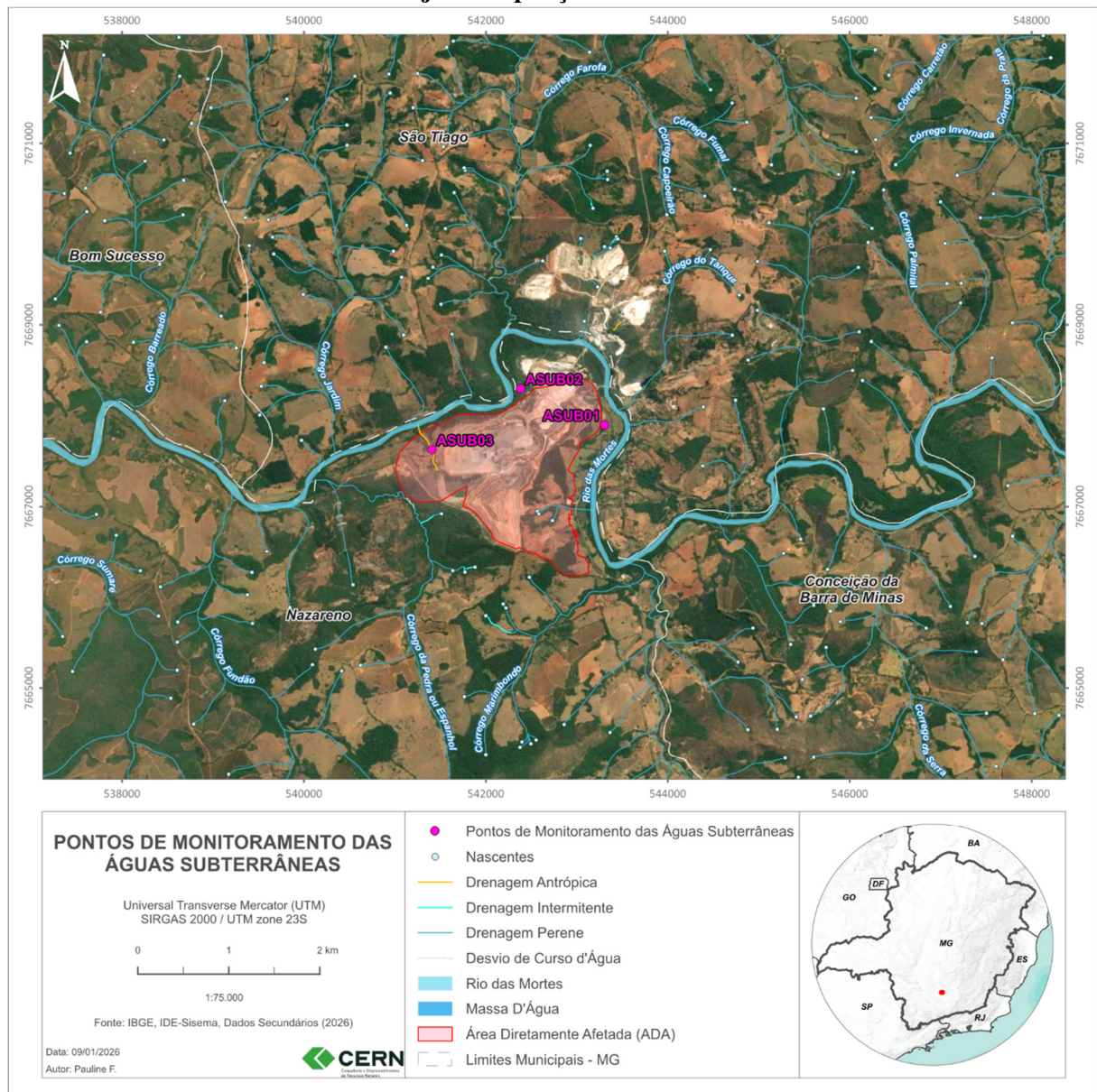
As coletas e análises das campanhas de monitoramento foram realizadas pelo laboratório Visão Ambiental, portador do CNPJ: 03.334.491/0001-03. O referido laboratório é devidamente creditado e, portanto, realizou todas as atividades considerando as principais normas e legislações aplicáveis.

O quadro a seguir apresenta a denominação dos pontos monitorados, suas respectivas coordenadas UTM e datas de amostragem. Por seguinte é apresentada figura através da qual pode-se visualizar a localização dos pontos em relação à ADA do Projeto Ampliação Mina Volta Grande.

Quadro 9.51 - Pontos de Monitoramento da Qualidade das Águas Subterrâneas da Região do Projeto Ampliação Mina Volta Grande

PONTO	COORDENADAS UTM (SIRGAS 2000)		DATAS DAS AMOSTRAGENS
	X	Y	
ASUB01	543306.96 m E	7667896.55 m S	11/07/2024
ASUB02	542384.70 m E	7668295.53 m S	27/03/2024 11/07/2024
ASUB03	541407.78 m E	7667624.72 m S	27/03/2024 11/07/2024

Figura 9.107 – Localização dos Pontos de Monitoramento de Águas Subterrâneas em relação à ADA do Projeto Ampliação Mina Volta Grande



A seguir são apresentados os registros fotográficos dos pontos monitorados para a caracterização das águas subterrâneas da região de inserção do Projeto Ampliação Mina Volta Grande.

Figura 9.108 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASUB01 (Julho/2024)



Figura 9.109 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASUB02 (Julho/2024)



Figura 9.110 – Registro Fotográfico do Ponto de Monitoramento ASUB03 (Julho/2024)



➤ **Metodologia de Coleta e Análise**

Conforme supracitado, os serviços de preparação de materiais, coletas das amostras e análises físicas, químicas e bacteriológicas dos pontos (poços) monitorados foram realizados pelo laboratório Visão Ambiental.

Os planos de amostragem do referido laboratório são realizados utilizando-se de procedimentos internos, específicos do laboratório, embasados nas diretrizes do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, atendendo ao disposto na Deliberação Normativa COPAM/CERH Nº 08/2022.

As amostras coletadas foram acondicionadas em frascos de materiais escolhidos e preparados de acordo com cada parâmetro a ser analisado. A seguir os frascos foram mantidos em caixas térmicas com gelo, devidamente lacradas e identificadas para transporte ao laboratório.

➤ **Discussão de Resultados**

Os boletins de análises referentes às campanhas de amostragem são apresentados no **Anexo 8 – Boletins de Monitoramento de Águas Superficiais** e no **Anexo 09 – Boletins de Monitoramento de Águas Subterrâneas** do presente estudo e poderão auxiliar no acompanhamento e discussão dos resultados, relacionados a seguir. Os quadros a seguir apresentam os resultados das análises em questão.

Quadro 9.52 – Resultados Monitoramento Hídrico Subterrâneo – Março/2024

Parâmetros	Unidade	Limite - VMP*	Limite de Quantificação (LQ)	Pontos de Monitoramento		
				ASUB01	ASUB02	ASUB03
Cloretos	mg/L	250,00	0,15	**	5,95	1,66
Nitratos	mg NO ₃ --N/L	10,00	0,113	**	0,122	0,377
Nitritos	mg N-NO ₂ -/L	1,00	0,030	**	<0,030	0,060
Sulfato	mg/L	250,00	0,10	**	1,05	0,98
Coliformes Totais	NMP/100 mL	N.A.	1,0	**	40,4	13,2
Escherichia coli	NMP/100 mL	Ausentes em 100 mL	1,0	**	<1,0	<1,0
pH	pH	N.A.	1,0	**	5,62	6,00
Alcalinidade de Bicarbonatos	mg/L	N.A.	5,0	**	23,1	53,3
Alcalinidade de Carbonatos	mg/L	N.A.	5,0	**	<5,0	<5,0
Alcalinidade de Hidróxido	mg/L	N.A.	5,0	**	<5,0	<5,0
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ /L	N.A.	5,0	**	23,1	53,3
Condutividade Em Campo	µS/cm	N.A.	4,50	**	84,00	143,00
Cor Verdadeira	uH	N.A.	5,0	**	<5,00	<5,00
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L O ₂	N.A.	2,0	**	<2,0	<2,0
Fósforo Total	mg/L PO ₄ -P	N.A.	0,010	**	0,014	0,036
Nit. Amoniacal	mg/L	N.A.	-	**	0,12	0,07
Nitrogênio Kjeldhal	mg/L	N.A.	10,0	**	<10,0	<10,0
Nitrogênio Total (Somatório)	mg/L	N.A.	-	**	0,7	1,5
Óleos e Graxas Totais	mg/L	N.A.	10,0	**	<10,0	<10,0
Oxigênio Dissolvido em Campo	mg/L O ₂	N.A.	1,0	**	9,8	8,4
Sólidos Totais	mg/L	N.A.	20	**	29	83
Surfactantes Aniônicos (MBAS)	mg MBAS/L	N.A.	0,10	**	0,200	<0,100

Parâmetros	Unidade	Limite - VMP*	Limite de Quantificação (LQ)	Pontos de Monitoramento		
				ASUB01	ASUB02	ASUB03
Temperatura da amostra em campo	°C	N.A.	5,0	**	22,0	23,2
Turbidez	UNT	N.A.	0,7	**	0,90	<0,700
Alumínio Solúvel	mg/L	2,00	0,1	**	0,252	0,133
Arsênio Total	mg/L	0,1	0,001	**	<0,001	<0,001
Bário Total	mg/L	7,00	0,50	**	<0,50	<0,50
Cádmio Total	mg/L	0,005	0,001	**	<0,001	<0,001
Chumbo Total	mg/L	0,01	0,01	**	<0,010	<0,010
Cobre Solúvel	mg/L	2,00	0,005	**	<0,005	<0,005
Ferro Solúvel	mg/L	N.A.	0,07	**	0,55	0,34
Manganês Total	mg/L	0,1	0,05	**	0,24	<0,05
Níquel Total	mg/L	0,02	0,02	**	0,02	0,02
Prata Total	mg/L	0,1	0,01	**	<0,01	<0,01
Sódio Total	mg/L	200,00	2,0	**	5,55	4,34
Zinco Total	mg/L	5,0	0,05	**	<0,05	<0,05

Legenda: *: Padrão de análise (Valores permitidos) Resolução CONAMA 396, de 03 de abril de 2008.

Vermelho: parâmetros que excederam o limite estabelecido.

**: A bomba não estava funcionando, por isso o ponto ASUB01 não pode ser coletado durante esta campanha.

Quadro 9.53 – Resultados Monitoramento Hídrico Subterrâneo – Julho/2024

Parâmetros	Unidade	Limite - VMP*	Limite de Quantificação (LQ)	Pontos de Monitoramento		
				ASUB01	ASUB02	ASUB03
Cloretos	mg/L	250,00	0,15	4,67	5,11	1,20
Nitratos	mg NO3--N/L	10,00	0,113	3,091	0,164	0,210
Nitritos	mg N-NO2-/L	1,00	0,030	0,173	<0,030	<0,030
Sulfato	mg/L	250,00	0,10	0,68	0,45	2,11
Coliformes Totais	NMP/100 mL	N.A.	1,0	1,0	2,0	10,9
Escherichia coli	NMP/100 mL	Ausentes em 100 mL	1,0	<1,0	<1,0	<1,0
pH	pH	N.A.	1,0	6,22	5,72	6,93
Alcalinidade de Bicarbonatos	mg/L	N.A.	5,0	36,8	19,9	40,8
Alcalinidade de Carbonatos	mg/L	N.A.	5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Alcalinidade de Hidróxido	mg/L	N.A.	5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Alcalinidade Total	mg CaCO3/L	N.A.	5,0	36,8	19,9	40,8
Condutividade Em Campo	µS/cm	N.A.	4,50	158,00	89,00	131,00
Cor Verdadeira	uH	N.A.	5,0	<5,00	<5,00	<5,00
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L O2	N.A.	2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Fósforo Total	mg/L PO4-P	N.A.	0,010	0,022	<0,010	0,019
Nit. Amoniacal	mg/L	N.A.	-	0,00	0,01	-0,02
Nitrogênio Kjeldhal	mg/L	N.A.	10,0	<10,0	<10,0	<10,0

Parâmetros	Unidade	Limite - VMP*	Limite de Quantificação (LQ)	Pontos de Monitoramento		
				ASUB01	ASUB02	ASUB03
Nitrogênio Total (Somatório)	mg/L	N.A.	-	3,3	0,8	0,8
Óleos e Graxas Totais	mg/L	N.A.	10,0	<10,0	<10,0	<10,0
Oxigênio Dissolvido em Campo	mg/L O ₂	N.A.	1,0	6,6	5,6	7,9
Sólidos Totais	mg/L	N.A.	20	106	36	102
Surfactantes Aniônicos (MBAS)	mg MBAS/L	N.A.	0,10	<0,100	<0,100	<0,100
Temperatura da amostra em campo	°C	N.A.	5,0	22,7	25,1	23,4
Turbidez	UNT	N.A.	0,7	<0,70	12,90	<0,70
Alumínio Solúvel	mg/L	2,00	0,1	<0,100	<0,100	<0,100
Arsênio Total	mg/L	0,1	0,001	0,003	<0,001	<0,001
Bário Total	mg/L	7,00	0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Cádmio Total	mg/L	0,005	0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Chumbo Total	mg/L	0,01	0,01	<0,010	<0,010	<0,010
Cobre Solúvel	mg/L	2,00	0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Ferro Solúvel	mg/L	N.A.	0,07	0,21	1,93	0,16
Manganês Total	mg/L	0,1	0,05	<0,05	0,26	<0,05
Níquel Total	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	<0,02
Prata Total	mg/L	0,1	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Sódio Total	mg/L	200,00	2,0	5,11	6,06	4,56
Zinco Total	mg/L	5,0	0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Legenda: *: Padrão de análise (Valores permitidos) Resolução CONAMA 396, de 03 de abril de 2008.
 Vermelho: parâmetros que excederam o limite estabelecido.

Para efeito de comparação de resultados, tomou-se como referência a Resolução CONAMA 396, de 03 de abril de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

Após análise dos resultados da 1ª campanha realizada em março de 2024 (período chuvoso), verificou-se uma boa qualidade das águas subterrâneas, uma vez que a grande maioria dos parâmetros analisados se encontram de acordo com o limite determinado pela legislação norteadora, porém foram observadas algumas poucas irregularidades frente aos valores determinados pela legislação. São elas:

- O parâmetro Manganês Total se apresentou acima do limite estabelecido pela legislação no ponto ASUB02;
- Demais parâmetros se encontraram em conformidade com o limite estabelecido pela legislação.

Cabe ressaltar que durante esta campanha a bomba do poço onde é localizado o ponto ASUB01 não estava funcionando, por isso não foi possível realizar a coleta no referido poço.

Após análise dos resultados da 2ª campanha realizada em julho de 2024 (período seco), verificou-se que:

- O parâmetro Manganês Total se apresentou acima do limite estabelecido pela legislação no ponto ASUB02;
- Demais parâmetros se encontraram em conformidade com o limite estabelecido pela legislação.

Considerações Finais:

O Manganês é um metal comumente encontrados em solos, sendo que a ocorrência deste está relacionada às características geoquímicas da região. Devido a fatores físico-químicos, ele pode ser disponibilizado para a coluna d'água. Conclui-se então, que a presença acima do limite estabelecido de Manganês Total observada em ambas as campanhas no ponto de monitoramento ASUB02 pode ser atribuída a fatores naturais associados ao *background* da região, como o intemperismo de rochas e altos índices pluviométricos.

9.1.14. Áreas Contaminadas

Ao buscar pela definição do que venha a ser considerado como área de contaminação, a tendência é a de se considerar a presença de diferentes poluentes, sua ocorrência e os danos ou riscos que podem culminar aos bens que se deve proteger. Estes bens, em acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente instituída pela Lei nº 6.938/81, são a saúde e bem-estar da população; a fauna e flora; a qualidade do solo, água e ar; interesses de proteção à natureza; ordenação territorial e planejamento regional e urbano; segurança e ordem pública.

Em uma área contaminada, independentemente da sua escala de abrangência espacial, há um diagnóstico comprobatório de existência de poluição ou contaminação causada pela instrução de substâncias ou resíduos no local de forma depositada, acumulada, armazenada, enterrada ou mesmo infiltrada de forma previamente planejada, acidental ou mesmo natural. Os contaminantes podem estar concentrados em diferentes compartimentos do solo, até atingir as camadas mais profundas em que há a presença de água subterrânea. Estes contaminantes podem ter, portanto, diferentes formas de propagação, que pode ser a partir da água, do solo ou do ar de acordo com as características e localização dos agentes poluente.

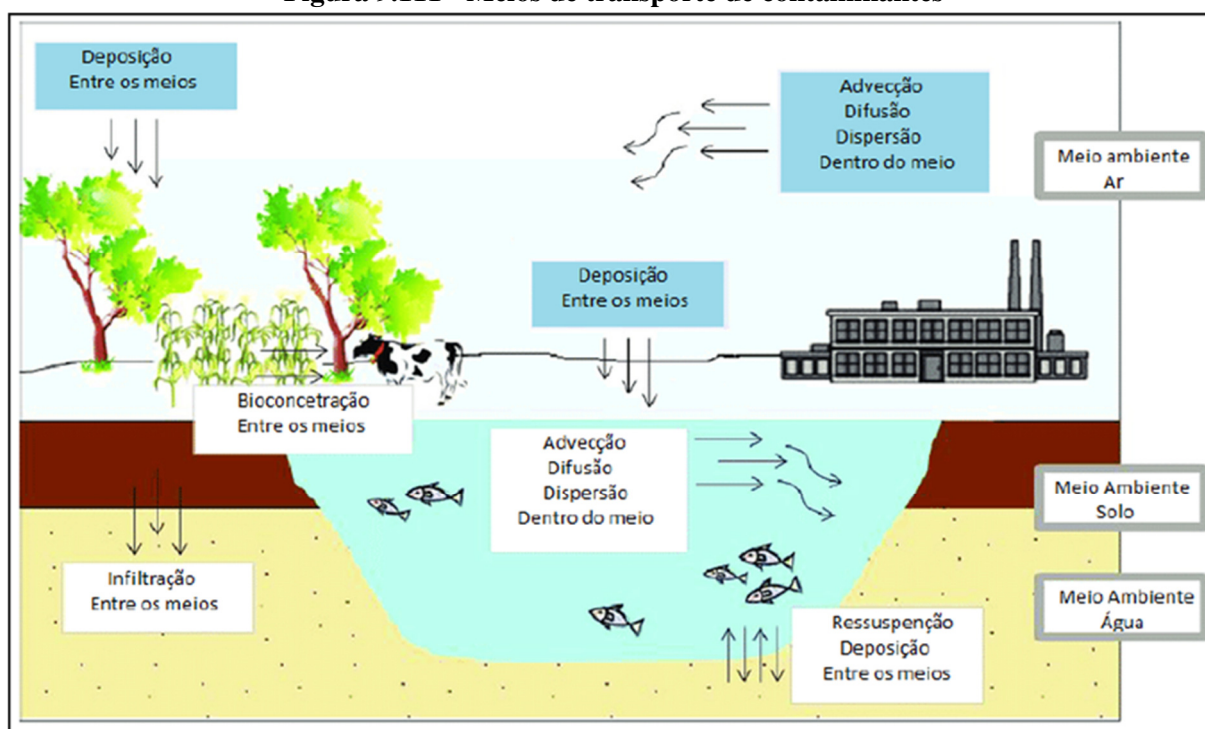
Quando esses contaminantes penetram no solo, este geralmente tem capacidade limitada para reter tais substâncias através de processos como adsorção ou transformação química. Quando essa capacidade é excedida, questões como a contaminação da água, a exposição humana ao solo contaminado, a absorção de contaminantes pelas plantas e os perigos dos gases

provenientes de aterros sanitários tornam-se mais pronunciados (COMISSÃO EUROPEIA, 2013)

Adicionalmente, os solos possuem propriedades físicas e químicas distintas, influenciadas pelo material original, topografia, clima, microrganismos e tempo. Essas características são cruciais para a saúde humana, porque determinam a capacidade de retenção de água, os organismos presentes, as reações químicas prováveis e o ciclo dos nutrientes.

As substâncias ou compostos químicos de interesse, chamados de contaminantes, podem ter origem em fontes primárias, quando são liberados por instalações industriais ou materiais para os meios afetados, ou em fontes secundárias, quando um meio afetado pelos contaminantes provenientes de fontes primárias os transmite para outros meios. Esses contaminantes podem ser transportados a partir dessas fontes, propagando-se pelos diferentes compartimentos do ambiente, como ar, solo, sedimento, poeira, águas subterrâneas e superficiais, conforme apresentado na Figura 9.111.

Figura 9.111 - Meios de transporte de contaminantes



Fonte: FEAM (2024) adaptado de SESA (2016)

O transporte de contaminantes entre esses compartimentos não apenas modifica as características naturais da qualidade dos recursos ambientais, como também representa riscos para os bens a serem protegidos. Os efeitos da liberação e disseminação de contaminantes no meio ambiente incluem perigos tanto dentro da área afetada quanto em suas proximidades - na

área de influência. Isso pode resultar em restrições ao uso dos recursos hídricos, especialmente das águas subterrâneas, limitações ao uso do solo e desvalorização das propriedades.

Quanto ao impacto na saúde humana, a exposição a substâncias contaminantes pode prejudicar o funcionamento de órgãos humanos, como os respiratórios, hematopoiéticos, hepáticos e renais, por meio de diversos mecanismos agudos e crônicos. Muitas dessas substâncias são conhecidas ou suspeitas de serem cancerígenas (WHO, 2014).

9.1.14.1. Caracterização Regional

De acordo com a FEAM (2024), o gerenciamento de áreas contaminadas constitui-se em ações ou estratégias sequenciais necessárias à identificação e caracterização dos impactos associados à contaminação, incluída a estimativa dos riscos; decisões quanto às formas de intervenção mais adequadas; intervenção que assegure a minimização de riscos e eventuais danos a pessoas, ao meio ambiente e monitoramento.

Em 2009, o Conselho Nacional do Meio Ambiente publicou a Resolução CONAMA nº 420, fornecendo diretrizes e procedimentos para o gerenciamento de áreas contaminadas e estabelecendo critérios e valores orientadores referentes à presença de substâncias químicas no solo e em 2010, em Minas Gerais, houve a publicação da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02/2010, que estabelece as diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas e institui o Programa Estadual de Gestão de Áreas Contaminadas.

A DN COPAM/CERH nº 02/2010 classifica as áreas de acordo com a sua etapa de gerenciamento em: Áreas com Potencial de Contaminação (AP), Áreas Suspeitas de Contaminação (AS), Áreas Contaminadas sob Investigação (AI), Áreas Contaminadas sob Intervenção (ACI), Áreas em Processo de Monitoramento para Reabilitação (AMR) e Áreas Reabilitadas para Uso Declarado (AR). A definição delas é apresentada a seguir.

- **Área com Potencial de Contaminação – AP:** aquela em que ocorrer atividades que, por suas características, possam ocasionar contaminação. É inerente, portanto, à atividade econômica desenvolvida, independentemente da existência ou não de indícios ou fatos associados à possível contaminação;
- **Área Suspeita de Contaminação – AS:** aquela em que, mediante avaliação preliminar, for comprovada a existência de um ou mais indícios de contaminação;
- **Área Contaminada sob Investigação – AI:** aquela em que for comprovadamente constatada, mediante estudo de Investigação Confirmatória, a ocorrência de

concentrações de determinadas substâncias ou compostos no solo ou nas águas subterrâneas acima dos valores de investigação (VI) constantes da legislação vigente;

- **Área Contaminada sob Intervenção –ACI:** aquela que apresentar substâncias ou compostos em fase livre ou cuja execução de Investigação Detalhada e de Avaliação de Risco comprovar risco não tolerável à saúde humana ou ao bem a proteger;
- **Área em Monitoramento para Reabilitação – AMR:** aquela em que for atingida a redução do risco aos níveis toleráveis, de acordo com as metas estipuladas na avaliação de risco ou parâmetros legais;
- **Área Reabilitada para Uso Declarado – AR:** aquela em que, após o período de monitoramento para reabilitação e, desde que confirmada a eliminação do perigo ou a redução dos riscos a níveis toleráveis, seja considerada reabilitada para o uso declarado.

No processo de gerenciamento de áreas contaminadas são consideradas áreas com potencial de contaminação as áreas aonde foram ou estão sendo desenvolvidas atividades com potencial de poluição do solo e águas subterrâneas, tais como as atividades minerárias, industriais, de infraestrutura e de serviços e comércio atacadista listadas na Deliberação Normativa COPAM nº 217/2017. Já as áreas suspeitas de contaminação são aquelas em que, após avaliação preliminar, foram observados indícios de contaminação. As áreas potenciais e suspeitas de contaminação deverão realizar uma investigação ambiental para avaliar a existência de contaminação e, somente são publicadas na Lista de Áreas Contaminadas se a contaminação for confirmada. As áreas contaminadas são, portanto, aquelas em que as concentrações das substâncias ou compostos químicos de interesse estejam acima dos Valores de Investigação estabelecidos pela DN COPAM/CERH nº 02/2010, indicando a existência de potencial risco à saúde humana e ao meio ambiente (FEAM, 2024).

Para avaliar o contexto das áreas contaminadas na região do empreendimento, foram utilizados dados dos levantamentos realizados para o Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais (FEAM, 2008), que analisaram os atributos físicos relacionados à probabilidade de contaminação ambiental pelo uso do solo e à potencialidade de contaminação da água subterrânea. A probabilidade de contaminação ambiental pelo uso do solo foi determinada interpretando-se os mapas de diversos atributos, incluindo matéria orgânica do solo, regime hídrico, textura do solo, características pedológicas simplificadas e hidrografia, resultando em cinco níveis de classificação, conforme o Quadro 9.54 a seguir.

Quadro 9.54 - Atributos para determinação do nível de probabilidade de contaminação do solo

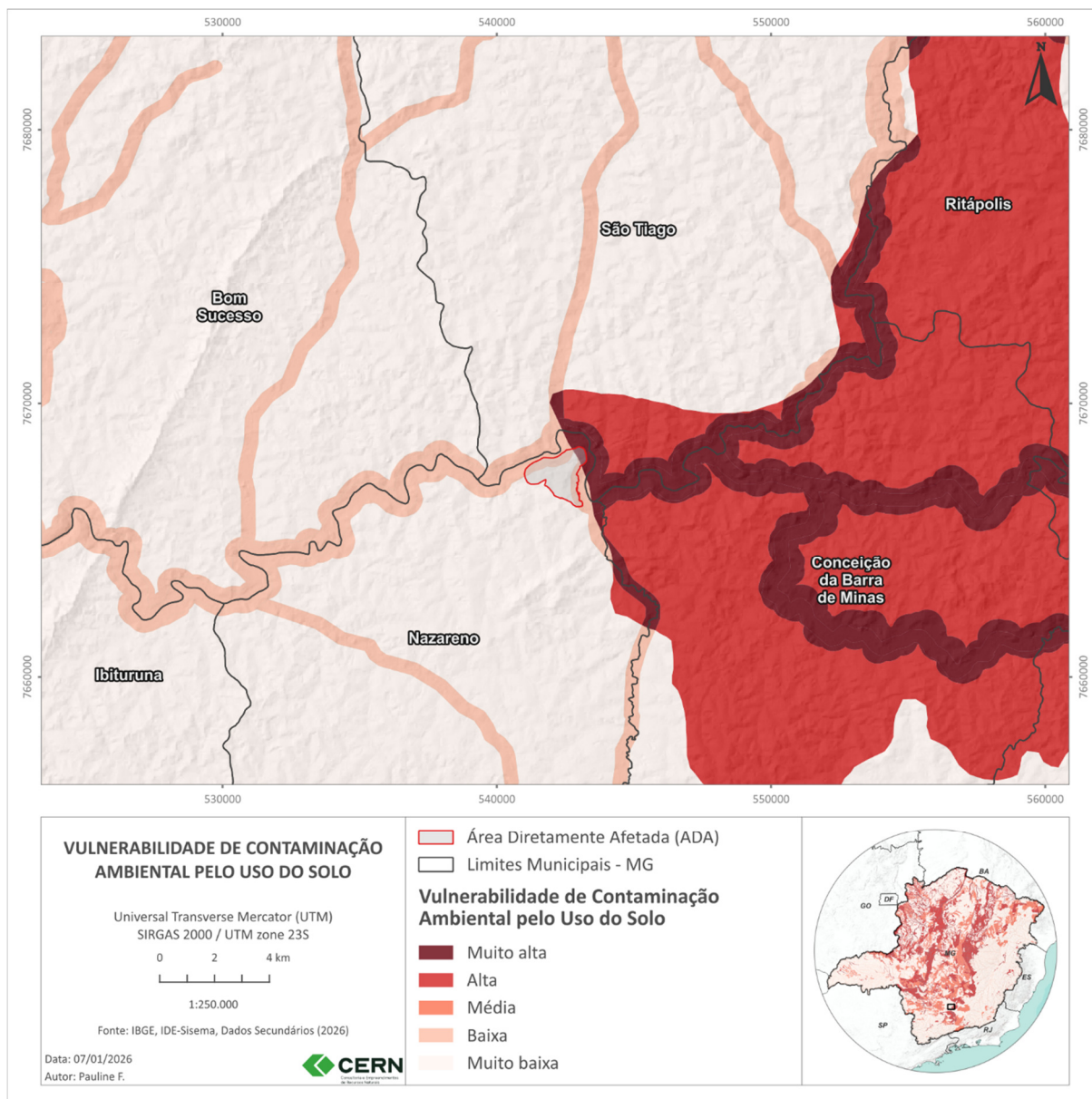
Erodibilidade	Solo	Textura	Teor de matéria orgânica
Muito baixa	Latossolo	Fina	Média ou Alta

Erodibilidade	Solo	Textura	Teor de matéria orgânica
	Gleissolo ou Neossolo Flúvico	-	-
Baixa	Latossolo	Média	-
	Argissolo	Fina	Alta
	Nitossolo	-	Alta
Média	Neossolo Quartzarênico	-	Alta
	Argissolo	Fina	Média
	Argissolo	Média ou Grossa	Alta
	Nitossolo	-	Média
	Latossolo	Grossa	Média
Alta	Argissolo	Média ou Grossa	Média
	Neossolo Quartzarênico	-	Média
	Cambissolo	-	Alta
	Espodossolo	-	Média
Muito alta	-	-	Baixa
	Neossolo Litólico	-	-
	Cambissolo	-	Média
	Afloramento de Rochas	-	-

Fonte: Adaptado de UFLA (2008)

Os atributos descritos no quadro anterior, juntamente com características como relevo plano a ondulado e litologias menos porosas, com menor ocorrências de falhas e fraturas, indicam uma menor probabilidade de contaminação do solo. Por outro lado, áreas com relevo mais acidentado e rochas mais porosas facilitam a circulação de agentes tóxicos ou não através do meio ambiente. A Figura 9.112 e a Figura 9.113 a seguir apresentam o contexto regional, no qual o empreendimento está inserido.

Figura 9.112 - Vulnerabilidade de Contaminação Ambiental pelo Uso do Solo na área do entorno do empreendimento



O estudo regional do empreendimento está inserido em área de muito baixa a muito alta vulnerabilidade à contaminação ambiental pelo uso do solo. O contexto natural observado corrobora com o levantamento realizado pela UFLA (2008), uma vez que tal área apresenta classes de solos que abarcam os índices de vulnerabilidade presentes no local, sendo representados pelo Cambissolo háplico Tb distrófico, Argissolo vermelho distrófico e Latossolo vermelho-amarelo distrófico.

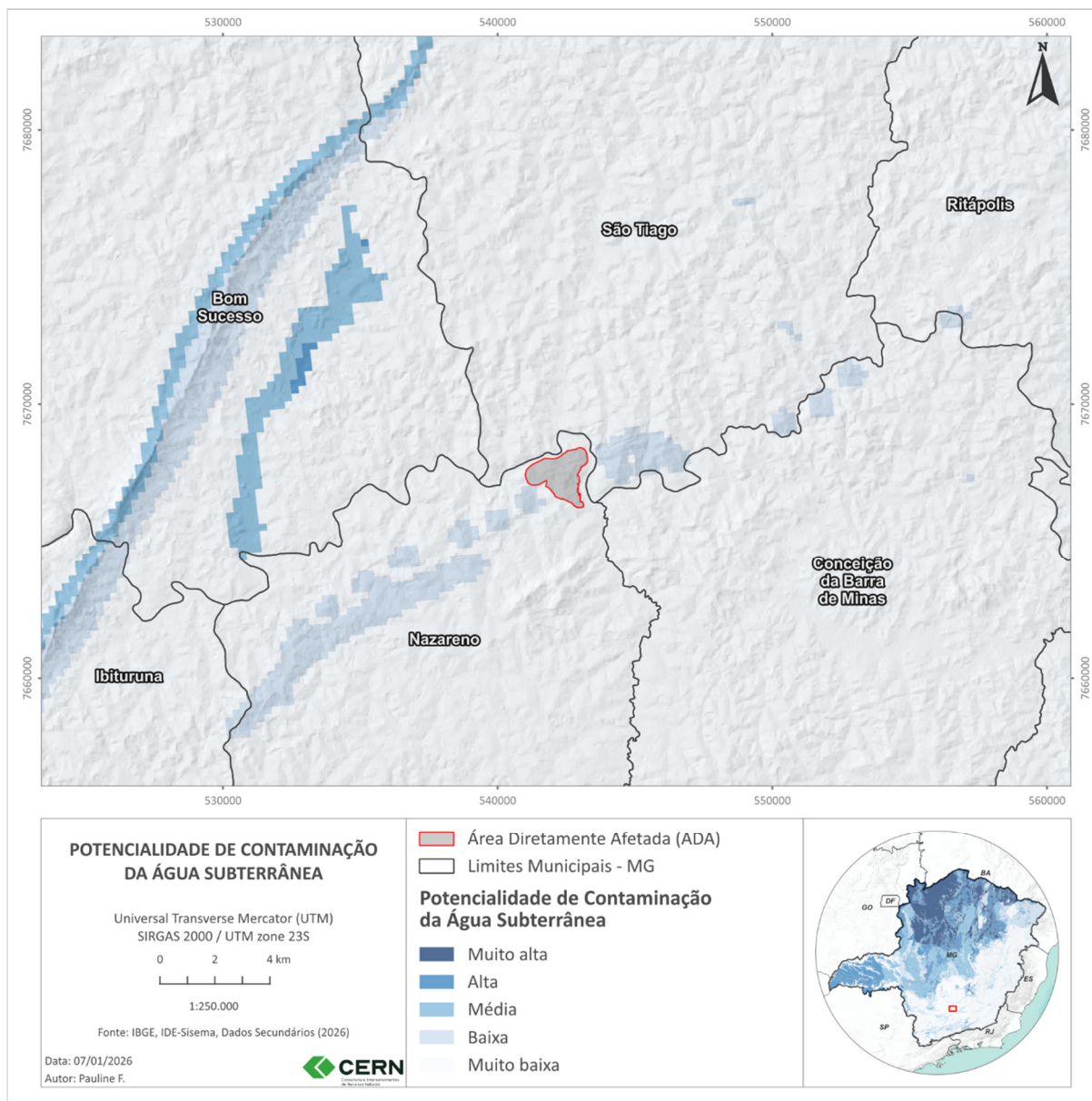
Quanto à potencialidade de contaminação das águas subterrâneas na área de abrangência regional, os estudos realizados pela UFLA (2008) consideram que o grau de potencialidade está relacionado à susceptibilidade de contaminação por substâncias tóxicas que podem atingir o aquífero principalmente por lixiviação. As classes são determinadas pela combinação

qualitativa de fatores como características litológicas e a presença de descontinuidades geológicas como fraturamentos falhas.

Durante o processo de análise, a suscetibilidade das rochas foi avaliada com base em sua porosidade, onde rochas mais porosas foram consideradas mais propensas à contaminação, enquanto as menos porosas foram vistas como menos suscetíveis. Além disso, as falhas geológicas foram identificadas como indicadores de alta suscetibilidade à contaminação, assim como a presença de metais pesados. A profundidade do aquífero também foi um fator considerado, com uma relação inversa entre profundidade e suscetibilidade: quanto mais raso o aquífero, maior a suscetibilidade à contaminação.

A área do empreendimento está situada em uma área de muito baixo e baixo potencial de contaminação de águas subterrâneas, dada a sua composição litológica e estrutural associadas à ocupação das áreas abordadas no decorrer desta caracterização do meio físico.

Figura 9.113 - Potencial de Contaminação da Água Subterrânea na área do entorno do empreendimento



9.1.14.2. Caracterização Local

No processo de gerenciamento de áreas contaminadas, são consideradas como áreas com potencial de contaminação aquelas onde atividades passadas ou presentes, como mineração, indústria, infraestrutura e serviços, listadas na Deliberação Normativa COPAM nº 217/2017, podem ter poluído o solo e as águas subterrâneas.

De acordo com a legislação e normas em vigor, o responsável pela área em análise deve realizar uma Avaliação Preliminar. Esta etapa envolve uma avaliação inicial da área com base em informações históricas e inspeção no local, com o objetivo de identificar evidências, indícios ou fatos que sugiram contaminação.

Segundo a CETESB (2021), essa etapa permite:

- Coletar informações sobre cada Área com Potencial de Contaminação (AP) para orientar as próximas etapas do gerenciamento;
- Documentar a presença de indícios ou fatos que suscitem ou confirmem a contaminação nas áreas em avaliação, possibilitando sua classificação como Área Suspeita (AS), AP, Área Contaminada (AC) ou exclusão do cadastro;
- Estabelecer um modelo conceitual inicial de cada área em avaliação;
- Avaliar a necessidade de medidas emergenciais nas áreas;
- As informações existentes sobre a área em questão devem ser identificadas e reunidas por meio de levantamentos históricos das atividades na área e de dados sobre o meio físico.

Em suma, o estudo para os apontamentos da existência de um risco em potencial no que concerne áreas contaminadas, perpassa as etapas supracitadas e apontadas pela CETESB (2021) que consideram, para isso, as vias de exposição, os contaminantes presentes e os receptores.

Como pode ser observado pela

Figura 9.112, a área de estudo local apresenta variadas classes de vulnerabilidade à contaminação do solo (de muito baixa a muito alta), muito em razão dos tipos de solos encontrados na região, conforme mencionado. De tal forma, e considerando os mesmos argumentos do estudo regional, a área de estudo local apresentou muito baixa e baixa potencialidade de contaminação da água subterrânea, como exposto na Figura 9.113.

Considerando as características observadas durante os estudos relacionados à caracterização do meio físico na área do empreendimento, nenhum indicativo de contaminação, à priori, foi identificado. Os estudos ambientais foram limitados à Avaliação Preliminar, conforme previsto na legislação.

 **CERN – Consultoria e Empreendimentos de Recursos Naturais Ltda.**

Rua Pernambuco, nº 554, sala 501. Funcionários.

Belo Horizonte – MG – CEP: 30.130-156

Fone: (31) 3261-7766 / e-mail: cern@cern.com.br