



# EIA

## Volume II



+55 31 3292-1313 | +55 31 2567-0029  
+55 31 98881-0081

[www.geoline.com.br](http://www.geoline.com.br)  
[f](#) [@](#) geolineengenharia

Rua Amapá, 163 | Bairro Amazonas  
Contagem | MG | CEP 32240-010

## APRESENTAÇÃO

A Geoline Engenharia Ltda., inscrita no CNPJ: 02.657.869/0001-39, é a empresa responsável técnica pelo licenciamento do Projeto Minerix Mineração, que se caracteriza como um empreendimento destinado ao aproveitamento de recursos minerais de área localizada no município de Itabirito – Minas Gerais, sob responsabilidade da Minerix Extração Mineral e Comercio Ltda., inscrita no CNPJ: 50.858.857/0001-15.

Considerando a vigência das definições e das diretrizes contidas na Deliberação Normativa – DN COPAM nº 217, de 06 de dezembro de 2017, a atividade proposta pelo Projeto Minerix Mineração enquadra-se na lista de atividades de empreendimentos considerados passíveis de licenciamento ambiental. Dessa forma, o empreendimento em pauta se enquadra na Classe 3, possuindo Fator Locacional 2, resultando na modalidade de Licenciamento Ambiental Concomitante em Fase Única – LAC 1, pleiteando assim as Licenças Prévia – LP, de Instalação – LI e Operação – LO.

Apresenta-se o Estudo de Impacto Ambiental – EIA como elemento constituinte do processo ambiental que pleiteia as referidas licenças do Projeto Minerix Mineração. Esse EIA foi elaborado em conformidade com o Termo de Referência – TR Geral e Termo de Referência para atividades com supressão de vegetação do Bioma Mata Atlântica, ambos disponibilizados pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD.

Dessa forma, juntamente com os documentos solicitados no Formulário De Orientação Básica de Itabirito - FOBI sob número de Processo Administrativo n.º: 8598/2023, apresenta-se este EIA para apreciação junto à Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Itabirito – MG.

O presente documento se trata do Volume II do Estudo de Impacto Ambiental – EIA do processo de licenciamento ambiental do Projeto Minerix Mineração, localizado no município de Itabirito – Minas Gerais.

Em síntese, o presente estudo está dividido em 6 (seis) volumes, sendo:

- **Volume I** – Introdução; Identificação; Aspectos Legais e Institucionais; Compatibilidade com Planos, Programas e Projetos colocalizados; Órgãos e Entidades Envolvidos; Estudo de Alternativas; Caracterização do Empreendimento, Áreas de Estudo do empreendimento;
- **Volume II** – Diagnóstico Ambiental do Meio Físico;
- **Volume III** – Diagnóstico Ambiental do Meio Biótico;
- **Volume IV** – Diagnóstico Ambiental do Meio Socioeconômico;
- **Volume V** – Análise Integrada do Diagnóstico Ambiental; Avaliação de Impactos Ambientais; Áreas de Influência; Programas de Mitigação, Monitoramento, Compensação e Recuperação; Conclusão; Referências Bibliográficas;
- **Volume VI** – Anexos.

Ressalta-se que o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA foi elaborado em conformidade com o TR disponibilizado pela SEMAD e se encontra em volume único, apresentado em conjunto a este documento.

Este documento se trata do **Volume II** deste EIA.

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>9</b>
<b>LISTA DE MAPAS</b> .....	<b>12</b>
<b>LISTA DE FOTOGRAFIAS</b> .....	<b>14</b>
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	<b>18</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>20</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	<b>22</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>23</b>
<b>2 IDENTIFICAÇÃO</b> .....	<b>24</b>
<b>2.1 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR</b> .....	<b>24</b>
<b>2.2 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO</b> .....	<b>24</b>
<b>2.3 IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO EIA</b> <b>24</b>	
2.3.1 Responsável Técnico.....	26
2.3.2 Termo de Responsabilidade:.....	26
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
<b>3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>28</b>
<b>3.2 COLETA DE DADOS SECUNDÁRIOS</b> .....	<b>28</b>
<b>3.3 ESTRUTURAÇÃO DO PRÉ-CAMPO</b> .....	<b>28</b>
<b>4 CLIMA E METEOROLOGIA</b> .....	<b>29</b>
<b>4.1 DEFINIÇÃO</b> .....	<b>29</b>
<b>4.2 CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN-GEIGER</b> .....	<b>29</b>
<b>4.3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA REGIONAL</b> .....	<b>30</b>
<b>4.4 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA LOCAL</b> .....	<b>35</b>
<b>4.5 CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS</b> .....	<b>37</b>
4.5.1 Precipitação e Evaporação.....	38



4.5.2	Radiação Solar .....	41
<b>4.6</b>	<b>BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO .....</b>	<b>42</b>
<b>5</b>	<b>QUALIDADE DO AR .....</b>	<b>47</b>
<b>5.1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>47</b>
<b>5.2</b>	<b>LEGISLAÇÃO FEDERAL.....</b>	<b>48</b>
<b>5.3</b>	<b>LEGISLAÇÃO ESTADUAL .....</b>	<b>49</b>
<b>5.4</b>	<b>POLUENTES ATMOSFÉRICOS .....</b>	<b>50</b>
5.4.1	Ozônio (O <sub>3</sub> ).....	51
5.4.2	Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> ).....	52
5.4.3	Monóxido de Carbono (CO) .....	52
5.4.4	Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> ).....	53
5.4.5	Material Particulado.....	53
5.4.6	Partículas Inaláveis (MP10) e Partículas Respiráveis Finas (MP2,5) ....	54
5.4.7	Fontes de Emissão de Poluição do Ar .....	54
5.4.8	Padrões de Qualidade do Ar.....	55
5.4.9	Definições.....	56
5.4.10	Qualidade do Ar.....	57
<b>6</b>	<b>MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....</b>	<b>59</b>
<b>6.1</b>	<b>LEGISLAÇÃO .....</b>	<b>60</b>
<b>6.2</b>	<b>CONTEXTUALIZAÇÃO DE ÁREA DE ESTUDO REGIONAL .....</b>	<b>61</b>
6.2.1	Sensibilidade às Mudanças Climáticas.....	61
6.2.2	Adaptação às mudanças climáticas .....	64
<b>7</b>	<b>RUÍDO AMBIENTAL .....</b>	<b>66</b>
<b>7.1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>66</b>
<b>7.2</b>	<b>LEGISLAÇÃO FEDERAL.....</b>	<b>66</b>



<b>7.3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>68</b>
<b>7.4</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM .....</b>	<b>71</b>
<b>7.5</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>72</b>
<b>7.6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>73</b>
<b>8</b>	<b>GEOLOGIA .....</b>	<b>74</b>
<b>8.1</b>	<b>GEOLOGIA REGIONAL .....</b>	<b>74</b>
8.1.1	Evolução tecno-estrutural .....	74
8.1.2	Litoestratigrafia Regional .....	79
8.1.3	Mesoarqueano .....	82
8.1.4	Neoarqueno.....	82
8.1.5	Paleoproterozoico .....	84
8.1.6	Contexto Metalogenético Regional .....	91
<b>8.2</b>	<b>GEOLOGIA LOCAL .....</b>	<b>96</b>
8.2.1	Métodos de estudo .....	96
8.2.2	Caracterização Local.....	113
<b>9</b>	<b>GEOMORFOLOGIA .....</b>	<b>125</b>
<b>9.1</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>125</b>
<b>9.2</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO REGIONAL .....</b>	<b>125</b>
9.2.1	Morfogênese e Morfoestrutural Regional .....	125
9.2.2	Regiões Geomorfológicas.....	128
9.2.3	Unidades Geomorfológicas .....	128
9.2.4	Modelagem Geomorfológica .....	134
<b>9.3</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO LOCAL .....</b>	<b>136</b>
9.3.1	Domínios Morfoestruturais.....	136
9.3.2	Geomorfometria.....	137



9.3.3	Avaliação dos Tipos de Relevo.....	144
9.3.4	Padrão de Drenagem .....	146
<b>10</b>	<b>SUSCETIBILIDADE A PROCESSOS EROSIVOS.....</b>	<b>149</b>
<b>10.1</b>	<b>PROCESSOS EROSIVOS.....</b>	<b>149</b>
<b>10.2</b>	<b>CONTEXTO REGIONAL.....</b>	<b>150</b>
<b>10.3</b>	<b>DIAGNÓSTICO LOCAL.....</b>	<b>153</b>
<b>11</b>	<b>PEDOLOGIA.....</b>	<b>157</b>
<b>11.1</b>	<b>FORMAÇÃO E PROCESSOS PEDOGENÉTICOS .....</b>	<b>157</b>
<b>11.2</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO REGIONAL .....</b>	<b>157</b>
11.2.1	Cambissolos .....	157
11.2.2	Latossolos.....	159
11.2.3	Neossolos litólicos.....	160
11.2.4	Argissolos .....	161
<b>11.3</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO LOCAL .....</b>	<b>164</b>
11.3.1	Neossolos Litólicos distróficos (RLd4).....	164
11.3.2	Cambissolos háplicos tb distróficos (CXbd21).....	165
11.3.3	Análise Geoquímica dos Solos.....	167
<b>11.4</b>	<b>USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....</b>	<b>176</b>
<b>12</b>	<b>ESTUDO ESPELEOLOGICO .....</b>	<b>178</b>
<b>12.1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>178</b>
<b>12.2</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>179</b>
12.2.1	Levantamento de dados .....	179
12.2.2	Análise cartográfica.....	180
<b>12.3</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO ESPELEOLÓGICA.....</b>	<b>180</b>
12.3.1	Espeleotopografia .....	184



12.3.2	Mapa de potencialidade .....	188
12.3.3	Definição das feições espeleológicas .....	191
<b>12.4</b>	<b>RESULTADOS DA PROSPECÇÃO ESPELEOLÓGICA .....</b>	<b>193</b>
12.4.1	Potencial espeleológico local .....	193
12.4.2	Cavidades Cadastradas .....	196
12.4.3	Prospecção Espeleológica .....	196
12.4.4	Pontos de controle (utm - 23 s - sirgas 2000) .....	197
<b>12.5</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>215</b>
12.5.1	Feições espeleológicas.....	217
<b>12.6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>217</b>
<b>13</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS .....</b>	<b>218</b>
13.1	CONTEXTO HIDROGRÁFICO REGIONAL .....	218
13.2	VAZÃO REGIONAL.....	221
13.3	DEMANDA E USOS CONSULTIVOS DA ÁGUA SUPERFICIAL.....	224
13.4	DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....	225
13.5	ENQUADRAMENTO DOS CURSOS D'ÁGUA .....	227
13.6	INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA .....	230
13.7	CONTEXTO HIDROGRÁFICO LOCAL.....	239
<b>14</b>	<b>QUALIDADE DO RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL .....</b>	<b>259</b>
<b>15</b>	<b>RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS .....</b>	<b>267</b>
15.1	USO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEO .....	278
15.2	INVENTÁRIO DE NASCENTES E SURGÊNCIAS .....	283
<b>16</b>	<b>QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....</b>	<b>289</b>
16.1	QUALIDADE SUBTERRÂNEA REGIONAL.....	289
16.2	QUALIDADE SUBTERRÂNEA LOCAL.....	291



<b>17 SUPERFÍCIES POTENCIOMÉTRICAS .....</b>	<b>293</b>
<b>18 ÁREAS CONTAMINADAS .....</b>	<b>296</b>
<b>18.1 GERAÇÃO DE EFLUENTES LÍQUIDOS SANITÁRIOS, INDUSTRIAIS, E RESÍDUOS     SÓLIDOS PERIGOSOS OU NÃO INERTES .....</b>	<b>299</b>
<b>19 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>301</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma das etapas metodológicas, Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.....	27
Figura 2: Temperatura e precipitação mensais para localidades brasileiras que representam cada tipo de clima de Köppen-Geiger. Fonte: Alvares, et. al., 2013. ....	32
Figura 3: Diagrama climático de todos os municípios brasileiros com ênfase nas regiões com cada tipo de clima Köppen0s. As seguintes localidades foram escolhidas para representar cada tipo de clima de Köppen0 encontrado no Brasil: 1 = Manaus; Macapá; 3 = Palmas; 4 = Natal; 5 = Petrolina; 6 = Porto Alegre; 7 = Curitiba; 8 = Ribeirão Preto; 9 = Belo Horizonte; 10 = Ibitirama (Pico da Bandeira); 11 = Caeté. Fonte: Alvares, et. Al., 2013. ....	33
Figura 4: Ponto de amostragem 01. Fonte: GHG Ambiental. ....	71
Figura 5: Ponto de amostragem 02. Fonte: GHG Ambiental. ....	71
Figura 6: Mapa do Cráton São Francisco e as faixas brasileiras. As faixas orogênicas brasileiras são: A, Araçuaí; Ar, Araguaia; B, Brasília; Bo, Borborema; P, Rio Preto; R, Ribeira; RP, Riacho do Pontal; S, Sergipana. Fonte: Cordani (2020).....	75
Figura 7: Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero com as associações de litofácies do Supergrupo Rio das Velhas. Fonte: modificado de Baltazar & Zucchetti, 2005, <i>apud</i> Baltazar et al. 2005.....	77
Figura 8: Retroescavadeira utilizada para abertura das trincheiras. Fonte: GEPI, 2013. ....	97
Figura 9: Abertura de trincheira na área. Fonte: GEPI, 2013. ....	97
Figura 10: Equipe de sondagem, realizando a perfilagem a trado. Fonte: GEPI, 2012. ....	103
Figura 11: Equipe de sondagem, realizando a perfilagem. Fonte: GEPI, 2012. ....	104
Figura 12 Equipe de sondagem, realizando a perfuração rotativa. Fonte: GEPI, 2013. ....	107
Figura 13: Equipe de sondagem, realizando a perfuração rotativa. Fonte: GEPI, 2013. ....	107



Figura 14: Boletim de sondagem furo ME DDH 1. Fonte: INFOGEO GEOLOGIA E CONSULTORIA LTD, 2012.....	108
Figura 15: Boletim de sondagem furo ME DDH2.Fonte: INFOGEO GEOLOGIA E CONSULTORIA LTD, 2012.....	109
Figura 16: Boletim de sondagem furo ME DDH3. Fonte: INFOGEO GEOLOGIA E CONSULTORIA LTD, 2012.....	110
Figura 17 Boletim de sondagem furo ME DDH4. Fonte: INFOGEO GEOLOGIA E CONSULTORIA LTD, 2012.....	111
Figura 18 Boletim de sondagem furo ME DDH5. Fonte: INFOGEO GEOLOGIA E CONSULTORIA LTD,2012.....	113
Figura 19: Afloramentos de Itabirito no perímetro da ADA. Fonte: GEPI, 2013 .....	118
Figura 20: Itabiritos expostos por trincheiras. Fonte: GEPI, 2013 .....	118
Figura 21: Contato litológico entre itabirito e xisto. Fonte: GEPI, 2013 .....	119
Figura 22: Corpo de hematita compacta. Fonte: GEPI, 2012.....	119
Figura 23: Corpo de magnetita compacta. Fonte: GEPI, 2013. ....	120
Figura 24: Formas de relevo continental e outros aspectos do relevo. Fonte: Infoescola por Amarolina Ribeiro.....	129
Figura 25: Planície. Fonte: Rosângela Garrido Machado Botelho/Atlas Geográfico Escolar - IBGE.....	130
Figura 26: Depressão. Fonte: Evelyn Andréia Arruda Pereira/ Atlas Geográfico Escolar - IBGE. ....	130
Figura 27: Tabuleiro Prado/BA. Fonte: Therence Paoliello de Sarti/ Atlas Geográfico Escolar - IBGE.....	131
Figura 28: Patamar. Fonte: André Souza Pelech/IBGE.....	131
Figura 29: Planalto. Fonte: Evelyn Andréia Arruda Pereira/IBGE.....	132
Figura 30: Serra. Fonte: Ricardo Ziq Koch Cavalcanti/ Atlas Geográfico Escolar - IBGE. ....	132
Figura 31: Cambissolo. Fonte: EMBRAPA .....	158
Figura 32: Latossolo. Fonte: EMBRAPA. ....	160



Figura 33: Exemplificação de um perfil Neossolo. Fonte: EMBRAPA .....	161
Figura 34: Argissolo. Fonte: EMBRAPA. ....	162
Figura 35: Mapa de localização das amostras de solos. GEPI, 2013.....	169
Figura 36: Análise química das amostras de solo nº 1 a 49. Fonte: Laboratório FRX Service Ltda, 2011. ....	171
Figura 37 : Análise química das amostras de solo nº 50 a 99. Fonte: Laboratório FRX Service Ltda, 2011. ....	172
Figura 38: Análise química das amostras de solo nº 199 a 249. Fonte: Laboratório FRX Service Ltda, 2011. ....	173
Figura 39: Análise química das amostras de solo nº 250 a 296. Fonte: Laboratório FRX Service Ltda, 2011. ....	174
Figura 40: Análise química das amostras de solo nº 50 a 99. Fonte: Laboratório FRX Service Ltda, 2011. ....	175
Figura 41: Sistema cárstico carbonático simplificado com seus principais componentes. Fonte: Auler; Piló (2010).....	182
Figura 42: Medição da projeção horizontal de acordo com o método da descontinuidade. Fonte: Carste, 2015.....	186
Figura 43: Modelo de medição do desnível das cavidades. Fonte: Carste, 2015. ....	186
Figura 44: Método de medição da área do interior da cavidade. Fonte: Carste, 2015. ....	187
Figura 45: Cálculo do volume de uma caverna a partir da altura média das seções verticais/ bases topográficas. Fonte: Carste, 2015. ....	187
Figura 46: Esquema diferenciando cavidade, abrigo e abismo. Fonte: ICMBio/CECAV, 2020.....	191
Figura 47 - Elementos influenciadores na permeabilidade e porosidade de aquíferos fissurais. Fonte: PANM (CPRM, 2019). ....	272



## LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Mapa Climático da área de estudo regional e do estado. Fonte: Geoline Engenharia, 2024.....	34
Mapa 2: Mapa de Clima e estações meteorológicas da área de estudo regional. Fonte: Geoline Engenharia, 2024.....	36
Mapa 3: Mapa de Nível de Sensibilidade às Mudanças Climáticas das Áreas de Estudo. Fonte: Geoline Engenharia, 2024.....	63
Mapa 4: Mapa de Nível de adaptação às mudanças climáticas das áreas de estudos. Fonte: Geoline Engenharia, 2024.....	65
Mapa 5: Localização dos pontos de coleta. Fonte: GHG Ambiental, modificado por Geoline Engenharia, 2024.....	70
Mapa 6: Mapa geológico da área de estudo regional. Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	81
Mapa 7: Mapa de localização das trincheiras feitas em estudos de pesquisa. Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	101
Mapa 8: Mapa de localização dos furos. Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	105
Mapa 9: Mapa geológico local. Fonte: Geoline Engenharia, 2024.....	121
Mapa 10: Mapa de natureza morfológica. Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	135
Mapa 11: Mapa Hipsométrico da área de estudo local. Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	139
Mapa 12: Mapa de Declividade da área de estudo local. Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	142
Mapa 13: Mapa de vulnerabilidade dos solos na área de estudo regional. Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	152
Mapa 14: Mapa de susceptibilidade erosiva nos limites da área diretamente afetada. Fonte: Geoline Engenharia, 2024.....	156
Mapa 15: Mapa pedológico da área de estudo regional. Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	163
Mapa 16 :Mapa de Potencial Espeleológico Regional. Fonte: Geoline Engenharia: Geoline Engenharia, 2024.....	190



Mapa 17: Mapa de Potencial Espeleológico Local. Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	195
Mapa 18: Mapa de Pontos e Caminhamento. Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	216
Mapa 19: Contexto Hidrográfico Regional. Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	220
Mapa 20: Contexto hidrográfico local. Fonte: Geoline Engenharia, 2024.....	258
Mapa 21: Domínio hidrogeológico regional, localizado na AER do projeto. Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	273
Mapa 22: Sistemas de Aquíferos localizados na ADA e AEL. Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	277
Mapa 23: Usuários de recurso hídrico subterrâneo. Fonte: IDE SISEMA (2024) e SIAGAS (2024). ....	282
Mapa 24: Nascentes e surgências identificadas na ADA e entorno imediato. Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	288
Mapa 25: Superfícies Potenciométricas e vetores de fluxo de água subterrânea (aquífero livre). Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	295
Mapa 26: Mapa de áreas contaminadas e reabilitadas. Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	298



## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1: quartzo-feldspato-biotita-clorita de matriz textural areia fina (Ponto 59 - Coordenadas: 623849.07 m E/ 7767999.52 m S). Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	115
Fotografia 2: Banda de hematita da BIF exposta no topo da serra. (Ponto 54 - 622593.37 m E/ 7766251.02 m S). Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	116
Fotografia 3: Xisto (Ponto 14 - 623849.07 m E/ 7767999.52 m S). Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	117
Fotografia 4: Rio Itabirito, nas proximidades da área de estudo. Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	144
Fotografia 5: Vista panorâmica do Rio Itabirito, vale encaixado. Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	144
Fotografia 6: Vista Panorâmica da área a ser minerada. Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	145
Fotografia 7: Vista do Relevo nas áreas próximas ao empreendimento. Fonte: Geoline Engenharia, 2024.....	146
Fotografia 8: Vista da Serra da Moeda e a área de pesquisa do projeto Mineração Minerix. Fonte: Geoline Engenharia, 2024.....	151
Fotografia 9: deslizamento planar registrado dentro dos limites da área de estudo local. Fonte: Geoline Engenharia, 2024.....	154
Fotografia 10: Voçoroca desenvolvida dentro da área de estudo local. Fonte: Geoline Engenharia, 2024.....	154
Fotografia 11: Escorregamento superficial. Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	155
Fotografia 12: Evidencia do perfil Neossolo, no topo da serra, Área Diretamente Afetada. (Ponto – Coordenadas: 622637.19 m E/7766289.99 m S. Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	165
Fotografia 13: Talude com perfil Cambissolo exposto (Ponto - Coodenadas: 624319.03 m E/7767187.50 m S). Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	166
Fotografia 14: Ponto 01 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. ....	197
Fotografia 15: Ponto 02 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. ....	197



Fotografia 16: Ponto 03 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	198
Fotografia 17: Ponto 04 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	198
Fotografia 18: Ponto 05 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	199
Fotografia 19: Ponto 06 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	199
Fotografia 20: Ponto 07 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	200
Fotografia 21: Ponto 08 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	200
Fotografia 22: Ponto 09 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	201
Fotografia 23: Ponto 10 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	201
Fotografia 24: Ponto 11 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	202
Fotografia 25: Ponto 12 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	202
Fotografia 26: Ponto 13 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	203
Fotografia 27: Ponto 14 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	203
Fotografia 28: Ponto 15 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	204
Fotografia 29: Ponto 16 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	204
Fotografia 30: Ponto 17 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	205
Fotografia 31: Ponto 18 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	205



Fotografia 32: Ponto 19 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	206
Fotografia 33: Ponto 20 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	206
Fotografia 34: Ponto 21 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	207
Fotografia 35: Ponto 22 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	207
Fotografia 36: Ponto 23 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	208
Fotografia 37: Ponto 24 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	208
Fotografia 38: Ponto 25 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	209
Fotografia 39: Ponto 26 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	209
Fotografia 40: Ponto 27 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	210
Fotografia 41: Ponto 28 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	210
Fotografia 42: Ponto 29 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	211
Fotografia 43: Ponto 30 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	211
Fotografia 44: Ponto 31 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	212
Fotografia 45: Ponto 32 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	212
Fotografia 46: Ponto 33 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	213
Fotografia 47: Ponto 34 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	213



Fotografia 48: Ponto 35 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	214
Fotografia 49: Ponto 36 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024. .....	214
Fotografia 50: Córrego Campestre (PT22) – set/2023. Fonte: Geoline Engenharia, 2023. ....	224
Fotografia 51: Pontos visitados na microbacia do tributário sem nome do Rio Itabirito. ....	242
Fotografia 52: Pontos visitados na microbacia do Córrego Campestre. ....	246
Fotografia 53: Pontos visitados na microbacia do Córrego Campestre. ....	252
Fotografia 54: Nascente (PT03) e Córrego do Moleque (PT19) .....	257
Fotografia 55: Redes de drenagem antropizadas. ....	266
Fotografia 56: Registros fotográficos da manifestação de água subterrânea identificado durante o mapeamento da Geoline (2023 e 2024). ....	285



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Dados da estação meteorológica de Belo Horizonte. ....	37
Quadro 2: Relação dos limites sonoros. ....	67
Quadro 3: Critério Locacional de potencialidade de ocorrência de cavidades .....	178
Tabela 4: Potencial espeleológico segundo litotipo. ....	189
Quadro 5: Efetividade da malha de caminhamentos prospectivos. ....	215
Quadro 6 - Avaliação estimada da vazão em diferentes períodos do ano. ....	224
Quadro 7 - Usuários de recursos hídricos superficiais registrados na AER e na BHRI. ....	226
Quadro 8 - Disponibilidade hídrica da BHRI considerando como exultório a confluência com o Rio das Velhas. ....	227
Quadro 9 - Classes de enquadramento e critérios de uso dos cursos d'água em Minas Gerais. ....	228
Quadro 10 - Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e seus respectivos pesos. ....	230
Quadro 11 - Classificação da qualidade das águas. ....	231
Quadro 12 - Classe de contaminação por tóxicos e seus significados. ....	232
Quadro 13 - Classes do Índice de Estado Trófico (rios) e seu significado. ....	233
Quadro 14 –Classes das densidades de cianobactérias. ....	234
Quadro 15 - Contexto hidrográfico local. ....	239
Quadro 16 - Relação de pontos visitados durante as campanhas de campo. .....	239
Quadro 17 - Pontos mapeado na microbacia dos tributários do Rio Itabirito. .....	242
Quadro 18 - Pontos mapeados na microbacia do Córrego Campestre. ....	245
Quadro 19 - Pontos mapeados na microbacia do tributário do Córrego Paianas. ....	251



Quadro 20: Descrição dos registros de processos investigativos pela FEAM (Atualizado em 2024), para a área de estudo regional – AER.....297

Quadro 21: Efluentes líquidos gerados no empreendimento.....299



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Balanço hídrico climatológico de Thornthwaite do município de Itabirito (Estação Belo Horizonte). .....	43
Tabela 2: Área em níveis de sensibilidade a mudanças climáticas dentro a AER. Fonte: FEAM, 2024. ....	62
Tabela 3: Áreas em diferentes níveis de adaptação as mudanças climáticas na ERA. ....	64
Tabela 4 - Relação de equipamentos utilizados na medição de ruídos. ....	68
Tabela 5: Condições climáticas na data de realização do monitoramento do ruído. ....	69
Tabela 6: Resultados obtidos no monitoramento de ruído para o Ponto 01. ..	72
Tabela 7: Resultados obtidos no monitoramento de ruído para o Ponto 02. ..	72
Tabela 8: Coluna litoestratigráfica do Quadrilátero Ferrífero. ....	80
Tabela 9: Análise química das amostras coletadas das trincheiras. ....	98
Tabela 10: Localização das trincheiras para estudo da Mineração Minerix. ..	99
Tabela 11 : Localização e profundidade das sondagens a trado. ....	102
Tabela 12: Localização dos furos de sondagem. ....	106
Tabela 13: Análise estatística da altimetria. ....	137
Tabela 14: Análise estatística da declividade ....	140
Tabela 15: Análise geoquímica do solo CXbd 21 – Seguindo os parâmetros de prevenção do CONAMA 420. ....	167
Tabela 16: Estatísticas dos resultados das amostras de solo. ....	176
Tabela 17 - Estações fluviométricas localizadas nas áreas de estudo (ADA, AEL e AER) e entorno imediato da AER. ....	221
Tabela 18 - Resultados do monitoramento de Qualidade das Águas – Ano Base 2021 e 2022. ....	238
Tabela 19 - Parâmetros de qualidade da água avaliados em set/2023 e março/2024 – Microbacia dos tributários do Rio Itabirito (Classe 2) .....	262



Tabela 20 - Parâmetros de qualidade da água avaliados em set/2023 e março/2024 – Microbacia do Córrego Campestre (Classe 2) .....	263
Tabela 21 - Parâmetros de qualidade da água avaliados em set/2023 e março/2024 – Microbacia dos Tributários do Córrego Paianas (Classe 2) ....	264
Tabela 22- Distribuição espacial dos Domínios Hidrogeológicos na área de estudo. Fonte: Mapa Hidrogeológico do Brasil (CPRM, 2007), escala 1:1.000.000 e Projeto Águas de Minas - PANM (CPRM, 2019). .....	267
Tabela 23- Distribuição espacial dos Sistemas de Aquíferos da AEL e ADA. .	274
Tabela 24 – Caracterização quanto porosidade, produtividade e hidroquímica dos sistemas de aquíferos localizados na AEL do projeto.....	276
Tabela 25 - Correlação entre poços tubulares localizados na AEL e sistemas de aquíferos. ....	278
Tabela 26 – Informações adquiridas na base de dados: SIAGAS (2024). .....	280
Tabela 27 – Informações adquiridas na base de dados IDE SISEMA (2024)...	280
Tabela 28 - Nascentes identificadas na AEL e ADA do Projeto Minerix Mineração. ....	284
Tabela 29 - Parâmetros de qualidade da água de nascentes e surgências avaliados na ADA e entorno imediato. ....	292
Tabela 30: Pontos de descarga do aquífero livre – ADA e entorno imediato. ....	294



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Climatologia e histórico de previsão do tempo na Estação Belo Horizonte. Fonte: INMET, modificado por: Geoline Engenharia, 2024.....	38
Gráfico 2: Médias Pluviométricas Mensais de 2014 até 2024. Fonte: INMET, modificado por Geoline Engenharia, 2024.....	39
Gráfico 3: Acúmulo mensal pluviométrico em mm, da série 2014/2024. Fonte: INMET modificado por Geoline Engenharia, 2024.....	39
Gráfico 4: Acumulado Mensal da série histórica 2014 – 2023 ano hidrológico. Fonte: INMET, modificado por Geoline Engenharia, 2024.....	40
Gráfico 5: Acúmulo mensal da evapotranspiração. Fonte: INMET, modificado por Geoline Engenharia, 2024.....	41
Gráfico 6: Tempo de radiação solar por dia durante a série histórica – 2014/2024. Fonte: INMET, modificado por Geoline Engenharia, 2024. ....	42
Gráfico 7: Resultados do Balanço hídrico climatológico. Fonte: Geoline Engenharia, 2024. ....	46
Gráfico 8: Apresentação da relação entre precipitação, evaporação potencial e real. Fonte: Geoline Engenharia, 2024.....	46
Gráfico 9: Vazão média mensal (m <sup>3</sup> /s) aferida pela Estação a ITABIRITO LINIGRAFO (Código 41180000), instalada no Ribeirão Mata Porcos, considerado a série histórica entre 2013 a 2023. Fonte: ANA (2024). ....	222



## 1 INTRODUÇÃO

O Diagnóstico Ambiental do Estudo de Impacto Ambiental foi elaborado seguindo as diretrizes do Termo de Referência do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA) e tem como finalidade a caracterização e o conhecimento de todos os elementos ambientais da Área Diretamente Afetada referente ao empreendimento Mineração Minerix, de sua Área de Influência Direta e da Área de Influência Indireta, considerando os impactos que poderão ser causados assegurando a essas áreas e aos seus stakeholders.

Um dos itens fundamentais desse estudo é o Diagnóstico do Meio Físico, que é uma etapa importante do EIA/RIMA, onde serão considerados os passivos e/ou ativos da área em questão. O meio físico é considerado como meio natural devido às relações essenciais que preservam a formação de um ecossistema e dos processos naturais. Dessa forma, nesse item serão abordados os seguintes temas:

- Clima e Condições Meteorológicas
- Qualidade do Ar
- Ruído
- Geologia
- Geomorfologia
- Processos Erosivos
- Solos
- Espeleologia
- Recursos Hídricos Superficiais
- Qualidade das Águas Superficiais
- Recursos Hídricos Subterrâneos
- Qualidade das Águas Subterrâneas
- Áreas Contaminadas



## 2 IDENTIFICAÇÃO

Neste capítulo são apresentadas as informações sobre o empreendedor, empreendimento, empresa e equipe técnica responsável pela elaboração deste EIA.

### 2.1 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

<b>Pessoa Física ou Jurídica na qual o empreendimento se vincula</b>	<b>MINERIX EXTRAÇÃO MINERAL E COMÉRCIO LTDA</b>
<b>CNPJ/CPF</b>	50.858.857/0001-15
<b>Endereço</b>	Av. Raja Gabaglia nº 2280, Estoril, Sala 616, Belo Horizonte - MG
<b>Telefone</b>	(31) 3292-1313 (31) 98471-4510
<b>Responsável Legal</b>	Heitor dos Santos Teles Junior

### 2.2 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

<b>Empreendimento</b>	<b>Projeto Minerix</b>
<b>Código(s) atividade DN COPAM Nº 217/2017</b>	A-02-03-8 / A-05-05-3 / F-06-01-7 / A-05-01-0 / A-05-02-0 / A-05-04-7
<b>Coordenadas Geográficas SIRGAS 2000 – Fuso 23K</b>	Longitude UTM: -20°11'45.48" Latitude UTM: 43°49'19.11"
<b>Matrículas</b>	nº 5.180, nº 9.054, nº 11.383 e nº 33.715
<b>Área</b>	292,21ha
<b>Responsável Legal</b>	Heitor dos Santos Teles Junior
<b>E-mail</b>	meioambiente@geoline.com.br

### 2.3 IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO EIA

A Geoline Engenharia é uma empresa com 25 anos de mercado que se adaptou à distintos cenários – econômico, políticos e técnicos – nos dando



*know-how* para entender as necessidades de nossos clientes e apresentá-los soluções integradas para o desafio de seus projetos visando sempre a inovação e tecnologias de ponta.

O setor de Meio Ambiente possui uma equipe multidisciplinar, com profissionais empenhados e capacitados nas mais diversas áreas, com o objetivo de desenvolver estratégias específicas para cada cliente, com total suporte ao projeto levando em consideração o contexto e região. Participamos de todas as etapas do licenciamento, desde a definição da melhor estratégia para a obtenção das licenças ambientais específicas para cada empreendimento até a gestão dos processos, desenvolvimento dos estudos e ações necessárias para obtenção das licenças.

Composta por biólogos, engenheiros, geólogos, arquitetos, arqueólogos e advogados especialistas em questões ambientais nossa equipe acredita na ética, transparência, experiência e inovação técnica para garantir o melhor resultado para os nossos clientes.



Razão Social	Geoline Engenharia Ltda.
Endereço	Rua Amapá, 163 – Contagem, Minas Gerais
CNPJ	02.657.869/0001-39
Telefone	(31) 3292-1313
E-mail	meioambiente@geoline.com.br
CTF/AELA	4314285

### 2.3.1 Responsável Técnico

Nome	Bruno Vieira Pereira
Título	Engenheiro Ambiental
Registro Profissional	CREA MG: 113.029/D
E-mail	bruno.vieira@geoline.com.br
ART	MG20242837130

### 2.3.2 Termo de Responsabilidade:

Esse documento foi preparado pela Geoline Engenharia Ltda., com observância das normas técnicas fornecidas e sugeridas pela contratante Minerix Extração Mineral e Comércio Ltda., inscrita no CNPJ: 50.858.857/0001-15. Em razão disto, a Geoline Engenharia Ltda. isenta-se de qualquer responsabilidade civil e criminal perante o cliente ou terceiros pela utilização deste documento, ainda que parcialmente, fora do escopo para o qual foi preparado e requerido.



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia deste estudo engloba três etapas (Figura 1): (I) Revisão bibliográfica; (II) Coleta de dados secundários; Campo; (III) e validação e análise dos dados obtidos em campo e por meio de dados fornecidos pela empresa.

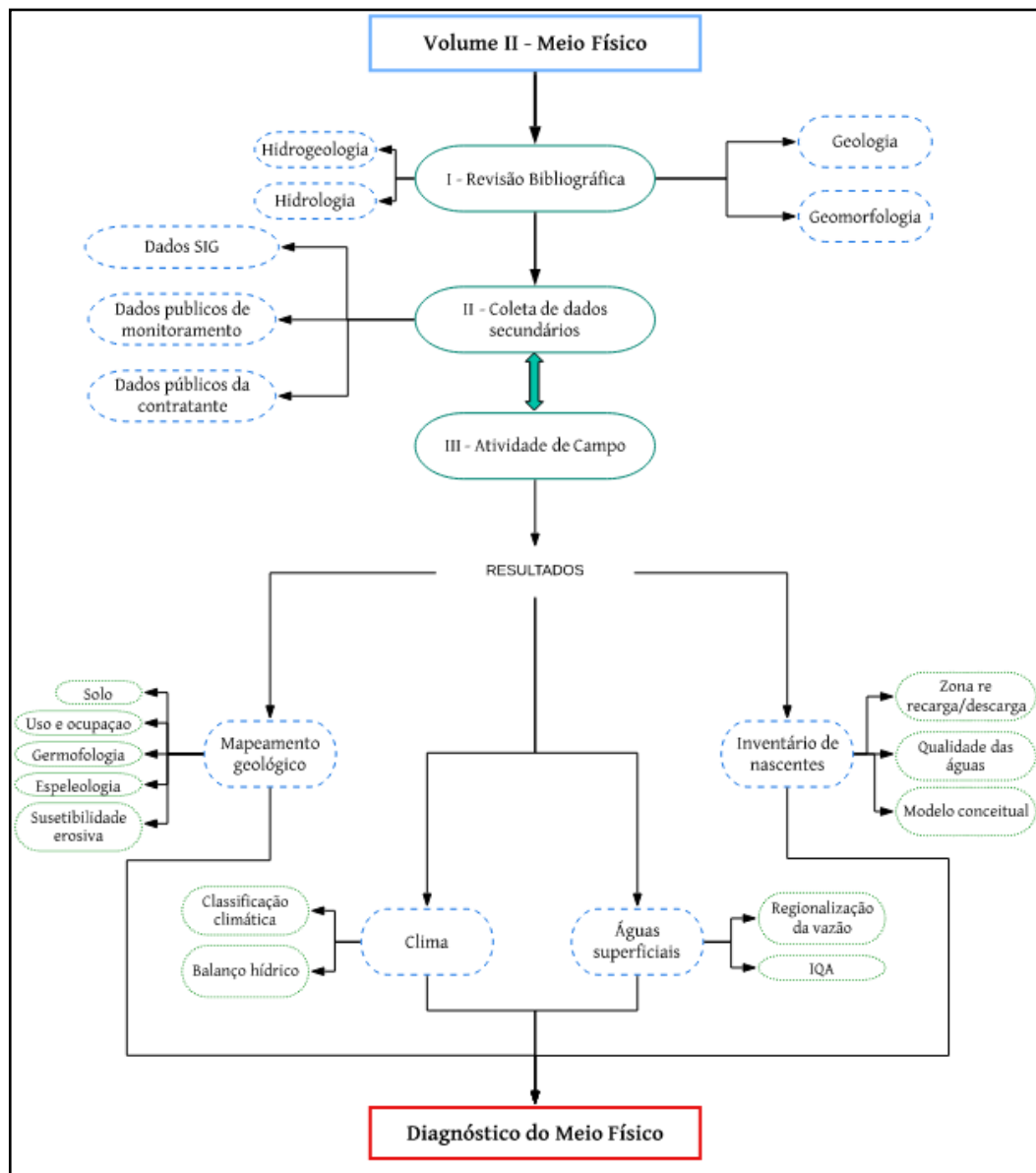


Figura 1: Fluxograma das etapas metodológicas, Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.



### **3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Para iniciar os trabalhos foi conduzida uma revisão de literatura referente ao tema em questão que engloba a definição de tipos de nascentes, geologia, geomorfologia, hidrologia, hidrogeologia, litologia e suas interações. Além disso a Minerix Extração Mineral e Comércio Ltda. forneceu informações importantes sobre a geologia da área, além de outras informações da região. Todos os documentos utilizados compreendem referências técnicas e científicas de autores renomados na área.

### **3.2 COLETA DE DADOS SECUNDÁRIOS**

Os dados secundários abrangem toda a base de sistema de informação geográfica (SIG); estudos anteriores na região como, por exemplo, Estudos de Impacto Ambiental (EIA); e dados hidrológicos que contemplam estações: pluviométrica, fluviométrica e meteorológica.

### **3.3 ESTRUTURAÇÃO DO PRÉ-CAMPO**

A preparação para o campo teve como auxílio dados georreferenciados das áreas de estudo do empreendimento que consistem na hidrografia, topografia, delimitação da Área de Estudo Local – AEL e Área de Estudo Regional - AER.

As informações primárias foram disponibilizadas pela empresa Minerix Extração Mineral e Comércio Ltda. Com base nos dados supracitados foram definidos os pontos com maior, média e menor relevância a serem visitados no campo, traçando assim as possíveis rotas de acesso.



## 4 CLIMA E METEOROLOGIA

O Diagnóstico climatológico do Estudo de Impacto Ambiental foi elaborado seguindo as diretrizes compatibilizadas do Termo de Referência Geral EIA/RIMA e Termo de Referência EIA/RIMA para atividades com supressão de vegetação do Bioma Mata Atlântica ambos disponibilizados pela SEMAD e tem como finalidade a caracterização e o conhecimento de todos os elementos ambientais da Área Diretamente Afetada (**Projeto Minerix Mineração**) e das áreas de estudo regional e local, considerando os impactos que poderão ser causados assegurando a essas áreas e aos seus *stakeholders*.

### 4.1 DEFINIÇÃO

O clima pode ser definido como um conjunto de todos os estados da atmosfera num determinado local e ao longo dos anos durante um longo intervalo de tempo, já as condições meteorológicas podem ser definidas como o comportamento momentâneo da atmosfera num dado local, considerando o estado físico do ar, da temperatura, da pressão atmosférica, movimento dos ventos, umidade etc.

### 4.2 CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN-GEIGER

A classificação de Köppen-Geiger é o sistema de classificação global mais utilizado em geografia, climatologia e ecologia. Essa ideia foi proposta pelo cientista Wladimir Köppen no ano de 1900 e modificada por ele mesmo em vários períodos, tendo a sua última versão em 1936 com a colaboração do cientista Rudolf Geiger.

No Brasil, os estudos climatológicos surgiram no início do ano de 1870, liderados pelo meteorologista Emmanuel Liais, quando foram implementadas as bases teóricas das ciências atmosféricas no país. A partir desse ponto, diversos estudos foram desenvolvidos e a grande maioria, eram contemporâneos aos



estudos de Köppen, porém, atualmente, ainda se utiliza em muitos estudos os conceitos definidos pelo pioneiro nesse assunto (Köppen-Geiger).

Entendido por Nascimento, Luiz e Oliveira (2016) a classificação Köppen-Geiger relaciona o clima com a vegetação e se baseia em critérios numéricos da temperatura média do mês mais frio para definir cinco regiões climáticas principais: tropical, árida, temperada, fria e polar, representadas por letras maiúsculas – A, B, C, D e E, respectivamente. Com base na distribuição sazonal da precipitação e em características adicionais de temperatura, este sistema divide-se, respectivamente, em tipos e subtipos, representados por letras minúsculas.

### **4.3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA REGIONAL**

O estado de Minas Gerais apresenta cinco tipos climáticos, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, sendo dois climas temperados quentes (Cwb e Cwa), um tropical (Aw) e dois climas áridos (BSh e BWh) (Sá, 2009).

No estado de Minas Gerais a predominância é dos climas Aw e Cwa. A primeira classificação (Aw) é caracterizada como clima tropical de savana com estação seca de inverno que ocorre principalmente na região central do estado, Triângulo, Alto Parnaíba, Centro-oeste, Noroeste, Norte, Jequitinhonha e Rio Doce. Essas regiões apresentam temperaturas



consideravelmente elevadas, onde as mínimas costumam ser maiores que 18 °C.

Segundo a classificação de Köppen-Geiger, a região da área de estudo regional é caracterizada pelos climas Cwa e Cwb.

Cwa é um clima típico da região Sudeste do Brasil e abrange 25,5% do território mineiro, com temperatura média anual de 21 °C, sendo janeiro o mês mais quente (23,5 °C) e julho o mês mais frio (17,5 °C).

Cwb também é classificado como um clima típico da região Sudeste do Brasil e é bastante predominante na região centro-sul do estado de Minas Gerais, cobrindo 26% dessa área. O clima da capital mineira foi classificado como um exemplo típico de Cwb, onde o inverno é frio e seco e o verão é quente e úmido, com temperatura média anual de 19,3 °C, sendo o mês de julho o mais frio (15,5 °C) e o mês de janeiro o mais quente (21,5 °C).

Segundo Varajão (2009), O clima do quadrilátero Ferrífero pode ser classificado como tropical semiúmido, possuindo duas estações climáticas bem definidas: verão úmido e inverno seco, com precipitação média anual de 1725 mm.



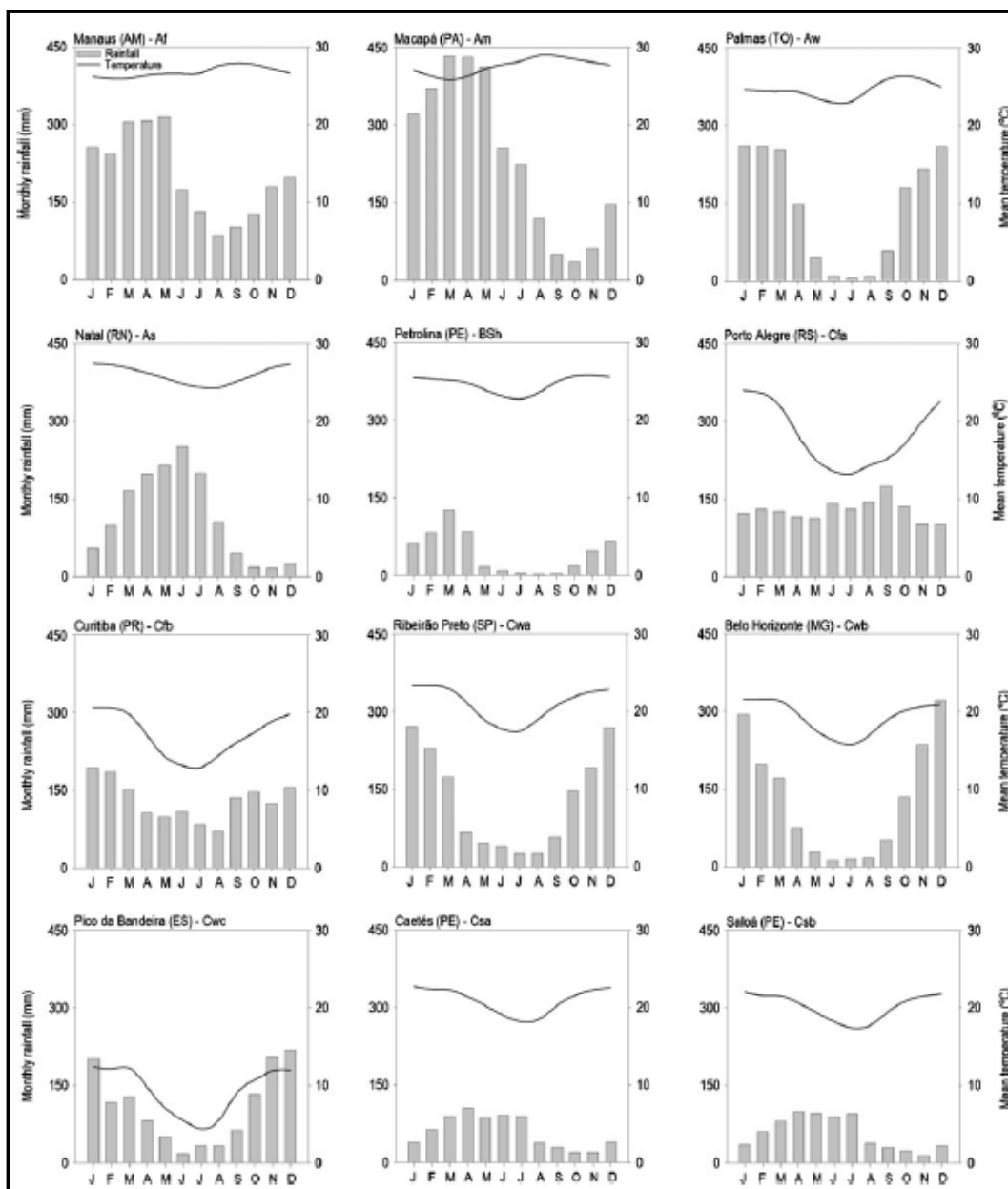


Figura 2: Temperatura e precipitação mensais para localidades brasileiras que representam cada tipo de clima de Köppen-Geiger. Fonte: Alvares, et. al., 2013.

As serras do QF atuam como obstáculo para a entrada de massas de ar que alteram o comportamento térmico e pluviométrico da região central de Minas Gerais. Essas mudanças climáticas são caracterizadas pelas chuvas orográficas que geram núcleos isolados de elevados índices pluviométricos.



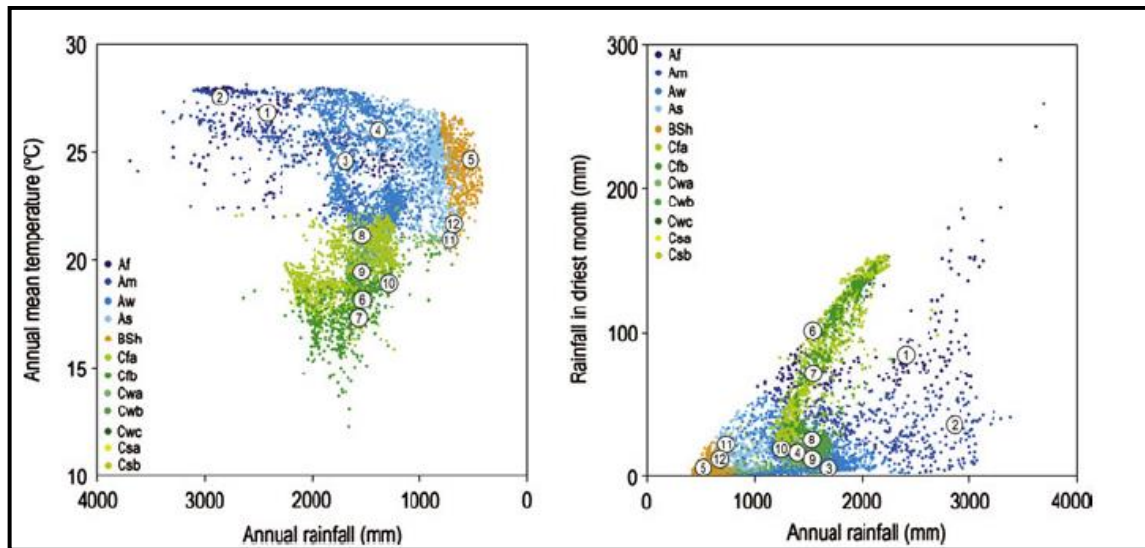
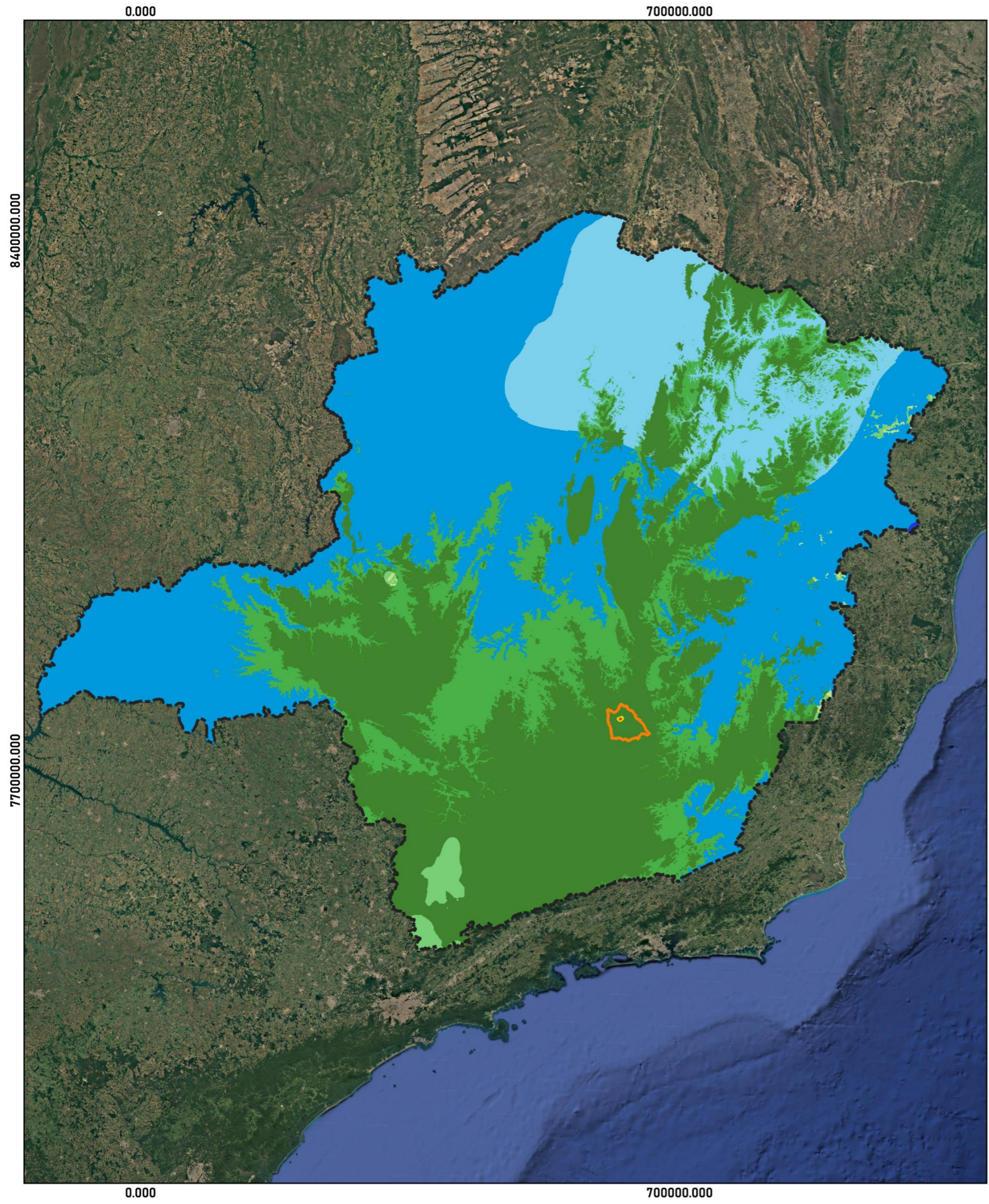


Figura 3: Diagrama climático de todos os municípios brasileiros com ênfase nas regiões com cada tipo de clima Köppen0s. As seguintes localidades foram escolhidas para representar cada tipo de clima de Köppen0 encontrado no Brasil: 1 = Manaus; Macapá; 3 = Palmas; 4 = Natal; 5 = Petrolina; 6 = Porto Alegre; 7 = Curitiba; 8 = Ribeirão Preto; 9 = Belo Horizonte; 10 = Ibitirama (Pico da Bandeira); 11 = Caeté. Fonte: Alvares, et. Al., 2013.





**LEGENDA**

- Área de Estudo Regional - AER
- Área de Estudo Local - AEL
- Área Diretamente Afetada - ADA
- ADA Licenciada - Processo 13880/2023
- Minas Gerais

**CLASSE**

- Am
- Aw
- As
- Cfa
- Cfb
- Cwa
- Cwb
- Cwc

Sistema de projeção: UTM  
 DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

Fonte de dados:  
 Geoline (2024), Alvares et. el. 2019

0      100      200 km

ESCALA: 1:5.500.000

**Geoline**  
Engenharia

Projeto: **MINERIX MINERAÇÃO**

Título: **MAPA DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA**

Elaboração: **Geoline Engenharia**

Data: **21/11/2024** | Formato: **A3** | Revisão: **R 01**

#### 4.4 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA LOCAL

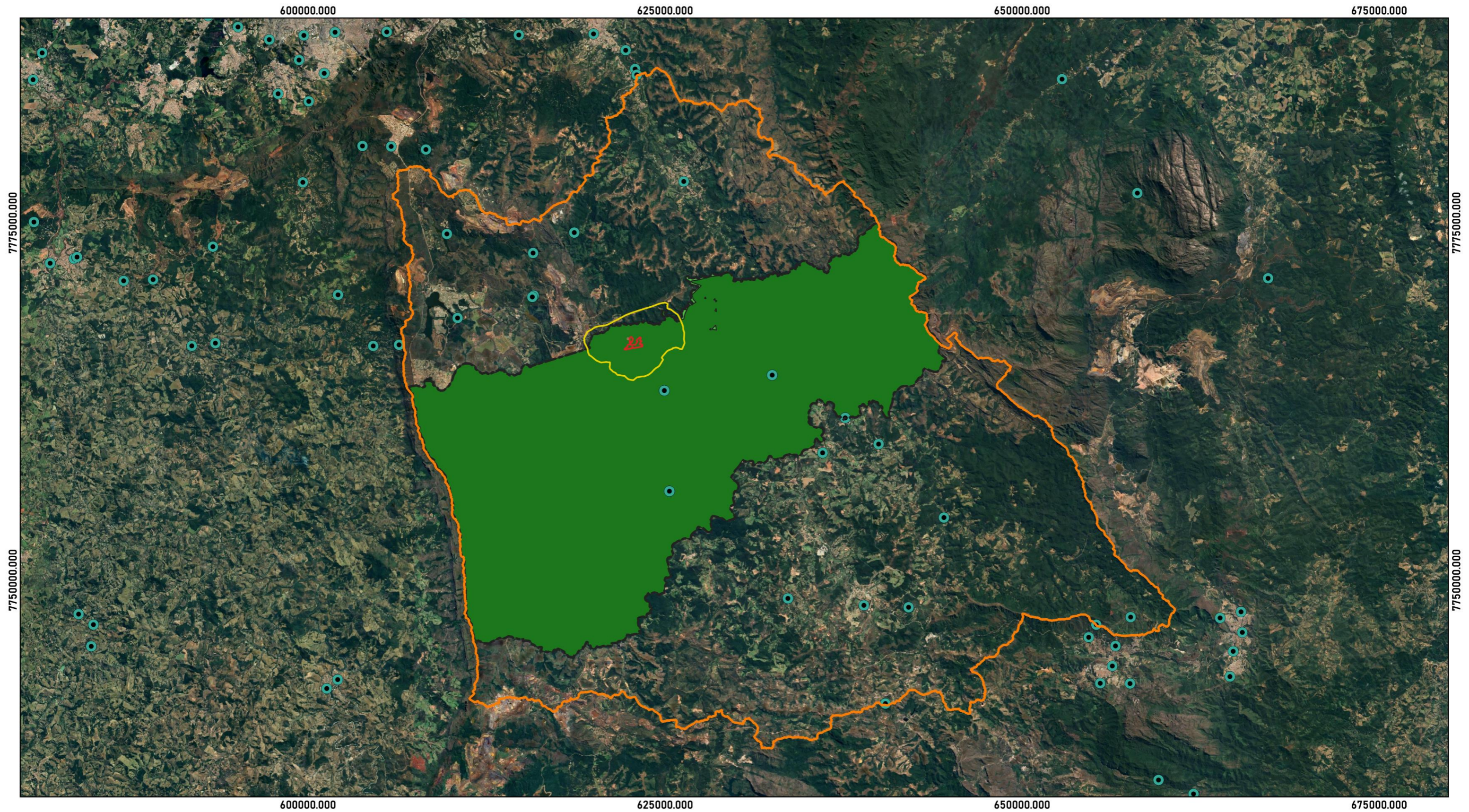
A área do Projeto Mineração Minerix está localizada no município de Itabirito. Esta cidade tem o clima típico de região tropical montanhosa, onde a baixa latitude é compensada pela altitude e pela conformação orográfica regional.

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, no município de Itabirito o clima é classificado como tropical de altitude, classificado predominantemente em *Cwb*, caracterizado por:

- **Verões quentes e chuvosos:** Normalmente, o verão ocorre entre novembro e março, com temperaturas médias elevadas e um aumento significativo nas chuvas.
- **Invernos amenos e secos:** No inverno, entre maio e setembro, as temperaturas são mais amenas, e a precipitação cai significativamente, tornando o clima seco.

Devido à sua localização em uma região montanhosa, Itabirito possui uma variação de temperatura considerável ao longo do dia, com noites frescas, mesmo nos meses de verão. A altitude e as montanhas próximas influenciam bastante nas condições de clima da região, proporcionando um clima mais fresco do que em outras regiões próximas. O clima *CWa* ocorre de maneira irrisória na porção norte do município de Itabirito.





**LEGENDA**

- Área de Estudo Regional - AER
- Área de Estudo Local - AEL
- Área Diretamente Afetada - ADA
- ADA Licenciada - Processo 13880/2023
- Itabirito

**Classes**

- Cwa
- Cwb
- Estações Pluviométricas

Sistema de projeção: UTM  
DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

0 10 20 km

Fonte de dados:  
Geoline (2024), IDE-Sisema

ESCALA: 1:250.000



Projeto:

**MINERIX MINERAÇÃO**

Título:

**MAPA DE ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS**

Elaboração: Geoline Engenharia

Data: 21/11/2024

Formato: A3

Revisão: R 01

#### 4.5 CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

O município de Itabirito tem a estação meteorológica convencional mais próxima, está localizada em Belo Horizonte (Capital), e será usada como referência os valores atribuídos ao longo dos anos de atividade na estação pluviométrica para o estudo climatológico do município em questão.

Quadro 1: Dados da estação meteorológica de Belo Horizonte.

<b>Estação Meteorológica de Belo Horizonte</b>	
<b>Código</b>	83587
<b>Nome da Estação</b>	Belo Horizonte
<b>Latitude / Longitude</b>	-19,93 / - 43,95
<b>Responsável pela operação</b>	INMET
<b>Banco de Dados</b>	Histórico desde 27/01/1960
<b>Parâmetros Meteorológicos</b>	Temperatura, umidade relativa do ar, precipitação, pressão atmosférica, radiação solar, direção e velocidade do vento

Fonte: Geoline Engenharia Ltda, 2024.

Em Belo Horizonte há a predominância do clima tropical de altitude. Esse tipo climático é caracterizado pelas temperaturas amenas durante o ano e pela ocorrência de um inverno seco. Na capital mineira, as temperaturas médias ficam em torno de 20 °C e 22 °C, sendo as máximas de 27 °C no verão e as mínimas entre 16 °C e 18 °C no inverno.



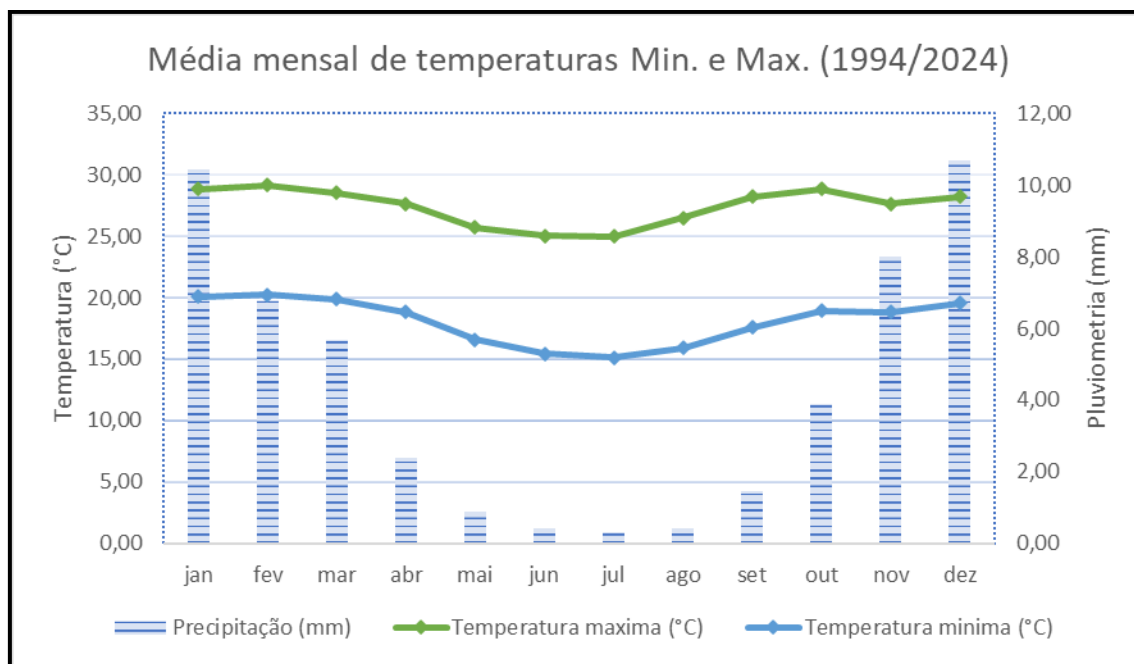


Gráfico 1: Climatologia e histórico de previsão do tempo na Estação Belo Horizonte. Fonte: INMET, modificado por: Geoline Engenharia, 2024.

#### 4.5.1 Precipitação e Evaporação

É considerado dia com precipitação aquele com precipitação mínima líquida ou equivalente a líquida de 1 milímetro. A probabilidade de dias com precipitação na estação de Belo Horizonte varia acentuadamente ao longo do ano. A estação de maior índice pluviométrico vai de outubro a março, com probabilidade acima de 37% de que um determinado dia tenha precipitação. A estação seca dura em torno de seis meses, do final de março até o mês de setembro. O mês com menor número de dias com precipitação na estação de Belo Horizonte é julho, com média de 1,0 dia com pelo menos 1 milímetro de precipitação. Historicamente, o mês com mais dias só de chuva na estação de Belo Horizonte é novembro, com valores acima de 250 milímetros.



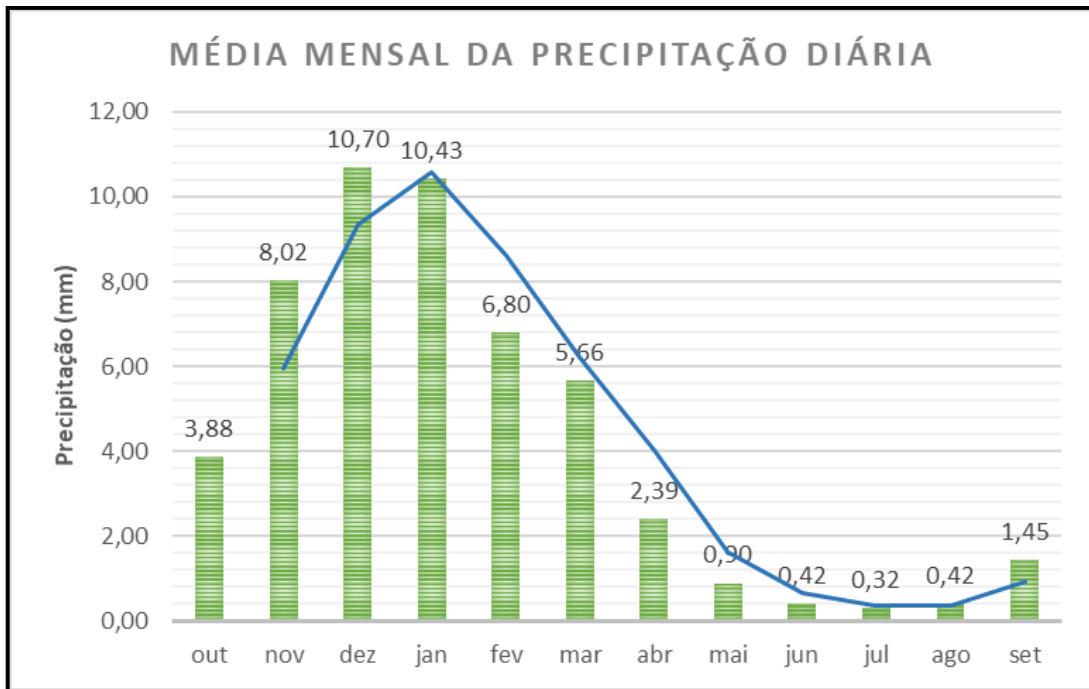


Gráfico 2: Médias Pluviométricas Mensais de 2014 até 2024. Fonte: INMET, modificado por Geoline Engenharia, 2024.

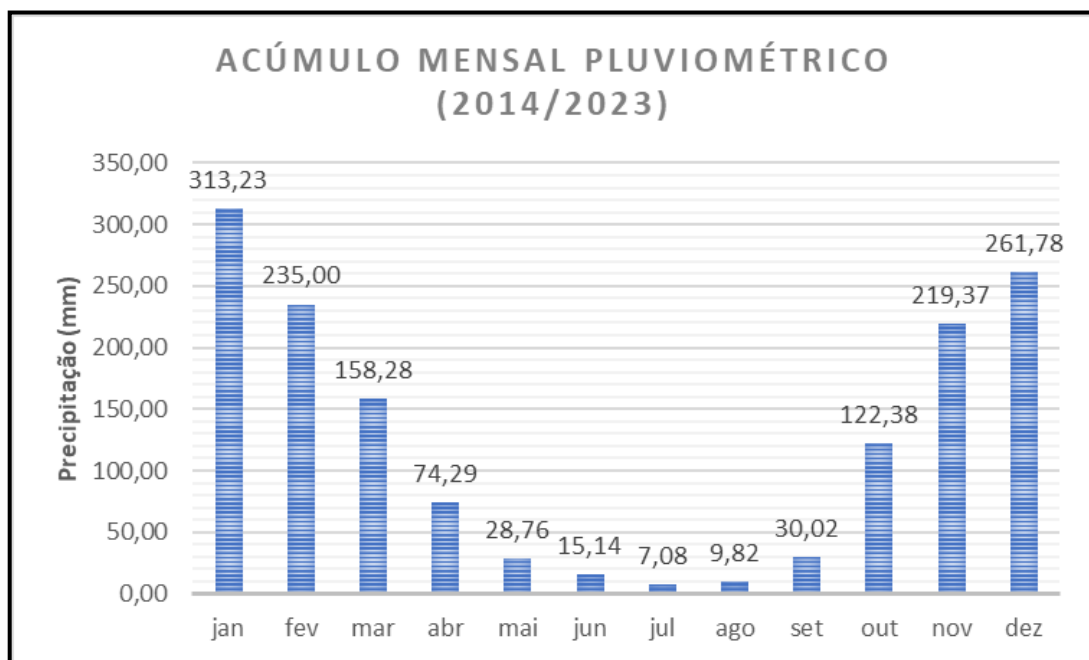


Gráfico 3: Acúmulo mensal pluviométrico em mm, da série 2014/2024. Fonte: INMET modificado por Geoline Engenharia, 2024.



As condições climáticas em Belo Horizonte são caracterizadas por uma atmosfera quente e temperada. Em Belo Horizonte, a precipitação durante o verão é significativamente mais elevada em comparação com o inverno. 1205 mm é o valor da pluviosidade média anual. Devido à sua proximidade do equador, é bastante difícil delinear com precisão os verões em Belo Horizonte.

O mês caracterizado pelos níveis de precipitação mais baixos é julho, apresentando apenas 7,08 mm de precipitação. A quantidade máxima de precipitação é observada durante o mês de janeiro, exibindo um valor médio de 313,23 mm.

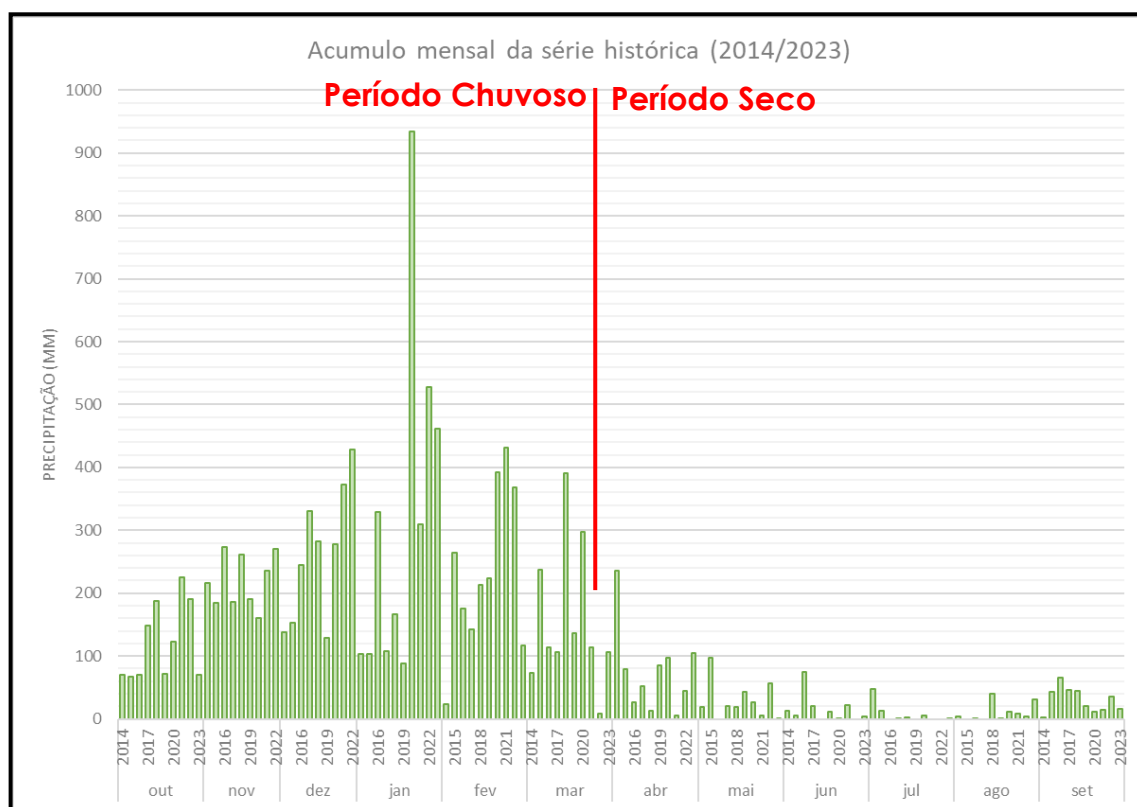


Gráfico 4: Acumulado Mensal da série histórica 2014 – 2023 ano hidrológico. Fonte: INMET, modificado por Geoline Engenharia, 2024.

Os gráficos mostram os índices de pluviosidade separados entre períodos chuvoso e seco que representam o início e o fim do ano hidrológico. O início



se dá no mês de outubro, quando também começa o período chuvoso e vai até o mês de setembro do ano seguinte que marca o fim do período seco.

Com base nos dados acima é notado que nos anos de 2015 a 2017 houve uma queda no índice pluviométrico, porém esse fato é condizente com a crise hídrica que ocorreu na região sudeste, no qual os índices pluviométricos teve uma forte queda em toda a região, gerando prejuízos para a rede de abastecimento público. Por outro lado, posteriormente desse período as chuvas voltaram a subir, e mostrou picos de precipitação ocorrendo no mês de janeiro de 2020.

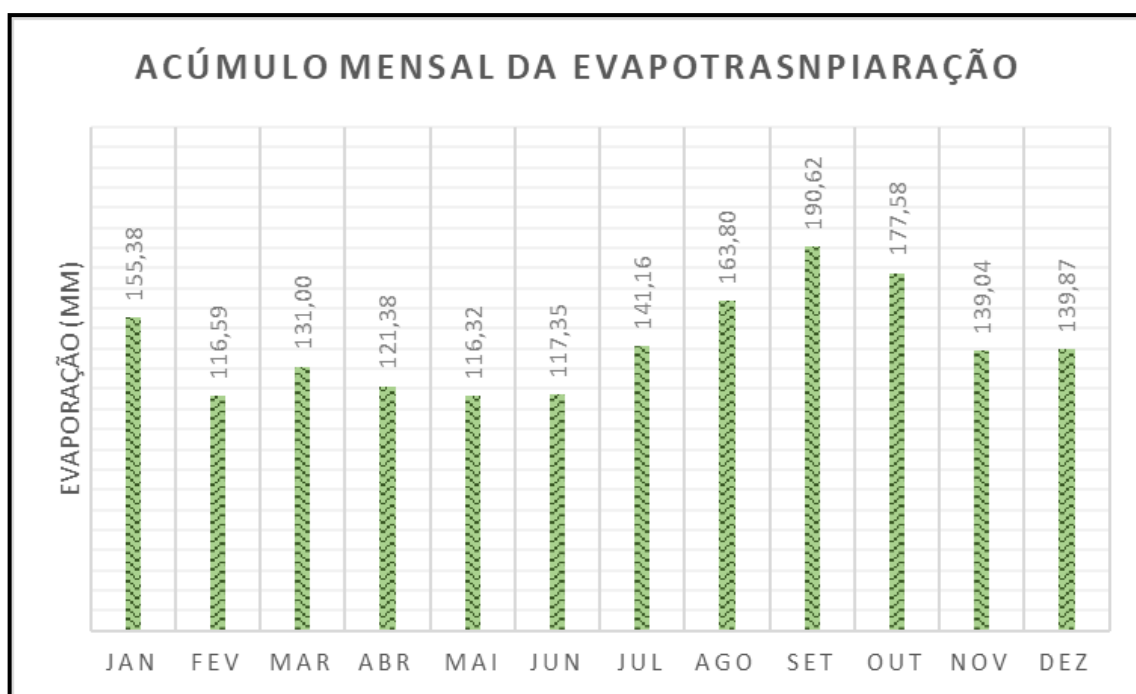


Gráfico 5: Acúmulo mensal da evapotranspiração. Fonte: INMET, modificado por Geoline Engenharia, 2024.

#### 4.5.2 Radiação Solar

Em média, a localidade de Belo Horizonte registra o maior número de horas de sol diárias durante fevereiro. A duração média da luz solar por dia neste mês é de aproximadamente 8.71, com uma contagem total acumulada que atinge 270.11.

Em média, Belo Horizonte registra as horas de sol diárias mais baixas em janeiro. Durante este período, há uma média de 7.33 horas de sol por dia e uma acumulação total de 219.86 horas.

Ao longo do ano, é registrado um total de 2947.03 horas de luz no local de Belo Horizonte. A média mensal de luz solar é de aproximadamente 96.92 horas.

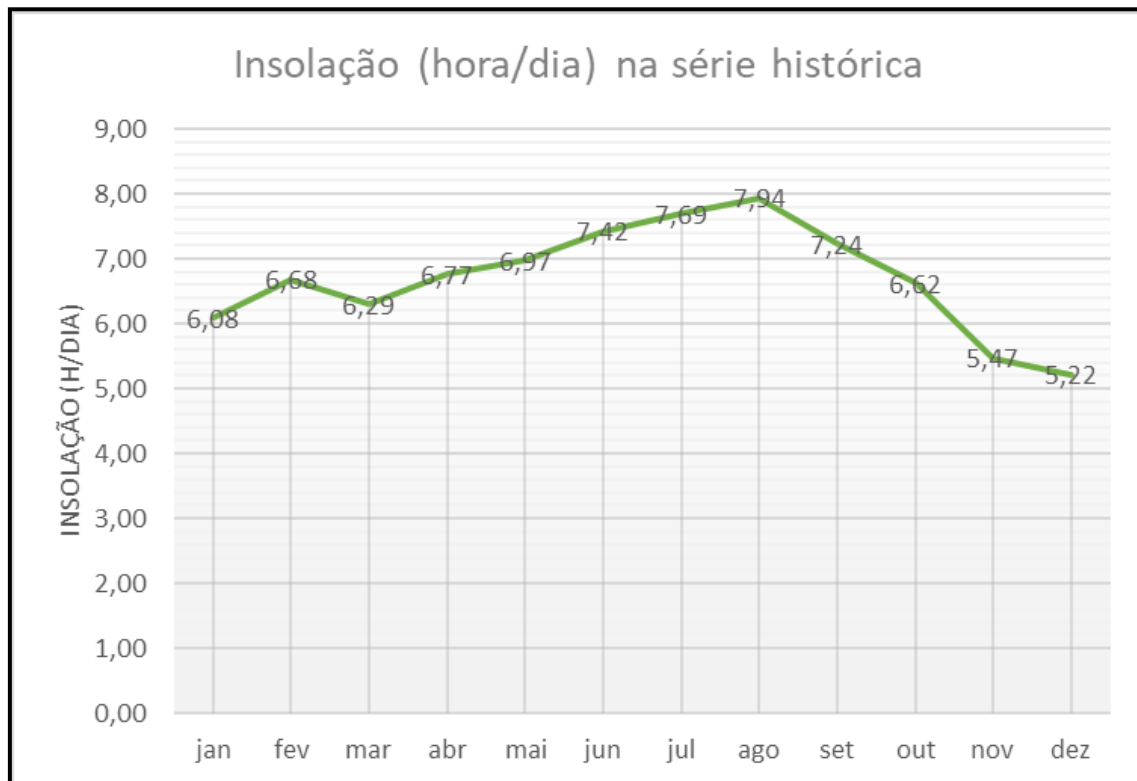


Gráfico 6: Tempo de radiação solar por dia durante a série histórica – 2014/2024. Fonte: INMET, modificado por Geoline Engenharia, 2024.

#### 4.6 BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO

O balanço hídrico climatológico (BHC) é essencial para conhecer os valores de entrada e saída de água em uma determinada região. Além disso, o BHC é uma das formas de acompanhar o armazenamento de água disponível nos aquíferos, bem como a sua recarga.

A metodologia de cálculo do BHC de Thornthwaite e Mather (1955) e a classificação climática de Thornthwaite (1948) são bastante difundidas e



permite caracterizar de forma eficaz o clima de uma região, devido à metodologia ser sensível aos totais de chuva, e temperatura, somada a informações geradas do BHC (PASSOS, 2017).

Para este estudo, o balanço hídrico climatológico foi obtido através dos dados de pluviosidade, temperatura e evapotranspiração com informações desde o ano de 2014 até o ano de 2021. Em princípio, calculou-se os valores de evapotranspiração com os dados de pluviosidade e temperaturas máximas e mínimas do período supracitado e por fim, realizou-se os cálculos do BHC utilizando o valor de 100 mm para a capacidade de água disponível (CAD ou CA).

Balanço hídrico corresponde a contabilização das entradas e saídas de água dentro de um limite espacial definido. No presente estudo, o limite espacial compreende a área do empreendimento. Para realizar o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) da AEL foi utilizada a metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955) que possibilita determinar o regime hídrico de um local, sem necessidade de medidas diretas das condições do solo (Nimer & Brandão, 1989; Pereira, 2005).

Para sua elaboração, há necessidade de se definir o armazenamento máximo no solo (CAD - Capacidade de Água Disponível), as chuvas mensais, temperatura média e a evapotranspiração (real e potencial) dentro da AEL. Nas áreas de estudo do empreendimento não se tem, no momento presente, as informações supracitadas, logo, os dados a serem utilizados no cálculo do balanço hídrico climatológico correspondem às estações de monitoramento disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Tabela 1: Balanço hídrico climatológico de Thornthwaite do município de Itabirito (Estação



Belo Horizonte).

Balança Hídrica Climática									
Estação: Belo Horizonte					UF: MG				
Código: 83587					CA (mm):100				
Latitude (°): -19.93444444					Longitude (°): -43.95222222				
Altitude (m): 915					Período: Jan/60 a Out/2023				
Mês	P	Eo	P-Eo	NEG. AC.	ARM	ALT	ER	EXC	DEF
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	313,23	155,38	157,9	0,0	100,0	0,0	155,38	157,9	0,0
Fev	235,00	116,59	118,4	0,0	100,0	0,0	116,59	118,4	0,0
Mar	158,28	131,00	27,3	0,0	100,0	0,0	131,00	27,3	0,0
Abr	74,29	121,38	-47,1	-47,1	62,4	-37,6	111,8	0,0	9,5
Mai	28,76	116,32	-87,6	-134,7	26,1	-36,3	65,1	0,0	51,2
Jun	15,14	117,35	-102,2	-236,9	13,8	-12,3	27,4	0,0	89,9
Jul	7,08	141,16	-134,1	-370,9	7,3	-6,5	13,6	0,0	127,6
Ago	9,82	163,80	-154,0	-524,9	3,6	-3,7	13,5	0,0	150,3
Set	30,02	190,62	-160,6	-685,5	2,0	-1,6	31,6	0,0	159,0
Out	122,38	177,58	-55,2	-740,7	1,5	-0,5	122,9	0,0	54,7
Nov	219,37	139,04	80,3	0,0	100,0	98,5	139,04	-18,2	0,0
Dez	261,78	139,87	121,9	0,0	100,0	0,0	139,87	121,9	0,0
<b>Ano</b>	<b>1475,1</b>	<b>1710,1</b>				<b>0,0</b>	<b>1067,9</b>	<b>407,3</b>	<b>642,2</b>

**Legenda:** P: Precipitação (mm), ETP: evapotranspiração de referência (mm), ARM: armazenamento (mm), ETR: evapotranspiração real (mm), DEF: deficiência (mm), EXC: excesso (mm).

De acordo com a Tabela 1, é notado que o somatório da evapotranspiração potencial foi de 876,6 mm, onde os meses com os maiores índices são janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro. Esses valores coincidem com os meses de maior precipitação, quando ocorre uma maior disponibilidade de água no ambiente. Com base nos dados temos que há um valor positivo no clima de 306,9mm.

O Gráfico 7 mostra que a evapotranspiração ficou abaixo dos valores de precipitação nos meses em que o volume de água da chuva é grande (janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro). Além disso, a ETR acompanhou a curva de ETP, mostrando que a precipitação foi suficiente para suprir a demanda hídrica do solo e para a contribuição de recarga dos



aquíferos. Essa afirmação pode ser vista também no Gráfico 7 que evidencia o excedente do volume de água do período citado.

Entretanto, a situação oposta também pode ser verificada nos gráficos, onde observa-se uma ETR inferior à ETP principalmente nos meses que são considerados como período seco (abril, maio, junho, junho, agosto e setembro), situação que admite um alerta quanto a disponibilidade de água no solo.

Observa-se que na região em estudo houve déficit hídrico durante quatro meses do ano, entre junho a setembro, e excedentes nos meses entre dezembro a abril, com valores expressivos nos meses de fevereiro e março. Isso reflete um comportamento de balanço hídrico climatológico negativo na estação seca e positiva na estação chuvosa (279,00 mm de déficit para 934,1 mm de excedente), apresentando um balanço total de +655,1 mm. Comparando os resultados encontrados com a classificação realizada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) para todas as regiões do Brasil, na região que compreende o empreendimento, foi classificado como balanço hídrico satisfatório.

Conforme mencionado anteriormente, além do balanço hídrico realizado com os dados de evapotranspiração disponibilizado pela ANA, foi elaborado também um segundo balanço hídrico climatológico utilizando os dados de evapotranspiração alcançados através das equações empíricas dos métodos de Thornthwaite (1948) e Blaney & Criddle (1962) no intuito de comparar os resultados encontrados com o primeiro balanço hídrico.



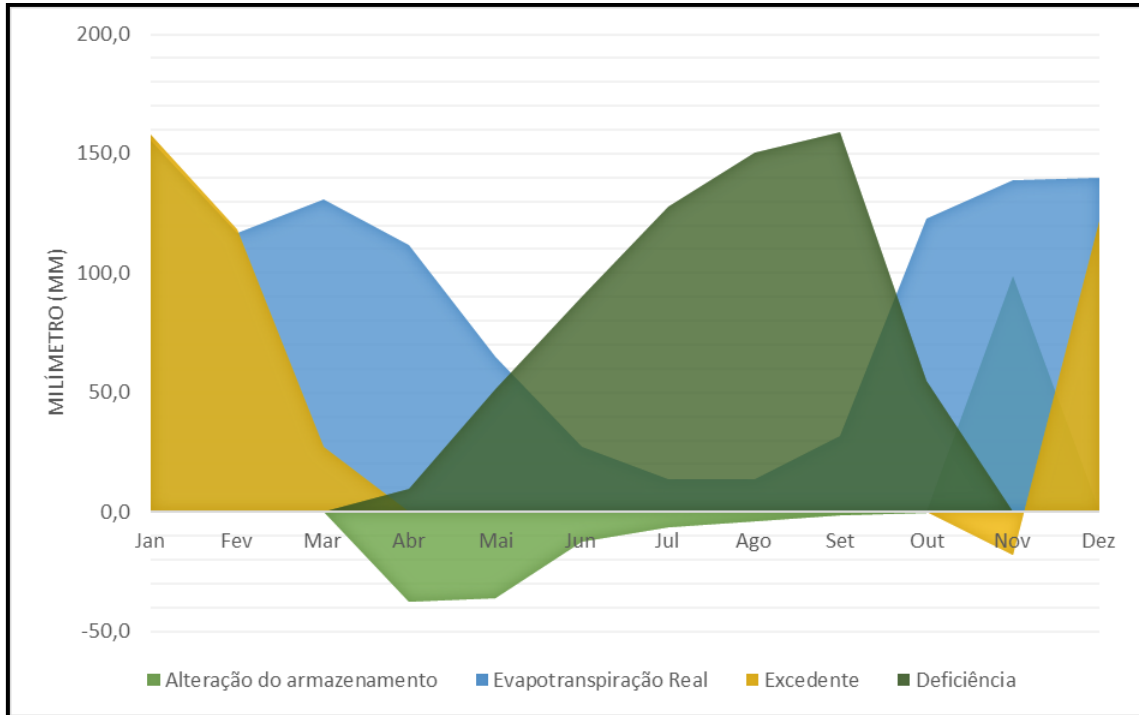


Gráfico 7: Resultados do Balanço hídrico climatológico. Fonte: Geoline Engenharia, 2024.

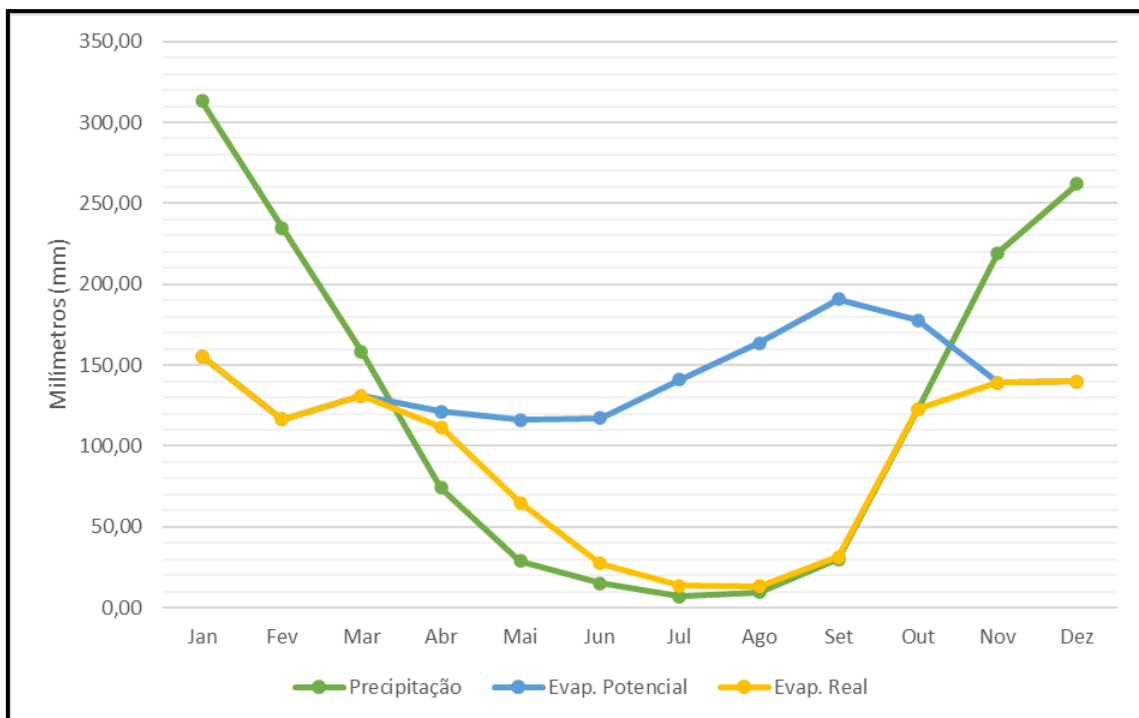


Gráfico 8: Apresentação da relação entre precipitação, evaporação potencial e real.  
 Fonte: Geoline Engenharia, 2024.



## 5 QUALIDADE DO AR

### 5.1 INTRODUÇÃO

A qualidade do ar está intimamente relacionada a concentração dos contaminantes de cargas poluidoras lançadas pelas fontes emissoras e com a capacidade dispersiva do meio, sendo para tanto correlacionadas com as condições meteorológicas proporcionando uma maior ou menor diluição desses contaminantes numa região.

O conceito de poluição do ar refere-se aos fenômenos e substâncias que auxiliam na alteração da composição natural da atmosfera e de seus constituintes tornando-a imprópria, nociva ou inconveniente à saúde, ao bem-estar público, à vida animal e vegetal e, até mesmo, ao estado de conservação de determinados materiais (SEINFELD; PANDIS, 2006).

Tem-se como principais emissores de poluição do ar as atividades industriais e o tráfego de veículos que provocam a emissão de partículas e gases para a atmosfera. A poluição atmosférica acontece devido a inúmeras atividades antropogênicas e naturais e a fenômenos físicos e químicos que colaboram para a degradação da qualidade do ar.

O nível de poluição atmosférica é determinado pela quantidade de substâncias poluentes presentes no ar. A Resolução CONAMA nº 506/2024 considera poluente atmosférico:

*“qualquer matéria que, em quantidade, concentração, tempo ou outras características, possa tornar o ar nocivo à saúde, danoso ao meio ambiente ou prejudicial à segurança”.*

A Resolução CONAMA 506/2024 revoga:

- Os artigos 1º ao 8º, os artigos 12 a 14 e o Anexo I da Resolução Conama nº 491, de 19 de novembro de 2018



- Os itens 2.2.1 e 2.3 da Resolução Conama nº 5, de 15 de junho de 1989

Deste modo, a fim de possibilitar a proteção da saúde humana, tem-se estabelecido limites de critérios científicos para cada tipo de contaminante do ar e regulamentados no Brasil pela Resolução descrita acima.

## 5.2 LEGISLAÇÃO FEDERAL

O Brasil, teve sua primeira regulamentação de controle da poluição do ar com a criação da Portaria do Ministério do Interior, nº 231 de 1976, da qual estabelecia os padrões de qualidade do ar para partículas totais em suspensão, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e oxidantes fotoquímicos. (Ambiente Brasil, 2020).

Com a Lei Federal nº 6938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente foi acrescentado aos poluentes principais a saber: i) fumaça, ii) partículas inaláveis e iii) dióxido de nitrogênio.

Essa norma também estabeleceu padrões primários e secundários de qualidade do ar para exposição a cada um desses poluentes, o que significou um grande avanço para o controle da qualidade do ar.

Tendo em vista que a maioria dos Estados não dispunham de padrões locais de emissão de fontes, observou-se a necessidade da fixação de dispositivos de caráter normativo e do estabelecimento de ações de monitoramento atmosférico.

Assim, visando estabelecer padrões e disciplinar essa matéria de maneira técnica, instituiu-se a Resolução do Conama de nº 05, de 15 de junho de 1989, dando origem ao Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar— PRONAR —Este programa consolidou a orientação e controle da poluição atmosférica no país, envolvendo estratégias de cunho normativo, destaca-se aqui as seguintes medidas: i) estabelecimento de padrões nacionais de qualidade do ar e de emissão na fonte; ii) a implementação de uma política



de prevenção de deterioração da qualidade do ar; iii) a implementação da rede nacional de monitoramento do ar, e iv) o desenvolvimento de inventários de fontes e poluentes atmosféricos prioritários.

Tal Resolução foi mais tarde complementada pelos Padrões Nacionais da Qualidade do Ar, através da Resolução nº 03 de 28/06/1990, que dispunha sobre padrões de qualidade do ar. De forma a aprimorar os métodos de controle de poluição do ar, é determinado limite máximo de concentração de um poluente com o exclusivo objetivo de garantir o bem-estar e a saúde da população.

Considerando que de tempos em tempos se faz necessário visitar as normas técnicas e jurídicas especialmente no que diz respeito ao meio ambiente, em 19 de novembro de 2018 o CONAMA expediu a Resolução 491. Trata-se da norma jurídica vigente que, trata de padrões de qualidade do ar. Em seguida temos as Resolução CONAMA 506/2024 que estabelece os padrões nacionais de qualidade do ar, definindo limites e concentrações aceitáveis para poluentes atmosféricos. A resolução também define as fases de vigência dos padrões, que serão implementados sequencialmente até atingir os valores guia da Organização Mundial da Saúde (OMS).

### **5.3 LEGISLAÇÃO ESTADUAL**

Minas Gerais em 11 de dezembro de 1986, antes da instituição da Resolução do Conama de nº 05/1989, que deu origem Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar, já instituiu a Deliberação Normativa Copam nº 11/1986, que estabelecia normas e padrões para emissões de poluentes na atmosfera e dava outras providências.

Tal Deliberação foi mais tarde revogada integralmente, dando origem a norma jurídica, a Deliberação Normativa COPAM nº 187, de 19 de setembro de 2013, com o objetivo de estabelecer condições e limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas e outras providências.



Atualmente a legislação vigente sobre qualidade do ar em Minas Gerais inclui a Deliberação Normativa COPAM nº 248/2023, que define padrões de qualidade do ar no estado. Esta deliberação revoga a DN COPAM nº 01/1981 e está alinhada com a Resolução CONAMA nº 491/2018.

#### **5.4 POLUENTES ATMOSFÉRICOS**

Os poluentes atmosféricos podem ser classificados em função de seu estado físico, presentes na atmosfera como gases ou vapores dissolvidos, ou também se apresentando nos estados líquido e sólido. Os poluentes podem ser classificados em primários, quando emitidos diretamente por uma fonte de poluição e secundários, quando formados na atmosfera através de reações químicas envolvendo poluentes primários e/ou os constituintes naturais da atmosfera (CETESB, 2000). Também podem ser classificados segundo a classe química a qual pertencem, como poluentes orgânicos e poluentes inorgânicos e são provenientes de basicamente três fontes: fixas (relacionadas a processos industriais e queima de resíduos), móveis (relacionadas ao tráfego de veículos e aeronaves) e as naturais (ASSUNÇÃO, 1998).

Ainda que possa existir diversos poluentes na atmosfera, a determinação da qualidade do ar deve ser, por questões de ordem prática, definida em função de sua importância e dos recursos materiais e humanos disponíveis, limitando-se a um número restrito de poluentes (CETESB, 2000). De maneira geral, o grupo de poluentes conceituados universalmente como indicadores da qualidade do ar é composto por: monóxido de carbono (CO), material particulado (MP<sub>2,5</sub>, MP<sub>10</sub> e PTS), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e ozônio (O<sub>3</sub>). O motivo da escolha desses parâmetros como indicadores de qualidade do ar está relacionado à sua maior frequência de ocorrência e aos efeitos adversos que provocam ao meio ambiente e à saúde humana.

Esses indicadores de qualidade do ar, serão mais bem descritos, a seguir.



### 5.4.1 Ozônio (O<sub>3</sub>)

O ozônio pode ser encontrado na baixa troposfera e na estratosfera. Embora o ozônio na troposfera seja nocivo à saúde e à vegetação, na estratosfera (à 25 km de altitude) o ozônio atua como um filtro, garantindo a perpetuação da vida na Terra e protegendo-a dos raios ultravioletas emitidos pelo Sol (CETESB, 2002). O ozônio é formado na troposfera a partir de reações fotoquímicas que ocorrem mediante a presença de radiação solar.

O ozônio presente na troposfera, ou seja, a porção da atmosfera em contato com a crosta terrestre, é formado por uma série de reações catalisadas pela luz do sol (raios ultravioletas) envolvendo, como precursores, óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e hidrocarbonetos, derivados de fontes de combustão móveis, como os veículos automotivos, de fontes estacionárias, como usinas termoelétricas, e até mesmo fontes naturais como as árvores, que contribuem na produção de compostos orgânicos voláteis.

Os níveis de ozônio aumentam consideravelmente entre o fim da primavera e o começo do outono, em regiões periféricas de grandes centros urbanos, localizadas nas direções em que sopram os ventos. Caracteristicamente, seus níveis de concentração aumentam no meio da manhã, algumas horas após o rush matinal do trânsito (nível máximo de emissão de óxidos de nitrogênio), atingindo seu ápice no meio da tarde e declinando à noite.

Os danos do ozônio na saúde humana podem ocorrer no trato respiratório, devido a sua característica oxidante e citotóxica, a sua dimensão irá depender da concentração e duração da exposição. De uma forma mais aguda, com altas concentrações de ozônio, as alterações são irritações nos olhos e vias respiratórias e diminuição da capacidade pulmonar. Além de provocar a sensação de dor no peito, tosse e chiado na respiração (CETESB, 2000). A exposição crônica, ou seja, ao longo do tempo pode ocasionar



redução na capacidade pulmonar, desenvolvimento de asma e redução na expectativa de vida (BRASIL, 2013).

#### **5.4.2 Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)**

O dióxido de enxofre é um gás incolor como dor marcante. A principal fonte antropogênica de SO<sub>2</sub> é a queima de combustíveis fósseis contendo enxofre para aquecimento doméstico, geração de energia e veículos a motor. Quando o dióxido de enxofre se combina com o vapor de água e outros compostos para formar o ácido sulfúrico e sulfatos se torna uma ameaça para a saúde humana (CAVALCANTI, 2010). Assumindo este formato pode ser responsável pela redução da visibilidade na atmosfera e pela chuva ácida.

Resultado da combustão de elementos fósseis, como carvão e petróleo, têm como fontes principais os automóveis e termoelétricas. A permanência no ar por um período grande de tempo faz com que o SO<sub>2</sub> e seus derivados (aerossóis ácidos) sejam transportados para regiões distantes das fontes primárias de emissão, aumentando a área de atuação desses poluentes.

A maior parte do SO<sub>2</sub> inalado por uma pessoa em repouso é absorvida nas vias aéreas superiores.

#### **5.4.3 Monóxido de Carbono (CO)**

É um gás inodoro, insípido e incolor formado no processo de queima incompleta de combustíveis fósseis. Emitido nos processos de combustão que ocorrem em condições não ideais, em que não há oxigênio suficiente para realizara queima completa do combustível. A maior parte das emissões deste poluente em áreas urbanas é decorrente de veículos automotores (CAVALCANTI, 2010).

O monóxido de carbono apresenta afinidade pela hemoglobina, o que faz com que uma pequena quantidade de CO possa saturar uma grande quantidade de moléculas de hemoglobina, diminuindo a capacidade do



sangue de transportar O<sub>2</sub>. Outro efeito devido ao CO é o desvio da curva de dissociação da hemoglobina para a esquerda levando à diminuição da liberação de O<sub>2</sub> nos tecidos.

#### **5.4.4 Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>)**

O dióxido de nitrogênio é um gás poluente que possui papel importante na formação de oxidantes fotoquímicos como o ozônio (CETESB, 2000b).

Segundo Stern, Boubel e Turner (1984), dependendo das concentrações, o NO<sub>2</sub> pode causar prejuízos à saúde. Quando em altas concentrações na atmosfera pode levar a problemas respiratórios, problemas pulmonares e agravamento à resposta das pessoas sensíveis a alérgenos. Além de efeitos sobre a saúde humana, este poluente apresenta também efeitos sobre as mudanças climáticas globais, podendo levar a formação de smog fotoquímico (impacto direto na formação de ozônio) e de chuva ácida (BRASIL, 2012).

As principais fontes de dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) são os motores dos automóveis. As usinas termoelétricas e indústrias que utilizam combustíveis fósseis contribuem em menor escala.

O NO<sub>2</sub>, quando inalado, atinge as porções mais periféricas do pulmão devido à sua baixa solubilidade. Seu efeito tóxico está relacionado ao fato de ser um agente oxidante.

#### **5.4.5 Material Particulado**

Material particulado, também conhecido como aerossol, é composto por partículas sólidas ou líquidas em suspensão lançadas diretamente como partículas primárias ou formadas na atmosfera por processos de conversão gás-partícula, conhecidas como partículas secundárias (Seinfeld e Pandis, 2006).



Sendo assim, o material particulado na atmosfera pode ser emitido por diversas fontes de emissão e corresponde a um conglomerado de partículas de tamanhos variados, com propriedades físico-químicas diferenciadas e apresentando diferentes graus de toxicidade.

As partículas são classificadas, de modo geral, por suas propriedades aerodinâmicas, uma vez que essas propriedades indicam os processos de transporte e remoção no ar, penetração e deposição no trato respiratório (COLLS, 2002).

#### **5.4.6 Partículas Inaláveis (MP10) e Partículas Respiráveis Finas (MP2,5)**

As partículas inaláveis, consideradas maiores, possuem diâmetro entre 2,5 e 10  $\mu\text{m}$  (fração grossa), são provenientes de processos mecânicos, operações de moagem e ressuspensão de poeira do solo. Já as partículas mais finas, com diâmetro menor que 2,5  $\mu\text{m}$  (fração fina), são emitidas por atividades tais como combustão industrial e residencial e exaustão de veículos automotores. Os efeitos adversos de altas concentrações de material particulado na atmosfera incluem a diminuição da visibilidade e podem estar associados com a corrosão e produção de sujeira em superfícies (edifícios, tecidos e outros materiais) (AZEVEDO, 2010).

A toxicidade do material particulado está fortemente relacionada ao tamanho e a composição química das partículas (MAIOLI, 2011). Segundo a EPA (2012) o tamanho das partículas atmosféricas está diretamente ligado ao seu potencial em causar problemas à saúde.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (World Health Organization -WHO, 2006), dentre os poluentes atmosféricos, o material particulado é o mais associado a efeitos adversos à saúde humana.

#### **5.4.7 Fontes de Emissão de Poluição do Ar**



As fontes de emissão podem ser divididas entre fontes naturais e fontes antrópicas, ou seja, resultantes da ação humana. A poluição por fontes naturais é originada por fenômenos biológicos e geoquímicos. Como exemplo podemos citar a decomposição de vegetais e animais, ressuspensão de poeira do solo pelos ventos, incêndios naturais, dentre outros (SCHEIBLE, 1973).

Já as fontes de poluição antrópica podem ser separadas entre fixas, também conhecidas como fontes estacionárias e móveis, onde as fixas são aquelas que ocupam uma área podendo se dizer limitada, possibilitando uma avaliação direta na fonte. São exemplos de fontes fixas as minerações, produção de energia através de usinas termelétricas, indústria de transformação, construção civil etc. (MMA, 2012).

Em relação as fontes móveis, podemos dizer que são as fontes que se dispersam pela comunidade, não sendo possível a avaliação na base de fonte por fonte. São elas, as emissões veiculares, juntamente com os trens, aviões e embarcações marítimas (ASSUNÇÃO, 1998).

#### **5.4.8 Padrões de Qualidade do Ar**

No século XX diversos países entenderam a necessidade de se estabelecer critérios e parâmetros de qualidade do ar (DANNI-OLIVEIRA, 2008). Neste ponto de vista, foram criadas normas de controle de poluição do ar a serem aplicadas junto às fontes poluentes, por intermédio de instrumentos legais, em âmbito nacional e estadual. No Brasil, a resposta para o monitoramento da poluição atmosférica foi a criação do Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR), criado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente –CONAMA através da Resolução CONAMA N° 05 de 15 de junho de 1989:

“Como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem-estar das populações e melhoria da qualidade de vida com o



objetivo de permitir o desenvolvimento econômico e social do país de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica (BRASIL, 1989)."

O PRONAR tem como estratégia limitar, em escala nacional, os níveis de emissão por tipologia de fonte e poluentes prioritários, reservando o uso de padrões de qualidade do ar como ação complementar de controle. Esses limites são estabelecidos por resoluções do CONAMA.

O primeiro dispositivo legal decorrente do PRONAR foi a Resolução CONAMA Nº 03 de 28 de junho de 1990, que estabeleceu os Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (PNQA). Os padrões de qualidade do ar constituem a tradução legal de limites máximos para a concentração de determinados poluentes considerados prioritários. Tanto a resolução CONAMA Nº 05 de 15 de junho de 1989 quanto resolução CONAMA Nº 03 de 28 de junho de 1990 foram revogadas para Resolução N. 491, DE 19 DE NOVEMBRO DE 2018, que dispõe sobre padrões de qualidade do ar.

Esta determina os limites máximos de concentração para os seguintes poluentes: partículas totais em suspensão, fumaça, material particulado, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio.

#### **5.4.9 Definições**

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

II -Padrão de qualidade do ar: um dos instrumentos de gestão da qualidade do ar, determinado como valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o



meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica;

III -Padrões de qualidade do ar intermediários -PI: padrões estabelecidos como valores temporários a serem cumpridos em etapas;

IV -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 10micrômetros;

V -Material Particulado MP2,5: 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 micrômetros;

VI -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;

VII -Índice de Qualidade do Ar -IQAR: valor utilizado para fins de comunicação e informação à população que relaciona as concentrações dos poluentes monitorados aos possíveis efeitos adversos à saúde.

#### **5.4.10 Qualidade do Ar**

No Projeto Mineração Minerix, ocorrerá a geração de materiais particulados nas etapas de implantação, operação e desativação do empreendimento. Justificado pela necessidade de abertura de vias, abertura de cava, bem como o transporte do minério e trânsito de máquinas.

A área do projeto Mineração Minerix atualmente se encontra sem atividade extra pesquisa de implantação, toda via as áreas circundantes já são estabelecidas cavas e empreendimentos de atividade antrópica, gerando assim alteração no material particulado em suspensão, visto que tais cavas



supracitadas estão locadas dentro da mesma sub-bacia da área algo para este estudo.

A inatividade inicial pelo empreendimento Mineração Minerix, torna desnecessário a avaliação inicial de back off, contudo é importante deixar evidente que este será um impacto cumulativo a partir do desenvolvimento das fases de implantação.



## 6 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Segundo o IPEA (2019) Mudança climática é uma mudança atribuída direta ou indiretamente à atividade humana que altere a composição da atmosfera global e que seja adicional à variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis de tempo. A mudança do clima, como mencionada no registro observacional do clima, ocorre por causa de mudanças internas dentro do sistema climático ou na interação de seus componentes, ou por causa de mudanças no forçamento externo por razões naturais, ou ainda devido às atividades humanas.

As mudanças climáticas representam um dos maiores desafios ambientais contemporâneos, com consequências amplas e complexas para os ecossistemas naturais, a biodiversidade e as populações humanas. O aquecimento global, impulsionado pela intensificação do efeito estufa devido ao aumento das emissões de gases como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e o metano (CH<sub>4</sub>), tem provocado alterações significativas no clima global. Essas mudanças incluem o aumento das temperaturas médias, elevação do nível do mar, derretimento das calotas polares e alterações nos padrões de precipitação (IPCC, 2021).

As projeções climáticas indicam que, se as emissões de gases de efeito estufa continuarem no ritmo atual, a temperatura média global poderá aumentar entre 1,5°C e 2°C até o final do século XXI, em comparação com os níveis pré-industriais. Esse cenário teria impactos devastadores, como o aumento da frequência e intensidade de eventos extremos, incluindo ondas de calor, secas, tempestades e enchentes (IPCC, 2021).

Portanto, é essencial que as políticas públicas e os projetos de desenvolvimento considerem as mudanças climáticas em seus planejamentos, implementando medidas de mitigação e adaptação para reduzir os impactos negativos e aumentar a resiliência das populações e dos



ecossistemas. Dito isto, deve-se tratar considerar nos próximos itens como responsabilidade e projeção de projeto pensando em minimizar tais impactos.

## 6.1 LEGISLAÇÃO

A *priori*, é importante destacar que mudança climática, segundo a definição da Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC é a

*“mudança de clima que possa ser direta ou indiretamente atribuída à atividade humana que altere a composição da atmosfera mundial e que se some àquela provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis”.*

Tais mudanças dizem respeito às alterações significativas dos elementos climáticos (temperatura, umidade relativa, pluviosidade etc.) de um determinado local considerando um grande período (décadas e séculos). O IPCC (2007) por sua vez, associa as mudanças climáticas a quaisquer mudanças no clima ao longo dos anos, relacionadas a variabilidade natural do clima ou como resultado de ações humanas (IPCC, 2017). Ademais, a PNMC aborda o relevante conceito de vulnerabilidade, que consiste no:

*“...grau de suscetibilidade e incapacidade de um sistema, em função de sua sensibilidade, capacidade de adaptação, e do caráter, magnitude e taxa de mudança e variação do clima a que está exposto, de lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, entre os quais a variabilidade climática e os eventos extremos.”*

Desta forma, é seguro dizer que a vulnerabilidade climática é o resultado da confluência da sensibilidade que o ambiente tem de ser afetado positiva ou negativamente pelas mudanças climáticas, do grau de exposição ao qual o sistema está exposto a estas mudanças e a capacidade que este sistema tem de se adaptar às novas condições climáticas.



## 6.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DE ÁREA DE ESTUDO REGIONAL

O diagnóstico ambiental referente este item, foi realizado com base no “Estudo de Vulnerabilidade Regional às Mudanças Climáticas de Minas Gerais” desenvolvido pela Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM em parceria com a EnviroConsult e EcoRessources, cujo produto abrange a avaliação da vulnerabilidade do estado de Minas Gerais às mudanças climáticas apoiado na análise integrada dos possíveis impactos gerados por estas alterações.

O estudo de vulnerabilidade regional às mudanças climáticas do Estado de Minas Gerais foi elaborado com base na definição de vulnerabilidade sugerida pelo IPCC em 2007 e nos principais fatores que permitem avaliar o grau de exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação de um território às mudanças climáticas (FEAM, 2014).

### 6.2.1 Sensibilidade às Mudanças Climáticas

Os fatores avaliados no âmbito do estudo de vulnerabilidade, que afetam significativamente a sensibilidade que um determinado local possui em relação as mudanças climáticas, são:

PIB	Serviços de tratamento de esgoto
Renda per capita	Qualidade ambiental
Dependência econômica à agricultura e pecuária	Risco ambiental
Dependência econômica da silvicultura	Disponibilidade hídrica
Dependência econômica do turismo	Pressão sobre os recursos hídricos
Dependência econômica da mineração	Ocorrência de seca e estiagens
Dependência energética das fontes sensíveis ao clima	Ocorrência de chuvas intensas
Condições precárias das infraestruturas rodoviárias	Ocorrência de inundações
População/Pressão demográfica	Ocorrência de deslizamentos de terreno
Dinâmica migratória	Áreas suscetíveis à desertificação
Alta urbanização	Biomass
Condições de educação	Vegetação nativa
Condições de saúde	

A sensibilidade climática de uma área pode ser influenciada por aspectos biofísicos, como vegetação, tipo de solo, relevo e hidrografia. Por exemplo,



áreas com solos pobres e vegetação escassa, como regiões semiáridas, geralmente são mais vulneráveis a mudanças climáticas, especialmente a aumentos na temperatura e redução na precipitação (IPCC, 2014). Por outro lado, ecossistemas florestais podem possuir maior capacidade de adaptação devido à sua biodiversidade e estrutura complexa, que promovem uma resiliência intrínseca a eventos climáticos extremos, como secas ou tempestades (Locatelli et al., 2015).

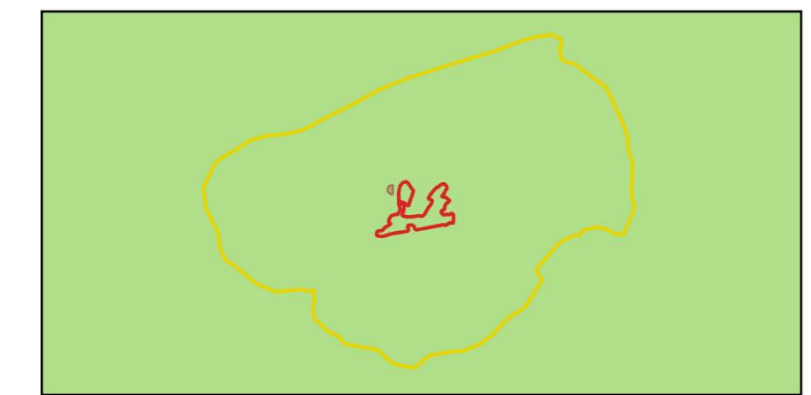
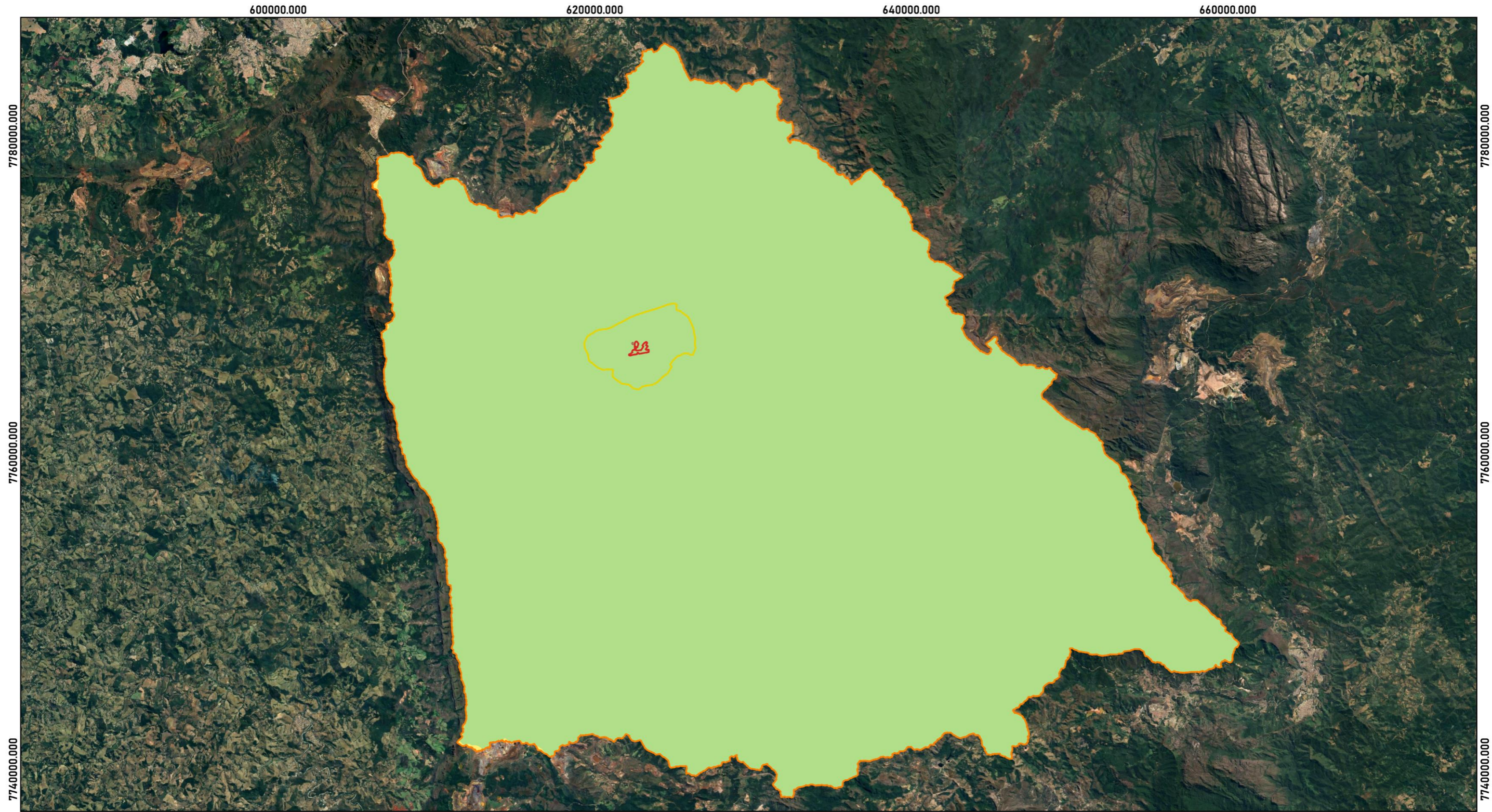
A sensibilidade também é influenciada pela capacidade de adaptação das populações locais, que depende de fatores como infraestrutura, recursos financeiros, educação e políticas de gerenciamento ambiental (Smit & Wandel, 2006). Regiões com baixa capacidade adaptativa, como comunidades rurais e populações marginalizadas, tendem a ser mais afetadas por mudanças climáticas, principalmente em países em desenvolvimento (Adger, 2003). Isso ocorre porque a falta de recursos limita a implementação de tecnologias e práticas adaptativas, como a irrigação sustentável e o manejo adequado de culturas agrícolas.

No Mapa 3, é notório que a grande maior cobertura do terreno da AER se trata de uma área onde a sensibilidade é moderada a mudanças no clima, isso pode se relacionar ao relevo e vegetação presente.

Tabela 2: Área em níveis de sensibilidade a mudanças climáticas dentro a AER. Fonte: FEAM, 2024.

Nível de Sensibilidade	Área (ha)
Alta	104,76
Moderada	154466,98





**LEGENDA**

**ÁREAS DE ESTUDO**

	Área de Estudo Regional - AER		Alta
	ADA Licenciada - Processo 13880/2023		Moderada
	Área Diretamente Afetada - ADA		
	Área de Estudo Local - AEL		


**Nível de Sensibilidade**

Sistema de projeção: UTM  
DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

0 7,5 15 km

ESCALA: 1:230.000



	Projeto:	<b>MINERIX MINERAÇÃO</b>
	Título:	<b>SENSIBILIDADE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS</b>
Elaboração:	Geoline Engenharia	Data: 21/11/2024
		Formato: A3
		Revisão: R 00

## 6.2.2 Adaptação às mudanças climáticas

“Adaptação à mudança do clima relaciona-se ao processo de ajuste de sistemas naturais e humanos ao comportamento do clima no presente e no futuro. Em sistemas humanos, a adaptação procura reduzir e evitar danos potenciais; ou explorar oportunidades benéficas advindas da mudança do clima. Em sistemas naturais, a intervenção humana busca apoiar o ajuste destes sistemas ao clima atual e futuro e seus efeitos” (IPCC, 2014).

Para se avaliar a capacidade de adaptação às mudanças climáticas houve a interseção dos resultados do Zoneamento Ecológico Econômico sobre a potencialidade institucional dos municípios com os resultados municipais do Índice de Desenvolvimento Humano. O Mapa 4 de adaptação às mudanças climáticas das áreas de estudos, disposto a seguir, mostra a disposição por município, no que reflete ao entorno da área de estudo e nicho climático.

Tabela 3: Áreas em diferentes níveis de adaptação as mudanças climáticas na ERA.

Nível de Adaptação	Área (ha)
Extrema	19907,20
Muito Alta	71919,92
Alta	62732,27
Moderada	12,33

Fonte: FEAM, 2024.

Pode-se concluir a partir dos dados, que o entorno imediato da ADA tem alta e extrema capacidade de adaptação às mudanças climáticas.



600000.000

620000.000

640000.000

660000.000

7780000.000

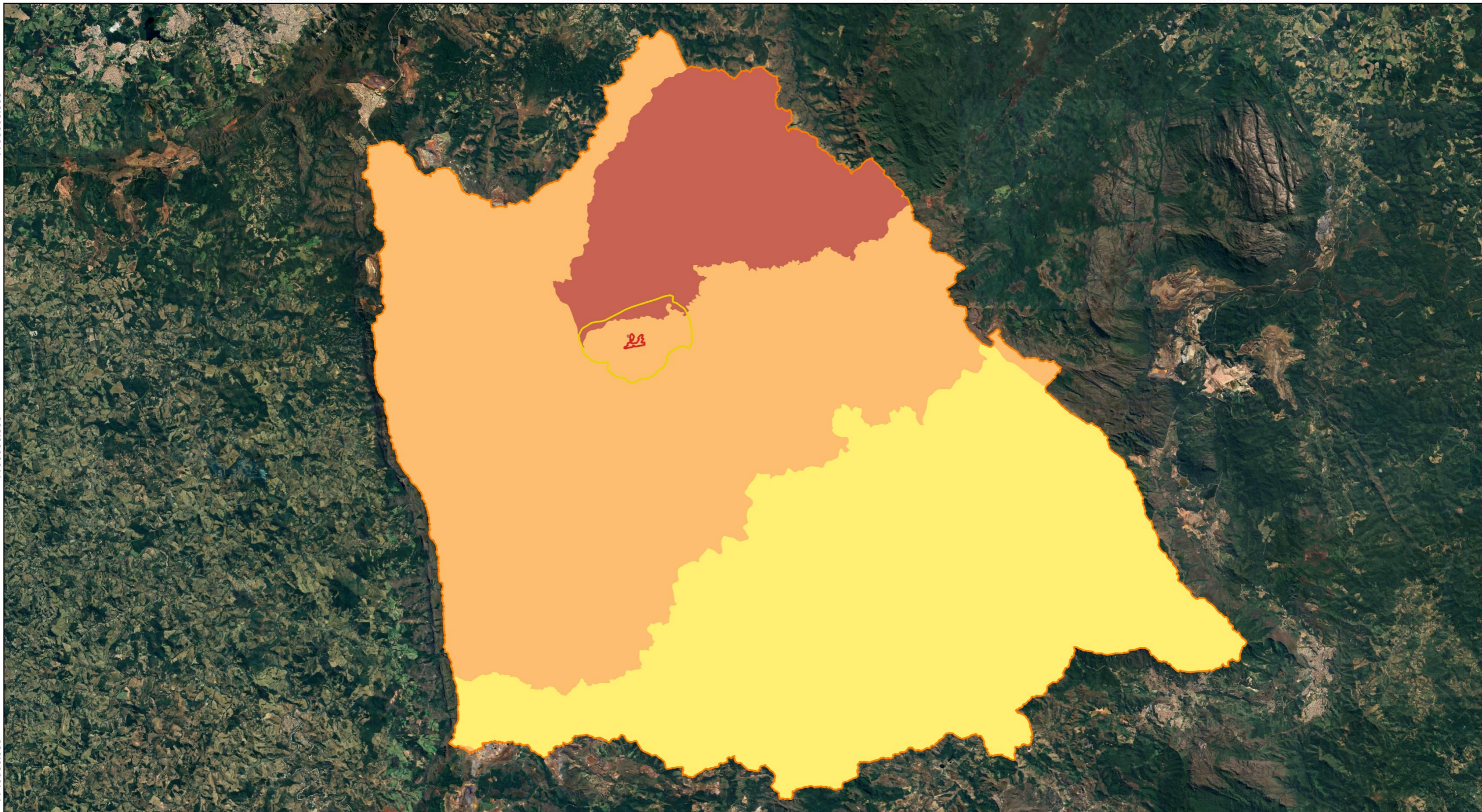
7780000.000

7760000.000

7760000.000

7740000.000

7740000.000

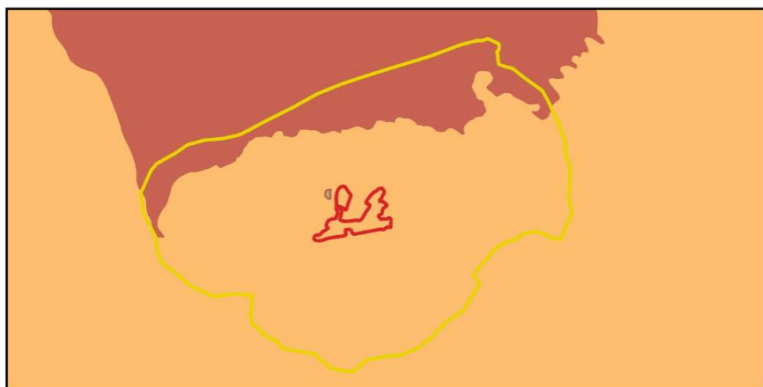


600000.000

620000.000

640000.000

660000.000



**LEGENDA**

**ÁREAS DE ESTUDO**

- Área de Estudo Regional - AER
- Área Diretamente Afetada - ADA
- Área de Estudo Local - AEL
- ADA Licenciada - Processo 13880/2023

**Capacidade de Adaptação**

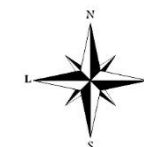
- Extrema
- Muito alta
- Alta
- Moderada

Sistema de projeção: UTM  
DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

0 7,5 15 km



ESCALA: 1:230.000



Fonte de dados:  
Geoline (2024), FEAM (2024)



Projeto: **MINERIX MINERAÇÃO**

Título: **CAPACIDADE DE ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Elaboração: **Geoline Engenharia**

Data: **21/11/2024**

Formato: **A3**

Revisão: **R 00**

## 7 RUÍDO AMBIENTAL

### 7.1 INTRODUÇÃO

Ruídos se trata de sons ou conjuntos de sons, que frequentemente são desagradáveis à audição humana e aos demais seres vivos. Conforme a natureza de exposição aos ruídos, estes podem acarretar na danificação ou a perda da audição, a partir de sua exposição prolongada.

Segundo a OMS um ruído a partir de 55 dB (decibéis, unidade de medida para nível de som) já é suficiente para a ocorrência de estresse de um organismo, enquanto ruídos de 100 dB podem ocasionar na perda de audição (WHO, 2011).

Os ruídos excessivos podem prejudicar gravemente a saúde humana, interferindo em atividades diárias como o trabalho, causando problemas cardiovasculares e psicológicos, e seu comportamento social (WHO, 2012).

No âmbito relacionado a mineração, do qual este documento se trata. Serão utilizadas as seguintes legislações para o desenvolvimento do estudo.

### 7.2 LEGISLAÇÃO FEDERAL

#### **Resolução CONAMA nº 1, de 08 de março de 1990.**

Estabelece padrões para a emissão de ruídos no território nacional; dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política.

#### **Resolução CONAMA nº 397, de 03 de abril de 2008.**

Altera o inciso II do §4º e a Tabela X do § 5º, ambos do art. 34 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA nº 357, de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem



como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

### **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011.**

Disciplina condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos d'água receptores, em redes coletoras e em emissários submarinos. Obriga ao automonitoramento dos efluentes gerados e à apresentação anual da Declaração de Carga Poluidora. Altera a Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.

Quadro 2: Relação dos limites sonoros.

Tipos de áreas habitadas	RQLAeq Limites de níveis de pressão sonora (dB)	
	Diurno	Noturno
Áreas de residência 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 administrativas	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.

### **Âmbito Estadual**

Lei nº 10.100, de 17 de janeiro de 1990, que dá nova redação ao artigo 2º, da Lei nº 7.302, de 21 de julho de 1978.

Dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora no Estado de Minas Gerais.



### 7.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para este estudo, foram utilizados dados primários constituindo na caracterização acústica da região de interesse, realizado por meio de medições dos níveis acústicos. Tal medição foi efetuada pela empresa GHG SOLUCOES AMBIENTAIS EIRELI. A localização dos pontos de monitoramento foi determinada de forma a obter representatividade nos dados amostrais, para a adjacência direta do empreendimento, levando em conta a distância do empreendimento e a topografia.

Para tanto, utilizou-se como parâmetro para as medições, os procedimentos contidos nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 10151:2019 Versão Corrigida: 2020 - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas e a ABNT NBR ISSO/IEC 17025: 2017 -Requisitos para competência de laboratórios de ensaio e calibração.

Lei Estadual 10.100/90 - Dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora no estado de Minas Gerais.

Os relatórios com os respectivos resultados, informa que foram utilizados os seguintes equipamentos:

Tabela 4 - Relação de equipamentos utilizados na medição de ruídos.

Equipamentos Utilizados				
Equipamentos	Código	Número de Série	Marca	Modelo
MICROFONE	n/a	n/a	AWA	14421
SONOMETRO	SN01	35.000.041	Criffer	Octava Plus
CALIBRADOR ACÚSTICO	CL01	CR200039	Criffer	CR2

Fonte: GHG SOLUCOES AMBIENTAIS, 2024.

Com relação as condições climáticas no dia da realização dos trabalhos têm-se no Tabela 12.



Tabela 5: Condições climáticas na data de realização do monitoramento do ruído.

Data	Temperatura Média	Umidade Relativa	Velocidade Média dos Ventos
28/08/2023	29°C	56,1%	0,7 m/s

Fonte: GHG SOLUCOES AMBIENTAIS, 2024.

Estipulou-se que a duração da medição por ponto seria de 3 minutos (3 medições de 1 minuto), pois este seria um intervalo suficiente para a estabilização e representatividade do fenômeno sonoro.

Cada ponto foi medido de modo a se determinar o nível de pressão sonora residual (visto que o empreendimento ainda não foi instalado).

As medições foram efetuadas utilizando-se sonômetro, cuja faixa de medição vai de 30 a 130 dB, provido de barra vento, escala de compensação A portanto, os valores obtidos são os níveis de pressão sonora contínuos equivalentes ponderados em A), circuito de resposta Fast.

Como se tratavam de medições em ambientes externos, o microfone do sonômetro foi à altura de 1,20m do solo, obedecendo à distância mínima de 2,0m de objetos que possam refletir as ondas sonoras.



622200.000

622800.000

623400.000

624000.000

624600.000

7767000.000

7767000.000

7766400.000

7766400.000



622200.000

622800.000

623400.000

624000.000

624600.000

**LEGENDA**

- Área Diretamente Afetada - ADA
- ADA Licenciada - Processo 13880/2023

**PONTOS DE COLETA DE DADOS**

- P 02
- P 01

Sistema de projeção: UTM  
DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

0 250 500 m



Fonte de dados:  
Geoline (2024), IDE-Sisema

ESCALA: 1:7.500



Projeto: **MINERIX MINERAÇÃO**  
 Título: **MAPA DE PONTOS DE MONITORAMENTO DE RUÍDO**

Elaboração: **Geoline Engenharia**

Data: **21/11/2024**

Formato: **A3**

Revisão: **R 01**

## 7.4 IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

Conforme mencionado anteriormente foram determinados 2 pontos para medição do ruído para a caracterização dos níveis vigentes na região do Projeto Minerix Mineração apresentados nas figuras a seguir.



Figura 4: Ponto de amostragem 01. Fonte: GHG Ambiental.



Figura 5: Ponto de amostragem 02. Fonte: GHG Ambiental.



## 7.5 RESULTADOS

### ➤ Ponto 01 – Dentro dos limites da Área Diretamente Afetada

Pode-se observar que no ponto 01 os valores de ruído diurno atingiram 36,7 dB estando abaixo dos níveis permitidos de acordo com a Lei nº 10.100:1990 e ABNT 10.151:2020 (Tabela 6).

Tabela 6: Resultados obtidos no monitoramento de ruído para o Ponto 01.

PONTOS	Limite Máximo dBA - DIURNO	Data da medição	Hora da medição	Níveis de pressão sonora medidos		Níveis de pressão sonora calculados - 2
				$L_{Aeq,T,total}$	$L_{Aeq,T,residual}$	$L_{Aeq,T,esp.}$
				(dB)	(dB)	(dB)
1	70	22/08/2023	11:04	36,7	35,6	35,6

Fonte: Lei nº 10.100:1990 e ABNT 10.151:2020.

### ➤ Ponto 02 – Fora dos Limites da Área Diretamente Afetada

No ponto 02 o valor obtido de ruído diurno foi de 30,5 dB, também inferior aos níveis de referência estabelecidos pela Lei nº 10.100:1990 e ABNT 10.151:2020.

Tabela 7: Resultados obtidos no monitoramento de ruído para o Ponto 02.

PONTOS	Limite Máximo dBA - DIURNO	Data da medição	Hora da medição	Níveis de pressão sonora medidos		Níveis de pressão sonora calculados - 2
				$L_{Aeq,T,total}$	$L_{Aeq,T,residual}$	$L_{Aeq,T,esp.}$
				(dB)	(dB)	(dB)
2	70	22/08/2023	11:37	30,5	30,1	30,1

Fonte: Lei nº 10.100:1990 e ABNT 10.151:2020.



## 7.6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No segundo semestre de 2023 foi realizada a análise de monitoramento Ruídos para avaliar os níveis de pressão sonora (ruído), através de levantamento acústico na área de estudo do Projeto Minerix Mineração, localizada em Itabirito, por meio de dois pontos de coleta. Estes pontos estão identificados e localizados:

- **PONTO 1** - (Coordenadas: 20271466/43455547)
- **PONTO 2** - (Coordenadas: 20273888/43451752)

Atividades de mineração podem gerar ruídos devido as particularidades das operações e o excesso de veículos de grande porte na circulação do entorno. Como o empreendimento ainda não foi instalado, estando ainda em fase de estudos, planejamento e licenciamento, os resultados apontam para a análise dos níveis de ruído da área de estudo sem a interferência do Projeto Minerix Mineração. Tais resultados subsidiarão análises futuras comparativas que permitirão avaliar o possível impacto do empreendimento em relação à pressão sonora e basear as medidas mitigadoras e de controle.

Apesar das ocupações antrópicas do entorno, inclusive com a presença de empreendimentos minerários já consolidados, os níveis de ruídos se apresentaram dentro da especificação da legislação vigente para esse fim.



## 8 GEOLOGIA

### 8.1 GEOLOGIA REGIONAL

#### 8.1.1 Evolução tecno-estrutural

A área do projeto Mineração Minerix encontra-se no contexto estrutural do Cráton São Francisco, que se trata de uma entidade geológica, abrange principalmente os estados de Minas Gerais e Bahia, graças a sua enorme área próxima de 650.000 km<sup>2</sup> (Figura 6). Sua estrutura encontra-se em estabilidade tectôno-reológica desde seu estabelecimento no arqueano (idades superiores a 3,0 Ga). Este é delimitado por Almeida (1977) pelas unidades afetadas pela orogênese Brasileira, sendo estas: Faixa Brasília (oeste), Faixa Araxá-Canastra (sudoeste), Faixa Ribeira (sul-sudeste), Riacho Pontal e Rio Preto (noroeste) e sergipana (nordeste).

Mais especificamente a área de estudo está regionalmente no contexto do Quadrilátero Ferrífero (QF), que apresenta estrutura metalogenética de idade arqueana que se localiza no limite sul do Cráton São Francisco (

Figura 7).



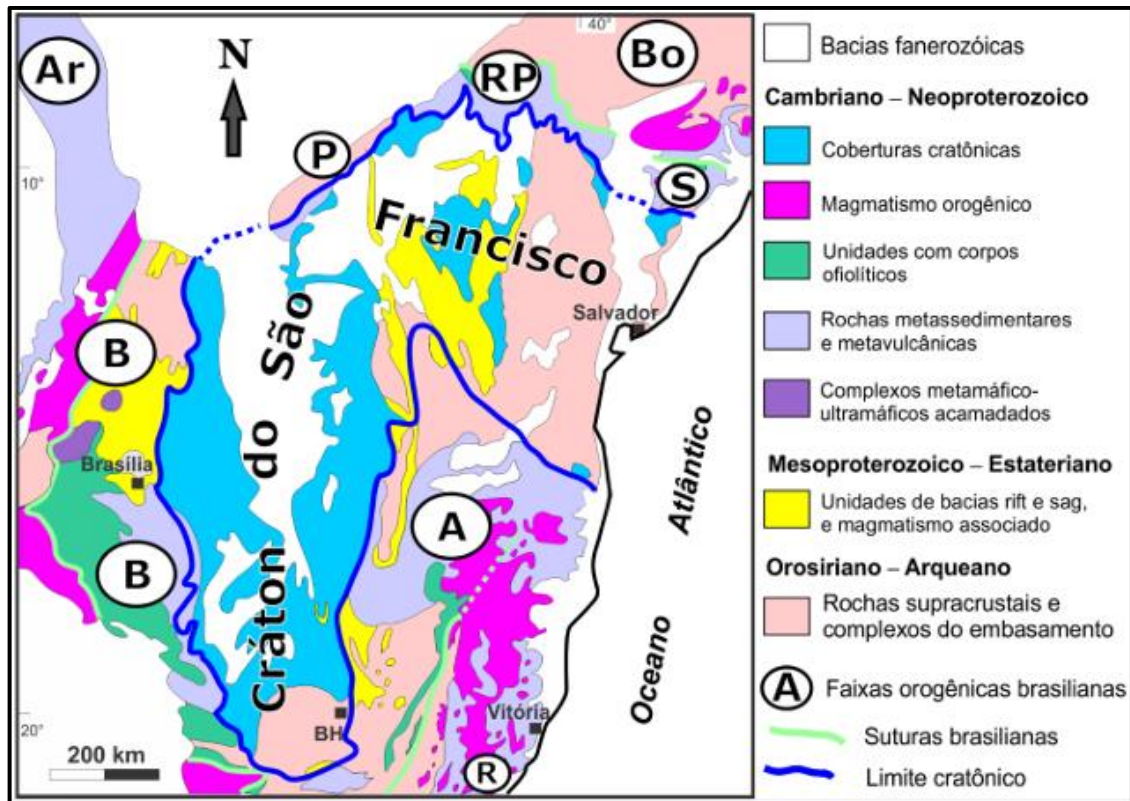


Figura 6: Mapa do Cráton São Francisco e as faixas brasileiras. As faixas orogênicas brasileiras são: A, Araçuaí; Ar, Araguaia; B, Brasília; Bo, Borborema; P, Rio Preto; R, Ribeira; RP, Riacho do Pontal; S, Sergipana. Fonte: Cordani (2020).

Devido a enorme complexidade da evolução e estruturação do QF, diversos autores propuseram modelos e teorias relacionadas a esta evolução. No qual desde a síntese proposta por Door (1969) fez com que os estudos estruturais tenham sido cada vez mais alavancados e detalhados. Este estudo geológico será baseado no modelo de evolução proposto por Marshak & Alkmim (1989), Alkmim & Marshak (1998) e Alkmim & Noce (2006).

Para os autores citados acima, o (QF) é considerado uma província geológica estrutural demarcada por “domos e quilhas”. Nas quais os domos se referem ao embasamento arqueano cristalino, compostas por rochas granito-gnáissicas e migmatitos (Complexo Bação, Complexo Bonfim, Complexo Caeté, entre demais). Já as quilhas circundam esse embasamento, são compostas pelas Rochas dos Supergrupos Rio das Velhas (Neoarqueano) e



Minas (Paleoproterozoico), nos quais estão incluídas as megadobras sinclinais (e.g. Sinclinal Moeda, Sinclinal Dom Bosco) do QF e o Homoclinal Serra do Cipó.

Mais que este padrão delimitado de estruturas principais, Alkmim & Marshak (1998) identificaram outros conjuntos de estruturas no QF como: estruturas de direção NE-SW (Sinclinal Gandarela), anticlinal Conceição, Homoclinal Serra do Curral, Sinclinal Itabira); sistema de cavalgamentos direcionados para N-S e vergência para oeste. Na

Figura 7 a seguir encontra-se o mapa geológico do QF.



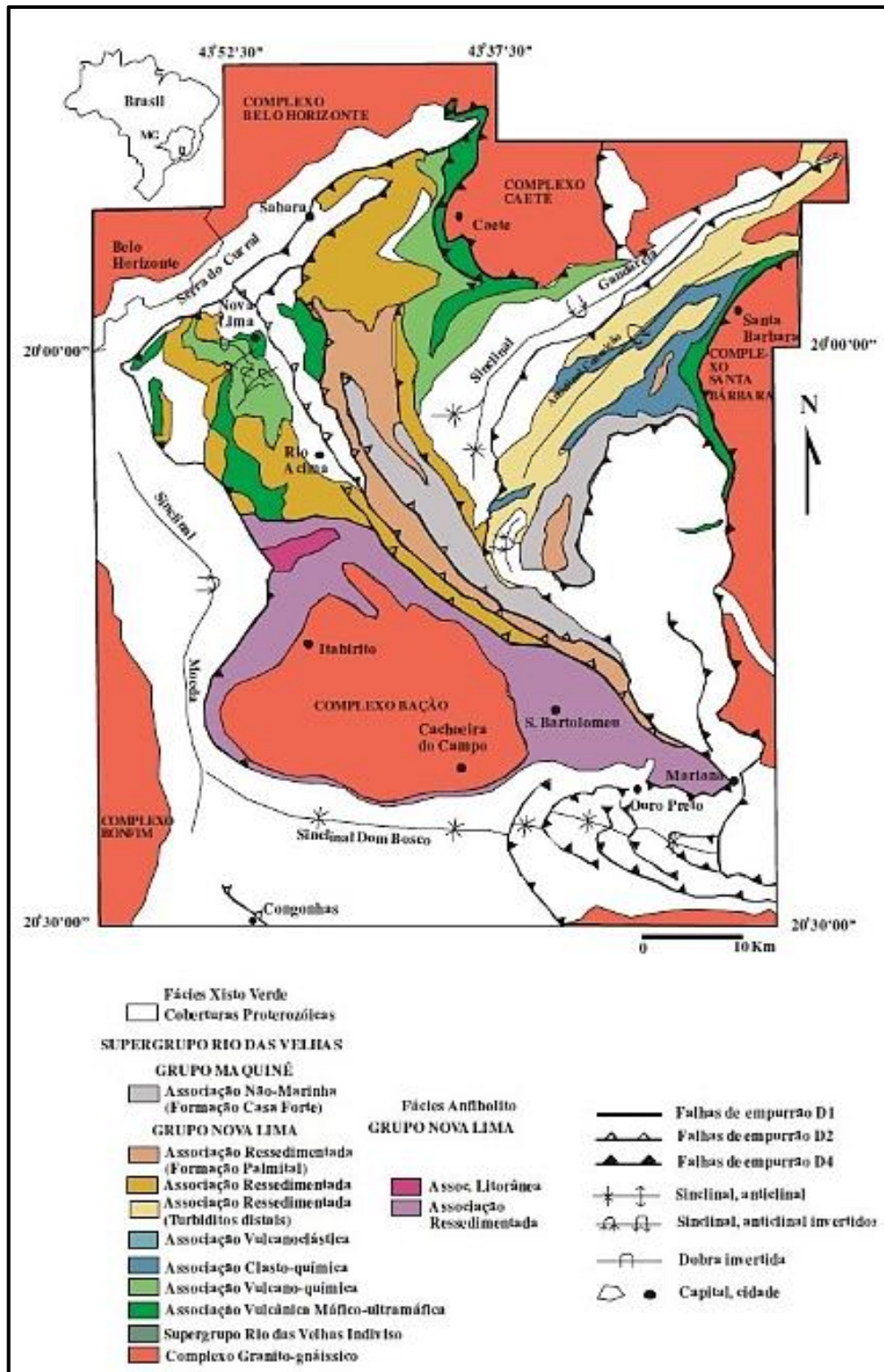


Figura 7: Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero com as associações de litofácies do Supergrupo Rio das Velhas. Fonte: modificado de Baltazar & Zucchetti, 2005, *apud* Baltazar *et al.* 2005.



Alkmim & Marshak (1998) desenvolveram uma síntese de desenvolvimento tectono-estrutural do QF em etapas.

- **1º:** Conforme Alkmim & Marshak (1998) as rochas cristalinas da região do QF, podem apresentar idades próximas a 3,2 Ga. Estas rochas foram o embasamento nas quais as rochas do Supergrupo Rio das Velhas foram estabelecidas, em um provável contexto geotectônico de colisão de placas. A ação plutônica junto as rochas supracrustais do Supergrupo Rio das Velhas teria gerado um granito-*greenstonebelt*, na qual as quilhas circundaram os domos graníticos por volta de 2,6 Ga.
- **2º:** No período entre 2,4 a 2,6 Ga as regiões que estão a leste e sudeste do QF, evoluíram para uma bacia de margem passiva. Desta forma a região do QF se transfigurou uma área de plataforma continental desta bacia.
- **3º:** A partir de 2,1 Ga, a área do QF evoluiu para uma bacia de antepaís, que se associou a um cinturão de dobras e cavalgamentos com vergência para noroeste, que resultou em desenvolvimentos de cavalgamentos, zonas de cisalhamento, e dobramentos de escala regional, assim como secundários. O desenvolvimento da orogenia transamazônica sucedeu em seguida a deposição do Grupo Sabará, ressaltando que este evento magmático-tectônico não gerou uma foliação forte nas rochas.
- **4º:** A partir de 2.095 Ga houve uma deformação do tipo extensiva de escala regional, gerou uma estruturação nova no QF em “domo e quilha” sincronicamente reativando e truncando a estrutura em “domo e quilha” arqueana. Rochas supracrustais se aprofundaram gerando novas quilhas entre os domos do embasamento cristalino. Esse vento foi tido como à fase de colapso extensional do orógeno transamazônico.



- **5°:** Houve o evento de rifteamento Espinhaço em uma porção a nordeste do QF, correspondido por intrusão de diques diabásicos no QF, que teria ocorrido em 1,75 Ga.
- **6°:** O Evento deformacional do Brasileiro ocorrido entre 0,7 a 0,45 Ga, formou um cinturão de cavalgamentos de vergência oeste que resultou na reativação e em truncamento das estruturas mais antigas do QF, esta que teria levado à organização final de Gondwana. Além de que o evento Brasileiro, também haveria reativado zonas de cisalhamento pré-existentes e principais contatos em falhamentos inversos, com vergência para oeste.

### **8.1.2 Litoestratigrafia Regional**

O Quadrilátero Ferrífero (QF) trata-se de uma estrutura geológica de aproximadamente 7.000 km<sup>2</sup> localizada ao extremo sul do Cráton São Francisco, reconhecida internacionalmente por seus abundantes recursos minerais, principalmente pelas suas jazidas de minério de ferro. O QF se trata de uma entidade geológica extremamente complexa, devido a sua composição e histórico de evolução, este encontra-se dividido em várias unidades litoestratigráficas que o compõe (Tabela 8).



Tabela 8: Coluna litoestratigráfica do Quadrilátero Ferrífero.

Coluna Estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero				
Éon	Era	Supergrupo/ Complexos Metamórficos	Grupo	Formação
Proterozoico	Paleoproterzoico	Estrada Real	Itacolomi	Pico do Itacolomi
				Florália
			Sabará	Catarina Mendes
				Saramenha
		Córrego do Germano		
		Minas	Piracicaba	Barreiro
				Toboões
				Fecho do Funil
				Cercadinho
			Itabira	Gandarela
				Cauê
			Caraça	Batatal
				Moeda
		Tamanduá	Morro Grande	
Cambotas				
Arqueano	Neoarqueano	Rio das Velhas	Maquiné	Casa Forte
	Mesoarqueano			Palmital
			Nova Lima	
			Quebra Osso	
			Bonfim, Belo Horizonte, Baçã, Guanhões, Caeté, Santa Bárbara	

Fonte Modificado de Endo et al. (2019).

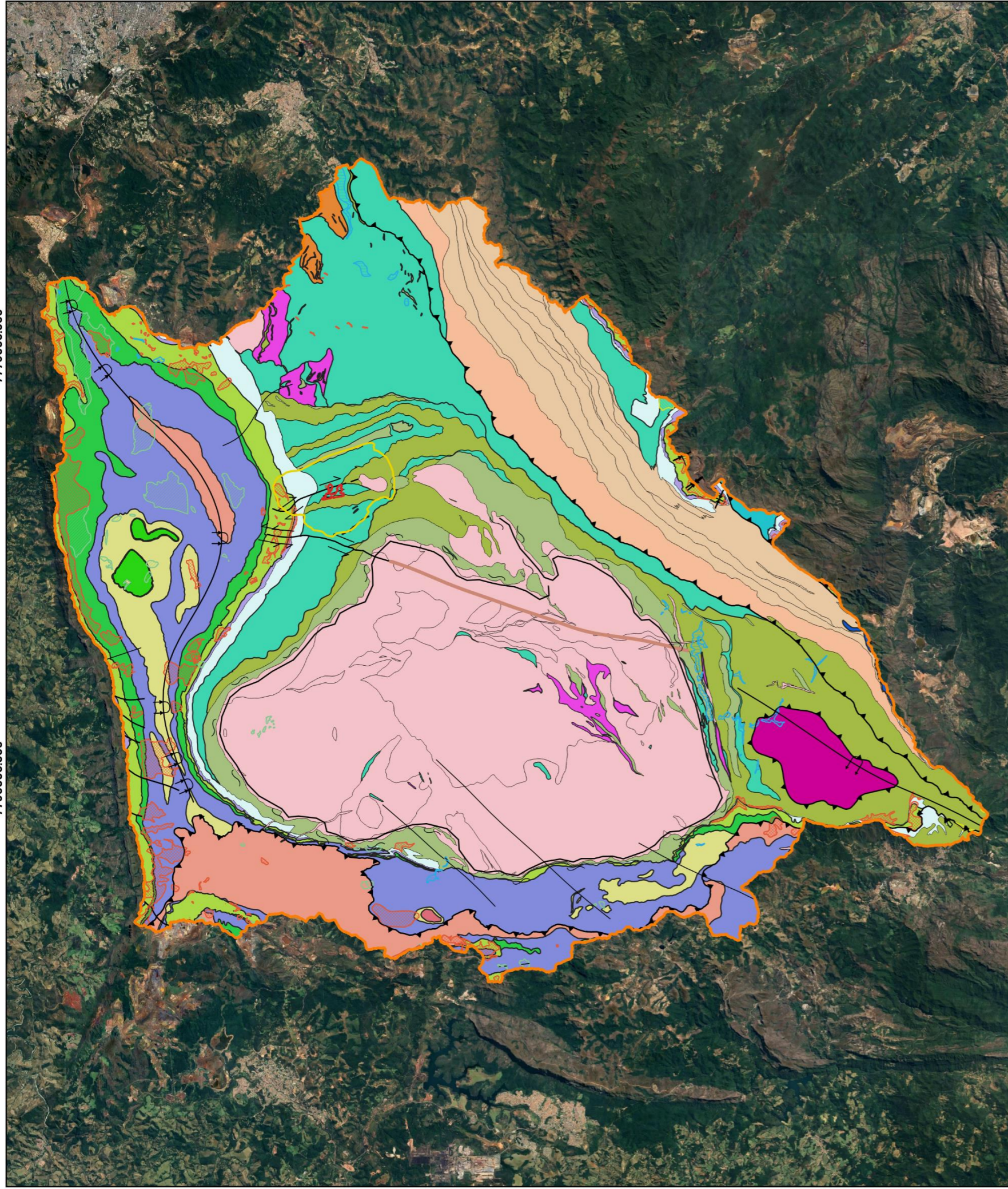


625000.000

650000.000

7775000.000

7750000.000



625000.000

650000.000

**LEGENDA**

- Área de Estudo Regional - AER
- Área de Estudo local - AEL

**GEOLOGIA**

**Coberturas**

- Canga
- Depósitos aluvionares
- Depósitos coluvionares e eluvionares
- Depósitos terrígenos

**Estruturas**

- Alinhamento magnético
- Contato
- Eixo da Anticlinal
- Eixo do Sinclinal
- Falha de empurrão
- Falha indiscriminada
- Falha transcorrente dextral
- Falha transcorrente sinistral
- Lineamento
- Traço axial do Sinclinal
- Zona de cisalhamento

**Litologia**

- Barreiro
- Batatal
- Cambotas
- Casa Forte
- Catarina Mendes
- Cauê
- Cercadinho
- Fecho do Funil
- Gandarela
- Indiviso
- Moeda
- Não se aplica
- Palmital
- Saramenha
- Serra do Coqueiro
- Taboões
- Unidade Máfica-Ultramáfica, Félsica e Intrusiva
- Unidade Metassedimentar Química / Pelítica
- Unidade Ressedimentada Clástica
- Unidade Vulcanoclástica

Sistema de projeção: UTM  
DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

0 5 10 km



Fonte de dados:  
Geoline (2024), UFOP(2019)

ESCALA: 1:250.000



Projeto: **MINERIX MINERAÇÃO**

Título: **MAPA GEOLOGICO DA ÁREA DE ESTUDO REGIONAL**

Elaboração: **Geoline Engenharia**

Data: **21/11/2024**

Formato: **A3**

Revisão: **R 01**

### 8.1.3 Mesoarqueano

O Embasamento Cristalino compreende rochas de idades arqueanas, que ocorrem em formatos de domos em pontos do QF, estes complexos são representados pelos: Complexos Bonfim, Belo Horizonte, Santa Bárbara, Caeté e Bação.

Estes complexos são compostos por rochas gnáissicas de composição tonalito- trondhjemitó-granodiorito conhecido como TTG, contendo rochas como granitos, granodioritos, anfíbolitos e intrusões de rochas máficas e ultramáficas. Estas rochas surgiram durante a formação da crosta continental durante o Eon Neoarqueano com idades superiores a 3,1 Ga, com corpos granitoides mais recentes de idades 2,78 a 2,61 Ga (Machado e Noce 1993, Carneiro *et al.* 1995).

#### 7.3.1.1 Complexo Bação

Complexo Bação é uma das unidades que compõe o Embasamento cristalino unidade basal do Quadrilátero Ferrífero composta por rochas sílicas, que apresentam idades arqueanas (2,7 -3,2 Ga), é constituído por rochas granitoides e terrenos do tipo TTG, xistos, gnaisses, migmatitos, faixas miloníticas, rochas básicas e pegmatitos. Na área de estudo esse é representado por: Gnaisses e migmatitos (A34bg) e Rochas tipo TTG compostas por tonalito, throndjemito, granodiorito e migmatito (A34bt) conforme a CODEMIG (2017). Ambas as unidades geradas no Ciclo Geodinâmico Rio das Velhas (2,93 -2,76 Ga).

### 8.1.4 Neoarqueno

#### 7.1.4.1 Supergrupo Rio das Velhas

O Supergrupo Rio das Velhas, também de idade arqueana, é constituído por rochas vulcânicas (principalmente basaltos) e sedimentares, às vezes de fundo oceânico, algumas com contribuição de cinzas e detritos vulcânicos. Algumas dessas rochas vulcânicas guardam estruturas que



identificam vulcanismo submarino, como estrutura em almofada, neste caso, magma basáltico é despejado no fundo marinho e, em contato com a água do mar, contrai-se gerando estruturas globulares de rochas que se assemelham a “almofadas”. Assim, na bacia marinha arqueana ocorreram derrames de lavas submarinas, as quais se cristalizaram, formando rochas como os basaltos.

Posteriormente, todo esse conjunto de rochas Vulcano sedimentares sofreu processo orogenético, com metamorfismo e dobramentos. Assim, os basaltos e os sedimentos foram transformados em diversos tipos de Xistos. Neste Supergrupo compreende uma unidade basal, o Grupo Nova Lima, que encerra os principais depósitos auríferos do Quadrilátero Ferrífero. Essa unidade é composta por uma associação de rochas de origem vulcânica e sedimentar, metamorfizadas em baixo grau. Destacam-se rochas ultrabásicas, como metaperidotitos, serpentinitos e ensteatitos (talco-carbonato xistos, popularmente chamados de “pedra-sabão”), e básicas, como o basalto. Dentre as rochas sedimentares, destacam-se metapelitos (rochas ricas em argila e silte), formação ferrífera bandada (rochas ricas em quartzo e hematita-magnetita), sedimentos químicos sílico-carbonáticos (denominados genericamente de “lapa-seca”) e quartzitos (arenitos metamorfizados). A unidade de topo do Supergrupo Rio das Velhas é o Grupo Maquiné, constituído por quartzitos, metaconglomerados e filitos subordinados, porém no mapeamento da CODEMIG, 2017 na escala 1:100.000, dentro da AEL aflora somente rochas do Grupo Nova Lima.

- o *Grupo Quebra Osso*

O Grupo Quebra Osso (Schorscher 1979) trata-se da unidade basal do Supergrupo Rio das Velhas, sobrepondo as rochas dos complexos metamórficos. Esse grupo é composto primariamente por rochas metaultramáficas extrusivas de ambiente subaquático, conhecidas



como komatiitos, intercalações de sedimentos químicos, sendo estas formações ferríferas do tipo Algoma e metachertes ferruginosos, de metamorfismo fácies xisto verde (Schorscher 1992). Os corpos de maiores espessuras desta unidade chegam a atingir marcas de 600 a 800 metros.

- o *Grupo Nova Lima*

O Grupo Nova Lima (Dorr, 1969) é uma das unidades do Supergrupo Rio das Velhas, que se trata de uma sequência *Greenstone Belt* rochas metavulcanosedimentares de idade arqueana (2,78 – 2,61Ga) conforme Machado et al., (1992). Na área de estudo o Grupo Nova Lima é representado por: Unidade metavulcanossedimentar, metassedimentar, metassedimentar química (A4rnvs) compostas por xistos e filitos diversos de origem vulcanossedimentar, clorita, biotita, muscovita, carbonato, plagioclásio e feldspato, formação ferrífera, rocha calcissilicática, filito carbonoso, metachert; metaconglomerado, metagrauvaca, metagrauvaca félsica e quartzito (CODEMIG 2017).

- o *Grupo Maquiné*

O Grupo Maquiné se trata da unidade de topo do Supergrupo Rio das Velhas, que abrange rochas de associações costeiras e não marinhas, compostas por metapelitos, metarenitos e metaconglomerados de origem marinha raso a litorânea além de metarenitos e metaconglomerados de origem fluvial (Door, 1969). O grupo Maquiné é dividido em duas unidades sendo estas os Grupos Palmital e Casa Forte.

**Formação Palmital:** A Formação Palmital (Gair 1962) é constituída por sericita filito, quartzo-clorita xistos e xistos.

**Formação Casa Forte:** A formação Casa Forte (Gair 1962) é composta por quartzitos, metaconglomerados e metadiamicctitos.

### 8.1.5 Paleoproterozoico



### 7.1.5.1 Supergrupo Minas

O Supergrupo Minas, de idade paleoproterozoica (2,5 a 2,0 bilhões de anos), foi depositado em uma bacia com sedimentação inicialmente continental e posteriormente marinha, com formação de arenitos, conglomerados, pelitos, rochas carbonáticas (dolomitos) e formação ferrífera bandada. Esta bacia foi preenchida por sedimentos originados da erosão do Complexo Granito-Gnáissico e do Supergrupo Rio das Velhas, mais antigos. Inicialmente a sedimentação ocorreu sob atmosfera redutora, isto é, desprovida de oxigênio e, progressivamente, registra incremento de oxigênio, com a atividade maior de organismos marinhos (algas e bactérias) capazes de fazer fotossíntese, aumentando a concentração de oxigênio dissolvido na água do mar e, em consequência, precipitando as formações ferríferas. Após a sedimentação, a região experimentou processos tectonometamórficos (orogêneses Transamazônica e Brasileira), que levaram à formação de cadeias de montanhas de grande extensão e que transformaram as rochas sedimentares em metamórficas (quartzitos, xistos e itabiritos). O Supergrupo Minas pode ser subdividido em três unidades: unidade clástica basal (Grupo Caraça), unidade química intermediária (Grupo Itabira) e unidade clástica de topo (Grupo Piracicaba). O contato entre os dois primeiros grupos é transicional, enquanto o Grupo Piracicaba exibe discordância erosiva na base. Assim, a sedimentação mostra-se contínua do Grupo Caraça até o Grupo Itabira, mas apresenta-se descontínua, com erosão, na passagem para o Grupo Piracicaba. A espessura total do Supergrupo Minas atinge 3.500 m de rochas metassedimentares. O Grupo Caraça apresenta, na base, a Formação Moeda, constituída por quartzitos com intercalação de filito e níveis conglomeráticos (principalmente em posição basal). Esses metaconglomerados podem ser ricos em ouro, pirita detrítica e urânio (na forma de uraninita). A pirita detrítica mostra-se subarrendada, indicando atmosfera redutora, com baixa capacidade de oxidação da



pirita, permitindo que ela participasse do ciclo sedimentar. A Formação Moeda passa de modo transicional para a Formação Batatal, na qual predominam filitos sericíticos, por vezes carbonosos ou ferruginosos. O Grupo Itabira inicia pela Formação Cauê, composta por itabiritos (formações ferríferas bandadas). Os itabiritos são quartzosos ou dolomíticos e encerram corpos lenticulares de hematita (minério de ferro rico). A Formação Gandarela, no topo do grupo, exhibe mármores dolomíticos, subordinadamente itabiritos e filitos. A unidade basal do Grupo Piracicaba, Formação Cercadinho, caracteriza-se pela alternância de quartzitos e filitos, frequentemente ferruginosos. A Formação Fecho do Funil é constituída por filitos quartzosos, filitos dolomíticos e lentes de dolomito. As formações Taboões (ortoquartzitos) e Barreiro (filitos grafitosos) são de ocorrência restrita.

Grupo Sabará é constituído por clorita-xistos e filitos, metagrauvascas, metatufos, metaconglomerados e quartzitos, principalmente na região de Ouro Preto e na vertente norte da Serra do Curral, onde atinge até 3.000 m de espessura. O Grupo Itacolomi, que recobre o Supergrupo Minas, é restrito a uma área ao sul de Ouro Preto, onde forma a serra de quartzitos do mesmo nome. Entretanto na área de estudo aflora somente rochas do grupo Itabira, Piracicaba e Sabará.

- o *Grupo Tamanduá*

O Grupo Tamanduá Dorr (1969) unidade basal do Supergrupo Minas, é composto por principalmente por psamitos e subordinadamente por pelitos e conglomerados marinhos. É dividido em duas formações, sendo estas as Formações Cambotas e Morro Grande, nas quais juntas apresentam um espesso pacote de 1037 metros.

**Formação Cambotas:** A Formação Cambotas é constituída por quartzitos, ortoquartzitos, quartzito com lentes ferruginosas e xistos quartzosos.



**Formação Morro Grande:** A Formação Morro grande é composta por xistos filíticos e quartzosos, e formação ferrífera dolomítica.

- o *Grupo Caraça*

O Grupo Caraça foi definido por Door *et al.* (1957) e representa uma sedimentação transgressiva em ambiente litorâneo e plataformal raso. É dividido nas Formações Moeda e Batatal.

**Formação Moeda:** A Formação Moeda é constituída principalmente por, por quartzitos, quartzitos sericíticos, filitos e metaconglomerados da base para o topo respectivamente. Apresenta espessuras que alcançam os 500 metros (Door 1969).

**Formação Batatal:** A Formação Batatal é composta primariamente por filitos, além de formações ferríferas bandadas, metacherts, filitos grafitosos e mármores dolomíticos. Apresenta espessura do pacote rochoso em torno de 700 metros (Door 1969).

- o *Grupo Itabira*

O Grupo Itabira (Dorr, 1957) se trata de uma unidade metassedimentar, pertencente ao Supergrupo Minas, e apresenta idades paleoproterozoica (2,52 – 2,42 Ga). O grupo se trata de uma representação da sedimentação química em plataforma estável. É subdividida em duas formações, estas que ocorrem na área de estudo, sendo as Formações Cauê e Gandarela.

**Formação Cauê:** é a unidade que contém as principais jazidas de minério de ferro do QF, é constituída principalmente por itabiritos, itabirito dolomítico, itabirito anfibolítico e algumas lentes de filito. A natureza de extrema plasticidade em face a deformação da rocha tende a variar muito a espessura da unidade, chegando a alcançar 400 metros em determinadas porções. Apresenta contato com gradacional com a Formação Gandarela e possui idade aproximada de 2,52 Ga. Na área



de estudo a Formação Cauê (PP1 mic) é composta por: Itabirito friável e compacto, itabirito dolomítico, itabirito magnetítico, itabirito anfíbolítico, lentes de dolomito e filito, lentes e camadas de hematita compacta (CODEMIG 2017).

**Formação Gandarela:** é essencialmente composta por dolomito, dolomito ferruginoso, itabirito dolomítico e filito. Teve sua datação realizada por Babinsky *et al.* (1993) revelando sua idade de deposição de 2,42 Ga. Na área de estudo a Formação Gandarela (PP1mig) é composta por: Dolomito listrado de cores cinza claro e escuro com nódulos de hematita e conspícuas listras vermelhas e brancas (CODEMIG 2017).

- o *Grupo Piracicaba*

O Grupo Piracicaba é uma unidade paleoproterozoica, caracterizada como uma sequência regressiva plataformal de natureza clástica a química (Dorr, 1957). É delimitada do Grupo Itabira a partir de uma discordância erosiva de extensão regional. A unidade é subdividida em quatro Formações Cercadinho, Fecho do Funil, Taboões (estas três presentes na área de estudo) e Barreiro.

**Formação Cercadinho:** é a unidade basal do Grupo Piracicaba, que foi depositada em um ambiente plataformal instável, apontado pelo ritmo turbidítico dos seus sedimentos. Está em discordância erosiva sobre o grupo Itabira, delimitada por conglomerado grânulos, nem sempre observáveis. A formação é constituída principalmente pela intercalação de quartzitos e filitos. Na área de estudo a Formação Cercadinho (PP2mpc) é composta por: conglomerado de grânulos (*rice grit*), quartzito puro, quartzito ferruginoso cinza escuro a cinza-médio e filito cinzento prateado e ferruginoso (CODEMIG 2017).



**Formação Fecho do Funil:** apresenta uma sedimentação mais fina, com presença de sedimentação química, da fase transgressiva da bacia de deposição de sedimentos Piracicaba. É composta primordialmente por filitos com faixas de dolomitos. Na área de estudo a Formação Fecho do Funil (PP2mpf) é constituída por: Filito, metassilito, filito dolomítico, filito multicolorido, dolomito impuro, mármore castanho a vermelho (CODEMIG 2017).

**Formação Taboões:** A Formação Toboões (Pomenere 1958) é constituída exclusivamente por um ortoquartzito branco e cinza, que não apresenta foliação aparente, com certas passagens friável.

**Formação Barreiro:** Formação Barreiro (Pomenere 1958) é uma unidade pouco distribuída pelo QF, distinguida principalmente pelo seu filito carbonoso de coloração negra. A Formação Barreiro é composta primariamente por Filitos carbonosos e localmente piritoso, filito muscovítico multicolorido (CODEMIG 2017).

#### 7.1.5.2 Supergrupo Estrada Real

O Supergrupo Estrada Real se trata da redefinição do Grupo Sabará de Almeida *et al.* (2005). Este supergrupo é constituído pelos Grupos Sabará e Itacolomi, a partir da proposição de Teixeira Costa (1961), é representado por uma sucessão de sedimentos tipos *Flysch* e molássicos sin-orogênicos, com espessura mínima de 3625 metros (Dorr 1969, Noce 1995, Reis *et al.* 2002). As rochas sedimentares marinhas do Grupo Sabará encontram-se interdigitadas junto às rochas continentais do Grupo Itacolomi na região do Pico homônimo, conforme Barbosa (2018).

- o *Grupo Sabará*

O Grupo Sabará foi categorizado como grupo por Renger *et al.* (1994), é composto por sedimentos marinhos do tipo *flysch*, que apresenta idades de deposição de  $2,125 \pm 0,004$  Ga, a partir de datações zircões presentes



nas rochas (Machado *et al.* 1996). A espessura desta unidade está em torno de 1750 metros, e é subdividida em três formações, sendo estas as Formações Saramenha, Córrego do Germano e Catarina Mendes.

**Formação Córrego do Germano:** A Formação Córrego do Germano (Endo *et al.* 2019a, b) é a unidade Basal do Grupo Sabará, sendo constituída praticamente de formação ferrífera do tipo granular e quartzitos ferruginosos. É estimado que esta formação possua espessura de pelo menos de 50 a 100 metros.

**Formação Saramenha:** A Formação Saramenha, é composta por, primordialmente por clorita-xistos e mica-xistos, com presença intercaladas de metagrauvacas, quartzitos e formação ferrífera bandada (Almeida *et al.* 2005).

**Formação Catarina Mendes:** A Formação Catarina Mendes (Freitas 2019, Freitas *et al.*) é a unidade de topo do Grupo Sabará, sendo formada por biotita-quartzo xistos, quartzitos e filitos, é estimado que sua idade seja de  $2,114 \pm 0,004$  Ga.

- o *Grupo Itacolomi*

O Grupo Itacolomi (Dorr *et al.* 1957, Dorr 1969) é a unidade de topo do Supergrupo Estrada Real, a deposição desta unidade está provavelmente associada a uma bacia molássica intramontana associada ao evento orogênico Transamazônico. Este grupo apresenta idade de deposição de seus sedimentos em  $2,059 \pm 0,058$  Ga (Machado *et al.* 1996). O Grupo itacolomi é subdividido em duas unidades sendo estas os Grupos Florália e Pico do Itacolomi.

**Formação Florália:** A Formação Florália é constituída exclusivamente por ortoquartzitos, com espessura variando entre 80 a 350 metros.



**Formação Pico do Itacolomi:** A Formação Pico do Itacolomi é equivalente aos quartzitos definidos por Dorr (1969). A unidade é composta principalmente por quartzitos de estratificação acanalada, metaconglomerados, itabiritos, filitos e granitos.

### 8.1.6 Contexto Metalogenético Regional

As formações ferríferas bandadas (FFB's) correspondem a uma rocha sedimentar ou metassedimentar ( $\geq 15\%$  Fe) de origem química, vulcanoquímica ou bioquímica finamente estratificada, apresentando camadas de óxidos, carbonatos, sulfetos ou silicatos de ferro rítmicamente alternadas com camadas diferenciadas destas (quartzosas, anfibólicas, quartzo cloríticas, etc.). São 4 as fácies mineralógicas das FFB: - óxido: magnetita e hematita; - silicato: cummingtonita, grunerita, greenalita, minnesotaita, stilpnomelano, Fe cloritas; - carbonato: ankerita e siderita; - sulfeto: pirita e pirrotita. Admite-se que bactérias photosynthetic produziram oxigênio nos antigos oceanos e com isso provocaram a precipitação do óxido de ferro (Fe proveniente de exalações submarinas) que não é solúvel na água. As formações ferríferas consistem da alternância de finas camadas de óxido de ferro (geralmente magnetita e hematita) e argila, *chert* ou jaspe.

A deposição destas camadas teve um apogeu do Neoarqueano ao Paleoproterozoico, provavelmente devido ao enriquecimento em  $O_2$  da atmosfera neste período o que levou a oxidação de ferro em solução ( $Fe^{+2} > Fe^{+3}$ ) nos mares daquelas épocas. Os depósitos datam de antes de 3,0 Ga. mas, alguns, têm idades por volta de 2,5 Ga. e outros são mais jovens com 1,8 Ga. Exceções ocorrem como as idades de 0,8 a 0,6 Ga. As rochas associadas dependem do ambiente de geração e podem incluir: rochas vulcânicas máfica-(ultramáfica), tufos intermediários a félsicos, rochas sedimentares ricas em quartzo, argila, grauvacas, rochas sedimentares carbonosas e dolomito. Os dois tipos principais de depósitos



formados nessa época são o Lago Superior e o Algoma. O tipo Lago Superior é formado em ambientes estável de plataforma - *foredeep* nas margens de crátons proterozoicos. As rochas associadas incluem dolomito, arcósio, quartzito, argilito carbonoso, conglomerado e uma menor participação de rochas vulcânicas. O tipo Algoma é formado em ambiente marinho tectonicamente instável (*greenstone belts*) de arco vulcânico (e outros settings relacionados) do Arqueano ao Proterozoico. As rochas associadas incluem turbiditos, grauvacas, argilitos, rochas vulcânicas e rochas sedimentares metalíferas. Os depósitos associados correspondem aos de manganês situados nas proximidades, ou diretamente relacionados às FFB. Algumas formações ferríferas podem ocorrer como fácies laterais de depósitos de sulfetos massivos do tipo VMS. Há também, uma relação espacial, entre formações ferríferas e depósitos de ouro. No Brasil as camadas ferríferas bandadas podem desenvolver depósitos de ferro economicamente exploráveis dos dois tipos. As jazidas de itabiritos do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, relacionadas ao Supergrupo Minas, pertenceriam ao tipo Lago Superior e o depósito de Carajás ao tipo Algoma.

#### **7.1.6.1 Minério de Ferro**

O domínio tectônico na região ocidental do Quadrilátero Ferrífero (QF) é controlado por estruturas de dobras flexurais e falhas, sendo que os corpos de minério de ferro demonstram uma textura granoblástica com granulação fina e porções de magnetita/martita e texturas que apontam uma baixa deformação no seu interior (Rosiere *et al.* 2001). E o domínio oriental, as rochas apontam maior deformação interna junto de zonas de cisalhamento, que podem demonstrar espessuras de centenas de metros, os corpos de itabirito e minério xistoso tiveram suas estruturas sedimentares/diagenéticas quase completamente erradicadas junto da sucessiva obliteração dos estágios iniciais de alteração hidrotermal e mineralização (Rosiere *et al.* 2001).



Os depósitos localizados no setor ocidental formam um grupo praticamente uniforme, tendo suas características mineralógicas e texturais similares. Sendo que o minério de estrutura maciça a bandado, de corpos no formato colunares nas zonas de charneira de dobras ou em zonas de interferência entre elas (Rosière & Rios 2004, Dalstra & Rosiere 2008).

Minérios com alto teor de ferro são resultado de processos hipogênicos (do Proterozoico), a partir da substituição hidrotermal dos itabiritos e posteriormente por processos supergênicos (Rosière *et al.* 2008). O processo hidrotermal se desenvolveu em áreas de baixa deformação, como charneira de dobras, nos quais os fluídos conduzidos primordialmente nessas estruturas e ao decorrer de falhas regionais, locais ideais para a ação dos fluidos mineralizadores.

Ocorreram três estágios de enriquecimento hipogênico durante a orogênese transamazônica (2,1-2,0 Ga) nos quais os dois primeiros encontram-se bem conservados no domínio ocidental. A partir de estudos geocronológicos em monazitas em veios hidrotermais com hematita-martita na porção leste da Serra do Curral, apresentam idade U-Pb de  $2034 \pm 11$  Ma para a mineralização de ferro (Rosière *et al.* 2012).

Ao decorrer do primeiro estágio, fluídos hidrotermais de baixas temperaturas ( $T_h=115-140^\circ\text{C}$ ) em inclusões fluídas na hematita, lixiviaram a sílica e carbonatos e em proporção menor mobilizaram ferro, que resultou na formação de corpos bandados e maciços de magnetita, veios de magnetita/hematita e corpos de itabiritos com alto teor de ferro (Rosière & Rios 2004). A magnetita teve seu crescimento associado ao dobramento referente ao transamazônico (Rosière *et al.* 2008). As formações ferríferas bandadas (FFB's), foram impostas a dobramento desarmônico através de deslizamento flexural junto com falhas reversas, como pode ser observado em vários depósitos presentes nos flancos do



Sinclinal Moeda. Corpos que apresentam alto teor ocorrerem associados às dobras de eixo NE-SW como em NW-SE, o que sugere a formação como parte de processo de longa duração, perante toda fase compressiva. Rosière & Rios (2004) sugerem fluídos hidrotermais metamórficos como sendo os responsáveis pelo primeiro estágio de mineralização.

O segundo estágio a partir de enriquecimento hipogênico é identificado como pela substituição e oxidação de magnetita por hematita (martita) e formação de hematita I, na totalidade dos depósitos do domínio ocidental. A martitização é concedida devido ao aumento de  $f_{O_2}$  e/ou a diminuição de temperatura do fluído hidrotermal (Rosière & Rios 2004).

O terceiro estágio hipogênico está em associação a cavalgamentos que prevalecem contexto tectônico do domínio oriental. Foram formados cristais sin-deformacionais de specularita, junto de hematita III tabular, em associada a veios de quartzo. Specularita e hematita III apresentam inclusões fluídas altamente salinas, de temperaturas mais altas ( $T_h$  de 140 ->205°C; Rosière & Rios 2004).

Durante o Neógeno, o enriquecimento supergênico resultou em corpos friáveis ao redor dos corpos compactos, de dimensão menor, associados a itabiritos dolomíticos. Ambos os corpos representam enormes reservas de minério de ferro de alto teor, resultado dos processos hipogênicos e supergênicos.

#### **7.1.6.2 Depósito de Ouro**

Além das jazidas de minério de ferro, o QF também dispõe de reservas de outros bens minerais, tais como os depósitos auríferos. Os depósitos de ouro presentes no QF representam por 40% (> 1000 t) de todo o ouro produzido no Brasil, as maiores jazidas encontram-se em rochas de idade arquena metamórficas de fácies predominantemente xisto verde,



pertencentes ao grupo Nova Lima, unidade basal do Supergrupo Rio das Velhas (GBRV) (Door 1969). Este tipo de mineralização é do tipo *gold Only*, estão associadas a alteração hidrotermal estruturalmente controlada, submetida por processos de silicificação e sulfetação (e.g., Groves et al. 1998, Hagemann & Cassidy 2000).

Apesar de se hospedarem em qualquer rocha do GBRV as jazidas mais produtivas estão em FFB's ± *chert* ferruginoso (e.g., Lobato et al. 2001a) e “lapa seca” (e.g., Ladeira 1991).

#### **7.1.6.3 Depósito de Manganês**

Na região do QF também há a existência de uma grande quantidade de pequenos depósitos de manganês (Mn) presentes na Serra do Gandarela, Serra da Moeda, Ouro Preto e Conselheiro Lafaiete. O minério de Mn é predominante em xistos a mica e rochas sílico-carbonáticas do Supergrupo Rio das Velhas (Endo 1997).

O controle estratigráfico e da litologia das mineralizações de Mn, da mesma forma como associada ao vulcanismo máfico e ultramáfico submarino, sugerem uma origem vulcanogênica exalativa, para que ocorresse a concentração deste elemento (e.g., Pires 1977).

#### **7.1.6.4 Depósito de Bauxita**

Apesar das poucas publicações e a menor presença de jazidas atualmente a bauxita (minério de alumínio) já foi muito explorada nos arredores de Belo Horizonte, Nova Lima, Caeté, Ouro Preto e demais. Os depósitos estão associados a dolomitos e itabiritos do Grupo Itabira, também podem ser encontrados minorativamente em quartzitos e micaxistos do Grupo Piracicaba. Tratam-se de minérios ricos em ferro (até 30% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e baixa sílica (<4%) conforme Kotschoubey (1988).



## 8.2 GEOLOGIA LOCAL

Na contextualização local, da Mineração Minerix foram realizadas várias campanhas de estudo com o objetivo de delimitar as unidades geológicas para identificar e localizar as jazidas de ferro para sua eventual extração. As unidades geológicas identificadas nos estudos foram: Grupo Nova Lima e Formação Cauê pertencente ao Grupo Itabira.

### 8.2.1 Métodos de estudo

Os estudos que conduziram a etapa referente a geologia do empreendimento foram realizados em campanhas, para melhor compreensão e avanço dos conhecimentos da área, sendo estas descritas nos próximos tópicos.

#### 8.2.1.1 Trincheiras

A primeira campanha consistiu no reconhecimento da área, junto a abertura de trincheiras, realizadas a partir do uso de retroescavadeira. Foram realizadas 34 escavações de poços de tipo trincheira sobre material coluvionar e rolado, com o intuito de coletar material para sua posterior análise.

Destes poços, seis foram selecionados para coleta de amostras, a metodologia utilizada para a coleta foi a de amostragem por “canal”. A profundidade máxima das trincheiras alcançou 2 metros.





Figura 8: Retroescavadeira utilizada para abertura das trincheiras. Fonte: GEPI, 2013.



Figura 9: Abertura de trincheira na área. Fonte: GEPI, 2013.

A tabela a seguir demonstra os resultados e dados estatísticos das análises químicas das 6 amostradas coletadas das trincheiras. Os resultados demonstram o alto teor de ferro (Fe) e baixos valores de manganês (Mn) e fósforo (P).



Tabela 9: Análise química das amostras coletadas das trincheiras.

Amostras/ Parâmetros	FeT	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn	P	PPC
A	54,51	11,85	3,14	0,25	0,02	6,13
B	60,38	6,28	3,05	0,12	0,08	3,78
C	58,71	7,52	3,47	0,17	0,08	4,54
D	58,86	1,4	4,35	0,04	0,04	9,13
E	50,88	9,23	6,69	0,81	0,05	8,37
F	56,89	5,16	4,18	0,55	0,03	8,19
Mínimo	50,88	1,4	3,05	0,04	0,02	3,78
Máximo	60,38	11,85	6,69	0,81	0,08	9,13
Média	56,71	6,91	4,15	0,32	0,05	6,69
Desvio padrão	3,49	3,58	1,36	0,3	0,03	2,21

Fonte: GEPI, 2013.

### 8.2.1.2 Mapeamento Geológico

A etapa de mapeamento geológico, consistiu no caminhamento da área com o intuito de delimitar as litologias presentes, seus contatos geológicos, tanto como coletar amostras e adquirir dados estruturais da região para entender o posicionamento destes corpos rochosos no subsolo.

Para auxiliar e complementar o mapeamento também foram utilizados métodos geofísicos de magnetometria e Sondagem Elétrica Vertical (SEV's)

### 8.2.1.3 Poços de perfilagem geológica

Novas trincheiras e poços foram escavados, para o avanço do estudo geológico da área. Foram abertas trinta e nove (39) trincheiras, cuja a profundidade foram de 1,5 metros, largura de 0,6 a 0,7 metros e comprimento variando entre 10 a 20 metros transversal e longitudinal a



extensão do corpo mineral. Destes 30 obtiveram resultados tidos como positivos.

Concomitantemente foram feitos onze (11) poços, com diâmetro de 80 centímetros e profundidade alcançando até 6 metros. Destes poços seis foram considerados com resultados positivos.

Realizada a abertura das trincheiras e poços, foram recolhidos materiais destas que apresentavam uma representação do corpo mineral de ferro, para amostragem laboratorial realizada pela UFMG e Inbras.

Foi observado a ocorrência de afloramentos em todos os afloramentos, não ocorrendo um perfil de solo de grande espessura, mas sim afloramentos rochosos, fragmentos e material rolado de itabiritos, estes predominantemente bandados com níveis de silicosos de cor branca. Os itabiritos apresentam-se friáveis em sua maioria, há ocorrência de de seixos de hematita e magnetitas em meio ao solo. Constatou-se que em torno de 70% da perfilagem realizada é composta por formação ferrífera, tendo como um dos constituintes principais a magnetita.

A seguir encontra-se a tabela com as coordenadas das trincheiras e o mapa com suas localizações na área.

Tabela 10: Localização das trincheiras para estudo da Mineração Minerix.

Trincheira	Coordenadas		
	Latitude Y	Longitude X	Altitude Z (m)
1	7766311	622762	1065
2	7766324	622836	1059
3	7766330	622859	1049
4	7766337	622895	1052
5	7766351	622939	1040
28	7766336	622906	1045
6	7766356	622993	1039
7	7766373	623019	1049
8	7766362	623024	1055



9	7766373	623039	1064
10	7766355	623042	1058
11	7766387	623095	1061
12	7766395	623168	1059
13	7766394	623169	1061
22	7766269	623430	1040
23	7766276	623495	1041
24	7766272	623524	1040
25	7766269	623560	1032
27	7766201	623701	1022
21	7766285	623362	1029
19	7766387	623228	1032
20	7766386	623255	1027
16	7766435	623278	1023
9	7766444	623263	1023
14	7766418	623221	1025
15	7766425	623243	1006
17	7766484	623274	970
18	7766453	623217	1011
26	7766538	623219	981

Fonte: GEPI, 2013.



622300.000

622650.000

623000.000

623350.000

623700.000

7766850.000

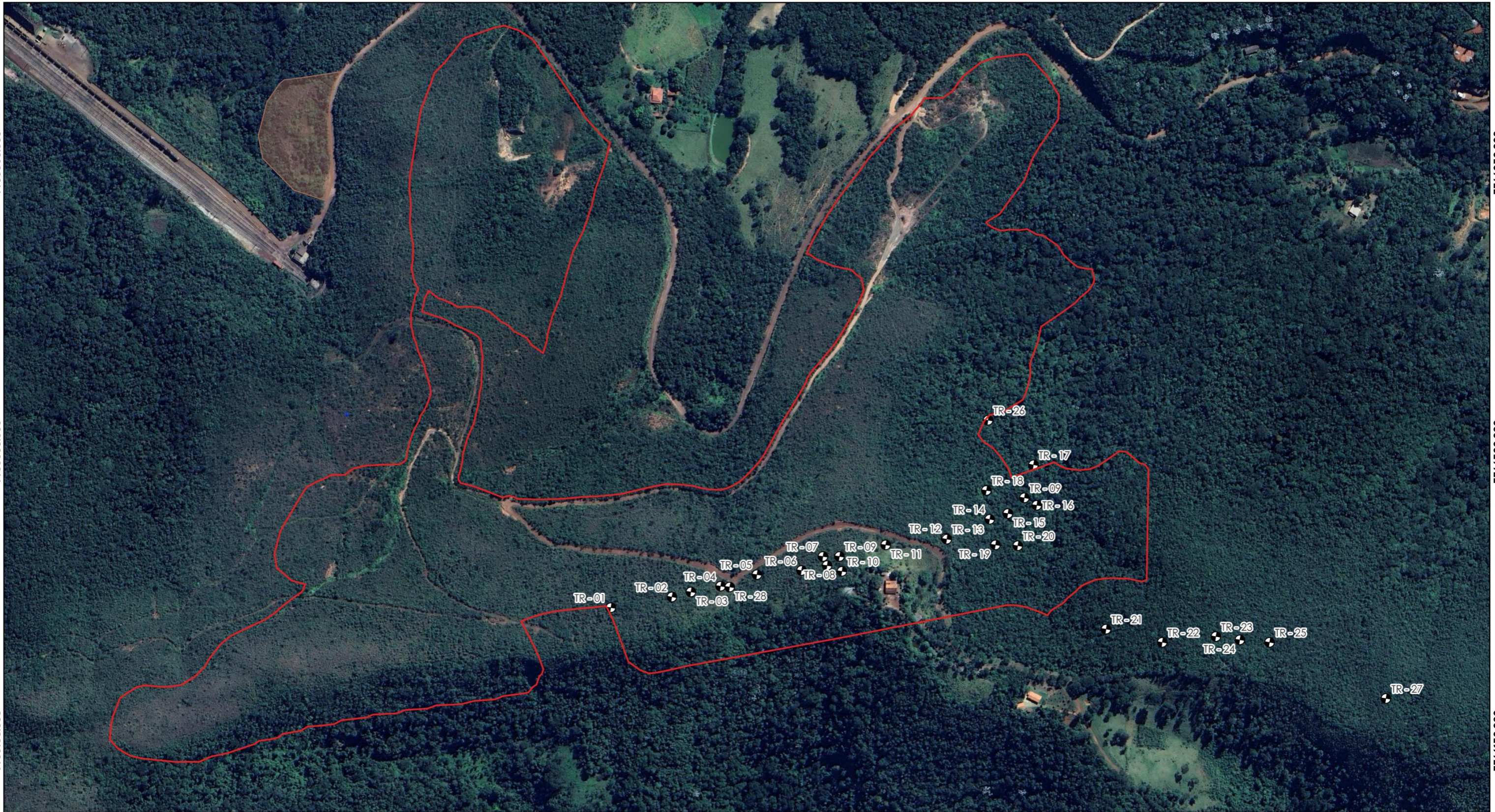
7766500.000

7766150.000

7766850.000

7766500.000

7766150.000



622300.000

622650.000

623000.000

623350.000

623700.000

**LEGENDA**

Área Diretamente Afetada - ADA

ADA Licenciada - Processo 13880/2023

**DADOS DE CAMPO**

Trincheiras - 2º Campanha

Sistema de projeção: UTM  
DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

0 100 200 m



ESCALA: 1:4.500



Fonte de dados:  
Geoline (2024), GEPI(2013)



Projeto: **MINERIX MINERAÇÃO**

Título: **MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS TRINCHEIRAS**

Elaboração: **Geoline Engenharia**

Data: **21/11/2024**

Formato: **A3**

Revisão: **R 01**

#### 8.2.1.4 Sondagens a Trado e Rotativa

A empresa Mineralium foi contratada com para a execução de furos de sondagem a trado mecânico na poligonal da ANM de pesquisa. Foram executados no local um total de 14 furos cujo a profundidade variou de 1 a 24,30 metros, com a intenção de ter maior concepção do corpo mineral, assim como os tipos de solo da área e os minerais presentes nestes. Foram observados nos furos de sondagem a presença de minérios tais como: sulfetos de ferro, itabiritos e xisto ferruginoso. Os furos foram realizados tomando a preparação de sondagens rotativas para melhor dinâmica da operação. Não houve análise química dos materiais retirados das sondagens, por já haver informações sobre o minério encontrado.

A seguir encontram-se na tabela as coordenadas onde os furos foram alocados, junto ao mapa e fotografias dos trabalhos em execução.

Tabela 11 : Localização e profundidade das sondagens a trado.

<b>Profundidade e coordenadas dos furos a trado mecânico</b>		
<b>Número</b>	<b>Profundidade</b>	<b>Coordenadas</b>
Furo 01	2,60 m	S 20° 11' 46.20" e W 043° 49' 16.43"
Furo 02	3,00 m	S 20° 11' 46.13" e W 043° 49' 16.42"
Furo 03	7,00 m	S 20° 11' 45.97" e W 043° 49' 16.57"
Furo 04	3,30 m	S 20° 11' 45.81" e W 043° 49' 16.90"
Furo 05	5,00 m	S 20° 11' 45.70" e W 043° 49' 17.14"
Furo 06	1,00 m	S 20° 11' 45.64" e W 043° 49' 17.43"
Furo 07	19,00 m	S 20° 11' 45.57" e W 043° 49' 17.62"
Furo 08	11,00 m	S 20° 11' 47.17" e W 043° 49' 25.08"



Furo 09	24,30 m	S 20° 11' 43.43" e W 043° 49' 37.54"
Furo 10	22,00 m	S 20° 11' 42.16" e W 043° 49' 37.45"
Furo 11	8,00 m	S 20° 11' 46.08" e W 043° 49' 31.47"
Furo 12	7,00 m	S 20° 11' 48.37" e W 043° 49' 17.00"
Furo 13	4,00 m	S 20° 11' 48.16" e W 043° 49' 17.32"
Furo 14	3,00 m	S 20° 11' 46.93" e W 043° 49' 15.67"

Fonte: Mineralium, 2012.



Figura 10: Equipe de sondagem, realizando a perfilagem a trado. Fonte: GEPI, 2012.





Figura 11: Equipe de sondagem, realizando a perfilagem. Fonte: GEPI, 2012.



622300.000

622650.000

623000.000

623350.000

623700.000

7766850.000

7766850.000

7766500.000

7766500.000

7766150.000

7766150.000

622300.000

622650.000

623000.000

623350.000

623700.000

**LEGENDA**

- ADA Licenciada - Processo 13880/2023
- Área Diretamente Afetada - ADA

**DADOS DE CAMPO**

- ▲ Furos - Sondagem Rotativa
- Furos - Sondagem à Trado

Sistema de projeção: UTM  
DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

0 100 200 m



Fonte de dados:  
Geoline (2024), GEPI(2013)

ESCALA: 1:4.500



Projeto: **MINERIX MINERAÇÃO**

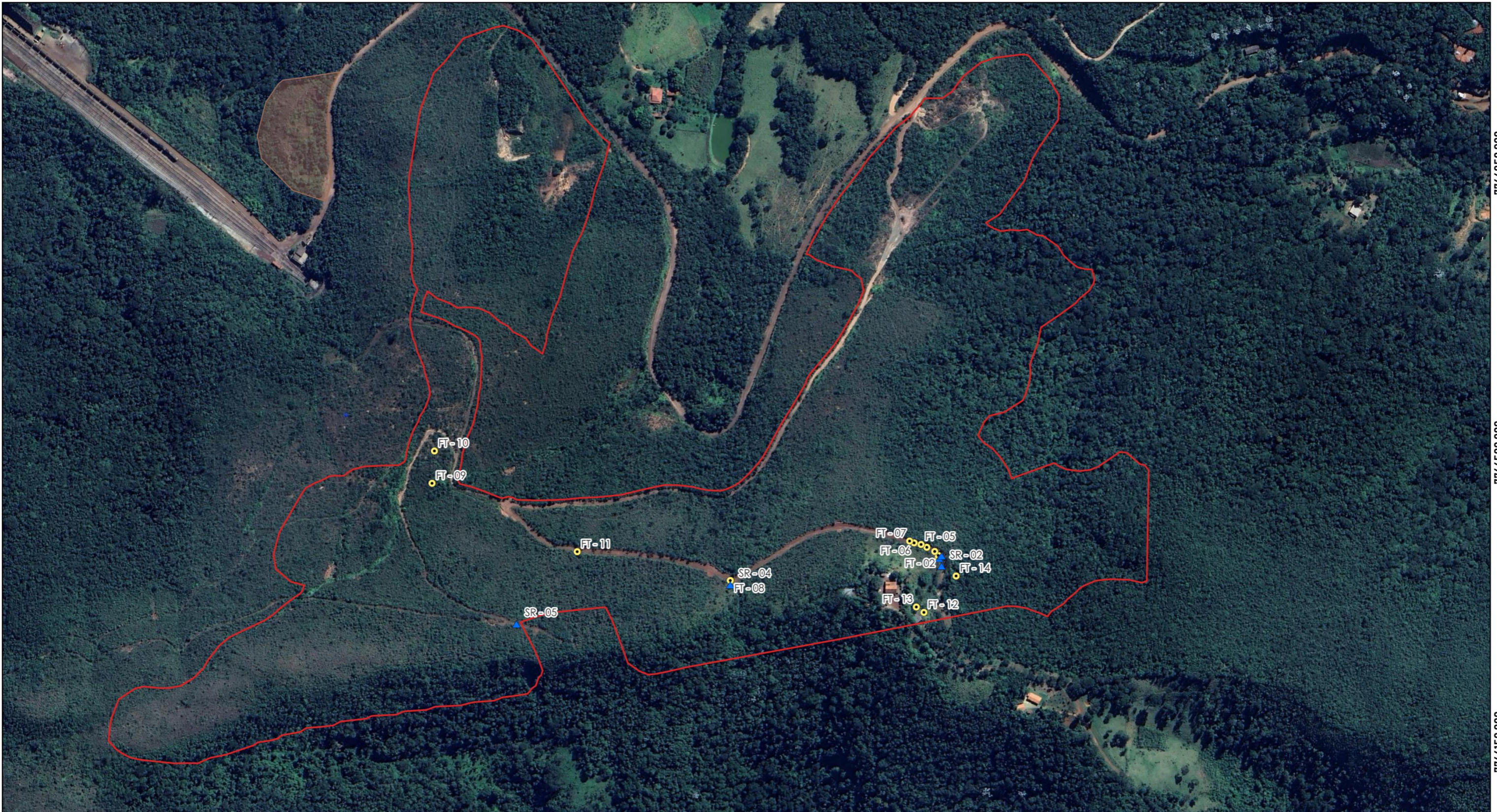
Título: **MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS FUROS**

Elaboração: **Geoline Engenharia**

Data: **21/11/2024**

Formato: **A3**

Revisão: **R 01**



### 8.2.1.5 Sondagem Rotativa

A execução da campanha de sondagem rotativa, foi realizada pela empresa INFOGEO GEOLOGIA E CONSULTORIA LTDA, que teve início no dia 26/09/2012 e finalização 21/10/2012 em pontos estratégicos da ANM.

A perfuração foi realizada utilizando a máquina de sondagem “Longyear 34”, equipada com o guincho *Wire line*, torre hidráulica, bomba de lama hidráulica, além de demais acessórios. Os furos tiveram a intenção de interceptar os corpos de minério de ferro. Para a instalação dos furos não foram necessária a supressão ou abertura de novas estradas, o abastecimento de água foi fornecido por um dos superficiários da área, através de mangueiras de plástico.

Os furos foram executados visando uma medição direta das dimensões da jazida de ferro, desta forma avaliar o aproveitamento econômico da reserva. A locação dos furos pode ser observada na tabela e no mapa a seguir.

Tabela 12: Localização dos furos de sondagem.

Furos	Código	Ângulo	Profundidade	Coordenadas	Altitude
1	ME DDH 001 (SR -01)	75°	43,73 m	S 20°11'46.2" W 043°49'16.3"	1.017 m
2	ME DDH 002 (SR -02)	75°	18,00 m	S 20° 11'46.1" W 043°49'16.2"	1.026 m
3	ME DDH 003 (SR -03)	90°	25,20 m	S 20°11'46.5" W 043°49'16.2"	1.027 m
4	ME DDH 004 (SR -04)	75°	118, 65 m	S 20° 11'47.3" W 043° 49'25.0"	1.024 m
5	ME DDH 005 (SR -05)	65°	23,90 m	S 20° 11'48.9" W 043° 49'33.9"	1.036 m

Fonte: GEPI, 2013.





Figura 12 Equipe de sondagem, realizando a perfuração rotativa. Fonte: GEPI, 2013.



Figura 13: Equipe de sondagem, realizando a perfuração rotativa. Fonte: GEPI, 2013.

A seguir encontra-se as cópias dos boletins das sondagens rotativas dos cinco furos (MEDDH-1; MEDDH-2; MEDDH-3; MEDDH-4 E MEDDH-5) com suas respectivas descrições litológicas recuperação de testemunhos, coordenadas, inclinação, elevação, localização, etc.



<b>Boletins de Sondagem com Descrições Geologica de Testemunhos</b>														
Cliente:	GEPI	Lat.:	S 20°1'46.2	Furo:	ME DDH1	Sonda:	Longyear 34"	Alvo:		Paina	Data Início:	26/09/2012		
Inclinação	75°	Long.:	W 043°49'16.3"	Metrage m do Furo:	43,73 m	N. Água	Não atingido	Mun.:		Itabirito/MG	Data Final:	29/09/2012		
Processo DNPM:	834.182/2008			Cota	1017 m	Técnico Responsável: Victor Bela								
INTERVALO		AVANÇO	RECUPERAÇÃO		LITOLOGIA				Diâmetro furo	Observação				
De	Até		Metros	%										
0,00	0,60	0,60	0,50	83,33	Itabirito friável, clorita carbonato com passagens mm a cm xisto ferruginoso alterado				H					
0,60	1,10	0,50	0,43	86,00					H					
1,10	1,70	0,60	0,42	70,00					H					
1,70	2,20	0,50	0,44	88,00					H					
2,20	2,70	0,50	0,40	80,00					H					
2,70	3,20	0,50	0,43	86,00					H					
3,20	4,40	1,20	1,00	83,33					H					
4,40	5,20	0,80	0,58	72,50					H					
5,20	6,40	1,20	1,08	90,00					H					
6,40	6,90	0,50	0,40	80,00					H					
6,90	8,00	1,10	1,16	96,67					H					
8,00	8,90	0,90	0,90	100,00					H					
8,90	10,41	1,51	1,35	89,40					Itabirito pouco magnetico				H	
10,41	11,77	1,36	1,20	88,24	H									
11,77	12,77	1,00	0,58	58,00	Vazio				H					
12,77	13,12	0,35	0,00	0,00					H					
13,12	13,42	0,30	0,00	0,00					H					
13,42	13,72	0,30	0,26	86,67					H					
13,72	14,52	0,80	0,70	87,50					H					
14,52	15,12	0,60	0,55	91,67					H					
15,12	16,42	0,70	0,53	75,71					H					
16,42	16,82	0,40	0,32	80,00					H					
16,82	17,72	0,90	0,80	88,89					H					
17,72	18,32	0,60	0,48	80,00					H					
18,32	19,87	1,60	1,55	96,88					H					
19,87	21,37	1,50	1,44	96,00					Sericita-biotita-clorita-quartzo carbonato xisto alterado-xisto feldspatico,biotita-moscovita-xisto				H	
21,37	22,87	1,50	1,30	86,67									H	
22,87	24,37	1,50	1,38	92,00	H									
24,37	25,17	0,80	0,27	33,75	H									
25,17	25,87	0,70	0,00	0,00	H									
25,87	26,47	0,60	0,50	83,33	H									
26,47	27,13	0,90	0,66	73,33	H									
27,13	28,23	1,10	0,90	81,82	H									
28,23	28,63	0,40	0,00	0,00	H									
28,63	29,98	1,35	0,90	66,67	H									
29,98	31,53	1,55	1,51	97,42	H									
31,53	32,14	0,61	0,40	65,57	H									
32,14	32,44	0,30	0,15	50,00	H									
32,44	33,28	0,84	0,00	0,00	H									
33,28	33,88	0,60	0,45	75,00	H									
33,88	34,53	0,65	0,60	92,31	H									
34,53	36,03	1,50	1,21	80,67	H									
36,03	37,16	1,15	1,00	86,96	H									
37,16	37,23	0,35	0,00	0,00	H									
37,23	38,33	0,80	0,60	75,00	H									
38,33	38,80	0,47	0,00	0,00	H									
38,80	39,20	0,40	0,00	0,00	H									
39,20	39,80	0,60	0,50	83,33	H									
39,80	40,36	0,56	0,00	0,00	H									
40,36	40,98	0,60	0,60	100,00	H									
40,98	41,78	0,80	0,80	100,00	H									
41,78	42,93	1,15	0,95	82,61	H									
42,93	43,73	0,80	0,38	47,50	H									

Figura 14: Boletim de sondagem furo ME DDH 1. Fonte: INFOGEO GEOLOGIA E CONSULTORIA LTD, 2012.

O furo de sondagem MEDDH-1, apresenta de seu início até a metragem próxima de 13 metros um corpo de itabirito friável, com lentes centimétricas de xistos ferruginosos, nos 2 metros finais apresentando uma queda no magnetismo da rocha, provavelmente devido a menor



presença de magnetita. O restante do furo é composto por xistos carbonatado e xistos filossilicáticos.


 <b>Boletins de Sondagem com Descrições Geologica de Testemunhos</b>											
Ciente:	GEPI	Lat.:	S 20° 11'46.1"	Furo:	ME DDH 2	Sonda:	Longyear 34"	Alvo:	Paina	Data Inicio:	01/10/2012
Inclinação:	75°	Long.:	W 043°49'16.2"	Metragem do Furo:	18,00 m	N. Água	Não atingido	Mun.:	Itabirito/MG	Data Final:	03/10/2012
Processo DNPM:	834.182/2008			Cota	1026 m	Técnico Responsável: Victor Bela					
INTERVALO		AVANÇO	RECUPERAÇÃO		LITOLOGIA	Diâmetro furo	Observação				
De	Até		Metros	%							
0,00	0,70	0,70	0,60	85,71	Itabirito friável	H					
0,70	1,40	0,70	0,00	0,00		H					
1,40	2,20	0,80	0,66	82,50		H					
2,20	2,70	0,50	0,43	86,00		H					
2,70	3,70	1,00	0,81	81,00		H					
3,70	4,00	0,30	0,17	56,66	Sericita, clorita xisto ferruginoso	H					
4,00	4,50	0,50	0,40	80,00	Itabirito friável	H					
4,50	5,10	0,60	0,53	88,33	Sericita-biotita-clorita-quartzo carbonato xisto alterado	H					
5,10	5,90	0,80	0,70	87,50	xisto feldspático, biotita-moscovita-xisto ferruginoso	H					
5,90	6,25	0,35	0,00	0,00	Vazio	H					
6,25	6,55	0,30	0,00	0,00		H					
6,55	7,05	0,50	0,39	78,00	Clorita, sericita, carbonato xisto ferruginoso	H					
7,05	7,30	0,25	0,18	72,00		H					
7,30	7,50	0,20	0,15	75,00		H					
7,50	7,80	0,30	0,23	76,67		H					
7,80	8,15	0,30	0,25	83,33		H					
8,45	8,80	0,35	0,28	80,00	xisto carbonoso	H					
8,80	9,45	0,65	0,59	90,77	Clorita, sericita, carbonato xisto ferruginoso alterado	H					
9,45	9,85	0,40	0,25	62,50		H					
9,85	10,15	0,30	0,24	80,00		H					
10,15	10,50	0,35	0,28	80,00		H					
10,50	11,00	0,50	0,43	86,00		H					
11,00	11,50	0,50	0,21	42,00	Clorita xisto alterado ferruginoso	H					
11,50	11,80	0,30	0,00	0,00		H					
11,80	13,10	1,30	1,21	93,08		H					
13,10	13,60	0,50	0,35	70,00	Clorita, sericita, carbonato xisto alterado ferruginoso	H					
13,60	13,60	0,30	0,16	53,33		H					
13,90	14,30	0,40	0,39	97,50		H					
14,30	15,00	0,70	0,03	4,29		H					
15,00	15,50	0,50	0,00	0,00		H					
15,50	16,00	0,50	0,00	0,00	Vazio	H					
16,00	16,40	0,40	0,00	0,00		H					
16,40	17,00	0,60	0,00	0,00		H					
17,00	17,50	0,50	0,00	0,00		H					
17,50	18,00	0,50	0,29	58,00	Clorita xisto alterado ferruginoso	H					

Figura 15: Boletim de sondagem furo ME DDH2. Fonte: INFOGEO GEOLOGIA E CONSULTORIA LTD, 2012.

O furo de sondagem MEDDH-2 apresenta espessura de aproximadamente 4,5 metros de itabirito friável com uma pequena faixa de 30 cm de xisto ferruginoso separando o corpo ferrífero. O restante do



furo demonstrou a alternância de xistos, variando sua composição de mais ferruginosa a carbonática e a maior presença de filossilicatos.


 <b>Boletins de Sondagem com Descrições Geologica de Testemunhos</b>												
Cliente:	GEPI	Lat.:	S 20°11'46.5"	Furo:	ME DDH 3	Sonda:	Longyear 34"	Alvo:		Paina	Data Início:	04/10/2012
Inclinação:	90°	Long.:	W 43°49'16.2"	Metragem do Furo:	25,20 m	N. Água	Não atingido	Mun.:	Itabirito/MG		Data Final:	06/10/2012
Processo DNPM: 834.182/2008				Cota	1027 m	Técnico Responsável: Victor Bela						
INTERVALO		AVANÇO	RECUPERAÇÃO		LITOLOGIA	Diâmetro furo	Observação					
De	Até		Metros	%								
0,00	1,40	0,70	0,69	98,60	Solo coluvionar ferruginoso de coloração marrom escuro com fragmentos milimétricos de magnetita distribuído ao longo do intervalo	H						
1,40	1,80	0,40	0,25	62,50		H						
1,80	2,30	0,50	0,44	88,00		H						
2,30	2,70	0,40	0,22	55,00		H						
2,70	3,30	0,60	0,50	83,33		H						
3,30	3,80	0,60	0,39	65,00	Itabirito Compacto	H						
3,80	4,20	0,40	0,21	52,50		H						
4,20	4,90	0,70	0,53	75,71	Itabirito Semi Compacto	H						
4,90	5,50	0,60	0,45	75,00		H						
5,50	6,80	0,80	0,77	96,25	Itabirito Compacto	H						
6,80	7,00	0,70	0,66	94,28		H						
7,00	7,60	0,60	0,48	80,00		H						
7,60	8,40	0,80	0,73	91,25		H						
8,40	9,50	1,10	0,90	81,81	Clorita, biotita, carbonato, quartzo e xisto	H						
9,50	10,80	1,30	1,17	90,00		H						
10,80	11,60	0,80	0,67	83,75		H						
11,60	13,20	1,60	1,50	93,75		H						
13,20	14,50	1,30	1,02	78,46		H						
14,50	15,70	1,20	1,08	90,00	Quartzito cristalino com sulfeto de ferro alterado	H						
15,70	17,20	1,50	1,35	90,00	Sericita, clorita, quartzo carbonato xisto	H						
17,20	18,40	1,20	1,11	92,50		H						
18,40	19,60	1,20	0,90	75,00		H						
19,60	21,10	1,50	1,25	83,33		H						
21,10	22,20	1,70	0,73	42,94		H						
22,20	23,80	1,40	1,17	83,57		H						
23,80	24,60	1,00	0,80	80,00	Quartzito friável com níveis de clorita, sericita xisto	H						
24,60	25,20	0,60	0,56	93,33	Sericita, clorita xisto, quartzo carbonato e biotita	H						

Figura 16: Boletim de sondagem furo ME DDH3. Fonte: INFOGEO GEOLOGIA E CONSULTORIA LTD, 2012.

O furo MEDDH-3, demonstra de seu início até sua metragem 3,30 metros a presença de um solo coluvionar ferruginoso, com presença de grãos arenosos de magnetita distribuídos ao decorrer de todo o intervalo do corpo. Entre a profundidade de 3,3 até 7,6 metros há presença de corpo de itabirito compacto com uma passagem mais friável na metade deste. O restante do furo acusa xistos que alteram suas proporções de minerais, principalmente os filossilicatos.




 <b>Boletins de Sondagem com Descrições Geologica de Testemunhos</b>											
Cliente:	GEPI	Lat.:	S 20° 11'47.3"	Furo:	ME DDH 4	Sonda:	Longyear 34"	Alvo:		Data Início:	10/10/2012
Inclinação:	75°	Long.:	W 043° 49'25.0"	Metragem do Furo:	118,65 m	N. Água	Não atingido	Mun.:	Itabirito/MG	Data Final:	17/10/2012
Processo DNPM: 834.182/2008				Cota:	1024 m	Técnico Responsável: Victor Bela					
INTERVALO		AVANÇO	RECUPERAÇÃO		LITOLOGIA	Diâmetro furo	Observação				
De	Até		Metros	%							
0,00	0,80	0,80	0,80	100,00	Xisto carbonoso ferruginoso pouco magnetico	H					
0,80	1,80	1,00	0,95	95,00		H					
1,80	2,80	1,00	1,00	100,00		H					
2,80	3,10	0,30	0,27	90,00		H					
3,10	4,10	1,00	0,92	92,00		H					
4,10	5,40	1,30	1,02	78,46		H					
5,40	6,20	0,80	0,70	87,50		H					
6,20	7,80	1,60	1,60	100,00		H					
7,80	9,20	1,40	1,40	100,00		H					
9,20	10,80	1,60	1,57	98,12		H					
10,80	12,40	1,60	1,52	95,00		H					
12,40	14,00	1,60	1,56	97,50		H					
14,00	15,40	1,40	1,33	95,00		H					
15,40	17,00	1,60	1,60	100,00		H					
17,00	18,50	1,50	1,47	98,00		H					
18,50	20,10	1,60	1,60	100,00		H					
20,10	21,50	1,40	1,17	83,57		H					
21,50	23,10	1,60	1,60	100,00		H					
23,10	24,45	1,35	1,29	95,55		H					
24,45	25,80	1,35	1,16	85,92		H					
25,80	27,40	1,60	1,45	90,62		H					
27,40	29,00	1,60	1,60	100,00		H					
29,00	30,25	1,25	1,25	100,00		H					
30,25	31,85	1,60	1,60	100,00		H					
31,85	33,25	1,40	1,40	100,00	H						
33,25	34,85	1,60	1,60	100,00	H						
34,85	36,10	1,25	0,75	60,00	N						
36,10	37,70	1,60	1,60	100,00	N						
37,70	39,10	1,40	1,40	100,00	N						
39,10	40,70	1,60	1,60	100,00	N						
40,70	41,95	1,25	1,19	95,20	N						
41,95	43,35	1,40	1,38	98,57	N						
43,35	44,95	1,60	1,55	96,87	N						
44,95	46,55	1,60	1,60	100,00	N						
46,55	47,95	1,40	1,33	95,00	N						
47,95	49,55	1,60	1,60	100,00	N						
49,55	50,95	1,40	1,40	100,00	N						
50,95	52,55	1,60	1,60	100,00	N						
52,55	53,95	1,40	1,40	100,00	N						
53,95	55,55	1,60	1,60	100,00	N						
55,55	56,95	1,40	1,37	97,85	N						
56,95	58,55	1,60	1,60	100,00	N						
58,55	59,35	0,80	0,80	100,00	N						
59,35	60,35	1,00	0,97	97,00	N						
60,35	63,25	2,90	2,90	100,00	N						
63,25	66,25	3,00	3,00	100,00	N						
66,25	68,25	2,00	1,99	99,50	Xisto carbonoso pouco sericitico com filmes milimetricos de quartzo ao longo da amostra	N					
68,25	69,15	0,90	0,90	100,00		N					
69,15	72,05	2,90	2,90	100,00		N					
72,05	74,95	2,90	2,90	100,00	Xisto carbonoso	N					
74,95	77,85	2,90	2,90	100,00		N					
77,85	80,75	2,90	2,90	100,00		N					
80,75	83,65	2,90	2,90	100,00		N					
83,65	86,55	2,90	2,90	100,00		N					
86,55	89,45	2,90	2,90	100,00		N					
89,45	92,35	2,90	2,90	100,00		N					
92,35	95,25	2,90	2,90	100,00		N					
95,25	98,15	2,90	2,90	100,00		N					
98,15	100,05	1,90	1,90	100,00	Sericita, quartzo, carbonato, xisto com sulfeto de ferro disseminado ao longo de todo o intervalo	N					
100,05	101,05	1,00	0,95	95,00		N					
101,05	103,25	2,90	2,90	100,00		N					
103,25	106,85	2,90	2,90	100,00		N					
106,85	109,75	2,90	2,90	100,00		N					
109,75	112,65	2,90	2,90	100,00		N					
112,65	115,55	2,90	2,90	100,00		N					
115,55	118,45	2,90	2,90	100,00		N					
118,45	118,65	0,20	0,20	100,00		N					

Figura 17 Boletim de sondagem furo ME DDH4. Fonte: INFOGEO GEOLOGIA E CONSULTORIA LTD, 2012.

O furo MEDDH-4, acusa de sua metragem inicial até o metro 25,80 a presença de um xisto carbono ferruginoso de baixo magnetismo. Em



seguida um xisto predominantemente filossilicático com presença de quartzo apresentando sulfeto de ferro em seu intervalo que alcança a metragem de 72 metros, seguido por uma pequena passagem de xisto carbonoso, finalizada por xisto com presença de sulfeto de ferro até o metro 118.




 <b>Boletins de Sondagem com Descrições Geologica de Testemunhos</b>											
Cliente:	GEPI	Lat.:	S 20° 11' 48.9"	Furo:	ME DDH 5	Sonda:	Longyear 34"	Alvo:	Paina	Data Início:	20/10/2012
Inclinação:	65°	Long.:	W 43° 49' 33.9"	Metragem do Furo:	23,90 m	N. Água	Não atingido	Mun.:	Itabirito/MG	Data Final:	22/10/2012
Processo DNPM: 834.182/2008				Cota	1036 m	Técnico Responsável: Victor Bela					
INTERVALO		AVANÇO	RECUPERAÇÃO		LITOLOGIA	Diâmetro furo	Observação				
De	Até		Metros	%							
0,00	0,80	0,80	0,75	93,75	Solo coluvionar ferruginoso pouco magnetico	H					
0,80	1,70	0,90	0,83	92,22		H					
1,70	2,60	0,90	0,81	90,00		H					
2,60	3,10	0,50	0,43	86,00		H					
3,10	4,40	1,30	1,11	85,38		H					
4,40	5,90	1,50	0,68	45,33	Clorita, biotita, carbonato, quartzito e xisto alterado	H					
5,90	6,60	0,70	0,00	0,00		H					
6,60	7,10	0,50	0,23	46,00		H					
7,10	7,60	0,50	0,47	94,00		H					
7,60	7,90	0,30	0,19	63,33		H					
7,90	8,70	0,80	0,68	85,00	Vazio	H					
8,70	9,10	0,40	0,28	70,00		H					
9,10	9,40	0,30	0,00	0,00		H					
9,40	9,70	0,30	0,00	0,00		H					
9,70	10,00	0,30	0,00	0,00		H					
10,00	10,30	0,30	0,00	0,00	Clorita, biotita, quartzito, xisto ferruginoso	H					
10,30	10,60	0,30	0,23	76,66		H					
10,60	11,20	0,60	0,40	66,66		H					
11,20	12,40	1,20	1,05	87,50		H					
12,40	13,00	0,60	0,50	83,33		H					
13,00	13,50	0,50	0,00	0,00	Vazio	H					
13,50	14,00	0,50	0,00	0,00		H					
14,00	14,30	0,30	0,00	0,00		H					
14,30	14,60	0,30	0,00	0,00		H					
14,60	14,90	0,30	0,00	0,00		H					
14,90	15,70	0,80	0,65	81,25	Clorita, biotita, sericita, carbonato, quartzito com sulfeto disseminado	H					
15,70	16,50	0,80	0,66	82,50		H					
16,50	17,30	0,80	0,65	81,25		H					
17,30	18,30	1,00	0,80	80,00		H					
18,30	19,30	1,00	0,73	73,00		H					
19,30	20,10	0,80	0,66	82,25		H					
20,10	20,90	0,80	0,68	85,00		H					
20,90	22,50	1,60	1,60	100,00		H					
22,50	23,90	1,40	1,34	95,71	H						

Figura 18 Boletim de sondagem furo ME DDH5. Fonte: INFOGEO GEOLOGIA E CONSULTORIA LTD,2012.

O furo MEDDH-5, inicia com a presença de um solo coluvionar com uma espessura de 4,4 metros, seguido por camadas de xistos ferruginosos, com a presença vãos de medidas métricas e por fim encontra-se um corpo de xisto sulfetado até o fim do furo aos 23,9 metros. Não há indícios de minério de ferro neste furo.

### 8.2.2 Caracterização Local

A área de estudo local - AEL, encontra-se no contexto regional do Quadrilátero Ferrífero, mais especificamente no domínio estrutural do Sinclinal



Moeda. Dentro deste contexto encontram-se rochas pertencentes ao Supergrupo Rio das Velhas e Supergrupo Minas, tendo que estas unidades litoestratigráficas representam respectivamente uma unidade greenstone-belt neoproterozóica de rochas meta-vulcânicas-sedimentares de idade neoarqueana e as rochas metassedimentares de deposição continental/marina de idade paleoproterozóica.

Os domínios predominantes de topo são constituídos por termos metassedimentares detríticos como xistos sericíticos e carbonosos, formados a partir do metamorfismo de metagrauvas e sequências turbidíticas. A porção intermediária é representada por xistos de filiação básica representando contribuições vulcânicas intercaladas às sequências sedimentares. Ocorrência de rochas sedimentares químicas metamorfisadas (Metachert e Formações Ferríferas Bandadas) são comuns em todos os domínios, mas predominam no domínio intermediário.

As evidências mapeadas em campo em termos de litologia e estruturas geológicas, estão dispostas nos itens a baixo e ilustradas quanto a sua localização cartográfica.

#### **8.2.2.1 Grupo Nova Lima**

O Grupo Nova Lima trata-se de uma sequência Greenstonebelt, de idade neoarqueana com idade entre 2,78 a 2,61 Ga, compostas primariamente por rochas vulcanossedimentares junto a metassedimentares.

Foi identificada na área circundante a área de estudo afloramentos sob a forma de quartzo-clorita xistos, sericita-biotita-clorita-quartzo e carbonato-quartzo-feldspato-biotita-clorita. De forma geral os xistos apresentam pouco quartzo em sua composição, sendo este de granulação fina, cor cinza claro com porções esverdeadas, amarelas e avermelhadas.





Fotografia 1: quartzo-feldspato-biotita-clorita de matriz textural areia fina (Ponto 59 - Coordenadas: 623849.07 m E/ 7767999.52 m S). Fonte: Geoline Engenharia, 2024.

Também pertencente ao Grupo Nova Lima a Associação Fazenda Velhas, acarreta a presença de xistos feldspáticos a clorita-quartzo e biotita-sericita-clorita; biotita-moscovita xisto. Rochas estas que se tratam de metapelitos, que preservaram estruturas sedimentares tais como estratificação gradacionais.

Os pacotes de clorita-quartzo xistos feldspáticos e biotita-sericita-clorita xistos feldspáticos representam os termos metamorfisados de sequências vulcânicas intermediárias a básicas, as quais ocorrem com maior frequência nas porções intermediárias do Grupo Nova Lima.

- **Unidade Metassedimentar Química/Pelítica**

As ocorrências de ferro se encontram inseridas no Grupo Nova Lima e são compostas por Chertes ferríferos e carbonáticos, BIF (fácies carbonato, sulfeto, silicate e oxido), intercalados com filitos carbonosos e xistos tufáceos félsicos a intermediários.

As formações ferríferas desta unidade presente na área de estudo local, e principal fonte no minério onde se locara as novas cavas, ocorrem como intercalações nos quartzo-clorita xistos, em níveis de espessura decimétrica e



sem continuidade lateral, sendo classificadas como formações ferríferas do tipo Algoma. Duas variedades de formação ferríferas são encontradas:

Formações ferríferas bondadas São constituídas, essencialmente, pela alternância de bandas milimétricas ricas em quartzo, com arranjo em mosaico, e bandas ricas em hematita. Nestas últimas, a hematita ocorre como cristais grandes, anédricos e poiquilíticos. Mica branca ocorre subordinadamente.



Fotografia 2: Banda de hematita da BIF exposta no topo da serra. (Ponto 54 - 622593.37 m E/ 7766251.02 m S). Fonte: Geoline Engenharia, 2024.

Quartzo-siderita xistos Mostra granulação fina, com o carbonato perfazendo cerca de 60% do volume total, somado a quartzo, mica branca, sulfetos e epidoto subordinado. A textura é grano-lepidoblástica, observando-se um certo bandamento dado pela intercalação de níveis quartzo-micáceos e níveis carbonáticos. O carbonato ocorre como cristais bem desenvolvidos. O quartzo forma agregados estirados que mostram arranjo em mosaico ou apresenta-se em cristais maiores associados ao carbonato. Esta rocha ocorre nas proximidades do contato da sequência metavulcânica com o Supergrupo Minas e assemelha-se muito às rochas descritas na Formação Lapa Seca no Distrito de Nova Lima.



Fotografia 3: Xisto (Ponto 14 - 623849.07 m E/ 7767999.52 m S). Fonte: Geoline Engenharia, 2024.

Solos colúvio/eluvionares recobrem a maior parte da unidade, cuja as espessuras variam de poucos centímetros até proporções métricas.

### **8.2.2.2 Formação Moeda**

Pertencente ao Supergrupo Minas, Grupo Caraça, a formação Moeda tem seu pacote datado no período Sideriano e tem suas rochas exposta a leste da área de estudo. Constituída de meta-arenitos, metaconglomerados e metapelitos, forma a base do Supergrupo Minas na província mineral do Quadrilátero Ferrífero.

### **8.2.2.3 Formação Cauê**

A Formação Cauê é a unidade paleoproterozóica basal do Grupo Itabira de idade próxima a 2,5 Ga, esta hospeda as principais jazidas de ferro do QF, pela sua constituição primária por itabiritos, rochas metassedimentares de alto grau, compostas por bandas ferruginosas (hematita, magnetita) e sílica.

Na área de estudo encontram-se na porção sul da área, na direção ENE-WSW, perfazendo maior parte da crista da serra, onde alcançam as maiores



altitudes alcançando cotas de 1160 metros. Os afloramentos apresentam-se recobertos por vegetação e solo coluvionar em quase toda sua extensão, quando expostos demonstram espessuras superiores a 30 metros (será descrito com mais detalhes adiante), demonstram bandamento variável de metros, centímetros a ausentes.



Figura 19: Afloramentos de Itabirito no perímetro da ADA. Fonte: GEPI, 2013



Figura 20: Itabiritos expostos por trincheiras. Fonte: GEPI, 2013

Os itabiritos encontram-se compactos a friáveis. Em determinadas porções encontram-se mais empobrecidos em ferro, principalmente quando há associação de quartzitos ferruginosos e lentes de xistos em determinadas camadas. O corpo de itabirito da área encontra-se estratigraficamente encaixado entre o Grupo Nova Lima, entre suas faixas pelítica e cálcio-silicática.



Figura 21: Contato litológico entre itabirito e xisto. Fonte: GEPI, 2013

Os tipos de minério ferro que foram identificados se tratam de corpos de hematita (Figura 22) e magnetita (Figura 23) compactos, itabirito friável e rolado predominantemente semicompactos e/ou friáveis.



Figura 22: Corpo de hematita compacta. Fonte: GEPI, 2012





Figura 23: Corpo de magnetita compacta. Fonte: GEPI, 2013.



620000.000

622500.000

625000.000

627500.000

7765000.000

7765000.000

7765000.000

7765000.000

620000.000

622500.000

625000.000

627500.000

**LEGENDA**

- Área de Estudo Local - AEL
- Área Diretamente Afetada - ADA
- ADA Licenciada - Processo 13880/2023

- DADOS DE CAMPO**
- Pontos de dados geológicos
  - + Estruturas Mapeadas

**GEOLOGIA**

- Estruturas**
- Falha transcorrente sinistral

**COBERTURAS LOCAIS**

- Aluvião

**LITOLOGIA\_MAPEADA**

- Grupo Nova Lima - Indiviso
- Grupo Nova Lima - Unidade Metassedimentar Química/Pelítica

Sistema de projeção: UTM  
DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

0 1 2 km

ESCALA: 1:25.000

Fonte de dados:  
Geoline (2024), UFOP (2019)



Projeto: **MINERIX MINERAÇÃO**

Título: **MAPA GEOLOGICO LOCAL**

Elaboração: **Geoline Engenharia**

Data: **21/11/2024**

Formato: **A3**

Revisão: **R 01**

#### **8.2.2.4 Contexto Geotectônico Local**

Apontado pelo mapeamento da UFOP (2019), na porção central da Área de estudo local – AEL, com vergência W/E, está registrado uma falha transcorrente dextral, ilustrada no Mapa 9 deste item.

As falhas transcorrentes dextrais são estruturas geológicas que se caracterizam pelo deslocamento horizontal das rochas ao longo de um plano de falha, esse tipo de falha, também chamado de falha de deslocamento lateral ou strike-slip fault, ocorre em áreas onde o estresse tectônico principal é horizontal e atua perpendicularmente à falha, sem movimentação significativa na vertical.

Essas estruturas se formam predominantemente em ambientes de deformação distensiva e são causadas pelo movimento relativo das placas tectônicas, que geram tensões compressivas e de cisalhamento no crustal. Segundo Twiss e Moores (2007), o comportamento das falhas transcorrentes dextrais é influenciado pela resistência da rocha e pelas características estruturais do material rochoso envolvido, variando em profundidade e nas camadas crustais.

As falhas dextrais podem apresentar zonas de cisalhamento, onde o deslocamento é distribuído por uma série de fraturas menores. Segundo Anderson (1951), essas zonas possuem relevância tanto para a sismicidade quanto para a formação de certos depósitos minerais, pois as fraturas podem facilitar a circulação de fluidos hidrotermais. Em zonas com falhas dextrais ativas, é comum observar evidências superficiais de deformação, como escarpas de falha, alinhamentos de rios e deformações em formações sedimentares.

As falhas transcorrentes, por sua natureza, geram zonas de fraqueza na crosta terrestre, onde o solo e as rochas podem estar fragmentados ou fortemente



deformados, criando problemas de instabilidade. Estudos de resistência ao cisalhamento do solo nessas áreas indicam que o comportamento dos materiais é influenciado pela presença de fraturas e pela intensidade do movimento tectônico. Segundo Bray e Sancio (2006), o solo em áreas de falha pode apresentar menor coesão e alta suscetibilidade a deslocamentos quando submetido a cargas adicionais, como aquelas de fundações de edifícios ou infraestruturas pesadas.

Além disso, nas zonas de falhas transcorrentes, a atividade tectônica promove a criação de zonas de brechas, com fragmentos de rocha de tamanhos variados, que alteram as propriedades geomecânicas da área. Essas brechas, quando saturadas, podem tornar-se ainda mais instáveis devido à pressão da água nos poros, aumentando a probabilidade de deformações e rupturas no terreno. Segundo Arango (1996), a presença de água em zonas de cisalhamento pode reduzir ainda mais a resistência ao cisalhamento dos materiais, exigindo soluções geotécnicas específicas para estabilização, como drenagem e controle de água subterrânea.

Os projetos de engenharia em áreas com falhas transcorrentes dextrais demandam atenção redobrada em relação ao tipo de fundação e à resistência sísmica das estruturas. Métodos de construção que integram fundações profundas e sistemas de amortecimento sísmico podem ajudar a absorver o impacto de movimentos tectônicos e minimizar os danos em áreas vulneráveis (Stewart et al., 2011). Além disso, o mapeamento geotécnico detalhado é necessário para identificar as características das camadas de solo e rocha e determinar a profundidade e a orientação das fraturas principais, permitindo um planejamento de fundações mais seguro e eficiente.

Os critérios de construção em áreas de falha também devem considerar deslocamentos potenciais, com a aplicação de normas de construção antissísmicas que, segundo Gazetas e Gerolymos (2009), são eficazes para reduzir danos estruturais. O uso de modelagem geotécnica e simulações de



comportamento de solo em resposta a terremotos permite estimar a resposta do terreno e ajustar os projetos para mitigar os efeitos de deslocamentos bruscos.



## 9 GEOMORFOLOGIA

### 9.1 METODOLOGIA

O diagnóstico geomorfológico da Área de Estudo Regional e Local considerou, sua inserção nos compartimentos geomorfológicos do Quadrilátero Ferrífero, com base no Mapa Morfoestrutural do Quadrilátero Ferrífero (Saadi & Golder, 2008), e os estudos de morfogênese e morfoestrutura, a partir de levantamento de dados secundários a saber:

- I. Consulta à bibliografia;
- II. Mapas temáticos;
- III. Imagens de satélite disponíveis para a região, bem como dados primários:
  - I. Levantamento de campo com caráter de reconhecimento do relevo e aspectos morfodinâmicos;
  - II. Registros fotográficos.

A compilação dos dados geomorfológicos dessas fontes permitiu a espacialização das unidades geomorfológicas e das classes altimétricas da área de estudo regional e local.

### 9.2 CARACTERIZAÇÃO REGIONAL

#### 9.2.1 Morfogênese e Morfoestrutural Regional

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 relevos com características próprias, cujas feições embora diversas, guardam, entre si, as relações comuns com a estrutura geológica a partir da qual se formaram. São exemplos de Domínios Morfoestruturais: bacias



sedimentares, cinturões móveis remobilizados ou não, plataformas e crátons, de idades geológicas distintas. Conjuntos de batólitos e extensos derrames efusivos também podem constituir domínios, assim como grandes áreas onde a erosão obliterou os efeitos litológicos ou trincou estruturas, como os pediplanos ou as depressões periféricas.

O Quadrilátero Ferrífero é dominado basicamente por dois domínios morfoestruturais que são os Cinturões Móveis Proterozóicos e os Crátons Neoproterozóicos. Os cinturões são caracterizados pelos campos das vertentes, planaltos do centro-sul mineiro e pelas serras do quadrilátero ferrífero. Já os crátons são representados essencialmente pela Depressão de Belo horizonte.

A província mineral do Quadrilátero Ferrífero está localizada na borda sul do Cráton do São Francisco (Almeida 1977). De forma geral bastante simplificada, pode -se dizer que as rochas encontradas no Cráton são terrenos metamórficos de alto grau, gnaisses, granitoides e granulitos, e associações do tipo granito greenstone. É patente do Quadrilátero Ferrífero o caráter morfoestrutural do relevo, ou seja, o condicionamento das formas a partir do arranjo estrutural e da distribuição das rochas. Apresenta ainda, forte controle geomorfológico estrutural, erosão diferencial e superfícies de erosão em contraste com a paisagem de colinas do embasamento (VARAJÃO, 1991).

Na região da Serra do Caraça, se tem a maior elevação, 2100 m, e a mínima aproximadamente 700 m se dá no leito das principais drenagens no ponto de saída dessa região, a saber:

- I. Rio das Velhas na porção centro-norte;
- II. Rio Paraopebas na porção oeste;
- III. Piracicaba e Santa Bárbara na porção leste.

A inversão do relevo que marca a fisionomia da região estabeleceu-se em decorrência da erosão diferencial entre as rochas mais resistentes (quartzitos e itabiritos) em relação às de resistência mediana (xistos-filitos) e aquelas



consideradas menos resistentes (granitos-gnaisses) (BARBOSA; RODRIGUES, 1965; 1967; BARBOSA, 1980). Este conjunto regional é delimitado por um conjunto de serras, grosso modo, quadrangular que corresponde às abas de anticlinais e sinclinais invertidos, constituídos por rocha metassedimentar que sustentam os compartimentos mais elevados do relevo e abrigam os importantes jazimentos ferríferos ocorrentes na região, ressaltados topograficamente por áreas de topografia inferior situadas em seu entorno, constituídas por gnaiss migmatíticos.

No conjunto morfológico do Quadrilátero Ferrífero sobressaem alinhamentos de cristas e escarpas de falhas que envolvem níveis rebaixados de relevo dissecado, predominando cristas com vales encaixados e vertentes ravinadas e colinas.

A distribuição das formas do relevo orienta a rede hidrográfica o sentido predominante sul-norte. Os níveis de base são estabelecidos pelo Rio das Velhas, principalmente na parte centro/leste do conjunto, Paraopeba a oeste e Piracicaba a leste. Os vales do Rio das Velhas e seus afluentes são, de modo geral, profundamente encaixados e estreitos. A diferença entre os interflúvios e talvegues ultrapassa, às vezes, algumas centenas de metro. O traçado dos cursos fluvial denuncia que esses se adaptam, regularmente, às fraturas impressas nas rochas (Salgado, 2006).

Sendo a Serra do Curral uma unidade representada por cristas dominantes na direção noroeste-sudeste, onde as altitudes médias giram em torno de 1200 metros. A encosta voltada para Belo Horizonte, a norte, mostra-se mais abrupta que a encosta voltada para o interior do Quadrilátero, a sul e, conseqüentemente, os cursos d'água são mais bem organizados nessa encosta.

O Quadrilátero Ferrífero enquadra-se, segundo o IBGE (1977), na unidade geomorfológica dos Relevos Esculpidos em rochas metamórficas e na



subunidade Sistemas de Serras do Quadrilátero Ferrífero. Essas áreas caracterizam-se por feições proeminentes, por picos elevados e abruptos, extensos alinhamentos serranos, amplos platôs e vales frequentemente bastante entalhados e com vertentes de grande declividade, o que evidencia um grande contraste, entre as terras baixas e as colinas dos complexos metamórficos. Em suma a região corresponde a uma superfície planáltica, onde a morfologia varia de suaves colinas nas áreas associadas às formações graníticas e gnáissicas, a trechos bastante acidentados, onde predominam cristas com vertentes ravinadas e vales encaixados, associados aos afloramentos de quartzitos, itabiritos e da canga ferruginosa (HERZ, 1978).

### **9.2.2 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. São exemplos de Regiões Geomorfológicas o Planalto da Borborema, a Chapada Diamantina, as Chapadas do São Francisco, a Serra do Espinhaço, a Serra da Mantiqueira e o Planalto das Araucárias.

### **9.2.3 Unidades Geomorfológicas**

O terceiro nível diz respeito às unidades geomorfológicas, que são agrupamentos de formas altimétricas e fisionomicamente semelhantes em seus diferentes tipos de modelados. A constituição dessas unidades é influenciada por fatores paleoclimáticos, litológicos e estruturais, o que contribui para a semelhança entre as formas presentes. Cada unidade



geomorfológica revela os processos de formação originais, formações superficiais e tipos de modelados específicos, o que as difere das outras. A análise da drenagem e seus padrões é uma ferramenta relevante para compreender as ligações entre os ambientes climáticos atuais ou passados, bem como as características litológicas e tectônicas.

As unidades são formadas por conjuntos de formas de relevo que representam compartimentos específicos, como planícies, depressões, tabuleiros, chapadas, patamares, planaltos e serras, ilustrado na Figura 24.

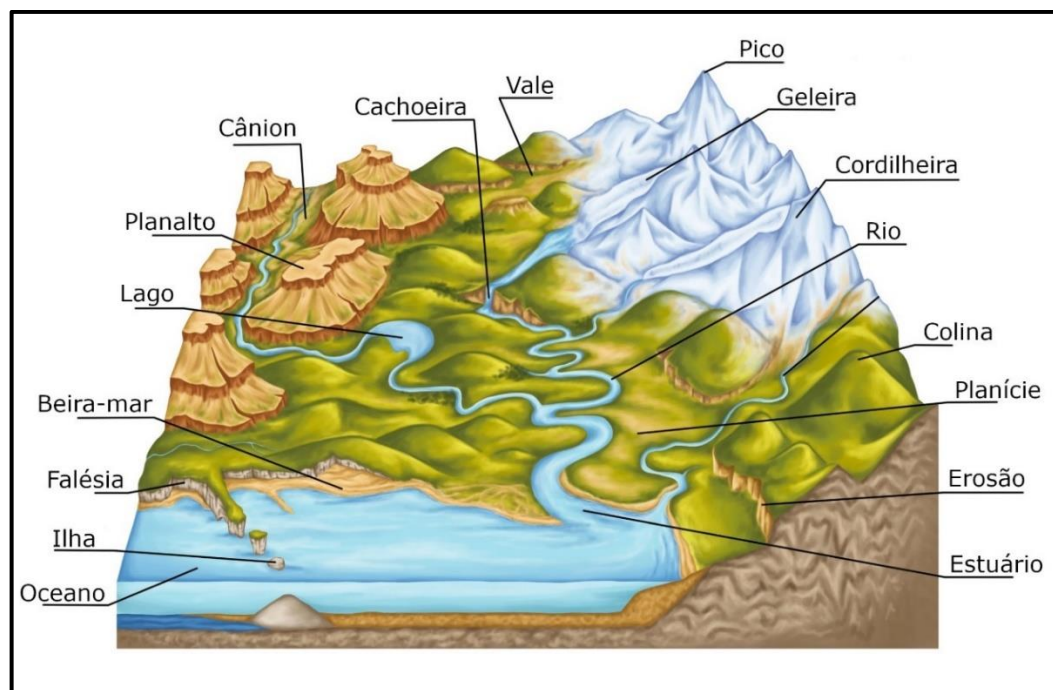


Figura 24: Formas de relevo continental e outros aspectos do relevo. Fonte: Infoescola por Amarolina Ribeiro.

As planícies por exemplo, são caracterizadas por formas de relevo planas ou suavemente onduladas, geralmente localizadas em baixas altitudes, onde os processos de sedimentação predominam sobre os processos de erosão. IBGE (2009).





Figura 25: Planície. Fonte: Rosângela Garrido Machado Botelho/Atlas Geográfico Escolar - IBGE.

Depressões são conjuntos de relevos planos ou ondulados situados abaixo do nível das regiões vizinhas. Essas depressões são formadas em rochas de diversas classes e podem assumir diferentes condições topográficas. IBGE (2009).



Figura 26: Depressão. Fonte: Evelyn Andréia Arruda Pereira/ Atlas Geográfico Escolar - IBGE.

Tabuleiros e chapadas são conjuntos de formas de relevo de topo plano, elaboradas em rochas sedimentares, em geral limitadas por escarpas; os tabuleiros apresentam altitudes relativamente baixas, enquanto as chapadas situam-se em altitudes mais elevadas. IBGE (2009).





Figura 27: Tabuleiro Prado/BA. Fonte: Therence Paoliello de Sarti/ Atlas Geográfico Escolar - IBGE.

Os patamares são relevos planos ou ondulados, elaborados em diferentes classes de rochas, constituindo superfícies intermediárias ou degraus entre áreas de relevos mais elevados e áreas topograficamente mais baixas. Os patamares contribuem para a complexidade da paisagem ao dividir o terreno em diferentes níveis altimétricos. IBGE (2009).



Figura 28: Patamar. Fonte: André Souza Pelech/IBGE.



Os planaltos são conjuntos de relevos planos ou dissecados, de altitudes elevadas, limitados, pelo menos em um lado, por superfícies mais baixas, onde os processos de erosão superam os de sedimentação. IBGE (2009).

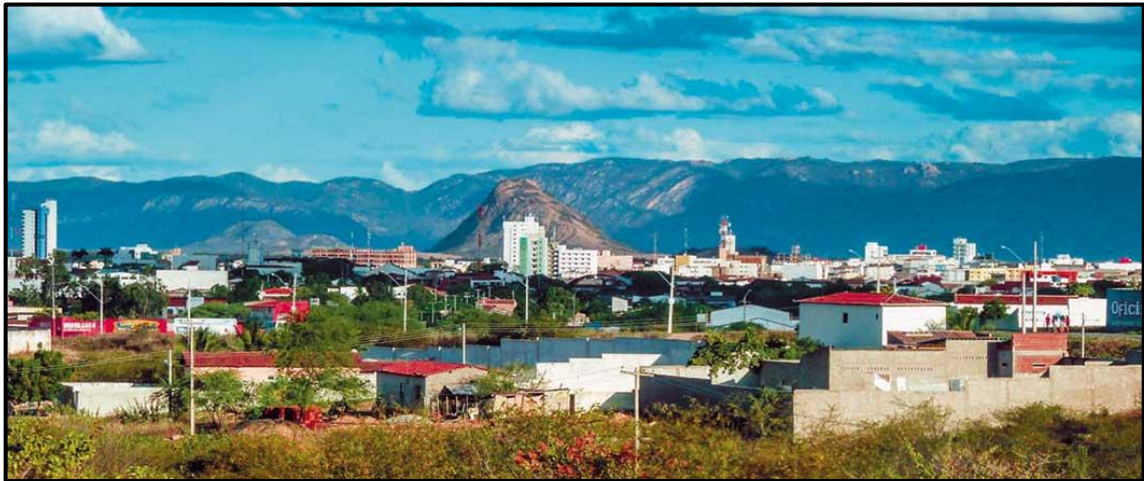


Figura 29: Planalto. Fonte: Evelyn Andréia Arruda Pereira/IBGE.

As serras constituem relevos acidentados, elaborados em rochas diversas, formando cristas e cumeadas ou as bordas escarpadas de planaltos. IBGE (2009).

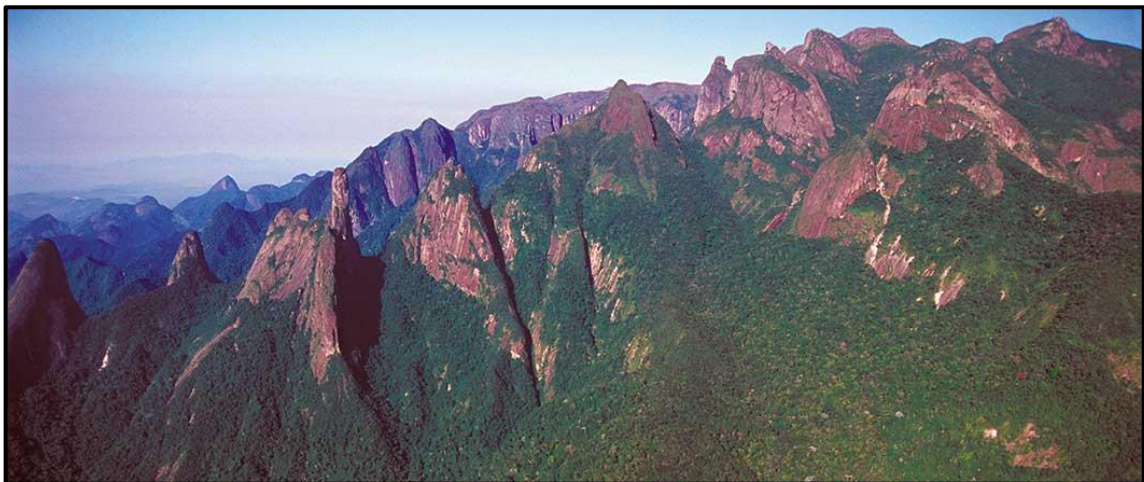


Figura 30: Serra. Fonte: Ricardo Ziq Koch Cavalcanti/ Atlas Geográfico Escolar - IBGE.

Exemplos de unidades geomorfológicas que apresentam serras incluem a Planície Amazônica, os Tabuleiros Costeiros, os Patamares de Roraima, a



Chapada dos Parecis, o Planalto dos Guimarães, a Serra da Canastra, o Planalto dos Campos Gerais e as Serras do Quadrilátero Ferrífero.

O Quadrilátero Ferrífero é uma das macrounidades geomorfológicas mais relevantes do país, o que demonstra de forma marcante o controle exercido pela litologia e pela estrutura geológica na composição do relevo. Com base nas principais características morfológicas e estruturais da região, foram identificadas 10 unidades geomorfológicas ou compartimentos morfoestruturais, além de 2 subunidades (Oliveira, Olivito e Silva, 2011). Essas unidades geomorfológicas representam arranjos de formas de relevo que apresentam semelhanças fisionômicas em seus tipos de modelados, resultantes de processos geomorfológicos específicos. A origem e evolução do relevo, bem como a similaridade das formas, estão condicionadas, principalmente, a fatores estruturais e litológicos, mas também a influências bioclimáticas.



#### 9.2.4 Modelagem Geomorfológica

A quarta ordem de grandeza constitui a dos Modelados. Um polígono de modelado abrange um padrão de formas de relevo que apresentam definição geométrica similar em função de uma gênese comum e dos processos morfogenéticos atuantes, resultando na recorrência dos materiais correlativos superficiais. Segundo a metodologia definida deste manual são identificados quatro tipos de Modelados: acumulação, aplanamento, dissolução e dissecação. Os Modelados de acumulação são diferenciados, em função de sua gênese, em fluviais, lacustres, marinhos, lagunares, eólicos e de gêneses mistas, resultantes da conjugação ou atuação simultânea de processos diversos. Os Modelados de aplanamento foram identificados pela definição de sua gênese e funcionalidade, combinadas ao seu estado atual de conservação ou degradação impostas por episódios erosivos posteriores à sua elaboração. Os Modelados de dissolução, elaborados em rochas carbonáticas, podem ser classificados de acordo com sua evolução, identificados de acordo com o seu aspecto em superfície ou em subsuperfície. Os Modelados de dissecação são os que ocorrem de forma mais generalizada na paisagem brasileira, sendo caracterizados como dissecados homogêneos, dissecados estruturais e dissecados em ravinas. Os dois primeiros são definidos pela forma dos topos e pelo aprofundamento e densidade da drenagem. As feições de topo do relevo são classificadas em: convexas (c), tabulares (t) e aguçadas (a). No estudo dos relevos dissecados constatou-se que, além das formas dos topos, dados morfométricos da densidade e do aprofundamento da drenagem, outro elemento essencial é a declividade, largamente utilizada na identificação e caracterização das unidades geomorfológicas.



600000.000

625000.000

650000.000

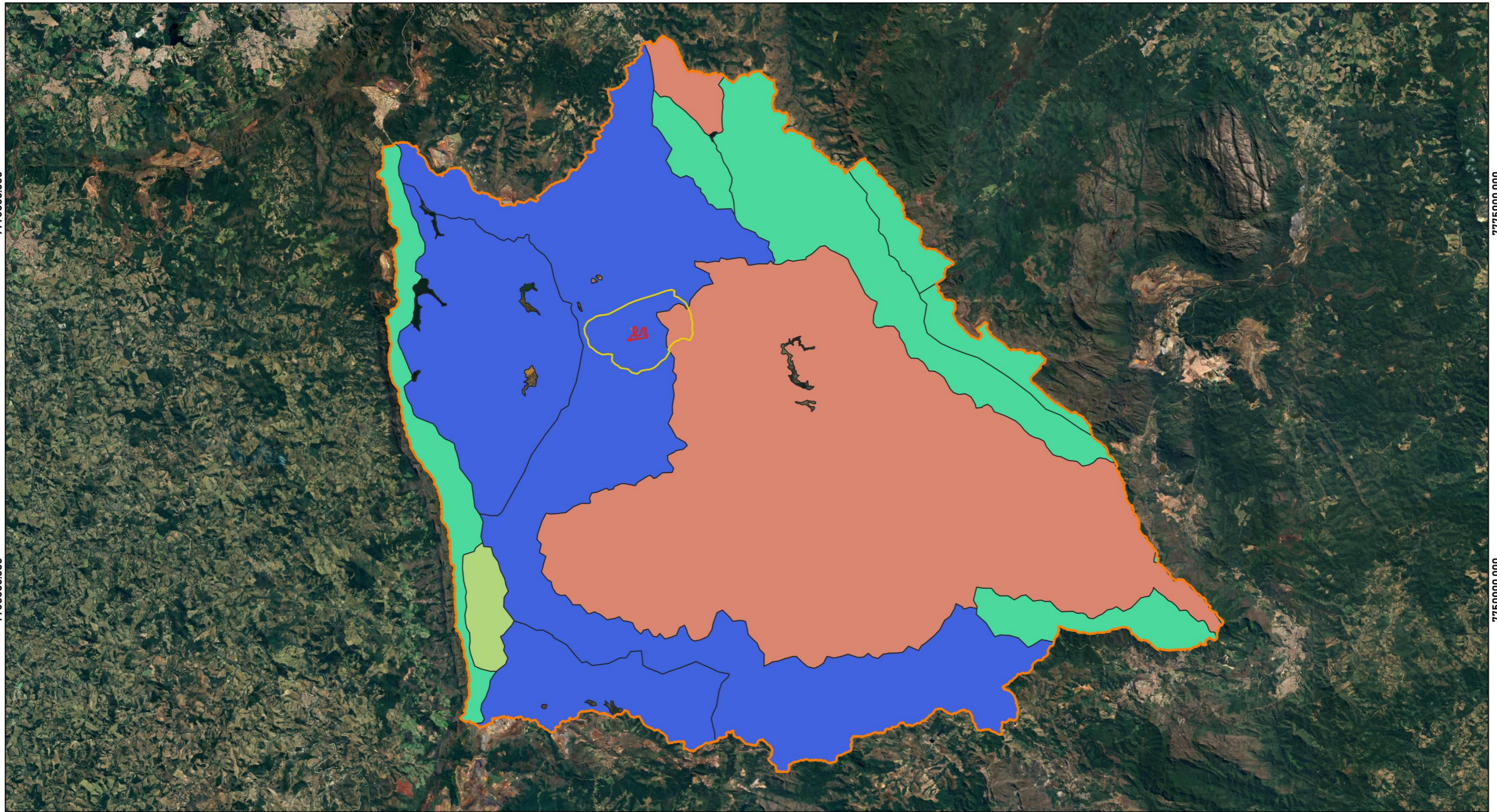
675000.000

7775000.000

7775000.000

7750000.000

7750000.000







600000.000

625000.000





650000.000

675000.000

**LEGENDA**

-  ADA Licenciada - Processo 13880/2023
-  Área Diretamente Afetada - ADA
-  Área de Estudo Local - AEL
-  Área de Estudo Regional - AER

**Natureza Morfológica**

-  Dissecação Homogênea Convexa
-  Dissecação Estrutural Aguçada
-  Dissecação Estrutural Convexa
-  Dissecação Homogênea Tabular

Sistema de projeção: UTM  
DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

0 7,5 15 km



Fonte de dados:  
Geoline (2024), IDE\_Sisema

ESCALA: 1:240.000



Projeto: **MINERIX MINERAÇÃO**

Título: **MAPA DA NATUREZA MORFOLOGICA**

Elaboração: **Geoline Engenharia**

Data: **21/11/2024**

Formato: **A3**

Revisão: **R 01**

## 9.3 CARACTERIZAÇÃO LOCAL

### 9.3.1 Domínios Morfoestruturais

As rochas classificadas por Parizzi (2011), ao serem espacializadas, podem ser agrupadas em Unidades Geológicas do Município de Itabirito. O Mapa Geológico/Geotécnico do município indica a ocorrência de três domínios.

O primeiro refere-se ao predomínio de rochas graníticas do embasamento cristalino nas porções centrais, topograficamente mais baixas do município. Essas rochas, quando submetidas às condições climáticas úmidas com temperaturas elevadas, sofrem intenso processo de intemperismo químico e também mecânico, levando à formação de espessas geocoberturas que favorecem a atuação de processos erosivos e de movimentos de massa, em especial em vertentes íngremes, sem, ou com pouca cobertura vegetal. O substrato rochoso que ocupa toda a porção central do município é formado por migmatitos, gnaisses de composição granítica, tonalítica e granodiorítica do Complexo Bação, que apresenta aspecto dômico e características de cisalhamento nas bordas (DORR, 1969).

O segundo domínio é formado por rochas do Supergrupo Rio das Velhas, intensamente metamorfisadas, que inclui rochas verdes, lavas riolíticas e rochas sedimentares intercaladas, sendo que o itabirito ocorre nas unidades metassedimentares nas quais são encontradas Formações Ferríferas Bandadas (BIF) (ROSIÈRE; CHEMALE, 1991).

O terceiro domínio é constituído por rochas do Supergrupo Minas, que formam uma sequência metassedimentar, constituída por quatro grupos, sobreposta em desconformidade ao Supergrupo Rio das Velhas. Na base, são encontrados quartzitos e conglomerados do Grupo Caraça, recobertos pelos filitos da Formação Batatal. Sobrepondo este Grupo,



está o Grupo Itabira, caracterizado pela BIF da Formação Cauê, gradando para a Formação Gandarela, com a presença de rochas carbonáticas e, por último, sobrepondo toda a sequência, ocorre o Grupo Piracicaba, com várias Formações nas quais predominam sedimentos deltaicos/metapelíticos (ALKMIM; MARSHAK, 1998). Em função de características litoestruturais, essas rochas vão se tornando mais resistentes à medida que se afastam da área central, em um modelo de disposição mais ou menos semiconcêntrico, até as regiões mais externas, embora ocorram intercalações de rochas menos resistentes nestas sequências.

### 9.3.2 Geomorfometria

#### 9.3.2.1 Altimetria

Dentro do estudo Topográfico, que tem como objetivo representar a configuração de um terreno e suas características (drenagem, vias de acesso, feições morfológicas e etc), a altimetria é um braço de estudo e ferramenta de representação de uma determinada porção de terra.

A altimetria se define como sendo a representação do relevo e tem como objetivo determinar a altura relativa de diferentes pontos de um determinado terreno, considerando a diferença entre dois ou mais pontos. Essa técnica é bastante utilizada na geração de curvas de nível, medição de ângulos verticais e obtenção de coordenadas altimétricas.

Tabela 13: Análise estatística da altimetria

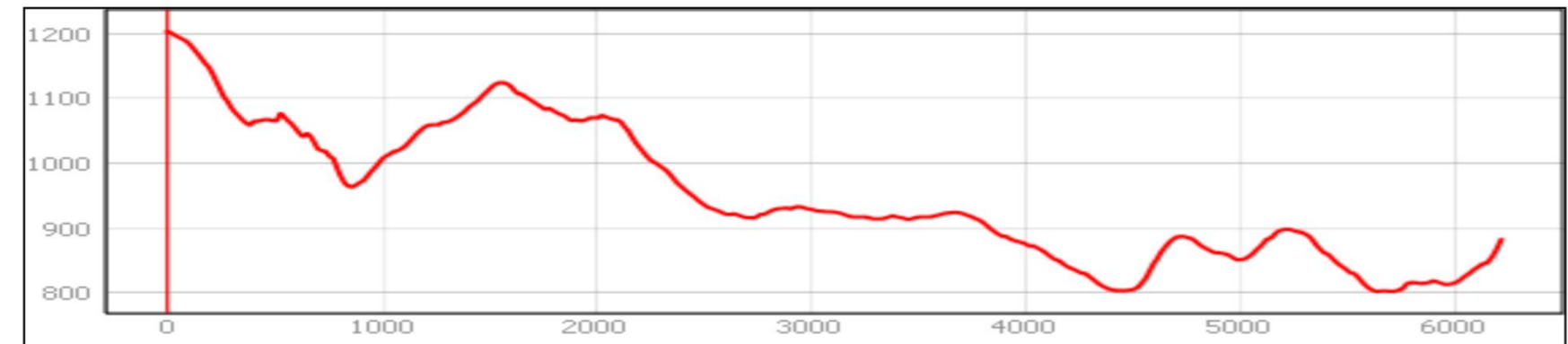
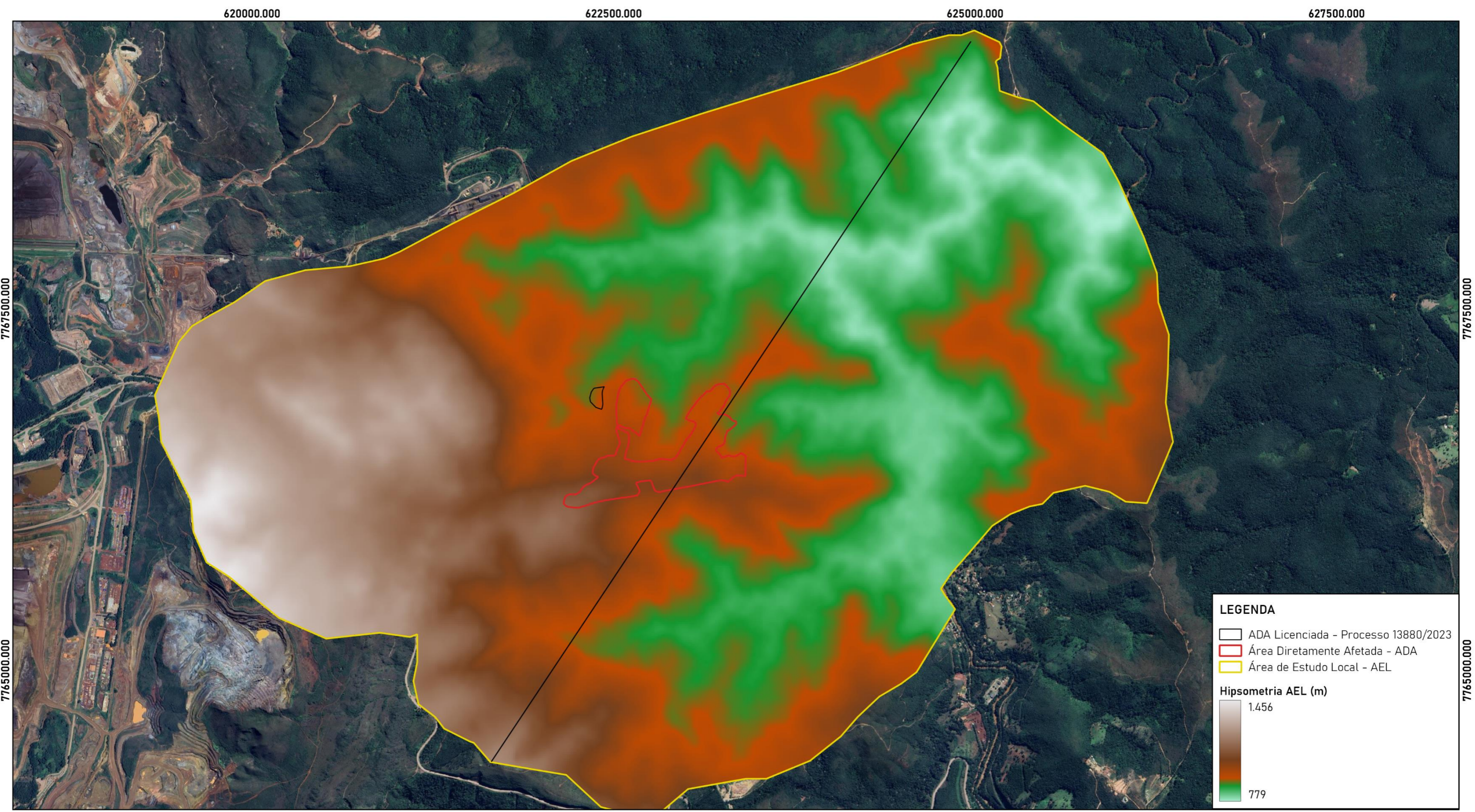
Dados da Altimetria		
Classe	Área km <sup>2</sup>	Representatividade %
< 914	7,875781	40,5218
914 > 1050	6,301562	32,4222
1050 > 1185	1,792031	9,2202
1185 > 1321	2,778281	14,2945
> 1321	0,688281	3,5413
<b>Mínimo</b>		779
<b>Máximo</b>		1456



Fonte: Geoline Engenharia, 2024.

As maiores altitudes ocorrem no flanco leste da serra da Moeda, atingindo 1454 m no oeste da – Área de Estudo Local. Já as cotas mais baixas apresentam cerca de 783 m de altitude, na foz do rio Itabirito. Segundo a frequência de ocorrências, a área com altura entre 876 e 972 m, nas proximidades do canal do rio Itabirito, perfazem 63,26% da –Área de Estudo Local; as cotas intermediárias de 972 a 1263 m totalizam 17,43%, compreendendo toda a região área entre as serras da Moeda e das Serrinhas, depressão do Baçã e as altitudes mais baixas da porção centro-leste da –área de estudo local; os pontos situados entre 1263 m e 1359 m cobrem 7,04% da área, ocorrendo principalmente nas porções oeste; e por último, os pontos mais altos correspondem a 1,96% da bacia, com altitudes maiores que 1359 m.





Sistema de projeção: UTM  
 DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

Fonte de dados:  
 Geoline (2024), ALOS Palsar

0 1 2 km

ESCALA: 1:25.000

**Geoline Engenharia**

Projeto: **MINERAÇÃO MINERIX**

Título: **MAPA DE HIPSONOMETRIA LOCAL**

Elaboração: **Geoline Engenharia**      Data: **21/11/2024**      Formato: **A3**      Revisão: **R 00**

### 9.3.2.2 Declividade

A declividade é determinada através do valor da inclinação da superfície de um determinado terreno. Para esse cálculo, considera-se a diferença entre dois pontos e a distância horizontal entre eles. A declividade de um terreno é um fator importante para diversas áreas, já que as condições do terreno podem influenciar diretamente a viabilidade de execução de um projeto. As áreas que apresentam um ângulo elevado de declividade, estão mais suscetíveis aos processos erosivos, já que a declividade acentuada contribui para a evolução do escoamento superficial que provoca o desprendimento de partículas do solo. Adotando a classificação apresentada pela Embrapa (1979), as seis classes propostas são apresentadas na Área Diretamente Afetada.

Tabela 14: Análise estatística da declividade

<b>Dados da Declividade</b>			
<b>Classes</b>		<b>Área km<sup>2</sup></b>	<b>Representatividade%</b>
< 3	Plano	0,00582	1,5034
3 a 8	Suave ondulado	0,009120	2,3560
8 a 20	Ondulado	0,030398	7,8528
20 a 45	Forte ondulado	0,165331	42,7102
45 a 75	montanhoso	0,157119	40,5887
75 a 100	escarpado	0,019274	4,9791
<b>Mínimo</b>			0
<b>Máximo</b>			100

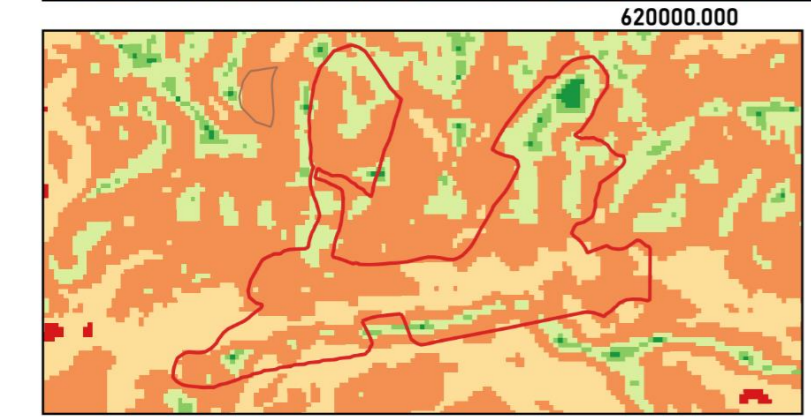
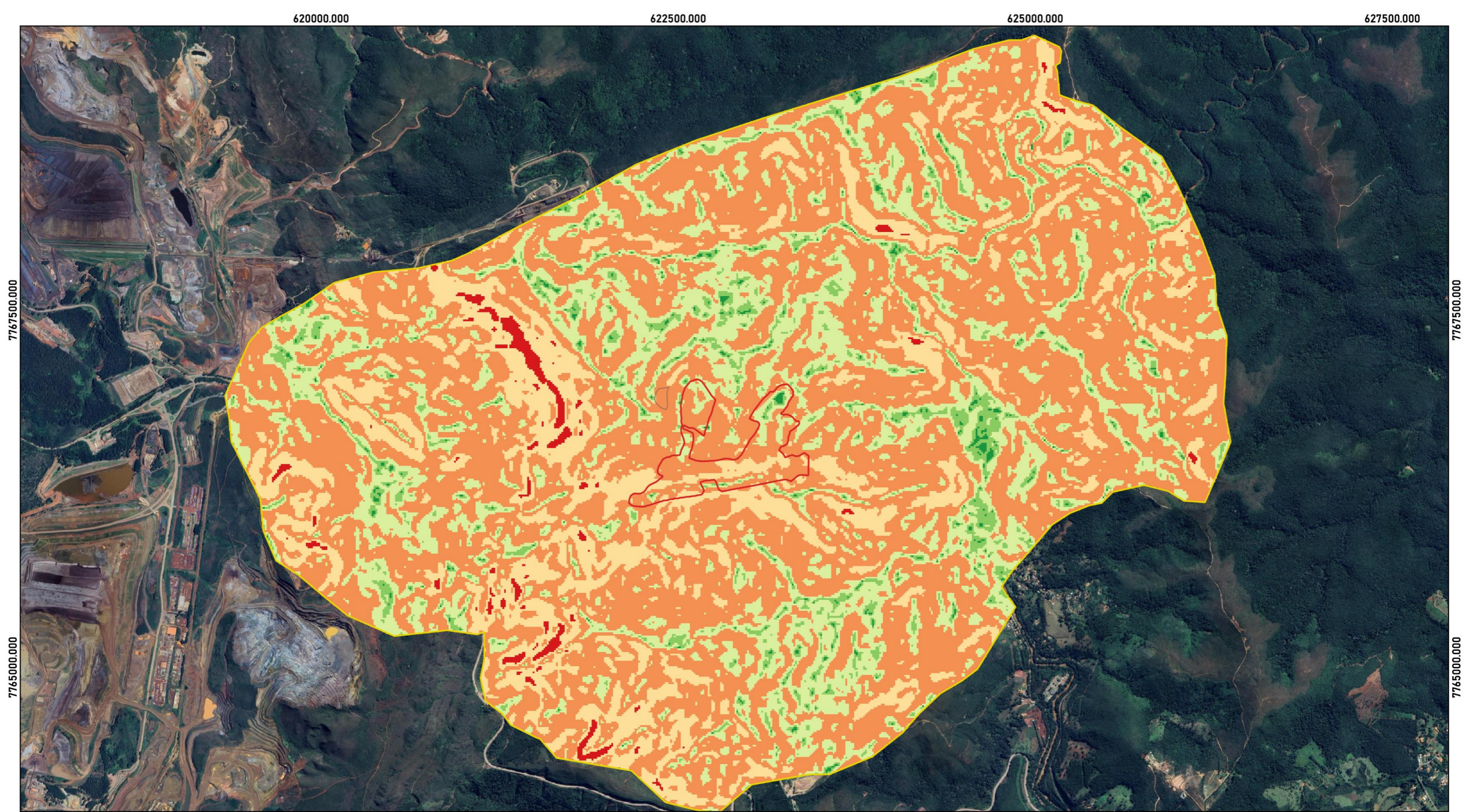
Fonte: Geoline Engenharia, 2024.

O relevo plano (0 a 3% de declividade) ocorre em somente 1,28% da área da bacia e se restringe as calhas de drenagem e uma pequena região no sul da bacia a leste do ribeirão da Prata. O relevo suave ondulado (3,1 a 8%) perfaz 6,78% da área da bacia e é associado a topos de serras e morros como na serra das Serrinhas e no interior da depressão de Bação e cobertura laterítica na serra da Moeda. O relevo ondulado (8,1% a 20%) marca, comumente, a morfologia da depressão do Cruz, R.R. 2018.



Análise geomorfológica e geomorfométrica da bacia hidrográfica do Rio Itabirito, Itabirito – Minas Gerais 42 Baçã, região intermontana e o vale de drenagens bem encaixadas, totalizando 36,48% da área em estudo. A maioria (50,33%) da bacia é constituído por relevo forte ondulado (20,1 a 45%) e apresenta uma distribuição homogênea em toda bacia, marcando a maioria dos flancos de morros e serras. O relevo montanhoso (45,1 a 75%) e as escarpas (>75%) encontram-se associadas a sistemas de falhas de empurrão na borda do Complexo Baçã com as rochas supracrustais e na borda oeste da serra da Moeda que configura um extenso sistema de falha no flanco oeste desse sinclinal com o Complexo Bonfim (Figura 2.4, p. 12). O relevo montanhoso compreende 5,02% da bacia onde o flanco oeste da serra da Moeda e a porção centro-norte da crista inferior registram as maiores áreas contínuas e as escarpas definem 0,11% da bacia, ocorrendo de forma pontual nas bordas oeste e norte.





**LEGENDA**

ADA Licenciada - Processo 13880/2023	<b>Declividade AEL (%)</b>
Área Diretamente Afetada - ADA	<= 3
Área de Estudo Local - AEL	3 - 8
	8 - 20
	20 - 44
	44 - 75
	> 75

Sistema de projeção: UTM  
 DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

Fonte de dados:  
 Geoline (2024), ALOS Palsar

0 1 2 km

ESCALA: 1:25.000

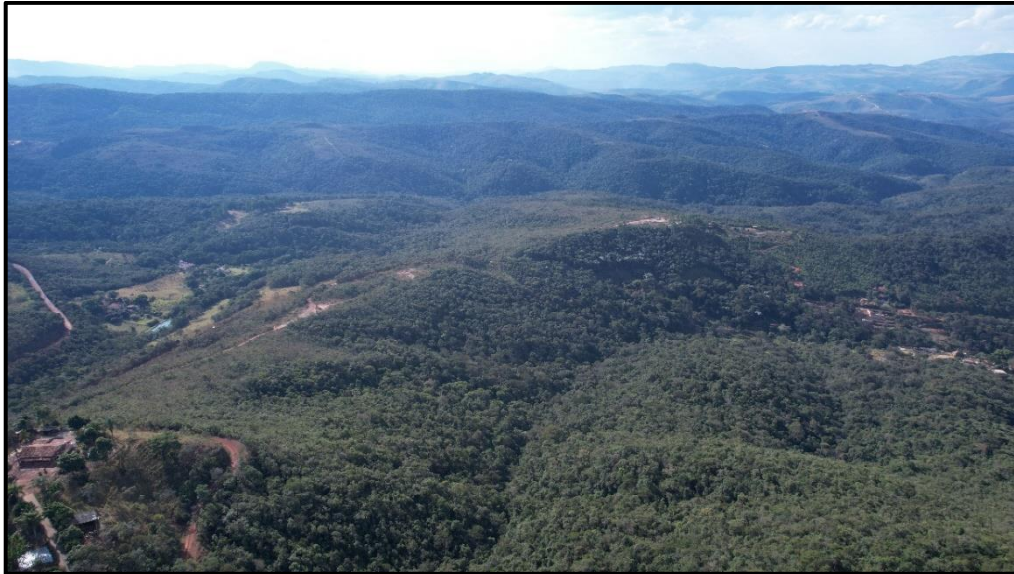
	Projeto:	<b>MINERIX MINERAÇÃO</b>
	Título:	<b>MAPA DE DECLIVIDADE</b>
Elaboração:	Geoline Engenharia	Data: 21/11/2024
		Formato: A3
		Revisão: R 01

### 8.1.5 Padrão de Drenagem

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. Esta análise é fundamental para a confecção da carta geomorfológica, sobretudo para a demarcação dos modelados, que nem sempre apresentam limites coincidentes com os dos divisores das sub-bacias, embora auxiliem no processo de classificação dos mesmos. Além disso, permitem que se faça correlações dos padrões entre os ambientes climáticos diversos, atuais ou passados, e as condicionantes litoestruturais. No estudo da drenagem para a compartimentação do relevo, devem-se considerar os seguintes atributos: tipo de canal; padrão e hierarquia da drenagem; topografia; grau de controle; sinuosidade; angularidade; ângulo de junção; e assimetria, além da detecção de feições anômalas.

Em Itabirito, a principal bacia hidrográfica é a do Rio Itabirito (Mapa 6), que abrange totalmente o município e parcialmente os municípios de Ouro Preto e Rio Acima. Um dos principais afluentes da margem esquerda do Rio das Velhas, tem suas nascentes localizadas na porção noroeste da bacia, nas cotas entre 1460 e 1520 m. O Rio Itabirito é formado pela confluência do Ribeirão Mata Porcos com o ribeirão Sardinha; o Mata Porcos nasce da confluência do córrego da Cruz com o ribeirão do Silva e drena parte do sinclinal Moeda, onde se localizam grandes atividades minerárias e ocupações antrópicas do tipo loteamentos. Também representa uma das divisas entre os municípios de Itabirito e Ouro Preto, e seu canal percorre aproximadamente 33,5 km até o encontro com o ribeirão Sardinha que nasce no município de Ouro Preto.





Fotografia 4: Rio Itabirito, nas proximidades da área de estudo. Fonte: Geoline Engenharia, 2024.



Fotografia 5: Vista panorâmica do Rio Itabirito, vale encaixado. Fonte: Geoline Engenharia, 2024.

### 9.3.3 Avaliação dos Tipos de Relevo

O Quadrilátero Ferrífero é uma província metalogenética conhecida mundialmente. As rochas que constituem esse ambiente formam um sistema complexo de informações devido a sua grande variedade de litologias e pela



influência dos eventos tectônicos. Todo esse contexto, contribuiu para a modelagem do relevo do QF, que teve a sua evolução influenciada pelo intemperismo das rochas resistentes à denudação e ao intemperismo e das rochas suscetíveis a alteração e originalmente dispostas em cotas mais elevadas, além de outros fatores que são essenciais para a modelagem do ambiente. Os anticlinais foram descobertos e atualmente ocupam a porção inferior do relevo, enquanto que as sinclinais permaneceram protegidas devido aos litotipos mais resistentes.

A paisagem do QF é marcada pela presença de serras, planaltos, patamares, planícies e terraços fluviais. Feições como cristas altas e irregulares marcam a paisagem, além da presença de hogback's, platôs elevados, canyons profundos e vales amplos, conforme é possível verificar nas figuras a seguir.



Fotografia 6: Vista Panorâmica da área a ser minerada. Fonte: Geoline Engenharia, 2024.





Fotografia 7: Vista do Relevo nas áreas próximas ao empreendimento. Fonte: Geoline Engenharia, 2024.

#### **9.3.4 Padrão de Drenagem**

Estudar o sistema de drenagem é fundamental porque nos ajuda a entender como o clima, seja ele atual ou tempos passados, interage com as características geológicas e tectônicas da região. Esse tipo de análise é especialmente importante quando estamos criando mapas geomorfológicos, pois ela nos auxilia a identificar as formas de relevo.

Mesmo que os padrões de drenagem nem sempre correspondem aos limites das sub-bacias, eles são essenciais para classificar essas áreas. Além disso, essa análise nos permite relacionar os padrões de drenagem com diferentes climas e as estruturas geológicas da região, tanto do presente quanto do passado. Quando analisamos a compartimentação do relevo com base na drenagem, precisamos levar em conta diversos aspectos. Entre eles estão o tipo de canal, a topografia da área, o padrão de drenagem e a hierarquia de drenagem. Também é crucial observar o quanto a estrutura geológica controla esses canais; a sinuosidade e a angularidade dos cursos d'água e o ângulo em que eles se encontram. Além disso é importante notar a assimetria e quaisquer feições anômalas que possam surgir. Todos esses fatores são fundamentais



para entender como o relevo evoluiu ao longo do tempo e os processos que o moldaram.

A cidade de Itabirito está situada na macrobacia do Rio São Francisco e na microbacia do Rio das Velhas. A macrobacia do Rio São Francisco abrange uma vasta área que se estende por diversos estados brasileiros. O rio nasce em Minas Gerais e atravessa os estados de Goiás, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, até desaguar no Oceano Atlântico. Esta bacia hidrográfica é uma das mais importantes do Brasil, ocupando cerca de 8% do território nacional. Com uma extensão total de 2.863 km, ela cobre uma área de 639.219 km<sup>2</sup>.

A principal bacia hidrográfica onde se localiza a área de estudo é a do Rio das Velhas, que abrange todo o município de Itabirito. Seu principal afluente é o Rio das Velhas como um dos seus principais cursos d'água da bacia, nascentes estão localizadas dentro do Parque Municipal Cachoeira das Andorinhas, em Ouro Preto, é o maior afluente em extensão da bacia do Rio São Francisco. Deságua no Velho Chico, na localidade de Barra do Guaicuí, município de Várzea da Palma, percorrendo uma distância total de 806,84 km.

A bacia hidrográfica do Rio das Velhas cobre uma vasta área de aproximadamente 27.850 km<sup>2</sup> e se estende por 51 municípios, com seu rio principal e vários afluentes percorrendo essa região. Dentro dessa bacia, 44 municípios têm suas sedes urbanas. Essa área é muito significativa para Minas Gerais, já que representa cerca de um quarto da população do estado.

A bacia do Rio das Velhas é dividida em quatro regiões fisiográficas. Itabirito está localizada na região do Alto Rio das Velhas. As outras três regiões são o Médio Alto Rio das Velhas, o Médio Baixo Rio das Velhas e o Baixo Rio das Velhas. Cada uma dessas áreas tem suas próprias características e contribui para a diversidade e importância da bacia.



Dentro da Área Estudo Local - AEL tem-se quatro cursos de drenagem: o Rio Itabirito sendo o curso principal, seu canal tem sentido norte percorrendo aproximadamente 23,5 km e atravessa a área urbana do município de Itabirito até o encontro com o córrego Paianas e com o córrego Luzia dos Santos ou Moleque; o córrego Campestre também inserido na AEL desagua no Luzia dos Santos ou Moleque. A partir de então o Rio Itabirito, segue no sentido nordeste percorrendo aproximadamente 5,4 km até o encontro com o Rio das Velhas.



## 10 SUSCETIBILIDADE A PROCESSOS EROSIVOS

### 10.1 PROCESSOS EROSIVOS

Os processos erosivos têm origem em diversos fatores, como o formato e a declividade do terreno, o fluxo de água, a pluviosidade, o transporte de sedimentos e a natureza e a distribuição dos habitats de plantas e animais. Esses processos refletem os fenômenos geológicos e o intemperismo.

A erosão, embora seja um processo natural, pode ser acelerada e intensificada pela ação humana, resultando em erosões antrópicas. Essas são causadas principalmente pelo tipo de manejo do solo, pelos usos intensivos e pelas mudanças na cobertura do solo.

As erosões são classificadas de acordo com sua origem - natural ou antrópica - e pela forma de transporte, ocorrendo de modo difuso ou concentrado. As erosões que ocorrem pelo escoamento difuso são chamadas de erosões laminares, enquanto as que se desenvolvem pelo escoamento concentrado são conhecidas como erosões lineares (Nascimento, 2016).

As erosões laminares se caracterizam pelo escoamento contínuo de uma lâmina d'água e pela remoção homogênea e lenta da camada superficial do solo, que geralmente contém maiores quantidades de nutrientes. Este tipo de erosão é difícil de observar diretamente, sendo constatado às vezes pelo decréscimo da produtividade agrícola ou pelo aparecimento de raízes expostas.

As erosões lineares, por sua vez, ocorrem em caminhos preferenciais gerados pelo escoamento concentrado da água ou por trilhas, como caminhos de gado ou estradas. Conforme sua evolução, são classificadas em sulcos, ravinas e voçorocas (Nascimento, 2016)



## 10.2 CONTEXTO REGIONAL

A variedade de rochas presentes na área central do quadrilátero ferrífero, mostra comportamentos diferentes das superfícies erosivas, sendo predominante a denudação em rochas carbonáticas, em seguida estão os gnaisses, granitos, xistos e filitos com feições erosivas médias e as menores taxas estão as formações rochosas de filitos e quartzitos (CASTRO, et. Al., 2020).

Esta região é conhecida como uma das mais importantes, se tratando de domínios geomorfológicos do Brasil, que apresenta uma variação de feições devido à alta complexidade das suas estruturas geológicas. Essa complexidade estrutural contribui para a evolução da erosão diferencial, seguindo a regra do modelamento terrestre que distingue a partir da resposta dos diferentes tipos de rocha que são afetadas pelo mesmo processo de intemperismo.

Na área de estudo regional ocorrem também os processos de erosão acelerada que estão presentes em diversas áreas. Essas feições foram modeladas a partir da própria evolução do terreno, porém apresenta uma grande influência de ação antrópica.

A erosão acelerada contribui para o aumento do aporte de sedimentos nas calhas fluviais locais. A ocorrência de rochas cristalinas da área de estudo regional favorece a formação de voçorocas devido a fragilidade dessas rochas. Apesar dessa vulnerabilidade apresentada pelas rochas cristalinas, existem estudos que associam o avanço dos processos erosivos provocados pela ação antrópica, principalmente no entorno da Bacia do Rio das Velhas, onde se instalaram algumas empresas de mineração e o crescimento urbano em áreas impróprias.

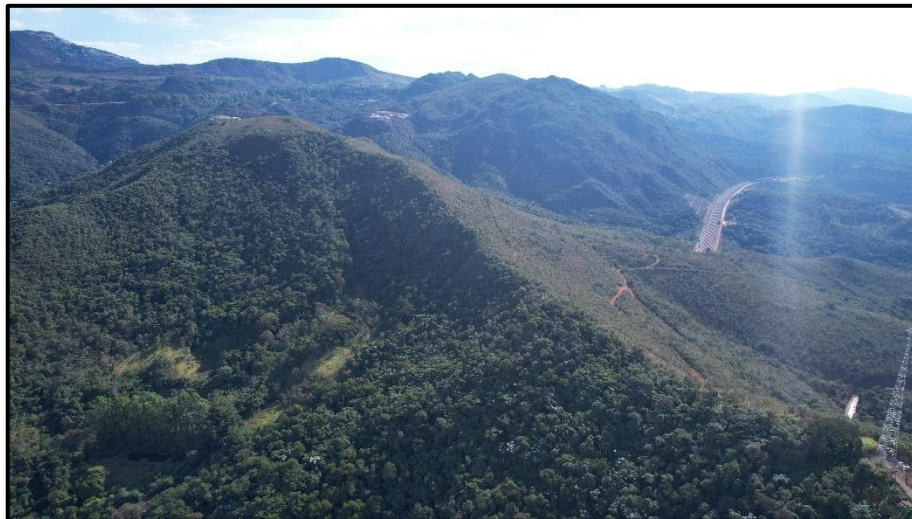
Rochas ricas em minerais de quartzo são mais resistentes aos processos erosivos, diferente das rochas que contém minerais micáceos e feldspatos que



são afetadas mais facilmente pelo intemperismo, principalmente pela ação da água, que reage mais facilmente com esses minerais.

Os processos erosivos se tratam de eventos mecânicos que agem tanto em superfície tanto como em profundidade, que se traduzem na desagregação, transporte e deposição de partículas do solo. São processos naturais, mas que podem ser acelerados pela ação humana.

A atividade humana pode desequilibrar os processos geomorfológicos que podem acarretar em processos laminares e lineares.



Fotografia 8: Vista da Serra da Moeda e a área de pesquisa do projeto Mineração Minerix.

Fonte: Geoline Engenharia, 2024.

Na fotografia acima, que é um registro aéreo da área feito pela Geoline Engenharia, é possível ver a serra da moeda em sua porção central, onde afloram rochas da formação Cauê e estabelecidas minerações das BIFs originadas nessa formação geológica.



600000.000

625000.000

650000.000

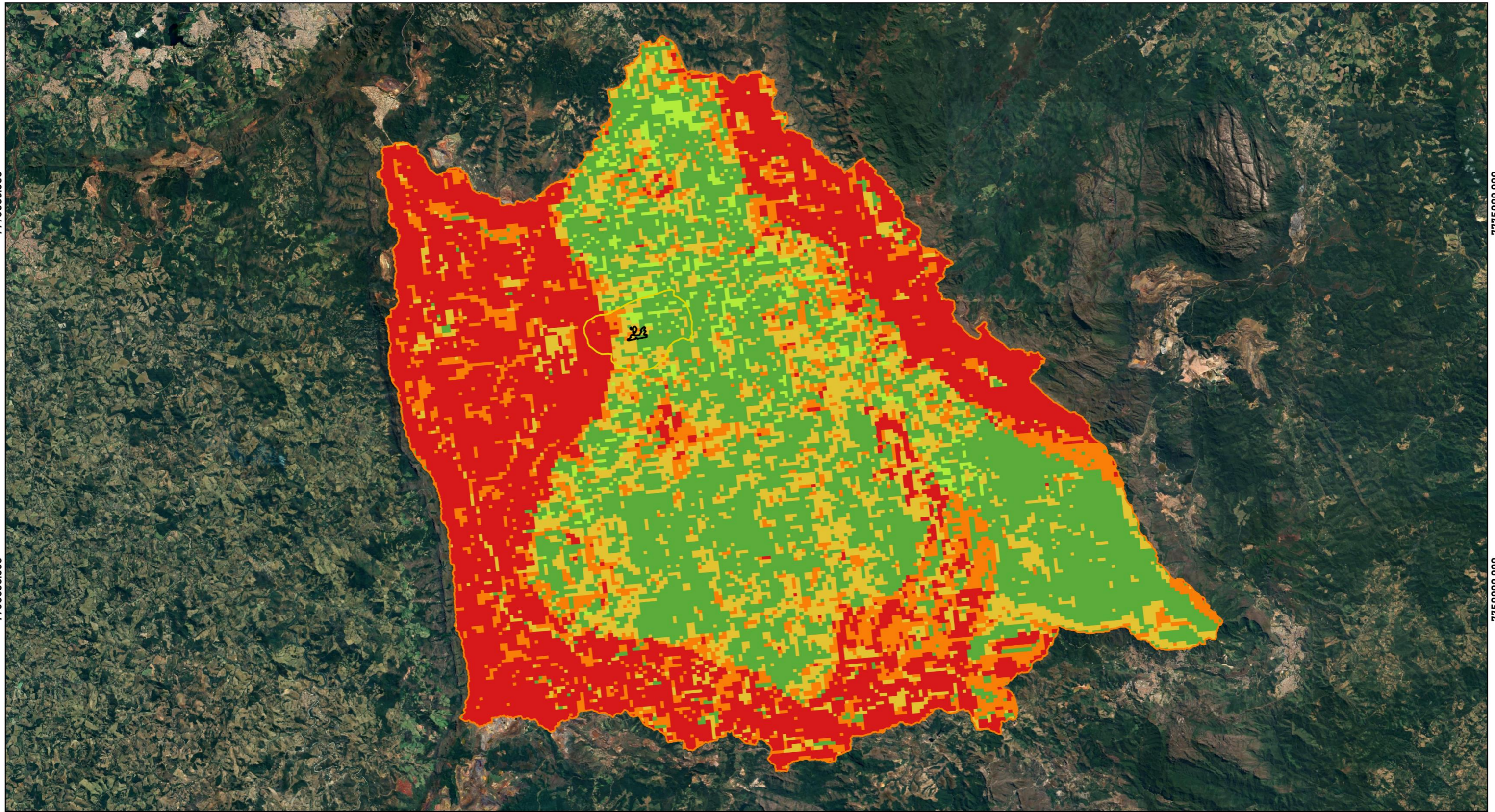
675000.000

7775000.000

7775000.000

7750000.000

7750000.000







600000.000

625000.000

650000.000

675000.000

**LEGENDA**

-  ADA Licenciada - Processo 13880/2023
-  Área Diretamente Afetada - ADA
-  Área de Estudo Local - AEL
-  Área de Estudo Regional - AER

**Vulnerabilidade dos Solos**

-  Muito alta
-  Alta
-  Média
-  Baixa
-  Muito baixa

Sistema de projeção: UTM  
DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

0 7,5 15 km



Fonte de dados:  
Geoline (2024), IDE\_Sisema

ESCALA: 1:240.000



Projeto: **MINERIX MINERAÇÃO**

Título: **MAPA DE VULNERABILIDADE DOS SOLOS**

Elaboração: **Geoline Engenharia**

Data: **21/11/2024**

Formato: **A3**

Revisão: **R 00**

Através da base de dados do IDE-Sisema, a área de estudo regional em via de regra tem alto potencial a vulnerabilidade do solo nas regiões de serra, justificado no item de pedologia a seguir, que detalha a presença de solos rasos nessas regiões. A também a característica comum nas regiões onde afloram filitos nas vertentes de serra, aponta um risco de movimentos de massa ocasionas pelo fator litológico, bem como na região de complexo baçõ, onde esses movimentos são correlatos as rochas plutônicas.

### 10.3 DIAGNÓSTICO LOCAL

Em incursão de campo, através de análise visual foi possível identificar tipos distintos de evolução erosiva, a depender da litologia ou perfil pedológico exposto na área.

Os principais processos erosivos que afetam a área de estudo local são decorrentes das ações de águas pluviais. Os principais processos são a erosão laminar e a erosão linear.

- Laminar: escoamento difuso da água, remoção progressiva e uniforme do solo.
- Linear: escoamento em um canal preferencial, podem ser classificados como sulcos, ravinas e voçorocas.
  - Sulcos: Tratam-se de pequenas cisões retilíneas, centimétricas no solo. Tendem a ser efêmeras e podem ser preenchidas naturalmente em períodos de seca.
  - Ravinas: Cortes evoluídos de sulcos que atingem vários metros de profundidade, não atingem o nível freático e podem ser recuperados com manejo adequado.
  - Voçorocas: Ocorrem quando o corte no solo atinge o lençol freático e o conecta com a rede de drenagem local, apresenta uma evolução na perda de solo muito rapidamente. Difícil recuperação e exige plano de tratamento complexo (CPRM, 2020).





Fotografia 9: deslizamento planar registrado dentro dos limites da área de estudo local.

Fonte: Geoline Engenharia, 2024.



Fotografia 10: Voçoroca desenvolvida dentro da área de estudo local. Fonte: Geoline Engenharia, 2024.



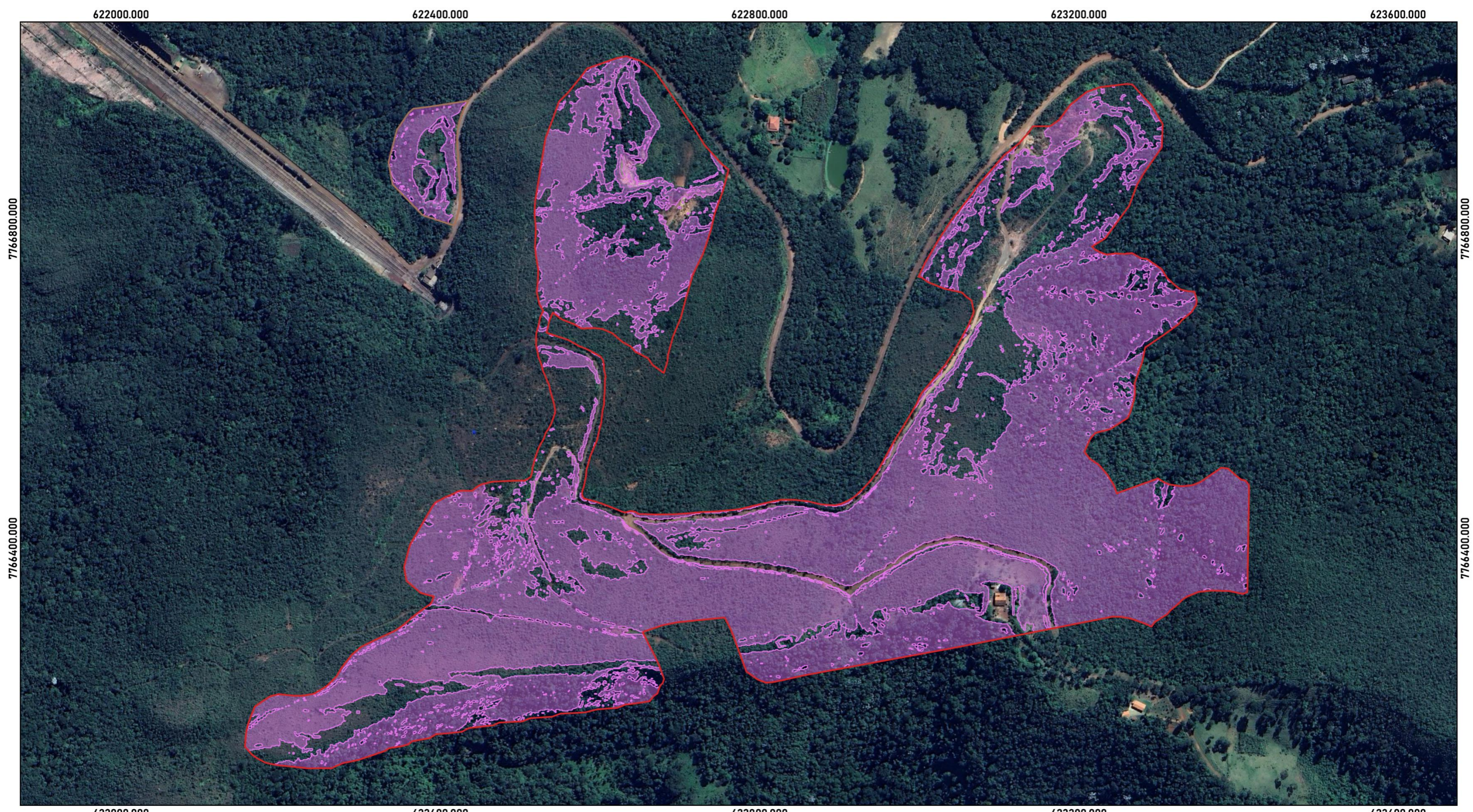


Fotografia 11: Escorregamento superficial. Fonte: Geoline Engenharia, 2024.

Os eventos de movimentos de massa estão associados aos processos erosivos, uma vez que a rocha se encontra em estágio de degradação e a sua textura friável evidencia uma fragilidade na coesão entre os minerais. Dessa forma, o escoamento superficial também é afetado e a ação da água aumenta o carreamento de sedimentos que causa uma maior denudação da rocha.

Outro fator importante para o avanço dos processos erosivos é a ausência de vegetação. A água da chuva afeta diretamente o solo exposto, provocando a erosão por salpicamento, que causa a remoção de partículas pelo impacto da água, além de gerar crostas impermeáveis na superfície, provocando o aumento do fluxo superficial, que ocasiona no aparecimento de feições erosivas.





**LEGENDA**

- ADA Licenciada - Processo 13880/2023
- Área de Estudo Local - AEL
- Área de Estudo Regional - AER
- Área Diretamente Afetada - ADA
- Áreas Susceptivas a Erosão por Declividade ADAL

Sistema de projeção: UTM  
DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

0 100 200 m



Fonte de dados:  
Geoline (2024)

ESCALA: 1:4.500



Projeto: **MINERIX MINERAÇÃO**

Título: **MAPA DE SUSCEPTIBILIDADE EROSOVA NA ADA**

Elaboração: <b>Geoline Engenharia</b>	Data: <b>21/11/2024</b>	Formato: <b>A3</b>	Revisão: <b>R 00</b>
---------------------------------------	-------------------------	--------------------	----------------------

## 11 PEDOLOGIA

### 11.1 FORMAÇÃO E PROCESSOS PEDOGENÉTICOS

Os solos são componentes vitais na complexa estruturação e transformação da litosfera do planeta Terra. As evoluções pedogenéticas são sistemas dinâmicos e codependentes de agentes variados.

O desenvolvimento e evolução são acarretados usualmente pelo desmantelamento da rocha ou material fonte, porém com uma alta variação em grau e fenômenos de diferenciação. Um conjunto de mecanismos de transformação de solos foram descritos e caracterizados por Jenny (1941), sendo esses: Material de origem, tempo, clima, relevo e organismos. Os fatores descritos atuam em maior ou menor grau, influenciando na natureza da pedogênese assim como nos aspectos finais do solo. É crucial salientar que dado a natureza transitória dos solos, suas transformações permanecem constantes ao longo do tempo geológico.

### 11.2 CARACTERIZAÇÃO REGIONAL

Presentes na área de estudo regional, estão descritos a baixos conforme a EMBRAPA 2018, as classes de solo que se destoam quanto as suas características, isso porque os limites da área de estudo regional engloba uma sub bacia, onde os compartimentos de dissecação e influência do intemperismo resultam em diferentes processos pedogenéticos.

#### 11.2.1 Cambissolos

Cambissolos são uma classe de solos caracterizados por sua constituição de material mineral, com seu horizonte “B” começando subjacente a qualquer tipo de horizonte na superfície com menos de 40 cm de espessura (EMBRAPA, 2006). São distinguidos pelo seu baixo grau desenvolvimento pedogenético, o que resulta em uma forte influência dos materiais de origem nas



características do solo (SHINZATO e CARVALHO FILHO, 2005). Apresentam coloração bruna até vermelho amarelada e se comporta de fortemente a imperfeitamente drenados.

Os Cambissolos, devido a heterogeneidade dos materiais que os compõe, das formas de relevo e condições climáticas, faz com que suas características variam muito de um local para o outro. Geralmente são encontrados em relevos montanhosos (SHINZATO e CARVALHO FILHO, 2005).

Os cambissolos no contexto da área de estudo regional, ocorrem tanto em área de maiores declividades como nas serras que delimitam a região e nos baixos topográficos que estão associadas as unidades do embasamento cristalino.



Figura 31: Cambissolo. Fonte: EMBRAPA



### 11.2.2 Latossolos

Latossolos são solos que se apresentam em estágios avançados de intemperização, a partir dos processos de laterização. São solos muito evoluídos que apresentam ausência de minerais primários, espessura elevada, sendo raramente menor do que um metro, estrutura praticamente maciça, na qual não há muita diferenciação de seus horizontes (EMBRAPA, 2006). São solos que apresentam variação de bem drenados a fortemente drenados, excelente permeabilidade interna, o que garante maior resistência a processos erosivos entre as demais classes de solo, em relevos suaves podem ser classificados como de baixa susceptibilidade a processos erosivos (SHINZATO e CARVALHO FILHO, 2005).

Estes solos são característicos de regiões tropicais e equatoriais, e desenvolvem-se principalmente em relevos plano a suave ondulado, mas também podendo ocorrer em relevos mais acidentados e até em montanhosos (EMBRAPA, 2006). São originados dos mais diversos tipos de rochas e sedimentos.

Os latossolos que se desenvolveram dentro da área de estudo regional, localizam-se principalmente em área mais planas e levemente onduladas, principalmente sobre as rochas cristalinas referente ao embasamento da região, mas também ocorrendo em alguns pontos de declividade altas junto as serras da região.





Figura 32: Latossolo. Fonte: EMBRAPA.

### 11.2.3 Neossolos litólicos

Neossolos Litólicos tratam-se de solos pouco evoluídos, que são compostos por material mineral ou orgânico que apresenta menos de 20 centímetros de espessura, no qual não há presença de um horizonte B definido. Não apresentam forte alteração em relação ao material de origem, graças a baixa intensidade dos processos pedogenéticos, devido às propriedades do material originário, como grande resistência destes ao intemperismo, composição química, ou mesmo fatores climáticos (EMBRAPA, 2006).

São solos no qual o horizonte A encontra-se assentado diretamente ao substrato rochoso, ou sobre um horizonte B e C delgados, em contato lítico no espaço de 50 centímetros as superfícies do solo. São desenvolvidos primordialmente em relevos de características irregulares e de alto desnível altimétrico tais como depressões, morros e coxilhas (SHINZATO e CARVALHO FILHO, 2005).



Os Neossolos Litólicos originados na área de estudo regional, encontram-se localizados em regiões de alto desnível altimétrico e com altas declividades, concentrados principalmente sobre as Serras, em relevos nos quais a declividade não permite a formação de solos profundos.



Figura 33: Exemplicação de um perfil Neossolo. Fonte: EMBRAPA

#### 11.2.4 Argissolos

Argissolos tratam-se de solos compostos por materiais minerais, que têm como destaque a presença eminente do horizonte B textural de argila de atividade baixa. O horizonte B deve-se encontrar impreterivelmente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial e apresentam profundidades muito variáveis (EMBRAPA, 2006).

A maior parte destes solos desta classe demonstra um claro aumento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B, com ou sem decréscimo, para baixo do perfil. A transição entre os horizontes destes solos é muito evidente (EMBRAPA, 2006).



Apresentam profundidade variável, podendo ser drenados a fortemente drenados, de cores amareladas a avermelhadas e eventualmente marrom. A textura pode variar de arenosa a argilosa no horizonte A, e argilosa nos demais horizontes (EMBRAPA, 2006).

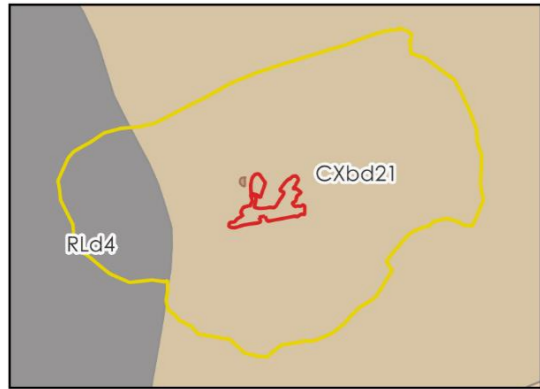
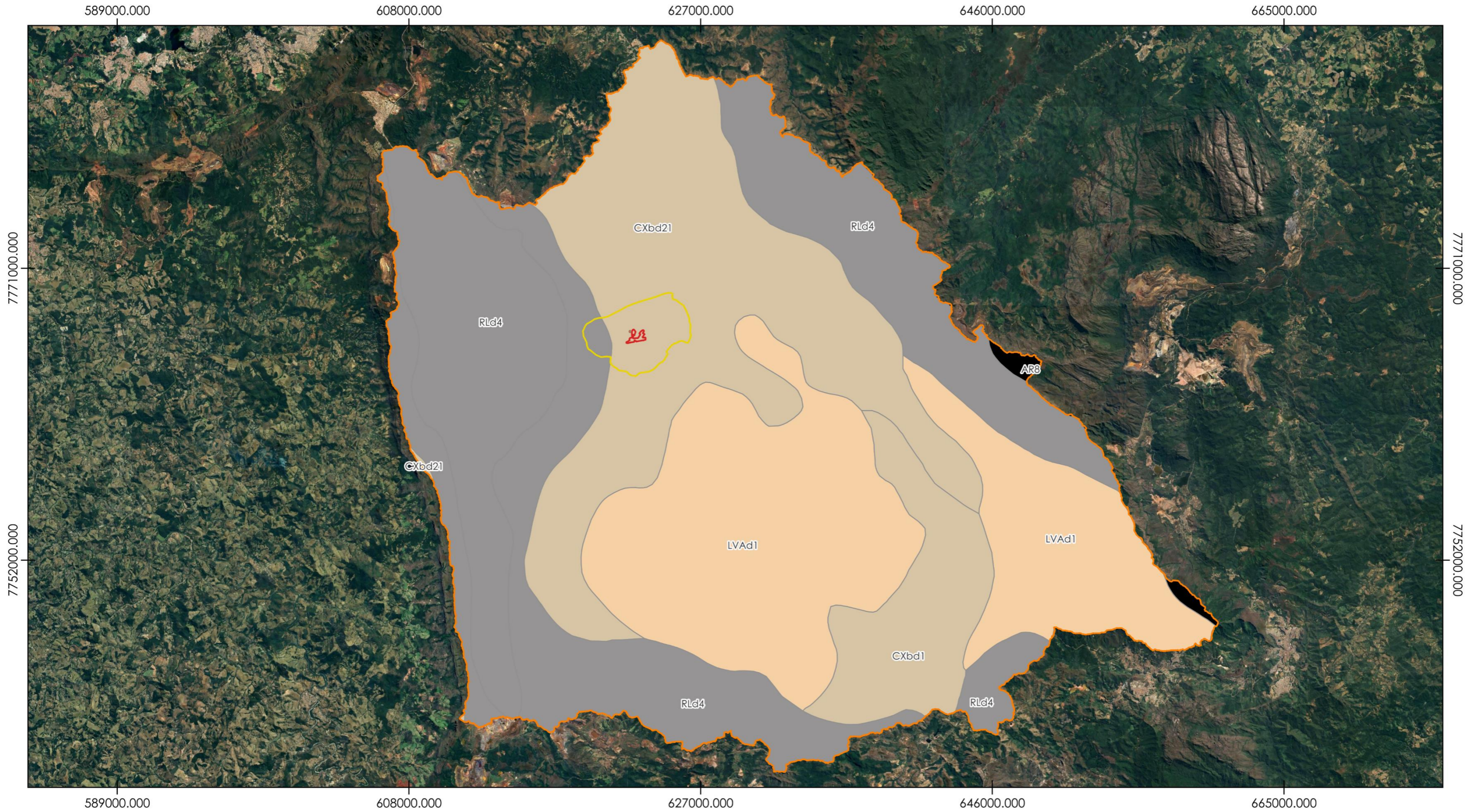
Os argissolos oriundos da área de estudo regional, encontram-se em regiões de relevos com menores declividade, nos domos e domínios de colinas poli convexas gerados pelo intemperismo de granitos e gnaisses, ou seja, em relevos ondulados.



Figura 34: Argissolo. Fonte: EMBRAPA.

O mapa a seguir mostra a categorização de solos sobre a área de estudo regional.





LEGENDA		CLASSES	
	ADA Licenciada - Processo 13880/2023		Afloramento rochoso
	Área Diretamente Afetada - ADA		Cambissolo háplico Tb distrófico
	Área de Estudo Local - AEL		Latossolo vermelho-amarelo distrófico
	Área de Estudo Regional - AER		Neossolo litólico distrófico

Sistema de projeção: UTM  
 DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

0 7,5 15 km

ESCALA: 1:230.000

Fonte de dados:  
 Geoline (2024), IDE-Sisema (2022)

**Geoline Engenharia**

Projeto: **MINERIX MINERAÇÃO**

Título: **MAPA PEDOLOGICO**

Elaboração: **Geoline Engenharia** | Data: **21/11/2024** | Formato: **A3** | Revisão: **R 01**

## 11.3 CARACTERIZAÇÃO LOCAL

Para caracterização pedológica da área de estudo local, a descrição e caracterização a fim de analisar e enquadrar os tipos de solo presentes, foi feito incursões de campo.

### 11.3.1 Neossolos Litólicos distróficos (RLd4)

Neossolos tratam-se de solos pouco evoluídos, que são compostos por material mineral ou orgânico que apresenta menos de 20 centímetros de espessura, no qual não há presença de um horizonte B definido. Não apresentam forte alteração em relação ao material de origem, graças a baixa intensidade dos processos pedogenéticos, devido às propriedades do material originário, como grande resistência destes ao intemperismo, composição química ou mesmo fatores climáticos (EMBRAPA, 2006).

Neossolos Litólicos distróficos são solos minerais pouco desenvolvidos, com baixa espessura, no qual o horizonte A encontra-se assentado diretamente ao substrato rochoso, ou sobre um horizonte B e C delgados, em contato lítico no espaço de 50 centímetros as superfícies do solo. São desenvolvidos primordialmente em relevos de características irregulares e de alto desnível altimétrico tais como depressões, morros e coxilhas (SHINZATO e CARVALHO FILHO, 2005).

Os Neossolos Litólicos distróficos perfazem cerca de 342 hectares de área no perímetro da AEL, que corresponde a 17,6% da área total.

O Neossolo Litólico distrófico presente na área de estudo é classificado da seguinte forma de acordo com os padrões da EMBRAPA (2011):

RLd4 - Neossolos Litólicos Distróficos + Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos.



Fotografia 12: Evidência do perfil Neossolo, no topo da serra, Área Diretamente Afetada.  
(Ponto – Coordenadas: 622637.19 m E/7766289.99 m S. Fonte: Geoline Engenharia, 2024.

### **11.3.2 Cambissolos háplicos tb distróficos (CXbd21)**

Cambissolos são uma classe de solos caracterizados por sua constituição de material mineral, com seu horizonte "B" começando subjacente a qualquer tipo de horizonte na superfície com menos de 40 cm de espessura (EMBRAPA, 2006). São distinguidos pelo seu baixo grau de desenvolvimento pedogenético, o que resulta em uma forte influência dos materiais de origem nas características do solo (SHINZATO e CARVALHO FILHO, 2005). Apresentam coloração bruna até vermelho amarelada e se comporta de fortemente a imperfeitamente drenados.

Os Cambissolos Háplicos tb distróficos, devido a heterogeneidade dos materiais que os compõe, das formas de relevo e condições climáticas suas características variam muito de um local para o outro (EMBRAPA, 2006). Geralmente são encontrados em relevos fortes, de forte ondulado a montanhoso em encostas íngremes (SHINZATO e CARVALHO FILHO, 2005).

São solos muito erodíveis, primariamente por suas características físicas intrínsecas, como pouca profundidade, baixa velocidade de infiltração, que



juntas aos tipos de relevo facilitam velocidades maiores de escoamento superficial da água, desta forma apresentam energia maior de transporte de material sólidos (SHINZATO e CARVALHO FILHO, 2005).

Os Cambissolos Háplicos tb distróficos ocupam uma área de 1602 hectares no perímetro da AEL, correspondente a 82,4% da área total.

A variação de Cambissolos Háplicos tb distróficos presentes na área de estudo é classificado da seguinte forma de acordo com os padrões da EMBRAPA (2011):

CXbd21: Cambissolos Háplicos Tb Distróficos + Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Neossolos Quartzarênicos Órticos



Fotografia 13: Talude com perfil Cambissolo exposto (Ponto - Coordenadas: 624319.03 m E/7767187.50 m S). Fonte: Geoline Engenharia, 2024.



### 11.3.3 Análise Geoquímica dos Solos

Os solos presentes na AEL foram analisados a partir de dados geoquímicos disponibilizadas pela CPRM (Serviço Geológico Brasileiro), sendo estes expostos em concentrações de elementos e substâncias químicas dispostas nos solos. Estes valores de dados amostrais foram tratados e categorizados conforme suas estatísticas, entre estas estão: Valor máximo de amostra, Valor Mínimo de amostra, Valor Médio das amostras, Desvio Padrão e Tamanho (quantidade de amostras). Essa análise tem o intuito de prevenção da contaminação dos solos, tendo em vista preservação da sua funcionalidade e proteção das águas superficiais e subterrâneas, mantendo suas respectivas qualidades, desta forma prevenindo riscos à saúde humana e preservação do meio ambiente. Foram utilizados os padrões referentes à Resolução N° 420 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) estabelecida em 2009 para as análises, tomando como referência o valor de prevenção apresentado por solo (mg.kg<sup>-1</sup> de peso seco). Os valores representativos aos elementos podem ser observados na Tabela 15 a cor cinza representa valores acima da prevenção determinada pelo Conama e verde uma baixa amostragem, este que pode não representar adequadamente a presença do elemento nos solos.

Os Cambissolos háplicos distróficos (CXbd21) presentes na AEL demonstram todos os valores de concentração dos elementos químicos dentro dos padrões de prevenção da CONAMA. Vale ressaltar que neste estudo foram analisadas treze amostras de solo disponíveis pela CPRM (2012), não se trata de uma grande amostragem, no entanto pode oferecer um panorama da região.

Tabela 15: Análise geoquímica do solo CXbd 21 – Seguindo os parâmetros de prevenção do CONAMA 420.

<b>CAMBISSOLO HÁPLICO DISTRÓFICO (CXbd21)</b>					
	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio</b>	<b>Tamanho</b>
<b>AG</b>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente



<b>CD</b>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<b>CO</b>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<b>CR</b>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<b>FE</b>	7,40	4,20	5,63	1,37	4
<b>HG</b>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<b>MN</b>	330,00	30,00	152,50	127,12	4
<b>MO</b>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<b>NI</b>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<b>PB</b>	10,00	1,50	4,25	4,01	4
<b>SC</b>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<b>ZN</b>	100,00	1,50	28,38	47,82	4
<b>AS</b>	10,00	10,00	10,00	0,00	4
<b>BA</b>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<b>CU</b>	35,00	4,00	16,50	13,87	4
<b>V</b>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Fonte: CPRM, 2014.

Não foram identificadas amostras de Neossolos Litólicos Distróficos (RLd4), dentro da área de estudo local, o que impediu sua análise química.

Estudos realizados por Pereira (2018), mostram que a região da área estudada tende a apresentar valores elevados de alguns elementos devido a mineralogia das rochas presentes na área, destacando-se as principais alterações esperadas:

- O arsênio (As) ocorre nas rochas na forma de sulfetos, sendo a Arsenopirita (FeSAs) o mineral mais comum e vinculado as rochas metapelíticas, como filitos e filitos grafitosos, ricos em material carbonoso e piritoso, sendo comuns nos quatro grupos do Supergrupo Minas.
- O cromo (Cr) pode ocorrer associado a minerais como piroxênios, anfibólios, micas e granadas (Deer *et al.*, 1966) bem como a crocita (FeCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>). Sua ocorrência pode estar vinculada aos metavulcanossedimentos que ocorrem na Formação Cauê, Grupo Itabira (SGM).



- A niquelita ( $\text{NiAs}$ ) e a garnierita ( $((\text{NiMg})_3\text{SiO}_5(\text{OH})_4)$ ) os minerais mais comuns de ocorrência de níquel (Ni). Pode ocorrer também hospedado em minerais como a olivina, piroxênios, anfibólios e granadas (Deer et al. 1966). Sua ocorrência encontra-se atrelada às rochas metapelíticas com granada e formações ferríferas observados no Grupo Sabará (SGM), através de processos de enriquecimento supergênico.
- O elemento cobalto (Co) pode ser encontrado em vários minerais, sendo o mais comum a Cobaltita ( $\text{CoAsS}$ ). Sua ocorrência na área pode estar associada a processos hidrotermais ou a enriquecimento supergênico sobre rochas do Grupo Sabará (SGM).

Com o intuito de aprofundar dos conhecimentos geoquímicos da área de estudo, a GEPI realizou um levantamento de análise química do solo presente na ANM.



Figura 35: Mapa de localização das amostras de solos. GEPI, 2013.

Foram realizadas coleta de amostras em alta densidade pela ANM, nas quais foram cavadas aberturas no solo, utilizando cavadeira manual “boca de lobo”, sendo recolhidas amostras em até 50 centímetros de profundidade. As



amostragens foram coletadas a partir de critérios técnicos por toda a extensão da área de pesquisa. Foram definidas três categorias para as amostras: Amostras de solo, Colúvio ferruginoso e Minério de ferro saprólito. As amostras de solo e colúvio ferruginoso foram enviadas para o Laboratório FRX Service Ltda. Os resultados obtidos junto a certificação estão dispostos a seguir. Foram analisados os seguintes parâmetros para as amostras de solo: Fe Total, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, CaO, MgO, TiO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O e PPC (Perda por calcinação). Para as análises de de colúvio foram analisados Fe Total, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Mn, P e PPC (Perda por calcinação). O método utilizado para as análises foi o de ICP (Plasma de indução). Segue os resultados das análises químicas nos certificados.

FRX Service Ltda													
Prestação de Serviços de Análise Química													
Certificado de análise													
Data: 08/09/2011													
Identificação		Ensaio (%)											
FRX	M B M	PPC	Al2O3	SiO2	TiO2	Fe	Cr2O3	MnO	CaO	MgO	P2O5	Na2O	K2O
FRX 11-6202	Amostra 01	8,22	11,22	24,13	0,60	38,65	0,10	0,17	0,01	< 0,10	0,11	< 0,10	0,20
FRX 11-6203	Amostra 02	8,26	10,25	19,97	0,66	42,02	0,08	0,50	0,01	< 0,10	0,22	< 0,10	< 0,01
FRX 11-6204	Amostra 03	8,71	12,82	32,78	0,78	30,70	0,10	0,79	0,02	< 0,10	0,13	< 0,10	< 0,01
FRX 11-6205	Amostra 04	8,46	5,64	18,06	0,33	46,33	0,06	0,83	0,01	< 0,10	0,33	< 0,10	0,07
FRX 11-6206	Amostra 05	11,41	7,42	7,37	0,66	50,71	0,02	0,09	0,01	< 0,10	0,53	< 0,10	< 0,01
FRX 11-6207	Amostra 06	10,01	14,45	34,05	0,87	26,42	0,06	2,36	0,03	< 0,10	0,18	< 0,10	0,23
FRX 11-6208	Amostra 07	8,36	19,31	54,01	0,91	10,24	0,15	0,50	0,01	< 0,10	0,10	< 0,10	1,99
FRX 11-6209	Amostra 08	8,56	20,02	52,90	1,01	10,64	0,16	0,04	0,02	< 0,10	0,10	< 0,10	1,96
FRX 11-6210	Amostra 09	2,96	5,51	79,08	0,27	7,32	0,07	0,02	0,01	< 0,10	0,08	0,11	1,43
FRX 11-6211	Amostra 10	4,98	10,71	67,42	0,53	9,78	0,14	0,02	0,01	0,17	0,09	< 0,10	1,96
FRX 11-6212	Amostra 11	7,77	10,03	38,21	0,57	29,00	0,07	0,02	0,02	0,14	0,23	0,13	1,36
FRX 11-6213	Amostra 12	3,70	11,68	78,12	0,36	2,80	0,05	0,02	0,03	< 0,10	0,03	0,11	1,93
FRX 11-6214	Amostra 13	5,92	16,06	66,70	0,61	6,16	0,09	0,06	0,03	< 0,10	0,04	< 0,10	1,69
FRX 11-6215	Amostra 14	8,28	20,26	55,42	1,01	9,06	0,12	0,16	0,02	< 0,10	0,05	< 0,10	1,71
FRX 11-6216	Amostra 15	9,22	22,38	44,85	1,23	13,79	0,13	0,06	0,01	< 0,10	0,11	< 0,10	2,29
FRX 11-6217	Amostra 16	5,42	10,08	73,95	0,54	6,11	0,07	0,06	0,01	< 0,10	0,04	< 0,10	1,03
FRX 11-6218	Amostra 17	7,76	13,24	29,62	0,56	31,50	0,32	2,37	0,03	0,14	0,19	< 0,10	0,74
FRX 11-6219	Amostra 18	6,68	9,21	32,64	0,56	35,05	0,14	0,49	0,01	< 0,10	0,16	< 0,10	0,01
FRX 11-6220	Amostra 19	7,02	8,40	19,33	0,47	44,57	0,12	0,71	0,01	< 0,10	0,20	< 0,10	0,02
FRX 11-6221	Amostra 20	9,86	26,34	40,16	1,51	12,59	0,17	0,29	0,02	< 0,10	0,16	0,89	2,60
FRX 11-6222	Amostra 21	10,22	26,77	36,44	1,25	14,93	0,25	0,02	0,01	< 0,10	0,15	1,00	2,54
FRX 11-6223	Amostra 22	12,09	27,16	39,48	1,66	11,17	0,18	0,04	0,01	< 0,10	0,22	0,37	2,83
FRX 11-6224	Amostra 23	10,30	21,45	29,89	7,60	20,55	0,03	0,24	0,02	< 0,10	0,41	< 0,10	0,69
FRX 11-6225	Amostra 24	10,38	21,01	33,52	6,84	18,69	0,03	0,25	0,02	< 0,10	0,47	< 0,10	0,76
FRX 11-6226	Amostra 25	5,37	23,49	45,35	1,20	13,36	0,21	0,12	0,05	3,04	0,13	1,27	0,83
FRX 11-6227	Amostra 26	3,67	26,01	51,15	1,17	8,01	0,23	0,04	0,06	4,32	0,05	1,73	0,28
FRX 11-6228	Amostra 27	4,35	26,32	40,61	1,50	11,85	0,14	4,85	0,03	2,27	0,14	1,15	1,82
FRX 11-6229	Amostra 28	5,45	15,85	55,25	0,99	13,64	0,15	0,20	0,01	0,54	0,14	0,56	1,41
FRX 11-6230	Amostra 29	5,06	7,22	22,90	0,51	44,03	0,10	0,77	0,02	< 0,10	0,41	< 0,10	0,09
FRX 11-6231	Amostra 30	6,17	9,56	33,73	0,82	33,60	0,12	0,22	0,03	0,27	0,41	< 0,10	0,64
FRX 11-6232	Amostra 31	10,80	19,33	49,96	1,04	11,69	0,10	0,13	0,04	< 0,10	0,08	0,11	1,72
FRX 11-6233	Amostra 32	9,00	19,30	55,27	1,09	9,14	0,10	0,07	0,02	< 0,10	0,07	0,10	1,91
FRX 11-6234	Amostra 33	10,08	21,10	46,94	1,26	12,96	0,14	0,06	0,01	< 0,10	0,12	0,10	1,65
FRX 11-6235	Amostra 34	10,70	20,71	50,78	1,00	10,25	0,16	0,01	0,02	< 0,10	0,07	< 0,10	1,84
FRX 11-6236	Amostra 35	4,89	13,72	59,97	0,84	12,17	0,26	0,02	0,01	0,18	0,10	< 0,10	2,63
FRX 11-6237	Amostra 36	11,15	22,67	31,29	5,49	19,34	0,04	0,16	0,02	< 0,10	0,59	< 0,10	0,92
FRX 11-6238	Amostra 37	14,06	24,54	22,35	4,72	23,28	0,04	0,17	0,02	< 0,10	0,42	< 0,10	0,31
FRX 11-6239	Amostra 38	11,20	26,76	32,52	3,29	15,68	0,15	0,13	0,04	1,63	0,30	0,74	0,99
FRX 11-6240	Amostra 39	9,42	26,77	39,29	1,61	13,03	0,20	0,22	0,02	< 0,10	0,16	0,94	2,74
FRX 11-6241	Amostra 40	9,16	27,64	41,50	1,28	11,54	0,23	0,01	0,02	< 0,10	0,08	0,84	2,73
FRX 11-6242	Amostra 41	11,99	25,45	39,36	1,76	12,87	0,19	0,16	0,02	< 0,10	0,14	0,58	1,96
FRX 11-6243	Amostra 42	14,86	25,77	38,10	1,37	12,04	0,19	0,06	0,01	< 0,10	0,12	0,45	1,85
FRX 11-6244	Amostra 43	12,23	25,27	43,55	1,56	10,18	0,14	0,05	0,03	0,22	0,11	0,59	1,69
FRX 11-6245	Amostra 44	10,86	23,77	41,96	1,39	12,97	0,17	0,01	0,03	0,33	0,14	0,57	2,23
FRX 11-6246	Amostra 45	8,87	16,62	34,62	1,56	23,24	0,08	0,09	0,05	1,62	0,34	0,61	2,33
FRX 11-6247	Amostra 46	7,05	24,51	47,49	1,89	9,13	0,11	0,04	0,07	2,83	0,07	1,09	1,80
FRX 11-6248	Amostra 47	7,42	22,98	47,18	1,40	7,45	0,13	4,30	0,08	3,48	0,10	1,15	1,13
FRX 11-6249	Amostra 48	7,75	20,96	49,52	1,19	11,50	0,14	0,08	0,03	1,55	0,08	0,55	1,69
FRX 11-6250	Amostra 49	7,40	12,40	43,41	0,77	23,10	0,10	0,97	0,03	0,91	0,14	< 0,10	0,83

Tec. Responsável: Carlson Nazareth  
 CRQ 2ª região: 02404216

FRX Service Ltda - CNPJ :06164520/0001-16 - Insc. Estadual : Isento - Insc. Municipal: 5343  
 Av. Afonso Pena Nº 592 - sala 294 - Centro - Rio Acima - MG CEP: 34300-000  
 Laboratório: Rua Beira Rio, 10245, Distrito Industrial Simão da Cunha, Santa Luzia - MG, CEP : 33040-260  
 Tel: (31) 9159-1841

Figura 36: Análise química das amostras de solo nº 1 a 49. Fonte: Laboratório FRX Service Ltda, 2011.

FRX Service Ltda													
Prestação de Serviços de Análise Química													
Certificado de análise													
Identificação		Ensaio (%)											
FRX	M B M	PPC	Al2O3	SiO2	TiO2	Fe	Cr2O3	MnO	CaO	MgO	P2O5	Na2O	K2O
FRX 11-6251	Amostra 50	7,79	11,08	45,97	0,63	22,45	0,07	1,00	0,03	0,88	0,12	< 0,10	0,29
FRX 11-6252	Amostra 51	11,01	16,93	50,64	0,83	12,88	0,09	0,44	0,01	0,32	0,12	< 0,10	1,19
FRX 11-6253	Amostra 52	11,46	18,79	40,30	2,23	17,93	0,14	0,19	0,02	0,42	0,11	< 0,10	0,67
FRX 11-6254	Amostra 53	11,09	18,54	53,60	0,99	9,37	0,12	0,08	0,02	0,49	0,09	< 0,10	1,59
FRX 11-6255	Amostra 54	11,11	20,97	45,46	1,01	12,45	0,18	0,97	0,02	0,50	0,08	< 0,10	1,87
FRX 11-6256	Amostra 55	8,91	18,69	56,37	0,97	8,75	0,12	0,11	0,01	0,59	0,06	< 0,10	1,61
FRX 11-6257	Amostra 56	10,21	17,04	58,83	0,77	7,49	0,15	0,01	0,01	0,63	0,06	< 0,10	1,58
FRX 11-6258	Amostra 57	2,44	6,04	82,88	0,30	3,54	0,06	0,01	0,01	1,35	0,03	< 0,10	1,77
FRX 11-6259	Amostra 58	4,68	9,43	61,41	0,86	13,19	0,12	0,01	0,01	1,72	0,12	0,19	2,59
FRX 11-6260	Amostra 59	5,46	17,66	51,69	1,20	12,88	0,12	0,03	0,01	3,21	0,12	0,92	1,15
FRX 11-6261	Amostra 60	4,38	11,53	68,76	0,73	7,15	0,09	0,53	0,01	2,03	0,08	0,61	1,04
FRX 11-6262	Amostra 61	7,17	11,37	28,62	0,76	34,01	0,11	0,21	0,01	1,18	0,20	0,09	1,67
FRX 11-6263	Amostra 62	9,82	15,31	43,35	0,76	20,11	0,12	0,62	0,01	0,60	0,08	< 0,10	0,58
FRX 11-6264	Amostra 63	9,38	10,21	17,08	0,45	41,35	0,11	2,71	0,01	0,75	0,16	< 0,10	0,02
FRX 11-6265	Amostra 64	11,18	17,28	39,66	0,94	20,37	0,11	0,93	0,01	0,29	0,13	< 0,10	0,34
FRX 11-6266	Amostra 65	6,49	20,50	42,48	0,89	15,88	0,19	1,80	0,03	3,18	0,09	1,01	0,64
FRX 11-6267	Amostra 66	4,88	8,29	62,48	0,50	14,58	0,19	0,54	0,01	0,84	0,13	< 0,10	1,21
FRX 11-6268	Amostra 67	9,70	20,26	43,38	1,71	15,81	0,16	0,18	0,01	0,46	0,08	< 0,10	1,48
FRX 11-6269	Amostra 68	8,97	21,33	51,05	1,09	10,02	0,13	0,03	0,01	0,61	0,07	0,12	2,26
FRX 11-6270	Amostra 69	8,71	21,91	48,58	1,19	11,25	0,19	0,03	0,01	0,79	0,06	< 0,10	2,38
FRX 11-6271	Amostra 70	9,20	23,04	47,39	1,19	11,04	0,15	0,03	0,01	0,43	0,05	< 0,10	2,71
FRX 11-6272	Amostra 71	8,76	19,74	45,71	1,14	15,04	0,16	0,14	0,02	0,62	0,05	< 0,10	2,15
FRX 11-6273	Amostra 72	5,49	6,30	60,76	0,27	17,50	0,14	0,52	0,01	0,81	0,16	< 0,10	0,48
FRX 11-6397	Amostra 73	10,41	16,22	26,67	0,85	29,99	0,22	2,08	0,01	0,41	0,16	< 0,10	0,08
FRX 11-6398	Amostra 74	7,39	15,63	45,89	0,85	20,71	0,08	0,11	0,01	0,40	0,04	< 0,10	< 0,01
FRX 11-6399	Amostra 75	7,61	9,91	19,02	0,57	41,72	0,11	2,06	0,01	0,76	0,23	< 0,10	0,07
FRX 11-6400	Amostra 76	9,88	7,87	12,89	0,41	43,54	0,08	5,26	0,02	0,91	0,30	< 0,10	0,16
FRX 11-6401	Amostra 77	6,29	24,46	41,00	2,31	13,25	0,11	0,10	0,03	3,13	0,14	1,09	2,38
FRX 11-6402	Amostra 78	3,29	15,55	63,36	0,96	8,05	0,14	0,04	0,02	3,21	0,06	0,87	1,00
FRX 11-6403	Amostra 79	5,09	17,45	45,13	1,14	17,56	0,18	0,08	0,02	2,78	0,24	0,70	2,09
FRX 11-6404	Amostra 80	7,81	7,70	24,72	0,42	39,09	0,09	1,27	0,01	0,93	0,25	< 0,10	0,94
FRX 11-6405	Amostra 81	5,29	4,33	23,08	0,26	45,79	0,04	0,45	0,02	0,81	0,23	< 0,10	0,04
FRX 11-6406	Amostra 82	7,29	8,55	12,88	0,49	48,37	0,14	0,49	0,01	0,78	0,23	< 0,10	0,00
FRX 11-6407	Amostra 83	7,55	13,61	25,25	0,71	34,67	0,19	1,28	0,02	1,36	0,20	0,18	0,09
FRX 11-6408	Amostra 84	5,89	11,56	45,75	0,57	22,96	0,23	0,46	0,01	1,66	0,15	0,27	0,62
FRX 11-6409	Amostra 86	8,53	13,77	38,28	1,57	23,70	0,29	0,81	0,02	0,96	0,23	< 0,10	1,60
FRX 11-6410	Amostra 87	5,74	8,11	63,68	0,70	12,71	0,12	1,87	0,02	0,78	0,15	< 0,10	0,66
FRX 11-6411	Amostra 88	8,31	19,05	44,62	1,12	16,82	0,23	0,11	0,01	0,55	0,07	< 0,10	1,88
FRX 11-6412	Amostra 89	8,48	12,87	25,27	0,72	35,12	0,25	1,04	0,01	0,62	0,18	< 0,10	0,35
FRX 11-6413	Amostra 90	8,71	14,01	32,56	0,91	30,00	0,13	0,22	0,01	0,47	0,10	< 0,10	< 0,01
FRX 11-6414	Amostra 91	8,17	7,80	16,99	0,47	43,80	0,08	2,64	0,01	0,79	0,22	< 0,10	0,21
FRX 11-6415	Amostra 92	8,33	9,88	27,64	0,74	34,88	0,08	0,15	0,02	0,88	0,40	< 0,10	2,02
FRX 11-6416	Amostra 93	5,04	17,53	43,45	1,02	17,21	0,12	2,62	0,01	1,24	0,16	0,19	4,02
FRX 11-6457	Amostra 94	4,60	14,81	57,30	0,89	11,37	0,08	1,47	0,04	2,39	0,16	0,74	1,27
FRX 11-6458	Amostra 95	7,76	16,64	33,65	0,99	27,51	0,09	0,29	0,01	0,42	0,16	< 0,10	0,64
FRX 11-6459	Amostra 96	7,77	19,75	43,62	1,07	17,94	0,14	0,11	0,01	0,55	0,09	< 0,10	1,20
FRX 11-6460	Amostra 97	9,02	19,37	45,67	1,08	15,87	0,14	0,10	0,01	0,51	0,11	< 0,10	1,29
FRX 11-6461	Amostra 98	8,61	22,51	48,55	1,35	11,05	0,13	0,05	0,02	0,67	0,09	0,26	1,98
FRX 11-6462	Amostra 99	8,10	22,71	46,75	1,50	12,38	0,17	0,09	0,01	0,17	0,16	0,49	2,14


Data: 08/09/2011

Téc. Responsável: Carlson Nazareth  
 CRQ 2ª região: 02404216

**FRX Service Ltda - CNPJ:06164520/0001-16 - Insc. Estadual : Isento - Insc. Municipal: 5343**  
 Av. Afonso Pena Nº 592 - sala 294 - Centro - Rio Acima - MG CEP: 34300-000  
 Laboratório: Rua Beira Rio, 10245, Distrito Industrial Simão da Cunha, Santa Luzia - MG, CEP : 33040-260  
 Tel: (31) 9159-1841

Figura 37 : Análise química das amostras de solo nº 50 a 99. Fonte: Laboratório FRX Service Ltda, 2011.


FRX Service Ltda													
Prestação de Serviços de Análise Química													
Certificado de análise													
Data: 08/09/2011													
Identificação		Ensaio (%)											
FRX	M B M	PPC	Al2O3	SiO2	TiO2	Fe	Cr2O3	MnO	CaO	MgO	P2O5	Na2O	K2O
FRX 11-6635	Amostra 199	5,96	10,86	57,02	0,65	21,83	0,28	0,04	0,02	0,67	0,16	< 0,10	2,51
FRX 11-6714	Amostra 200	5,82	17,56	67,32	0,59	4,64	0,12	0,01	0,02	0,14	0,03	< 0,10	1,75
FRX 11-6715	Amostra 201	2,48	8,21	84,51	0,15	2,75	0,02	< 0,01	0,01	< 0,10	0,03	< 0,10	0,65
FRX 11-6716	Amostra 202	8,12	15,01	28,84	0,64	32,57	0,09	0,17	0,01	< 0,10	0,31	< 0,10	0,24
FRX 11-6717	Amostra 203	6,40	14,58	34,91	0,58	30,23	0,05	0,12	0,01	< 0,10	0,05	< 0,10	0,09
FRX 11-6718	Amostra 204	8,04	15,23	43,70	0,68	20,51	0,08	1,22	0,01	< 0,10	0,39	< 0,10	1,34
FRX 11-6719	Amostra 205	6,85	19,62	57,92	0,90	8,24	0,07	0,12	0,02	< 0,10	0,10	< 0,10	2,47
FRX 11-6720	Amostra 206	8,69	30,82	38,11	1,67	10,96	0,10	0,05	0,05	0,16	0,06	0,17	4,45
FRX 11-6721	Amostra 207	9,96	31,44	34,05	1,12	12,33	0,22	0,91	0,02	< 0,10	0,04	0,40	4,19
FRX 11-6722	Amostra 208	6,94	30,63	44,41	1,10	9,33	0,16	< 0,01	0,02	< 0,10	0,07	0,67	2,66
FRX 11-6723	Amostra 209	4,08	15,61	68,71	0,54	6,46	0,05	0,09	0,01	< 0,10	0,05	< 0,10	1,57
FRX 11-6724	Amostra 210	4,35	19,60	59,42	0,98	8,87	0,07	0,22	0,10	< 0,10	0,14	< 0,10	2,33
FRX 11-6725	Amostra 211	6,51	29,07	45,28	1,30	9,96	0,17	0,04	0,03	< 0,10	0,08	0,38	2,88
FRX 11-6726	Amostra 212	6,87	32,78	39,45	1,23	10,80	0,20	0,01	0,02	< 0,10	0,06	0,52	3,42
FRX 11-6727	Amostra 213	7,10	32,56	40,15	1,11	10,64	0,20	< 0,01	0,02	< 0,10	0,05	0,60	3,01
FRX 11-6728	Amostra 214	7,48	33,40	38,51	1,29	10,38	0,21	< 0,01	0,01	< 0,10	0,05	0,22	4,00
FRX 11-6729	Amostra 215	4,46	15,68	38,34	0,67	27,79	0,08	0,20	0,01	< 0,10	0,21	< 0,10	0,63
FRX 11-6730	Amostra 216	6,05	22,27	51,15	0,88	12,54	0,13	0,05	0,02	< 0,10	0,07	< 0,10	1,44
FRX 11-6731	Amostra 217	3,20	11,13	32,13	0,33	35,83	0,04	1,46	0,02	< 0,10	0,23	< 0,10	0,23
FRX 11-6732	Amostra 218	8,83	21,55	42,95	1,20	15,50	0,10	0,02	0,03	0,66	0,27	0,29	1,95
FRX 11-6733	Amostra 219	8,70	27,31	42,06	1,04	12,32	0,17	0,12	0,02	0,11	0,07	< 0,10	2,74
FRX 11-6734	Amostra 220	7,74	12,93	25,29	0,46	36,72	0,13	0,38	0,01	< 0,10	0,16	< 0,10	0,40
FRX 11-6735	Amostra 221	10,16	31,63	36,50	1,18	11,59	0,21	< 0,01	0,02	< 0,10	0,04	0,75	2,95
FRX 11-6736	Amostra 222	11,51	29,97	37,07	1,08	11,53	0,19	< 0,01	0,01	< 0,10	0,07	0,30	3,32
FRX 11-6737	Amostra 223	16,89	33,18	15,96	6,50	17,97	0,03	0,18	0,03	0,18	0,57	< 0,10	0,80
FRX 11-6738	Amostra 224	9,02	19,72	49,30	0,85	13,81	0,08	0,03	0,02	< 0,10	0,07	< 0,10	1,18
FRX 11-6739	Amostra 225	9,06	22,65	39,74	1,06	17,50	0,12	0,11	0,01	< 0,10	0,30	< 0,10	1,92
FRX 11-6769	Amostra 226	7,87	10,39	26,13	0,59	37,70	0,08	0,66	0,01	< 0,10	0,21	< 0,10	0,15
FRX 11-6770	Amostra 227	6,64	10,33	42,96	0,53	26,57	0,08	1,25	0,01	< 0,10	0,14	< 0,10	0,06
FRX 11-6771	Amostra 228	10,17	26,74	35,87	1,90	14,98	0,23	0,04	0,02	< 0,10	0,18	0,29	3,14
FRX 11-6772	Amostra 229	10,48	28,39	39,03	1,21	11,96	0,24	0,01	0,02	< 0,10	0,07	0,65	2,79
FRX 11-6773	Amostra 230	4,64	22,44	56,42	1,36	6,97	0,11	0,01	0,03	2,35	0,03	0,82	1,84
FRX 11-6774	Amostra 231	11,79	24,09	36,39	5,15	14,15	0,09	0,14	0,02	< 0,10	0,44	< 0,10	1,59
FRX 11-6775	Amostra 232	9,04	25,37	33,72	1,49	18,21	0,22	0,01	0,01	< 0,10	0,17	0,46	3,48
FRX 11-6776	Amostra 233	8,70	29,45	42,67	1,37	9,30	0,19	0,01	0,03	< 0,10	0,05	1,02	3,22
FRX 11-6777	Amostra 234	8,07	31,19	40,76	2,20	8,44	0,17	0,01	0,03	< 0,10	0,06	0,87	4,57
FRX 11-6778	Amostra 235	10,17	27,20	32,93	2,52	16,19	0,17	0,02	0,01	< 0,10	0,18	0,28	3,37
FRX 11-6779	Amostra 236	8,25	27,60	45,59	1,21	8,58	0,22	0,01	0,04	< 0,10	0,05	0,46	4,29
FRX 11-6780	Amostra 237	7,22	21,52	52,04	1,33	10,36	0,14	0,01	0,01	< 0,10	0,06	0,17	2,69
FRX 11-6781	Amostra 238	12,38	22,24	31,58	6,26	18,27	0,04	0,23	0,01	< 0,10	0,47	< 0,10	0,66
FRX 11-6782	Amostra 239	9,67	28,33	35,06	2,22	13,81	0,15	0,03	0,02	< 0,10	0,10	0,33	4,35
FRX 11-6783	Amostra 240	8,49	25,60	38,87	1,70	14,69	0,14	0,01	0,02	< 0,10	0,18	0,83	3,15
FRX 11-6784	Amostra 241	7,14	25,81	48,73	2,28	8,38	0,10	0,01	0,03	< 0,10	0,07	0,55	3,30
FRX 11-6785	Amostra 244	13,16	23,38	24,42	4,61	22,57	0,10	0,41	0,01	< 0,10	0,55	< 0,10	1,06
FRX 11-6786	Amostra 245	11,56	16,87	30,98	1,23	25,60	0,14	1,35	0,01	< 0,10	0,53	< 0,10	0,73
FRX 11-6787	Amostra 246	14,25	12,31	38,19	0,75	23,76	0,07	0,22	0,03	< 0,10	0,13	< 0,10	0,09
FRX 11-6788	Amostra 247	14,54	21,04	17,77	4,22	28,17	0,07	0,75	0,03	< 0,10	0,57	< 0,10	0,73
FRX 11-6789	Amostra 248	14,58	22,12	22,10	6,69	22,98	0,08	0,40	0,01	< 0,10	0,56	< 0,10	0,57
FRX 11-6790	Amostra 249	5,89	8,80	28,41	0,52	38,98	0,08	0,19	0,02	< 0,10	0,22	< 0,10	0,14

  
 Tec. Responsável: Carlson Nazareth  
 CRQ 2ª região: 02404216

**FRX Service Ltda - CNPJ: 06164520/0001-16 - Insc. Estadual : Isento - Insc. Municipal: 5343**  
 Av. Afonso Pena Nº 592 - sala 294 - Centro - Rio Acima - MG CEP: 34300-000  
 Laboratório: Rua Beira Rio, 10245, Distrito Industrial Simão da Cunha, Santa Luzia - MG, CEP : 33040-260  
 Tel: (31) 9159-1841

Figura 38: Análise química das amostras de solo nº 199 a 249. Fonte: Laboratório FRX Service Ltda, 2011.

FRX Service Ltda													
Prestação de Serviços de Análise Química													
Certificado de análise													
Data: 08/09/2011													
Identificação		Ensaio (%)											
FRX	M B M	PPC	Al2O3	SiO2	TiO2	Fe	Cr2O3	MnO	CaO	MgO	P2O5	Na2O	K2O
FRX 11-6791	Amostra 250	11,35	18,21	36,96	1,20	21,75	0,12	0,13	0,01	< 0,10	0,11	< 0,10	0,80
FRX 11-6813	Amostra 242	8,10	28,20	36,26	2,32	14,89	0,16	< 0,01	0,02	< 0,10	0,06	0,36	3,24
FRX 11-6814	Amostra 243	9,07	32,18	38,66	1,61	10,13	0,20	< 0,01	0,02	< 0,10	0,07	0,33	3,37
FRX 11-6815	Amostra 251	7,07	24,10	41,87	1,34	15,53	0,18	0,20	0,01	0,96	0,10	0,54	1,42
FRX 11-6816	Amostra 252	9,46	20,51	31,58	1,12	25,55	0,16	0,10	0,03	< 0,10	0,13	< 0,10	0,40
FRX 11-6817	Amostra 253	8,38	17,55	49,60	0,90	15,03	0,11	0,26	0,03	< 0,10	0,07	< 0,10	1,63
FRX 11-6818	Amostra 254	8,85	11,44	40,06	0,67	26,77	0,11	0,15	0,02	< 0,10	0,25	< 0,10	0,17
FRX 11-6819	Amostra 255	6,87	16,23	29,91	0,86	28,76	0,26	1,76	0,01	< 0,10	0,58	< 0,10	2,40
FRX 11-6820	Amostra 256	7,94	12,44	20,96	0,60	38,91	0,19	1,26	0,01	< 0,10	0,46	< 0,10	0,50
FRX 11-6821	Amostra 257	7,29	15,02	39,37	0,82	25,00	0,10	0,84	0,01	< 0,10	0,27	< 0,10	0,54
FRX 11-6822	Amostra 258	6,89	17,00	45,13	0,85	19,93	0,10	0,28	0,03	< 0,10	0,06	< 0,10	1,19
FRX 11-6823	Amostra 259	7,50	18,13	42,19	0,99	19,80	0,15	0,22	0,02	< 0,10	0,16	< 0,10	2,34
FRX 11-6824	Amostra 260	8,99	12,26	34,98	0,69	29,34	0,08	0,18	0,02	< 0,10	0,26	< 0,10	0,60
FRX 11-6825	Amostra 261	9,99	18,23	46,57	1,22	15,42	0,11	0,17	0,02	< 0,10	0,12	< 0,10	1,53
FRX 11-6826	Amostra 262	11,33	20,85	47,60	1,04	11,89	0,13	0,07	0,03	< 0,10	0,11	< 0,10	1,81
FRX 11-6827	Amostra 263	9,54	19,47	56,85	0,84	7,73	0,13	0,05	0,01	< 0,10	0,07	< 0,10	1,97
FRX 11-6828	Amostra 264	9,05	21,71	53,81	0,85	7,73	0,16	0,06	0,01	< 0,10	0,07	< 0,10	3,18
FRX 11-6829	Amostra 265	5,20	14,18	70,23	0,49	4,65	0,07	0,03	0,06	0,27	0,05	0,14	2,65
FRX 11-6830	Amostra 266	8,82	16,01	39,92	0,85	23,41	0,10	0,37	0,02	< 0,10	0,19	< 0,10	0,25
FRX 11-6831	Amostra 267	9,02	15,50	32,61	0,94	27,86	0,13	0,07	0,03	< 0,10	0,21	< 0,10	1,61
FRX 11-6832	Amostra 268	9,10	10,61	23,67	0,62	38,59	0,12	0,32	0,03	< 0,10	0,15	< 0,10	0,21
FRX 11-6833	Amostra 269	8,49	21,73	35,14	1,14	20,35	0,19	0,07	0,02	< 0,10	0,20	< 0,10	3,90
FRX 11-6834	Amostra 270	6,47	12,27	30,41	0,63	34,09	0,22	0,24	0,01	< 0,10	0,21	< 0,10	0,81
FRX 11-6835	Amostra 271	7,50	18,58	50,43	0,93	13,99	0,14	0,26	0,02	< 0,10	0,06	< 0,10	2,08
FRX 11-6836	Amostra 272	8,31	11,32	35,32	0,59	30,25	0,08	0,14	0,02	< 0,10	0,21	< 0,10	0,75
FRX 11-6837	Amostra 273	8,23	11,42	22,66	0,57	38,06	0,14	0,99	0,03	< 0,10	0,38	< 0,10	1,17
FRX 11-6838	Amostra 274	8,77	14,17	33,43	0,74	28,63	0,10	0,13	0,03	< 0,10	0,09	< 0,10	1,60
FRX 11-6839	Amostra 275	7,18	13,19	28,29	0,69	34,41	0,15	0,17	0,04	< 0,10	0,23	< 0,10	0,87
FRX 11-6840	Amostra 276	7,50	17,77	32,07	0,87	26,93	0,16	1,01	0,01	< 0,10	0,30	0,103	1,72
FRX 11-6841	Amostra 277	5,56	14,08	40,30	0,75	26,26	0,17	0,13	0,01	0,19	0,13	0,145	0,98
FRX 11-6842	Amostra 278	8,52	20,96	50,66	1,07	11,25	0,13	0,12	0,04	< 0,10	0,12	< 0,10	2,30
FRX 11-6843	Amostra 279	8,27	18,41	61,21	0,76	6,22	0,13	0,14	0,01	< 0,10	0,05	< 0,10	2,13
FRX 11-6844	Amostra 280	6,55	17,87	62,20	0,81	6,12	0,14	0,03	0,01	< 0,10	0,07	< 0,10	3,49
FRX 11-6845	Amostra 281	5,52	14,54	66,85	0,68	6,36	0,15	0,07	0,03	< 0,10	0,06	< 0,10	2,95
FRX 11-6846	Amostra 282	4,26	8,18	30,94	0,37	38,78	0,27	0,07	0,01	< 0,10	0,16	< 0,10	0,30
FRX 11-6847	Amostra 283	6,69	13,73	41,45	0,75	24,65	0,41	0,18	0,02	< 0,10	0,12	< 0,10	1,40
FRX 11-6848	Amostra 284	8,46	21,27	50,91	1,13	11,15	0,16	0,02	0,03	< 0,10	0,12	< 0,10	1,94
FRX 11-6849	Amostra 285	5,61	20,22	63,44	0,81	4,02	0,11	0,01	0,03	< 0,10	0,04	< 0,10	3,91
FRX 11-6850	Amostra 286	8,62	19,38	60,68	0,84	5,98	0,11	0,02	0,04	< 0,10	0,05	< 0,10	1,71
FRX 11-6851	Amostra 287	6,47	17,13	63,48	0,96	6,26	0,20	0,05	0,01	< 0,10	0,07	< 0,10	2,66
FRX 11-6852	Amostra 288	10,63	17,00	32,70	0,79	26,22	0,11	0,58	0,01	< 0,10	0,12	< 0,10	0,57
FRX 11-6853	Amostra 289	9,94	21,94	49,58	1,20	10,24	0,13	0,09	0,03	< 0,10	0,09	< 0,10	2,35
FRX 11-6854	Amostra 290	10,57	20,88	49,63	1,40	10,70	0,14	0,30	0,02	< 0,10	0,12	< 0,10	1,65
FRX 11-6855	Amostra 291	10,06	21,04	53,32	0,89	8,05	0,18	0,11	0,04	0,76	0,04	< 0,10	2,06
FRX 11-6856	Amostra 292	8,71	16,80	44,32	1,27	18,02	0,29	0,28	0,03	0,36	0,20	< 0,10	3,96
FRX 11-6857	Amostra 293	7,74	9,63	20,17	0,52	42,65	0,10	0,61	0,02	< 0,10	0,24	< 0,10	0,00
FRX 11-6858	Amostra 294	8,08	12,90	41,90	0,61	24,53	0,10	1,07	0,02	< 0,10	0,15	< 0,10	0,08
FRX 11-6859	Amostra 295	9,50	18,93	42,47	0,93	18,54	0,13	0,38	0,04	< 0,10	0,13	< 0,10	0,98
FRX 11-6860	Amostra 296	10,10	20,08	42,91	1,01	16,82	0,13	0,18	0,01	< 0,10	0,11	< 0,10	1,43

  
 Tec. Responsável: Carlson Nazareth  
 CRQ 2ª região: 02404216


**FRX Service Ltda - CNPJ: 06164520/0001-16 - Insc. Estadual : Isento - Insc. Municipal: 5343**  
 Av. Afonso Pena Nº 592 - sala 294 - Centro - Rio Acima - MG CEP: 34300-000  
 Laboratório: Rua Beira Rio, 10245, Distrito Industrial Simão da Cunha, Santa Luzia - MG, CEP : 33040-260  
 Tel: (31) 9159-1841

Figura 39: Análise química das amostras de solo nº 250 a 296. Fonte: Laboratório FRX Service Ltda, 2011.

FRX Service Ltda													
Prestação de Serviços de Análise Química													
Certificado de análise													
Data: 08/09/2011													
Identificação		Ensaio (%)											
FRX	M B M	PPC	Al2O3	SiO2	TiO2	Fe	Cr2O3	MnO	CaO	MgO	P2O5	Na2O	K2O
FRX 11-6889	Amostra - 297	8,83	20,33	56,49	0,96	7,49	0,11	0,09	0,01	0,54	0,10	< 0,10	1,81
FRX 11-6890	Amostra - 298	3,64	15,36	71,93	0,51	2,65	0,10	0,01	0,01	1,09	0,04	< 0,10	3,51
FRX 11-6891	Amostra - 299	4,50	16,72	60,56	0,58	8,58	0,12	0,02	0,02	1,20	0,12	< 0,10	3,85
FRX 11-6892	Amostra - 300	5,42	16,02	65,92	0,56	6,33	0,13	0,01	0,01	0,78	0,06	< 0,10	2,06
FRX 11-6893	Amostra - 301	7,86	19,38	53,21	1,09	9,90	0,26	0,01	0,01	0,81	0,09	< 0,10	3,15
FRX 11-6894	Amostra - 302	7,19	17,08	62,06	0,58	5,86	0,14	0,05	0,01	0,78	0,09	< 0,10	3,65
FRX 11-6895	Amostra - 303	6,32	16,02	68,42	0,69	3,70	0,09	0,01	0,03	0,58	0,07	0,12	2,38
FRX 11-6896	Amostra - 304	12,57	22,67	43,15	0,99	12,16	0,18	0,10	0,02	0,55	0,16	0,27	1,97
FRX 11-6897	Amostra - 305	11,85	25,96	43,12	1,18	9,41	0,16	0,04	0,01	0,30	0,13	0,31	3,51
FRX 11-6898	Amostra - 306	5,32	12,10	54,60	0,43	16,56	0,14	0,26	0,01	1,33	0,11	0,24	1,79
FRX 11-6899	Amostra - 307	5,61	16,12	68,21	0,53	3,82	0,09	0,07	0,03	0,66	0,07	0,14	3,02
FRX 11-6900	Amostra - 308	6,18	15,94	56,08	0,61	11,21	0,16	0,01	0,01	2,30	0,09	0,48	2,14
FRX 11-6901	Amostra - 309	7,55	18,33	39,90	0,80	18,67	0,22	0,32	0,01	2,16	0,20	0,87	3,16
FRX 11-6902	Amostra - 310	7,85	22,91	54,56	0,93	6,78	0,16	0,03	0,02	0,57	0,06	< 0,10	3,16
FRX 11-6903	Amostra - 321	10,90	19,48	49,24	1,06	11,96	0,13	0,17	0,01	0,31	0,10	< 0,10	1,49
FRX 11-6904	Amostra - 322	8,42	12,75	36,55	0,63	27,82	0,17	0,75	0,02	0,57	0,18	< 0,10	0,20

Aparelhagem utilizada

Estufa com temperatura controlada a 105 °C.  
 Quarteador do tipo Jones  
 Moino pulverizador com cuba de carbeto de tungstênio  
 Peneira 0,075mm.  
 Balança analítica.  
 Cadinhos de porcelana.  
 Cadinhos e moldes de platina.  
 Vidrarias e reagentes diversos  
 Forno mufla com temperatura controlada a 1100 °C.  
 Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X (WDS) - Anodo de Rh  
 Curvas analíticas calibradas com padrões com certificado Internacionais NIST, IPT, BCS, etc.  
 Procedimentos conforme: ISO 9516-1 - Iron ores-- Determination of various elements by X-ray fluorescence spectrometry  
 O resultado acima é referente apenas ao material recebido, cuja amostragem é de responsabilidade do cliente.

  
 Tec. Responsável: Carlson Nazareth  
 CRQ 2ª região: 02404216

---

**FRX Service Ltda - CNPJ: 06164520/0001-16 - Insc. Estadual : Isento - Insc. Municipal: 5343**  
 Av. Afonso Pena Nº 592 - sala 294 - Centro - Rio Acima - MG CEP: 34300-000  
 Laboratório: Rua Beira Rio, 10245, Distrito Industrial Simão da Cunha, Santa Luzia - MG, CEP : 33040-260  
 Tel: (31) 9159-1841

Figura 40: Análise química das amostras de solo nº 50 a 99. Fonte: Laboratório FRX Service Ltda, 2011.

As análises das 311 amostras de solos obtidas se mostraram úteis para a delimitação das formações geológicas e das formações ferríferas em áreas que não havia afloramentos rochosos expostos. A tabela abaixo apresenta uma visão e resumo geral dos dados estatísticos proveniente da amostragem realizada.

Tabela 16: Estatísticas dos resultados das amostras de solo.

Parâmetros	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
FeT	1,36	65,42	20,14	12,52
SiO <sub>2</sub>	7,37	95,33	42,67	14,19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,19	33,4	17,33	6,34
MnO	0,01	5,26	0,36	0,65
CaO	0,01	3	0,04	0,23
MgO	0,1	4,75	0,5	0,74
TiO <sub>2</sub>	0,07	7,6	1,16	1,03
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,41	0,13	0,05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	0,67	0,16	0,12
Na <sub>2</sub> O	0,09	1,73	0,24	0,27
K <sub>2</sub> O	0	4,57	1,5	1,08
PPC	1,07	16,89	8,2	2,4

Fonte: GEPI Empreendimentos Ltda, 2013.

A tabela indica uma concentração de ferro total em torno dos 20% valores que condizem com a grande área amostrada, nos quais as amostras próximas a crista da serra ao sul, atingem valores de até 65%, confirmando a presença dos depósitos ferríferos na área. Demais metais como manganês e titânio apresentam concentrações médias abaixo de 1,5%, com picos máximos de 5,2 e 7,6%.

#### 11.4 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O uso de solo trata-se da forma na qual o espaço geográfico está sendo utilizado pelo ser humano e as atividades exercidas sobre este. Cada



munícipio possui sua própria legislação em relação ao seu uso e ocupação para a gestão territorial com fins de solucionar eventuais problemas que possam ser gerados a população tais como recursos naturais, segurança e infraestrutura.

Os Municípios de Itabirito e Rio Acima onde a área de estudo se encontra, localizam-se no contexto geológico do Quadrilátero Ferrífero, onde uma porção considerável de suas áreas encontram ocupadas por usos de mineração, mas também por vegetação, agropecuária, etc.

Conforme dados disponibilizados pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, 2013. A Área de Estudo Local encontra-se ocupada por atividades de mineração da Vale (ocupando a porção oeste da área na crista da Serra da Moeda), trechos de desenvolvimento de agropecuária e vegetação tanto arbustiva quanto arbórea, recobrando a maior porção do perímetro.

O mapa a seguir demonstra a distribuição dos usos de solo sobre a área. Vale ressaltar que no ano em que este estudo se encontra em desenvolvimento, pode ter ocorrido mudanças na disposição dos usos de solo devido ao desenvolvimento e dinâmica da região. A partir de visitas técnicas a campo, junto a sensoriamento remoto será possível averiguar possíveis mudanças ao decorrer dos anos.

## 12 ESTUDO ESPELEOLOGICO

### 12.1 INTRODUÇÃO

Conforme definições contidas na Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM nº217, de 17 de dezembro de 2017, apresenta-se o presente estudo para análise dos critérios locacionais referente ao empreendimento Projeto minerário da Minerix Mineração. Segundo disposto no parágrafo 1º do Artigo 6º da referida legislação

§1º – Os critérios locacionais de enquadramento referem-se à relevância e à sensibilidade dos componentes ambientais que os caracterizam, sendo-lhes atribuídos pesos 01 (um) ou 02 (dois), conforme Tabela 4 do Anexo Único desta Deliberação Normativa. (MINAS GERAIS, 2017).

A Deliberação Normativa supracitada apresenta as definições para análise dos critérios locacionais de empreendimentos passíveis de regularização ambiental. O critério abaixo relacionado se refere à localização do empreendimento com relação à potencialidade de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas:

Quadro 3: Critério Locacional de potencialidade de ocorrência de cavidades

<b>Critério Locacional de Enquadramento conforme DN COPAM nº 217/2017</b>	<b>Peso</b>	<b>Sim</b>
Localização prevista em área de alto ou muito alto grau de potencialidade de ocorrência de cavidades, conforme dados oficiais do CECAV-ICMBio	1	X

Fonte: Adaptado de DN 217, COPAM, 2017

De acordo com o Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavidades no Brasil, disponibilizado pelo portal de Infraestrutura e Dados Espaciais – IDE Sisema, a ADA do empreendimento encontra-se em área classificada como grau “Médio” de ocorrência de cavidade, conforme mapa de potencial regional.



## 12.2 METODOLOGIA

A metodologia aplicada aos estudos de prospecção espeleológica por método de caminhamento aqui exposto é condizente a três fases gerais: A primeira fase preliminar de escritório a qual resultou em um planejamento estratégico. A segunda em campo que foi executada posteriormente, seguindo os pressupostos determinados. E a terceira com a elaboração de relatório técnico a partir dos dados obtidos em campo e aqui apresentados.

Cabe salientar que grande porção da AID foi prospectada em estudo anterior, sob responsabilidade de André Felipe Gonçalves de Mário, CREA-SP nº 5062287643, sendo observado a partir do mapa de pontos de controle e caminhamento a porção noroeste com o complemento tratado nesse estudo, e o primeiro caminhamento realizado, esse na cor azul.

### 12.2.1 Levantamento de dados

O levantamento bibliográfico foi realizado em escritório e consistiu na procura de informações existentes sobre a área de estudo. As buscas focaram fontes de caráter científico comprovado, como artigos, dissertações e teses, fontes oficiais diversas (CETEC, SBE, CPRM, IGAM), além de outros estudos que continham informações sobre a região e que se mostraram pertinentes para a finalidade do levantamento.

Os mapas e demais produtos cartográficos foram gerados a partir de bases de órgãos públicos, por exemplo a Infraestrutura de Dados Espaciais – IDE, do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SISEMA; outras figuras, no entanto, foram retiradas de artigos ou trabalhos científicos pertinentes. As pesquisas em bases cartográficas se pautaram em cartas topográficas, mapas geológicos, mapas pedológicos e imagens de satélite, com o objetivo de identificar condições favoráveis à formação de cavidades e à caracterização da área de estudo.

Buscando a identificação de cavidades já cadastradas na área e região em estudo foram realizadas consultas no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE) do Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas (CECAV, 2024) e no Cadastro Nacional de Cavernas (CNC) da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE, 2024).

### **12.2.2 Análise cartográfica**

Para o planejamento dos levantamentos de campo foram utilizadas imagens de satélite Google com escalas variadas, mapa geológico e outras bases da CODEMIG, CPRM e IBGE na escala 1:50.000, mapa de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil, na escala de 1:2.500.000 do CECAV, geológico, pedológico, hidrográfico, geomorfológico, cobertura vegetal e de imagens de satélite, tendo sido balizada ainda pelo levantamento de dados de campo.

## **12.3 CARACTERIZAÇÃO ESPELEOLÓGICA**

O projeto MINERIX MINERAÇÃO se encontra inserido na porção centro-oeste do Quadrilátero Ferrífero (QFe), encontrando-se no contexto estrutural do Cráton São Francisco, que se trata de uma entidade geológica que abrange principalmente os estados de Minas Gerais e Bahia, graças a sua enorme área próxima de 650.000 km<sup>2</sup>. Sua estrutura encontra-se em estabilidade tectono-reológica desde seu estabelecimento no arqueano (idades superiores a 3,0 Ga). Este é delimitado por Almeida (1977) pelas unidades afetadas pela orogênese Brasileira, sendo estas: Faixa Brasília (oeste), Faixa Araxá-Canastra (sudoeste), Faixa Ribeira (sul-sudeste), Riacho Pontal e Rio Preto (noroeste) e sergipana (nordeste).

A área diretamente afetada está localizada, sobre o Grupo Nova Lima, Supergrupo Rio das Velhas. O termo Supergrupo Rio das Velhas foi proposto primeiramente por Loczy & Ladeira (1976) para uma sucessão de rochas metavulcanossedimentares que bordejam os terrenos gnáissicos do

Quadrilátero Ferrífero. É representado por uma sequência de rochas de origem vulcanossedimentar, de idade arqueana, definida por Dorr et al. (1957) como Série Rio das Velhas, subdividindo-a nos grupos Nova Lima e Maquiné. Como litologia é indicado a presença de Filito terrígenos, xistos e xistos cabonosos, quartzitos, formações ferríferas, metapelitos, entre outros.

Entre as rochas favoráveis a processos de carstificação no Brasil, a maior ocorrência é concebida pelas rochas carbonáticas do Grupo Bambuí. Esses carbonatos são observados nas porções sudeste do Estado de Tocantins, além do nordeste e leste de Goiás, centro, centro oeste (região alvo deste estudo), noroeste e norte de Minas Gerais e centro oeste da Bahia. Os litotipos associados a esse grupo são predominantemente calcários e dolomitos com estratificação horizontal e que dificilmente superam os 200 m de espessura. Entretanto existem mais de 770 cavidades naturais subterrâneas na região do quadrilátero ferrífero, sendo as rochas descritas como cangas, minério de ferro, itabiritos e hematita compacta, evidenciando que apesar da ocorrência de feições cársticas se desenvolverem com maior facilidade em rochas carbonáticas, não estão restritas a essas.

Os modelos de espeleogênese em formações ferríferas sugerem que há uma correlação entre a ocorrência de cavidades e corpos minerais de alto teor ferrífero, como ocorre em camadas de itabirito da Formação Cauê, onde o teor de Fe é  $>64\%$ , segundo Rosière *et. all* (2005). O processo de lixiviação de minerais não ferrosos como a sílica e o dolomito, que fragilizam a rocha favorecendo a formação de cavernas, também, conseqüentemente, aumenta o teor de ferro nos mesmos.

Os processos ligados à morfologia cárstica, segundo White (1988), que criam “assinaturas” na paisagem, tornando-a efetivamente uma região cárstica, estão relacionados à necessidade de o transporte de massa em solução ser mais representativo do que o transporte por outros processos. Contudo Piló (2000) argumenta que no processo de morfogênese, esses mecanismos são descontínuos e de difícil mensuração e que as regiões cársticas podem ser

compreendidas através de três compartimentos: o exocarste (superfície), o endocarste (domínio subterrâneo) e o epicarste (contato solo-rocha), conforme Figura 41. O domínio externo (exocarste) é marcado por formas superficiais geradas especialmente pelo ataque químico de águas meteóricas aciduladas sobre rochas carbonáticas.

A superfície adquire morfologias típicas como lapiás, dolinas, poljes, uvalas, sumidouros, lagoas entre outros, sendo a mais comum as dolinas. Quanto ao domínio subterrâneo, o endocarste, é representado por cavidades geradas pela dissolução de águas subterrâneas de origem distinta. O outro domínio é o epicarste, representado pela área logo abaixo da superfície, que abrange o contato entre o solo e a rocha carbonática. Ainda sobre as formas superficiais de paisagens cársticas, Piló e Auler (2005) fomentam que esse modelamento superficial é fortemente condicionado a estruturação tectônica da rocha.

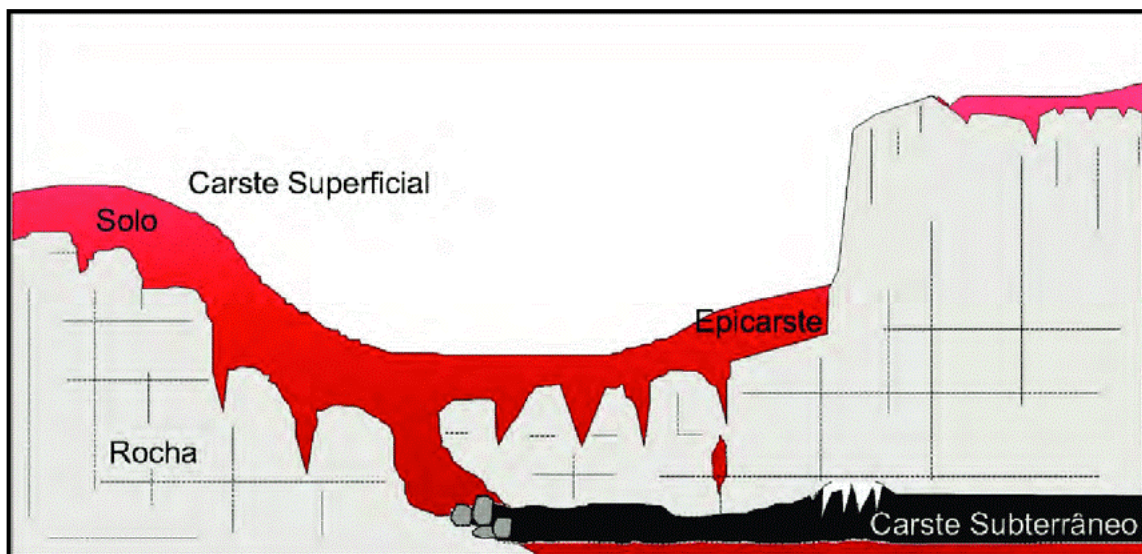


Figura 41: Sistema cárstico carbonático simplificado com seus principais componentes.

Fonte: Auler; Piló (2010).

Segundo Piló e Auler (2005), um dos primeiros estudos realizados em cavidades em formação ferrífera no Brasil foi do americano George C. Simmons, em artigo publicado em 1963. O autor cita duas possibilidades para gênese de

Rua Amapá, 163 - Bairro Amazonas - Contagem - MG - CEP 32240-010  
+5531 3292 1313 | 2567 0029 | 2567 0069 | 2567 0009  
[www.geoline.com.br](http://www.geoline.com.br)

cavidades na região do Quadrilátero Ferrífero, após estudos geológicos efetuados. A primeira, chamada de “cavernas de erosão”:

“é encontrada diretamente abaixo de coberturas em canga que suportam bordas de vale (quebras/rupturas). A erosão de material friável como filitos, xistos ou materiais detríticos sob cobertura em canga inconsolidada se inicia logo que uma drenagem rompe a crosta em canga, gerando vales de encostas íngremes. A rocha intemperizada e o material detrítico não cimentado são rolados encosta abaixo, criando pequenas cavidades. Cursos d’água podem conferir-lhe posteriormente maiores dimensões” (Simmons, 1963).

A segunda denominada “cavernas de dissolução”.

*“Ocorrem sob cobertura em canga no itabirito da Formação Cauê, relacionando-se com cristas de serras recobertas por esse material. São menores, compostas por vários compartimentos (condutos), atingindo desenvolvimento linear superior a 100 m. O controle estrutural se dá possivelmente pelo teor de minerais solúveis e pela disposição do acamamento do itabirito. Essa direção do bandamento controla a gênese das cavidades bem como a direção de fluxo das soluções envolvidas no processo” (Simmons, 1963).*

Ainda, a respeito de modelos genéticos para cavidades na formação ferrífera, Simmons 1963 argumenta que:

*“A gênese dos depósitos de minério de ferro no Quadrilátero Ferrífero está associada a processos de enriquecimento supergênico. Esses processos consistem na alteração, dissolução e lixiviação natural dos minerais da formação ferrífera bandada, em geral sílica e dolomito, causando uma concentração residual de óxidos de ferro. Dois são os fatores para a geração de depósitos dessa natureza: a existência do protominério (itabiritos da Formação Cauê) e de fluxos de água subterrânea”.*

Neste sentido, estudos posteriores como o de Auler & Piló 2007 indicam que as cavernas de minério de ferro do Quadrilátero Ferrífero são em geral de pequenas dimensões, poucas vezes superando 100 m de projeção horizontal. Inserem-se, normalmente, na base de pequenas rupturas/quebras de relevo em canga, perpendiculares ao maior declive das vertentes, estando localizadas tanto em alta quanto em média vertente, sendo associadas a adensamento vegetal de porte arbustivo em meio aos campos ferruginosos.

### 12.3.1 Espeleotopografia

Existem vários métodos para a espeleotopografia e cada um possui seu benefício e limitação de acordo com o ambiente, sendo os mais comuns: método das bases flutuantes, bases fixas, bases flutuantes medidas com prumo e tripé. O método das bases flutuantes pode ser utilizado em levantamentos expeditos já que sua principal vantagem é a agilidade. O de bases fixas utiliza do próprio ambiente cavernícola para a fixação das bases (parede, saliência, etc.), também é ágil e fácil de ser utilizado em qualquer tipo de caverna. O das bases flutuantes medidas com prumo tem boa precisão quando aplicadas em ambientes propícios a sua utilização. O método do tripé tem rendimento baixo, não pode ser utilizado em cavernas alagadas, abismos ou trechos em teto baixo, porém fornece boa precisão ao desenho.

Para o mapeamento das cavidades naturais é utilizado à técnica de bases fixas e flutuantes, com leituras de instrumentos por irradiação a partir das bases e fechamento de poligonais.

Para espeleotopografia de cavidades naturais subterrâneas utiliza-se a bússola Suunto, trena laser, clinômetro eletrônico, tripé e câmera Nikon D3000 profissional. Medidas entre as bases topográficas devem ocorrer sempre que forem detectadas alterações na morfologia da caverna. O caminhamento da topografia segue o método de bases fixas. Os dados da topografia podem ser tratados no software Excel e Auto-CAD, permitindo assim a visualização, o

Rua Amapá, 163 - Bairro Amazonas - Contagem - MG - CEP 32240-010  
+5531 3292 1313 | 2567 0029 | 2567 0069 | 2567 0009  
[www.geoline.com.br](http://www.geoline.com.br)



ajuste e correção de inclinação na planta baixa. A declinação magnética é obtida através do *extranet/magdec*. As linhas de trena são declinadas e georreferenciadas, sendo gerado então os itens da planta baixa, contendo o contorno de paredes, plano da seção inicial, linha d'água, entre outros, e também desenhadas as seções transversais e perfis longitudinais. Nesta etapa, ainda são calculados os atributos espeleométricos das cavernas, incluindo projeção horizontal, desnível, área e volume estimado.

Ademais, a determinação da precisão do levantamento topográfico é importante para identificação do grau de detalhe da representação das características das cavidades. O sistema British Cave Research Association – BCRA é o mais utilizado nos mapeamentos de cavidades e suas especificações em relação ao grau de precisão para a linha central da topografia e do detalhamento dos condutos.

Para o cálculo da projeção horizontal, utiliza-se o princípio da descontinuidade (Chabert e Watson 1981; Rubbioli e Moura 2005), que desconsidera a largura dos condutos no cálculo final. Deste modo, a soma do comprimento de um conduto é feita em seu eixo central. No cruzamento entre dois condutos, essa medição é interrompida de modo a não incluir o comprimento lateral do novo conduto (Figura 42). Os canalículos que possuem uma entrada que permita a passagem apenas de membros superiores e ou inferiores do corpo humano são desconsiderados no cálculo de projeção horizontal, sendo representados no mapa com uma linha tracejada (contorno inferido).

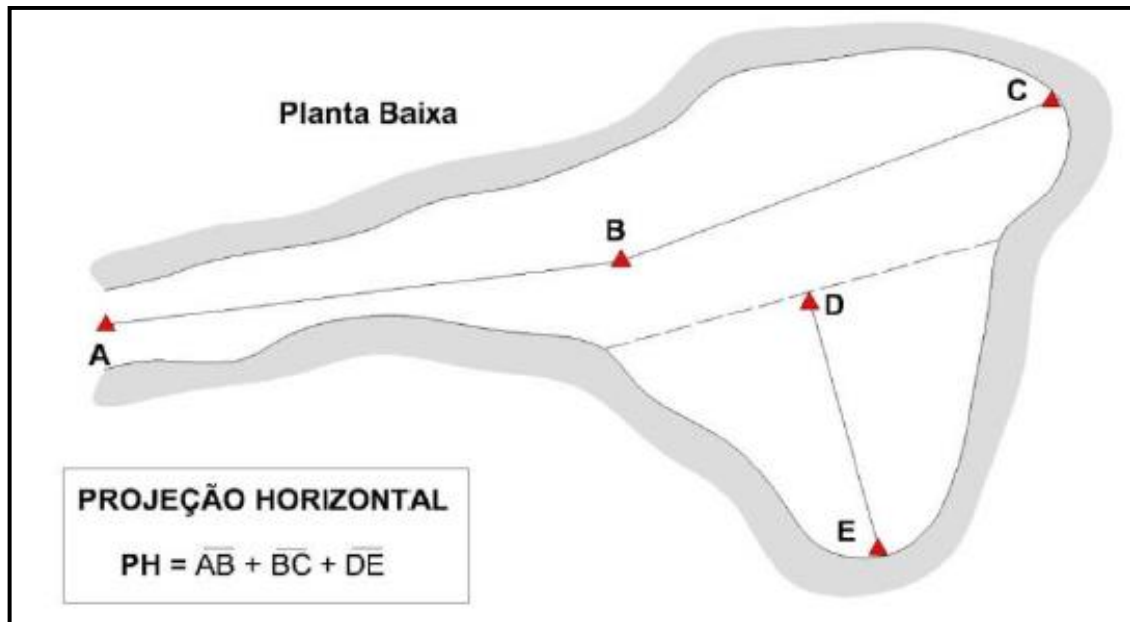


Figura 42: Medição da projeção horizontal de acordo com o método da descontinuidade.  
Fonte: Carste, 2015.

O desnível é o resultado da diferença altimétrica das bases topográficas de maior e menor cota. Em casos de patamar ou níveis superiores, a altura deve ser considerada no cálculo do desnível.

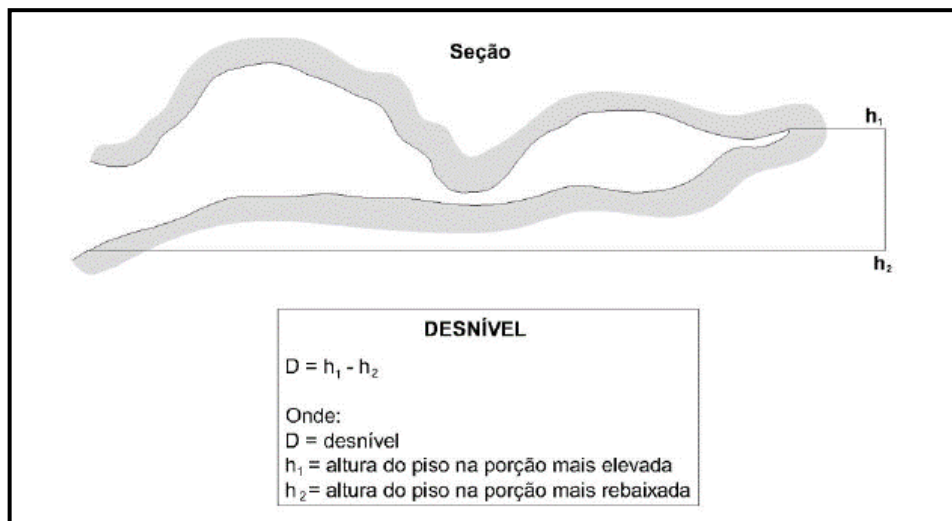


Figura 43: Modelo de medição do desnível das cavidades. Fonte: Carste, 2015.

O volume é o produto entre a área total da caverna e a altura média produto da distância entre piso e teto nas bases topográficas aqui representada pela altura média de seções.

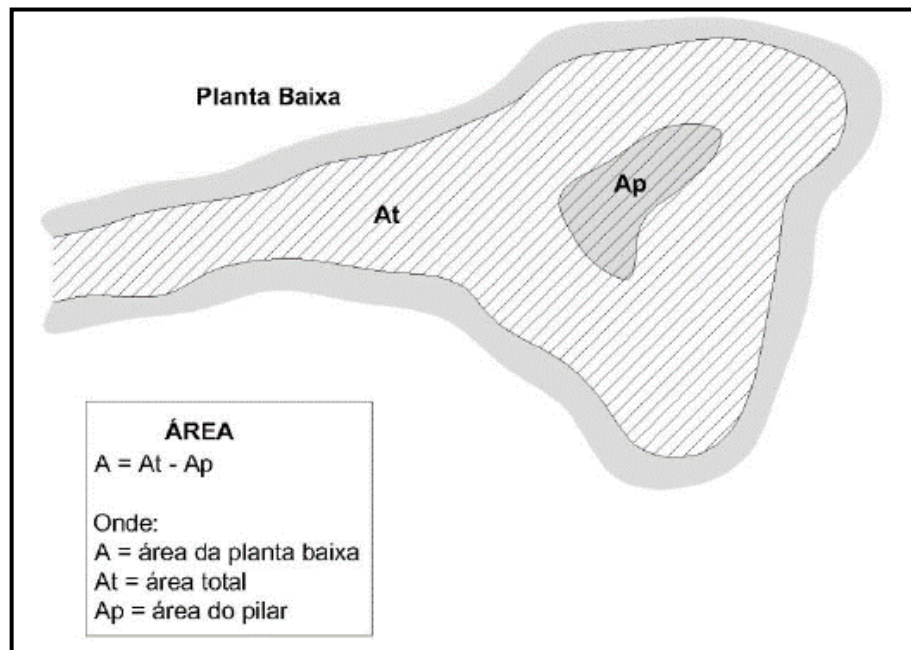


Figura 44: Método de medição da área do interior da cavidade. Fonte: Carste, 2015.

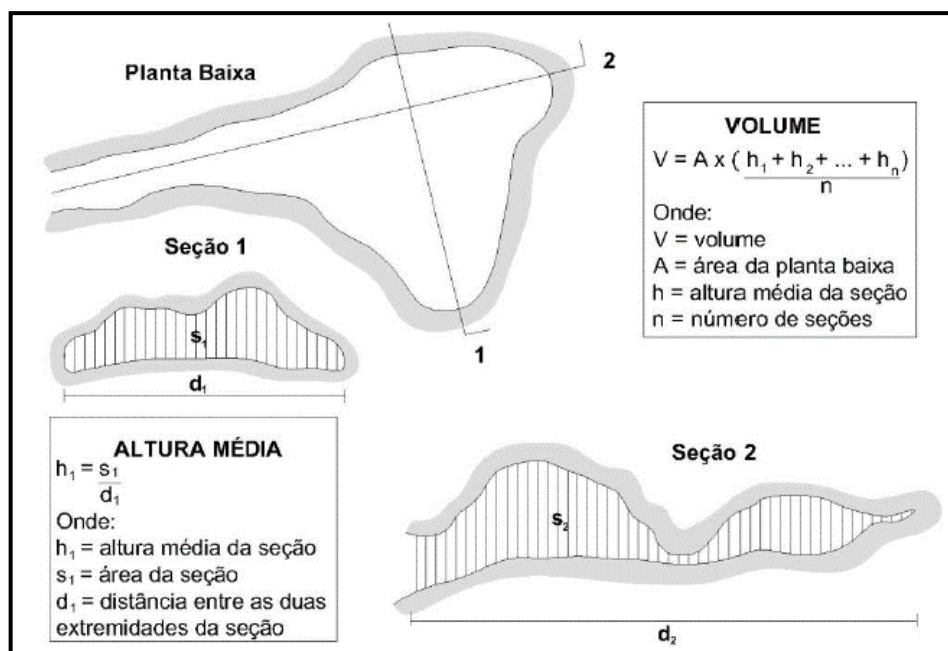


Figura 45: Cálculo do volume de uma caverna a partir da altura média das seções verticais/ bases topográficas. Fonte: Carste, 2015.



No estudo em tela não foram identificadas cavidade subterrâneas, assim não sendo necessário ser empregado os métodos descritos.

### **12.3.2 Mapa de potencialidade**

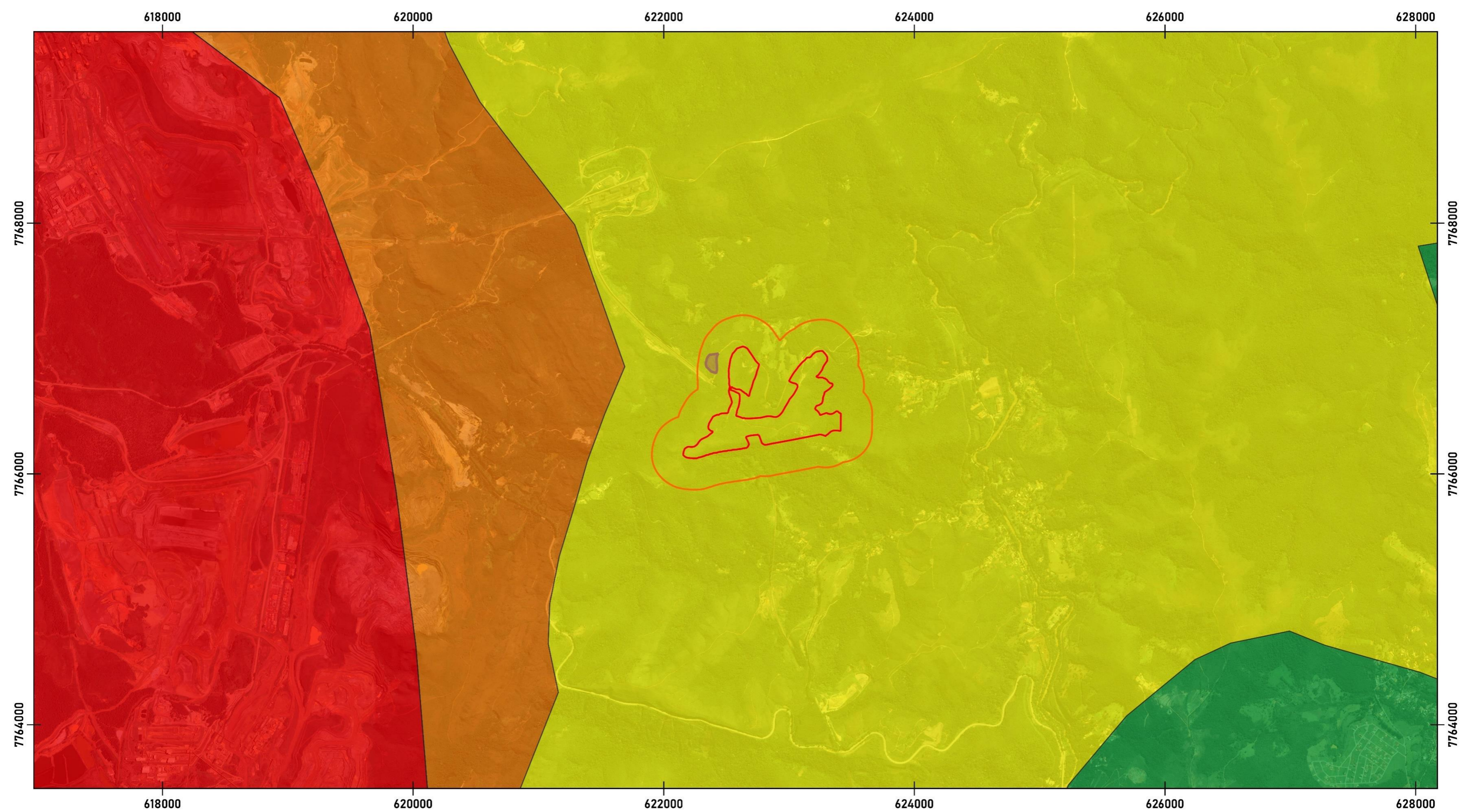
Foi elaborado nessa etapa um mapa de potencial espeleológico regional para indicar áreas de maior ou menor possibilidade de ocorrência de cavidades naturais. Usualmente é utilizada como referência a relação entre litologia e potencial espeleológico, sendo tal relação referenciada e validada pelo CECAV, conforme Tabela 4 que segue. Para melhor representar a realidade local, em função da escala, são utilizadas também outras variáveis visuais e estruturais observadas em imagens de satélite, na compartimentação da paisagem, pedologia e vegetação, a fim de compatibilizar a escala com a área objeto de estudo.

Tabela 4: Potencial espeleológico segundo litotipo.

LITOTIPO	GRAU DE POTENCIALIDADE
Calcário, Dolomito, Evaporito, Metacalcário, Formação ferrífera bandada, Itabirito e Jaspilito.	Muito alto
Calcrete, Carbonatito, Mármore e Marga	Alto
Arenito, Conglomerado, Filito, Folhelho, Fosforito, Grauvaca, Metaconglomerado, Metapelito, Metassilito, Micaxisto, Milonito, Quartzito, Pelito, Riolito, Ritmito, Rocha calcissilicática, Silito e Xisto	Médio
Anortosito, Arcósio, Augengnaise, Basalto, Charnockito, Diabasio, Diamictito, Enderbitto, Gabro, Gnaise, Granito, Granitoide, Granodiorito, Hornfels, Kinzigito, Komatiitos, Laterita, Metachert, Migmatito, Monzogranito, Olivina gabro, Ortoanfíbolito, Sienito, Sienogranito, Tonalito, Trondhjemito.	Baixo
Aluvião, Areia, Argila, Cascalho, Lamito, Linhito, Turfa e outros sedimentos.	Improvável

Fonte: CECAV, 2024.





**LEGENDA**

- Área Diretamente Afetada - ADA
- Área de Influência Direta - Buffer 250m
- ADA Licenciada - Processo 13880/2023
- ★ Localização do empreendimento
- Município de Itabirito
- Municípios\_MG

**Potencialidade de cavidades regional**

- Muito Alto
- Alto
- Médio
- Baixo

Sistema de projeção: UTM  
 DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

0 1 2 km

Fonte de dados:  
 Geoline (2025), IDE - SISEMA (2025)

ESCALA: 1:28.000

	Projeto:	<b>MINERIX MINERAÇÃO</b>					
	Título:	<b>MAPA DE POTENCIAL ESPELEOLÓGICO REGIONAL</b>					
Elaboração:	Geoline Engenharia	Data:	24/02/2025	Formato:	A3	Revisão:	R 0.0

### 12.3.3 Definição das feições espeleológicas

As feições cársticas e/ou pseudocársticas podem ser consideradas como todas as feições que compõem o sistema típico do relevo cárstico, dentre as quais se destacam as cavidades naturais subterrâneas, os abrigos, as dolinas, as uvalas e as reentrâncias, entretanto existindo outras.

De acordo com a IS Sisema 08/2017 – Revisão 1, em seu item 4.16, o critério inicial para reconhecimento de uma feição cárstica ou pseudocárstica como cavidade natural subterrânea consiste na existência de poligonal fechada formada pelas paredes, piso e teto da feição (atributo espeleométrico), seguindo-se a avaliação dos critérios que diferenciam as cavidades das reentrâncias e dos abrigos.

As convenções espeleométricas adotadas pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), baseadas nos parâmetros conceituais estabelecidos por Chabert e Watson (1981) classificam determinada cavidade em abrigo, caverna ou abismo, fundamentando-se na relação “altura da entrada” versus “projeção horizontal”. Quando a altura (A) é inferior à projeção horizontal (PH), tem-se ocorrência de caverna. No caso contrário, a feição consiste em um abrigo, quando seu desenvolvimento é vertical considerasse abismo.

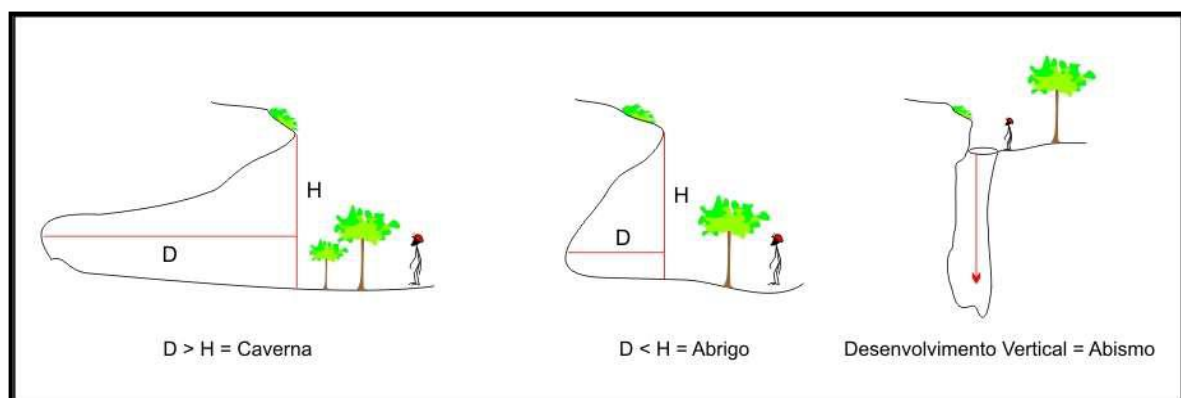


Figura 46: Esquema diferenciando cavidade, abrigo e abismo. Fonte: ICMBio/CECAV, 2020.



A seguir apresentam-se as definições trazidas pela IS 08/2017 – Sisema Revisão 1, quanto às feições espeleológicas:

- **Abismos** - são considerados como cavidade caracterizada por depressão natural no relevo com desenvolvimento predominantemente vertical. Devendo ser considerada como cavidade natural subterrânea.
- **Abrigos** - são considerados como as feições cársticas ou pseudocársticas que apresentem altura da entrada maior que o seu desenvolvimento linear ( $A > PH$ ), sendo que os abrigos que não possuem características de ambiente subterrâneo não devem ser considerados como cavidade natural subterrânea, não obstante serem objeto de estudos arqueológicos pelo órgão competente.
- **Cavidades naturais subterrâneas** - são entendidas como todo e qualquer espaço subterrâneo penetrável pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna e buraco, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, as comunidades bióticas ali encontrados e o corpo rochoso onde as mesmos se inserem, desde que sua formação tenha sido por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante (conf. inciso I do art.2º da Res. Conama nº 347/2004).
- **Reentrâncias** - são consideradas como feições naturais cársticas ou pseudocársticas, acessíveis ou não ao ser humano, com características geomorfológicas específicas, tais como arcos e depósitos de tálus, sem características de ambiente subterrâneo, de variabilidade térmica e higrométrica típica do ambiente epígeo. Corresponde a interpenetrações rochosas normalmente erosivas, associadas a zonas de ruptura de relevo ou tálus. Apresenta desenvolvimento linear – DL maior que a altura da entrada. Os depósitos químicos, clásticos e biológicos de possível valor científico ou cênico são ausentes ou pouco



significativos. A função hidrológica, permanente ou intermitente (como gotejamentos ou escorrimentos) é ausente ou pouco expressiva. A reentrância não deverá ser considerada como cavidade natural subterrânea, uma vez que não se confunde com as cavidades com DL inferior a 5 metros, conforme previsto no Art. 12 da IN MMA nº 2/2017, e não possuem características espeleogenéticas.

## **12.4 RESULTADOS DA PROSPECÇÃO ESPELEOLÓGICA**

### **12.4.1 Potencial espeleológico local**

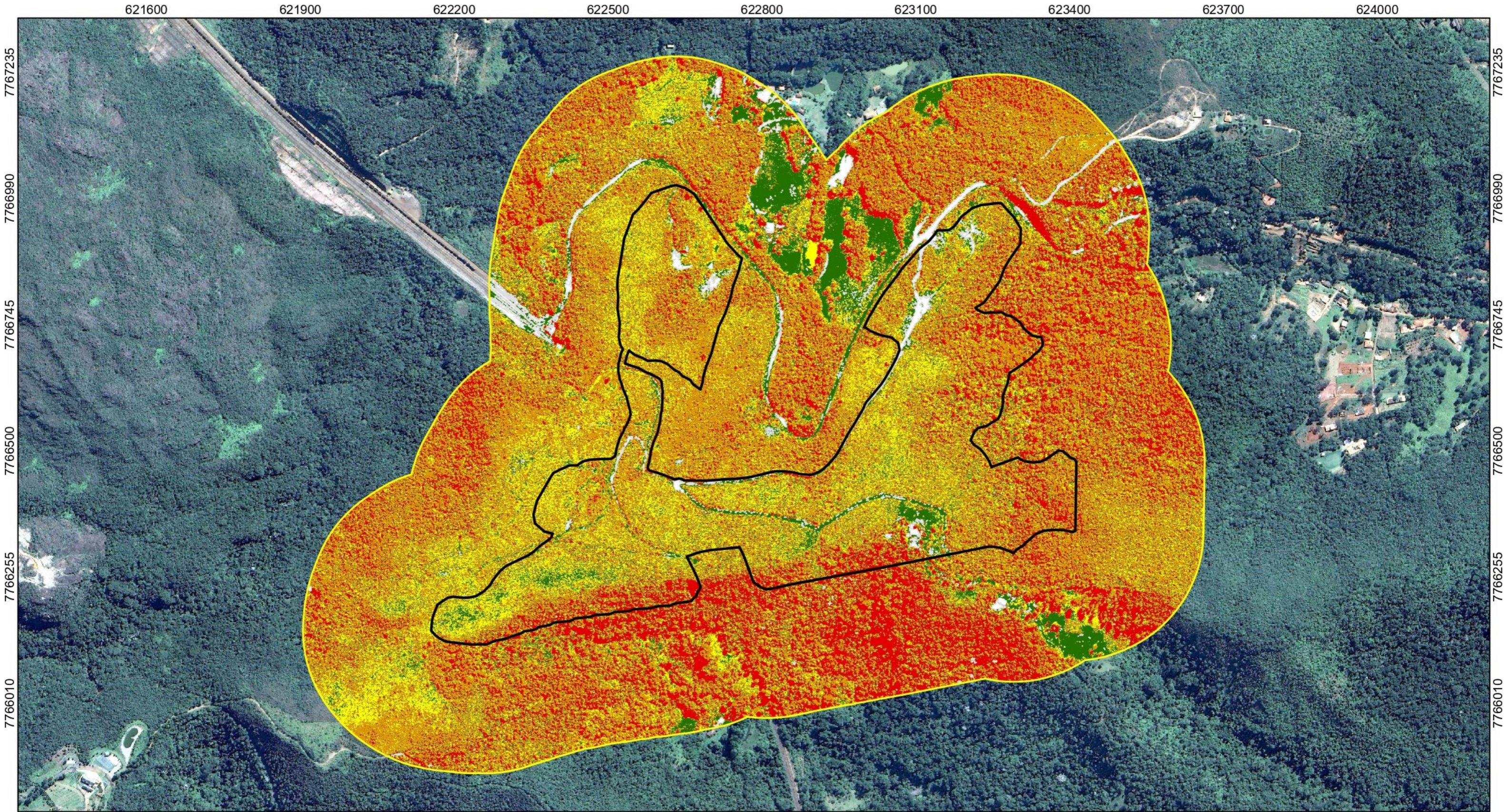
A metodologia para definição do potencial local, baseou-se na proposta de Calux (2012), Rede Speleo Brasil – Potencial Espeleológico. Brasília, 2012. Utilizou-se a análise de multicritério, a fim de gerar visualmente o potencial espeleológico, um procedimento metodológico de cruzamento de variáveis amplamente aceito nas análises espaciais. Ela é também conhecida como Árvore de Decisões ou como Análise Hierárquica de Pesos. O procedimento baseia-se no mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final, utilizando-se da lógica Fuzzy para atribuir os pesos e notas

Através da análise multicritério descrita na metodologia e com seu refinamento em campo, obteve-se um potencial espeleológico mais fiel a realidade da área total de estudo. Como supracitado, grande porção da AID foi prospectada em estudo anterior sob responsabilidade de André Felipe Gonçalves de Mário, CREA-SP nº 5062287643, sendo representado a seguir as parcelas de potencialidade de área total para melhor entendimento, sendo da seguinte forma:

- As áreas de ocorrência improvável representam 2,06 hectares. Esta classe de potencial espeleológico localiza-se nas regiões formadas por áreas antropizadas.

- As áreas de baixo potencial representam 61,38 hectares, são caracterizadas pela baixa declividade, geralmente representadas por vegetação rasteira e com solo arenoso/siltoso, estas regiões são desprovidas de rocha em superfície.
- Segundo análise, áreas de médio potencial representam 16,71 hectares. Esta classe de potencial abrange porções com alta declividade associadas a cobertura vegetal densa e drenagens.
- As áreas de alto potencial correspondem a cerca de 50,17 hectares. Esta classe é representada por áreas com média declividade, afloramentos rochosos geralmente rasos e de pequeno porte, além de drenagens e matas.
- As áreas de muito alto potencial correspondem a cerca de 46,42 hectares. Esta classe é representada por regiões de alta declividade relacionadas a afloramentos rochosos expostos com abrangência de complexo rochoso, suas bordas e áreas fraturadas, e ainda drenagens, quebras de relevo e mata densa.

O mapa a seguir apresenta o mapa de potencial espeleológico elaborado a partir do método proposto.



**LEGENDA**

- Área de Influência Direta - AID (133,28 ha)
- Área Diretamente Afetada - ADA (43,46 ha)

Potencial Espeleológico Local

- Muito Alto (46,42 ha)
- Alto (50,17 ha)
- Médio (16,71 ha)
- Baixo (61,38 ha)
- Ocorrência Improvável (2,06 ha)

Sistema de projeção: UTM  
 DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

Fonte de dados:  
 Google Earth, Minerix

0 90 180 m

ESCALA: 1:7.000

Empresa:	<b>MINERIX</b>		
Título:	<b>Potencial Espeleológico Local</b>		
Elaboração:	Fábio Lima	Data:	23/12/2024
		Formato:	A3
		Revisão:	R 02

### 12.4.2 Cavidades Cadastradas

Conforme os dados do Canie - Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas - em janeiro de 2025 não há registro de cavidades dentro da área objeto de estudo, compreendida pela ADA acrescida de sua AID - Área Influência Direta (Buffer de 250 metros), sendo a mais próxima a Gruta Ressurgência da Casa Branca, que dista cerca de 2,15 km a partir da extremidade da AID, localizada no mesmo município de Itabirito /MG.

### 12.4.3 Prospecção Espeleológica

A etapa referente aos levantamentos de campo da etapa complementar desenvolveu-se nos dias 01 e 02 de julho e 10 e 11 de dezembro de 2024. A prospecção espeleológica foi conduzida por dois espeleólogos em um total de quatro dias de campo. Nessa tarefa, realizou-se levantamento fotográfico detalhado de todos os pontos de controle registradas. O registro fotográfico ocorreu com auxílio de câmera modelo Nikon 3000, enquanto a espacialização dos pontos de interesse deu-se pelo uso de GPS de navegação Garmin modelo etrex 30X.

Os pontos de caminhamento ou pontos de controle foram realizados quando localizadas características marcantes na paisagem que justifiquem a presença ou ausência de feições espeleológicas naquele local. Geralmente são escolhidos por atributos físicos e biológicos como afloramentos rochosos, alta declividade, escarpas, hidrografia, mudanças na fitofisionomia, áreas com possibilidades a quebras/rupturas de relevo (escarpas), contatos litológicos, afloramentos, vales secos, dolinas, uvalas entre outros.

Os pontos de controle complementares são descritos a seguir:

#### 12.4.4 Pontos de controle (utm - 23 s - sirgas 2000)

- **Ponto 01 – E 622727.05 – N 7766629,147 – Elevação 963 m.**

Média vertente de relevo com baixa declividade e solo laterítico, vegetação arbórea/arbustiva. Sem afloramentos, quebras de relevo ou feições espeleológicas.



Fotografia 14: Ponto 01 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 02 – E 622714.01 – N 7766705.21 – Elevação 967 m.**

Média vertente de relevo, baixa declividade, solo laterítico com pequenos clastos de litologia e forma variada. Área de vegetação arbustiva. Sem afloramentos ou característica favoráveis a feições espeleológicas.



Fotografia 15: Ponto 02 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 03 – E 622657.04 – N 7766662.12 – Elevação 967 m.**



Terço baixo da média vertente de relevo, média declividade e solo com clastos tipo cascalho. Sem feições espeleológicas. Vegetação arbustiva.



Fotografia 16: Ponto 03 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 04 – E 622633.53 – N 7766600.82 – Elevação 992 m.**

Média vertente de relevo, baixa declividade, solo encoberto por clastos tipo cascalho. Sem afloramentos rochosos ou quebras de relevo favoráveis a feições espeleológicas. Vegetação arbustiva.



Fotografia 17: Ponto 04 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 05 – E 622614.72 – N 7766707.32 – Elevação 982 m.**

Terço baixo da média vertente de relevo, baixa declividade com solo laterítico e orgânico. Sem características favoráveis a feições espeleológicas. Área de mata.





Fotografia 18: Ponto 05 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 06 – E 622573.95 – N 7766655.52 – Elevação 1013 m.**

Média vertente de relevo com baixa declividade, próximo a estrada de acesso. Solo laterítico. Sem feições espeleológicas.



Fotografia 19: Ponto 06 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 07 – E 622537.03 – N 7766549.71 – Elevação 1015 m.**

Terço alto da média vertente de relevo. Área de baixa declividade e solo laterítico com clastos tipo cascalho. Sem feições espeleológicas. Vegetação arbórea arbustiva.





Fotografia 20: Ponto 07 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 08 – E 622502.30 – N 7766751.40 – Elevação 989 m.**

Terço baixo da média vertente com média declividade, solo encoberto por cascalhos. Sem afloramentos, quebras de relevo ou feições espeleológicas.



Fotografia 21: Ponto 08 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 09 – E 622456.52 – N 7766673.22 - Elevação 1011 m.**

Terço médio da média vertente do relevo, média declividade, solo encoberto por cascalhos. Sem afloramentos rochosos, quebras de relevo ou feições espeleológicas.





Fotografia 22: Ponto 09 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 10 – E 622424.99 – N 7766547.18 – Elevação 1004 m.**

Terço alto da média vertente do relevo, próximo à cerca de divisa de terreno. Baixa declividade e solo encoberto por cascalhos tipo cascalho. Sem afloramentos, quebras de relevo ou feições espeleológicas.



Fotografia 23: Ponto 10 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 11 – E 622402.11 – N 7766652.23 – Elevação 981 m.**

Terço baixo da média vertente do relevo, baixa declividade e solo orgânico. Sem características favoráveis a feições espeleológicas. Área de mata.





Fotografia 24: Ponto 11 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 12 – E 622360.47 – N 7766610.98 – Elevação 977 m.**

Terço médio da média vertente do relevo, baixa declividade e solo orgânico. Sem afloramentos rochosos, quebras de relevo ou feições espeleológicas. Área de mata.



Fotografia 25: Ponto 12 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 13 – E 622363.84 – N 7766515,02 – Elevação 1006 m.**

Terço alto da média vertente do relevo. Baixa declividade e solo encoberto por clastos tipo cascalho. Sem afloramentos rochosos, quebras de relevo ou feições espeleológicas. Vegetação arbustiva.





Fotografia 26: Ponto 13 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 14 – E 622316,05 – N 7766562,03 – Elevação 1005 m.**

Terço médio da média vertente do relevo, baixa declividade e solo orgânico. Sem características favoráveis a feições espeleológicas. Área de mata.



Fotografia 27: Ponto 14 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 15 – E 622293.32 – N 7766686.06 – Elevação 978 m.**

Terço baixo da média vertente do relevo, baixa declividade e solo orgânico e laterítico. Sem feições espeleológicas. Área de mata.

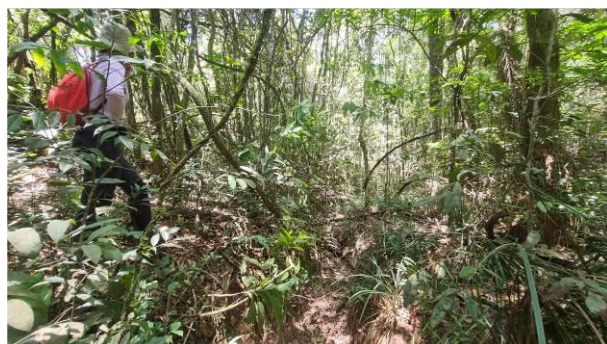




Fotografia 28: Ponto 15 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 16 – E 622247.87 – N 7766605,14 – Elevação 1022 m.**

Terço médio da média vertente do relevo, média declividade e solo orgânico.  
Sem feições espeleológicas. Área de mata.



Fotografia 29: Ponto 16 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 17 – E 622238.04 – N 7766490,87 – Elevação 986 m.**

Terço alto da média vertente do relevo, média declividade e solo orgânico.  
Sem feições espeleológicas, quebras de relevo ou afloramentos rochosos.  
Área de mata.





Fotografia 30: Ponto 17 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 18 – E 622182.16 – N 7766460.45 – Elevação 1013 m.**

Terço alto da média vertente do relevo, média declividade e solo orgânico. Sem afloramentos rochosos, quebras de relevo ou feições espeleológicas. Área de mata.



Fotografia 31: Ponto 18 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 19 – E 621978.02 – N 7766351.74 – Elevação 999 m.**

Terço alto da média vertente do relevo, média declividade solo orgânico. Sem afloramentos, quebras de relevo ou feições espeleológicas.





Fotografia 32: Ponto 19 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 20 – E 622813.25 – N 7766555.99 – Elevação 949 m.**

Terço baixo da média vertente do relevo, média declividade com solo laterítico e orgânico exposto. Sem feições espeleológicas.



Fotografia 33: Ponto 20 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 21 – E 622662.34 – N 7766612.84 – Elevação 979 m.**

Terço médio da média vertente do relevo, média declividade e solo orgânico. Sem feições espeleológicas. Área de mata.





Fotografia 34: Ponto 21 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 22 – E 622517.18 – N 7766665.07 – Elevação 986 m.**

Terço alto da média vertente do relevo estrada de acesso, baixa declividade e solo orgânico e laterítico com clastos tipo cascalho espalhados na vertente. Sem feições espeleológicas.



Fotografia 35: Ponto 22 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 23 – E 622551.50 – N 7766793.11 – Elevação 960 m.**

Terço alto da média vertente do relevo, média declividade e solo orgânico. Sem feições espeleológicas. Vegetação arbustiva.





Fotografia 36: Ponto 23 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 24 – E 622480.22 – N 7766892.57 – Elevação 960 m.**

Terço alto da média vertente do relevo, média declividade com solo orgânico e laterítico. Sem feições espeleológicas.



Fotografia 37: Ponto 24 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 25 – E 622555.66 – N 7766948.12 – Elevação 947 m.**

Terço médio da média vertente do relevo, média declividade com solo orgânico e laterítico. Sem feições espeleológicas.





Fotografia 38: Ponto 25 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 26 – E 622627.11 – N 7766922.74 – Elevação 938 m.**

Terço médio da média vertente do relevo, baixa declividade e solo orgânico.  
Sem feições espeleológicas.



Fotografia 39: Ponto 26 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 27 – E 622638.30 – N 7766863.08 – Elevação 939 m.**

Terço baixo da média vertente do relevo, baixa declividade e laterítico exposto em antiga estrada de acesso a área de retirada de material mineral.  
Sem feições espeleológicas.





Fotografia 40: Ponto 27 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 28 – E 622697.35 – N 7766833.52 – Elevação 949 m.**

Terço baixo da média vertente do relevo, alta declividade e solo laterítico exposto em área de retirada de material mineral. Processos erosivos. Sem feições espeleológicas.



Fotografia 41: Ponto 28 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 29 – E 622726.26 – N 7766938.09 – Elevação 970 m.**

Terço baixo da média vertente do relevo em área de mata, baixa declividade e solo orgânico. Sem feições espeleológicas.





Fotografia 42: Ponto 29 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 30 – E 622754.80 – N 7766991.32 – Elevação 911 m.**

Terço alto da baixa vertente do relevo, média declividade e solo orgânico.  
Sem feições espeleológicas.



Fotografia 43: Ponto 30 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 31 – E 622708.02 – N 7767144.87 – Elevação 897 m.**

Terço médio da baixa vertente do relevo, média declividade e solo orgânico.  
Sem feições espeleológicas.





Fotografia 44: Ponto 31 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 32 – E 622544.06 – N 7767139.20 – Elevação 903 m.**

Terço baixo da baixa vertente do relevo, baixa declividade e solo orgânico com rochas tipo matacões em superfície. Sem feições espeleológicas.



Fotografia 45: Ponto 32 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 33 – E 622440.55 – N 7767079.01 – Elevação 903 m.**

Terço baixo da baixa vertente do relevo, baixa declividade e solo orgânico com rochas tipo matacões em superfície. Sem feições espeleológicas.





Fotografia 46: Ponto 33 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 34 – E 622353.50 – N 7766971.44 – Elevação 917 m.**

Terço médio da baixa vertente do relevo, média declividade e solo orgânico.  
Sem feições espeleológicas.



Fotografia 47: Ponto 34 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 35 – E 622371.66 – N 7766860.12 – Elevação 935 m.**

Terço médio da baixa vertente do relevo, alta declividade e solo encoberto  
de matacões, área antropizada. Sem feições espeleológicas.





Fotografia 48: Ponto 35 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.

- **Ponto 36 – E 622816.35 – N 7766828.22 – Elevação 922 m.**

Terço baixo da média vertente do relevo, baixa declividade e solo orgânico. Sem feições espeleológicas. Área de mata as margens da estrada de acesso.



Fotografia 49: Ponto 36 de controle. Fonte: Geoline Engenharia Ltda., 2024.



## 12.5 RESULTADOS

Os caminhamentos complementares cobriram as áreas de influência do projeto. Quando somados os comprimentos das linhas de caminhada prospectivo atinge-se aproximados 6,75 km percorridos.

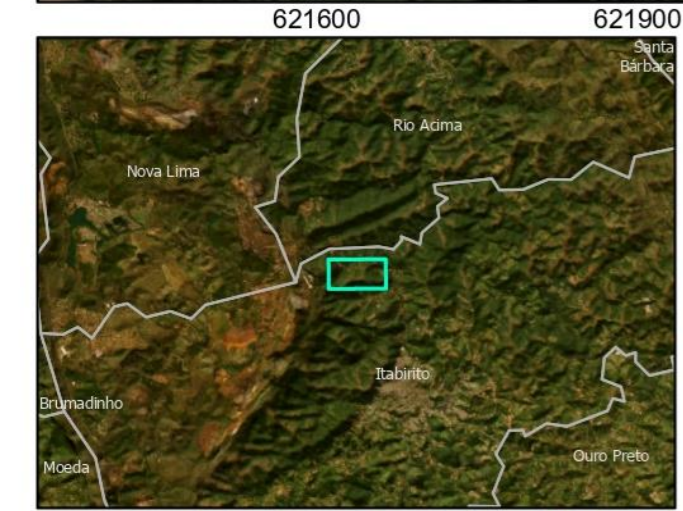
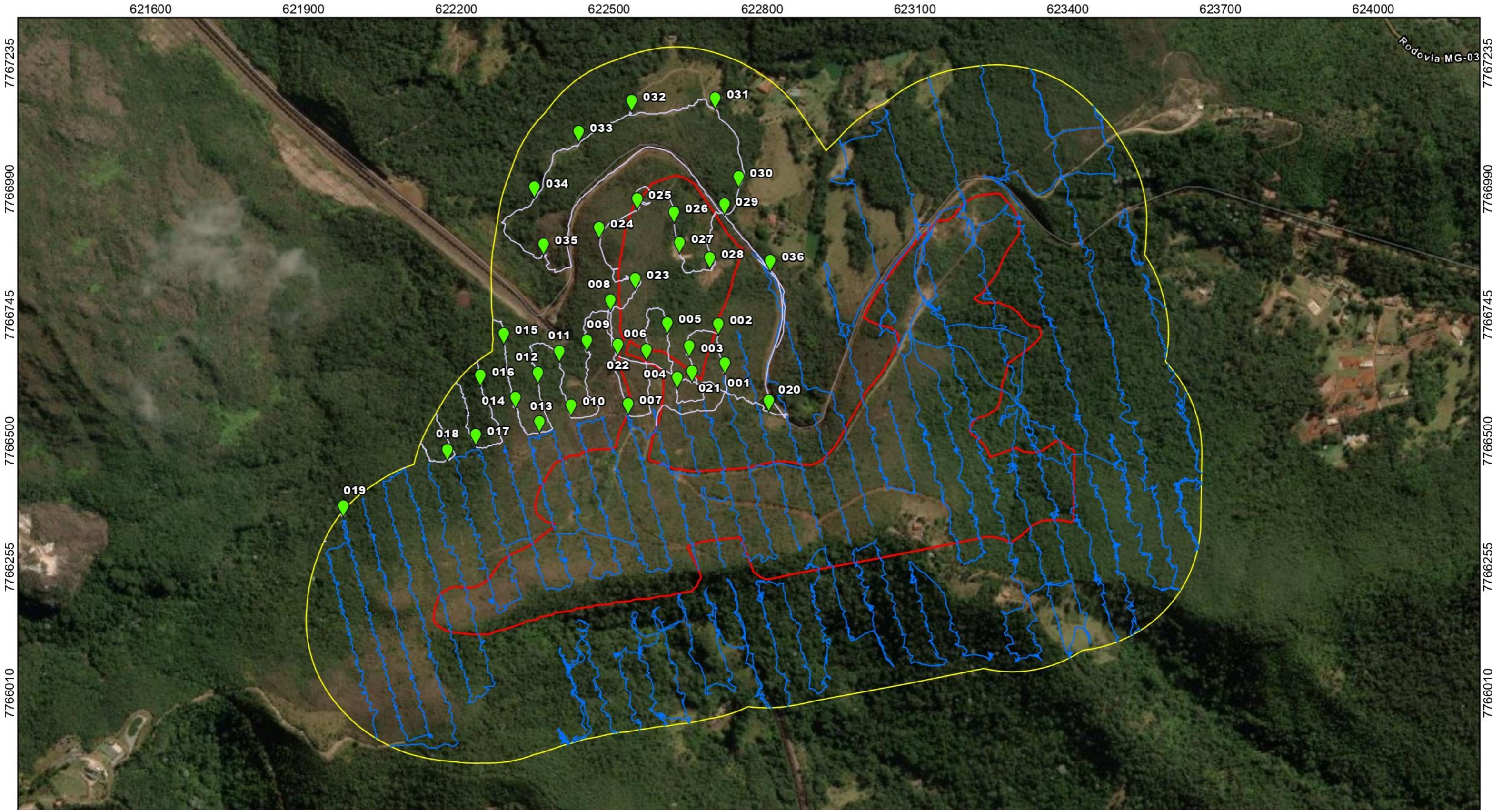
Feito esses procedimentos, conclui-se que a malha de caminhada, realizada ao longo da prospecção espeleológica, garante de modo satisfatório a cobertura das diversas classes de potencial espeleológico ocorrentes na área estudada. A seguir são representadas as razões obtidas para as áreas prospectadas.

Quadro 5: Efetividade da malha de caminhamentos prospectivos.

Potencial Espeleológico	Áreas (Km <sup>2</sup> )	Extensão do caminhada (km)	Malha realizada (km/km <sup>2</sup> )
Muito Alto	0,4642	<b>1,37</b>	2,951
Alto	0,5017	<b>2,47</b>	4,923
Médio	0,1671	<b>1,95</b>	11,669
Baixo	0,6138	<b>0,66</b>	1,075
Ocorrência Improvável	0,0206	<b>0,31</b>	15,048

Fonte: Geoline Engenharia, 2024.





**LEGENDA**

- Pontos de Controle (36 pontos)
- Caminhamento Complementar (6,75 km)
- Caminhamento (40,55 km)
- ▭ Área Diretamente Afetada - ADA (43,46 ha)
- ▭ Área de Influência Direta - AID (133,28 ha)

Sistema de projeção: UTM  
 DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

Fonte de dados:  
 Google Earth, Minerix

0 90 180 m

ESCALA: 1:7.000

Empresa: <b>MINERIX</b>			
Título: <b>Pontos de controle e caminhamento espeleológico</b>			
Elaboração: <b>Ricardo R. Trotta</b>	Data: <b>23/12/2024</b>	Formato: <b>A3</b>	Revisão: <b>R 01</b>

### **12.5.1 Feições espeleológicas**

Não foram identificadas cavidades naturais subterrâneas ou outras feições espeleológicas nas áreas de influência do projeto. Desse modo não sendo possível a incidência de impactos causados pelo Projeto MINERIX MINERAÇÃO.

### **12.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O caminhamento realizado não resultou no registro de cavidades naturais subterrâneas nas áreas de influência do projeto, e de forma geral contemplou todos locais passivos e com características ambientais favoráveis a existência dessas feições.

Considerando-se a perspectiva do CECAV, as áreas de influência do empreendimento estão inseridas em zonas de médio potencial espeleológico, no entanto, os levantamentos locais realizados demonstraram que as mesmas são compostas por áreas de muito alto, alto, médio, baixo e ocorrência improvável potencial para ocorrência de cavidades.

O estudo realizado apontou que não há presença de cavidades naturais, o que implica na não necessidade de estudos de relevância e área de influência.



## 13 CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

### 13.1 CONTEXTO HIDROGRÁFICO REGIONAL

A Área de Estudo Regional – (AER) do presente projeto abrange a porção da bacia hidrográfica Rio das Velhas, em sua região de Alto Velhas. Contemplando as ETEs Rio Itabirito (ADA inserida), Nascentes, Águas da Moeda e Águas do Gandarela. Pormenorização, a Área de Estudo Local (AEL) e Área Diretamente Afetada (ADA) estão inseridas no contexto da bacia hidrográfica estadual do Rio Itabirito (BHRI), afluente do Rio das Velhas, que por sua vez, é parte importante da bacia do Rio São Francisco (

Mapa 19).

O Rio Itabirito condiz ao rio principal que drena essa bacia hidrográfica, sendo o curso d'água que coleta e transporta as águas das sub-bacias e afluentes que compõem a bacia do Rio Itabirito. O rio é classificado como um rio de classe 2, de 6ª ordem. A sua rede de drenagem localiza-se na zona central do domínio geológico e geomorfológico do Quadrilátero Ferrífero, com uma bacia de área aproximada de 520 km<sup>2</sup>, que abrange partes dos municípios de Rio Acima, Ouro Preto e Itabirito, sendo que a maior parte localizada em Itabirito.

Na porção alta da rede hidrográfica da bacia do Rio Itabirito está localizado as sub-bacias do Ribeirão Mata Porcos, Silva, do Mango e Sardinha. Na parte central estão localizadas as sub-bacias dos Córregos do Braço e Carioca e, próximo a sua foz, na parte baixa da sub-bacia, onde abrange a área da AEL e ADA do presente projeto, perfaz a área de drenagem das sub-bacias do Córrego Campestre e Paianas.

De acordo com a circunscrição hidrográfica (CH) do Rio das Velhas (SF5) definida pelo Instituto de Gestão das Águas (IGAM), a área de estudo (AEL e ADA) do presente diagnóstico é representada pela Unidade Estratégica de



Gestão (UEG) 1 – Afluentes do Alto Rio São Francisco, concebido através da Deliberação Normativa CERH-MG N° 66/2020.



600000.000

612000.000

624000.000

636000.000

648000.000

7764000.000

7752000.000

774000.000

7764000.000

7752000.000

774000.000

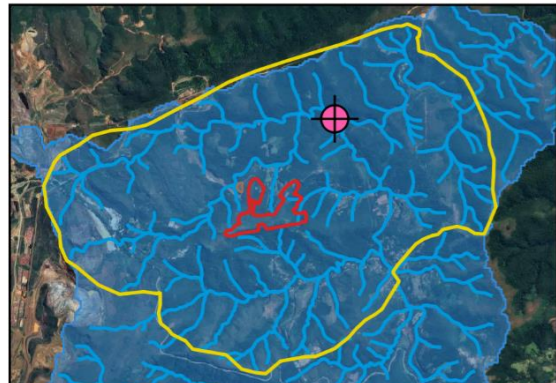
600000.000

612000.000

624000.000

636000.000

648000.000



**LEGENDA**

- ADA Licenciada - Processo 13880/2023
- Área Diretamente Afetada - ADA
- Área de Estudo Local - AEL
- Estações Fluviométricas
- Outorgas Uso Consultivo
- Estações de Monitoramento de Qualidade da Água
- Rede de Drenagem da Bacia Hidrográfica
- Bacia Hidrográfica Rio Itabirito

Sistema de projeção: UTM  
DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

0 5 10 km



Fonte de dados:  
Geoline (2024), IDE-Sisema (2022)

ESCALA: 1:150.000



Projeto: **MINERIX MINERAÇÃO**

Título: **CONTEXTO HIDROGRÁFICO REGIONAL**

Elaboração: **Geoline Engenharia**

Data: **22/11/2024**

Formato: **A3**

Revisão: **R 00**

### 13.2 VAZÃO REGIONAL

As redes de monitoramento de dados hidrológicos compostas por postos fluviométricos dificilmente conseguem cobrir todos os locais de interesse necessários ao gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil (Tucci, 2000; Amorim et al., 2005).

Para a área da sub-bacia hidrográfica do Rio Itabirito, que é composta integralmente pela AEL, e sendo, dessa forma, determinada como área de interesse regional deste estudo, identificou-se 02 (duas) estações fluviométricas (Tabela 17). A localização das estações fluviométricas em relação a área de interesse regional pode ser observada no

Mapa 19.

Tabela 17 - Estações fluviométricas localizadas nas áreas de estudo (ADA, AEL e AER) e entorno imediato da AER.

Estação	Código	Curso d'água	Localização	Abrangência
Responsável: Agência Nacional de Águas (ANA)				
ITABIRITO LINIGRAFO	41180000	Ribeirão Mata Porcos	montante da urbanização do	All - 10km a montante do
Responsável: CEMIG				
PCH Rio de Pedras Rio	41180500	Rio Itabirito	Jusante da urbanização do	All - 2,5km a montante do

Fonte: IDE SISEMA (2023).

Dentre as estações fluviométricas citadas na Tabela 17, a Estação ITABIRITO LINIGRAFO (Código 41180000) possui os dados de vazão disponibilizados através da plataforma Hidroweb da Agência Nacional das Águas (ANA).

Os dados de vazão compreendidos entre 2013 e 2023 apontam que: a vazão média ( $m^3/s$ ) mensal aferida para o período chuvoso (novembro a março) varia entre a mínima média de  $5,6 m^3/s$  em novembro, e a máxima média de  $11,5 m^3/s$  em janeiro. Em contrapartida, durante a estiagem (abril a outubro),



a vazão média ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) mensal no Ribeirão Mata Porcos apresenta a mínima de  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$  em setembro e atinge  $5,6 \text{ m}^3/\text{s}$  em abril, mês este correspondente ao fim do período chuvoso e início da temporada de seca na região (Gráfico 9).

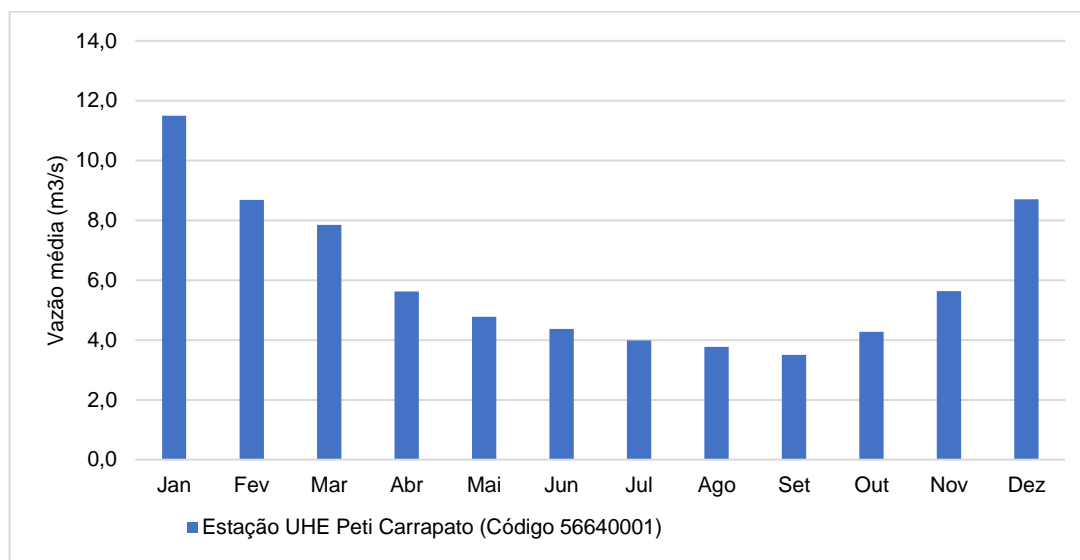


Gráfico 9: Vazão média mensal ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) aferida pela Estação a ITABIRITO LINIGRAFO (Código 41180000), instalada no Ribeirão Mata Porcos, considerado a série histórica entre 2013 a 2023. Fonte: ANA (2024).

Não obstante, avaliou-se ainda, durante a etapa de campo do período de estiagem, realizado em setembro/2023, a vazão estimada através da aplicação do método flutuador no Córrego Campestre - Ponto 22 (PT22) ( $20^{\circ}11'18''\text{S}$  /  $43^{\circ}49'28''\text{O}$ ). O manancial está localizado na AEL deste projeto e representa um importante curso d'água no contexto deste diagnóstico.

O método flutuador consiste em determinar a vazão estimada de um curso d'água a partir da área da seção transversal (distância entre as margens multiplicada pela profundidade do rio), comprimento, e tempo que o objeto flutuante se desloca pelo trecho retilíneo demarcado (Cofferri, 2017).

A escolha trecho em que o método foi utilizado seguiu as diretrizes pautadas por Santos *et al.* (2001), sendo: (1) trecho retilíneo com margens paralelas, (2)



visibilidade em todos os sentidos, (3) declividade do leito constante e (4) profundidade uniforme no sentido longitudinal (

Fotografia 50:). Portanto, para calcular a vazão estimada neste trecho, utilizou-se a equação abaixo conforme diretrizes do Comunicado Técnico 455 da Embrapa (2007):

$$Vazão = \frac{(A \times L \times Cc)}{T}$$

Vazão = (m<sup>3</sup>/s)

Área da seção transversal (A) = média da área do rio (distância entre as margens multiplicada pela profundidade do rio) (m<sup>2</sup>)

Comprimento (L) = comprimento da área de medição (m)

Coefficiente Redutor (Cc)= 0,85

Tempo (T) = O coeficiente permite a correção devido ao fato de a água se deslocar mais rápido na superfície do que na porção do fundo do rio (s)

Importante ressaltar a aplicação do Cc, pois este permite corrigir fatores externos influenciadores na velocidade do flutuador e o fato da água em superfície se deslocar mais rápido quando comparado ao fundo do rio (Santos et al., 2001). Nesse caso, utilizou-se o coeficiente redutor (Cc) de 0,85 recomendado pela Organização Mundial de Meteorologia (WMO, 2010).

Portanto, a ordem de valor de vazão para o trecho do Córrego Campestre (PT22) no período de estiagem (setembro de 2023) é de 0,029 m<sup>3</sup>/s ou 104,4 m<sup>3</sup>/h (Quadro 6).





Fotografia 50: Córrego Campestre (PT22) – set/2023. Fonte: Geoline Engenharia, 2023.

Quadro 6 - Avaliação estimada da vazão em diferentes períodos do ano.

Parâmetros	Rio Barão de Cocais (PT5)
	set/23
Distância entre as margens (m)	1,5
Profundidade média (m)	0,2
A - Área da Seção Transversal (m <sup>2</sup> )	0,3
L - Comprimento (m)	3,6
T - Tempo médio (s)	31,2
Cc - Coeficiente redutor (Cc)	0,85
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	0,029

Fonte: Geoline Engenharia, 2023.

### 13.3 DEMANDA E USOS CONSULTIVOS DA ÁGUA SUPERFICIAL

O uso das águas na bacia do Rio Itabirito é bastante diverso e relacionado às atividades econômicas, caracterizando-se pelo abastecimento doméstico e industrial, mineração e abastecimento público. O



Mapa 19 ilustra a sobreposição dos pontos de captação de recursos hídricos superficiais localizados na bacia, o qual perfazem a área da AER do presente estudo.

Tem-se, portanto, o total de 11 usuários de recursos hídricos superficiais consultivos outorgados na bacia do Rio Itabirito relacionado aos códigos de outorga 01 (captação em curso d'água) e 14 (dragagem para extração mineral) do IGAM. O Quadro 7 relaciona os processos estes processos de outorga cujo estão localizados na AER e na BHRI. Ressalta-se que não há captação de uso consultivo localizado na abrangência da AEL e ADA.

### **13.4 DISPONIBILIDADE HÍDRICA**

O regime hidrológico do curso de água principal que drena a área de estudo, Rio Itabirito, foi caracterizado considerando o exultório das BHRI na sua confluência com o Rio das Velhas. Assim, o Quadro 8 expõe as vazões de referência para avaliação da disponibilidade hídrica tendo em vista o valor de 30%  $Q_{7,10}$ , cujo corresponde ao limite máximo de captação para outorga no estado de Minas Gerais.



Quadro 7 - Usuários de recursos hídricos superficiais registrados na AER e na BHRI.

Portaria	Código de Uso	Requerente	Finalidade	Curso d'água	Vazão
1300781/2022	1	VALE S/A	Consumo Humano	Ribeirão Mata Porcos	0,167m <sup>3</sup> /s
1303425/2023	14	AZIZ LUCIO BRAGA ME	Mineração	Ribeirão Saboeiro	30l/s
1307239/2021	14	ATU	Mineração	Ribeirão Saboeiro	0,00013m <sup>3</sup> /s
1308007/2020	1	VALE S.A - MINA DE FÁBRICA	-	Ribeirão Carioca	0,0208m <sup>3</sup> /s
1109704/2019	1	GERDAU AÇO MINAS S/A - MINA DA VÁRZEA LESTE - NORTE	Consumo Humano	Ribeirão do Silva	0,00833m <sup>3</sup> /s
1309340/2022	1	SERVIÇO AUT	Abastecimento Público	Ribeirão Carioca	0,1m <sup>3</sup> /s
1304051/2019	1	SERVIÇO AUT	Consumo Humano	Córrego do Braço	0,123 m <sup>3</sup> /s
567/2017	1	SAFM MINERAÇÃO	Mineração	Córrego do Bugre	0,012 m <sup>3</sup> /s
566/2017	1	SAFM MINERAÇÃO	Consumo Humano	Afluente do Córrego do Bugre	0,00133m <sup>3</sup> /s
1303948/2022	1	SERVIÇO AUTÔNOMO DE SANEAMENTO BÁSICO / ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - SAAE	Outros	Córrego Carioca	25l/s
1303949/2022	1	SERVIÇO AUTÔNOMO DE SANEAMENTO BÁSICO / ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - SAAE	Abastecimento Público	Córrego Carioca	47l/s

Fonte: IDE SISEMA (2024).

Quadro 8 - Disponibilidade hídrica da BHRI considerando como exultório a confluência com o Rio das Velhas.

Curso d'água	Rio Itabirito
UEG 1	Afluentes do Alto Rio São Francisco
Tipologia Regional Homogênea	212
	2 – Pluviosidade entre 1000 a 1500 mm/ano
	1 – Declividade média da bacia > 20% 2 – infiltrabilidade de água no solo média a alta
Área de drenagem a montante (km <sup>2</sup> )	520
Rendimento específico mínimo (l/s/km <sup>2</sup> )	7,0 a 15,0 – média 11,0
Vazão mínima de duração mensal e recorrência decenal (Q <sub>10,M</sub> ) (l/s)	5720
Vazão mínima (Q <sub>7,10</sub> ) (l/s)	5175,29
Disponibilidade hídrica - 30% (Q <sub>7,10</sub> ) (l/s)	1552,58

### 13.5 ENQUADRAMENTO DOS CURSOS D'ÁGUA

A classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento são regidos pelos critérios definidos pela DN Conjunta COPAM-CERH/MG N° 8/2022. A normativa define 05 (cinco) classes das águas doces estaduais segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes (Quadro 9).



CLASSE	USO PERMITIDO
Classe especial	1. Abastecimento para consumo humano, com filtração e desinfecção; 2. Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; 3. Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	1. Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; 2. Proteção das comunidades aquáticas, inclusive em Terras Indígenas; 3. Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película.
Classe 2	1. Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; 2. Proteção das comunidades aquáticas; 3. Recreação de contato primário; 4. Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; 5. Aquicultura e à atividade de pesca.
Classe 3	1. Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; 2. Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras pesca amadora; 3. Recreação de contato secundário; 4. Dessedentação de animais.
Classe 4	1. Navegação 2. Harmonia paisagística 3. Usos menos exigentes

Quadro 9 - Classes de enquadramento e critérios de uso dos cursos d'água em Minas Gerais.

Fonte: Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG Nº 8/2022.

Dito isso, o enquadramento dos cursos d'água localizados na área de interesse regional (porção da AER localizada na BHRI) seguem, especificamente, a Deliberação Normativa nº 20, de 24 de junho de 1997, que dispõe sobre o enquadramento das águas da Bacia do Rio das Velhas.

No artigo 1º da legislação pertinente, o enquadramento relacionado à BHRI e que estão associadas as áreas de estudo, seguem as seguintes classificações:

10 – SB do Ribeirão Mata Porcos/Itabirito



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

Inclui-se o ribeirão do Silva

Abrangência: AER e AEL

- Trecho 21 – Ribeirão Carioca, das nascentes até a confluência com o ribeirão Mata Porcos/Itabirito - Classe 1

Inclui-se o Córrego Sossego

Abrangência: AER

- Trecho 22 – Córrego São Gonçalo do Baçõ, das nascentes até a captação de água para abastecimento doméstico do distrito de São Gonçalo do Baçõ - Classe Especial

Abrangência: AER

- Trecho 23 – Córrego do Baçõ, das nascentes até a confluência com o ribeirão Mata-Porcos/Itabirito - Classe 1

Abrangência: AER

- Trecho 24 – Córrego Carioca, das nascentes até a 1º captação d'água para abastecimento doméstico do distrito-sede de Itabirito - Classe 1

Abrangência: AER

- Trecho 25 – Córrego Carioca, do limite jusante da 1º captação d'água para o abastecimento doméstico do distrito-sede de Itabirito até a confluência com o Ribeirão Mata Porcos/Itabirito - Classe 2

Abrangência: AER



Portanto, a rede de drenagem que abrange a área da AEL e ADA do projeto possui enquadramento na classe 2, segundo diretrizes da Deliberação Normativa nº 20/1997.

### 13.6 INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA

No Estado de Minas Gerais, através do Projeto Águas de Minas executado desde 1997 sob responsabilidade do IGAM, são avaliados anualmente os seguintes indicadores de qualidade da água: índice de Qualidade das águas - IQA, Contaminação por Tóxicos – CT, Índice de Estado Trófico – IET, Panorama de Qualidade das Águas, Densidade de Cianobactérias e Ensaio Ecotoxicológicos (IGAM, 2023).

O intuito do IQA é avaliar a qualidade da água bruta disponível em superfície, é particularmente sensível a contaminação por esgotos e reflete a interferência de outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos na água (IGAM, 2023). Na pesquisa desenvolvida pela *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos em 1970, através da opinião de vários especialistas, definiu-se um conjunto de nove parâmetros mais representativos para caracterização do IQA, o qual, para cada parâmetro, foi atribuído um peso conforme sua importância no contexto de da água (Quadro 10).

Quadro 10 - Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e seus respectivos pesos.

PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA	PESO (w)
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes ou <i>Escherichia coli</i>	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	0,1
Nitratos	0,1
Fósforo total	0,1
Variação de Temperatura	0,1
Turbidez	0,08
Sólidos Totais	0,08

Fonte: IGAM (2023).



Para definição do IQA, o IGAM adota a equação:

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA = Índice de Qualidade de Água, variando de 0 a 100;

$q_i$  = qualidade do parâmetro  $i$  obtido através da curva média específica de qualidade;

$w_i$  = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1.

De posse do resultado do IQA, o recurso hídrico é categorizado em níveis/faixas o qual normalmente são utilizados como referência de associação da água bruta captada para a finalidade de abastecimento público, após o tratamento (Quadro 11).

Quadro 11 - Classificação da qualidade das águas.

Nível de Qualidade	Faixa	Significado
<b>Excelente</b>	90<IQA≤100	Águas apropriadas para tratamento convencional visando ao abastecimento público.
<b>Boa</b>	70<IQA≤90	
<b>Média</b>	50<IQA≤70	
<b>Ruim</b>	25<IQA≤50	Águas impróprias para tratamento convencional visando ao abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.
<b>Muito ruim</b>	0<IQA≤25	

Fonte: IGAM (2023).

A CT avalia a presença de 13 (treze) substâncias tóxicas nos corpos d'água e os resultados são comparados aos limites definidos pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG N° 8/2022. Dentre as substâncias tóxicas analisadas estão: arsênio total, bário total, cádmio total, chumbo total,



cianeto livre, cobre dissolvido, cromo total, fenóis totais, mercúrio total, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal total e zinco total.

A análise da CT leva em consideração a pior situação identificada no conjunto total de resultados das campanhas de amostragem, para qualquer parâmetro analisado. Portanto, se apenas um dos parâmetros tóxicos em uma dada estação de amostragem, em pelo menos uma das campanhas do ano, mostrar-se com valor acima de 100%, isto é, o dobro da concentração limite preconizada na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08/2022, a CT da estação de amostragem será considerada Alta no ano em análise (IGAM, 2023). Assim, o IGAM utiliza três classes qualitativas (baixa, média e alta) para enquadramento da contaminação por tóxicos (Quadro 12).

Quadro 12 - Classe de contaminação por tóxicos e seus significados.

Concentração CT	Contaminação	Significado
$CT \leq 20\% P$	Baixa	Refere-se à ocorrência de substâncias tóxicas em concentrações que excedem em até 20% o limite de classe de enquadramento do trecho do corpo de água onde se localiza a estação de amostragem
$20\% P < CT \leq 100\% P$	Média	Refere-se à faixa de concentração que ultrapasse os limites mencionados no intervalo de 20% a 100%.
$CT > 100\% P$	Alta	Refere-se às concentrações que excedem em mais de 100% os limites

Fonte: IGAM (2023).

\*P = Limite de classe definido na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08/2022

O IET tem por finalidade classificar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo do fitoplâncton. Para o cálculo do IET, o IGAM utiliza os resultados das análises de clorofila-a e fósforo total, subsidiando assim, o entendimento da relação causa-efeito entre processos produtivos e impacto ambiental em



ecossistemas aquáticos. Para classificação deste índice em rios são adotados os estados de trofia apresentados no Quadro 13.

Quadro 13 - Classes do Índice de Estado Trófico (rios) e seu significado.

Valor IET	Classes	Significado
$IET \leq 47$	Ultraoligotrófica	Corpos de água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que acarretam em prejuízos aos usos da água.
$47 < IET \leq 52$	Oligotrófica	Corpos de água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre o uso da água, decorrentes da presença de nutrientes.
$52 < IET \leq 59$	Mesotrófica	Corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade de água, em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
$59 < IET \leq 63$	Eutrófica	Corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
$63 < IET \leq 67$	Supereutrófica	Corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios de florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos.
$IET > 67$	Hipereutrófica	Corpos de água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios de florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas

Fonte: IGAM (2023).

Por sua vez, as cianobactérias são micro-organismos presentes em ambientes aquáticos e algumas espécies são capazes de produzir toxinas que podem ser prejudiciais à saúde humana e animal. Os resultados máximos das análises laboratoriais são comparados aos padrões estabelecidos na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08/22 para cada classe de uso de recreação (Quadro 14).



Quadro 14 – Classes das densidades de cianobactérias.

Dens.Cianobactérias (cél/mL)	Significados
<1000	Adequado à Classe 1 e baixo risco para recreação de <b>contato primário</b>
≥1.000 e <10.000	Adequado à Classe 1 e à recreação de <b>contato primário</b>
≥10.000 e <50.000	Adequado à recreação de <b>contato secundário</b> , isto é, com reduzida probabilidade de ingestão de água. <b>Inadequado à recreação de contato primário</b>
≥50.000 e <100.000	Adequado à Classe 3 e à recreação de contato secundário.
≥100.000	Adequado à Classe 4, <b>inadequado para qualquer tipo de recreação.</b>

Fonte: IGAM (2023).

Por fim, os ensaios ecotoxicológicos consistem na determinação do potencial tóxico de um agente químico ou de uma mistura complexa, sendo os efeitos desses poluentes detectados através da resposta de organismos vivos. Estes testes são ferramentas importantes para a melhor compreensão dos impactos das atividades econômicas sobre um dado corpo de água. Dessa forma, são utilizadas as seguintes classificações para descrever os eventuais efeitos deletérios sobre os organismos aquáticos (IGAM, 2023):

- Efeito Agudo - resposta severa e rápida a um estímulo, a qual se manifesta nos organismos aquáticos em tempos relativamente curtos (0 a 48 horas), sendo o efeito morte o mais observado;
- Efeito Crônico - caracteriza-se pela resposta a um estímulo que continua por longos períodos (1/10 do ciclo vital até a totalidade da vida) de exposição do organismo ao poluente, que pode ser expressa através de mudanças comportamentais, alterações fisiológicas, genéticas, reprodução, etc;



- Não Tóxico

O Panorama de Qualidade das Águas reflete a violação dos padrões legais de qualidade das águas com base no cumprimento da DN Conjunta COPAM-CERH/MG N° 8/2022. Dessa forma, o IGAM avalia o curso d'água superficial a partir de três grupos de parâmetros:

- Enriquecimento orgânico (fósforo, Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, nitrato e nitrogênio amoniacal)
- Contaminação fecal (*Escherichia coli*)
- Contaminação por substâncias tóxicas (arsênio, cianeto, chumbo, cobre, zinco, cromo, cádmio, mercúrio e fenóis totais)

Em relação ao objeto de análise, as estações de monitoramento de qualidade da água localizadas na área de interesse regional – BHRI e que abrange a ADA, AEL e AER, estão instaladas nos seguintes mananciais:

- Estação AV050: Ribeirão do Silva (Classe 2) a montante do Córrego das Almas;
- Estação AV070: Ribeirão Mata Porcos (Classe 2) próximo de sua confluência com o Ribeirão Sardinha;
- Estação AV060: Ribeirão Carioca (Classe 2) a montante de sua confluência com o Ribeirão Mata Porcos;
- Estação AV080: Ribeirão Mata Porcos (Classe 2) a montante do Rio Itabirito;
- Estação BV035: Rio Itabirito (Classe 2) a jusante da cidade de Itabirito;
- Estação AV120: Córrego do Moleque (Classe 2) a montante do Rio Itabirito.



Dentre as estações localizadas na BHRI, a Estação AV120 localizada no Córrego do Moleque está localizada na AEL do projeto, as demais, estão postas na AER. Em relação aos resultados apresentados pelo IGAM (Tabela 18), referente aos anos base 2021 e 2022, nota-se que:

Em relação ao IQA, a Estação AV050 apresentou uma piora na qualidade da água, passando de uma classificação "Boa" em 2021 para "Média" em 2022. De forma similar à AV050, a Estação AV060 também registrou uma degradação na qualidade da água, mudando de "Boa" em 2021 para "Média" em 2022. Nas Estações AV070 e Estação AV080, a qualidade da água permaneceu constante nos dois anos, com uma classificação "Média". A Estação BV035 apresentou uma situação crítica, com uma classificação "Ruim" tanto em 2021 quanto em 2022, indicando águas impróprias para tratamento convencional e necessitando de tratamentos mais avançados.

Importante ressaltar que não foram identificados parâmetros que não atenderam o limite legal para os indicativos de contaminação fecal, enriquecimento orgânico e de substâncias tóxicas na Estação AV120, localizada na AEL do projeto, além da perceptível melhora observada no IQA quando passou de "Média" em 2021 para "Boa" qualidade em 2022.

A contaminação por tóxicos (CT) foi avaliada pela presença de 13 substâncias tóxicas, sendo classificada em baixa, média e alta. Em 2021, a CT foi considerada baixa nas estações AV050, AV060, AV080 e BV035, enquanto a Estação AV070 foi classificada como média. Em 2022, a CT foi considerada baixa nas estações AV050, AV070, AV060 e AV120, média na Estação BV035 e alta na Estação AV080, destacando-se negativamente.

O Índice de Estado Trófico (IET) avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e o crescimento do fitoplâncton. Em 2021, as estações AV050, AV080, BV035 e AV120 foram classificadas como mesotróficas, enquanto a Estação AV070 foi eutrófica e a Estação AV060,



oligotrófica. Em 2022, todas as estações apresentaram IET mesotrófico, sugerindo um nível intermediário de produtividade.

A análise comparativa dos anos de 2021 e 2022 revela um cenário de degradação da qualidade da água em diversas estações. Notavelmente, as estações AV050, AV060 e AV080 apresentaram piora no IQA, enquanto a Estação BV035 manteve-se em estado crítico. A CT alta na Estação AV080 em 2022 destaca uma situação preocupante que requer monitoramento contínuo e estratégias de mitigação. Por fim, a classificação IET mesotrófico em todas as estações em 2022 sugere uma tendência de enriquecimento por nutrientes, que deve ser gerenciada para evitar a progressão para estados mais críticos de trofia.

Nas estações localizadas na área de estudo, o órgão gestor de águas de Minas Gerais não realiza ensaios ecotoxicológicos e de densidade de cianobactérias. Portanto, os resultados publicados pelo IGAM no Resumo Executivo de monitoramento de água superficial (IGAM, 2023) de IQA bem como os parâmetros em desconformidade, de CT e IET, estão apresentados na Tabela 18.



Tabela 18 - Resultados do monitoramento de Qualidade das Águas – Ano Base 2021 e 2022.

Curso d'água	IQA		Parâmetros em Desconformidade		CT		IET	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Ribeirão Silva (AV050)	71,9	59,3	<i>Escherichia coli</i> * e fósforo total*	Chumbo total, <i>Escherichia coli</i> * e fósforo total	Baixa	Baixa	Mesotrófico (52,6)	Mesotrófico (54,6)
Ribeirão Mata Porcos (AV070)	65,4	59,6	<i>Escherichia coli</i> * e fósforo total	<i>Escherichia coli</i> * e fósforo total*	Média	Baixa	Eutrófica (60,5)	Mesotrófico (57,7)
Ribeirão Carioca (AV060)	77,2	64,5	<i>Escherichia coli</i> *	<i>Escherichia coli</i> * e fósforo total	Baixa	Baixa	Oligotrófico (51,2)	Mesotrófico (52,4)
Ribeirão Mata Porcos (AV080)	50	56,2	<i>Escherichia coli</i> *	Chumbo total, DBO, <i>Escherichia coli</i> e fósforo total	Baixa	Alta	Mesotrófico (55,7)	Mesotrófico (55)
Rio Itabirito (BV035)	47,3	48,4	DBO, <i>Escherichia coli</i> e fósforo total	Chumbo total <i>Escherichia coli</i> * e fósforo total,	Baixa	Média	Mesotrófico (57,7)	Mesotrófico (56,2)
Córrego do Moleque (AV120)	69,2	70,2	-	-	Baixa	Baixa	Mesotrófico (52,2)	Mesotrófico (52,2)

Fonte: IGAM (2023).

\*parâmetros que excederam o limite estabelecido para a classe de enquadramento em 100% ou mais.

### 13.7 CONTEXTO HIDROGRÁFICO LOCAL

A hidrografia local representada pela área de abrangência da AEL está inserida no contexto da Sub-bacia do Córrego do Moleque e das microbacias associadas como a do Córregos Campestre, Paianas e dos tributários sem nome do Rio Itabirito.

As microbacias que interceptam a ADA são: dos tributários do Rio Itabirito, do Córrego Campestre e dos tributários do Córrego Paianas. Na área de cabeceira destas microbacias, próximos a ADA, estão localizadas as manifestações de água subterrânea representado por nascentes e surgências. O contexto hidrográfico local que intercepta a ADA está resumido no Quadro 15. Portanto, as áreas mapeadas nas campanhas do período da seca, em setembro de 2023, e no período chuvoso em março de 2024, objetivou-se na identificação das nascentes e cursos d'água relacionadas ao contexto hidrográfico local.

Quadro 15 - Contexto hidrográfico local.

UEG	BACIA HIDROGRÁFICA	SUB-BACIA	MICROBACIA	ABRANGÊNCIA
UEG 1 - Afluentes do Alto Rio São Francisco	Rio Itabirito		Tributário do Rio Itabirito	ADA e AEL
		Córrego Moleque	Córrego Campestre	ADA e AEL
		Córrego Paianas	Tributário do Córrego Paianas	ADA e AEL

Fonte: Geoline Engenharia, 2024.

Quadro 16 - Relação de pontos visitados durante as campanhas de campo.

Ponto	Coordenadas		Identificação	Abrangência
	Lat	Long		
PT01	7766533	623325	Nascente do tributário sem nome do Rio Itabirito	AEL
PT02	7766692	623403	Ponto de captação de água superficial	AEL



PT03	7765857	623901	Nascente do tributário sem nome do córrego Paianas	AEL
PT04	7766638	622904	Surgência	AEL
PT05	7766607	622854	Nascente do tributário do córrego campestre	AEL
PT06	7766542	622904	Olho d'água	AEL
PT07	7766870	624522	Exultório da microbacia dos Tributários do Rio Itabirito	AEL
PT08	7766680	622357	Drenagem seca associado a túnel	AEL
PT09	7766381	622214	Drenagem seca	AEL
PT10	7766641	622171	Afluente da margem direita do Córrego do Campestre com rede de drenagem encaixada	AEL
PT11	7765880	622850	Tributário sem nome do Córrego Paianas	AEL
PT12	7765937	622825	Drenagem antropizada	AEL
PT13	7765864	622980	Tributário sem nome do Córrego Paianas	AEL
PT14	7766413	621910	Alto curso do Córrego Campestre	AEL
PT15	7766141	623017	Drenagem seca	AEL
PT16	7765902	623187	Drenagem seca	AEL
PT17	7765919	623029	Tributário sem nome do Córrego Paianas	AEL
PT18	7765992	623017	Nascente do tributário do Córrego Paianas	AEL
PT19	7767999	623870	Córrego Moleque	AEL
PT20	7766479	621944	Ponto de contribuição de afluente da margem esquerdo no córrego Campestre e ponto associado a captação de água	AEL
PT21	7766472	623312	Surgência	ADA
PT22	7767235	622784	Córrego Campestre	AEL
PT23	7765973	622786	Represa 1	AEL
PT24	7765966	622779	Represa 2	AEL



PT25	7765979	622721	Represa 3 utilizada para piscicultura	AEL
PT26	7766065	622685	Nascente do tributário sem nome do Córrego Paianas	AEL
PT27	7765882	623019	Confluência de rede de drenagem	AEL
PT28	7765879	622919	Drenagem do tributário do Córrego Paianas canalizada	AEL
PT29	7765905	622740	Drenagem seca	AEL

Fonte: Geoline Engenharia, 2024.

- Microbacia dos Tributários do Rio Itabirito

A microbacia que intercepta a ADA denominada Tributário do Rio Itabirito (108ha) está posicionada à leste(E) desta área de influência. A microbacia possui canais de drenagem de 1º e 2º ordem e o curso d'água principal (tributário sem nome), que segue o fluxo sentido leste até a confluência com o Rio Itabirito, possui regime perene. A nascente e a surgência identificada na cabeceira do curso d'água principal foram cadastradas pelos pontos 01 e 21, respectivamente, nas cotas 904m e 924m.

Os registros de campo abaixo apresentados representam, respectivamente, a nascente (PT01), a rede de drenagem do tributário cujo é utilizado pela comunidade local como fonte de abastecimento (PT02), o exultório da bacia próximo ao ponto de confluência com Rio Itabirito (PT07) e a surgência identificada através da presença de solo úmido (PT21) (Quadro 17

e Fonte: Geoline Engenharia, 2024.

).



Quadro 17 - Pontos mapeado na microbacia dos tributários do Rio Itabirito.

Ponto	Cota (m)	Tipo	Descrição
PT01	904	Nascente	Nascente preservada sem sinal de antropização
PT02	876	Rede de drenagem	Ponto de captação associado a rede de drenagem. Presença de estrutura para acúmulo d'água. Ponto de abastecimento da comunidade local
PT07	-	Rede de drenagem	Exutório do tributário do Rio Itabirito, próximo a confluência
PT21	924	Surgencia	Discreta manifestação de água subterrânea, identificado a partir de solo úmido

Fonte: Geoline Engenharia, 2024.

Fotografia 51: Pontos visitados na microbacia do tributário sem nome do Rio Itabirito.

PT01 – set/23

PT01 – março/24



PT02 – março/24



PT02 – março/24



PT07 – março/24



PT07 – março/24



PT21 – set/23



- Microbacia do Córrego Campestre

A microbacia que intercepta a ADA denominada do Córrego Campestre (460,5ha) está posicionada à norte (N) e noroeste (NW) desta área de influência. A microbacia possui canais de drenagem de 1º e 2º ordem e o curso d'água principal (Córrego Campestre), que segue o fluxo sentido nordeste até a confluência com o Córrego Moleque, possui regime perene. A nascente do tributário do córrego campestre, a surgência e o olho d'água identificados na área de cabeceira da microbacia foram cadastradas pelos pontos 05, 04 e 06, respectivamente, nas cotas 917m, 912m e 933m.

Os registros de campo abaixo apresentados representam, respectivamente, a surgência (PT04), a rede de drenagem do córrego campestre e seus afluentes (PT10, 14, 20 e 22), a nascente do tributário do córrego campestre próximo a ADA (PT05), o olho d'água (PT06), bem como os sulcos erosivos formados por escoamento superficial denominados como drenagem seca (PT08 e PT09) (Quadro 18).



Quadro 18 - Pontos mapeados na microbacia do Córrego Campestre.

Ponto	Cota (m)	Tipo	Descrição
PT04	912	Surgência	Manifestação de água subterrânea que não está associada a formação de uma rede de drenagem
PT05	917	Nascente	Nascente próximo a ADA do tributário do córrego campestre preservada
PT06	933	Olho d'agua	Manifestação de água subterrânea que não está associada a formação de uma rede de drenagem
PT08	951	-	Rede de drenagem seca associada a estrutura de escoamento superficial (túnel)
PT09	1014	-	Drenagem seca
PT10	944	Rede de drenagem	Afluente da margem direita do Córrego do Campestre com rede de drenagem encaixada
PT14	-	Rede de drenagem	Alto curso do Córrego Campestre
PT20	-	Rede de drenagem	Rede de drenagem do Córrego Campestre associada a captação de água superficial
PT22	872	Rede de drenagem	Córrego Campestre

Fonte: Geoline Engenharia, 2024.



Fotografia 52: Pontos visitados na microbacia do Córrego Campestre.

PT04 – março/2024



PT04 – março/2024



PT05 – set/23



PT05 - março/2024



PT06 – set/2023



PT06 - março/2024



PT08– set/2023



PT08 - março/2024



PT09 - março/2024



PT09 - março/2024



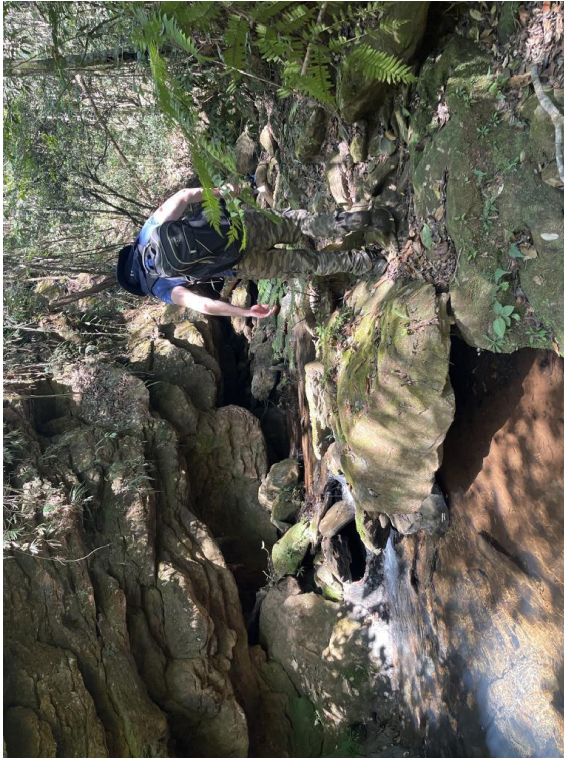
PT10- set/2023



PT10 - março/2024



PT14– set/2023



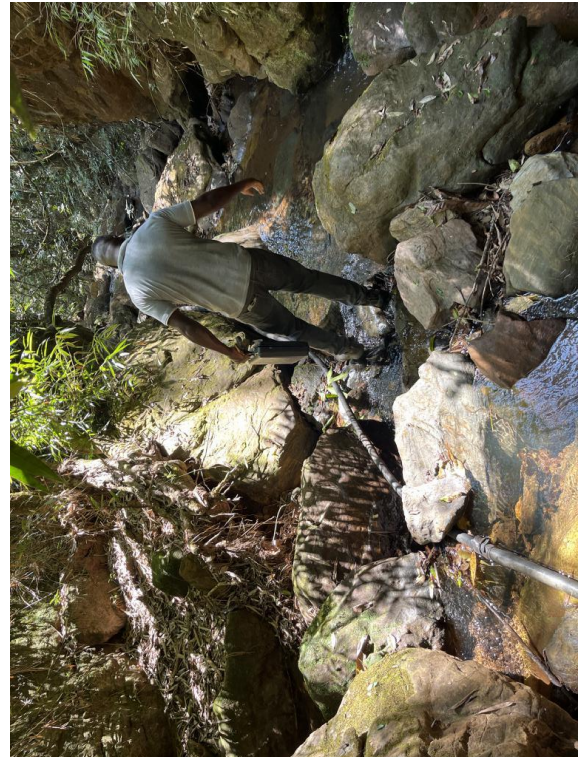
PT14– set/2023



PT20– set/2023



PT20– set/2023



PT22– set/2023



PT22– set/2023



- Microbacia do Tributário do Córrego Paianas

A microbacia que intercepta a ADA denominada do Tributário do Córrego Paianas (73ha) está posicionada à sul (S) desta área de influência. A microbacia possui canais de drenagem de 1º e 2º ordem e o curso d'água principal (Tributário sem nome do Córrego Paianas), que segue o fluxo sentido sudeste até a confluência com o Córrego Paianas, possui regime perene. As nascentes dos tributários do córrego paianas se manifestam nas altitudes de 893m e 970m.

Os registros de campo abaixo apresentados representam, respectivamente, as nascentes mapeadas (PT18 e PT26), a rede de drenagem dos tributários do córrego paianas (PT11, 13, 17, 27 e 28), o uso antrópico do recurso hídrico superficial representado por represas e tanque para criação de peixes (PT23, 24 e 25), bem como os sulcos erosivos



formados por escoamento superficial denominados como drenagem seca (PT15 e PT29) (Fotografia 53 e Quadro 19).

Quadro 19 - Pontos mapeados na microbacia do tributário do Córrego Paianas.

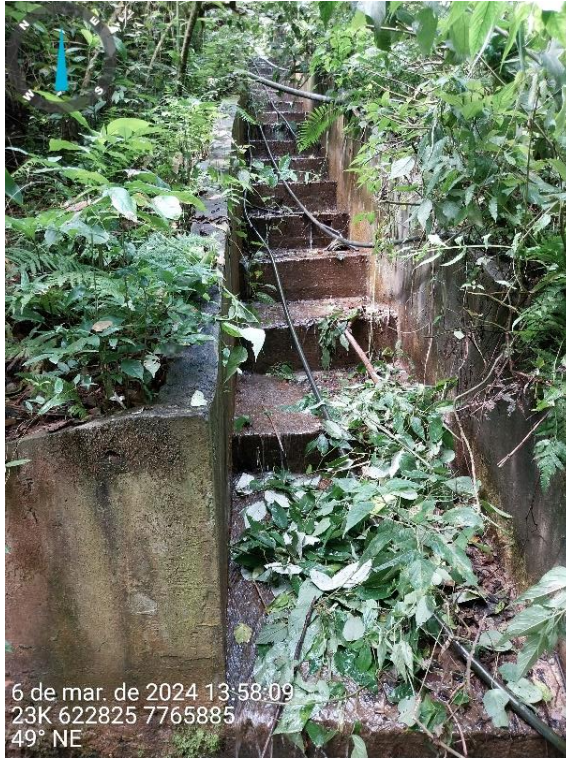
Ponto	Cota (m)	Tipo	Descrição
PT11	-	Rede de drenagem	Rede de drenagem do Tributário sem nome do Córrego Paianas associado a escada hidráulica
PT12	-	-	Drenagem antropizada
PT13	-	Rede de drenagem	Tributário sem nome do Córrego Paianas
PT15	942	-	Drenagem seca
PT16	-	-	Drenagem seca
PT17	-	Rede de drenagem	Tributário sem nome do Córrego Paianas
PT18	893	Nascente	Nascente do Tributário sem nome do Córrego Paianas
PT23	937	Represa 1	-
PT24	937	Represa 2	-
PT25	946	Represa 3	Tanque para uso de piscicultura
PT26	970	Nascente	Nascente do tributário sem nome do Córrego Paianas
PT27	-	Rede de drenagem	Confluência de redes de drenagem
PT28	-	Rede de drenagem	Rede de drenagem canalizada
PT29	-	-	Drenagem seca

Fonte: Geoline Engenharia, 2024.



Fotografia 53: Pontos visitados na microbacia do Córrego Campestre.

PT11 – março/2024



PT11 – março/2024



PT12 – set/2023



PT12 – março/2024



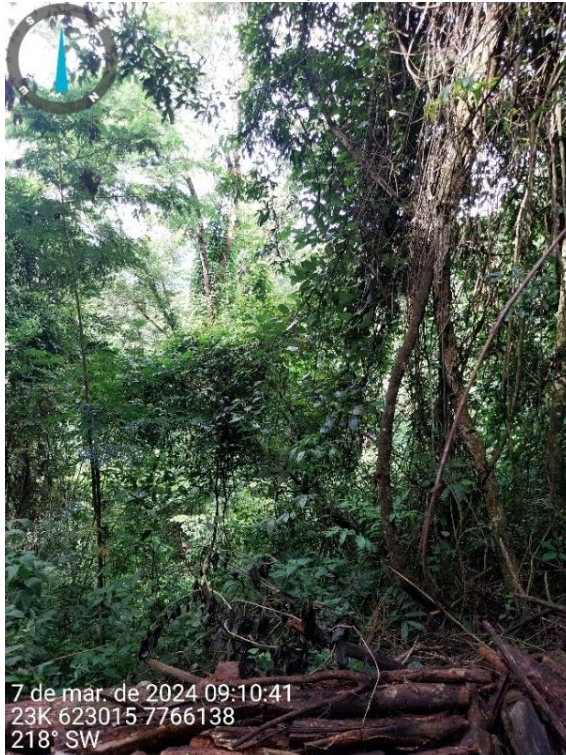
PT13 – março/2024



PT13 – março/2024



PT15– março/2024



PT16– março/2024



PT17 – março/2024



PT17 – março/2024



PT18 – set/2023



PT18 – março/2024



PT23– set/2023



PT24– set/2023



PT25– set/2023



PT25– set/2023



PT26– set/2023



PT27– set/2023



PT28 - set/2023



PT29- set/2023



Além de percorrer as áreas das microbacias supracitadas que interceptam a ADA, durante a campanha de campo realizada em setembro de 2023, visitou-se outros 02 pontos localizados na AEL que estão associados ao contexto hidrográfico local: nascente do tributário sem nome do córrego paianas (PT03) e córrego do moleque (PT19).

A nascente (PT03) apresenta-se preservada e não há indício de intervenção antrópica no entorno. Por sua vez, o Córrego do Moleque (PT19), o qual recebe a água superficial drenada na área da microbacia do Córrego Campestre, não aparenta ser alvo de intervenções antrópicas. Nesta altura do segmento (PT19), o IGAM realiza o monitoramento de água superficial através da Estação AV120.

A espacialização dos pontos de mapeamento, bem como a representação da área de drenagem das microbacias que interceptam a ADA, estão apresentados na Mapa 20.



Fotografia 54: Nascente (PT03) e Córrego do Moleque (PT19)

PT03 – set/2023



PT03 – set/2023

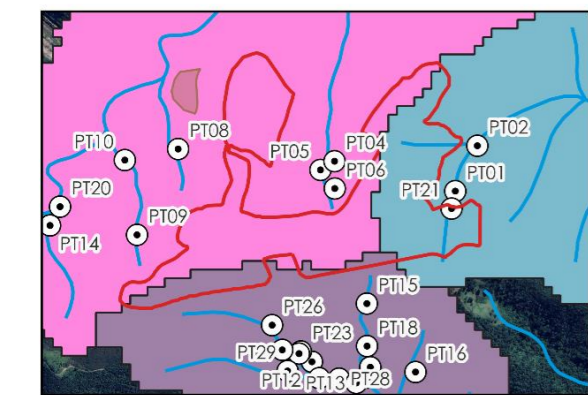
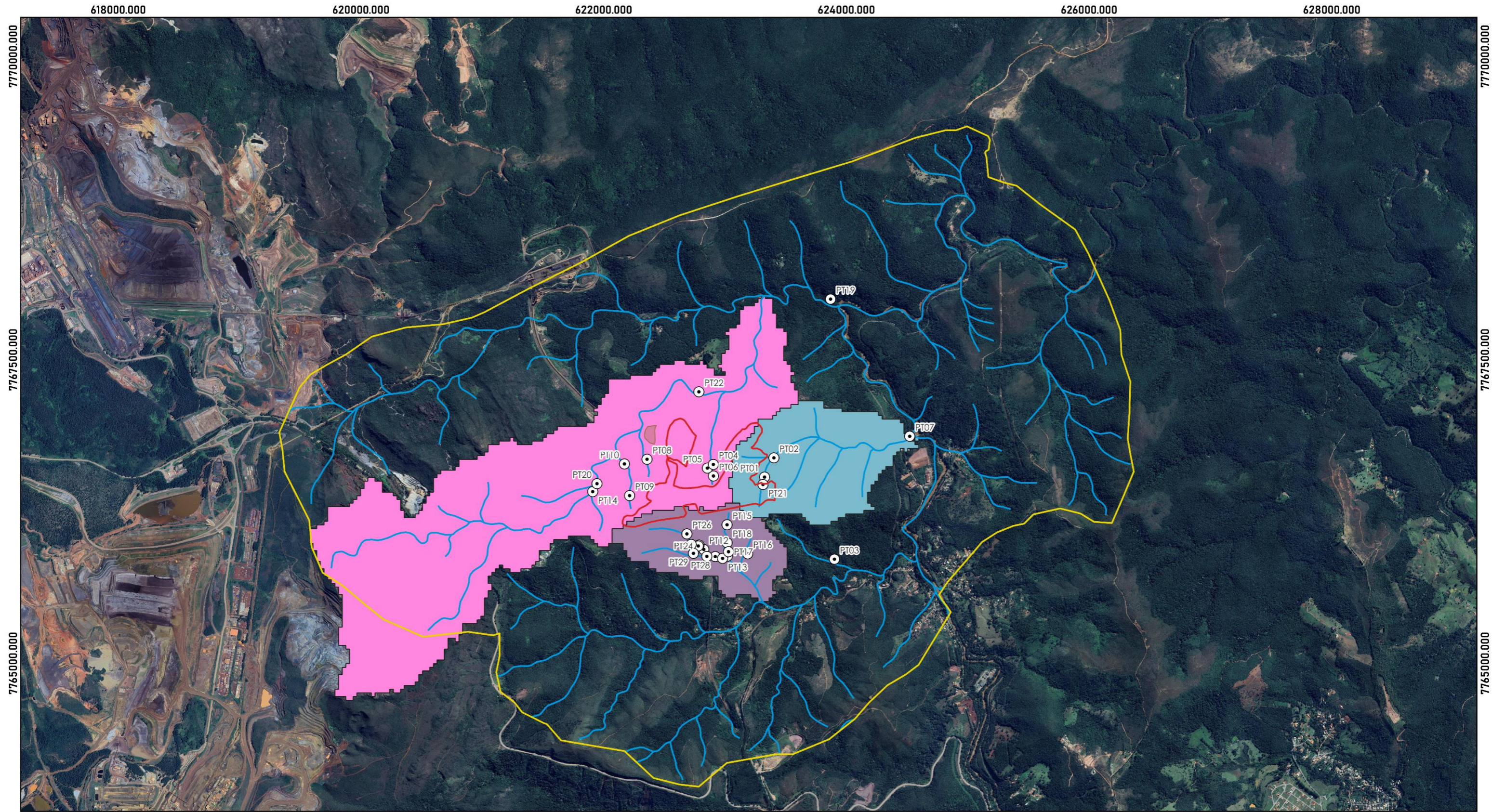


PT19– set/2023



PT19– set/2023





**LEGENDA**

ADA Licenciada - Processo 13880/2023	Pontos do Mapeamento - Geline 2023/2024
Área Diretamente Afetada - ADA	Rede de Drenagem
Área de Estudo Local - AEL	Microbacia dos Tributários do Rio Itabirito
	Microbacia dos Tributários do Córrego Paianas
	Microbacia do Córrego Campestre

Sistema de projeção: UTM  
 DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

0 1 2 km

ESCALA: 1:30.000

Fonte de dados:  
 Geoline (2024), IDE-Sisema (2022)

	Projeto:	<b>MINERIX MINERAÇÃO</b>					
	Título:	<b>CONTEXTO HIDROGRÁFICO LOCAL</b>					
Elaboração:	Geoline Engenharia	Data:	22/11/2024	Formato:	A3	Revisão:	R 00

## 14 QUALIDADE DO RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL

O presente diagnóstico apresenta a avaliação da qualidade das águas e córregos inseridos nas microbacias que interceptam a ADA do projeto. As campanhas de campo foram realizadas em setembro/23 e março/24, o qual foram avaliados a qualidade do recurso hídrico superficial nos seguintes pontos:

- PT01 – Nascente do tributário sem nome do Rio Itabirito
- PT02 – Ponto de captação de água superficial
- PT04 – Surgência na microbacia do Córrego Campestre
- PT05 – Nascente do tributário do córrego campestre
- PT06– Olho d'água
- PT7 – Exultório da microbacia dos tributários do rio itabirito
- PT10 – Afluente da margem direita do Córrego do Campestre com rede de drenagem encaixada
- PT12 – Dispositivo de drenagem antrópico
- PT13 - Tributário sem nome do Córrego Paianas
- PT14 - Alto curso do Córrego Campestre
- PT17 - Tributário sem nome do Córrego Paianas
- PT18 - Nascente do tributário do Córrego Paianas
- PT20 – Ponto de contribuição de afluente da margem esquerdo no córrego Campestre e ponto associado a captação de água
- PT22 – Córrego Campestre



- PT23 – Represa 1
- PT26 - Nascente do tributário sem nome do Córrego Paianas.

Utilizou-se o medidor multiparâmetro portátil da HANNA HI98194 para obter os resultados dos parâmetros pH, temperatura, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido, os quais indicam, indiretamente, as condições de qualidade da água.

O Potencial Hidrogeniônico (pH) é um parâmetro relevante para avaliar a qualidade da água pois representa a concentração de íons de hidrogênio. O parâmetro indica condições de acidez, neutralidade e alcalinidade da água. Os valores variam de 0 a 7 em ambientes ácidos, 7 a 8 em ambientes neutros e 8 a 14 em águas básicas (BAGGIO, 2016). De acordo com DN CONJUNTA COPAM-CERH 8/2022, o pH de curso d'água 2 deve estar entre 6,0 e 9,0.

O parâmetro Temperatura pode interferir em algumas propriedades naturais, além de auxiliar nas condições dos aspectos físicos, químicos e biológicos da água. A alteração da temperatura da água pode ser causada por fontes naturais (principalmente energia solar) ou antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas). O parâmetro exerce influência marcante na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias (GIULIARI, 2014).

Os sólidos dissolvidos totais (TDS) são divididos em orgânicos e inorgânicos, volátil e não volátil. Os sais inorgânicos incluem concentrações de cálcio, magnésio, potássio, sódio, bicarbonatos, cloretos e sulfatos. A ocorrência de sólidos na água pode estar associada na forma natural advindo de processos erosivos, organismos e detritos orgânicos, ou antropogênica a partir dos lançamentos de lixo e esgotos. De acordo com DN CONJUNTA COPAM-CERH 8/2022, os valores de TDS devem ser inferiores à 500 mg/L para cursos d'água classe 2.



A condutividade elétrica (CE) da água indica a capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas. Quanto maior a concentração iônica da solução, maior a capacidade em conduzir corrente. Enquanto que as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais, por estarem enriquecidos de matéria orgânica e/ou outras substâncias que aumentam a concentração iônica da solução, os valores podem chegar a 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . De acordo com Cetesb (2011), valores superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de CE indicam ambientes impactados por ações antrópicas.

O Oxigênio Dissolvido (OD) é um parâmetro crucial para avaliar a qualidade da água, pois afeta diretamente os organismos aeróbicos. Ele é especialmente importante para identificar os impactos da poluição por resíduos orgânicos, que em altas concentrações, podem causar maus odores (RIBEIRO, 2010). A autodepuração natural de um curso d'água envolve o equilíbrio entre a produção e o consumo de oxigênio. A produção de oxigênio ocorre principalmente pela reaeração atmosférica e fotossíntese, enquanto o consumo está ligado à oxidação da matéria orgânica, demanda bentônica e nitrificação (ALMEIDA; SANTOS, 2017). De acordo com a resolução DN CONJUNTA COPAM-CERH 8/2022, o limite máximo de OD para cursos d'água classe 2 é de não inferior a 5 mg/L.

Os valores obtidos com a utilização do medidor multiparâmetro portátil da HANNA HI98194, durante as campanhas de set/23 e março/24, correlacionados aos cursos d'água das microbacias que interceptam a ADA (dos tributários do Rio Itabirito, do Córrego Campestre e dos tributários do Córrego Paianas) estão apresentadas nas Tabela 19, Tabela 20 e Tabela 21. Para avaliação da qualidade das águas superficiais, os resultados foram comparados aos valores de referência apresentados por DN CONJUNTA COPAM-CERH 8/2022 para cursos d'água classe 2, e Cetesb (2011) no que diz respeito CE.



Tabela 19 - Parâmetros de qualidade da água avaliados em set/2023 e março/2024 – Microbacia dos tributários do Rio Itabirito (Classe 2)

Parâmetros	PT01		PT02		PT07	
	SET/23	MAR/24	SET/23	MAR/24	SET/23	MAR/24
pH	4,60*	5,32*	-	6,48	-	7,44
T (°C)	22,1	22,2	-	21,7	-	23,6
STD (mg/l)	31	18	-	20	-	39
CE (µS/cm)	59	34	-	40	-	78
OD (mg/l)	3,60*	3,89*	-	7,49	-	8,06

\*valor em desconformidade em relação aos limites estipulados pela DN CONJUNTA COPAM-CERH 8/2022 para cursos d'água classe 2; \*\* valor em desconformidade em relação ao limite estipulado CETESB (2011).

Tabela 20 - Parâmetros de qualidade da água avaliados em set/2023 e março/2024 – Microbacia do Córrego Campestre (Classe 2)

Parâmetros	PT04		PT05		PT06		PT10		PT14		PT20		PT22	
	SET/23	MAR/24	SET/23	MAR/24	SET/23	MAR/24	SET/23	MAR/24	SET/23	MAR/24	SET/23	MAR/24	SET/23	MAR/24
pH	-	6,49	4,71*	-	5,32*	5,54*	6,25	7,67	6,69	-	5,87*	-	5,40*	-
T (°C)	-	23,3	21,7	-	23,6	23,7	19,5	22,1	18,3	-	19,2	-	20,3	-
STD (mg/l)	-	20	20	-	48	25	16	18	15	--	3	-	15	-
CE (µS/cm)	-	40	39	-	97	50	32	35	30	-	6	-	30	-
OD (mg/l)	-	5,37	3,06*	-	0,53*	2,43*	5,49	6,23	8,75	-	7,07	-	6,43	-

\*valor em desconformidade em relação aos limites estipulados pela DN CONJUNTA COPAM-CERH 8/2022 para cursos d'água classe 2; \*\* valor em desconformidade em relação ao limite estipulado CETESB (2011).

Tabela 21 - Parâmetros de qualidade da água avaliados em set/2023 e março/2024 – Microbacia dos Tributários do Córrego Paianas (Classe 2)

Parâmetros	PT12		PT13		PT17		PT18		PT23		PT26		PT28	
	SET/23	MAR/24	SET/23	MAR/24	SET/23	MAR/24	SET/23	MAR/24	SET/23	MAR/24	SET/23	MAR/24	SET/23	MAR/24
pH	6,81	-	-	7,36	-	6,23	6,76	7,30	6,20	-	5,83	-	7,39	-
T (°C)	18,6	-	-	23,3	-	20,8	19,4	21,2	20,7	-	20,7	-	18,97	-
STD (mg/l)	60	-	-	65	-	43	37	44	9	-	19	-	61	-
CE (µS/cm)	119**	-	-	129**	-	87	75	89	19	-	38	-	121**	-
OD (mg/l)	7,06	-	-	5,30	-	8,05	5,79	7,1	4,89*	-	3,74*	-	6,76	-

\*valor em desconformidade em relação aos limites estipulados pela DN CONJUNTA COPAM-CERH 8/2022 para cursos d'água classe 2; \*\* valor em desconformidade em relação ao limite estipulado CETESB (2011).

De acordo com os resultados apresentados, pode-se afirmar que o recurso hídrico avaliado no entorno da ADA apresenta-se na maioria dos casos, enquadrado em relação aos limites aplicados pela legislação de referência. As inconformidades encontradas estão relacionadas aos seguintes pontos:

- Microbacia dos Tributários do Rio Itabirito: pH (PT01), OD (PT01)
- Microbacia do Córrego Campestre: pH (PT05, PT06, PT20, PT22), OD (PT05, PT06)
- Microbacia dos Tributários do Córrego Paianas: CE (PT12, PT13, PT28), OD (PT23, PT26)

A inconformidade relacionada aos valores de pH indica a característica local de drenagem ácida influenciado pela composição química do contexto geológico. Tal afirmação pode ser comprovada uma vez que na maioria dos pontos avaliados com pH ácido, a exemplo do PT01, PT05 e PT06, o recurso hídrico está associado às manifestações de água subterrânea por meio de nascente, surgência ou olho d'água.

Durante a campanha de monitoramento de qualidade da água realizada em setembro de 2023 e março de 2024, foram encontrados baixos valores de oxigênio dissolvido (OD) nos pontos: PT05 (Nascente do Tributário do Córrego Campestre), PT06 (Olho d'água), PT26 (Nascente do Tributário sem Nome do Córrego Paianas) e PT23 (Represa 1). Os baixos valores de OD nesses pontos podem ser explicados pelo fato de todos estarem associados a ambientes lânticos. Ambientes lânticos são corpos de água parados ou de fluxo muito lento, como lagos, represas e nascentes, onde a circulação da água é limitada. Essas características resultam em uma menor troca de oxigênio entre a água e a atmosfera, contribuindo para níveis mais baixos de OD.

De fato, os valores altos de CE foram identificados exclusivamente em pontos no qual foram constatadas interferências antrópicas, como: dispositivo de drenagem antropizada (PT12) e drenagem do tributário do Córrego Paianas



canalizada (PT28) (Fotografia 55). O PT13 também apresentou valores de CE acima do limite de referência (CETESB, 2011), que apesar de estar associado a um ambiente natural, este trecho avaliado está posicionado a jusante do PT28.

Fotografia 55: Redes de drenagem antropizadas.

PT12



PT28



Em conclusão, apesar de algumas observações de baixo OD em ambientes lânticos, os resultados encontrados indicam que o recurso hídrico avaliado nas microbacias que interceptam a ADA — dos tributários do Rio Itabirito, do Córrego Campestre e dos tributários do Córrego Paianas — estão em conformidade com os padrões de qualidade de referência estabelecidos pela DN CONJUNTA COPAM-CERH 8/2022 e pela Cetesb (2011). A maioria dos parâmetros avaliados reflete condições ambientais saudáveis, sugerindo que essas microbacias podem ser consideradas naturalmente preservadas.



## 15 RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

As áreas de estudo (AER, AEL e ADA) do Projeto da Minerix estão inseridas no contexto hidrogeológico do Quadrilátero Ferrífero (QF), localizado na região centro-sul de Minas Gerais. Em relação ao contexto geológico das áreas de estudo encontram-se principalmente as rochas mesoarqueanas, pertencentes ao Supergrupo Rio das Velhas (3,2 a 2,8 Ga), e as rochas paleoproterozoicas, correlacionadas ao Supergrupo Minas (2,5 a 1,6 Ga).

De acordo com Mapa Hidrogeológico do Brasil escala 1:1.000.000 (CPRM, 2007), na área da Bacia Hidrográfica do Rio Itabirito (BHRI), área de interesse para análise hidrogeológica regional localizada integralmente na AER do projeto, estão inseridos os domínios hidrogeológicos de Rochas Metassedimentares e Metavulcânicas, Rochas Cristalinas, Rochas Carboáticas e Metacarbonáticas e Coberturas Cenozoicas (Tabela 22).

Por outro lado, considerando a hierarquia adotada pelo Serviço Geológico do Brasil no Projeto Águas de Minas - PANM (CPRM, 2019), a AER do presente projeto enquadra-se no Domínio Hidrogeológico Fraturado, que engloba o domínio de rochas Metassedimentares e Metavulcânicas e Cristalino (CPRM, 2007), Domínio Hidrogeológico Cárstico-Fraturado que condiz ao domínio de rochas carbonática e metacarbonática (CPRM, 2007), e Domínio Hidrogeológico Granular que perfez a classe de domínio denominado coberturas cenozoicas (CPRM, 2007) (Tabela 22).

Tabela 22- Distribuição espacial dos Domínios Hidrogeológicos na área de estudo. Fonte: Mapa Hidrogeológico do Brasil (CPRM, 2007), escala 1:1.000.000 e Projeto Águas de Minas - PANM (CPRM, 2019).

Domínio Hidrogeológico		Área (km <sup>2</sup> )			Área (%)		
Fonte: CPRM (2019)	Fonte: CPRM (2007)	BHRI (AER)	AEL	ADA	BHRI (AER)	AEL	ADA



Fraturado	Metassedimentar e Metavulcânico	308	18	0,2	59	94,2	100
	Cristalino	194	1,1	-	37,1	5,8	-
Cástico-Fraturado	Carbonatos e Metacarbonatos	16,8	-	-	3,2	-	-
Granular	Coberturas cenozoicas	3,3	-	-	0,6	-	-

Os domínios hidrogeológicos são caracterizados por não possuírem dimensões e limites concretos, se assemelham pela maneira de armazenar e transmitir as águas subterrâneas, e tem, portanto, as características de porosidade, permeabilidade e caráter lito-estrutural em comum (CPRM, 2019).

O domínio hidrogeológico fraturado associado às Rochas Metassedimentares e Metavulcânicas, predominante na área de estudo (BHRI, AEL e ADA), estão correlacionadas às seguintes unidades litoestratigráficas: Formação Batatal (Grupo Caraça, Supergrupo Minas), Formação Cauê (Grupo Itabira, Supergrupo Minas), Formação Barreiro, Cercadinho e Fecho do Funil (Grupo Piracicaba), Grupo Itacolomi e Formação Saramenha (Grupo Sabará).

Os litotipos associados são:

- Formação Batatal (Grupo Caraça, Supergrupo Minas): Filitos sericíticos, filitos carbonosos, filitos quartzosos e filitos carbonáticos, com intercalações de quartzitos finos na base e mármores dolomíticos no topo, além de xistos.
- Formação Cauê (Grupo Itabira, Supergrupo Minas): Itabiritos silicosos, dolomíticos e anfibolíticos, hematititos, mármores, mármores ferruginosos e filitos ferruginosos. Localmente magnetititos, metajaspilitos e quartzitos ferruginosos.
- Formação Barreiro (Grupo Piracicaba): Filitos e filitos carbonosos.



- Formação Cercadinho (Grupo Piracicaba): Quartzitos ferruginosos, filitos prateados, xistos róseos e sericíticos e subordinadamente mármore dolomíticos.
- Formação Fecho do Funil (Grupo Piracicaba): Filitos, filitos dolomíticos, metassiltitos (m), mármore impuros, ritmitos e formações ferríferas subordinadas.
- Grupo Itacolomi: Quartzito com níveis ferruginosos, metaconglomerados com seixos de quartzo, filitos e formações ferríferas.
- Formação Saramenha (Grupo Sabará): Biotita-clorita-granada xistos, quartzitos, metapelitos, filitos carbonosos, mármore dolomíticos, BIF, metadiamicititos, metagrauvacas e paragneisses. Subordinadamente metavulcânica félsica, metamáfica, metaultramáficas e pegmatito.

O domínio hidrogeológico fraturado associado a Rochas Cristalinas estão correlacionados às rochas do Complexo Bação, Grupo Nova Lima (Supergrupo Rio das Velhas), Grupo Quebra Osso (Supergrupo Rio das Velhas), Suíte Santa Rita e Catas Altas e Formação Moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas), localmente representados por:

- Complexo Bação: Ortogneisses TTG, granitos, granodioritos, migmatitos, além de zonas miloníticas onde se reconhecem xistos e quartzitos ortoderivados, gnaisses finamente laminados, Gnaisses bandados tipo TTG e migmatitos.
- Grupo Nova Lima (Supergrupo Rio das Velhas): Filitos, quartzo-clorita-xistos, carbonato-quartzo-clorita-xisto, quartzitos, metagrauvacas, metaconglomerados, metavulcânicas félsicas, metaultramáficas, metamáficas tholeiíticas, metabasaltos komatiíticos e formações ferríferas bandadas, metamargas, formações ferríferas da fácies carbonato e xistos carbonosos intercalados a metapelito, metagrauvacas e metarenitos impuros, com turmalinitos e lentes de metaconglomerados.



- Grupo Quebra Osso (Supergrupo Rio das Velhas): Metaperidotitos, metadunitos, metagabros, metakomatiitos, metabasaltos toleíticos, localmente intercalados a rochas piroclásticas com ocorrências de metavulcânicas ácidas, formações ferríferas bandadas, chert, e filitos carbonosos.
- Suíte Santa Rita: Metamáficas.
- Suíte Catas Altas: Metaultramáficas.
- Formação Moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas): Quartzitos e metaconglomerados, quartzo-mica xisto com lentes de filito intercaladas.

O domínio hidrogeológico cárstico fraturado correlacionado às rochas carbonáticas e metacarbonáticas está associado exclusivamente aos litotipos da Formação Gandarela (Grupo Itabira, Supergrupo Minas), representado por:

- Formação Gandarela (Grupo Itabira, Supergrupo Minas): Mármore, mármore ferruginoso, itabiritos dolomíticos e silicosos. Localmente brechas ferruginosas e dolomíticas.

Por fim, o domínio hidrogeológico granular associado às coberturas cenozoicas são caracterizados pelos sedimentos inconsolidados (coluviões e aluviões) resultado do intemperismo das rochas presentes nas áreas de estudo.

Portanto, na área de interesse hidrogeológico regional (BHRI), constatou-se a predominância da abrangência do domínio hidrogeológico fraturado, representado principalmente por rochas Metassedimentares e Metavulcânicas seguido de rochas cristalinas (Mapa 21).

Portanto, as rochas associadas ao domínio hidrogeológico fraturado apresentam porosidade do tipo fissural, ou seja, uma porosidade secundária onde o armazenamento e o fluxo de água subterrânea ocorrem predominantemente através de descontinuidades estruturais rúpteis, como



fraturas, falhas e diaclases, que foram formadas por processos tectônicos de natureza rúptil (CPRM, 2019).

Esse meio aquífero é notoriamente heterogêneo e anisotrópico, o que se reflete em uma elevada variação tanto no fluxo quanto no armazenamento de água subterrânea, ocorrendo de maneira significativa tanto lateralmente quanto em profundidade.

A variação lateral da condutividade hidráulica e, conseqüentemente, o fluxo e armazenamento de água subterrânea é fortemente influenciada por fatores como o grau de fraturamento, a geometria das fraturas e a interconectividade entre essas descontinuidades estruturais. Quanto mais interconectadas e abertas estiverem as fraturas, maior será a capacidade do meio de transmitir e armazenar água lateralmente.

Em profundidade, o comportamento do fluxo e do armazenamento de água subterrânea tende a variar devido à diminuição da permeabilidade, resultante do fechamento das fraturas com o aumento da pressão confinante e da possível redução na interconexão entre elas. Isso significa que, em camadas mais profundas, o fluxo de água pode ser significativamente reduzido, limitando a capacidade de armazenamento.

A recarga dos aquíferos fissurais ocorre principalmente através da infiltração direta da precipitação. Isso acontece especialmente nos pontos onde há coincidência ou superposição entre a rede de drenagem superficial e as fraturas, permitindo que as águas pluviais penetrem verticalmente e reabasteçam o sistema aquífero. Dessa forma, a infiltração descendente das águas pluviais se configura como o principal mecanismo de recarga no domínio hidrogeológico fraturado (CPRM, 2019).

A Figura 47 ilustra e sintetiza os principais elementos que influenciam a permeabilidade e a porosidade nos aquíferos fissurais, destacando a



importância das discontinuidades estruturais e seus impactos na dinâmica do fluxo e armazenamento de água subterrânea.

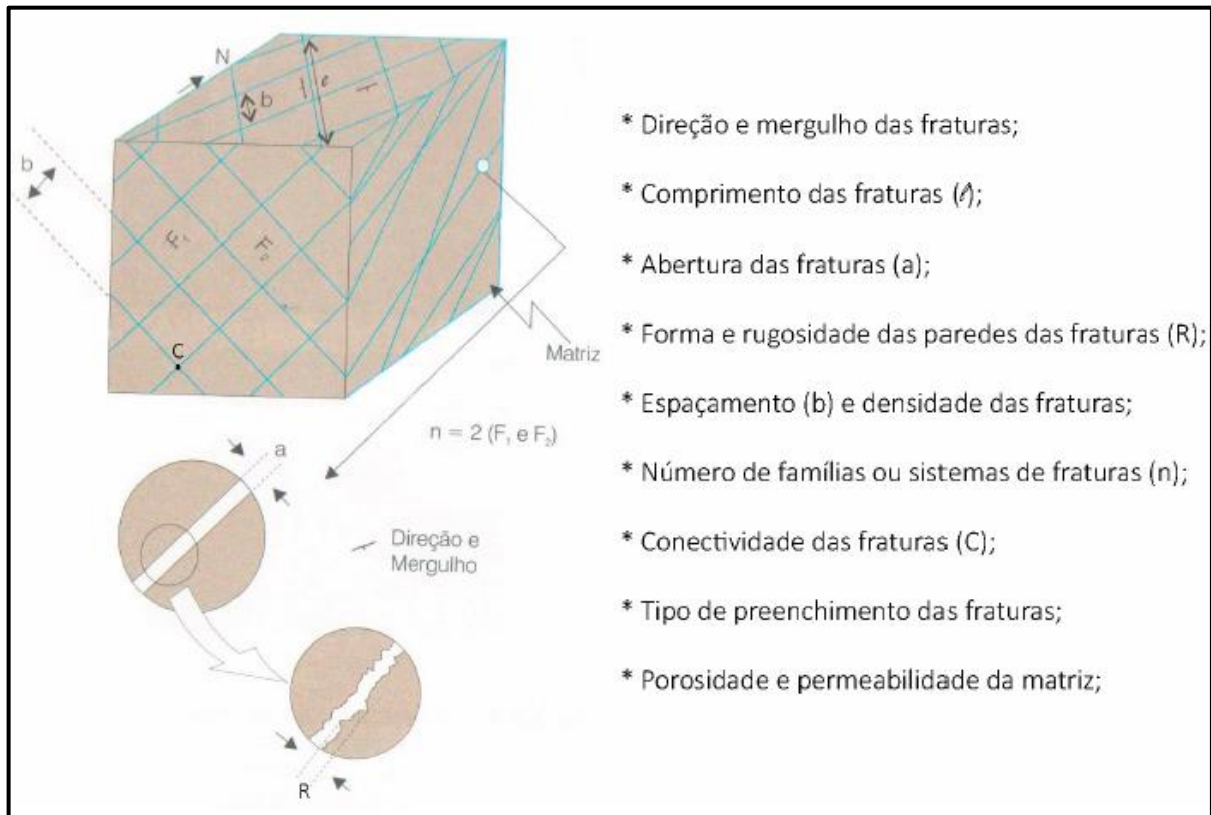
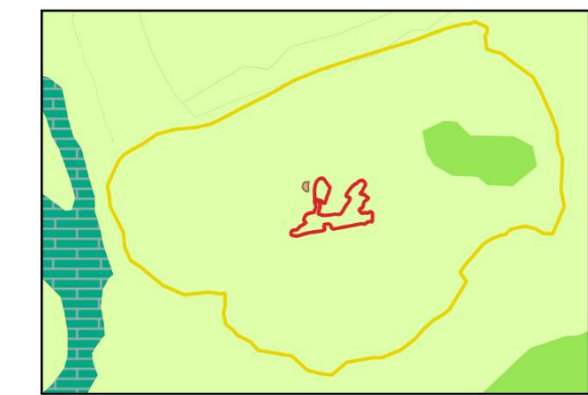
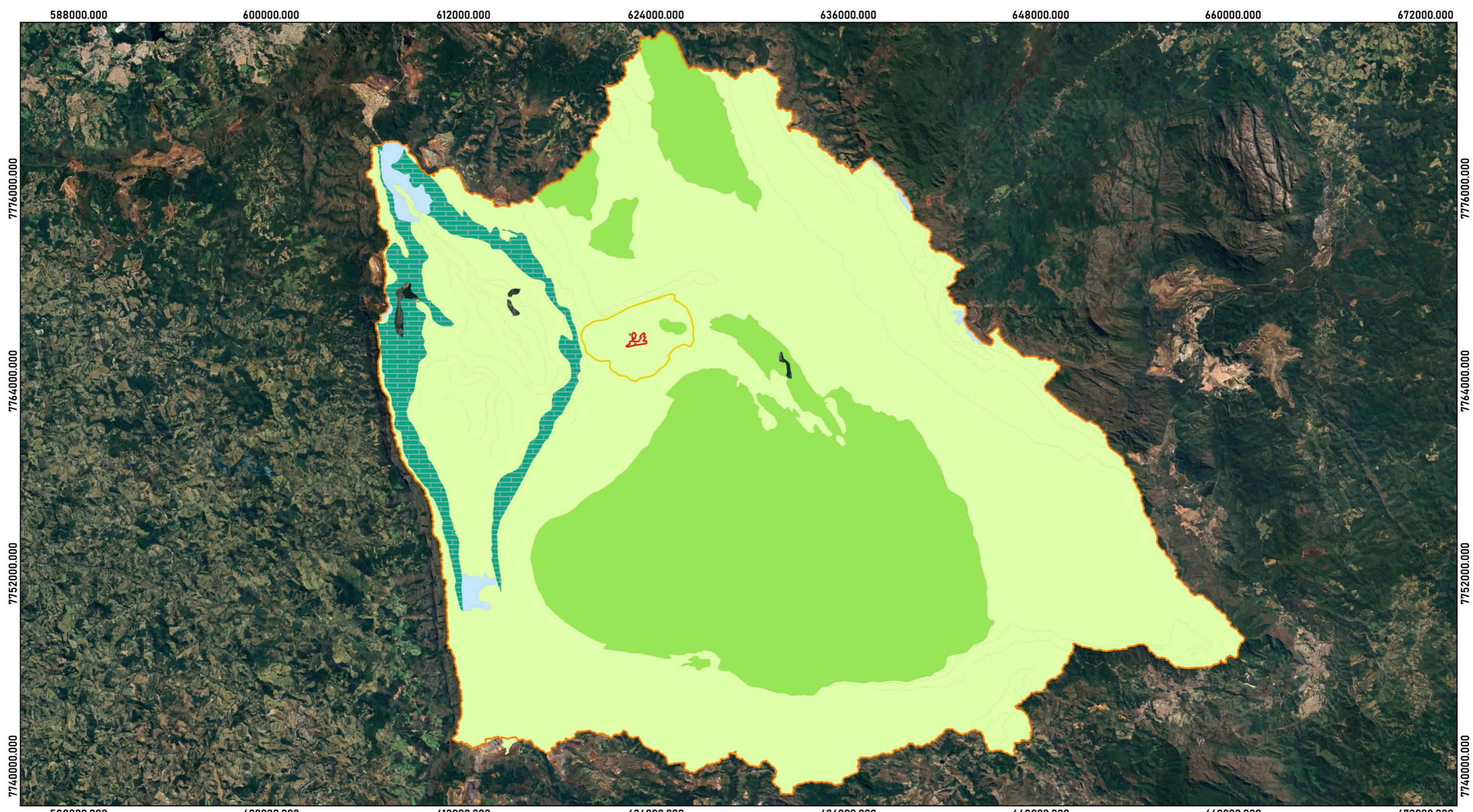


Figura 47 - Elementos influenciadores na permeabilidade e porosidade de aquíferos fissurais.

Fonte: PANM (CPRM, 2019).





LEGENDA	
<b>Áreas de Influência</b>	
	ADA Licenciada - Processo 13880/2023
	Área Diretamente Afetada - ADA
	Área de Estudo Local - AEL
	Área de Estudo Regional - AER
<b>DOMÍNIOS HIDROGEOLOGICOS</b>	
	Carbonatos-Metacarbonatos
	Cristalino
	Formações cenozóicas
	Metassedimentos-Metavulcânicas

Sistema de projeção: UTM DATUM: SIRGAS 2000 - 23S	0 5 10 km 	
Fonte de dados: Geoline (2024), IDE-Sisema (2022)	ESCALA: 1:224.000	

	Projeto:	<b>MINERIX MINERAÇÃO</b>					
	Título:	<b>DOMÍNIOS HIDROGEOLOGICO REGIONAL</b>					
Elaboração:	Geoline Engenharia	Data:	22/11/2024	Formato:	A3	Revisão:	R 00

Pormenorização, de acordo com a escala hierárquica taxonômica apresentada por CPRM (2019), os Sistemas de Aquíferos são o agrupamento de dois ou mais aquíferos, relacionados ou não entre si, com área de ocorrência e profundidade já conhecidas. Na escala da AEL e ADA, os Sistemas de Aquíferos são representados por (Tabela 23):

- Sistema de Aquífero Xistoso: composto por rochas do Grupo Nova Lima
- Sistema de Aquífero Cauê: composto por rochas da Formação Cauê.
- Sistema de Aquífero Quartzítico: composto por rochas da Formação Moeda (Grupo Caraça);
- Sistema de Aquífero Granito-Gnaissico do Alto Doce: composto por rochas do Complexo Bação.

Tabela 23- Distribuição espacial dos Sistemas de Aquíferos da AEL e ADA.

Domínio Hidrogeológico	Sistema de Aquífero	Litologia	Área AEL	
			km <sup>2</sup>	%
Fraturado (Metassedimentar e Metavulcânica)	Cauê	Itabirito, filito e dolomito	1,5	7,7
	Quartzítico	Quartzito e metaconglomerado	3,1	16,1
	Xistoso	Xisto metassedimentar, xisto metavulcânico e filito	13,7	71
Fraturado (Cristalino)	Granito-Gnaissico do Alto Doce	Ortognaisses TTG	1	5,2

A caracterização apresentada a seguir referente aos Sistemas Aquíferos está apoiado no diagnóstico hidrogeológico, apresentado na Revisão e Atualização do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce – PIRH Doce (ANA, 2021).



- Sistema Aquífero Cauê: É constituído por itabiritos com lentes subordinadas de dolomito, hematita compacta e friável, filitos e mármore. Processos metamórficos e infiltração de águas meteóricas deram origem à porosidade fissural e à porosidade intersticial do Sistema Aquífero (Mourão et al., 2008). Os litotipos ocorrem como rochas friáveis a compactas, constituindo um sistema Aquífero livre a confinado e com dupla porosidade. Possui espessura bastante variável, entre 200 m e 400 m para as porções pouco deformadas, mas pode alcançar 1.000 m em áreas mais tectonizadas. Os parâmetros hidrodinâmicos são muito variáveis, refletindo a própria anisotropia e heterogeneidade das litologias, com valores de transmissividade variando de 50 m<sup>2</sup>/d a 1.500 m<sup>2</sup>/d e coeficientes de armazenamento entre 0,002 e 0,15 (ANA, 2019).
- Sistema Aquífero Quartzítico: Esse Sistema Aquífero reúne litologias como quartzitos, metarenitos, metaconglomerados e metassedimentos ferríferos que se apresentam como corpos lineares descontínuos. De natureza livre a confinada, anisotrópico e heterogêneo, esse Sistema Aquífero apresenta permeabilidade primária praticamente nula e pequena capacidade de armazenamento nas fraturas que seccionam as rochas.
- Sistema Aquífero Xistoso: é composto predominantemente de rochas xistosas e filíticas de médio a baixo grau metamórfico. É descontínuo e de natureza livre a confinada, neste último caso, os pelitos e xistos de baixa permeabilidade são fortemente anisotrópicos e heterogêneos. Localmente, o Sistema Aquífero Xistoso pode ser considerado um aquífero ou aquíclode devido à presença de litologias pouco permeáveis.
- Sistema de Aquífero Granito-Gnaissico do Alto Doce: Trata-se de um sistema Aquífero livre a semiconfinado, heterogêneo e anisotrópico,



com porosidade e a permeabilidade secundárias, resultantes dos esforços tectônicos.

A Tabela 24 a seguir classifica os sistemas de aquíferos localizados na AEL do projeto quanto a sua porosidade e produtividade, bem como a classificação hidroquímica da água subterrânea. O

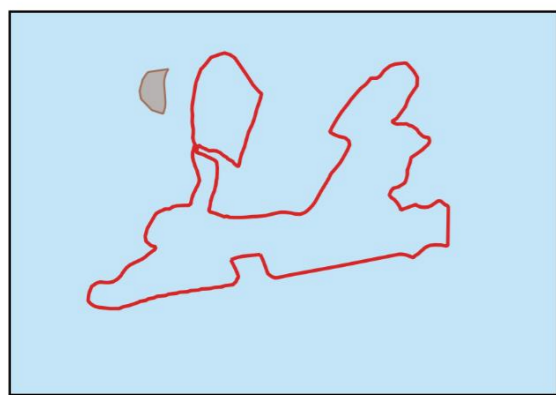
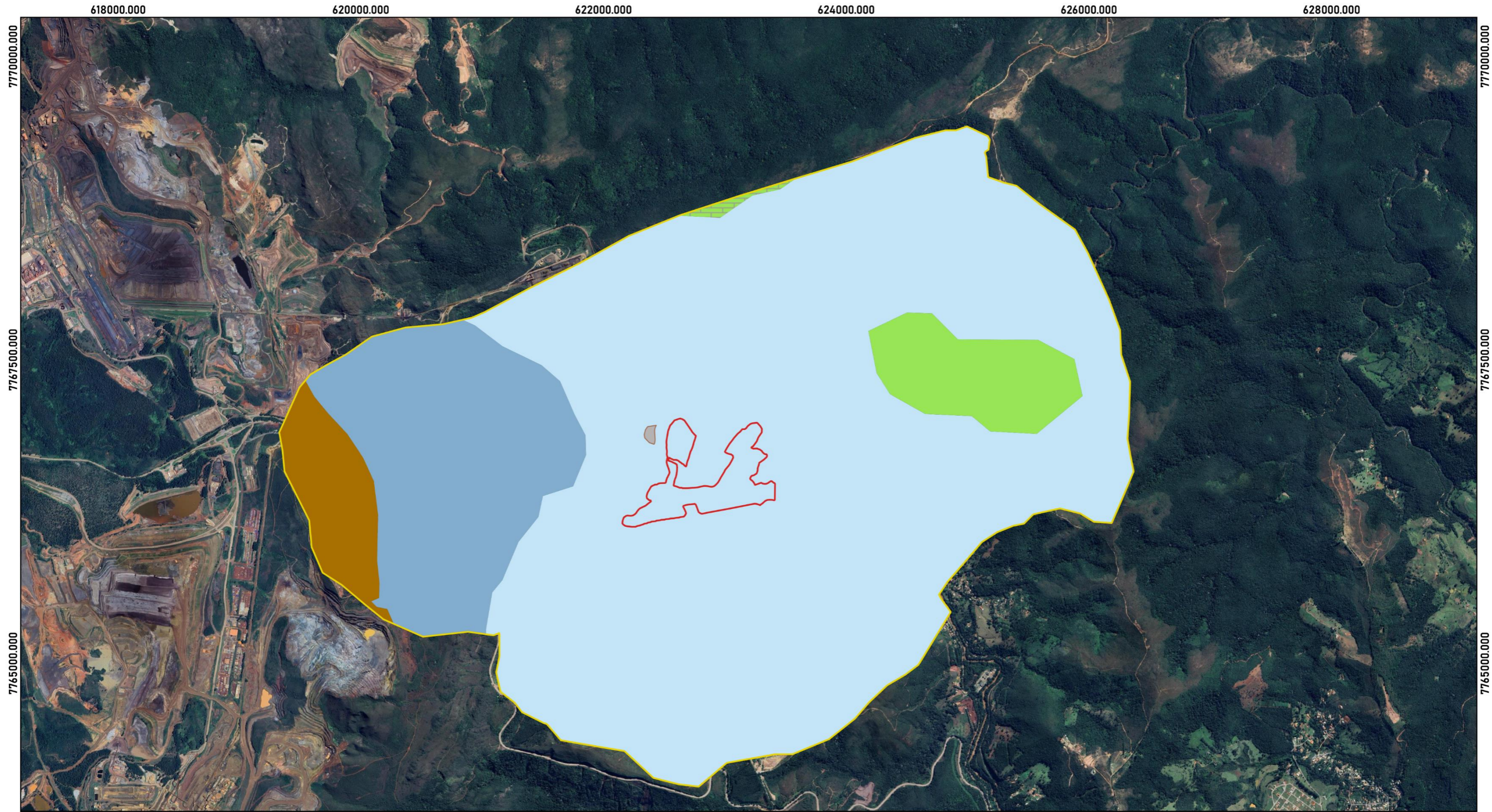
Mapa 22 ilustra a distribuição espacial dos Sistemas de Aquíferos da ADA e AEL.

Tabela 24 – Caracterização quanto porosidade, produtividade e hidroquímica dos sistemas de aquíferos localizados na AEL do projeto.

Sistema Aquífero	Porosidade	Produtividade	Classificação hidroquímica
Cauê	Granular fissural	Variável	Bicarbonatada cálcica-magnésiana, bicarbonatada sódica, bicarbonatada cloretada cálcica e sulfatada cálcica-magnésiana
Quartzítico	Fissural	Baixa	Bicarbonatada cálcica-magnésiana ou magnésiana-cálcica
Xistoso	Fissural	Baixa/nula	Bicarbonatada cálcica-magnésiana ou magnésiana-cálcica
Granito-Gnaissíco Alto Doce	Fissural	Baixa	Bicarbonatada cálcica-sódica-magnésiana e bicarbonatada cálcica-magnésiana

Fonte: PIRH (ANA, 2021).





LEGENDA	
<b>Áreas de Influência</b>	
	ADA Licenciada - Processo 13880/2023
	Área Diretamente Afetada - ADA
	Área de Estudo Local - AEL
<b>Sistemas Aquíferos</b>	
	Bação
	Caraça
	Cauê
	Maquiné, associação costeira
	Nova Lima, associação resedimentada

Sistema de projeção: UTM  
 DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

0 1 2 km

ESCALA: 1:30.000

Fonte de dados:  
 Geoline (2024), IDE-Sisema (2022)

	Projeto:	<b>MINERAÇÃO MINERIX</b>					
	Título:	<b>SISTEMAS DE AQUÍFEROS NA ADA E AEL</b>					
Elaboração:	Geoline Engenharia	Data:	22/11/2024	Formato:	A3	Revisão:	R 00

## 15.1 USO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEO

Os registros de uso das águas subterrâneas sobre a área de interesse hidrogeológica definido pelos limites de BHRI na AER, AEL e ADA do Projeto Minerix estão apresentados no Mapa 23.

As informações adquiridas através da plataforma do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS, 2024), que disponibiliza o acesso ao banco de dados da ANA, apontam o total de 29 (vinte e nove) registros de poços tubulares, piezômetros, poços escavados/cisternas e nascentes distribuídos na área de interesse hidrogeológica regional, representada pelo limite da BHRI (Tabela 27). Estes dispositivos e elementos hidrogeológicos estão em sua totalidade associados ao domínio hidrogeológico fraturado, representado por rochas metassedimentares e cristalinas.

Pormenorização, na AEL, foram então cadastrados 05 (cinco) pontos de manifestação de água subterrânea, sendo, 02 (duas) nascentes, 02 poços escavados/cisternas e 01 poço tubular associados aos Sistemas de Aquífero Xistoso, Cauê e Quartzito (Tabela 25).

Tabela 25 - Correlação entre poços tubulares localizados na AEL e sistemas de aquíferos.

<b>Código</b>	<b>Localidade</b>	<b>Natureza</b>	<b>Sistema de Aquífero</b>
3100016187	PAU DE ÓLEO - FAZENDA BOA VISTA	Poço escavado	Xistoso
3100016320	BR-356, KM 46	Nascente	Quartzítico
3100016322	BR-356, KM 46 / MINERAÇÃO ANSA	Nascente	Quartzítico
3100016452	MARZAGÃO / ESTRADA REAL ITABIRITO- RIO ACIMA	Poço escavado	Xistoso
3100028442	-	Poço Tubular	Cauê

Fonte: SIAGAS (2024).

Através da base de dados do IGAM, disponibilizada pela Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE SISEMA, 2024), na área de interesse hidrogeológico regional – BHRI,



localizada na AER, estão cadastrados 47 (quarenta e sete) processos de outorga relacionadas à: captação de água subterrânea por meio de poço tubular profundo (código 08), rebaixamento de nível d'água (código 10), captação em surgência/nascente (código 11) e dragagem em cava aluvionar (código 26) (Tabela 28).

Estes processos de outorga estão associados ao domínio hidrogeológico fraturado, representado por rochas metassedimentares e cristalinas e ao domínio hidrogeológico cárstico fraturado associado as rochas carbonáticas e metacarbonáticas.

Dentre os poços tubulares outorgados pelo IGAM, a finalidade de uso da água subterrânea se baseia em: abastecimento público, consumo humano, aquicultura, irrigação, consumo industrial, mineração, dessedentação de animais e serviços de lazer e turismo.

Em ambas as bases de dados, SIAGAS e IDE SISEMA, não há pontos de interesse hidrogeológico cadastrados na ADA. Especificamente em relação aos processos de outorga cadastrados pelo IGAM, não há registros na AEL.



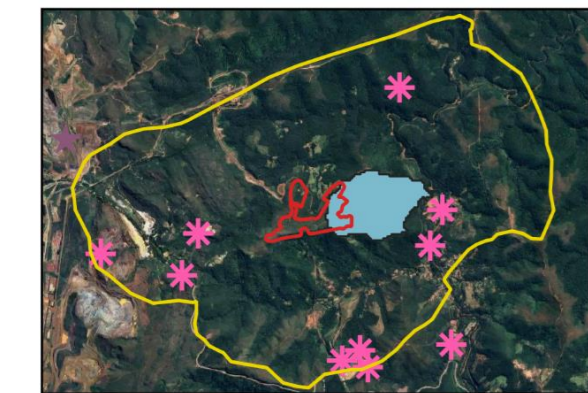
Tabela 26 – Informações adquiridas na base de dados: SIAGAS (2024).

Código	Localidade	Natureza	Vazão (m³/hr)	NE (m)	ND (m)	Domínio Hidrogeológico	Abrangência
310005578	SAO GONÇALO DO BAÇÃO	Poço Tubular	-	-	-	Cristalino	AER
310005579	SAO GONÇALO DO BAÇÃO	Poço Tubular	2,48	2,94	67,12	Cristalino	AER
310005580	BAIRRO PADRE ADELMO	Poço Tubular	4,78	7,5	65,22	Cristalino	AER
3100016187	PAU DE ÓLEO / FAZENDA BOA VISTA	Poço Escavado	-	-	-	Metassedimentos - Metavulcânicas	AEL
3100016319	MINA DO PICO / CÓRREGO SECO / CAPTAÇÃO DO SAAE	Nascente	-	-	-	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
3100016320	BR-356, KM 46	Nascente	-	-	-	Metassedimentos - Metavulcânicas	AEL
3100016321	MINA DO PICO / CÓRREGO SECO-TRIBUTARIO 2 / SAAE	Nascente	-	-	-	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
3100016322	BR-356, KM 46 / MINERA SO ANSA	Nascente	-	-	-	Metassedimentos - Metavulcânicas	AEL
3100016323	MONTEIRO / S6TIO MONTEIRO	Nascente	-	-	-	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
3100016333	MINA DO PICO / CATA BRANCA	Poço Tubular	-	-	-	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
3100016339	MINA DO PICO - GALINHEIRO	Piezômetro	-	-	-	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
3100016340	MINA DO PICO / CATA BRANCA	Piezômetro	-	-	-	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
3100016341	MINA DO PICO / ESTRADA DE ACESSO PARA CATA BRANCA	Poço Tubular	-	-	-	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
3100016448	BR-356 / ATERRO SANITARIO DE ITABIRITO	Piezômetro	-	-	-	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
3100016449	BR-356 / ATERRO SANITARIO DE ITABIRITO	Piezômetro	-	-	-	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
3100016450	BR-356 / ATERRO SANITARIO DE ITABIRITO	Piezômetro	-	-	-	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
3100016452	MARZAGÃO / ESTRADA REAL ITABIRITO-RIO ACIMA	Poço Escavado	-	-	-	Metassedimentos - Metavulcânicas	AEL
3100016469	MARZAGÃO / ESTRADA REAL ITABIRITO-RIO ACIMA	Poço Tubular	20	2,12	28	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
3100016470	SGO JOSÉ / BURACO DA MAMONA	Poço Tubular	-	-	-	Cristalino	AER
3100016473	BAIRRO LIBERDADE - RUA H, 15	Poço Tubular	7,3	3,0	35	Cristalino	AER
3100019756	QUINTAS DO RIO MANGO, DISTR. STO. ANT	Poço Tubular	6,9	3,4	24,44	Cristalino	AER
3100026185	OURO PRETO	Poço Tubular	-	-	-	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
3100026194	OURO PRETO	Poço Tubular	1,26	7,0	24,2	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
3100026202	OURO PRETO	Poço Tubular	-	-	-	Cristalino	AER
3100026204	OURO PRETO	Poço Tubular	-	-	-	Cristalino	AER
3100026205	OURO PRETO	Poço Tubular	-	-	-	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
3100028103	-	Poço Tubular	2,4	19,0	31	Cristalino	AER
3100028248	-	Poço Tubular	1,2	39,8	47,3	Cristalino	AER
3100028442	-	Poço Tubular	15,53	15,45	20,2	Metassedimentos - Metavulcânicas	AEL

Tabela 27 – Informações adquiridas na base de dados IDE SISEMA (2024).

Portaria	Requerente	Natureza	Código	Vazão (m³/hr)	NE (m)	ND (m)	Domínio Hidrogeológico	Abrangência
1704992/2022	GERDAU AÇO MINAS S/A / GERDAU A	Poço Tubular	08	100	16,32	25,14	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
1306880/2023	MSM MINERAÇÃO	Poço Tubular	08	122,2	0	23,81	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
1309886/2021	ATU	Poço Tubular	08	83,0	0,5	20,08	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
1306473/2023	MSM MINERAÇÃO	Poço Tubular	08	4,49	0	88,19	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
1304049/2023	MONTEMINAS MINDRIOS LTDA	Nascente	11	-	-	-	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
1304000/2023	MONTEMINAS MINDRIOS LTDA	Nascente	11	-	-	-	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
1301214/2022	TERRA BELLA FLORA E PAISAGISMO LTDA	Poço Tubular	08	1,0	27	112	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
1304045/2023	MONTEMINAS MINDRIOS LTDA	Nascente	11	-	-	-	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER

1304/2014	ATU	Poço Tubular	08	14,0	3	26	Cristalino	AER
1302924/2023	OURO PRETO SERVIÇO	Poço Tubular	08	1,78	0,62	52,45	Cristalino	AER
1204661/2023	OURO PRETO SERVIÇO	Poço Tubular	08	1,8	1,87	83,28	Cristalino	AER
1304547/2020	ATU	Poço Tubular	08	5,6	3	22	Cristalino	AER
1303986/2021	I H O INVESTIMENTOS E PARTICIPAÇÕES LTDA - FAZENDA RIBEIRMO	Poço Tubular	08	6,0	3	15	Cristalino	AER
1719/2006	ATU	Poço Tubular	08	5,0	3	40	Cristalino	AER
1720/2006	ATU	Poço Tubular	08	1,7	2,94	67,12	Cristalino	AER
1305645/2021	SERVIÇO AUT	Poço Tubular	08	24,47	25	140	Cristalino	AER
1303697/2021	AGROCERES PIC SUDNOS LTDA	Poço Tubular	08	8,0	9,8	32,5	Cristalino	AER
1310117/2021	ATU	Poço Tubular	08	7,0	10,3	78	Cristalino	AER
1303999/2023	AZIZ LUCIO BRAGA ME	Dragagem	26	-	-	-	Cristalino	AER
1306370/2021	ATU	Poço Tubular	08	5,0	15	70	Cristalino	AER
1300732/2021	MINA VÁRZEA DO LOPES - GERDAU AÇOMINAS S/A	Poço Tubular	08	12,0	100,13	164,64	Carbonatos-Metacarbonatos	AER
1305112/ 2022	MINA VÁRZEA DO LOPES - GERDAU AÇOMINAS S/A	Poço Tubular	08	97,4	68,25	121,18	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
1304127/2021	MAURÍCIO GOMES	Poço Tubular	08	2,55	4,15	4,6	Cristalino	AER
1309311/ 2022	MINA VÁRZEA LESTE-NORTE	Poço Tubular	08	15,2	68,01	118,96	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
1272/2014	ATU	Poço Tubular	08	7,9	3	57	Cristalino	AER
1307208/2020	ATU	Poço Tubular	08	1,7	1	70	Cristalino	AER
1303569/2021	ASSOCIAÇÃO DO VALE IMPERIAL	Poço Tubular	08	28,5	9,3	17,2	Cristalino	AER
308790/2020	GERDAU AÇOMINAS S/A - MINA DA VÁRZEA LESTE - NORTE / MINA DE VÁRZEA DO LOPES	Poço Tubular	10	6,2	2,5	18,17	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
1308150/ 2022	AGROPECUARIA INDIO BRANCO LTDA / AGROPECUARIA INDIO BRANCO	Poço Tubular	08	7,0	1,5	45,2	Cristalino	AER
1304471/2023	SOLID BENEFICIAMENTO MINERAL LTDA. / SOLID BENEFICIAMENTO MINERAL LTDA.	Poço Tubular	08	1,18	62	92	Cristalino	AER
1306442/2019	LATICÍNIOS ITA INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE ALIMENTOS LTDA	Poço Tubular	08	2,4	19	31	Cristalino	AER
1306443/2019	LATICÍNIOS ITA INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE ALIMENTOS LTDA	Poço Tubular	08	12	1,2	35,3	Cristalino	AER
1306444/2019	LATICÍNIOS ITA INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE ALIMENTOS LTDA	Poço Tubular	08	10,4	1,2	35,3	Cristalino	AER
1303823/2021	ATU	Poço Tubular	08	0,7	28,4	89,94	Carbonatos-Metacarbonatos	AER
565/2017	SAFM MINERA	Poço Tubular	08	11,3	11,88	108,27	Carbonatos-Metacarbonatos	AER
1306277/ 2022	ASSOCIAÇÃO DOS PROPRIET RIOS DO ACONCHEGO DA SERRA	Poço Tubular	08	22,62	0	70,1	Carbonatos-Metacarbonatos	AER
1306280/ 2022	ASSOCIAÇÃO DOS PROPRIET RIOS DO ACONCHEGO DA SERRA	Poço Tubular	08	26,4	19,5	50	Carbonatos-Metacarbonatos	AER
1306318/ 2022	ASSOCIAÇÃO DOS PROPRIET RIOS DO ACONCHEGO DA SERRA	Poço Tubular	08	17,6	0	15,2	Carbonatos-Metacarbonatos	AER
1304023/2020	SV TRANSPORTES LTDA /	Poço Tubular	08	19,0	6	40	Cristalino	AER
49/2018	CIA ITABIRITO INDUSTRIAL FIA-00 E TECELAGEM DE ALGODÃO	Poço Tubular	08	28,8	38	53,5	Cristalino	AER
1307083/2021	ITATEXTEL IND	Poço Tubular	08	5,0	4,25	18,2	Cristalino	AER
1301482/2022	STELLA IMAC TAB RAMALHO MIRANDA-MATOZINHOS	Poço Tubular	08	-	-	-	Cristalino	AER
1301482/ 2022	STELLA IMAC TAB RAMALHO MIRANDA-MATOZINHOS	Poço Tubular	08	2,0	61,5	88,6	Cristalino	AER
1306297/ 2022	FUNCHAL LTDA / FAZENDINHA	Nascente	11	-	-	-	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
1307212/ 2022	RONALDO GON	Poço Tubular	08	-	-	-	Cristalino	AER
1308572/2021	AGILE SOLU3	Poço Tubular	08	3,0	7	58	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER
1706150/ 2022	ATU	Poço Tubular	08	50,0	72,1	116,78	Metassedimentos - Metavulcânicas	AER



**LEGENDA**

ADA Licenciada - Processo 13880/2023	Processos de Outorga AER
Área Diretamente Afetada - ADA	Pontos SIAGAS
Área de Estudo Local - AEL	Bacia Rio Itabirito
Área de Estudo Regional - AER	

Sistema de projeção: UTM  
 DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

0 7,5 15 km

Fonte de dados:  
 Geoline (2024), IDE-Sisema (2022)

ESCALA: 1:220.000

	Projeto:	<b>MINERIX MINERAÇÃO</b>					
	Título:	<b>CONTEXTO HIDROGRÁFICO REGIONAL</b>					
Elaboração:	Geoline Engenharia	Data:	22/11/2024	Formato:	A3	Revisão:	R 00

## 15.2 INVENTÁRIO DE NASCENTES E SURGÊNCIAS

Neste tópico está apresentado os resultados dos esforços de mapeamento de manifestações de água subterrânea em superfície que contemplam a ADA e o entorno imediato (AEL). Por meio dos resultados do levantamento de campo realizado pela equipe da Geoline em setembro de 2023 e em março de 2024, foram mapeados 08 pontos classificados como nascente, olho d'água ou surgência (Tabela 28, Fotografia 56 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e Mapa 24).

Conceitualmente, as nascentes são pontos em superfície por onde emerge a água subterrânea e que apresenta perenidade e dá início a um canal de drenagem. Por outro lado, os olhos d'água são definidos como afloramento natural do lençol freático ainda que que intermitente (BRASIL, 2012). O conceito surgência portanto, adotado complementarmente neste diagnóstico, define os pontos de afloramento de nível d'água identificado.

O mapeamento de nascentes e outras manifestações de água subterrânea realizado no campo abrangeu pontos localizados em diferentes microbacias da área de estudo, incluindo a microbacia dos tributários do córrego Itabirito, dos tributários do córrego Paianas e do córrego Campestre. A interpretação desses dados é fundamental para compreender a dinâmica de emergência da água subterrânea, especialmente em relação às cotas topográficas dos pontos mapeados.

As nascentes identificadas na microbacia dos tributários do córrego Itabirito, localizadas a diferentes altitudes (PT01 a 904m e PT21 a 924m), sugere que a água subterrânea emerge a partir da cota 924m. É importante destacar que o ponto PT21 está localizado na ADA, enquanto o PT01, apesar de estar na AEL, encontra-se a apenas 35m do limite mais próximo da ADA.

A microbacia dos tributários do córrego Paianas apresenta uma variação significativa nas cotas topográficas dos pontos que emergem água



subterrânea, com PT18 a 893m, PT03 a 917m, e PT26 a 970m. O PT26, localizado em uma cota mais elevada (970m), indica uma zona de recarga potencialmente alta, com a água se movendo através de fraturas até aflorar em pontos mais baixos como o PT18. Todos esses pontos estão situados na AEL, mas a proximidade de PT26 ao limite da ADA (cerca de 150m) pode indicar uma possível conexão hidrogeológica entre a ADA e AEL.

Na microbacia do córrego Campestre, as cotas topográficas dos pontos mapeados são bastante próximas, variando entre 921m (PT04), 917m (PT05) e 933m (PT06). OS PT04, PT05 e PT06, embora situados na AEL, estão bastante próximos do limite da ADA (35m, 60m e 85m, respectivamente), o que pode indicar que atividades ou características presentes na ADA influenciam diretamente as condições de fluxo e armazenamento de água subterrânea nestes pontos. O PT06, identificado como um olho d'água, caracteriza uma zona onde o lençol freático se aproxima da superfície, manifestando-se de forma intermitente, em contraste com as nascentes (PT04 e PT05), que indicam uma presença mais constante de água subterrânea, dando início a canais de drenagem.

Tabela 28 - Nascentes identificadas na AEL e ADA do Projeto Minerix Mineração.

Ponto	Tipologia	Lat	Long	Cota	Microbacia	Área
PT01	Nascente	7766533	623325	904m	Tributários sem nome do Rio Itabirito	AEL
PT03	Nascente	7765857	623901	-	Tributário sem nome do córrego Paianas	AEL
PT04	Surgência	7766638	622904	912	Córrego Campestre	AEL
PT05	Nascente	7766607	622854	917	Tributário do córrego campestre	AEL
PT06	Olho d'água	7766542	622904	933	Córrego Campestre	AEL
PT18	Nascente	7765992	623017	893	Tributário do Córrego Paianas	AEL
PT21	Surgência	7766472	623312	924m	Tributários sem nome do Rio Itabirito	ADA
PT26	Nascente	7766065	622685	970	Tributário do Córrego Paianas	AEL



Fonte: Geoline Engenharia, 2024.

Fotografia 56: Registros fotográficos da manifestação de água subterrânea identificado durante o mapeamento da Geoline (2023 e 2024).

PT01 – Nascente do Tributário sem nome do Rio Itabirito



PT03 – Nascente do tributário sem nome do córrego Paianas



PT04 – Surgência identificada na microbacia do Córrego Campestre



PT05 – Nascente do tributário do córrego campestre



PT06 – Olho d'água identificada na microbacia do Córrego Campestre



PT18 – Nascente do tributário do Córrego Paianas

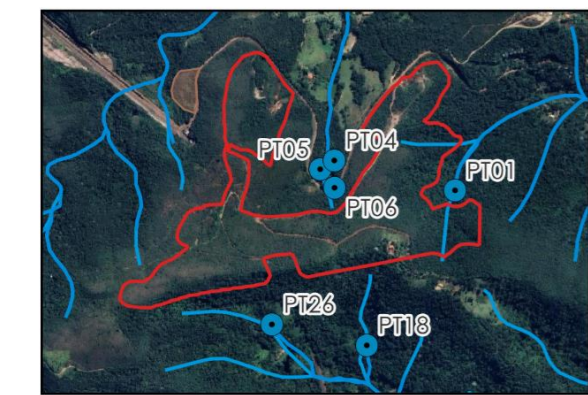
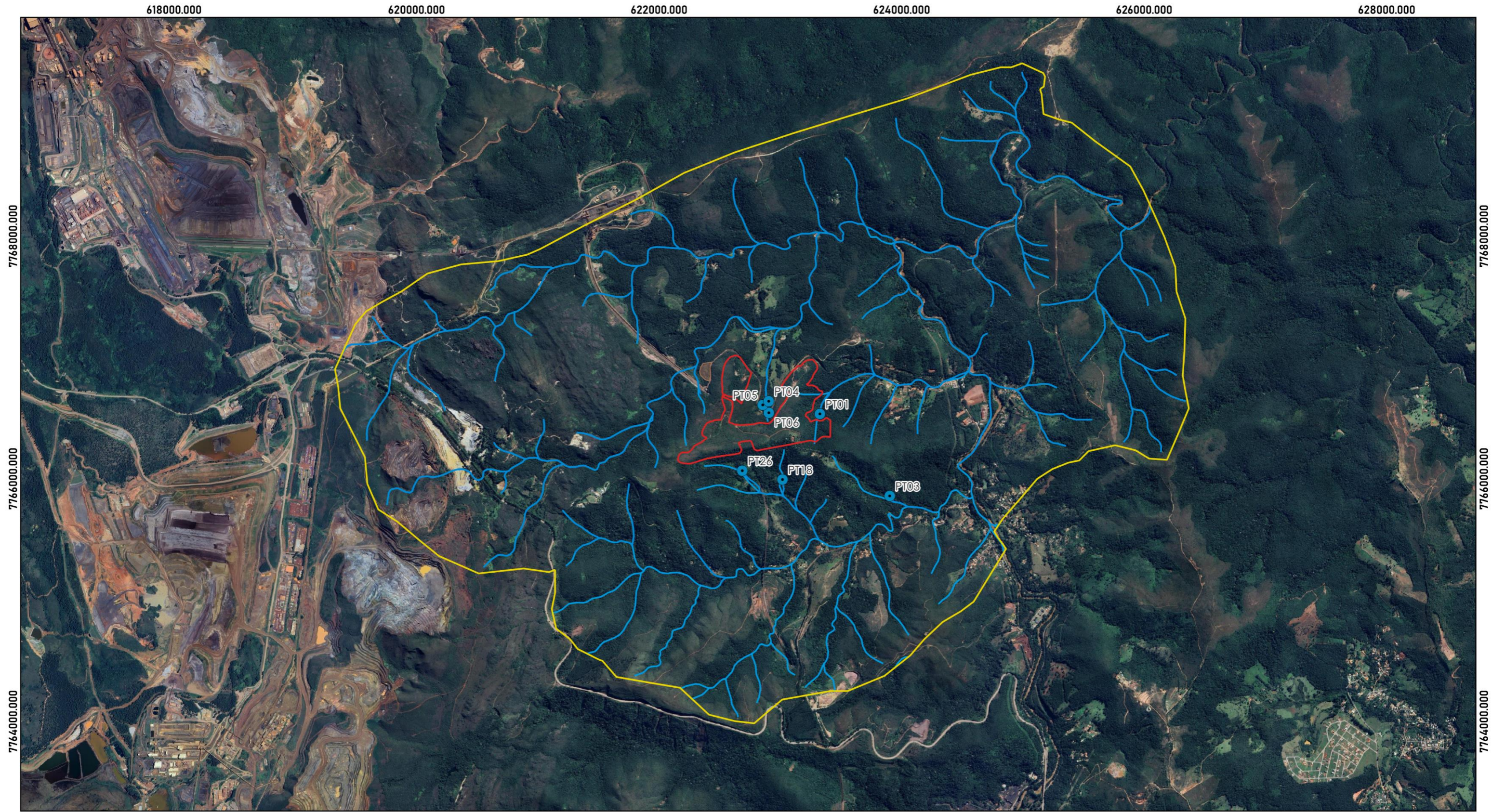


PT21 – Surgência identificada na microbacia dos tributários sem nome do Rio Itabirito



PT 26 – Nascente do tributário do Córrego Paianas





**LEGENDA**

 ADA Licenciada - Processo 13880/2023	 Rede de Drenagem
 Área Diretamente Afetada - ADA	 Nascentes
 Área de Estudo Local - AEL	

Sistema de projeção: UTM  
 DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

0 1 2 km

ESCALA: 1:30.000

Fonte de dados:  
 Geoline (2024), IDE-Sisema (2022)

	Projeto:	<b>MINERIX MINERAÇÃO</b>					
	Título:	<b>NASCENTES E SURGÊNCIAS NA ADA</b>					
Elaboração:	Geoline Engenharia	Data:	22/11/2024	Formato:	A3	Revisão:	R 00

## 16 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

### 16.1 QUALIDADE SUBTERRÂNEA REGIONAL

Com base nos dados apresentados no PIRH (ANA, 2021) foram analisados os parâmetros de qualidade das águas subterrâneas integrantes dos sistemas aquíferos localizados na AEL do presente projeto. A descrição abaixo apresenta a caracterização das águas subterrâneas com base nos seguintes indicadores: classificação hidroquímica, temperatura, classificação do pH (ácido, neutro ou básico), teor de sólidos dissolvidos totais (STD), condutividade elétrica (CE) e principais íons e elementos traços.

- **Sistema Aquífero Quartzítico**

São águas dos tipos bicarbonatada cálcicamagnésiana ou magnésiana-cálcica, com temperaturas normalmente próximas a 20 °C, levemente ácidas, cujas as médias do pH situam-se entre 6,5 e 6,9. Exibem sólidos totais dissolvidos (STD) máximo de 148 mg/L e valores frequentes entre 50 mg/L e 70 mg/L. A condutividade elétrica (CE) é variável, com valores registrados entre 4 µS/cm e 203 µS/cm, com média próxima a 64 µS/cm e a mediana em torno de 38 µS/cm. Os principais íons são o bicarbonato de cálcio e magnésio, e os elementos traços frequentes são ferro e sulfato, que podem ser encontrados com valores acima dos máximos determinados pela legislação de potabilidade.

- **Sistema Aquífero Xistoso**

São águas do tipo bicarbonatada cálcica-magnésiana ou magnésiana-cálcica, frias, com temperaturas média e mediana próximas a 21 °C, caracterizadas como levemente ácidas a levemente básicas com teores de pH entre 5,42 a 8,0. Em regra, são águas relativamente mineralizadas, exibindo STD máximo detectado de 196 mg/L e valores frequentes superiores a 100 mg/L. Estes elevados teores se devem ao fato da constituição litológica e da



baixa velocidade de circulação das águas. A CE é variável, com valores registrados entre 4,5 e 315  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , cujas média e mediana se apresentam entre 90  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 120  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (é comum valores elevados acima de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Prevaecem os íons bicarbonato, cálcio e magnésio. Os elementos traços frequentes são o ferro total e o fosfato, que podem ser encontrados com valores acima dos máximos estabelecidos pela legislação de potabilidade.

- **Sistema Aquífero Cauê**

Apresenta grande variabilidade composicional de suas águas, com prevalência dos tipos bicarbonatada cálcicamagnésiana, bicarbonatada sódica, bicarbonatada cloretada cálcica e sulfatada cálcicamagnésiana. São águas frias, com temperaturas normalmente próximas a 20 °C, levemente ácidas a ácidas, com média do pH inferior a 6,0. São caracteristicamente pouco mineralizadas, exibindo STD máximo de 106 mg/L e valores frequentes entre 20 mg/L e 30 mg/L. A CE exibe mediana próximo a 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Prevaecem os íons bicarbonato e cálcio, e os elementos traços frequentemente encontrados são: ferro total e fosfato, que podem ser encontrados com valores acima dos máximos estabelecidos pela legislação.

- **Sistema Aquífero Granito-Gnaissíco Alto Doce**

Apresentam grande heterogeneidade química, com predominância dos tipos bicarbonatada cálcica- sódica- magnésiana e bicarbonatada cálcica- magnésianas. A temperatura média e mediana entre 22,5 °C e 23,5 °C. O pH varia entre 5,43 e 8,33 podendo ser classificadas como levemente ácidas a neutras, com média aproximada de 6,5. Normalmente pouco mineralizadas, com ampla distribuição de valores de SDT, porém, no Quadrilátero Ferrífero (QF), verificou-se valores máximos de até 97,20 mg/L. A CE no QF varia entre 6,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 135 $\mu\text{S}/\text{cm}$ , e média de 53,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Em relação aos íons, prevaecem bicarbonato, cálcio, magnésio e sódio, e os elementos traços frequentes são fosfato, bário e zinco; o ferro é frequente em teores elevados e muitas vezes excede o limite de potabilidade.



## 16.2 QUALIDADE SUBTERRÂNEA LOCAL

O presente item apresenta a avaliação da qualidade das águas subterrâneas que se manifestam na ADA e entorno do projeto. As campanhas de campo foram realizadas em setembro/23 e março/24. Para obter os resultados dos parâmetros pH, temperatura, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido, os quais indicam, indiretamente, as condições de qualidade da água utilizou-se o medidor multiparâmetro portátil da HANNA HI98194.

Os pontos avaliados (PT01, PT03, PT04, PT05, PT06, PT18 e PT26) estão inseridos no contexto do sistema de aquífero xistoso. Em resumo as águas subterrâneas avaliadas neste sistema de aquífero em geral são frias, com temperaturas média e mediana próximas a 21 °C, levemente ácidas a levemente básicas com teores de pH entre 5,42 a 8,0, relativamente mineralizadas, exibindo STD máximo detectado de 196 mg/L e valores frequentes superiores a 100 mg/L e CE variável, com valores registrados entre 4,5 e 315  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , média e mediana entre 90  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 120  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, é comum valores elevados acima de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (ANA, 2021).

Os resultados avaliados em campo corroboram com a caracterização do PIRH (ANA, 2021) uma vez que: a temperatura média nos 07 (sete) pontos avaliados corresponde à 21,7 °C e o pH varia entre a mínima 4,7 (levemente ácido) até 7,3 (levemente básico). Os valores de STD e CE estiveram abaixo da caracterização apresentada por PIRH (ANA, 2021), sugerindo que, nos pontos avaliados, ou seja, nascentes e surgências, o recurso hídrico pode ser classificado como pouco mineralizado (Tabela 21).



Tabela 29 - Parâmetros de qualidade da água de nascentes e surgências avaliados na ADA e entorno imediato.

Parâmetros	PT01		PT03		PT04		P05		PT06		PT18		PT26	
	S/23	M/24	S/23	M/24	S/23	M/24	S/23	M/24	S/23	M/24	S/23	M/24	S/23	M/24
pH	4,6	5,3	5,5	-	-	6,4	4,7	-	5,3	5,5	6,7	7,3	5,8	-
T (°C)	22,1	22,2	19,7	-	-	23,3	21,7	-	23,6	23,7	19,4	21,2	20,7	-
SDT (mg/l)	31	18	24	-	-	20	20	-	48	25	37	44	19	-
CE (µS/cm)	59	34	49	-	-	41	39	-	97	50	75	89	38	-

Fonte: Geoline Engenharia, 2024.



## 17 SUPERFÍCIES POTENCIOMÉTRICAS

Considerando os princípios da Lei de Darcy, o fluxo de água subterrânea ocorre saindo do local de maior carga hidráulica para o local de menor carga hidráulica. Em termos práticos, no caso de aquíferos não confinados (livres), a carga hidráulica na superfície freática (onde a pressão é nula por ser a pressão atmosférica de referência) corresponde ao próprio nível da água ( $h = z$ ), ou seja, sua cota topográfica.

Portanto, respeitando a fronteira hidráulica local que condiciona e influencia a dinâmica de fluxo subterrâneo, representada pelos divisores das microbacias que interceptam a ADA: Córrego Campestre, Tributário do Rio Itabirito e Tributário do Córrego Paianas e, os pontos de descarga dos aquíferos livres coletados em campo (nascentes, olhos d'água, surgências e cursos d'água), foi possível traçar as isolinhas de carga hidráulica bem como os vetores de fluxo (Tabela 30 e Mapa 25).

Apesar do grau de incerteza das superfícies potenciométricas aqui apresentado, especialmente em função da quantidade e da representatividade dos dados coletados durante os períodos chuvoso e seco do ciclo hidrológico, as isolinhas de carga hidráulica retratam a conformação geral do nível d'água subterrânea e a dinâmica de fluxo.

O nível d'água subterrânea oscila em torno da equipotencial de cota 980m na área de projeção das cavas e suas adjacências. No flanco sul, inclusive, foi mapeado a nascente do tributário do Córrego Paianas na cota 970m (PT26).

Os cursos d'água perenes na área de estudo são considerados áreas de descarga do aquífero livre, visto que há aumento da vazão de montante para jusante, sugerindo contribuição do lençol freático no escoamento superficial do curso d'água (córrego efluente) e, pelo fato dos vetores de fluxo apresentarem de forma convergente. Por outro lado, as áreas de recarga



foram interpretadas como os topos dos morros acima de 1000m, especialmente associados a áreas aplainadas.

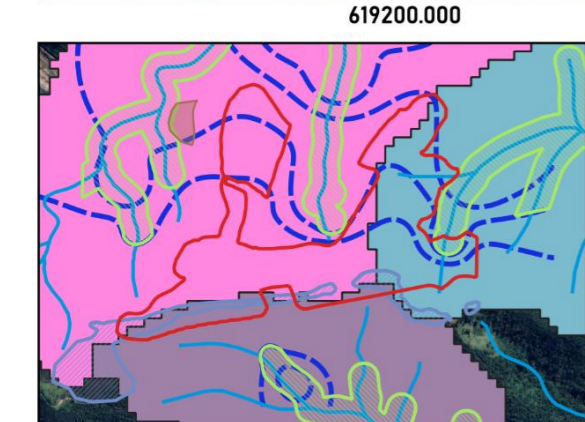
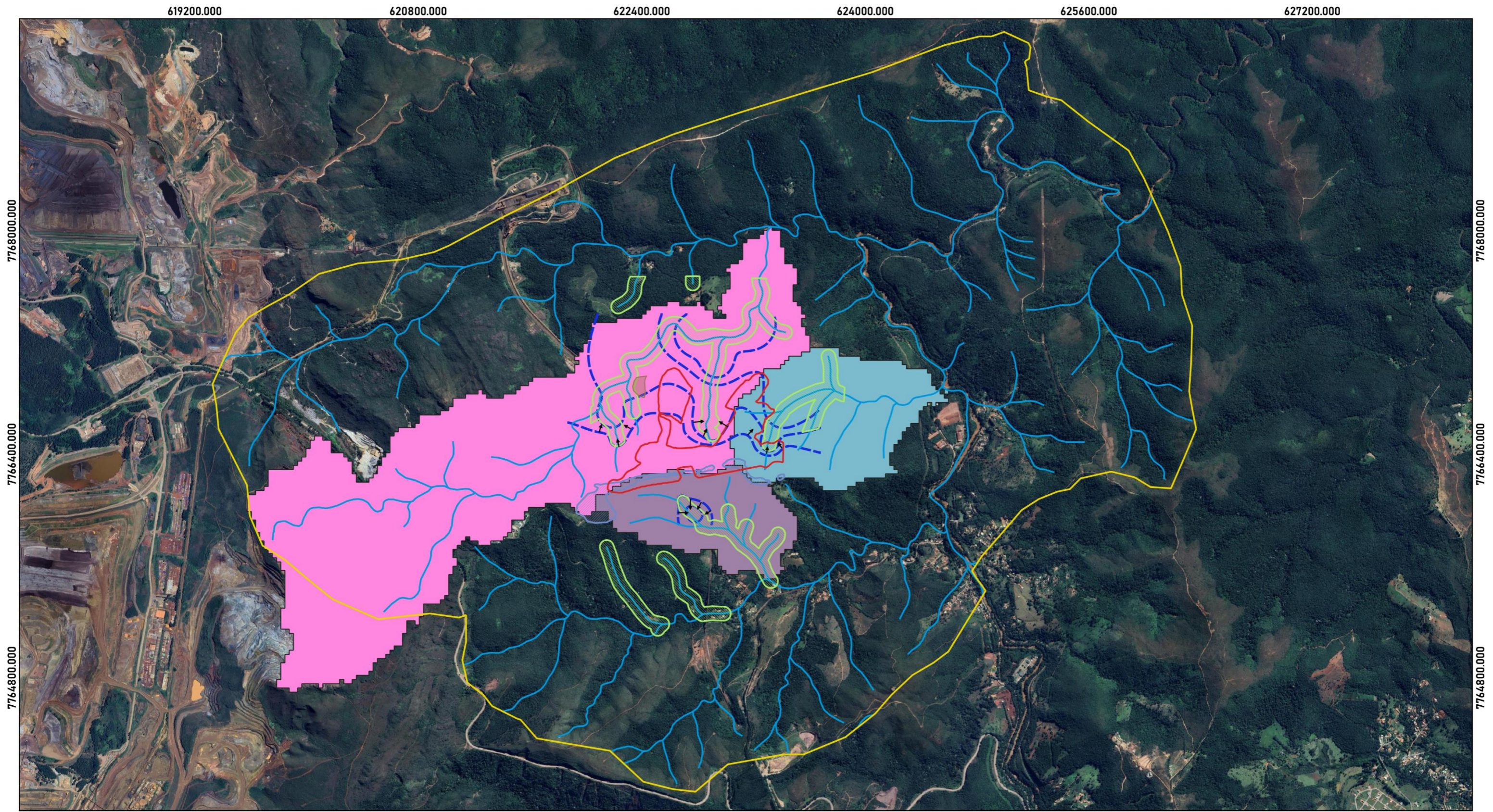
À medida que forem desenvolvidas novas campanhas de coleta de dados por meio da instalação e monitoramento de N.A em poços de monitoramento e inventário de nascentes associados ao levantamento topográfico de precisão, o modelo deverá ser atualizado e as cotas de N.A será mais precisa e segura para nortear as decisões operacionais da lavra.

Tabela 30: Pontos de descarga do aquífero livre – ADA e entorno imediato.

Coord. X (m)	Coord. Y (m)	Cota (m)	Tipo	Microbacia associado
623325	7766533	904	Nascente	Tributário do Rio Itabirito
622854	7766607	917	Nascente	Córrego Campestre
622685	7766065	970	Nascente	Tributário do Córrego Paianas
622904	7766542	933	Olho d'água	Córrego Campestre
622904	7766638	912	Surgência	Córrego Campestre
623312	7766472	924	Surgência	Tributário do Rio Itabirito
622184	7766658	928	Curso d'água	Córrego Campestre
622320	7766979	893	Curso d'água	Córrego Campestre
622784	7767235	872	Curso d'água	Córrego Campestre
622933	7767045	880	Curso d'água	Córrego Campestre
623403	7766692	876	Curso d'água	Tributário do Rio Itabirito
623492	7766809	864	Curso d'água	Tributário do Rio Itabirito
623169	7767308	867	Curso d'água	Tributário do Rio Itabirito
622752	7765999	947	Curso d'água	Tributário do Córrego Paianas
622781	7765970	937	Curso d'água	Tributário do Córrego Paianas
622227	7766511	962	Curso d'água	Córrego Campestre

Fonte: Geoline Engenharia, 2024.





LEGENDA	
	ADA Licenciada - Processo 13880/2023
	Área Diretamente Afetada - ADA
	Área de Estudo Local - AEL
	Rede Hidrográfica
	Superfícies Potenciométricas
BACIAS HIDROGRÁFICAS	
	Bacia do Tributário S/N do Rio Itabirito
	Bacia Tributário S/N do Corrêgo Paianas
	Bacia do Corrêgo Campestre
DADOS PRIMÁRIOS	
	Vetor de Fluxo
	Área de Recarga
	Área de Descarga

Sistema de projeção: UTM DATUM: SIRGAS 2000 - 23S	0	750	1.500 m	
Fonte de dados: Geoline (2024), IDE-Sisema (2022)	ESCALA: 1:26.000			

	Projeto:	<b>MINERIX MINERAÇÃO</b>					
	Título:	<b>MAPA DE SUPERFÍCIES POTENCIOMÉTRICAS</b>					
Elaboração:	Geoline Engenharia	Data:	22/11/2024	Formato:	A3	Revisão:	R 00

## 18 ÁREAS CONTAMINADAS

Áreas contaminadas são definidas como “área onde existe ou existiu fonte de contaminação primária e, como resultado, contém quantidades de matéria ou concentrações de substâncias, em ao menos um dos compartimentos do meio ambiente, capazes de causar danos aos bens a proteger” CETESB (2021). Esses compartimentos englobam solos, sedimentos, rochas, materiais utilizados para aterrar os terrenos, construções, águas subterrâneas e superficiais, ar e organismos vivos.

De acordo com a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02, de 08 de setembro de 2010, as áreas contaminadas são aquelas em que as substâncias e compostos químicos ultrapassam os seguintes valores.

I- Valores de Referência de Qualidade do solo (VRQ);

II- Valores de Prevenção do solo (VP);

III- Valores de Investigação do solo e água subterrânea (VI);

O Inventário de Áreas Contaminadas de Minas Gerais (FEAM, 2021) mostra a localização das áreas contaminadas e reabilitadas no estado. Esse documento indica a presença de áreas contaminadas, áreas em processo de reabilitação e áreas reabilitadas no contexto da área de estudo regional - AER. No entanto, apesar desses locais estarem fora da área de estudo local - AEL, eles tratam de contaminações de águas subterrâneas, indica no Quadro 20.

As substâncias contaminantes investigadas são, Benzeno, Xileno, Tolueno e TPH (Hidrocarbonetos totais de petróleo). Todas as substâncias fontes de contaminação estão diretamente relacionadas ao combustível derivado do petróleo, revendido em postos.

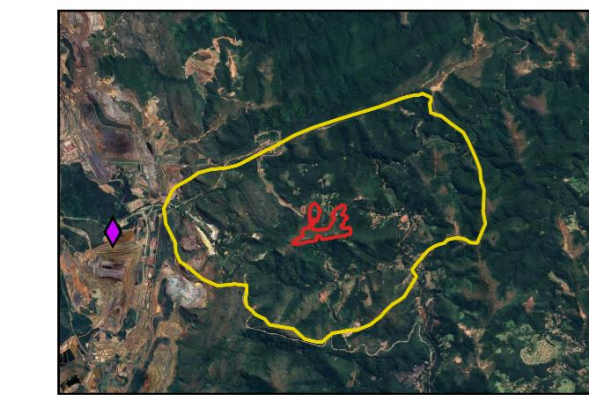
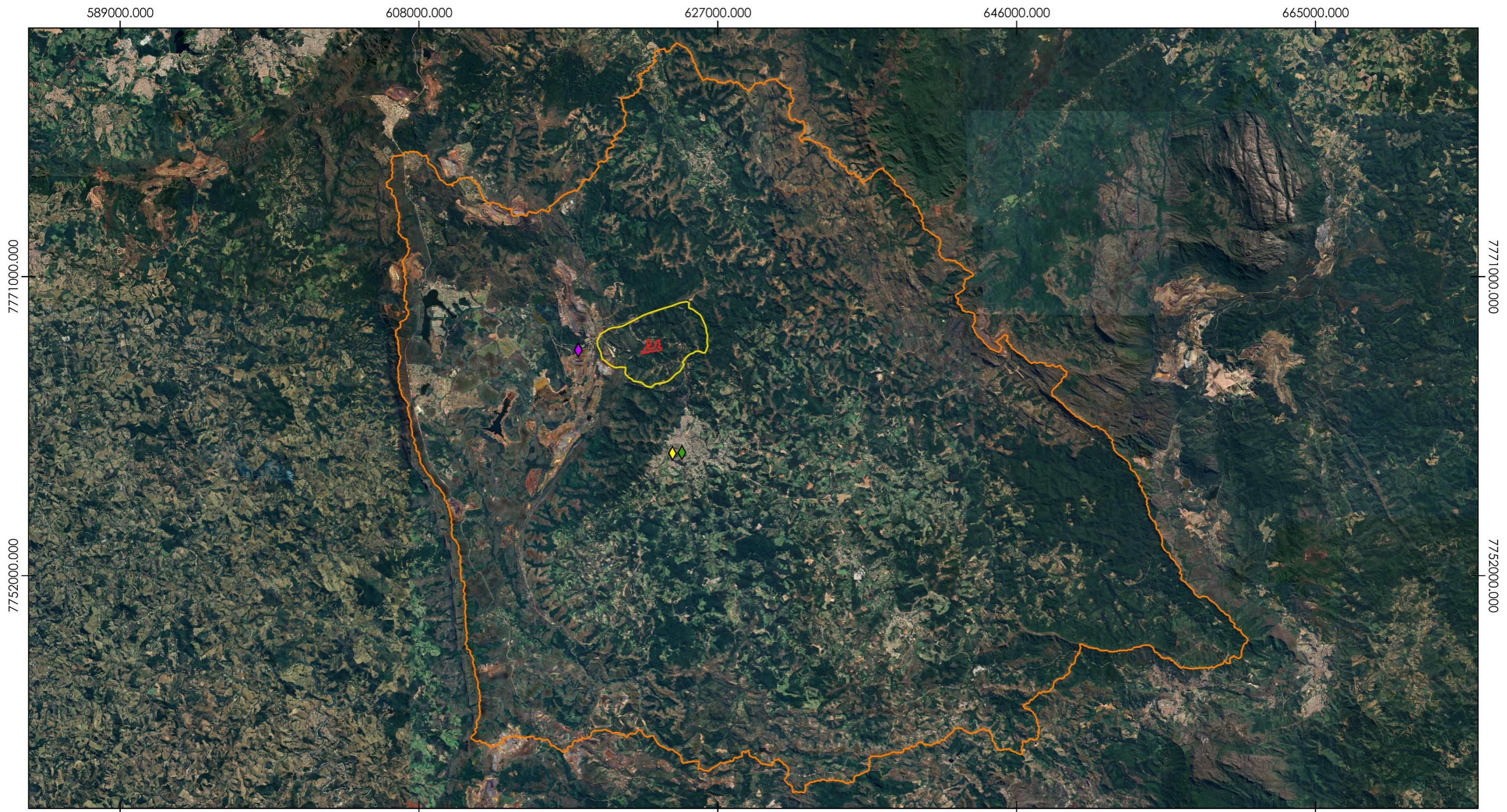


Quadro 20: Descrição dos registros de processos investigativos pela FEAM (Atualizado em 2024), para a área de estudo regional – AER.

Responsável	Localização		Meio Impactado	Etapa de Gerenciamento	Fonte
	Lat.	Long.			
BRETAS E FILHOS LTDA	-20,25324	-43,80312	Águas subterrâneas, solo	Área Reabilitada	Vazamentos ou Infiltração
POSTO DE COMBUSTÍVEL JC LTDA.	-20,25377	-43,80886	Águas subterrâneas, Águas superficiais, solo	Monitoramento para Reabilitação	Acidentes, Vazamentos ou Infiltração
IRMÃOS TABARI LTDA	-20,19484	-43,86659	Águas subterrâneas	Investigação Detalhada/Avaliação de Risco	Vazamentos ou Infiltração

Por se tratar de contaminações do lençol, deve se trazer uma correlação com os aquíferos do entorno da área de estudo, e como já descrito no item 15 deste volume, tratando-se da existência de uma barreira de fluxos subterrâneos pelas estruturas e relevo na região.





LEGENDA	
<b>Áreas de Influência</b>	
	ADA Licenciada - Processo 13880/2023
	Área Diretamente Afetada - ADA
	Área de Estudo Local - AEL
	Área de Estudo Regional - AER
<b>Áreas Contaminadas e Reabilitadas</b>	
	AI - Área Contaminada sob Investigação
	AMR - Área em Processo de Monitoramento p/ Reabilitação
	AR - Área Reabilitada para Uso Declarado

Sistema de projeção: UTM  
 DATUM: SIRGAS 2000 - 23S

0 7,5 15 km

Fonte de dados:  
 Geoline (2024), IDE-Sisema (2024)

ESCALA: 1:230.000

	Projeto:	<b>MINERIX MINERAÇÃO</b>					
	Título:	<b>MAPA DE ÁREAS CONTAMINADAS E REABILITADAS</b>					
Elaboração:	Geoline Engenharia	Data:	29/10/2024	Formato:	A3	Revisão:	R 00

Abaixo está disposto as possíveis fontes de contaminação no empreendimento Minerix Mineração e suas respectivas medidas preventivas.

### **18.1 GERAÇÃO DE EFLUENTES LÍQUIDOS SANITÁRIOS, INDUSTRIAIS, E RESÍDUOS SÓLIDOS PERIGOSOS OU NÃO INERTES**

Os efluentes líquidos gerados na estrutura do empreendimento são provenientes de máquinas, equipamentos e banheiros químicos a serem instalados na etapa de implantação.

O Projeto Minerix Mineração se responsabilizara pela classificação, coleta, armazenamento temporário e encaminhamento para a destinação final adequada, dos efluentes líquidos gerados, conforme preconizado pela legislação vigente. Abaixo está disposto o Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) a serem gerados no empreendimento.

Quadro 21: Efluentes líquidos gerados no empreendimento.

<b>Emissões</b>	<b>Fontes de geração/Locais</b>
Efluentes sanitários	A geração de efluentes sanitários ocorre nas seguintes edificações operacionais do empreendimento <ul style="list-style-type: none"><li>• Oficina</li><li>• Escritório administrativo</li><li>• Vestiário</li><li>• Banheiros químicos (instalados em distintas áreas do empreendimento)</li></ul>
Efluentes oleosos	A geração de efluentes industriais/oleosos ocorre nas seguintes edificações operacionais do empreendimento <ul style="list-style-type: none"><li>• Posto de abastecimento</li><li>• Oficina</li></ul>
Sedimentos	A geração de sedimentos ocorre nas seguintes áreas do empreendimento <ul style="list-style-type: none"><li>• Pilha de rejeito</li><li>• Acessos</li></ul>

Fonte: Geoline Engenharia, 2024.

Os efluentes sanitários gerados nos vestiários, sanitários e copas localizadas na área de apoio industrial e administrativo e nos refeitórios, serão tratados em



instalações adequadas e para isto é previsto uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) do tipo biodigestor pré-fabricado.

Os efluentes líquidos serão coletados através da rede de esgoto dedicada e conduzidos até a ETE por tubulação; esta será devidamente dimensionada para receber e tratar os picos de vazão causados pela sazonalidade. As instalações das tubulações serão bem localizadas, terão caimentos necessários para a captação e transferência do efluente, a partir dos pontos de geração até a elevação final.

Em relação aos combustíveis, o abastecimento será realizado por meio de um caminhão comboio. O óleo diesel será armazenado em tanque aéreo de 15 m<sup>3</sup> de capacidade, devidamente instalado na área da oficina de manutenção e interligado ao sistema separador de água e óleo.

O separador de água/óleo receberá os efluentes da oficina de manutenção e lavagem de veículos que possam conter óleo e graxa. Será instalado um sistema pré-fabricado visando facilitar a instalação e manutenção.

Os equipamentos e veículos serão submetidos somente a manutenções mecânicas leves e sempre sobre o piso impermeabilizado da oficina. Esta área terá sistema de drenagem direcionado para o sistema de tratamento de óleo/água, onde as substâncias (óleos e graxas) serão recuperadas para a indústria de reciclagem.

Eventuais vazamentos de óleo das máquinas, fora da área da oficina, serão contidos em latões de 200 litros que ficarão disponíveis na oficina, em número de quatro recipientes.



## 19 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### o CLIMA

Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M.; Sparovek, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

NASCIMENTO, Diego Tarley Ferreira; LUIZ, Gislaine Cristina; OLIVEIRA, Ivanilton José de. **Panorama dos sistemas de classificação climática e as diferentes tipologias climáticas referentes ao estado de Goiás e ao Distrito Federal (Brasil)**. Rev. Geo. Ueg. Goiás, p. 59-86. dez. 2016. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br › elisee › article › view>. Acesso em: 04 jan. 2024.

SÁ JÚNIOR, Arinaldo de. **APLICAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DE KOPPEN PARA O ZONEAMENTO CLIMÁTICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS**. 2009. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

VARAJÃO, C. A. C. et al. **Estudo da evolução da paisagem do Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais, Brasil) por meio da mensuração das taxas de erosão (10Be) e da pedogênese**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, p. 1409-1425, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n5/v33n5a32.pdf>. Acesso em: 12 março de. 2023.

### o QUALIDADE DO AR

AZEVEDO, T. R. **A frota de automóveis e o pó que São Paulo respira (particulado inalável no clima da cidade)**. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA. 2005, São Paulo. Anais... São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. p. 1338-1354.



Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 5, 15 de junho de 1989**. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 506, 05 de julho de 2024**. Estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e fornece diretrizes para sua aplicação.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, 31 agosto. 1981.

CAVALCANTI P. M, P, S. **Modelo de Gestão da Qualidade do Ar – Abordagem Preventiva e Corretiva/ Paulina Maria Porto Silva Cavalcanti**. - Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2010.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade do ar**. São Paulo. 2000. 132 p, il.

COLLS, J. **Air Pollution**. USA: SPON Press Taylor & Francis Group, 2ed. 2002.

Seinfeld, John H. **Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change / John H. Seinfeld, Spyros N. Pandis**.- 2nd ed.

MAIOLI, B. G. **Quantificação e Caracterização do Material Particulado Fino (MP 2,5) na região metropolitana da grande Vitória**. Vitória 2011.

SCHEIBLE, M. H. **Poluição do ar por partícula na Guanabara**. VII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária (18-23 novembro de 1973), Salvador-BA.

- o MUDANÇAS CLIMATICAS

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Brasília, 29 de



dezembro. 2009.

IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge University Press.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios** / editores: Ronaldo Seroa da Motta ... [et al.]. Brasília: Ipea, 2019.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change**. International Panel on Climate Change. 2021. Disponível em: AR4 Climate Change 2021: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade — IPCC.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais. Escala 1:500.000. Belo Horizonte. 2010.

Smit B, Wandel J. **Adaptation, adaptive capacity and vulnerability.” Global environmental change**. (2006), 16.3: 282-292.

o RUÍDO AMBIENTAL

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10151:2019 – Versão Corrigida: 2020 – Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de Uso Geral**. Rio de Janeiro, p. 33. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 17025:2017 – Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração**. Rio de Janeiro, p. 22. 2017.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 1, 08 de março de 1990**. Estabelece padrões para a emissão de ruídos no território nacional; dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer



atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política.

Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 397, 03 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 430, 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes.

WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). **Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulphur Dioxide**. Global update 2005. Summary of Risk Assessment. Geneva: WHO, 2006. Acesso em: 29 out. 2016.

WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). **Air quality and health**. Fact sheet Nº 313. 2011. Acesso em: 29 out. 2016.

- o GEOLOGIA

Alkmim F.F. & Marshak S. 1998. **The Transamazonian orogeny in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil: Paleoproterozoic Collision and Collapse in the Southern São Francisco Craton region**. *Precambrian Research*, 90:29-58.

Almeida F.F.M. 1977. **O Cráton do São Francisco**. *Revista Brasileira de Geociências*, 7: 349-364.

BABINSKY, M.; CHEMALE, F.Jr., VAN SCHMUS, W.R. **A idade das formações ferríferas bandadas do Supergrupo Minas e sua correlação com aquelas da África do Sul e Austrália**. In: SIMPOSIO DO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, 2, Salvador. 1993. *Anais*. Salvador: Soc.Bras.Geol. Núcleo Bahia/Sergipe, 1993. p.152-153.



Barbosa A.L.M. 1968. **Contribuições recentes à Geologia do Quadrilátero Ferrífero**. Ouro Preto, Boletim do Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, v. 1, 68 p.

Carneiro M. A., Noce C. M., Teixeira W. 1995. Evolução policíclica do Quadrilátero Ferrífero: uma análise fundamentada no conhecimento atual da geocronologia U/Pb e geoquímica isotópica Sm/Nd. Esc. Minas, 48(4): 264-273.

CODEMIG. 2005. **Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero: SIG e Nota Explicativa**.

CORDANI, Umberto G.. **O CRATON DO SÃO FRANCISCO E AS FAIXAS BRASILIANAS: MEIO SÉCULO DE AVANÇOS**. São Paulo: Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 2020.

Costa M.T. 1961. **Sedimentação e Orogênese da Série Minas**. Ouro Preto, Boletim Sociedade de Intercâmbio Cultural e Estudos Geológicos. SICEG. 1:55-61.

DORR II, John Van N. **Physiographic, stratigraphic and structural development of Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, 217 GEOPARQUE QUADRILÁTERO FERRÍFERO (MG)Brazil**. U.S. Geological Survey Professional Paper, v.641 A, p.1-110, 1969.

Dorr J.V.N., Gair J.E., Pomerene J.B., Rynearon G.A. 1957. **Revisão da estratigrafia pré-cambriana do Quadrilátero Ferrífero, Dep. Nac.** Prod, Mineral, DGM, Avulso S1, 31 p.

ENDO, I., Galbia H.F., Delgado C.E.R., Oliveira, M.M.F, Zaparolli, A. de C., Moura, L.G.B de, Peres, G.G., Oliveira A.H. de, Zavaglia, G., Danderfer, F.A., Gomes, C.J.S., Carneiro, M.A., Nalini, Jr.H.A., Castro, P. de T.A., Saita, M.T. de F., Seixas L.A.R., Tavaza, E., Lana, C. de C., Marns-Neto, M.A., Marns, M. de S., Ferreira, F.F.A., Franco, A.P., Almeida, L.G., Rossi, D.Q., Angeli, G., Madeira, T.J.A., Piassa, L.R.A, Mariano, D.F., Mariano, D.F., Carlos, D.U. 2019. **Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Escala 1:50.000. Ouro Preto,**



**Departamento de Geologia.** Escola de Minas – UFOP – Centro de Estudos Avançados do Quadrilátero Ferrífero: [www.qfe2050.ufop.br](http://www.qfe2050.ufop.br).

GAIR, J. E. 1962. **Geology and ore deposits of the Nova Lima and Rio Acima quadrangles, Minas Gerais, Brazil.** U. S. Geological Survey Professional Paper, 341-A. 65p.

Kotschoubey B., Tuckenbrodt W., Hieronymus B. 1988. **Bauxites Deposits of Paragominas.** In: **Carvalho A., Boulangé B., Melfi A.J., Lucas Y. (Org.).** Brazilian Bauxites. São Paulo/Paris, USP/FAPESP/ORSTOM, p. 75- 103.

Ladeira, E. A. 1991. **Metagenia dos depósitos de ouro do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.** In Schobenhau, C., Coelho, C. E. S. eds. Principais depósitos minerais do Brasil. Metais básicos não ferrosos, ouro e alumínio, p. 301–375.

Machado N., Noce C. M., Feng R. 1993 **Idades Pb207/Pb206 de zircões detríticos de rochas meta-sedimentares da região do Quadrilátero Ferrífero, sul do Cráton São Francisco.** Considerações sobre as áreas fontes e idades de sedimentação. In: simpósio sobre o Cráton do São Francisco, 2. Salvador, Anais. Salvador, SBG/SGM, 149-151.

MACHADO, Nuno; CARNEIRO, Maurício Antônio. **Canadian Journal of Earth Sciences**, Ottawa, v.29, n. 11, p. 2341-2346, nov. 1992.

Machado N. & Noce C.M. 1993. A evolução do Setor Sul do Cráton São Francisco entre 3,1 e 0,5 Ga baseada em geocronologia U-Pb. In: SIMP.

MACHADO N, Schrank A, Noce, CM, Gauthier G. 1996. **Ages of detrital zircon from Archean-Paleoproterozoic sequences: implications for greenstone belt setting and evolution of a Transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, SE Brazil.** Earth Planet Sci Lett 141:249 - 276. CRATON SÃO FRANCISCO, 2. Salvador, 1993. Anais. Salvador, SBG-BA, SE/SBG. p.100-102.



Pomerene J.B. 1958a. **The Cercadinho Formation**. Soc. Bras. Geologia, São Paulo, *Bol.*, p. 64-65.

Renger F. E., Noce C. M., Romano A. W., Machado N. 1994. **Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil**. *Geonomos*, 2(1): 1-11.

SCHORSCHER, H. D. 1979. **Evolução geotectônica e petrogenética do embasamento arqueano do Quadrilátero Ferrífero**. *Anais Acad. Bras. Ciên.*, 51(4): 767-768.

ROMANO, Antônio Wilson; REZENDE, Lucas de Faria. **FOLHA OURO PRETO SF.23-X-A-III Escala 1:100.000**. 2017. Belo Horizonte. CODEMIG.

Rosière C.A., Spier C.A., Rios F.J., Suckau V. E. 2008. **The itabirites of the Quadrilátero Ferrífero and related high-grade iron ore deposits: an overview**. *Reviews in Economic Geology*, 15:223-254.

- o GEOMORFOLOGIA

Alkmim, F. F., Noce, C. M. 2006. **The Paleoproterozoic Record of the São Francisco Craton**. IGCP 509, Field workshop, Bahia and Minas Gerais, Brazil. Field Guide & Abstracts, 114 p.

ALKMIM, F.F.; MARSHAK.S. **Transamazonian Orogeny in the southern São Francisco Craton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero**. *Precambrian Research*, v. 90, p. 29-58, Jan. 1998. Disponível em: [http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2003/1/ARTIGO\\_TransamazonianOrogenySouthern.pdf](http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2003/1/ARTIGO_TransamazonianOrogenySouthern.pdf). Acesso em: 25 jul. 2023.

ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de. **O cráton do São Francisco**. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 7, n. 4, p. 349-364, 1977.



Atlas geográfico escolar / IBGE, **Centro de Documentação e Disseminação de Informações**. - 9. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2023. 240p: il., mapas, retrs, colors.

BARBOSA, G. V.; RODRIGUES, D. M. S. **Quadrilátero Ferrífero**. Belo Horizonte: UFMG, 1967. 123 p.

Castro E. C. C. Ferreira J. E. 1997. **Aspectos estratigráficos, sedimentares e estruturais dos sedimentos cenozoicos da borda leste do Quadrilátero Ferrífero entre Santa Rita Durão e Fonseca, Minas Gerais**. Trabalho Final de Graduação, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 49 p.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Projeto APA Sul RMBH Estudos do Meio Físico: Área de Proteção Ambiental Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte**. Geomorfologia, volume 6. Belo Horizonte, 2005.

Dorr J. V. N. 1964. **Supergene iron ores of Minas Gerais, Brazil**. Econ. Geol., 59(7):1203-124

DORR, J. V. N. **Physiographic, stratigraphic and structural development of Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil**. Professional Paper, Washington, n. 641, Chapter A, 1969. Disponível em: <https://doi.org/10.3133/pp641A>. Acesso em: 25 jul. 2023.

Dorr, J. V., Gair, J. E., Pomerene, J. B., Ryneerson, G. A. 1957. **Revisão da estratigrafia pré-cambriana do Quadrilátero Ferrífero, Brasil**. Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de Fomento da Produção Mineral, Avulso, vol. 81. 31 p.

HERZ, N. **Metamorphic rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil**. In: Geological Survey Professional Paper 641-C: 1-81, 1978.



OLIVEIRA, O.A.B.; OLIVITO, J.P.R.; RODRIGUES-SILVA, D. **Caracterização da unidade espelológica e das unidades geomorfológicas da região do Quadrilátero Ferrífero – MG**. Espeleo-Tema. Volume 22. Ano 1. 2011.

PARIZZI, M.G. et al. **Mapa de Unidades Geotécnicas da Região Metropolitana de Belo Horizonte**. In: CONGRESSO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 13., 2011, São Paulo. Anais... São Paulo: Associação Brasileira de Geologia, 2011.

ROSIÈRE, C. A.; CHEMALE, F. J. **Textural and structural aspects of iron ores from Iron Quadrangle, Brazil**. In: PAGEL, M.; LEROY, J. L. (Eds.). Source, Transport and Deposition of Metals. Amsterdam: Balkema, 1991. p. 485 – 488.

Saadi, A., Sgarbi G. N. C., Rosière, C. A.. 1992. **A bacia do Gongo Soco, nova bacia terciária no Quadrilátero Ferrífero: Controle cárstico e/ou tectônico**. In: SBG/Núcleo São Paulo, Congresso Brasileiro de Geologia, v. 37, p. 600-601;

VARAJÃO, C. A. C. **A questão da correlação das superfícies de erosão do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. Revista Brasileira de Geociências, v. 21, n. 2, p. 138-145, jun. 1991.

- o PROCESSOS EROSIVOS

Castro, P., P. T. A., Varajão, A. F. D. C. (2020). **O Cenozóico no Quadrilátero Ferrífero**. In: Endo, I., Castro, P.T.A., Gandini, A.L. 2020. Quadrilátero Ferrífero: Avanços do conhecimento nos últimos 50 anos. Belo Horizonte, Universidade Federal de Ouro Preto, p. 166-193.

NASCIMENTO D. T. F; ROMÃO P. A; SALES M. M; VARGAS C. A. L; AMARAL C. S. **Mapeamento da Suscetibilidade e Potencialidade a Processos Erosivos Laminares e Lineares ao Longo do Duto OSBRA da Petrobras**. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 35, n. 4, p.585-597, 2016.



MENDONÇA R. R. Curso de percepção e mapeamento de áreas de risco geológico: processos erosivos. Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Ano 2020.

- o PEDOLOGIA

Deer W.A., Howie R.A., Zussman J. 1996. **An introduction to the rock-forming minerals**. Harlow, England, Longman Scientific & Technical, 695 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SHINZATO, E; CARVALHO FILHO, A, de. **Pedologia**. In: **Projeto APA Sul RMBH: Estudo do meio físico**. Belo Horizonte: CPRM/EMBRAPA/SEMAD, 2005. Partes A-B (Série programa informações básicas para a gestão territorial – GATE, 1).

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, p. 590, 2018.

JENNY, H. **Factors of Soil Formation: a system of quantitative pedology**. McGraw-Hill, New York, 1941. 281 p.

- o ESPELEOLOGIA

Almeida F.F.M. 1977. **O Cráton do São Francisco**. Revista Brasileira de Geociências, 7: 349-364.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. Dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional.



Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas – CANIE. **Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) / Instituto Chico Mendes de Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM/Serviço Geológico do Brasil.Oliveira- SF.23-X-A-IV, escala 1:100.000 nota explicativa integrada com Oliveira / Carneiro et al., - Minas Gerais: UFOP/CPRM, 2007.**

CALUX, A. S. 2011. **Potencialidade para ocorrência de cavernas em rochas ferríferas na Serra de Carajás (PA), Quadrilátero Ferrífero (MG) e Corumbá (MS).** In: 1º Simpósio Mineiro do Carste, 2011, Belo Horizonte. 1º Simpósio Mineiro do Carste: Anais do Evento. Saint- Martin-aux-Buneaux: Centre Normand d'Etude du Karst et des Cavités du Sous-sol, 2011. p. 48-48.

CAMPOS, J. E. G. e DARDENE, M. A. **Estratigrafia e sedimentação da Bacia Sanfranciscana: uma revisão.** In **Revista Brasileira de Geociências.** Volume 27. p. 269-282. 1997.

CARSTE. **Diagnóstico e análise de relevância das cavernas da Serra da Bocaina. Canaã dos Carajás.** Relatório inédito. 2015.

CECAV-ICMBio. **Base de dados geoespacializados das cavernas do Brasil. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).** Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/mapas.html>>. Acesso em: 15 novembro. 2020.

CHABERT, C.& WATSON, R.A.-1981 – **Mapping and Measuring Caves, a Conceptual Analysis.** NSS Bulletin, vol.43, 1, January, p.3 – 11.

CODEMIG. **Companhia de Desenvolvimento do Estado de Minas Gerais;** Base Geológica, folha Raposos, 2012.

CONAMA. **Resolução nº 347, de 10 de setembro de 2004.** Dispõe sobre a proteção do Patrimônio Espeleológico. Conselho Nacional de Meio Ambiente



(CONAMA). Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 13 20 ago. 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico.** Resolução nº. 347, de 10 de setembro de 2004. Diário Oficial da União, edição 176 de 13 de setembro de 2004.

Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>>. Acesso em: 20 ago. 2020 b.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2006. **Projeto Sete Lagoas- Abaeté.** Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/>. Acessado em: 15 out. 2024.

Deliberação Normativa COPAM nº 217, de dezembro de 2017, que **estabelece critérios para classificação segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências.**

Dorr J.V.N. II. 1969. **Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.** USGS Prof. Paper, 614-A, 110 p.

IBGE. Mapa político de Estado de Minas Gerais, em escala original de 1:250.000. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2015.

**IGAM, Instituto Mineiro de Gestão das Águas.** Disponível em: [www.igam.mg.gov.br](http://www.igam.mg.gov.br), acesso 20 ago. 2020.

JANSEN, S. C.; CAVALCANTI, L. F. & LAMBLÉM, H.S. **Mapa de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil, na escala 1:2.500.000.** In Revista Brasileira de Espeleologia. Volume 2. Número 1. Ano 2012. p. 42-57.

MINAS GERAIS. Dispõe sobre a Política Cultural do Estado de Minas Gerais. **Lei Estadual nº. 11726, de 30 de dezembro de 1994.** Diário do Executivo de Minas Gerais, 31 de dezembro de 1994.



PILÓ, L. B.; AULER, A. S.; FERREIRA, R. L.; BAETA, A. M.; PILÓ, H. M. D. 2005. **Estudo espeleológicos na área da mina de minério de ferro de Capão Xavier – MBR, Nova Lima, MG**. Relatório Técnico. 269p.

PILÓ, I. B.; AULER, A. **Introdução à Espeleologia**. In: **CECAV. III Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental**. Brasília: **CECAV/ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**, 2011. Cap. 1, p. 7-23.

ROSIÈRE, C. A. et al. **Structure and iron mineralization in the Carajás Province**. In: **Proceedings Iron Ore 2005, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Publication**. Series, n. 8, p. 143-150. 2005.

SBE. Cadastro Nacional de Cavernas – CNC. **Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE)**. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/default.asp>. Acessado em: 15 out. 2024.

SIMMONS, G.C. 1963. **Canga caves in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil**. The National Speleological Society Bulletin 25: 66-72.

Simmons G.C. 1968. **Geology and iron deposits of the western Serra do Curral, Minas Gerais, Brazil**. United States Geological Survey Professional Paper 341-G. 57pp.

SEME (Secretaria de Estado de Minas e Energia); COMIG (Companhia Mineradora de Minas Gerais); CPRM (Serviço Geológico do Brasil). **Projeto São Francisco**. Módulo I. Carta geológica Folha SE.23-V-D-III – Sete Lagoas. Escala 1:100.000. 2002

SISEMA (Sistema Estadual de Meio Ambiente) **Instrução de Serviço 08 de Agosto de 2017, revisado em outubro de 2018**. Procedimentos para Análise dos Processos de Licenciamento Ambiental de Empreendimentos e de Atividades Efetiva ou Potencialmente Causadoras de Impactos Sobre Cavidades Naturais Subterrâneas.



White, W. B (1988). **Rates processos: Chemical Kinetics and karst landform development.** In: **Groundwater as geomorphic Agent.** R.G. Lafleur Ed. (Allen na Unwin, Bonton), p. 227-248.

- RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

ALMEIDA, K. T.; SANTOS, W. W. **Determinação da Demanda Bentônica de Rio em Zona Tropical: Um Estudo de Caso no Ribeirão Grimpas, Goiás.** Monografia. Goiânia, 2017

BAGGIO, H. **Contribuições Naturais e Antropogênicas para a Concentração e Distribuição de Metais Pesados em Água Superficial e Sedimento de Corrente na Bacia do Rio do Formoso, Município de Buritizeiro, MG.** Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo – 2011.** São Paulo: CETESB, 2011.

COFFERRI, M. **Determinação de vazão em cursos d'água através de diferentes metodologias.** 2017. 62p. Universidade Federal do Pampa, Alegrete. 2017.

Deliberação Normativa Conjunta COPAM - CERH/MG N° 8, de 21 de novembro de 2022. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Diário do Executivo de Minas Gerais, 02 de dezembro de 2022.

Fiorucci, A. R., Filho, E. B., 2005. **A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos.** Revista Química Nova na Escola 22, 10-16.

HIDROWEB. ANA. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em 12/06/2024.



Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Avaliação da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2022: resumo executivo anual / Instituto Mineiro de Gestão das Águas**. Belo Horizonte: Igam, 2023. 74 p.: il.

MYR PROJETOS SUSTENTÁVEIS. **Estudo de Caracterização Geral da Bacia do Rio Itabirito**. Belo Horizonte: MYR Projetos Sustentáveis, 2013. 296 p. Contrato de Prestação de Serviços nº 023/2012. Contrato de Gestão IGAM nº 003/2009.

RIBEIRO, E. V. **Avaliação da Qualidade da Água do Rio São Francisco no Segmento Entre Três Marias e Pirapora – mg: Metais Pesados e Atividades Antropogênicas**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais. 2010.

SANTOS, I. et al. **Hidrometria aplicada**. Curitiba: ITD, 2001. 372 p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: ABRH/UFRGS, 2012. 943 p.

TUCCI, C.E. **Regionalização de vazões In: Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre, Ed.** UFRGS/ABRH/EDUSP, p.573-611, 1993.

TUCCI, C.E. **Regionalização de vazões**. Porto Alegre, ANEEL/UFRGS/IPH. 2000.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mcgraw Hill, 1975. 250p.

WISLER, C. O.; BRATTER, E. F. Hydrology. Nova Iorque: JohnWiley & Sons, 1949.  
WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION -WMO. **Manual on Stream Gauging**. Vol 1. Fieldwork. Geneva, 2010.

- o HIDROGEOLOGIA

ANA (Agência Nacional das Águas). (2021). **Revisão e Atualização do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce (PIRH Doce), Incluindo**



**seus Respectivos Planos Diretores de Recursos Hídricos (PDRHs)/Planos de Ações de Recursos Hídricos (PARHs), e Proposta de Enquadramento dos Corpos de Água da Bacia em Classes segundo os Usos Preponderantes e Atualização do Enquadramento dos Cursos d'Água da Bacia do Rio Piracicaba** - novembro / 2021.

ANA (2019) **Diagnóstico da Hidrogeologia e a Avaliação da Disponibilidade Hídrica Subterrânea da Bacia Hidrográfica do Rio Doce**. Nota Técnica nº 34/2019/COSUB/SIP. ANA, Brasília, 114 p. 2019.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências**. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 28 maio 2012.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. (2014). **Manual Cartográfico de Hidrogeologia**. BRASÍLIA.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - **Projeto Águas do Norte de Minas (PANM): Estudo da Disponibilidade Hídrica Subterrânea do Norte de Minas Gerais**. Relatório Técnico. Belo Horizonte-MG. 2019.

Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG nº 8, de 21 de novembro de 2022. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Publicação – Diário do Executivo – “Minas Gerais” – 02/12/2022).

HIDROWEB. ANA. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em 26/02/2024.



IDE                      SISEMA.                      **SISEMA.**                      Disponível                      em:  
<<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>>. Acesso em 26/02/2024.

**Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero Versão 2019.** Disponível em:  
<https://qfe2050.ufop.br/news/mapa-geológico-do-quadrilátero-ferrífero-versão-2019>. 01/11/2023.

MDGEO. **Parecer Técnico dos Impactos Hidrológicos da Mina de Águas Claras: REL-MBRMAC- 0001/99.** (1999). MBR, Belo Horizonte.

Mourão M.A.A., Loureiro C.O., Alkmim F.F. (2008). **O Aquífero Cauê e Unidades Hidrogeológicas Associadas: Principais Características Hidroquímicas, Porção Ocidental do Quadrilátero Ferrífero, MG.** XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, ABAS, Natal, p. 1-19.

**SIAGAS.** CPRM. Disponível em: <<https://siagasweb.sgb.gov.br/layout/>>. Acesso em 13/06/2023.

- o ÁREAS CONTAMINADAS

FEAM. **Fundação Estadual do Meio Ambiente. Inventário de Áreas Contaminadas e Áreas Reabilitadas no Estado de Minas Gerais.** Diretoria de Gestão da Qualidade e Monitoramento Ambiental - Gerência da Qualidade do Solo e Áreas Contaminadas. 2022.

