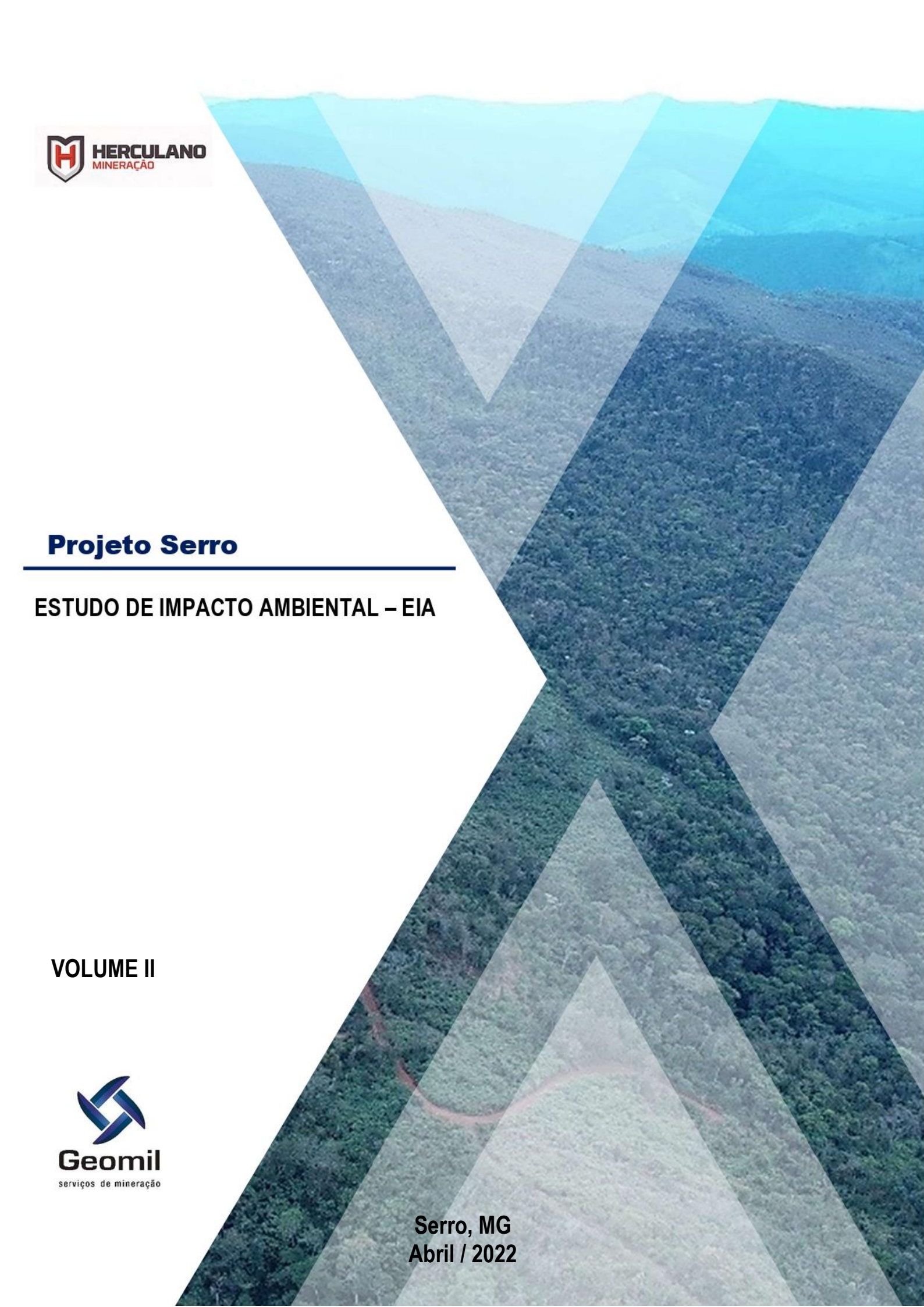


# Projeto Serro

## ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA

**VOLUME II**

Geomil
serviços de mineração

**Serro, MG**
**Abril / 2022**

# ÍNDICE

**9 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL – MEIO FÍSICO ..... 25**

**9.1 CLIMA E METEOROLOGIA ..... 25**
9.1.1 Metodologia ..... 25
9.1.2 Caracterização Climática Regional ..... 26
9.1.3 Caracterização Climática Local ..... 28
9.1.3.1 Análise Pluviométrica ..... 28
9.1.3.2 Balanço Hídrico ..... 30
9.1.3.3 Análise de Temperatura ..... 31
9.1.3.4 Caracterização da Umidade Relativa do Ar ..... 35
9.1.3.5 Caracterização da Nebulosidade Média Mensal ..... 36
9.1.3.6 Caracterização da Pressão Atmosférica ..... 37
9.1.3.7 Caracterização da Insolação Total Mensal ..... 38
9.1.3.8 Caracterização das Direções Predominantes dos Ventos ..... 39
9.1.3.9 Caracterização das Velocidades Médias dos Ventos ..... 41

**9.2 QUALIDADE DO AR ..... 43**
9.2.1 Considerações Preliminares ..... 46
9.2.2 Legislações Aplicáveis ..... 46
9.2.3 Metodologia ..... 47
9.2.4 Rede de Amostragem ..... 49
9.2.5 Resultados Obtidos ..... 50
9.2.6 Partículas Totais em Suspensão (PTS) ..... 50
9.2.7 Partículas Inaláveis (PI) ..... 51

**9.3 RUÍDO AMBIENTAL E VIBRAÇÃO ..... 52**
9.3.1 Introdução ..... 52
9.3.2 Legislações Aplicáveis ..... 53
9.3.2.1 A Nível Federal ..... 53
9.3.2.2 A Nível Estadual ..... 54
9.3.2.3 A Nível Municipal ..... 54
9.3.3 Metodologia ..... 55
9.3.4 Rede de Amostragem ..... 56
9.3.5 Caracterização da Área de Estudo Local (AEL) e da Área Diretamente Afetada (ADA) ..... 57

**9.4 GEOLOGIA ..... 61**
9.4.1 Geologia ..... 61
9.4.2 Geologia Estrutural Regional ..... 66
9.4.3 Litoestratigrafia ..... 67
9.4.3.1 Complexo Basal ..... 67
9.4.3.2 Grupo Serro – Suíte Ultramáfica de Alvorada de Minas ..... 68
9.4.3.3 Grupo Serro – Formação Itapanhoacanga ..... 68
9.4.4 Geologia da Mina ..... 71

**9.5 GEOMORFOLOGIA ..... 74**
9.5.1 Geomorfologia Local ..... 75
9.5.2 Suscetibilidade a Processos Erosivos ..... 76

**9.6 PEDOLOGIA E APTIDÃO AGRÍCOLA ..... 76**
9.6.1 Neossolos Litólicos ..... 77
9.6.2 Argissolos Vermelhos ..... 79
9.6.3 Cambissolos Háplicos ..... 82

**9.7 ESPELEOLOGIA ..... 86**
9.7.1 Considerações Preliminares ..... 86

9.7.2 Diretrizes para elaboração do relatório espeleológico ..... 89
9.7.3 Análise da Potencialidade de Ocorrência de Cavidades ..... 89
9.7.3.1 Consulta a base de dados oficiais ..... 89
9.7.3.2 Histórico das prospecções espeleológicas na área de estudo ..... 95
9.7.4 Prospecção Espeleológica do Projeto Serro ..... 96
9.7.4.1 Critérios, Premissas e Registros ..... 96
9.7.4.2 Caracterização Fisiográfica da Área ..... 96
9.7.4.3 Definição das Áreas de Maior Potencialidade na Área de Estudo ..... 99
9.7.4.4 Critérios de Prospecção ..... 102
9.7.4.5 Reesultados obtidos durante a prospecção Carste – 2010/2012 ..... 103
9.7.4.6 Resultados obtidos durante aprospecção Arcadis Logos– 2014 ..... 105
9.7.4.7 Resumo da prospecção Geomil – 2018 até 2021 ..... 108
9.7.4.8 Resultado geral dos diferentes esforços de prospecção ..... 112
9.7.4.9 Coordenadas e Descrição dos Pontos ..... 114
9.7.4.10 Cavidades Identificadas Fora da Área do Entorno de 250 m da ADA do Empreendimento 120
9.7.5 Cavidades Naturais Subterrâneas e reentrância Identificadas na ADA ..... 122
9.7.6 Descrição das Cavidades Naturais Subterrâneas e Feições Identificadas no Entorno de 250 m da ADA 122
9.7.6.1 Cavidade AAS-004 ..... 122
9.7.6.2 Cavidade AAS-009 ..... 125
9.7.6.3 Cavidade AAS-010 ..... 129
9.7.6.4 Cavidade AAS-011 ..... 132
9.7.6.5 Cavidade AAS-012 ..... 135
9.7.6.6 Cavidade AAS-013 ..... 139
9.7.7 Análise da Área de Influencia das Cavidades ..... 143
9.7.7.1 Preservação da Integridade Física ..... 144
9.7.7.2 Preservação da Dinâmica Hidrológica da Caverna ..... 154
9.7.7.3 PRESERVAÇÃO DA DINÂMICA DE SEDIMENTAÇÃO ..... 157
9.7.7.4 ASPECTOS BIOESPELELOGICOS PARA DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA ..... 157
9.7.7.5 Resultados do Estudo de Definição de Raio Protetivo e perímetro de proteção de acordo com critérios Bioespeleológicos ..... 162
9.7.7.6 Análise do Aporte de Recursos para as Cavidades ..... 167
9.7.7.7 Efeito de Borda para as cavidades ..... 168
9.7.7.8 PRESERVAÇÃO DO AMBIENTE SUBTERRÂNEO ..... 169
9.7.7.9 DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA ..... 170
9.7.8 Análise de impacto sobre o patrimônio espeleológico ..... 171
9.7.8.1 Metodologia de Avaliação de Impactos ..... 171
9.7.8.2 Impactos sobre o relevo ..... 172
9.7.8.3 Alteração da dinâmica hídrica ..... 173
9.7.8.4 Alteração da qualidade do ar ..... 174
9.7.8.5 Geração de Ruídos ..... 175
9.7.8.6 Geração de Vibrações ..... 175
9.7.8.7 Alteração da Vegetação e/ou da Fauna Cavernícola ..... 176

**9.8 RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS ..... 179**
9.8.1 Bacia do Rio Doce ..... 179
9.8.2 Comitês de Bacia Hidrográfica ..... 184
9.8.3 Hidrografia Regional ..... 186
9.8.4 Hidrografia Local ..... 191
9.8.4.1 Nascentes ..... 192
9.8.5 Nascentes Inseridas na ADA ..... 200
9.8.5.1 Interferência na Bacia Hidrográfica do Rio Guanhães ..... 202
9.8.5.2 Captação de Água para Consumo das Comunidades de Serro ..... 204

**9.9 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS ..... 210**
9.9.1 Introdução ..... 210
9.9.1.1 Recurso Água ..... 210
9.9.1.2 Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais ..... 210
9.9.2 Pontos de Amostragem ..... 214
9.9.3 Metodologias de Coleta e de Análise ..... 216
9.9.3.1 Metodologia de Coleta ..... 216
9.9.3.2 Metodologia de Análise Química ..... 216
9.9.4 Enquadramento dos Cursos D'água e Limites Máximos Permitidos ..... 217
9.9.4.1 Enquadramento dos cursos d'água ..... 218
9.9.5 Significados Ambientais de Alguns Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos ..... 220
9.9.5.1 Parâmetros Físico-Químicos ..... 220
9.9.5.2 Parâmetros Microbiológicos ..... 235
9.9.5.3 Índice de Qualidade das Águas - IQA ..... 236
9.9.6 Contextualização dos Pontos de Amostragem e Avaliação das Análises de Água por Ponto de Coleta e Medição de Vazão ..... 239
9.9.6.1 Metodologia de Medição de Vazão ..... 240
9.9.6.2 Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais ..... 241
9.9.6.3 Ponto 01 (HercS-HA-01) – Cabeceira do rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento 241
9.9.6.4 Ponto 02 (HercS-HA-02) – Rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento ..... 247
9.9.6.5 Ponto 03 (HercS-HA-03) - Rio Guanhães, a jusante do futuro empreendimento ..... 256
9.9.6.6 Ponto 04 (HercS-HA-04) – Nascente W Serra Condado, a jusante do futuro empreendimento 261
9.9.6.7 Ponto 05 (HercS-HA-05) – Rio do Peixe, a jusante do futuro empreendimento ..... 271
9.9.6.8 Ponto 06 (HercS-HA-06) – Rio do Peixe, no ponto de captação da COPASA ..... 283
9.9.6.9 Ponto 07 (HercS-HA-07) – Afluente do Córrego Siqueira, a jusante da futura Pilha de Estéril Franco 291
9.9.6.10 Ponto 08 (HercS-HA-08) – Afluente do Córrego Siqueira, a jusante da cava grande de cava menor 299
9.9.6.11 Ponto 09 (HercS-HA-09) – Afluente do Córrego Siqueira, a jusante da cava grande e disposição de itabiritos ..... 306
9.9.6.12 Ponto 10 (HercS-HA-10) – Afluente do Córrego Siqueira, a jusante do *Sump* de contenção de sedimentos e da área de apoio e pátio de produtos ..... 312
9.9.6.13 Ponto 11 (HercS-HA-11) – Córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento ..... 319
9.9.6.14 Ponto 12 (HercS-HA-12) – Córrego Siqueira, a ajusante do futuro empreendimento ..... 328
Características visuais da água ..... 330
9.9.6.15 Ponto 13 (HercS-HA-16) – Ribeirão do Lucas, a jusante do futuro empreendimento. ..... 338
9.9.6.16 Ponto 14 (HercS-HA-17) – Ribeirão do Lucas, a jusante do futuro empreendimento ..... 344
9.9.6.17 Ponto 15 (HercS-HA-18) – Córrego da Prata, a jusante do futuro empreendimento ..... 349
9.9.7 Resultados de IQA ..... 355
9.9.8 Conclusões ..... 356
9.9.9 Medição de vazão ..... 359
9.9.9.1 Contextualização dos pontos e resultados de medição de vazão ..... 361
9.9.9.2 Resultados das medições de vazão nos pontos de qualidade das águas superficiais ..... 370
9.9.9.3 Conclusões ..... 374
9.9.10 Avaliação da Qualidade dos Sedimentos de Fundo dos Pontos de Coleta de Águas Superficiais 374
9.9.10.1 Introdução ..... 374
9.9.10.2 Estações de Amostragem de Sedimento ..... 376
9.9.10.3 Método de Amostragem e de Análise de Sedimento ..... 385
9.9.10.4 Discussão dos resultados dos parâmetros químicos avaliados nos pontos de coleta de sedimento. ..... 386
9.9.11 Discussão dos resultados por parâmetro químico ..... 388

9.9.12 Conclusões ..... 411
**9.10 RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS ..... 412**
9.10.1 Introdução ..... 412
9.10.2 Hidrogelogia Regional ..... 413
9.10.3 Hidrogelogia da Área do Projeto ..... 417
9.10.3.1 Unidades Hidroestratigráficas ..... 417
9.10.3.2 Unidades Aquíferas ..... 417
9.10.3.3 Unidades Confinantes ..... 419
Inventário Hidrogeológico ..... 420
9.10.4 Levantamento Geofísico ..... 423
9.10.5 Hidroquímica Convencional e Isotópica ..... 425
9.10.6 Modelo Hidrogeológico ..... 433
9.10.6.1 Avaliação de Piezometria em Relação às Cavas ..... 435
**9.11 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS ..... 445**
9.11.1 Águas subterrâneas ..... 445
9.11.2 Qualidade das águas subterrâneas ..... 452
9.11.2.1 Introdução ..... 452
9.11.2.2 Metodologia de coletas e de análises ..... 456
9.11.2.3 Contextualização dos Pontos de Amostragem (Piezômetros) e Avaliação das Análises de Água 457
9.11.2.4 Discussão dos resultados das análises realizadas em 2011 e 2012 pela Anglo American e 2014 pela Arcadis ..... 471
9.1.1.1.1 Campanhas realizadas em 2011, 2012 e 2014 ..... 471
9.1.1.1.2 Campanhas realizadas em 2014 ..... 474
9.11.2.5 Discussão dos resultados na campanha de julho de 2021 por parâmetro analisado ..... 477
9.1.1.1.3 Conclusões ..... 482
9.11.3 Nascentes ..... 486
9.11.3.1 Introdução ..... 486
9.11.3.2 Avaliação da Qualidade das Águas das Nascentes ..... 492
9.11.3.3 Metodologias de Coleta e de Análise ..... 496
9.11.4 Avaliação da Qualidade dos sedimentos das Nascentes ..... 537
9.11.4.1 Introdução ..... 537
9.11.4.2 Estações de Amostragem de sedimento ..... 537
9.11.4.3 Métodos de Amostragem e de Análise de Sedimento ..... 540
9.11.4.4 Discussão dos resultados dos parâmetros químicos avaliados nos pontos de coleta de sedimento. ..... 541
9.11.4.5 Conclusões ..... 565
**9.12 ÁREAS CONTAMINADAS ..... 566**

## FIGURAS

Figura 9-1 – Distribuição espacial das estações meteorológicas do Brasil. ..... 26
Figura 9-2 – Sumarização da atuação dos sistemas frontais. ..... 27
Figura 9-3 – Configuração da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). ..... 27
Figura 9-4 – Comportamento climatológico da precipitação. ..... 29
Figura 9-5 – Normal Climatológica do Brasil 1981-2010 - Precipitação Acumulada. ..... 29
Figura 9-6 – Precipitações Máximas Absolutas em 24 horas. ..... 30
Figura 9-7 – Comportamento climatológico do número de dias de chuvas mensais. ..... 30
Figura 9-8 – Comportamento climatológico – coeficiente precipitação / evaporação. ..... 31
Figura 9-9 – Comportamento climatológico das temperaturas médias máximas e mínimas. ..... 32
Figura 9-10 – Normal Climatológica do Brasil 1981-2010 – Temperatura Média. ..... 32
Figura 9-11 – Normal Climatológica do Brasil 1981-2010 – Temperatura Mínima. ..... 33
Figura 9-12 – Normal Climatológica do Brasil 1981-2010 – Temperatura Máxima. ..... 33
Figura 9-13 – Comportamento climatológico das temperaturas mínimas absolutas. ..... 34
Figura 9-14 – Comportamento climatológico das temperaturas máximas absolutas. ..... 34
Figura 9-15 – Comportamento climatológico da Umidade Relativa do Ar. ..... 35
Figura 9-16 – Normal Climatológica 1981-2010 – Umidade relativa do ar compensada (%) ..... 35
Figura 9-17 – Comportamento climatológico da nebulosidade. ..... 36
Figura 9-18 – Normal Climatológica do Brasil 1981-2010 – Nebulosidade (Décimos). ..... 36
Figura 9-19 – Comportamento climatológico da pressão atmosférica. ..... 37
Figura 9-20 – Normal Climatológica Brasil 1981-2010 - Pressão atm. ao nível do barômetro. ..... 37
Figura 9-21 – Comportamento climatológico da insolação total mensal. ..... 38
Figura 9-22 – Normal Climatológica do Brasil 1981-2010 - Insolação Total. ..... 38
Figura 9-23 – Mapa da direção predominante dos ventos (média anual) ..... 39
Figura 9-24 – Localização das estações automáticas e convencionais na região de estudo. ..... 40
Figura 9-25 – Direção predominante dos ventos na região de Serro. ..... 40
Figura 9-26 – Direção dos ventos no Serro. ..... 41
Figura 9-27 – Velocidade média anual dos ventos em Minas Gerais (m/s). ..... 42
Figura 9-28 – Comportamento climatológico da velocidade média dos ventos. ..... 42
Figura 9-29 – Uso e ocupação no período de medição de qualidade do Ar (Imagens de 08/12/2013) ..... 44
Figura 9-30 – Uso e ocupação para a configuração atual (Imagens de 07/01/2020) ..... 45
Figura 9-31 – Pontos de Amostragem de Qualidade do Ar. ..... 49
Figura 9-32 – Fotografias dos pontos amostrados tiradas pela Limnos Sanear em 2014. ..... 50
Figura 9-33 – Fotos da amostragem ..... 56
Figura 9-34 – Pontos de Amostragem de Ruído ..... 57
Figura 9-35 – Gráfico dos níveis $L_{10}$, $L_{90}$ 3 $L_{EQ}$. ..... 59

Figura 9-36 – Comparação dos resultados com a referência legal. ..... 59
Figura 9-37 – Comparação dos resultados com a referência legal. ..... 60
Figura 9-38 – Comparação dos resultados com a referência legal. ..... 60
Figura 9-39 – Comparação dos resultados com a referência legal. ..... 60
Figura 9-40 – Mapa contextualizando as principais unidades aflorantes na borda leste da Serra do Espinhaço Meridional ..... 63
Figura 9-41 – Mapa geológico simplificado. Projeção UTM, Datum SAD 69 23S ..... 64
Figura 9-42 – Coluna estratigráfica para a sequência ao norte do Serro (Silveira, 2016). ..... 64
Figura 9-43 – Perfil geológico esquemático para a região de Serro, MG. ..... 66
Figura 9-44 – Afloramento de gnaisse bandado. ..... 68
Figura 9-45 – Afloramento de talco-clorita xisto da Suíte Ultramáfica Alvorada de Minas. ..... 68
Figura 9-46 – Afloramento de itabirito semicompacto. ..... 69
Figura 9-47 – Afloramento de itabirito compacto. ..... 69
Figura 9-48 – Afloramento de hematita compacta. ..... 70
Figura 9-49 – Afloramento de quartzito. ..... 70
Figura 9-50 – Afloramento de crosta laterítica dura. ..... 71
Figura 9-51 – Área do Projeto Serro. ..... 72
Figura 9-52 – Afloramento de itabirito friável. ..... 72
Figura 9-53 – Afloramento de rocha itabirítica semicompacta. ..... 73
Figura 9-54 – Detalhe da formação ferrífera hematítica. ..... 73
Figura 9-55 – Detalhe da Formação Ferrífera Bandada (itabirítica). ..... 73
Figura 9-56 – Geomorfologia regional da região de inserção do processo. ..... 76
Figura 9-57 – Tipificação dos Solos da região de inserção do processo. ..... 77
Figura 9-58 – Exemplo de argissolo ..... 79
Figura 9-59 – Cambissolos Háplicos Tb Eutróficos ..... 82
Figura 9-60 – Fluxograma para o Licenciamento Ambiental Convencional. ..... 88
Figura 9-61 – MG – Potencialidade de Cavidades versus Municípios com maior Ocorrência ..... 91
Figura 9-62 – MG – Quantidade de cavernas cadastradas por município. Fonte: CANIE (2021). ..... 91
Figura 9-63 – MG – Serro – Análise de Potencialidade de ocorrência de Cavidades do Município ..... 92
Figura 9-64 – Mapa de Potencialidades de ocorrência de cavernas na área do Projeto Serro - Cavidades – ADA E AID ..... 93
Figura 9-65 – Mapa Geológico da Região do Serro ..... 94
Figura 9-66 – Bacia hidrográfica da área do projeto ..... **Erro! Indicador não definido.**
Figura 9-67 – Caracterização topográfica da área do projeto - topografia ..... 99
Figura 9-68 – Caracterização da área do projeto - imagem ..... 100
Figura 9-69 – Litologias mapeadas da área do projeto ..... 101
Figura 9-70 – Hidrologia da área do projeto ..... 102

Figura 9-71 – Cavidades naturais subterrâneas mapeadas nas prospecções realizadas pela empresa CARSTE – 2010-2012 ..... 104
Figura 9-72 – Cavidades naturais subterrâneas e feições mapeadas na prospecção realizada pela Arcadis – 2014. ..... 106
Figura 9-73 – Reentâncias mapeadas na prospecção realizada pela Arcadis – 2014. ..... 107
Figura 9-74 – Localização das Cavidades cadastradas no CANIE/CECAV. ..... 109
Figura 9-75 – Caminhamento, Cavidades naturais subterrâneas validadas pela Geomil no Projeto Serro – 2018 até 2021. ..... 110
Figura 9-76– Reentrâncias validadas e mapeadas pela Geomil no Projeto Serro – 2018 até 2021 ..... 111
Figura 9-77 – Malha de Prospecção da ADA (250 m) E AID na Area Potencial para Ocorrência de cavidades. 113
Figura 9-78 – Mapa com as cavidades naturais subterrâneas mapeadas ..... 116
Figura 9-79 – Mapa com as cavidades naturais subterrâneas localizadas no buffer de 250 metros do empreendimento ..... 118
Figura 9-80 – Mapa com todas as reentrância espeleológicas detectadas. ..... 119
Figura 9-81 – Mapa com todas as cavidades naturais subterrâneas espeleológicas detectadas ..... 121
Figura 9-82 – Croqui Cavidade AAS-004- Fonte: Diagnóstico Arcadis ..... 123
Figura 9-83 – Projeção Horizontal cavidade AAS-004 com buffer de 250 metros. ..... 124
Figura 9-84 – Mapa de Localização da Cavidade AAS-004 em relaão a topografia do terreno. ..... 124
Figura 9-85 – Aspecto geral da entrada da cavidade AAS-004. ..... 125
Figura 9-86 – Aspecto geral da entrada da cavidade AAS-009. ..... 126
Figura 9-87 – Croqui Cavidade AAS-009- Fonte : Diagnóstico Arcadis ..... 127
Figura 9-88 – Projeção Horizontal cavidade AAS-009 com buffer de 250 metros. ..... 128
Figura 9-89 – Mapa de Localização da Cavidade AAS-009 em relação a topografia do terreno. ..... 128
Figura 9-90 – Croqui Cavidade AAS-010- Fonte: Diagnóstico Arcadis ..... 130
Figura 9-91 – Projeção Horizontal cavidade AAS-010 com buffer de 250 metros. ..... 131
Figura 9-92 – Mapa de Localização da Cavidade AAS-010 em relação a topografia do terreno. ..... 131
Figura 9-93 – Aspecto geral da cavidade AAS-010. ..... 132
Figura 9-94 – Croqui Cavidade AAS-011- Fonte: Diagnóstico Arcadis ..... 133
Figura 9-95 – Projeção Horizontal cavidade AAS-011 com buffer de 250 metros. ..... 134
Figura 9-96 – Mapa de Localização da Cavidade AAS-011. em relação a topografia do terreno. ..... 134
Figura 9-97 – Aspecto geral da entrada da cavidade AAS-011. ..... 135
Figura 9-98 – Croqui Cavidade AAS-012- Fonte: Diagnóstico Arcadis ..... 137
Figura 9-99 – Projeção Horizontal cavidade AAS-012 com buffer de 250 metros. ..... 138
Figura 9-100 – Mapa de Localização da Cavidade AAS-012. em relação a topografia do terreno. ..... 138
Figura 9-101 – Aspecto geral da entrada da cavidade AAS-012. ..... 139
Figura 9-102 – Aspecto geral da entrada e do interior da cavidade AAS-013. ..... 140
Figura 9-103 – Croqui Cavidade AAS-013- Fonte: Diagnóstico Arcadis ..... 141
Figura 9-104 – Projeção Horizontal cavidade AAS-013 com buffer de 250 metros. ..... 142

Figura 9-105 – Mapa de Localização da Caverna AAS-013 em relação a topografia do terreno. ..... 142
Figura 9-106 – Faixas dos danos gerados em relação a velocidade das partículas. ..... 151
Figura 9-107 – Bacia de Contribuição das Cavidades Identificadas no Entorno do Empreendimento. ..... 156
Figura 9-108 – Bacias Hidrográficas de Minas Gerais. ..... 179
Figura 9-109 – Bacias adjacentes à bacia do Rio Doce. ..... 180
Figura 9-110 – Bacia Hidrográfica do rio Doce e seus principais afluentes. ..... 181
Figura 9-111 – Pontos de monitoramento da Bacia do Rio Doce. ..... 182
Figura 9-112 – Mapa síntese das áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade. ..... 183
Figura 9-113 – Comitês das Bacias Hidrográficas do Rio Doce. ..... 186
Figura 9-114 – Sub-bacias do Rio Doce. ..... 186
Figura 9-115 – Localização do empreendimento na bacia do rio Santo Antônio em Minas Gerais. ..... 187
Figura 9-116 – Mapa com as estações sedimentológicas da sub-bacia do rio Santo Antônio. ..... 188
Figura 9-117 – Mapa hidrogeológico da sub-bacia do rio Santo Antônio. ..... 189
Figura 9-118 – Mapa climatológico da sub-bacia do rio Santo Antônio. ..... 190
Figura 9-119 – Rede de Drenagens da região de inserção do processo ..... 191
Figura 9-120 – Nascentes identificadas no entorno do empreendimento. ..... 193
Figura 9-121 - Mapa de localização da rede fluviométrica. ..... 195
Figura 9-122 – Mapa de rendimento específico na recessão. ..... 197
Figura 9-123 – Mapa de localização das nascentes inventariadas. ..... 199
Figura 9-124 – Posição do projeto no interior da Bacia do Rio Guanhães. ..... 203
Figura 9-125 – Posição da ETA do Serro em relação ao Projeto e a hidrografia. ..... 209
Figura 9-126 – Imagem satélite do empreendimento destacando o local das estruturas do futuro empreendimento e localização dos pontos de coleta de águas superficiais. ..... 213
Figura 9-127 – Imagem do IBGE com o empreendimento destacando o local das estruturas do futuro empreendimento e localização dos pontos de coleta de águas superficiais. ..... 214
Figura 9-128 - Localização do município de Serro no contexto da Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio. ..... 217
Figura 9-129 – Modelo da estrutura do ácido húmico. ..... 221
Figura 9-130 – Imagem do rio Negro (cor escura) no encontro com o Rio Solimões. ..... 221
Figura 9-131 – Filtragem de uma amostra de água (sólidos suspensos e dissolvidos). ..... 221
Figura 9-132 – Cone Imhoff. ..... 222
Figura 9-133 – Exemplo de teste em laboratório para determinação do sólido total. ..... 222
Figura 9-134 – Escala de pH. ..... 223
Figura 9-135 – Exemplo de água eutrofizada. ..... 225
Figura 9-136 – Formas de entrada e saída do oxigênio dissolvido da água. ..... 226
Figura 9-137 – Transporte e bioacumulação do Hg. ..... 233
Figura 9-138 – Ciclo do mercúrio em ambientes naturais. ..... 234
Figura 9-139 – Bactérias do grupo coliformes ..... 235
Figura 9-140 – *Escherichia coli* ..... 236

Figura 9-141 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas ..... 238
Figura 9-142 - Imagem satélite contendo a localização do ponto 01 (HercS-HA-01). ..... 241
Figura 9-143 - Detalhe da qualidade visual da água no local de coleta do ponto 01 (HercS-HA-01). ..... 242
Figura 9-144 - Vista de montante e jusante do local da coleta de água no ponto 01 (HercS-HA-01)..... 243
Figura 9-145 - Imagem satélite contendo a localização do ponto 02 (HercS-HA-02). ..... 247
Figura 9-146 - Detalhe da qualidade visual da água do ponto 02 (HercS-HA-02) em 18/10/18.. ..... 248
Figura 9-147 - Detalhe da qualidade visual da água do ponto 02 (HercS-HA-02) em 21/07/21. ..... 248
Figura 9-148 - Fotos do local de coleta em 18/10/18 no rio do Peixe (Ponto 02 - HercS-HA-02). ..... 249
Figura 9-149 - Fotos do local de coleta em 18/10/18 no rio do Peixe (Ponto 02 - HercS-HA-02). ..... 249
Figura 9-150 - Fotos do local de coleta em 21/07/21 no rio do Peixe (Ponto 02 - HercS-HA-02). ..... 249
Figura 9-151 - Imagem satélite contendo a localização do ponto P03 (HercS-HA-03)..... 257
Figura 9-152 - Detalhe da qualidade visual da água do ponto P03 (HercS-HA-03). ..... 257
Figura 9-153 - Fotos da coleta de 19/10/18 no rio Guanhães (Ponto P03 - HercS-HA-03). ..... 258
Figura 9-154 - Fotos da coleta de 19/10/18 no rio Guanhães (Ponto P03 - HercS-HA-03). ..... 258
Figura 9-155 - Fotos da coleta de 19/10/18 no rio Guanhães (Ponto P03 - HercS-HA- 03). ..... 258
Figura 9-156 - Imagem satélite contendo a localização do ponto 04 (HercS-HA-04). ..... 262
Figura 9-157 - Detalhe da quantidade de água em local próximo ao ponto 04 (HercS-HA-04) nas datas 19/10/18 e 31/05/19. ..... 262
Figura 9-158 - Detalhe da quantidade de água em local próximo ao ponto P04 (HercS-HA-04) na data 21/07/21. ..... 263
Figura 9-159 - Fotos dos locais próximos aos coleta de 19/10/18 na Nascente W Serra Condado (P04 - HercS-HA-04). ..... 263
Figura 9-160 - Fotos dos locais próximos aos coleta de 19/10/18 na Nascente w Serra Condado (P04 - HercS-HA-04). ..... 264
Figura 9-161 - Fotos do local de coleta na Nascente w Serra Condado (Ponto 04 - HercS-HA-04) em 31/05/19. ..... 264
Figura 9-162 - Fotos do local de coleta na Nascente W Serra Condado (P04 - HercS-HA-04) em 21/07/21..... 265
Figura 9-163 - Detalhe visual do local de coleta na Nascente W Serra Condado (Ponto 04 - HercS-HA-04) em 21/07/21. ..... 268
Figura 9-164 - Imagem satélite contendo a localização do ponto 05 (HercS-HA-05). ..... 272
Figura 9-165 - Imagem satélite contendo a localização do ponto P05 (HercS-HA-05) e o Ponto P03 analisado pela ARCADIS, 2014. ..... 272
Figura 9-166 - Detalhe visual da água no ponto 05 (HercS-HA-05) em 19/10/18, 31/05/19 e 21/07/21..... 273
Figura 9-167 - Fotos do local da coleta de 19/10/18 e 31/05/19 no rio do Peixe. ..... 274
Figura 9-168 - Fotos das coletas no ponto 05 (HercS-HA-05) nas datas 19/10/18, 31/05/19 e 21/07/21. Continua. ..... 274
Figura 9-169 - Fotos das coletas no ponto 05 (HercS-HA-05) nas datas 19/10/18, 31/05/19 e 21/07/21. ..... 275
Figura 9-170 - Fotos das coletas no ponto 05 (HercS-HA-05) nas datas 19/10/18, 31/05/19 e 21/07/21. ..... 276
Figura 9-171 - Local do ponto de coleta, na captação da Copasa (BR – 259). ..... 283

Figura 9-172 - Local do ponto de coleta, na captação da Copasa (BR – 259). ..... 283
Figura 9-173 - Imagem satélite contendo a localização do ponto P06 (HercS-HA-06)..... 284
Figura 9-174 - Detalhe visual da água no ponto P06 (HercS-HA-06). ..... 284
Figura 9-175 - Fotos do local da coleta de 18/10/18 e 30/05/19 no rio do Peixe. ..... 285
Figura 9-176 - Fotos do local da coleta de 18/10/18 e 30/05/19 no rio do Peixe. ..... 285
Figura 9-177 - Fotos do local da coleta de 19/07/21 no rio do Peixe. ..... 286
Figura 9-178 - Imagem satélite contendo a localização do ponto 07 (HercS-HA-07). ..... 292
Figura 9-179 - Detalhe visual da água do ponto 07 (HercS-HA-07) nas datas 19/10/18, 30/05/19 e 21/07/21. .. 293
Figura 9-180 - Fotos do local da coleta em 19/10/18 e em 30/05/19 no afluente do córrego Siqueira (Ponto P07 - HercS-HA – 07)..... 294
Figura 9-181 – Imagem do ponto de coleta HercS-HA-08 (Ponto 08). ..... 299
Figura 9-182 - Detalhe visual da água do ponto P08 (HercS-HA-08). ..... 300
Figura 9-183 - Sequência de fotos do local de coleta e montante e jusante do mesmo. ..... 302
Figura 9-184 - Imagem satélite contendo a localização do ponto P09 (HercS-HA-09)..... 307
Figura 9-185 - Detalhe visual da qualidade da água no ponto 09 (HercS-HA-09). ..... 307
Figura 9-186 - Detalhe da coleta no ponto 09 (HercS-HA-09) em 30/05/19 e 19/07/21. ..... 308
Figura 9-187 - Imagem satélite contendo a localização do ponto 10 (HercS-HA-10). ..... 313
Figura 9-188 - Qualidade visual da água no local de coleta do ponto 10 (HercS-HA-10) nas datas 18/10/18, 30/05/19 e 19/07/21. ..... 314
Figura 9-189 - Detalhe da coleta de água no ponto P10 (HercS-HA-10) na data 30/05/19 e 19/07/21..... 315
Figura 9-190 - Detalhe do local de coleta de água no ponto 10 (HercS-HA-10) na data 30/05/19 e 19/07/21. Continuação. ..... 315
Figura 9-191 - Imagem satélite contendo a localização do ponto P11 (HercS-HA-11)..... 319
Figura 9-192 - Qualidade visual da água no local de coleta do ponto 11 (HercS-HA-11). ..... 320
Figura 9-193 - Qualidade visual da água no local de coleta do ponto 11 (HercS-HA-11). ..... 321
Figura 9-194 - Imagem satélite contendo a localização do ponto 12 (HercS-HA-12). ..... 329
Figura 9-195 - Imagem de montante do ponto 12 (HercS-HA-12) (Ponte). ..... 329
Figura 9-196 - Qualidade visual da água no local de coleta do ponto P12 (HercS-HA-12) em 18/10/18, 30/05/19 e 19/07/21. ..... 330
Figura 9-197 - Coleta de água no ponto P12 (HercS-HA-12) em 18/10/18, 30/05/19 e 19/07/21. ..... 330
Figura 9-198 - Coleta de água no ponto P12 (HercS-HA-12) em 18/10/18, 30/05/19 e 19/07/21. ..... 331
Figura 9-199 - Qualidade visual da água no local de coleta do ponto P02 em 22/01/14 e 07/05/14. ..... 332
Figura 9-200 - Imagem satélite contendo a localização do ponto 13 (HercS-HA-16). ..... 338
Figura 9-201 - Imagem satélite contendo a localização da ETE. ..... 339
Figura 9-202 - Imagem da ETE. ..... 339
Figura 9-203 - Qualidade visual da água no local de coleta do ponto 13 (HercS-HA-16). ..... 340
Figura 9-204 - Sequência de fotos do local de coleta e montante. ..... 340
Figura 9-205 - Sequência de fotos do local de coleta e montante. ..... 341

Figura 9-206 - Imagem contendo a localização do ponto P14 (HercS-HA-17). ..... 344
Figura 9-207 - Qualidade visual da água no local de coleta do ponto P14 (HercS-HA-17) nas datas 19/10/18 e 31/05/19. ..... 345
Figura 9-208 - Registro fotográfico da vegetação do entorno do ponto de coleta e local de coleta do ponto 14 (HercS-HA-17). ..... 346
Figura 9-209 - Registro fotográfico da vegetação do entorno do ponto de coleta e local de coleta do ponto 14 (HercS-HA-17). ..... 346
Figura 9-210 - Registro fotográfico da coleta de água no ponto HercS-HA-17 em 31/05/19. ..... 347
Figura 9-211 - Imagem contendo a localização do ponto P15 (HercS-HA-18). ..... 350
Figura 9-212 - Qualidade visual da água no local de coleta do ponto 15 (HercS-HA-18). ..... 350
Figura 9-213 - Qualidade visual da água a montante do local de coleta do ponto 15 (HercS-HA-18), coleta em 19/10/2018. ..... 351
Figura 9-214 - Qualidade visual da água a montante do local de coleta do ponto 15 (HercS-HA-18), coleta em 31/05/2019. ..... 351
Figura 9-215 - Qualidade visual da água a montante do local de coleta do ponto P15 (HercS-HA-18). ..... 352
Figura 9-216 - Resultados de IQA dos pontos de coleta avaliados no presente estudo nas três campanhas realizadas (10/2018; 05/2019 e 07/2021). ..... 355
Figura 9-217 - Resultados de IQA Médio dos pontos de coleta nas três campanhas realizadas (10/2018; 05/2019 e 07/2021) e da Arcadis, 2014. ..... 356
Figura 9-218 - Imagem satélite do empreendimento destacando o local das estruturas do futuro empreendimento e localização dos pontos de medição de vazão. ..... 360
Figura 9-219 - Imagem IBGE do empreendimento destacando o local das estruturas do futuro empreendimento e localização dos pontos de medição de vazão. ..... 361
Figura 9-220 – Imagem satélite contendo a localização do ponto P16 (HercS-HA-19). ..... 363
Figura 9-221 – Imagem satélite contendo a localização do ponto P16 (HercS-HA-19). ..... 363
Figura 9-222 – Imagem satélite contendo a localização do ponto P17 (HercS-HA-20). ..... 365
Figura 9-223 – Imagem satélite contendo a localização do ponto P17 (HercS-HA-20). ..... 365
Figura 9-224 – Imagem satélite contendo a localização do ponto P18 (HercS-HA-21). ..... 367
Figura 9-225 – Imagem satélite contendo a localização do ponto P19 (HercS-HA-22). ..... 368
Figura 9-226 – Imagem satélite contendo a localização do ponto P19 (HercS-HA-22). ..... 369
Figura 9-227 – Resultados de vazão em $m^3/h$ obtidos no mês de outubro de 2018. ..... 370
Figura 9-228 – Resultados de vazão em $m^3/h$ obtidos no mês de janeiro de 2019. ..... 370
Figura 9-229 – Gráficos dos resultados das medições de vazão nos pontos de coleta para avaliação da qualidade das águas superficiais. ..... 373
Figura 9-230 – Gráficos dos resultados das medições de vazão nos pontos de coleta para avaliação da qualidade das águas superficiais. Continuação. ..... 374
Figura 9-231 – Detalhe visual dos locais dos pontos de sedimento de fundo de águas superficiais. ..... 377
Figura 9-232 – Coleta de sedimento na margem do rio do Peixe em 21/07/21. ..... 378
Figura 9-233 – Coleta de sedimento na nascente W Serra Condado em 21/07/21. ..... 379
Figura 9-234 – Coleta de sedimento na margem do rio do Peixe em 21/07/21. ..... 380

Figura 9-235 – Coleta de sedimento na margem do rio do Peixe, na captação da COPASA em 21/07/21. ..... 380
Figura 9-236 – Coleta de sedimento na margem do afluente do córrego Siqueira em 19/07/21. ..... 381
Figura 9-237 – Local da coleta de água e sedimento no afluente do córrego Siqueira em 19/07/21. ..... 382
Figura 9-238 – Local de coleta do ponto HercS-HA-09 na data 19/07/21. ..... 382
Figura 9-239 – Local de coleta do ponto HercS-HA10 na data 19/07/21 ..... 383
Figura 9-240 – Local de coleta do ponto HercS-HA11 na data 19/07/21 ..... 384
Figura 9-241 – Local de coleta do ponto HercS-HA12 na data 19/07/21 ..... 384
Figura 9-242 – Coleta de sedimento para análise de elementos químicos. ..... 385
Figura 9-243 – Coleta de sedimento para análise de comunidades bentônicas. ..... 386
Figura 9-244 – Resultados de arsênio em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 389
Figura 9-245 – Resultados de bário em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 390
Figura 9-246 – Resultados de berílio em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 391
Figura 9-247 – Resultados de cádmio em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 392
Figura 9-248 – Resultados de chumbo em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 393
Figura 9-249 – Resultados de cobalto em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 394
Figura 9-250 – Resultados de cobre em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 396
Figura 9-251 – Resultados de mercúrio em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 397
Figura 9-252 – Resultados de níquel em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 399
Figura 9-253 – Resultados de zinco em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 400
Figura 9-254 – Resultados de pH em sedimentos coletados em 07/2021 ..... 401
Figura 9-255 – Resultados de óxido de alumínio (%) em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 402
Figura 9-256 – Resultados de óxido de cálcio (%) em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 403
Figura 9-257 – Resultados de óxido férrico (%) em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 404
Figura 9-258 – Resultados de óxido de magnésio (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 405
Figura 9-259 – Resultados de óxido de manganês (%) em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 406
Figura 9-260 – Resultados de óxido de potássio (%) em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 407
Figura 9-261 – Resultados de óxido de sódio (%) em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 407
Figura 9-262 – Resultados de óxido de silício (%) em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 408
Figura 9-263 – Resultados de dióxido de titânio (%) em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 409
Figura 9-264 – Resultados de pentóxido de fósforo (%) em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 410
Figura 9-265 – Resultados de matéria orgânica (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 411
Figura 9-266 – Distribuição das unidades hidrogeológicas na sub-bacia do Rio Santo Antônio (Fonte: EIA-Projeto Serro, 2019, modificado) ..... 414
Figura 9-267 - Medidores de nível cadastrados.(a-PZ87; b-PZ153; c-PZ25 e d-PZ154) ..... 422
Figura 9-268 - Nascentes cadastradas em mar/20.(a-A22; b-NA5; c-NA8 e d-NA3) ..... 423
Figura 9-269 - Seções interpretadas de resistividade do levantamento geoelétrico.(Fonte:Geophysical2019,modificado) ..... 424
Figura 9-270 - Mapa das zonas de baixa resistividade. ..... 425

Figura 9-271 - Diagrama Eh-pH para as águas coletadas na campanha de mar/20. ..... 427
Figura 9-272 - Assinaturas hidroquímicas das águas subterrâneas. (Resultados de laboratório) ..... 428
Figura 9-273 - Dendograma da análise de agrupamento – índices ITB, ITB(-), Kr. ..... 428
Figura 9-274 - Distribuição de Oxigênio-18 e Deutério nas águas subterrâneas. ..... 430
Figura 9-275 - Dendograma da análise de agrupamento–correlação entre $^{18}O$ e ITB. ..... 431
Figura 9-276 - Análise de agrupamento – CE, $^{18}O$e$^{2}H$ e índices ITB, ITB(-) e Kr. ..... 431
Figura 9-277- Agrupamento das nascentes - CE,18O e 2H e índices ITB, ITB(-), Kr. ..... 432
Figura 9-278 - Distribuição dos isótopos estáveis das amostras de água analisadas nas duas campanhas, corroborando a existência de dois grupos genéticos (águas profundas x águas rasas). ..... 432
Figura 9-279 - Hidrogeologia da região da Serra do Condado - Serro / MG. ..... 434
Figura 9-280 – Hidrogeologia da Serra do Condado – Seções Esquemáticas. ..... 435
Figura 9-281 – Pontos de Monitoramento Hidrogeológico ..... 437
Figura 9-282 – Modelo Digital de Terreno da futura mina evidenciando as duas cavas para explotação de minério de ferro. ..... 438
Figura 9-283 – Equipotenciais. ..... 439
Figura 9-284 - Modelo Digital do Terreno elaborado com o layout das futuras cavas de explotação de minério de ferro com a alocação do grid de avaliação do posicionamento relativo entre o fundo das cavas e o lençol freático. ..... 440
Figura 9-285 – Ilustração de como a superfície freática se posiciona em relação ao fundo da cava na frente alta. ..... 444
Figura 9-286 – Ilustração de como a superfície freática se posiciona em relação ao fundo da cava em outro trecho da frente alta. ..... 444
Figura 9-287 – Exemplo de Água subterrânea. ..... 445
Figura 9-288 – O Ciclo Hidrológico. ..... 446
Figura 9-289 – Superfície freática – limite entre as zonas saturada e não-saturada. A água encontrada na zona saturada é dita subterrânea. ..... 447
Figura 9-290 – Rio subterrâneo na mexicana Riviera Maya. ..... 447
Figura 9-291 – Rio influente (em perda). ..... 448
Figura 9-292 – Rio efluente (em alimentação). ..... 448
Figura 9-293 - Tipos de aquíferos. ..... 450
Figura 9-294 - Aquífero confinado (situado entre dois aquicludes – camadas impermeáveis). ..... 450
Figura 9-295 - Aquífero confinado (situado entre dois aquicludes – camadas impermeáveis).[10] ..... 451
Figura 9-296 - Tipos de Aquíferos quanto à pressão ..... 451
Figura 9-297 - Zonas de um aquífero e tipos de aquíferos. ..... 452
Figura 9-298 - Imagem satélite com a localização dos pontos de coleta de águas subterrâneas (Piezômetros). ..... 455
Figura 9-299 - Imagem do IBGE com a localização dos pontos de coleta de águas subterrâneas (Piezômetros). ..... 456
Figura 9-300 - Detalhe do piezômetro PZ-SE-154 ..... 458
Figura 9-301 - Detalhe visual do local de coleta do PZ 154 na data 18/08/21 ..... 458

Figura 9-302 - Detalhe dos piezômetros PZ-SE-20. ..... 459
Figura 9-303 - Registro fotográfico da coleta realizada em 18/08/21 no PZ-SE-20. ..... 460
Figura 9-304 - Detalhe do piezômetros PZ-SE-87. ..... 460
Figura 9-305 - Detalhe da coleta no piezômetro PZ-SE-87 em 17/08/21. ..... 461
Figura 9-306 - Coleta de água subterrânea no ponto PS 4B na data 17/08/21. ..... 462
Figura 9-307 - Coleta de água subterrânea no ponto PS 5B na data 17/08/21. ..... 463
Figura 9-308 - Detalhe do medidor de nível d'água MNA-SE-22. ..... 463
Figura 9-309 - Detalhe da coleta de água no poço PS 06 em 16/07/21. ..... 464
Figura 9-310 - Detalhe da coleta de água no poço PS 07 em 18/07/21. ..... 465
Figura 9-311 - Detalhe da coleta de água no poço PS 07B em 17/07/21. ..... 466
Figura 9-312 - Detalhe da coleta de água no poço PS 08C em 18/07/21. ..... 467
Figura 9-313 - Detalhe da coleta de água no poço PS 09B em 16/07/21. ..... 468
Figura 9-314 - Detalhe da coleta de água no poço PS 10B em 18/07/21. ..... 469
Figura 9-315 - Detalhe da coleta de água no poço PZ 21 em 18/07/21. ..... 470
Figura 9-316 - Poço PZ 22 em 18/07/21. ..... 471
Figura 9-317 - Resultados de condutividade elétrica em µS.cm$^{-1}$ obtidos nos poços monitorados em julho de 2021. ..... 478
Figura 9-318 - Resultados de nitrato (mg.L$^{-1}$) obtidos nos poços monitorados em julho de 2021. ..... 479
Figura 9-319 - Resultados de alumínio (mg.L$^{-1}$) obtidos nos poços monitorados em julho de 2021. ..... 480
Figura 9-320 - Resultados de cromo (mg.L$^{-1}$) obtidos nos poços monitorados em julho de 2021. ..... 481
Figura 9-321 - Resultados de ferro total e ferro solúvel em mg.L$^{-1}$obtidos nos poços monitorados em julho de 2021. ..... 481
Figura 9-322 - Resultados de manganês total e manganês solúvel em mg.L$^{-1}$obtidos nos poços monitorados em julho de 2021. ..... 482
Figura 9-323 - Exemplo de nascente. ..... 486
Figura 9-324 - Registro fotográfico das nascentes inspecionadas em 2014. ..... 489
Figura 9-325 - Resultados de vazão em m$^3$.h$^{-1}$ das nascentes em 2018. ..... 490
Figura 9-326 - Resultados de vazão em m$^3$.h$^{-1}$ das nascentes no período de 2020 a 2021 das nascentes cadastradas. ..... 491
Figura 9-327 - Imagem satélite contendo as nascentes cadastradas na AER do EIA em setembro de 2018 e março de 2020. ..... 492
Figura 9-328 - Imagem satélite do empreendimento destacando o local das estruturas do futuro empreendimento e localização dos pontos de coleta de águas de nascentes. ..... 494
Figura 9-329 - Imagem do IBGE com o empreendimento destacando o local das estruturas do futuro empreendimento e localização dos pontos de coleta de águas de nascentes. ..... 495
Figura 9-330 - Qualidade visual da água e do entorno da nascente NA01 em 20/07/21. ..... 500
Figura 9-331 - Coleta de água e sedimento na nascente NA01 em 20/07/21. ..... 500
Figura 9-332 - Qualidade visual da água e do entorno da nascente NA03 em 20/07/21. ..... 501
Figura 9-333 - Coleta de água e medição de vazão da nascente NA03 em 20/07/21. ..... 502

Figura 9-334 - Qualidade visual da água e do entorno da nascente NA04 em 20/07/21. ..... 503
Figura 9-335 - Coleta de água e de sedimento na nascente NA04. ..... 504
Figura 9-336 - Qualidade visual da água e do entorno da nascente NA05 em 20/07/21. ..... 505
Figura 9-337 - Coleta de água e de sedimento na nascente NA05. ..... 506
Figura 9-338 - Detalhe visual da qualidade da água em 20/07/21 ..... 507
Figura 9-339 - Coleta de água e de sedimento na nascente NA08 em 20/07/21. ..... 508
Figura 9-340 - Local de coleta da nascente NA09 em 20/07/21. ..... 509
Figura 9-341 - Coleta de sedimento na nascente NA09 em 20/07/21. ..... 510
Figura 9-342 - Detalhe visual da água da nascente NA10. ..... 511
Figura 9-343 - Coleta de água e de sedimento e medição de vazão na nascente NA10 em 20/07/21. ..... 512
Figura 9-344 - Detalhe visual da água da nascente NA22 em 20/07/21 ..... 513
Figura 9-345 - Coleta de água e de sedimento e medição de vazão na nascente NA22 em 20/07/21. ..... 514
Figura 9-346 - Local de coleta de água e de sedimento e medição de vazão na nascente NA23 em 20/07/21.Local seco. ..... 516
Figura 9-347 - Local da nascente NA25 em 20/07/21. ..... 516
Figura 9-348 - Local da Nascente NA25 em 20/07/21. Ponto seco. ..... 517
Figura 9-349 - Local de coleta da nascente NA27 em 20/07/21. Ponto seco. ..... 517
Figura 9-350 - Local de coleta da nascente NA27 em 20/07/21. Ponto seco. ..... 518
Figura 9-351 - Resultados de IQA obtidos em 20/07/21 para todas as nascentes em que havia vazão. ..... 519
Figura 9-352 - Gráfico contendo os resultados de pH obtidos nas nascentes em 20/07/21. ..... 519
Figura 9-353 - Registro fotográfico dos locais de coleta dos pontos NA10 e NA22. ..... 520
Figura 9-354 - Gráfico contendo os resultados de condutividade elétrica (µS.cm$^{-1}$) e sólidos dissolvidos (mg.L$^{-1}$) obtidos nas nascentes em 20/07/21. ..... 521
Figura 9-355 - Gráfico contendo os resultados sólidos suspensos (mg.L$^{-1}$) e turbidez (UNT) obtidos nas nascentes em 20/07/21 ..... 521
Figura 9-356 - Gráfico contendo os resultados sólidos sedimentáveis (mL.L$^{-1}$) obtidos nas nascentes em 20/07/21. ..... 522
Figura 9-357 - Gráfico contendo os resultados sólidos totais (mg.L$^{-1}$) obtidos nas nascentes em 20/07/21. ..... 523
Figura 9-358 - Gráfico contendo os resultados cor (uH) obtidos nas nascentes em 20/07/21. ..... 523
Figura 9-359 - Gráfico contendo os resultados manganês total (mg.L$^{-1}$) e manganês solúvel (mg.L$^{-1}$) obtidos nas nascentes em 20/07/21 ..... 524
Figura 9-360 - Gráfico contendo os resultados ferro total (mg.L$^{-1}$) e ferro solúvel (mg.L$^{-1}$) obtidos nas nascentes em 20/07/21. ..... 524
Figura 9-361 - Gráficos contendo os resultados de metais em mg.L$^{-1}$ obtidos nas nascentes em 20/07/21. ..... 525
Figura 9-362 - Gráfico contendo os resultados potencial redox (Eh) em mV obtidos nas nascentes em 20/07/21. ..... 526
Figura 9-363 - Gráfico contendo os resultados de oxigênio dissolvido e DBO em mg.L$^{-1}$ obtidos nas nascentes em 20/07/21. ..... 527
Figura 9-364 - Gráfico contendo os resultados nitrato e nitrito em mg.L$^{-1}$ obtidos nas nascentes em 20/07/21. 527

Figura 9-365 - Gráfico contendo os resultados de nitrogênio amoniacal e nitrogênio total em mg.L$^{-1}$ obtidos nas nascentes em 20/07/21..... 528

Figura 9-366 - Gráfico contendo os resultados de fósforo total em mg.L$^{-1}$ obtidos nas nascentes em 20/07/21. ..... 528

Figura 9-367 - Gráfico contendo os resultados de sulfato em mg.L$^{-1}$ obtidos nas nascentes em 20/07/21..... 529

Figura 9-368 - Gráfico contendo os resultados de temperatura da água e do ar (ºC) obtidos nas nascentes em 20/07/21..... 529

Figura 9-369 - Gráfico contendo os resultados de óleos e graxas (mg.L$^{-1}$) obtidos nas nascentes em 20/07/21. ..... 530

Figura 9-370 - Gráfico contendo os resultados de ABS (mg.L$^{-1}$) obtidos nas nascentes em 20/07/21..... 530

Figura 9-371 - Gráfico contendo os resultados de fenol (mg.L$^{-1}$) obtidos nas nascentes em 20/07/21. ..... 531

Figura 9-372 - Imagem satélite contendo as futuras estruturas do Projeto Serro e locais dos pontos de monitoramento de nascentes..... 539

Figura 9-373 - Coleta de sedimento para análise de elementos químicos e comunidade bentônica. ..... 540

Figura 9-374 - Resultados de arsênio em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 20/07/2021. ..... 542

Figura 9-375 - Resultados de bário em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021. ..... 543

Figura 9-376 - Resultados de berílio em mg.kg$^{-1}$ em amostras de sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21..... 544

Figura 9-377 - Resultados de cádmio em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021..... 546

Figura 9-378 - Resultados de chumbo em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em nascentes em 20/07/21. ..... 547

Figura 9-379 - Figura 9.198 – Resultados de cobalto em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021..... 548

Figura 9-380 - Resultados de cobre em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021. ..... 549

Figura 9-381 - Resultados de mercúrio em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021. . 551

Figura 9-382 - Resultados de níquel em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021. ..... 552

Figura 9-383 - Resultados de zinco em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021..... 553

Figura 9-384 - Resultados de pH em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021. ..... 554

Figura 9-385 - Resultados de óxido de alumínio (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021..... 555

Figura 9-386 - Resultados de óxido de cálcio (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021. ..... 556

Figura 9-387 - Resultados de óxido de ferro e ferro total em mg.Kg$^{-1}$ em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021..... 557

Figura 9-388 - Resultados de óxido de magnésio (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021..... 558

Figura 9-389 - Resultados de óxido de manganês (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021..... 559

Figura 9-390 - Resultados de óxido de potássio (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021..... 560

Figura 9-391 - Resultados de óxido de sódio (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021. ..... 561

Figura 9-392 - Resultados de óxido de silício (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021. ..... 562

Figura 9-393 - Resultados de dióxido de titânio (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021. ..... 563

Figura 9-394 - Resultados de pentóxido de fósforo (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021. ..... 564

Figura 9-395 - Resultados de matéria orgânica (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021. ..... 564

## TABELAS

Tabela 9.1 – Direções predominantes mensais e anual (graus e coordenadas) Normais Climatológicas do Brasil – INMET, de 1981-2010 ..... 41

Tabela 9.2 – Padrões primários e secundários para a qualidade do ar - Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (PI). ..... 47

Tabela 9.3 – Fórmulas do IQA, conforme concentração de partículas totais em suspensão. ..... 48

Tabela 9.4 – Fórmulas do IQA, conforme concentração de partículas inaláveis. ..... 48

Tabela 9.5 – Estrutura do Índice da Qualidade do Ar (IQA). ..... 49

Tabela 9.6 – Pontos de Amostragem de Qualidade do Ar. ..... 49

Tabela 9.7 – Resultados das medições de PTS no ponto QAR-01. ..... 50

Tabela 9.8 – Resultados das medições de PTS no ponto QAR-02. ..... 51

Tabela 9.9 – Resultados das medições de PI no ponto QAR-01. ..... 51

Tabela 9.10 – Resultados das medições de PI no ponto QAR-02. ..... 52

Tabela 9.11 – Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A). ..... 53

Tabela 9.12 – Pontos de Amostragem de Ruído. ..... 56

Tabela 9.13 – Classificação dos pontos de medição de ruído. ..... 57

Tabela 9.14 – Resultados das medições de ruído, no período diurno. ..... 58

Tabela 9.15 – Resultados das medições de ruído, no período noturno. ..... 58

Tabela 9.16 – Correlação estratigráfica de diferentes trabalhos que abordam as unidades da borda leste da Serra do Espinhaço. ..... 62

Tabela 9.17 – Grandes grupos dos Neossolos Litólicos. ..... 78

Tabela 9.18 – Subgrupos dos Neossolos Litólicos. ..... 79

Tabela 9.19 – Grandes grupos dos Argissolos Vermelhos. ..... 80

Tabela 9.20 – Subgrupos dos Argissolos Vermelhos. ..... 80

Tabela 9.21 – Grandes grupos dos Cambissolos Háplicos. ..... 83

Tabela 9.22 – Subgrupos dos Cambissolos Háplicos. ..... 83

Tabela 9.23 – Potencialidade de Ocorrência de Cavernas Baseada na Litologia. ..... 90

Tabela 9.24 – Tabela de Cavidades com coordenadas e descrição dos Pontos. ..... 114

Tabela 9.25 – Tabela de reentrâncias com coordenadas e descrição dos Pontos. ..... 115

Tabela 9.26 – Tabela de Cavidades com coordenadas e descrição dos Pontos. ..... 117
Tabela 9.27 – Reentrância com coordenadas e descrição dos Pontos. ..... 117
Tabela 9.28 – Tabela de Cavidades com coordenadas e descrição dos Pontos. ..... 120
Tabela 9.29 – Plano de fogo e parâmetros de cálculo ..... 146
Tabela 9.30 – Danos gerados em relação a velocidade das partículas ..... 147
Tabela 9.31 –Velocidades calculadas para diferentes raios e carga por espera ..... 149
Tabela 9.32 – Velocidades de particula máximas esperadas. ..... 152
Tabela 9.33 – Velocidades das partículas calculadas para deslocamento de equipamentos móveis. ..... 154
Tabela 9.34 – Registro de Morcegos no entorno de 250 metros do projeto ..... 163
Tabela 9.35 – Cavidades com coordenadas e localização de sua inserção em relação a ADA. ..... 172
Tabela 9.36 – Critérios de Avaliação de Impacto sobre Cavidade – Alteração do Relevo. ..... 173
Tabela 9.37 – Critérios de Avaliação de Impacto sobre Cavidade – Alteração da Dinâmica Hídrica. ..... 173
Tabela 9.38 – Critérios de Avaliação de Impacto sobre Cavidade – Alteração da Qualidade do Ar. ..... 174
Tabela 9.39 – Critérios de Avaliação de Impacto sobre Cavidade – Geração de Ruídos. ..... 175
Tabela 9.40 – Critérios de Avaliação de Impacto sobre Cavidade – Vibrações. ..... 176
Tabela 9.41 – Critérios de Avaliação de Impacto sobre Cavidade – Alteração da Vegetação e/ou da Fauna Cavernícola. ..... 177
Tabela 9.42 – Principais afluentes da bacia do Rio Doce. ..... 180
Tabela 9.43 – Características Gerais da Bacia do Rio Doce. ..... 182
Tabela 9.44 – Riqueza de espécies de peixes nas maiores bacias hidrográficas de Minas Gerais. ..... 183
Tabela 9.45 – Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce. ..... 185
Tabela 9.46 – Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce – Características. ..... 185
Tabela 9.47 – Unidades de Análise da Bacia do Rio Doce no Estado de Minas Gerais. ..... 185
Tabela 9.48 – Nascentes cadastradas no entorno do empreendimento em 2018. ..... 192
Tabela 9.49 – Pontos de monitoramento. ..... 194
Tabela 9.50 – Pontos da rede fluviométrica selecionados para avaliação hidrológica. ..... 196
Tabela 9.51 -Cálculo dosrendimentosespecíficos. ..... 196
Tabela 9.52 – Dados estatísticos dos rendimentos específicos. ..... 197
Tabela 9.53 – Nascentes cadastradas em set/2018. ..... 198
Tabela 9.54 – Nascentes cadastradas em mar/2020. ..... 198
Tabela 9.55 – Distâncias das Nascentes Até a ADA. ..... 200
Tabela 9.56 – Planilha contendo as medições de vazões realizadas nas nascentes nas AEL e AER do EIA do empreendimento. ..... 201
Tabela 9.57 – Captações de água para abastecimento de comunidades no Serro. ..... 205
Tabela 9.58 – Pontos de coleta de águas superficiais (UTM - SIRGAS 2000). ..... 211
Tabela 9.59 – Limites máximos permitidos segundo a DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados para as águas superficiais Classe 2. ..... 220

Tabela 9.60 - Níveis de qualidade das águas em função do valor de IQA ..... 239

Tabela 9.61 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do Ponto 01 (HercS-HA-01), afluente do rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento. ..... 246

Tabela 9.62 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P02 (HercS-HA-02), Rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento. ..... 254

Tabela 9.63 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto AA01, Rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento (0668899 / 7951059). Ponto este monitorado pela Anglo American e discutido no EIA elaborado pela ARCADIS logos em 2014. ..... 256

Tabela 9.64 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto 03 (HercS-HA-03), Rio Guanhães, a jusante do futuro empreendimento. ..... 261

Tabela 9.65 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P04 (HercS-HA-04), Nascente W Serra Condado, a jusante do futuro empreendimento. ..... 270

Tabela 9.66 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P05 (HercS-HA-05), Rio do Peixe, a jusante do futuro empreendimento. ..... 280

Tabela 9.67 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P03, Rio do Peixe (668118 / 7946552). Ponto este monitorado e discutido no EIA elaborado pela ARCADIS logos em 2014. ..... 282

Tabela 9.68 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P06 (HercS-HA-06), Rio do Peixe, Captação da COPASA. ..... 290

Tabela 9.69 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P07 (HercS-HA-07) - Nascente Córrego Siqueira, a jusante da pilha de estéril Franco. ..... 298

Tabela 9.70 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P08 (HercS-HA-08) - Nascente Córrego Siqueira, a jusante das áreas da cava grande e da cava menor. ..... 305

Tabela 9.71 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P09 (HercS-HA-09) - Afluente do córrego Siqueira, a jusante das áreas da cava grande e da disposição de itabiritos. ..... 311

Tabela 9.72 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P10 (HercS-HA-10) - Córrego Siqueira, a jusante do *sump* de contenção de sedimentos e da área de apoio e pátio de produtos. ..... 318

Tabela 9.73 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P11 (HercS-HA-11) - Córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento. ..... 326

Tabela 9.74 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P01 – Córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento (0668899 / 7951059). ..... 327

Tabela 9.75 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P12 (HercS-HA-12) - Córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento. ..... 336

Tabela 9.76 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P02 – Córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento (672080; 7947129). ..... 337

Tabela 9.77 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P13 (HercS-HA-16) – Ribeirão do Lucas, a jusante do futuro empreendimento. ..... 343

Tabela 9.78 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P14 (HercS-HA-17) – Ribeirão do Lucas, a jusante do futuro empreendimento. ..... 349

Tabela 9.79 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P15 (HercS-HA-18) – Córrego Prata, a jusante do futuro empreendimento. ..... 354

Tabela 9.80 – Pontos de medição de vazão de águas superficiais localizados no rio do Peixe. ..... 362

Tabela 9.81 – Resultados das medições de vazão ponto P16 (HercS-HA-19) – Rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento e a jusante do ponto P01 (HercS-HA-01). ..... 364

Tabela 9.82 – Resultados das medições de vazão no ponto P17 (HercS-HA-20) – Rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento e a jusante dos pontos P01 (HercS-HA-01) e P16 (HercS-HA-19). ..... 366

Tabela 9.83 – Resultados das medições de vazão ponto P18 (HercS-HA-21) – Rio do Peixe, a montante do ponto de captação da COPASA. ..... 367

Tabela 9.84 – Resultados das medições de vazão ponto P19 (HercS-HA-22) – Rio do Peixe, a jusante do ponto de captação da COPASA. ..... 369

Tabela 9.85 – Resultados das medições de vazão em $m^3.h^{-1}$ nos pontos de coleta de qualidade de águas superficiais. ..... 372

Tabela 9.86 – Pontos de coleta de sedimentos de fundo (UTM - SIRGAS 2000). ..... 376

Tabela 9.87 – Parâmetros Legais de Referência para Sedimentos de Água Doce. ..... 387

Tabela 9.88 – Resultados em $mg.kg^{-1}$ (ppb) do metaloide arsênio nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12** ..... 388

Tabela 9.89 – Resultados em $mg.kg^{-1}$ (ppb) do bário nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**. ..... 389

Tabela 9.90 – Resultados em $mg.kg^{-1}$ (ppb) do berílio nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**. ..... 390

Tabela 9.91 – Resultados em $mg.kg^{-1}$ (ppb) do cádmio nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12** ..... 392

Tabela 9.92 – Resultados em $mg.kg^{-1}$ (ppb) do chumbo nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12** ..... 393

Tabela 9.93 – Resultados em $mg.kg^{-1}$ (ppb) do cobalto nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12** ..... 394

Tabela 9.94 – Resultados em $mg.kg^{-1}$ (ppb) do cobre nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**. ..... 395

Tabela 9.95 – Resultados em $mg.kg^{-1}$ (ppb) do mercúrio nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12** ..... 397

Tabela 9.96 – Resultados em $mg.kg^{-1}$ (ppb) do níquel nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**. ..... 398

Tabela 9.97 – Resultados em $mg.kg^{-1}$ (ppb) do zinco nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**. ..... 399

Tabela 9.98 – Resultados de pH nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**. ..... 400

Tabela 9.99 – Resultados de óxido de alumínio (%) em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**. ..... 401

Tabela 9.100 – Resultados de óxido de cálcio (%) em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**. ..... 402

Tabela 9.101 – Resultados de óxido férrico (%) e de ferro em $mg.Kg^{-1}$ em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12** ..... 403

Tabela 9.102 – Resultados de óxido de magnésio (%) em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**. ..... 404

Tabela 9.103 – Resultados de óxido de manganês (%) em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**. ..... 405

Tabela 9.104 – Resultados de óxido de potássio (%) em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**. ..... 406

Tabela 9.105 – Resultados de óxido de sódio (%) em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**. ..... 407

Tabela 9.106 – Resultados de dióxido de silício (%) em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**. ..... 408

Tabela 9.107 – Resultados de dióxido de titânio (%) em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**. ..... 409

Tabela 9.108 – Resultados de pentóxido de fósforo (%) em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**. ..... 410

Tabela 9.109 – Resultados de matéria orgânica ($mg.Kg^{-1}$) em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**..... 410

Tabela 9-110 - Parâmetros dos aquíferos no Quadrilátero Ferrífero. ..... 416

Tabela 9-111- Inventário hidrogeológico. ..... 421

Tabela 9-112 - Resultados de medidas *in oco*. ..... 422

Tabela 9.113- Dados de amostragem das águas subterrâneas. ..... 426

Tabela 9.114 - Principais resultados das análises hidroquímicas. ..... 426

Tabela 9.115 - Índices hidroquímicos e parâmetros físico-químicos. ..... 427

Tabela 9.116 - Resultados de isótopos estáveis. ..... 429

Tabela 9.117 – Conjunto de piezômetros monitorados no entorno da futura mina. ..... 436

Tabela 9.118 – Leituras Consideradas para os Instrumentos Disponíveis. ..... 438

Tabela 9.119 - Avaliação ponto a ponto entre a cota mínima das cavas e os níveis correspondentes do lençol freático (NA). ..... 440

Tabela 9.120 – Rede de Monitoramento Subterrâneo do Projeto Serro. ..... 453

Tabela 9.121 – Rede de Monitoramento Subterrâneo do Projeto Serro. Pontos Novos e Antigos (Conemp)..... 453

Tabela 9.122 – Resultados das análises realizadas nos piezômetros PZ-SE-87 e PZ-SE-22 em 2011 e 2012. 473

Tabela 9.123 – Resultados das análises realizadas nos piezômetros **PZ-SE-87** e **PZ-SE-22** em 2011 e 2012. 474

Tabela 9.124 – Resultados das análises realizadas nos quatro piezômetros e no medidor de nível d'água em 2014. ..... 475

Tabela 9.125 – Resultados das análises realizadas nos quatro piezômetros e no medidor de nível d'água em 2014. ..... 476

Tabela 9.126 – Resultados das análises realizadas nos quatro piezômetros e no medidor de nível d'água em 2014. ..... 476

Tabela 9.127 – Resultados das análises de águas subterrâneas da campanha de julho de 2021. Continua. .... 484

Tabela 9.128 – Resultados das análises de águas subterrâneas da campanha de julho de 2021. Continuação. ..... 485

Tabela 9.129 – Nascentes cadastradas no entorno do empreendimento e suas respectivas vazões em 2014.. 489

Tabela 9.130 – Nascentes cadastradas no entorno do empreendimento e suas respectivas vazões em 2018,. 489

Tabela 9.131 – Nascentes cadastradas no entorno do empreendimento e suas respectivas vazões em 2020 e 2021. ..... 490

Tabela 9.132 - Pontos de coleta de águas de nascentes (UTM - SIRGAS 2000). ..... 493

Tabela 9.133 - Limites máximos permitidos segundo a DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados para as águas superficiais Classe 2 e valores máximos permitidos pela Portaria de Consolidação Nº5/2017 para Potabilidade. ..... 498

Tabela 9.134 – Resultados das análises de águas subterrâneas da campanha de julho de 2021. Continua. ..... 533

Tabela 9.135 – Resultados das análises de águas subterrâneas da campanha de julho de 2021. Continuação. ..... 534

Tabela 9.136 – Pontos de coleta de sedimentos de nascentes (UTM - SIRGAS 2000). ..... 538

Tabela 9.137- Parâmetros Legais de Referência para Sedimentos de Água Doce. ..... 541

Tabela 9.138 - Resultados em $mg.kg^{-1}$ (ppb) do metaloide arsênio nas amostras de sedimentos coletados nas nascentes. ..... 542

Tabela 9.139 - Resultados em $mg.kg^{-1}$ (ppb) do bário nas amostras de sedimentos coletadas nas nascentes em 20/07/21. ..... 543

Tabela 9.140 - Resultados em $mg.kg^{-1}$ (ppb) do berílio nas amostras de sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21. ..... 544

Tabela 9.141 - Resultados em $mg.kg^{-1}$ (ppb) do cádmio nas amostras de sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21. ..... 545

Tabela 9.142 - Resultados em $mg.kg^{-1}$ (ppb) do chumbo nas amostras de sedimentos coletados nas nascentes na data 20/07/21. ..... 547

Tabela 9.143 - Resultados em $mg.kg^{-1}$ (ppb) do cobalto nas amostras de sedimentos coletados nas nascentes na data 20/07/21. ..... 548

Tabela 9.144 - Resultados em $mg.kg^{-1}$ (ppb) do cobre nas amostras de sedimentos coletadas nas nascentes em 20/07/21. ..... 549

Tabela 9.145 - Resultados em $mg.kg^{-1}$ (ppb) do mercúrio nas amostras de sedimentos coletadas nas nascentes em 20/07/21. ..... 550

Tabela 9.146 - Resultados em $mg.kg^{-1}$ (ppb) do níquel nas amostras de sedimentos coletadas nas nascentes em 20/07/21. ..... 552

Tabela 9.147 - Resultados em $mg.kg^{-1}$ (ppb) do zinco nas amostras de sedimentos coletadas nas nascentes em 20/07/21. ..... 553

Tabela 9.148 - Resultados de pH nas amostras de sedimentos coletadas nas nascentes em 20/07/21. ..... 554

Tabela 9.149 - Resultados de óxido de alumínio (mg/Kg) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21. ..... 555

Tabela 9.150 - Resultados de óxido de cálcio ($mg.Kg^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21. ..... 556

Tabela 9.151 - Resultados de óxido de ferro em $mg.Kg^{-1}$ em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21. ..... 557

Tabela 9.152 - Resultados de óxido de magnésio ($mg.Kg^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21. ..... 558

Tabela 9.153 - Resultados de óxido de manganês em $mg.Kg^{-1}$ em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21. ..... 559

Tabela 9.154 - Resultados de óxido de potássio ($mg.Kg^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21. ..... 560

Tabela 9.155 - Resultados de óxido de sódio ($mg.Kg^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21. ..... 560

Tabela 9.156 - Resultados de dióxido de silício (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021. ..... 561

Tabela 9.157 - Resultados de dióxido de silício (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21. ..... 562

Tabela 9.158 - Resultados de pentóxido de fósforo (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21. ..... 563

Tabela 9.159 - Resultados de matéria orgânica (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21. ..... 564

# 9 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL – MEIO FÍSICO

## 9.1 CLIMA E METEOROLOGIA

### 9.1.1 Metodologia

Para um melhor entendimento da dinâmica atmosférica atuante na área estudada, é feita, inicialmente, uma observação global desta circulação, na qual a localidade de interesse está inserida. No presente caso, serão visualizadas as características sinóticas dominantes sobre o Brasil, com enfoque principalmente para o Estado de Minas Gerais e para a região de Serro. Dessa forma, será possível compreender melhor o clima onde se propõem a instalação do referido empreendimento.

No diagnóstico climático ora apresentado foi feito uma análise detalhada dos principais parâmetros meteorológicos disponíveis, como: precipitação, temperaturas, umidade relativa, déficit e superávit hídrico, velocidade e direção dos ventos, insolação, nebulosidade, entre outros.

Os eventos atmosféricos de uma determinada região são dinâmicos, com variações significativas entre as horas do dia, os dias dos meses e os meses do ano. No entanto, considerando as médias mensais de vários anos seguidos, um padrão poderá ser obtido, podendo este, caracterizar a intensidade histórica dos parâmetros meteorológicos que ocorrem em uma área de interesse. A análise deste comportamento médio mensal é de grande relevância para o planejamento estratégico de empreendimentos das mais diversas áreas, como mineração e indústrias.

Portanto, quanto maior o período histórico de informações acumuladas, mais precisa é a caracterização climática deste lugar, com médias mais consistentes. Tecnicamente, é mais eficaz a utilização de médias de 30 anos de décadas passadas, do que médias curtas de cinco anos mais recentes, por exemplo.

Desde 1972, o Comitê Meteorológico Internacional decidiu que seriam compilados valores médios relativos a períodos uniformes de trinta anos. O período inicial determinado foi 1901-1930 e os subsequentes obedeceriam aos intervalos consecutivos: (1931/60 e 1961/90). Ainda não estão disponíveis, obviamente, as “normais climatológicas” do período 1991/2021, justificando a utilização dos respectivos dados no laudo de Serro.

Porém, a Normal Climatológica do Brasil 1981-2010 atualizou o conjunto de 26 parâmetros meteorológicos computadas na versão 1961-1990 e adicionou mais 14 parâmetros, no total de 40 variáveis meteorológicas, uma vez que a nova publicação visou proporcionar orientação, informação e assistência à comunidade da ciência do clima, ao agronegócio, as instituições públicas e privadas nacionais e internacionais.

São as médias históricas compreendidas no período de 01 de janeiro de 1981 a 31 de dezembro de 2010, correspondentes a 438 estações meteorológicas de superfície do INMET, em operação naquele período. São, em geral, Normais Provisórias, segundo conceituação e procedimentos da Organização Meteorológica Mundial (OMM), estabelecidos no documento WCDP n.º 10.

A seguir a figura mostra a distribuição espacial das estações meteorológicas recalculadas para o período de 1981 a 2010 do Brasil, o mapa foi extraído do sítio do INMET (Normais Climatológicas do Brasil / 1981-2010 http:/ /www.inmet.gov.br /portal/ index.php?r =clima/ normaisclimatologicas).

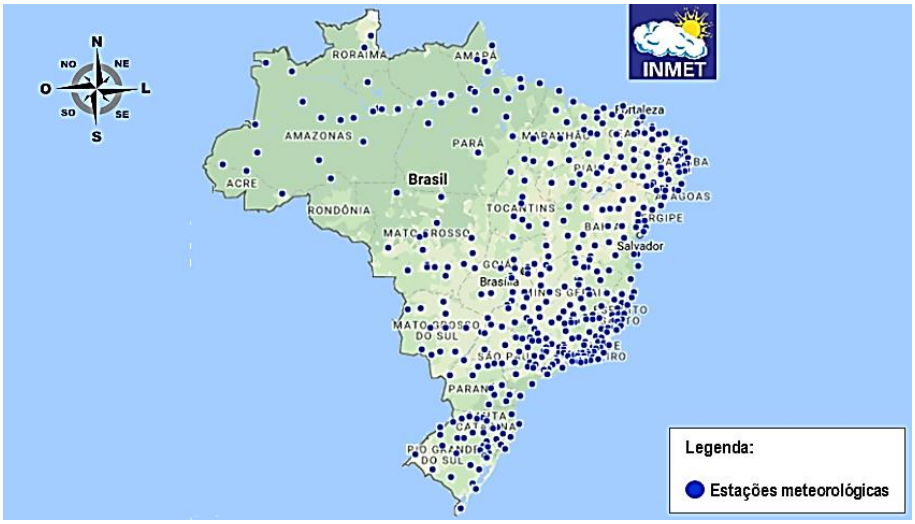



Figura 9-1 – Distribuição espacial das estações meteorológicas do Brasil.

Os dados utilizados neste diagnóstico fazem parte das Normais Climatológicas (1981-2010) obtidas junto ao Instituto Nacional de Meteorologia-INMET. Trata-se da estação climatológica que caracteriza o clima na Região de Diamantina, localizada próxima ao município de interesse, portanto totalmente aplicável aos estudos propostos conforme normas da OMM (Organização Meteorológica Mundial). Após determinar quais os dados oficiais mais apropriados, as informações foram inseridas no documento final no formato de gráficos e outros recursos visuais, propiciando o enriquecimento das análises.

Em relação à variável direção predominante dos ventos, além da informação histórica-climatológica optou-se pela utilização de três anos (2007 a 2009) de informações oriundas da estação automática do INMET localizada também em Belo Horizonte. Após o tratamento destes dados, elaborou-se um gráfico representativo da direção predominante da média anual dos ventos na região, confirmando a climatologia histórica. Devido à proximidade e características físico-geográficas estas informações são metodologicamente aplicáveis.

### 9.1.2 Caracterização Climática Regional

O clima da bacia do rio Doce, onde se insere o Projeto Serro, é dirigido pela dinâmica atmosférica regional, que atua no Estado de Minas Gerais, e pela de larga escala, que atua no Brasil. Nimer (1989) afirma que o sudeste do Brasil é caracterizado como uma região de transição entre os climas quentes e os climas mesotérmicos do tipo temperado.

É marcado por sazonalidade, com duas estações distintas e bem definidas, sendo um verão úmido e quente e um inverno seco e ameno.

Os sistemas frontais que atuam durante o ano todo sobre a região são um dos maiores causadores de distúrbios meteorológicos na área. O deslocamento desses sistemas está associado ao escoamento ondulatório de grande escala. A atuação dos sistemas frontais é acompanhado por anticiclones de origem polar em escala sinótica na região de Serro.

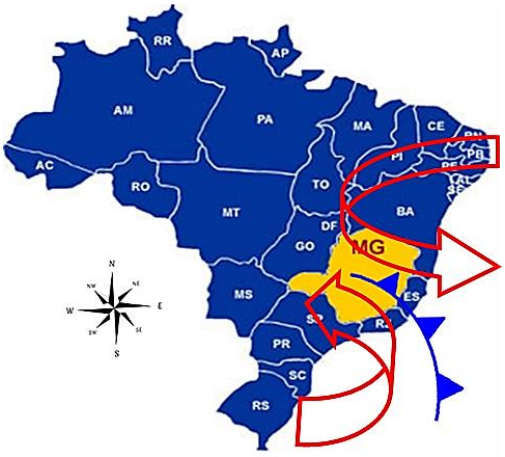



Figura 9-2 – Sumarização da atuação dos sistemas frontais.

Os Sistemas Frontais (SF) são originários das latitudes extratropicais e possuem vital importância para a climatologia da região Sudeste. No verão produzem instabilidade e forte nebulosidade associada, além de chuvas persistentes atingem toda a bacia do rio Doce. Durante o inverno, os sistemas frontais são acompanhados por anticiclones de origem polar, produzindo condições de queda nas temperaturas. Sob sua influência registram-se as temperaturas mínimas absolutas nesta época do ano.

Todo esse fenômeno tem origem na associação entre os sistemas convectivos tropicais e os sistemas frontais (FPA) que se estacionam no centro e sudeste do país. Esta associação é chamada de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (Cupolillo,2008). A ZCAS é uma combinação de mecanismos atmosféricos que ocasiona, uma banda de nebulosidade sentido NW-SE, provocando enchentes, quedas de barreiras e problemas em áreas urbanas.

Segundo Cupolillo (op.cit.) vários autores indicam que a ZCAS começa a se manifestar na primavera e, na região sudeste, muitas vezes no mês de outubro. Em novembro e dezembro, ela atua principalmente no norte de Minas Gerais e sul da Bahia. No início do verão, ela predomina sobre o centro-sul de Minas Gerais, norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Posteriormente, se desloca para o sul, atingindo os Estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Portanto, a ZCAS apresenta uma variabilidade espacial, deslocando-se latitudinalmente de norte (no início da estação chuvosa) para sul (no meio da estação chuvosa).

Figura 9-3 – Configuração da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Cupolillo (op.cit.) salienta também outros mecanismos atmosféricos importantes que atuam no clima em Minas Gerais, a saber: o Cavado do Nordeste (CN) e o Jato Subtropical (JS).

Saucier (1969) citado por Varejão-Silva (2001) afirma que em função do CN, ter um escoamento de leste para oeste, é classificado como do tipo cavado invertido atuante em Minas Gerais, ocasionando períodos longos de estiagens na estação seca e veranicos na estação chuvosa, em função da forte subsidência do ar.

Outros fenômenos de frequência menos intensa e mais irregular atuam na região Sudeste e provocam mudanças significativas nas condições atmosféricas locais, com destaque para os anos de atuação do El Niño quando a precipitação é reduzida e anos de atuação de La Nina, quando os índices pluviométricos aumentam na área em estudo.

### 9.1.3 Caracterização Climática Local

Para caraterização local, foram utilizados dados das Normais Climatológicas relativas ao período de 1961 a 1990 e 1981 a 2010 (INMET). As Normais Climatológicas são informações (dados) padronizadas de 30 (trinta) anos obtidos através das médias de parâmetros meteorológicos, obedecendo a critérios da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Trata-se de uma região com boa distribuição de estações climatológicas, observando-se a disponibilidade de dados em Conceição do Mato Dentro (50 km - S), Diamantina (60 km - N) e Curvelo (110 km - W) e Governador Valadares (150 km – E). No presente caso considerou-se os dados da estação de Diamantina, conforme é orientado pelo Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária (SISDAGRO) desenvolvido pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

#### 9.1.3.1 Análise Pluviométrica

A precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para os estudos climáticos. Tal importância deve-se às consequências que elas podem ocasionar para os setores produtivos da sociedade quando ocorridas em excesso (precipitação intensa). Enchentes, assoreamentos dos rios, quedas de barreiras, são algumas das consequências. Chuva intensa define-se como sendo aquela que registra um grande volume de água precipitado num curto espaço de tempo. Estas chuvas intensas ocorrem isoladamente ou associadas a outros sistemas meteorológicos.

A precipitação acumulada anual para normal climatológica 1961-1990 foi de 1.285 mm para Estação de Diamantina, frente a uma normal climatológica de 1.375 mm para normal climatológica de 1981-2010, um aumento de 90 mm.

Verifica-se o formato típico de parábola para o climatograma, verificando-se precipitações acumuladas inferiores a 25 mm para os meses de maio a agosto. As chuvas são, tipicamente, concentradas entre outubro a abril, os quais representam 94% das precipitações acumuladas.

Chama atenção que, os totais anuais apresentam elevação na comparação das normais climatológicas, 1961-1990 vs 1981-2010, em dezembro observa-se um grande incremento de 29% da precipitação acumulada (236 mm vs 303 mm).

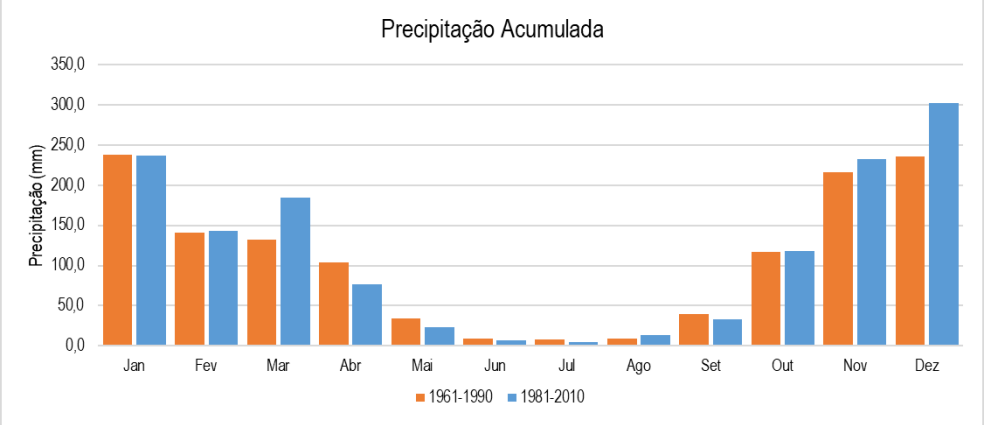



Figura 9-4 – Comportamento climatológico da precipitação.
(Fonte: INMet, Estação Diamantina)

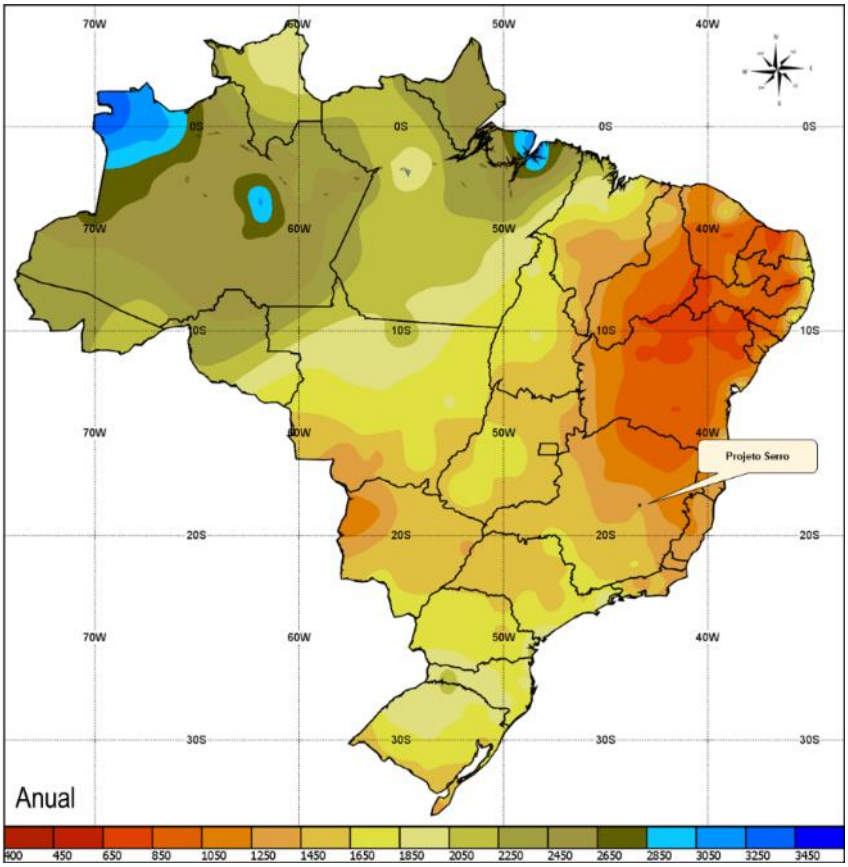



Figura 9-5 – Normal Climatológica do Brasil 1981-2010 - Precipitação Acumulada.
(Fonte: INMet)

O gráfico apresentado a seguir reúne os eventos pluviométricos máximos durante 24 horas no período de 1961-1990 e 1981-2010. Percebe-se que os eventos pluviométricos com maior total precipitado estão associados os meses de outubro a abril, coincidente com o período de maior concentração de precipitações. O evento com maior precipitação foi observando em março de 1995, no valor de 186,2 mm.

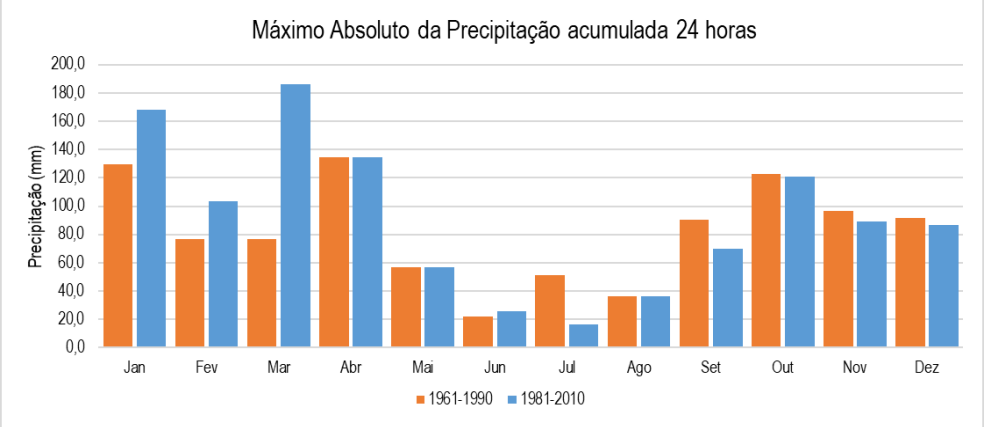



Figura 9-6 – Precipitações Máximas Absolutas em 24 horas.
(Fonte: INMet, Estação Diamantina)

Os meses de novembro a janeiro apresentam destaque em relação ao número de dias de chuvas, somando 46 (quarenta e seis) dias segundo a climatologia. Por outro lado, no trimestre junho-julho-agosto, devido à baixa atividade convectiva, os dias de chuvas não ultrapassam 4 (quatro) dias somado os três meses.

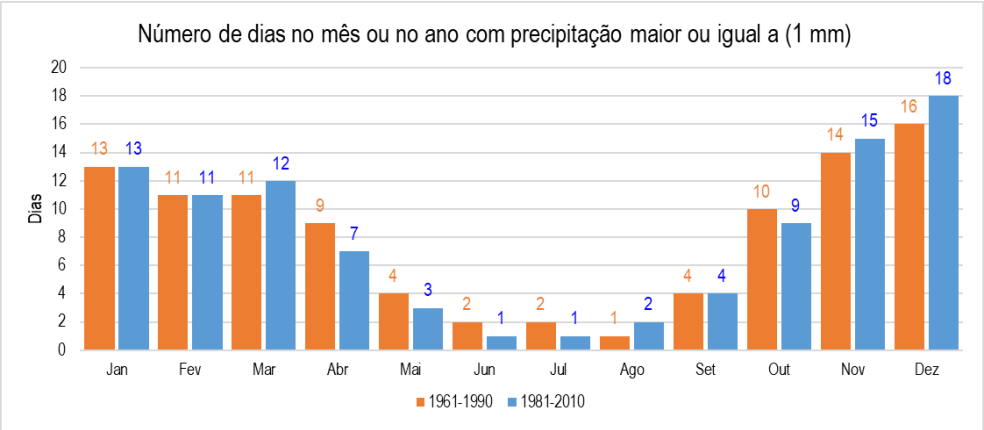



Figura 9-7 – Comportamento climatológico do número de dias de chuvas mensais.
(Fonte: INMet, Estação Diamantina)

### 9.1.3.2 Balanço Hídrico

Para a caraterização do balanço climatológico considerou-se os dados da estação de Diamantina, conforme é orientado pelo Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária (SISDAGRO) desenvolvido pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, onde disponibiliza diversos balanços climatológicos de localidades no Brasil.

De novembro a março o sistema terra-atmosfera trabalha com balanço positivo, considerando a relação entre precipitação e evaporação ocorrida, que pode chegar até 166 mm em janeiro e 196 mm em dezembro. No período de abril a outubro, devido à baixa significativa de precipitação o sistema trabalha com déficit hídrico. Apenas no mês de outubro é que o sistema começa a superar as perdas (Figura 9-8).

Pode-se constatar que na região de estudo há um período de deficiência hídrica relativamente longo, durando cerca de seis meses sucessivos. Devido à grande variabilidade interanual da pluviosidade

sugere-se que o uso dos recursos hídricos seja feito de maneira criteriosa, principalmente das águas superficiais, prevendo-se a flutuabilidade no ritmo das precipitações e da disponibilidade hídrica local (Figura 9-8.

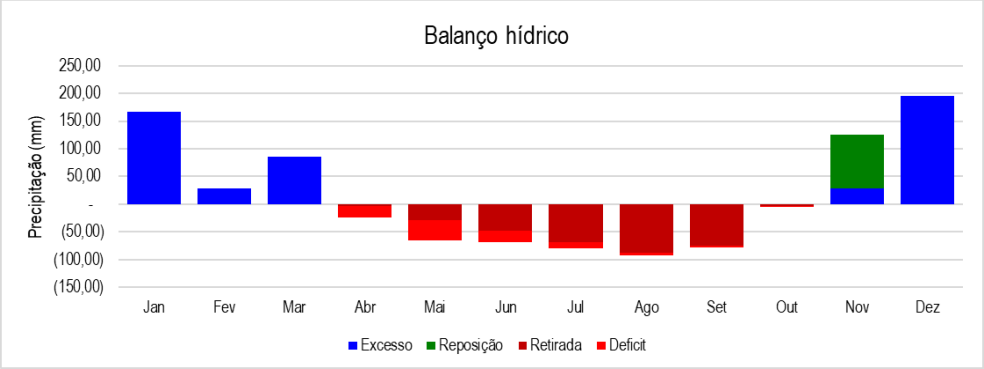



Figura 9-8 – Comportamento climatológico – coeficiente precipitação / evaporação. (Fonte: INMet, Estação Diamantina)

Mais detalhadamente, entre os meses de janeiro e março percebe-se uma tendência de diminuição do excedente hídrico; em abril inicia-se o processo de retirada da umidade disponível no sistema (evapotranspiração) e já apresenta ligeira deficiência hídrica; entre os meses de maio a setembro o processo de retirada de umidade e a deficiência se intensificam. Em outubro, com aumento dos índices pluviométricos, dá-se início a reposição da umidade no sistema e, progressivamente, a quantidade de umidade é restabelecida.

Novembro apresenta excedente hídrico e reposição enquanto dezembro volta à condição semelhante a janeiro com mais 126 mm excedentes. Em suma, o balanço hídrico apresentado sugere que o período de abril a setembro são os meses com menor disponibilidade de umidade no sistema.

### 9.1.3.3 Análise de Temperatura

Durante o período climatológico utilizado para análise (1981-2010), as maiores temperaturas médias anuais (TMED) foram registradas no trimestre de janeiro-fevereiro-março. Pode-se observar que as médias ao longo do ano não ultrapassam a casa dos 21ºC com verão, incremento de 0,5°C se comparado Normais Climatológicas relativas ao período de 1961 a 1990, e inverno bem caracterizados termicamente (Figura 9-9).

A variabilidade da temperatura local pode ser considerada baixa conforme atestam os valores de amplitude térmica que variam de 4,9ºC (TMED), 4,6ºC (TMAX) e 5,5ºC (TMIN). Este comportamento reflete a tropicalidade do clima local, mesmo sendo verificada uma variação sazonal significativa.

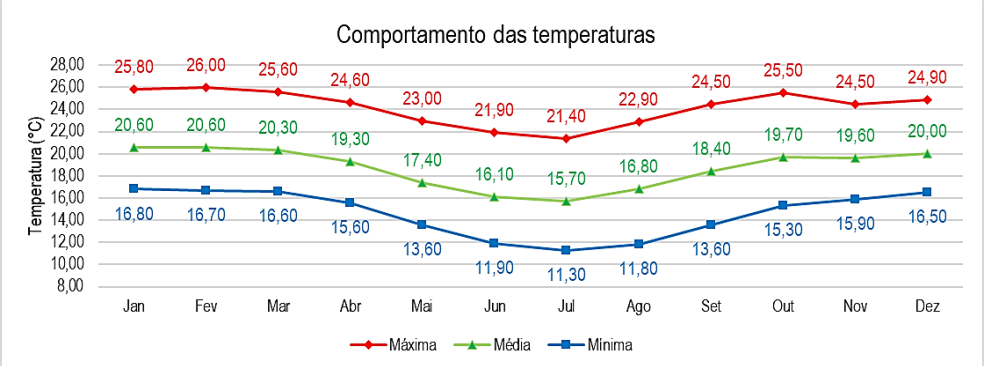



Figura 9-9 – Comportamento climatológico das temperaturas médias máximas e mínimas. (Fonte: INMet, Estação Diamantina)

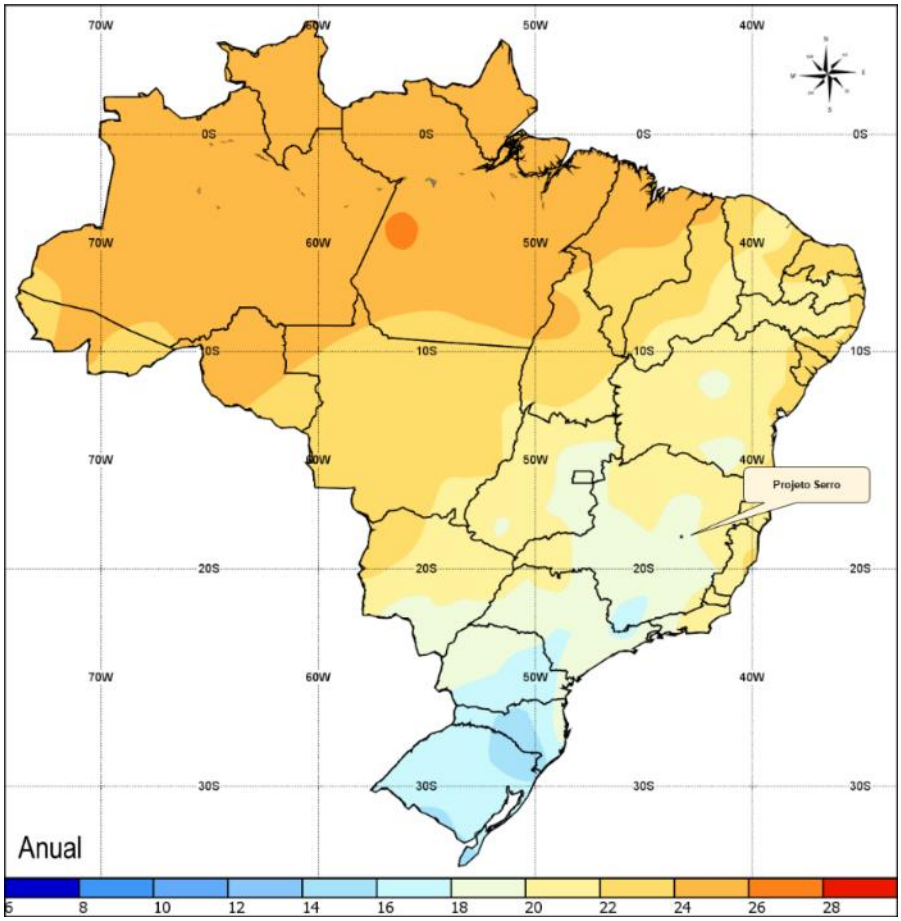



Figura 9-10 – Normal Climatológica do Brasil 1981-2010 – Temperatura Média. (Fonte: INMet)

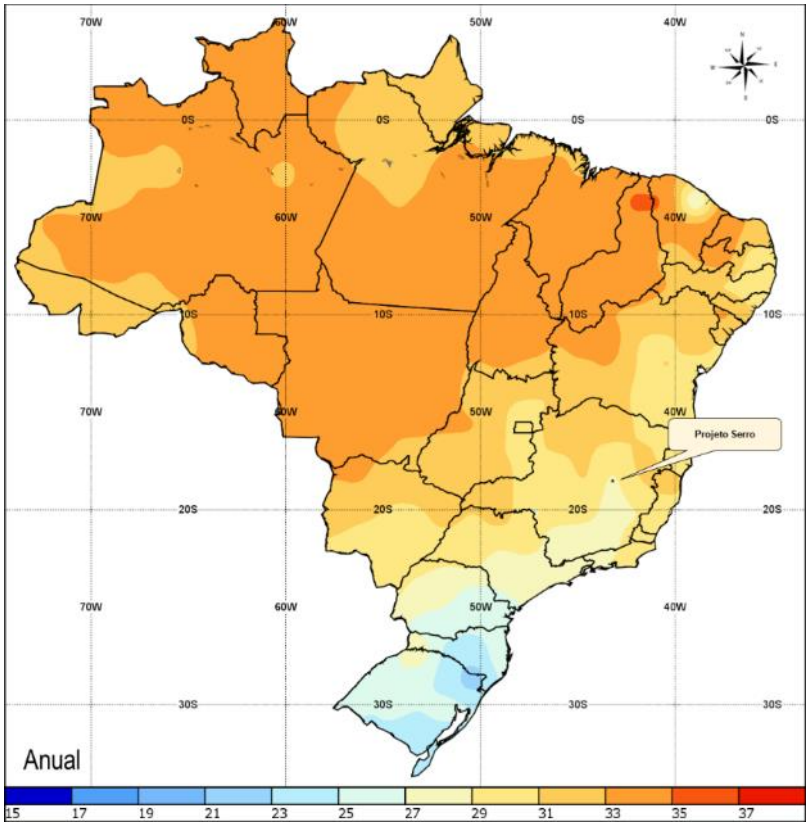



Figura 9-11 – Normal Climatológica do Brasil 1981-2010 – Temperatura Mínima.
(Fonte: INMet)

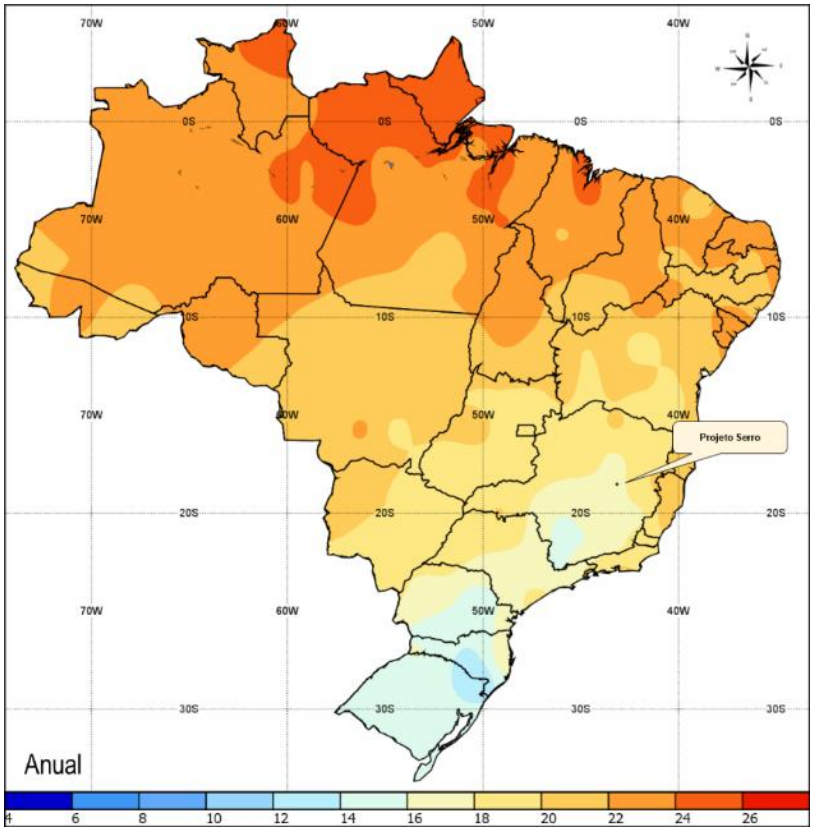



Figura 9-12 – Normal Climatológica do Brasil 1981-2010 – Temperatura Máxima.
(Fonte: INMet)

As maiores médias das máximas ao longo do ano (TMAX) são registradas no trimestre de janeiro-fevereiro-março, com temperaturas de 25,8ºC, 26,0ºC e 25,6ºC, respectivamente (Figura 9-9). Tais características estão relacionadas à maior quantidade de energia solar disponível no sistema terra-atmosfera, resultante da modificação do eixo de inclinação da terra neste período no hemisfério sul, onde os raios solares ficam mais paralelos diminuindo o ângulo de incidência sobre a superfície terrestre, e consequentemente maior quantidade de energia disponível.

As menores médias das mínimas ao longo do ano (TMIN) são registradas no período de inverno, nos meses junho, julho e agosto, com temperaturas de 16,1ºC, 15,7ºC e 16,8ºC, respectivamente. Em uma análise mais criteriosa do comportamento atmosférico da região, tais características estão relacionadas à predominância de baixa nebulosidade, o que de certa forma contribui para o registro das menores mínimas, uma vez que neste período, a permanência de céu claro induz perda radioativa mais rápida durante o período noturno para a atmosfera.

Conforme pode ser observado na figura a seguir, os meses de maio a setembro registram as temperaturas mínimas absolutas. Isso se deve ao fato de uma menor nebulosidade neste período, favorecendo a perda de energia durante as noites e madrugadas.

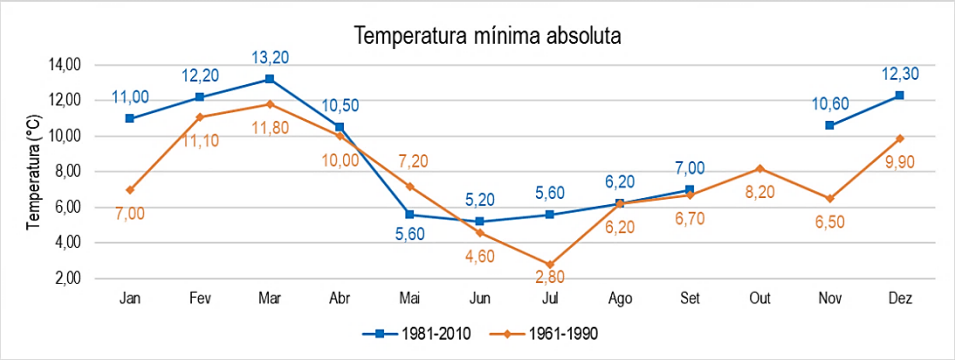



Figura 9-13 – Comportamento climatológico das temperaturas mínimas absolutas. (Fonte: INMet, Estação Diamantina)

As temperaturas máximas absolutas ocorrem geralmente nos meses de outubro a janeiro, com registros de aproximadamente 32,0ºC. Estas temperaturas acontecem principalmente na transição da primavera para o verão e durante o próprio verão (Figura 9-14). Outubro possui o pico máximo de temperatura medido em 1987, talvez explicado por coincidir com o período de menor nebulosidade e início do período de máxima insolação e, também, sendo o mês com o dia onde acontece a alvorada mais adiantada.

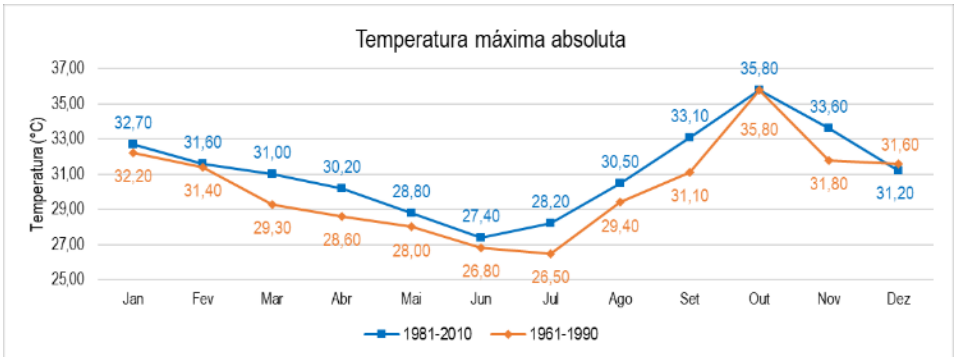



Figura 9-14 – Comportamento climatológico das temperaturas máximas absolutas. (Fonte: INMet, Estação Diamantina)

### 9.1.3.4 Caracterização da Umidade Relativa do Ar

A umidade relativa do ar na região apresenta seus menores índices nos meses de julho a outubro, não ultrapassando 69% em média. No restante do ano a variação se mantém entre 72% a 82%, demonstrando que o Serro tem variação sazonal significativa na sensação de umidade.

A baixa umidade de julho a outubro pode ser explicada por esta região se localizar na faixa intertropical, sucessível à atuação do Anticiclone do Atlântico e típica redução das chuvas. Neste período de umidade mais baixa, deve-se observar a condição adequada para o desenvolvimento de focos de queimada devido ao aumento de matéria seca disponível. Os meses mais úmidos são os de dezembro a abril (Figura 9-15).

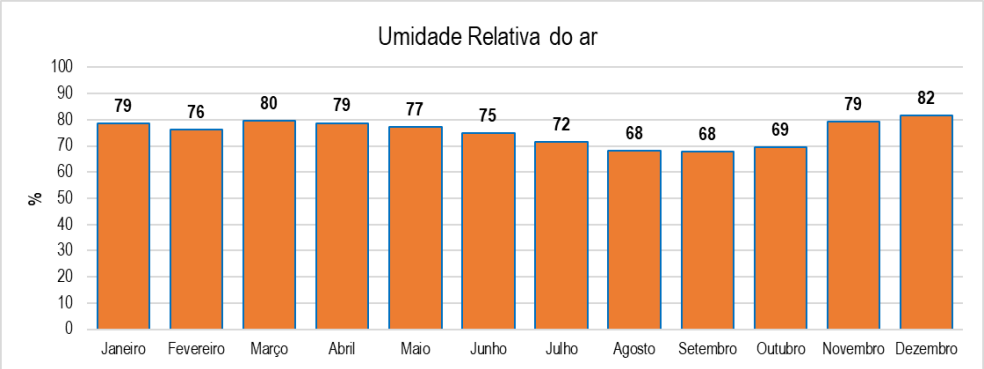



Figura 9-15 – Comportamento climatológico da Umidade Relativa do Ar.
(Fonte: INMet, Estação Diamantina).

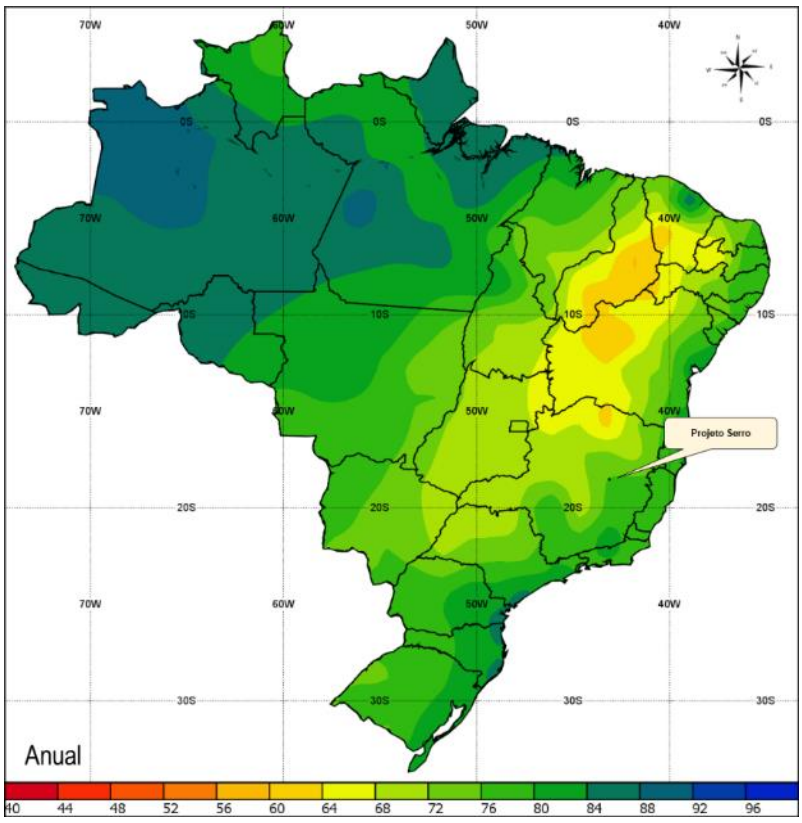



Figura 9-16 – Normal Climatológica 1981-2010 – Umidade relativa do ar compensada (%)
(Fonte: INMet)

### 9.1.3.5 Caracterização da Nebulosidade Média Mensal

Em Serro, a porcentagem média de céu encoberto por nuvens sofre extrema variação sazonal ao longo do ano.

Como já era de se esperar a nebulosidade é reduzida no período de inverno onde a atuação do anticiclone do Atlântico Sul se faz mais intenso na região (Sudeste do Brasil). Com a atuação do anticiclone a região se torna área de subsidência de ventos de leste/nordeste e inibe a formação de nuvens de grande desenvolvimento vertical. Como consequência os invernos na área possuem grande quantidade de horas de brilho solar e baixa nebulosidade. No verão a situação se inverte, a alta atividade convectiva propicia a formação de nuvens e menor quantidade de horas de brilho solar (Figura 9-17).

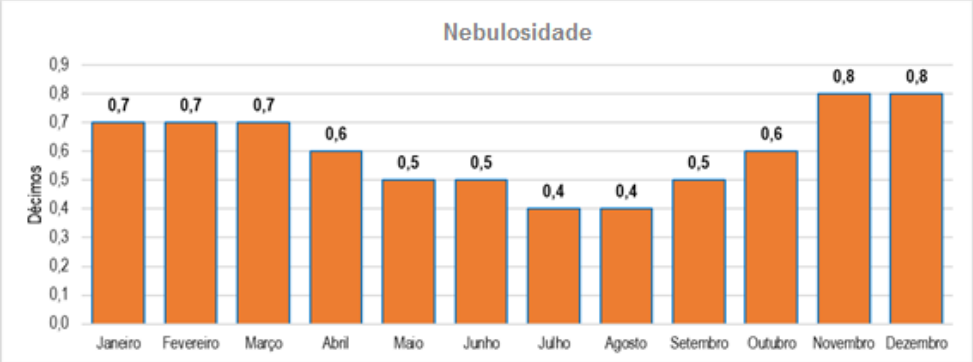



Figura 9-17 – Comportamento climatológico da nebulosidade.
(Fonte: INMet, Estação Diamantina)

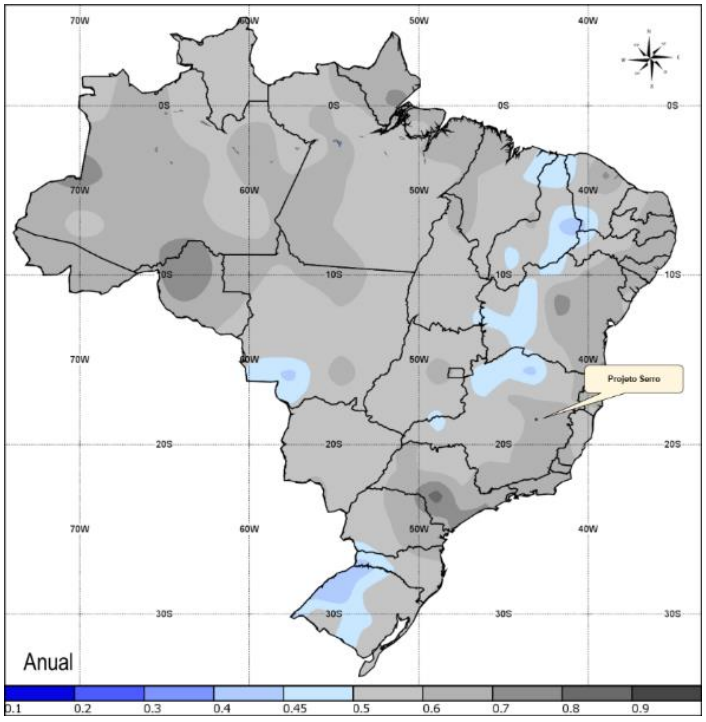



Figura 9-18 – Normal Climatológica do Brasil 1981-2010 – Nebulosidade (Décimos).
(Fonte: INMet)

### 9.1.3.6 Caracterização da Pressão Atmosférica

A pressão atmosférica na região está condicionada a atuação e intensificação dos anticiclones (alta pressão) e dos sistemas de baixa pressão. Nota-se que a pressão atmosférica na área de interesse aumenta gradativamente à medida que o ASAS se desloca em seu trajeto oscilatório para dentro do Continente, estando em seu ponto máximo sobre a região Sudeste e em Serro nos meses de junho, julho e agosto (Figura 9-19). Existe uma estreita relação entre os índices de pressão e a ocorrência de chuvas e nebulosidade, sendo os mesmos inversamente proporcionais.

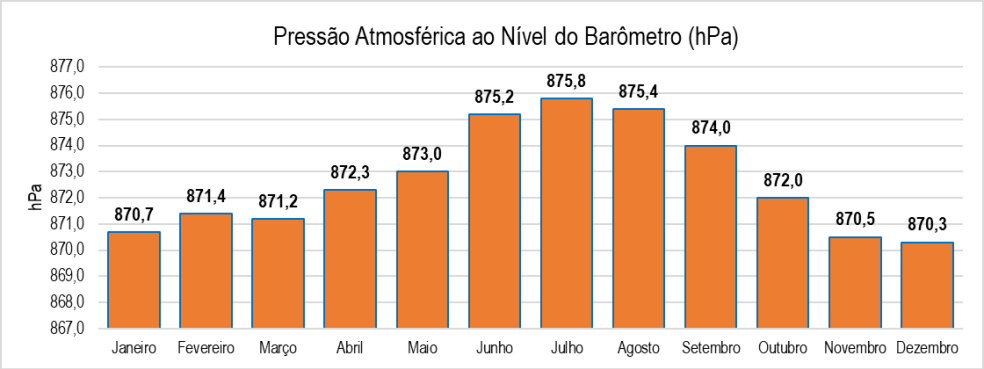



Figura 9-19 – Comportamento climatológico da pressão atmosférica.
(Fonte: INMet, Estação Diamantina)

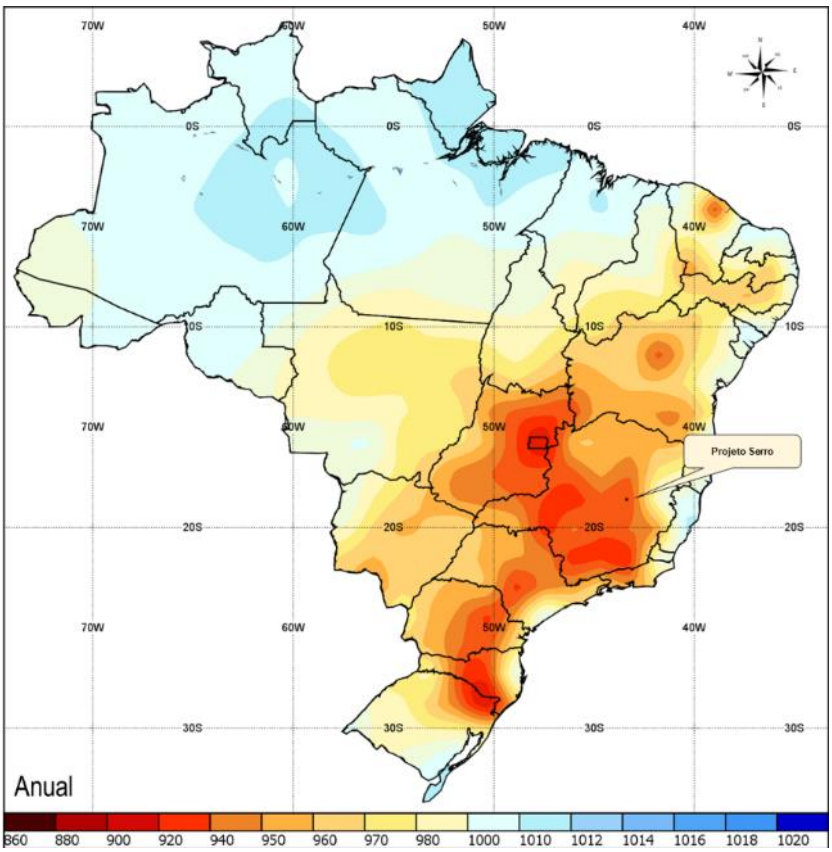



Figura 9-20 – Normal Climatológica Brasil 1981-2010 - Pressão atm. ao nível do barômetro.
(Fonte: INMet)

### 9.1.3.7 Caracterização da Insolação Total Mensal

O total anual médio de insolação registrado na Região de Serro é de aproximadamente 2.272 horas (Figura 9-21), o que representa aproximadamente cerca de 6,2 horas diárias de insolação efetiva na área. Os meses de maior insolação são julho e agosto, período no qual a atuação do Anticiclone do Atlântico Sul está intensa e enseja a inibição da formação de nuvens que poderiam bloquear a incidência dos raios solares. Dos meses de setembro a junho, e principalmente de novembro e dezembro, a insolação total apresentou valores menores, o que era de se esperar, uma vez que esse período corresponde ao período mais chuvoso do ano e, logo, o período mais nebuloso também.

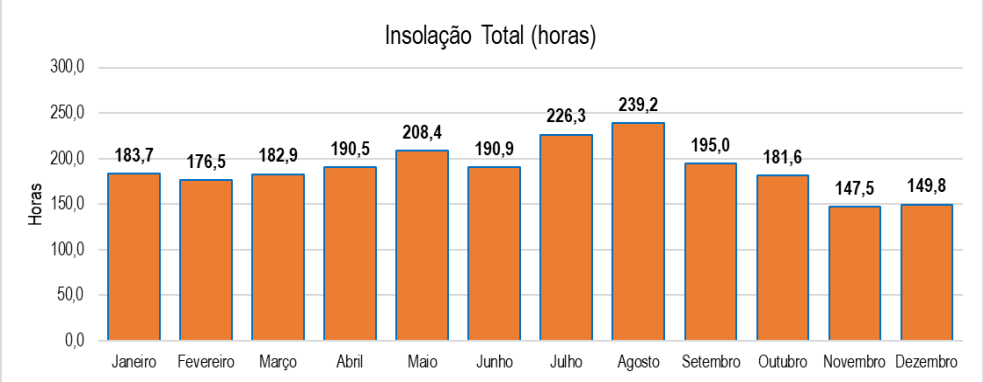



Figura 9-21 – Comportamento climatológico da insolação total mensal.
(Fonte: INMet, Estação Diamantina)

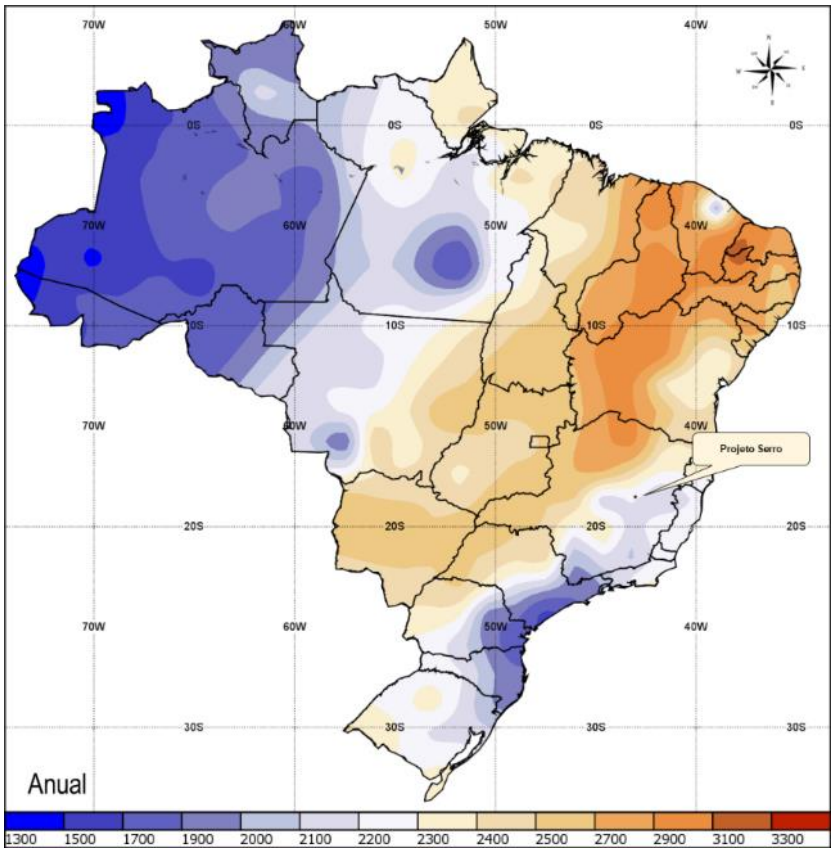



Figura 9-22 – Normal Climatológica do Brasil 1981-2010 - Insolação Total.
(Fonte: INMet)

### 9.1.3.8 Caracterização das Direções Predominantes dos Ventos

Em sua tese, Ruibran Januário apresenta o conceito que a direção média anual predominante dos ventos em Minas Gerais é de NE, E e SE. O anticiclone do Atlântico Sul é o principal fator responsável pela predominância dos ventos nessas três direções, sendo que as variações nas direções dependem também da latitude, da longitude e da topografia da estação climatológica. Ventos nas direções W, SW e S normalmente significam perturbações causadas por frentes frias ou quentes e linhas de instabilidade. (JANUÁRIO, 2005)

Segundo Ayoade (1998), as baixas latitudes são dominadas por ventos predominantes de leste, originários do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul que compõem o sistema de circulação de larga-escala. Sua forte influência é sentida durante todo o ano, impondo à região as características de sua área de origem.

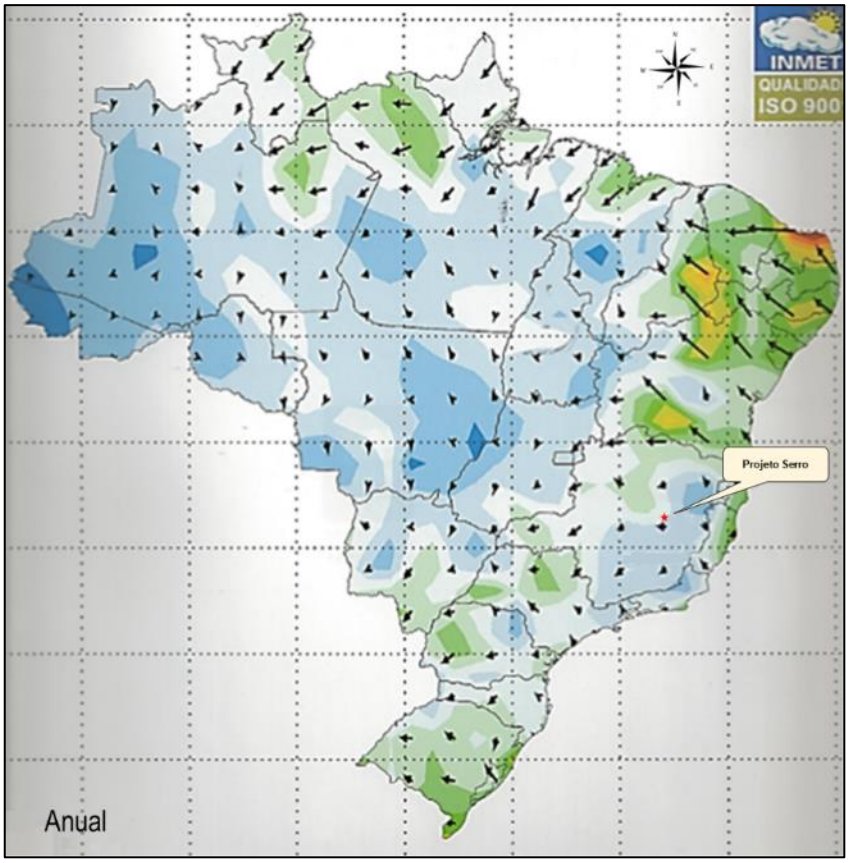



Figura 9-23 – Mapa da direção predominante dos ventos (média anual)
(Fonte: Climatologia Oficial INMET)

A figura abaixo lista as estações históricas oficiais com série de dados (período 30 anos – 1961 / 1990 e 1981 / 2010) tratados e disponibilizados pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Devido à localização geográfica e a referência de latitude aproximada optou-se pela análise dos dados da direção predominante dos ventos das estações de Diamantina e Conceição do Mato Dentro.

Salienta-se que na cidade em estudo não existem estações meteorológicas com o grau de precisão e confiabilidade que as estações históricas INMET proporcionam. À distância e características geográficas permitem as relações realizadas conforme normas da OMM (Organização Meteorológica Mundial).

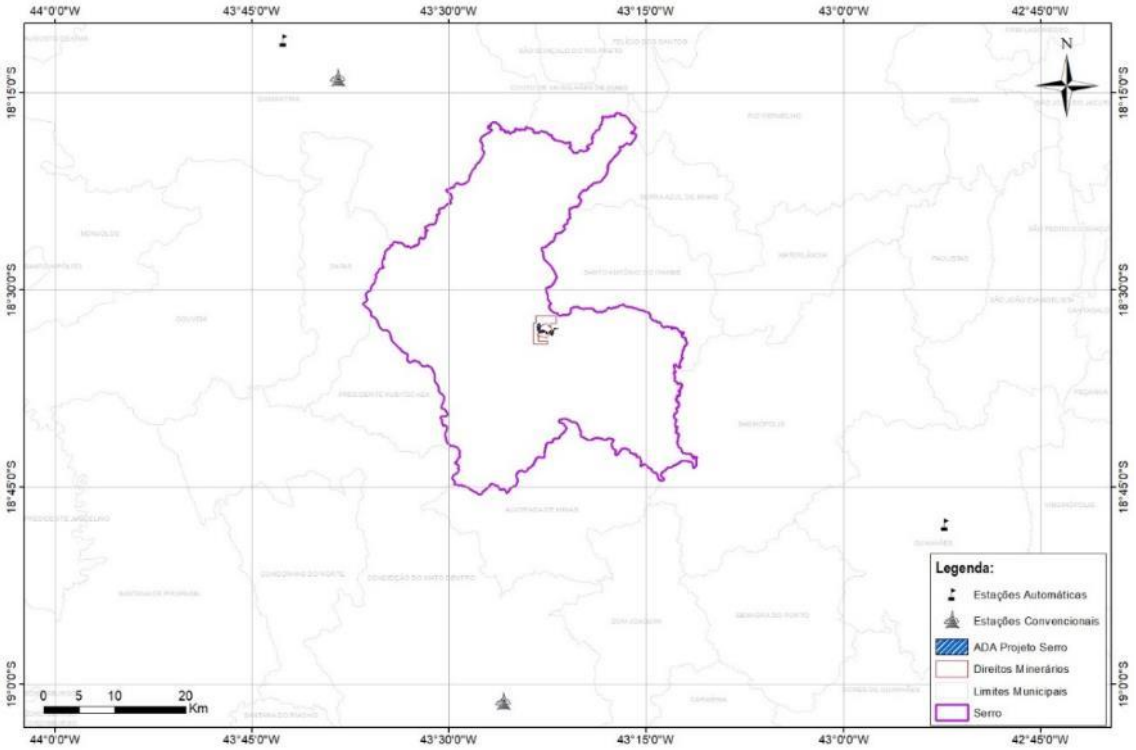



Figura 9-24 – Localização das estações automáticas e convencionais na região de estudo.
(Fonte: INMET)

Conforme a climatologia histórica oficial aplicada à região de Serro, bem como para os municípios de entorno, os ventos têm direção predominante de Norte, Nordeste e Leste. As análises com dados recentes de estações automáticas também confirmam a predominância dos ventos nessas direções.

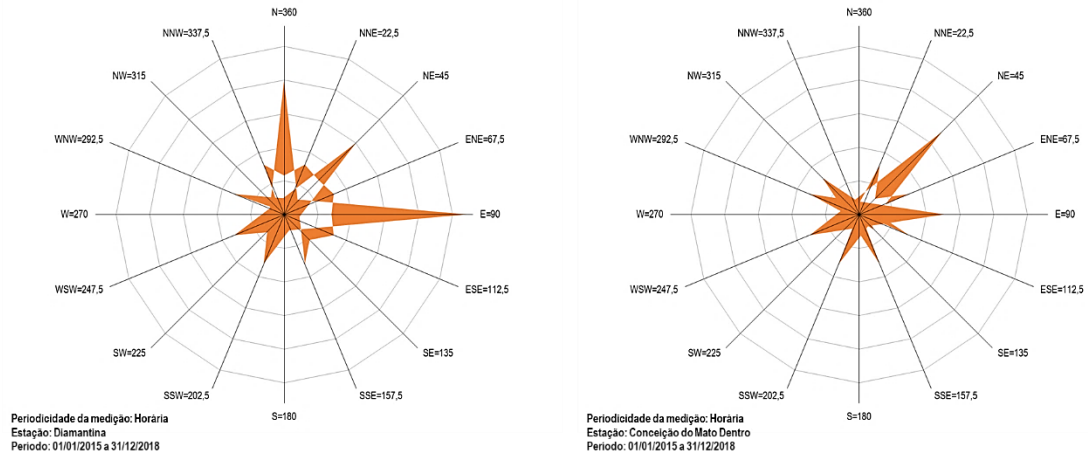



Figura 9-25 – Direção predominante dos ventos na região de Serro.
(Fonte: INMET)

Os gráficos da figura anterior demonstram que a direção dos ventos foi medida em 86,3% das vezes no sentido Norte a Leste, pela estação de Diamantina, e 54,8% pela estação Conceição do Mato Dentro. Quando se analisa os dados das duas estações em conjunto, percebe-se a manutenção da predominância da direção dos ventos no sentido Norte a Leste, em torno 68% das medições feitas pelas duas estações.

Tabela 9.1 – Direções predominantes mensais e anual (graus e coordenadas) Normais Climatológicas do Brasil – INMET, de 1981-2010.

| Estação INMET | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Ano |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C. do Mato Dentro | 83,0 | 84,0 | 92,0 | 90,0 | 84,0 | 66,0 | 71,0 | 77,0 | 86,0 | 87,0 | 87,0 | 67,0 | 81,2 |
| C. do Mato Dentro | Calma | NE | NE | Calma | Calma | Calma | Calma | NE | NE | NE | NE | Calma | NE |
| Diamantina | 27,0 | 51,0 | 44,0 | 67,0 | 55,0 | 57,0 | 64,0 | 70,0 | 61,0 | 52,0 | 34,0 | 23,0 | 50,4 |
| Diamantina | Calma | Calma | Calma | Calma | Calma | Calma | Calma | Calma | Calma | Calma | Calma | N | - |

Obs.: Calma significa sem vento para medição.
(Fonte: INMET)

Outro gráfico que demonstra essa predominância de direções é colocado a seguir, demostrando a porcentagem de horas em que o vento tem direção média de cada uma das quatro direções cardeais de vento, exceto nas horas em que a velocidade média do vento é inferior a 1,6 km/h. As áreas mais esmaecidas nas interseções indicam a porcentagem de horas passadas nas direções intermediárias implícitas (nordeste, sudeste, sudoeste e noroeste).

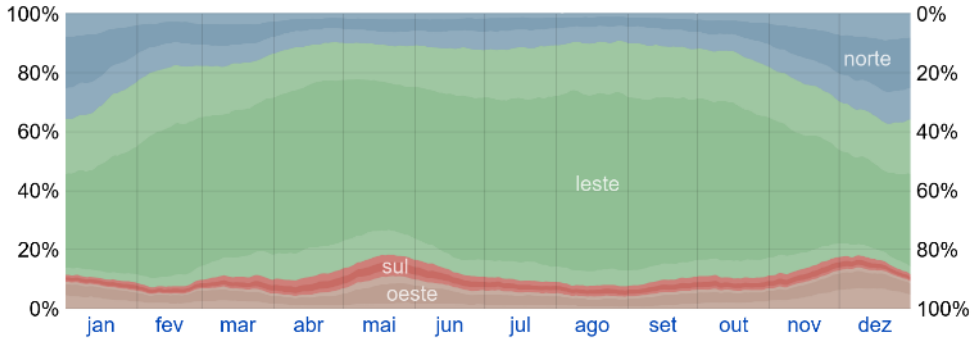



Figura 9-26 – Direção dos ventos no Serro.
(Fonte: Weather Spark)

### 9.1.3.9 Caracterização das Velocidades Médias dos Ventos

Segundo Januário (2005), a velocidade média anual dos ventos em Minas Gerais é muito baixa, o que pode ser observado na figura a seguir. Isso ocorre também por causa do anticiclone do Atlântico Sul. O anticiclone é uma região de baixo gradiente de pressão e de temperatura do ar e, consequentemente, apresenta calmarias ou ventos de fraca intensidade.

Ainda segundo Januário (2005), as regiões de Minas Gerais em que os ventos apresentam velocidades acima do normal esperada no Estado (em torno de 2 m/s) são as que possuem estações meteorológicas instaladas em cotas altimétricas elevadas. Portanto, não podem ser consideradas como representativas da região.

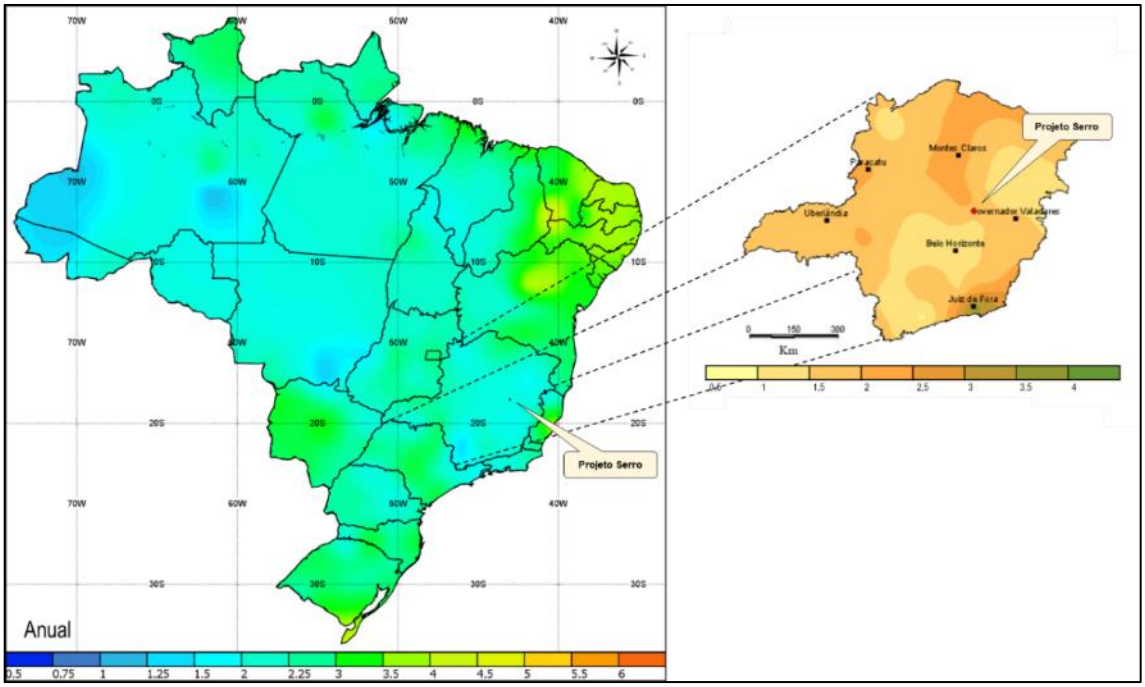



Figura 9-27 – Velocidade média anual dos ventos em Minas Gerais (m/s).
(Fonte: INMET e JANUÁRIO, 2005)

Em relação à velocidade dos ventos, a climatologia oficial para a região demonstra uma variação média anual entre 1,7 m/s e 2,1 m/s, sendo os meses de agosto a fevereiro os que apresentam maior índice dessa variável (2 m/s). Observa-se um padrão em relação à variação anual dos ventos, no entanto, pode-se detectar uma ligeira alteração em relação aos períodos chuvoso e seco. Na Figura 9-28 pode ser observado à climatologia da velocidade média mensal dos ventos para a região de interesse (médias mensais da velocidade do vento em m/s).

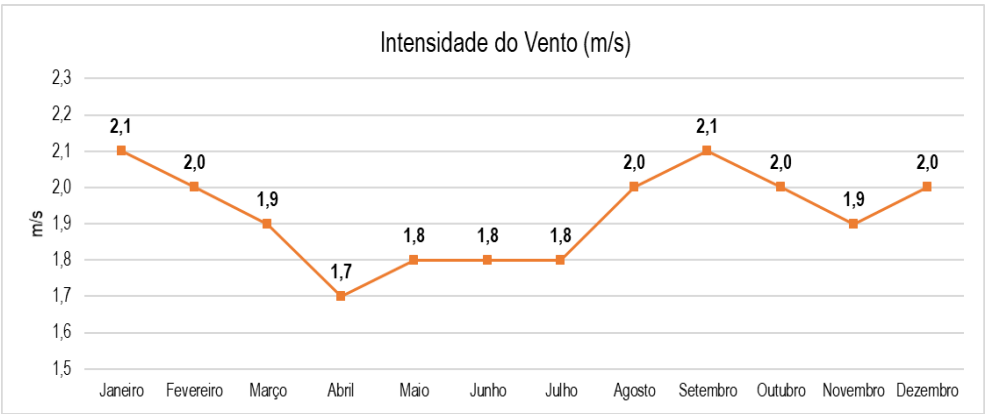



Figura 9-28 – Comportamento climatológico da velocidade média dos ventos.
(Fonte: INMET)

## 9.2 QUALIDADE DO AR

O presente relatório objetiva apresentar os resultados da campanha de monitoramento da qualidade do ar da região do Projeto Serro.

O principal objetivo do monitoramento da qualidade do ar na futura área da futura influência do Projeto Serro é oferecer um levantamento inicial da qualidade do ar provocado pelas atividades naturais e cotidianas da região, ou seja, antes da influência do novo empreendimento.

O presente estudo foi inicialmente realizado em 2014 pela Arcadis Logos a pedido da empresa Anglo American, antiga proprietária dos Direitos Minerários do atual processo de licenciamento, para suportar a elaboração do EIA da época.

Este estudo passou por reanálise pela atual equipe elaboradora dos estudos, considerando as legislações e normas técnicas vigentes à época e atualmente. Tendo em vista que não houve alterações significativas do ambiente, especialmente em relação ao seu uso e ocupação, neste item está sendo apresentada os resultados deste diagnóstico, os quais foram realizados à luz do novo projeto no Volume V, para fins de análise de impacto, de acordo com critérios de conservadorismo.

As diferenças entre o uso e ocupação presentes à época das campanhas de campo e atualmente encontram-se com modificações mínimas, conforme pode ser observado nas imagens comparativas apresentadas a seguir, obtidas no sistema Google Earth.

Os resultados serão apresentados abaixo:

Figura 9-29 – Uso e ocupação no período de medição de qualidade do Ar (Imagens de 08/12/2013)
(Fonte: Google Earth)

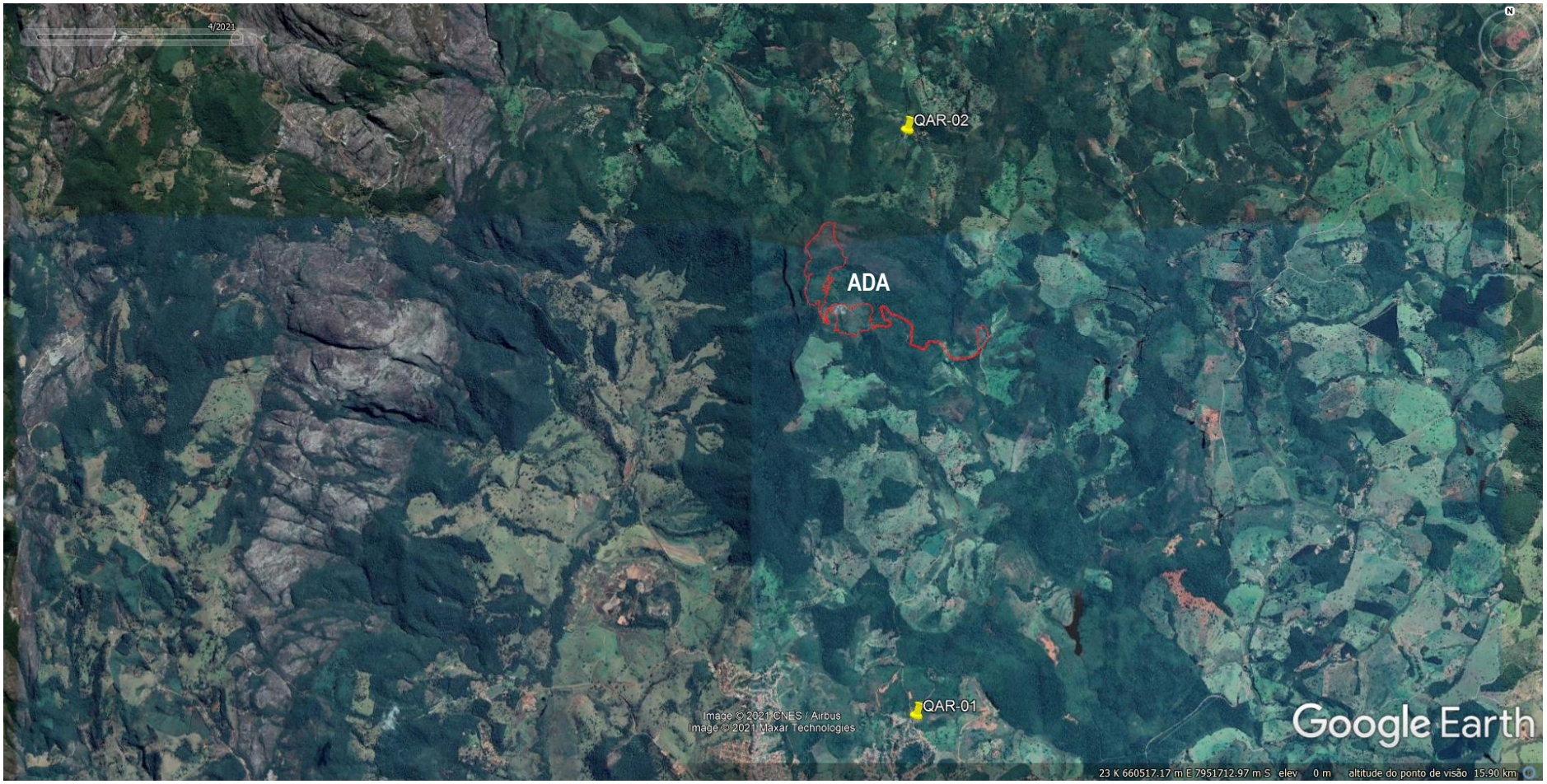



Figura 9-30 – Uso e ocupação para a configuração atual (Imagens de 07/01/2020)
(Fonte: Google Earth)

Conforme pode ser observado na comparação com a imagem anterior, as modificações de uso e ocupação foram reduzidas, mantendo-se válidas as conclusões dos estudos realizados em 2014.

### 9.2.1 Considerações Preliminares

A análise da qualidade do ar da região do Projeto Serro considerou as emissões provenientes dos processos artificiais, denominadas como fontes antropogênicas (queima de combustíveis para fins de transporte, queimadas, queima de lixo, emissões fugitivas etc.), bem como as emissões naturais (provenientes da ressuspensão de poeira do solo pelos ventos, decomposição de animais e vegetais, incêndios florestais naturais etc.).

Na área afetada do futuro empreendimento não foram identificadas atividades industriais a época (ano de 2014) ou outras que pudessem modificar a qualidade do ar local, destacando-se que esta característica não foi modificada até a data de conclusão deste documento, em 2022, confirmada por levantamentos de campo. Desta maneira, as principais fontes de emissões presentes correspondem à ressuspensão de poeira do solo pelos ventos e movimentação de veículos em vias não pavimentadas, emissões veiculares, e eventualmente, queimadas e queima de lixo doméstico.

O diagnóstico apresentado a seguir está baseado em dados primários colhidos através de amostragens realizadas pela empresa Limnos Sanear na área do Projeto Serro.

Como a qualidade do ar pode ser alterada em função das condições meteorológicas, foram realizadas duas campanhas de amostragem, sendo uma no período chuvoso e outra no período de seca.

### 9.2.2 Legislações Aplicáveis

No Estado de Minas Gerais, os padrões primários de qualidade do ar são fixados pela Deliberação Normativa (DN) COPAM n.º 001, de 26 de maio de 1981, que dispõe sobre a proteção, conservação e melhoria do meio ambiente no Estado de Minas Gerais, considerando a necessidade de operacionalizar imediatamente a proteção ambiental no Estado e fixa normas e padrões para Qualidade do Ar: Os padrões primários de qualidade do ar são as concentrações de poluentes que, se ultrapassadas poderão afetar a saúde da população.

A nível federal referencia-se a Resolução CONAMA n.º 003, de 28 de junho de 1990, que dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR). Além de definir padrões primários, os quais possuem a mesma magnitude que a DN COPAM n.º 001/1981, define também padrões secundários de qualidade do ar. São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, se ultrapassadas, poderão ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

A tabela a seguir apresenta os padrões para qualidade do ar para Partículas Totais em Suspensão – PTS e Partículas Inaláveis – PI.

Tabela 9.2 – Padrões primários e secundários para a qualidade do ar - Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (PI).

| Padrão | Resolução CONAMA n.º 003/1990 | | | | DN COPAM n.º 001/1981 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Concentrações de PTS[1] (µg/m³) | | Concentrações de PI[2] (µg/m³) | | Concentrações de PTS (µg/m³) | |
| | Média de 24 h | Média geométrica anual | Média de 24 h | Média aritmética anual | Máxima diária | Média geométrica anual |
| Padrões Primários | 240 | 80 | 150 | 50 | 240 | 80 |
| Padrões Secundários | 150 | 60 | 150 | 50 | - | - |

Fonte: ARCADIS logos, 2014.

O Estado de Minas Gerais publicou em 10 de junho de 2019 e Instrução de Serviço SISEMA 02/2019, que dá as orientações Técnicas para solicitação de Plano de Monitoramento da Qualidade do Ar no âmbito dos processos de licenciamento ambiental. Esta IS prevê a apresentação, como condicionante, de Plano de Monitoramento da Qualidade do Ar – PMQAR para empreendimentos cujas atividades estejam listadas em seu Anexo Único.

### 9.2.3 Metodologia

O diagnóstico apresentado a seguir baseou-se em dados primários colhidos em duas campanhas de campo realizadas em fevereiro de 2014 (período chuvoso) e junho de 2014 (período de seca) em dois pontos de amostragem situados na área de influência do Projeto Serro. Em cada campanha a medição ocorreu durante um período de cinco dias consecutivos e foram realizadas análises de Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (PI).

A amostragem de qualidade do ar na área do Projeto Serro ficou a cargo da empresa Limnos Sanear, acreditada pelo INMETRO, conforme a ABNT ISO 17.025:2005.

Os procedimentos de medição tiveram como base as seguintes normas:

- ABNT NBR 13412 - Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente - Determinação da Concentração de Partículas Inaláveis pelo Método do Amostrador de Grande Volume Acoplado a um Separador Inercial de Partículas;
- ABNT NBR 9547 - Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente - Determinação da Concentração Total pelo Método do Amostrador de Grande Volume;
- MÉTODO US EPA - “Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM10 in the Atmosphere”, contido no Federal Register 40 CFR 50, Appendix J;
- MÉTODO US EPA - “Reference Method for the Determination of Suspended Particulate Matter in the Atmosphere”, contido no Federal Register 40 CFR 50, Appendix B.

Para determinação de Partículas Totais em Suspensão (PTS) foi utilizado o equipamento AGV-HI-VOL. Trata-se de um amostrador de grandes volumes que utiliza um moto-aspirador e uma cabeça (teto) em duas águas para separação das partículas em suspensão.

[1] Método de referência: método do amostrador de grandes volumes ou método equivalente.
[2] Método de referência: método da separação inercial / Filtração ou método equivalente.

Para determinação de Partículas Inaláveis (PI), o equipamento utilizado foi o AGV-PM10, um amostrador de grandes volumes que utiliza um moto-aspirador e um separador inercial para coleta de partículas de granulometria de tamanho igual ou inferior a 10 µm.

Para ambos os parâmetros, as partículas eram retidas em um elemento filtrante (filtro de fibra de vidro) e a vazão do método era controlada através de fatores e dados de calibração de campo. O tempo de coleta é ajustado através de um timer.

As trocas dos filtros para determinação de Partículas Totais em Suspensão e Partículas Inaláveis aconteceram a cada 24 h (±1h).

No início e término das amostragens foram avaliadas as condições de entorno do ponto amostrado a fim de caracterizá-lo e preenchidas planilhas de campo com todas as observações pertinentes. Cada amostra (filtro) foi acondicionada em recipientes adequados, identificada e encaminhada para o laboratório Limnos Sanear para análise.

Para interpretação dos dados foi utilizado o Índice de Qualidade do Ar (IQA), concebido com base no "PSI - Pollutant Standards Index". Este índice é uma ferramenta matemática desenvolvida para simplificar o processo de divulgação da qualidade do ar e é obtido através de uma função linear que relaciona a concentração do poluente com um número adimensional.

Para cada poluente medido é calculado um índice. Para efeito de divulgação é utilizado o índice mais elevado, isto é, a qualidade do ar de uma estação é determinada pelo pior caso. Para a determinação do IQA, segue abaixo a tabela contendo as fórmulas de acordo com a concentração do parâmetro em µg/m³:

Tabela 9.3 – Fórmulas do IQA, conforme concentração de partículas totais em suspensão.

| PTS – Partículas Totais em Suspensão (µg/m³) | Fórmulas do IQA[3] |
|---|---|
| 0 - 80 | 0,6250 * Y |
| 81 - 240 | (0,3125 * Y) + 25 |
| 241 - 375 | (0,7407 * Y) - 77,78 |
| 376 - 625 | (0,4 * Y) + 50 |
| 626 - 875 | (0,4 * Y) + 50 |
| >2100 | (0,8 * Y) - 300 |

Fonte: Limnos Sanear, 2014.

Tabela 9.4 – Fórmulas do IQA, conforme concentração de partículas inaláveis.

| PI – Partículas Inaláveis (µg/m³) | Fórmulas do IQA[4] |
|---|---|
| 0 – 50 | Y |
| 51 - 150 | (0,5 * Y) + 25 |
| 151 - 250 | Y - 50 |
| 251 – 420 | (0,5882 * Y) + 52,9412 |
| 421 – 500 | (1,25 * Y) - 225 |
| >500 | Y - 100 |

Fonte: Limnos Sanear, 2014.

Após o cálculo do valor do índice, o ar recebe uma qualificação, realizada conforme a escala a seguir:

[3] Y – Concentração do parâmetro em µg/m³ encontrado.
[4] Y – Concentração de material particulado em µg/m³ encontrado.

Tabela 9.5 – Estrutura do Índice da Qualidade do Ar (IQA).

| PM10 (µg/m³) | PTS (µg/m³) | IQA | Classificação da Qualidade do Ar | Cor de Referência | Resolução CONAMA n.º 003/1990 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 - 50 | 0 - 80 | 0 - 50 | Boa | | Atende ao padrão |
| 51 - 150 | 81 - 240 | 51 - 100 | Regular | | |
| 151 - 250 | 241 - 375 | 101 - 199 | Inadequada | | Não atende ao padrão |
| 251 - 420 | 376 - 625 | 200 - 299 | Má | | |
| 421 - 500 | 626 - 875 | 300 - 399 | Péssima | | |
| >500 | >2.100 | >400 | Crítica | | |

Fonte: Limnos Sanear, 2014.

### 9.2.4 Rede de Amostragem

Através de análise prévia das áreas de estudo do Projeto Serro e englobando a sede do munícipio, foram determinados dois pontos de amostragem para obtenção de dados ao background da qualidade do ar. Os pontos foram selecionados em função da localização do empreendimento, disponibilidade de energia elétrica, segurança dos equipamentos e principalmente em função das fontes receptoras.

As localizações e descrições de cada um dos pontos de amostragem são apresentadas na tabela e figura, a seguir.

Tabela 9.6 – Pontos de Amostragem de Qualidade do Ar.

| Identificação do ponto | Localização | Coordenada geográfica (Fuso 23 k) |
|---|---|---|
| QAR-01 | Porção norte do município de Serro e ao sul da área do futuro empreendimento – casa do Sr. Bené | 0671295 / 7943081 |
| QAR-02 | Fazenda do Sr. Antônio | 0671251 / 7949995 |

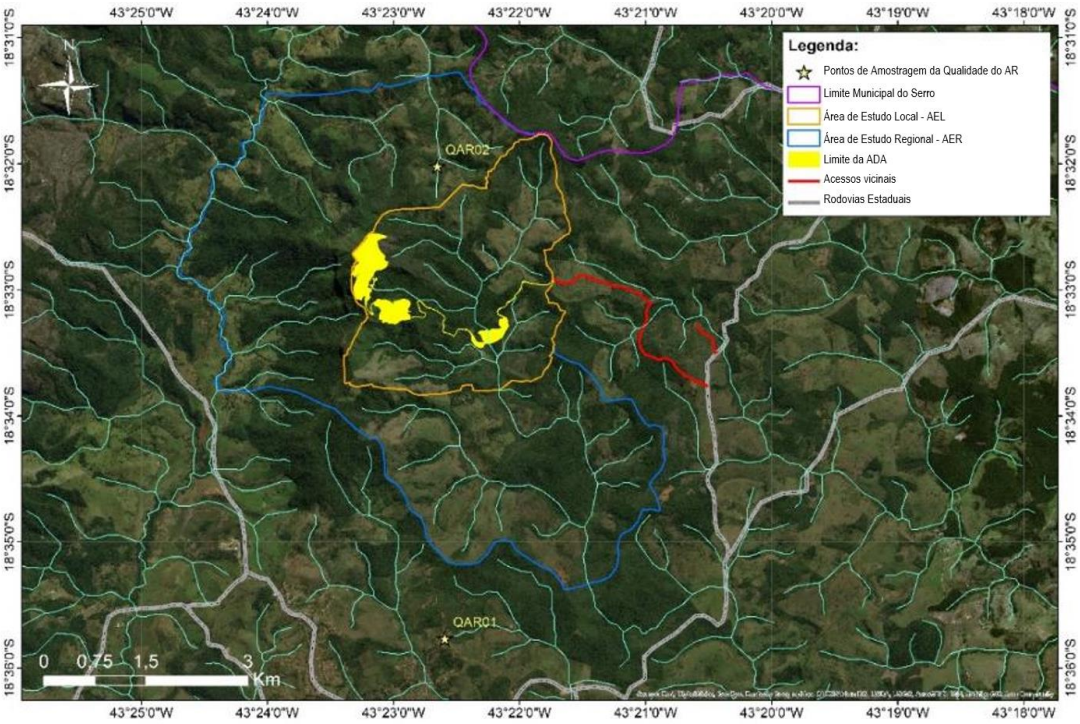



Figura 9-31 – Pontos de Amostragem de Qualidade do Ar.

O ponto QAR-01, localizado na porção norte do município de Serro, situa-se em um bairro onde há fluxo diário de veículos (carros e motos), porém pouco intenso.

O ponto QAR-02, situado na fazenda do Sr. Antônio, está cercado de áreas de pastos e em área menos antropizada em relação ao ponto QAR-01.

Figura 9-32 – Fotografias dos pontos amostrados tiradas pela Limnos Sanear em 2014.

### 9.2.5 Resultados Obtidos

A seguir são apresentados os resultados de PTS e PI obtidos nas duas campanhas de amostragem realizadas no Projeto Serro.

### 9.2.6 Partículas Totais em Suspensão (PTS)

As tabelas a seguir apresentam os resultados referentes à concentração de PTS - Partículas Totais em Suspensão. As medições foram feitas em fevereiro e junho de 2014.

Tabela 9.7 – Resultados das medições de PTS no ponto QAR-01.

| Campanha | Início da coleta | Término da coleta | Concentração (µg/m³) | IQA | Classificação da Qualidade do Ar | Cor de referência |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1ª | 11/02/2014 | 12/02/2014 | 34,63 | 22 | Boa | |
| 1ª | 12/02/2014 | 13/02/2014 | 20,42 | 13 | Boa | |
| 1ª | 13/02/2014 | 14/02/2014 | 28,44 | 18 | Boa | |
| 1ª | 14/02/2014 | 15/02/2014 | 37,68 | 24 | Boa | |
| 1ª | 15/02/2014 | 16/02/2014 | 36,42 | 23 | Boa | |
| 2ª | 18/06/2014 | 19/06/2014 | 46,60 | 29 | Boa | |
| 2ª | 19/06/2014 | 20/06/2014 | 20,05 | 13 | Boa | |
| 2ª | 20/06/2014 | 21/06/2014 | 31,39 | 20 | Boa | |
| 2ª | 21/06/2014 | 22/06/2014 | 33,50 | 21 | Boa | |
| 2ª | 22/06/2014 | 23/06/2014 | 20,00 | 13 | Boa | |

Tabela 9.8 – Resultados das medições de PTS no ponto QAR-02.

| Campanha | Início da coleta | Término da coleta | Concentração (µg/m³) | IQA | Classificação da Qualidade do Ar | Cor de referência |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1ª | 11/02/2014 | 12/02/2014 | 14,20 | 9 | Boa | |
| 1ª | 12/02/2014 | 13/02/2014 | 19,12 | 12 | Boa | |
| 1ª | 13/02/2014 | 14/02/2014 | 15,40 | 10 | Boa | |
| 1ª | 14/02/2014 | 15/02/2014 | 15,10 | 9 | Boa | |
| 1ª | 15/02/2014 | 16/02/2014 | 16,62 | 10 | Boa | |
| 2ª | 18/06/2014 | 19/06/2014 | 36,17 | 23 | Boa | |
| 2ª | 19/06/2014 | 20/06/2014 | 47,36 | 30 | Boa | |
| 2ª | 20/06/2014 | 21/06/2014 | 40,68 | 25 | Boa | |
| 2ª | 21/06/2014 | 22/06/2014 | 41,03 | 26 | Boa | |
| 2ª | 22/06/2014 | 23/06/2014 | 24,13 | 15 | Boa | |

Os dados apresentados nas tabelas anteriores mostram que não houve um padrão que apontasse resultados mais altos em um determinado ponto de amostragem. Na primeira campanha a concentração média diária de partículas totais em suspensão foi mais alta no ponto denominado QAR-01. Este ponto localiza-se em local com maior adensamento populacional e, consequentemente, com maior fluxo de veículos e outras fontes de poluição.

Na segunda campanha, no entanto, os resultados foram mais altos no ponto QAR-02. Como a segunda campanha aconteceu em período de seca e este ponto situa-se em local próximo a áreas descampadas e vias não pavimentadas, é possível que os maiores valores de PTS tenham relação com a suspensão de sedimentos destas áreas.

Quando os resultados são comparados aos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 003/1990, os valores encontrados nos dois pontos de amostragem são muito baixos. O padrão primário diário de 240 µg/m³ e o padrão secundário diário de 150 µg/m³ estabelecido para as partículas totais em suspensão, portanto, não foram ultrapassados, indicando que a qualidade do ar atual da região não está prejudicando a saúde da população, a fauna, a flora, os materiais e o meio ambiente em geral. Esta afirmativa é corroborada pelo resultado do Índice da Qualidade do Ar (IQA).

### 9.2.7 Partículas Inaláveis (PI)

A seguir são apresentados os resultados referentes à concentração de PI - Partículas Inaláveis obtidos nas duas campanhas de amostragem de qualidade do ar realizadas na área do Projeto Serro.

Tabela 9.9 – Resultados das medições de PI no ponto QAR-01.

| Campanha | Início da coleta | Término da coleta | Concentração (µg/m³) | IQA | Classificação da Qualidade do Ar | Cor de referência |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1ª | 11/02/2014 | 12/02/2014 | 14,41 | 14 | Boa | |
| 1ª | 12/02/2014 | 13/02/2014 | 18,68 | 19 | Boa | |
| 1ª | 13/02/2014 | 14/02/2014 | 18,47 | 18 | Boa | |
| 1ª | 14/02/2014 | 15/02/2014 | 22,92 | 23 | Boa | |
| 1ª | 15/02/2014 | 16/02/2014 | 20,68 | 21 | Boa | |
| 2ª | 18/06/2014 | 19/06/2014 | 8,40 | 8 | Boa | |
| 2ª | 19/06/2014 | 20/06/2014 | 15,40 | 15 | Boa | |
| 2ª | 20/06/2014 | 21/06/2014 | 16,40 | 16 | Boa | |
| 2ª | 21/06/2014 | 22/06/2014 | 18,20 | 18 | Boa | |
| 2ª | 22/06/2014 | 23/06/2014 | 9,70 | 10 | Boa | |

Tabela 9.10 – Resultados das medições de PI no ponto QAR-02.

| Campanha | Início da coleta | Término da coleta | Concentração (µg/m³) | IQA | Classificação da Qualidade do Ar | Cor de referência |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1ª | 11/02/2014 | 12/02/2014 | 13,58 | 14 | Boa | |
| 1ª | 12/02/2014 | 13/02/2014 | 18,38 | 18 | Boa | |
| 1ª | 13/02/2014 | 14/02/2014 | 15,11 | 15 | Boa | |
| 1ª | 14/02/2014 | 15/02/2014 | 14,62 | 15 | Boa | |
| 1ª | 15/02/2014 | 16/02/2014 | 15,50 | 15 | Boa | |
| 2ª | 18/06/2014 | 19/06/2014 | 27,50 | 28 | Boa | |
| 2ª | 19/06/2014 | 20/06/2014 | 23,20 | 23 | Boa | |
| 2ª | 20/06/2014 | 21/06/2014 | 18,30 | 18 | Boa | |
| 2ª | 21/06/2014 | 22/06/2014 | 18,90 | 19 | Boa | |
| 2ª | 22/06/2014 | 23/06/2014 | 11,60 | 12 | Boa | |

Assim como registrado para PTS, as concentrações de Partículas Inaláveis (PI) também foram um pouco maiores no ponto QAR-01 na primeira campanha e no ponto QAR-02 na segunda campanha.

A comparação dos valores das duas campanhas também não mostrou um padrão de resultados mais altos em um determinado período (seco ou chuvoso). Isto pode ter relação com as condições meteorológicas. Na segunda campanha (período de seca) o tempo estava bastante nublado e com neblina baixa, provocando aumento na umidade do ar. Isto provocou uma condição ambiental semelhante à registrada em período de maiores índices pluviométricos.

Em relação aos padrões primários e secundários da qualidade do ar definidos para as Partículas Inaláveis, os dois pontos apresentaram concentrações muito inferiores à definida pela Resolução CONAMA n.º 003/1990. Enquanto a legislação federal estabelece que a concentração média diária máxima de PI é de 150 µg/m³ de ar, o maior valor observado na primeira campanha de amostragem foi de 22,92 µg/m³ (QAR-01, nos dias 14 e 15/02/14) e na segunda, é de 27,5 µg/m³ (QAR-02, nos dias 18 e 19/06/14).

O índice de qualidade do ar também refletiu a boa condição registrada pelos resultados e confirmou que as atividades rotineiras atuais da região onde será inserido o futuro empreendimento não provocam redução da qualidade do ar a ponto de causar danos à população e ao meio ambiente em geral.

## 9.3 RUÍDO AMBIENTAL E VIBRAÇÃO

### 9.3.1 Introdução

Este relatório reporta os resultados de monitoramento dos níveis de ruídos nas comunidades do entorno do Projeto Serro.

O principal objetivo do monitoramento de ruído na área de estudo do EIA para o Projeto Serro é oferecer um levantamento inicial do ruído ambiental provocado pelas atividades naturais e cotidianas da região, ou seja, antes de quaisquer interferências do novo empreendimento. A importância do diagnóstico reflete na capacidade de relacionar ruído com efeitos físicos, psicológicos e sociais, que podem causar possíveis incômodos à população e estresse da fauna.

Em 2014 foi realizado pela Arcadis Logos um estudo de monitoramento de ruído a pedido da empresa Anglo American, antiga proprietária dos Direitos Minerários do atual processo de licenciamento, para

suportar a elaboração do EIA acerca do projeto existente à época. Considerando que o ambiente se manteve sem alterações significativas, este estudo pôde ser utilizado, em semelhança à caracterização da qualidade do ar (Item 9.2, Figura 9-29 e Figura 9-30).

Este estudo passou por reanálise pela atual equipe elaboradora do EIA/RIMA, considerando as legislações e normas técnicas vigentes à época e atualmente. Os resultados serão apresentados abaixo.

### 9.3.2 Legislações Aplicáveis

As medições de ruído seguem as legislações e normas técnicas detalhadas a seguir:

#### 9.3.2.1 A Nível Federal

A Resolução CONAMA n.º 001, de 08 de março de 1990, estabelece padrões, critérios e diretrizes para emissão de ruídos que deverão ser abrangentes em todo território nacional e de forma a permitir sua fácil aplicação. Essa resolução também determina que sejam atendidos os critérios de medição e limites estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em suas normas técnicas NBR 10.151/2000 – "Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, visando o Conforto da Comunidade" e NBR 10.152/2017 – "Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações", para ruídos emitidos em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas.

A NBR 10.151/2000 fixa níveis de aceitabilidade de ruído em comunidades (níveis de critério de avaliação) e determina o procedimento de medição do ruído. Já a NBR 10.152/2017 fixa níveis de ruído compatíveis com conforto acústico em ambientes diversos.

A NBR 10.151/2000 estabelece um Nível de Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos e determina valores limites, descritos na tabela a seguir. Segundo a norma, o período noturno não deve começar depois das 22 h e não deve terminar antes das 7 h do dia seguinte. Se o dia seguinte for domingo ou feriado o término do período noturno não deve ser antes das 9 h.

Tabela 9.11 – Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A).

| Tipos de áreas | Diurno | Noturno |
|---|---|---|
| Áreas de sítios e fazendas | 40 | 35 |
| Áreas estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas. | 50 | 45 |
| Área mista, predominantemente residencial. | 55 | 50 |
| Área mista, com vocação comercial e administrativa. | 60 | 55 |
| Área mista, com vocação de recreação. | 65 | 55 |
| Área predominantemente industrial | 70 | 60 |

Caso o nível de ruído ambiente for superior ao da Tabela 9.11 para a área e o horário em questão, o NCA assume o valor do nível de ruído ambiente.

Essa Norma estabelece que os limites de horário para o período diurno e noturno podem ser definidos pelas autoridades de acordo com os hábitos da população.

Outra Resolução ligada as questões de poluição sonora é Resolução CONAMA n.º 002, de 8 de março de 1990, que dispõe sobre o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora. Esta resolução é voltada mais para ações governamentais.

#### 9.3.2.2 A Nível Estadual

A Lei Estadual n.º 10.100, de 17 de janeiro de 1990, dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora no Estado de Minas Gerais. A lei estabelece o seguinte:

> *"Art. 2º - Para os efeitos desta Lei, consideram-se prejudiciais à saúde, à segurança ou ao sossego públicos quaisquer ruídos que:*
>
> *I - atinjam, no ambiente exterior do recinto em que têm origem, nível de som superior a 10 (dez) decibéis - dB(A) acima do ruído de fundo existente no local, sem tráfego;*
>
> *II - independentemente do ruído de fundo, atinjam, no ambiente exterior do recinto em que têm origem, nível sonoro superior a 70 (setenta) decibéis - dB(A), durante o dia, e 60 (sessenta) decibéis - dB(A), durante a noite, explicitado o horário noturno como aquele compreendido entre as 22 (vinte e duas) horas e as 6 (seis) horas, se outro não estiver estabelecido na legislação municipal pertinente."*

A Lei define os limites de níveis sonoros e define o horário noturno onde o Governo Municipal não estiver estabelecido. E estabelece que devem ser obedecidos as orientações contidas nas normas da ABNT.

#### 9.3.2.3 A Nível Municipal

A Lei Complementar n.º 75, de 06 de agosto de 2007, estabelece em seu art. 4, inciso XIV, que a regulamentação e fiscalização das poluições sonoras são diretrizes da política ambiental do município de Serro. Em seu art. 29, inciso IX, a Lei estabelece como uma das ações prioritárias para implementação das diretrizes de desenvolvimento sustentável do município a despoluição sonora.

> *A Lei Complementar n.º 138, de 24 de junho de 2014, que instituiu o código de obras e edificações do Município de Serro, diz em seu art. 67, § 3°, o seguinte:*
>
> *"Art. 67 A execução de obras, incluindo os serviços preparatórios e complementares, suas instalações e equipamentos, será procedida de forma a obedecer ao projeto aprovado, à boa técnica e ao direito de vizinhança, a fim de garantir a segurança dos trabalhadores, da comunidade, das propriedades limítrofes e dos logradouros públicos, observada em especial a legislação trabalhista pertinente.*
>
> *(...)*
>
> *§ 3º Em qualquer obra, fica proibido executar, antes das 07 (sete) horas e depois das 19 (dezenove) horas, qualquer trabalho ou serviço que produza ruído."*

Outra Lei Complementar que dispõe sobre ruídos é a de n.º 126, de 15 de agosto de 2013, que dispõe sobre o código de posturas do município de Serro-MG. Essa lei estabelece em art. 148, § 2°, que o limites de níveis sonoros são definidos pela NBR 10.151/2000.

> *"Art. 148 - ...*
>
> *§ 2º Os limites máximos de níveis sonoros permissíveis serão os adotados pela Resolução Conama 001/1990 c/c NBR 10.151/2000:*
>
> *I - 40 (quarenta db) e 35 (trinta e cinco db), respectivamente nos períodos diurno e noturno em sítios ou fazendas;*
>
> *II - 50 (cinquenta db) e 45 (quarenta e cinco db), respectivamente nos períodos diurno e noturno em áreas estritamente residenciais, hospitalares e escolas;*

*III - 55 (cinquenta e cinco db) e 50 (cinquenta db), respectivamente em área predominantemente residenciais, mistas;*

*IV - 60 (sessenta e cinquenta e cinco db) e 55 (cinquenta e cinco db), respectivamente nos períodos diurno e noturno em áreas mistas com vocação comercial e serviços."*

Em seu art. 201, a Lei Complementar n.º 126/2013, estabelece o seguinte:

*"Art. 201 Todo estabelecimento, seja comercial ou industrial, que produza ruído acima de 60db deverá se submeter a licenciamento especial da Prefeitura Municipal que poderá determinar a seu critério, horários de funcionamento, medidas de isolamento acústico necessário ou outras medidas cabíveis para minimizar o impacto da atividade."*

### 9.3.3 Metodologia

O diagnóstico apresentado neste EIA está baseado em dados primários colhidos em campanha de campo realizada em fevereiro de 2014 em período diurno e vespertino, conforme dito anteriormente, executado pela empresa Arcadis Logos.

A coleta de dados sobre o ruído da região ficou a cargo da empresa Limnos Sanear, acreditada pelo INMETRO, conforme a ABNT ISO 17.025:2005.

As medições foram realizadas utilizando um medidor de ruído de precisão Tipo 2 e efetuadas com tempo seco para que não houvesse interferência do barulho das chuvas.

Em cada ponto, as amostragens aconteceram em três dias consecutivos e em cada dia foi realizada uma medição com duração de 20 minutos. Os procedimentos de medição obedeceram a norma NBR 10.151/2000 e os padrões de referência seguiram a Resolução CONAMA n.º 001, de 08/03/1990 e a Lei Estadual n.º 10.100/90.

Todas as medições foram realizadas a uma altura de 1,20 m do piso e afastadas com mínimo 2 metros de quaisquer superfícies refletoras.

Como as amostragens foram realizadas em áreas externas, em alguns casos ocorreu interferência de ruídos transitórios, como por exemplo, o trânsito de veículos. Os valores encontrados nesta situação foram descartados com o intuito de eliminar fontes que não são alvo do estudo. Quando não foi possível eliminar as interferências durante as medições, elas foram discriminadas.

Após cada medição, os dados foram tratados e apresentados os resultados dos seguintes parâmetros:

- Nível Estatístico (L10): é o nível de som ultrapassado por 10% dos valores medidos;
- Nível Estatístico (L90): é o nível de som ultrapassado por 90% dos valores medidos;
- Nível Contínuo Equivalente (Leq): representa o nível médio contínuo de energia sonora, equivalente ao sinal variável medido. O Leq é particularmente útil na avaliação de incômodo, situações de poluição sonora e reações subjetivas diante do ruído.

Usualmente, o nível estatístico de ruído L10 é considerado como valor de pico da medição, pois indica o nível de ruído que foi excedido durante somente 10% do período da medição.

Já o nível estatístico de ruído L90 é considerado como sendo o ruído de fundo, uma vez que indica o nível de ruído que foi ultrapassado durante quase todo o período da medição. Ressalta-se que foram considerados somente os níveis Leq - Nível Contínuo Equivalente na comparação com os limites fixados pelas legislações estadual e federal.

### 9.3.4 Rede de Amostragem

Os pontos definidos para medição de ruído foram selecionados conforme atividades que possam gerar incômodo nas regiões adjacentes ao futuro empreendimento (fontes receptoras), considerando a proximidade com a área urbana e em áreas que possam representar o impacto sobre a fauna local.

Foram realizadas medições em 4 pontos distribuídos ao redor das futuras instalações do Projeto Serro. As localizações e descrições de cada um dos pontos de amostragem são apresentadas na tabela e figura a seguir.

Tabela 9.12 – Pontos de Amostragem de Ruído.

| Identificação do ponto | Localização | Coordenada geográfica (fuso 23 k) |
|---|---|---|
| RDO-01 | Porção norte do município de Serro e ao sul da área do futuro empreendimento. | 0671256 / 7942950 |
| RDO-02 | Ponto próximo ao rio do Peixe, a oeste da área do futuro empreendimento. | 0668180 / 7946722 |
| RDO-03 | Ponto localizado a leste da área do futuro empreendimento. | 0674874 / 7946809 |
| RDO-04 | Comunidade ao norte do empreendimento. | 0671390 / 7949987 |

Na sequência são apresentadas fotografias dos pontos amostrados:

Figura 9-33 – Fotos da amostragem
(Fonte: Limnos Sanear, 2014)

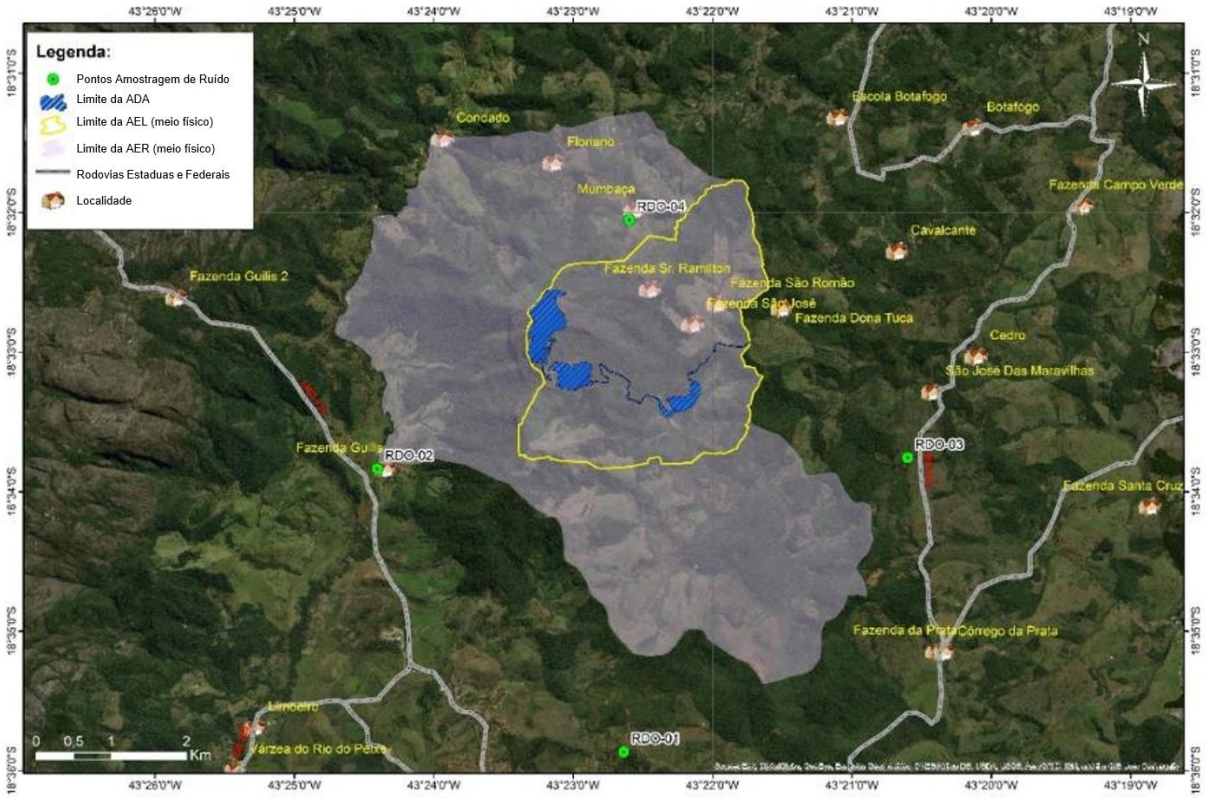



Figura 9-34 – Pontos de Amostragem de Ruído.

De acordo com a tipologia das áreas onde foram realizadas as medições de ruído, os pontos foram classificados segundo preconizado na Resolução CONAMA n.º 001/1990 conforme apresentado na Tabela 9.13 a seguir.

Tabela 9.13 – Classificação dos pontos de medição de ruído.

| Pontos | Classificação |
|---|---|
| RDO 01 | Área mista, predominantemente residencial. |
| RDO 02 | Áreas de sítios e fazendas. |
| RDO 03 | Áreas de sítios e fazendas. |
| RDO 04 | Áreas de sítios e fazendas. |

Fonte: Limnos Sanear, 2014. Elaboração: ARCADIS logos, 2014.

### 9.3.5 Caracterização da Área de Estudo Local (AEL) e da Área Diretamente Afetada (ADA)

A Área Diretamente Afetada foi definida em função das intervenções necessárias à implantação futura do empreendimento.

O horário de funcionamento do Projeto Serro, quando este atingir a plenitude, será de dois turnos de 7 h às 16h e 16h a 1 h que o horário de funcionamento das operações de carregamento e transporte da lavra e da planta de beneficiamento.

As medições de ruído foram realizadas nos períodos diurno e noturno. Os resultados alcançados nas medições realizadas em fevereiro de 2014 são apresentados nas Tabelas 9.14 e Tabela 9.15. Nestes quadros também são apresentadas observações coletadas em campo durante as medições de forma a melhor orientar a avaliação dos valores medidos.

Tabela 9.14 – Resultados das medições de ruído, no período diurno.

| Pontos | Data | Horário das medições | | $LA_{eq}$ dB(A) | $LA_{10}$ dB(A) | $LA_{90}$ dB(A) | Observações durante as medições |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Início (h) | Término (h) | | | | |
| RDO 01 | 11/02/2014 | 15:55 | 16:15 | 32 | 34 | 29 | Cães, pessoas trabalhando nas proximidades, pássaros, grilos, vento médio. |
| RDO 01 | 12/02/2014 | 09:55 | 10:15 | 31 | 33 | 29 | Grilos, pássaros, cães, pessoas conversando, vento médio. |
| RDO 01 | 13/02/2014 | 09:30 | 09:50 | 33 | 35 | 30 | Pássaros, cães, pessoas trabalhando nas proximidades, pessoas conversando, tráfego de veículos leves. |
| RDO 02 | 11/02/2014 | 15:10 | 15:30 | 28 | 30 | 25 | Veículos leves e pesados trafegando na via próximo ao ponto de medição, pássaros, vento leve. |
| RDO 02 | 12/02/2014 | 08:24 | 08:44 | 29 | 30 | 27 | Pássaros, pessoas trabalhando nas proximidades, tráfego de veículos leves. |
| RDO 02 | 13/02/2014 | 08:50 | 09:10 | 33 | 37 | 27 | Pássaros, grilos, veículos leves. |
| RDO 03 | 11/02/2014 | 14:02 | 14:22 | 33 | 36 | 28 | Vento forte, pássaros, veículos trafegando na rodovia próximo ao ponto. |
| RDO 03 | 12/02/2014 | 09:15 | 09:35 | 30 | 32 | 27 | Pássaros, vento médio, tráfego de veículos leves e pesados na rodovia próximo ao ponto de medição. |
| RDO 03 | 13/02/2014 | 11:48 | 12:08 | 29 | 33 | 27 | Pessoas, vento médio, tráfego de veículos na rodovia próximo ao ponto de medição. |
| RDO 04 | 11/02/2014 | 13:20 | 13:40 | 29 | 32 | 26 | Pássaros, pessoas conversando nas proximidades, vento médio. |
| RDO 04 | 12/02/2014 | 11:23 | 11:43 | 33 | 37 | 29 | Vento médio, pássaros, pessoas conversando. |
| RDO 04 | 13/02/2014 | 10:38 | 10:58 | 33 | 36 | 28 | Pássaros, cães, pessoas conversando, vento médio. |

Tabela 9.15 – Resultados das medições de ruído, no período noturno.

| Pontos | Data | Horário das medições | | $LA_{eq}$ dB(A) | $LA_{10}$ dB(A) | $LA_{90}$ dB(A) | Observações durante as medições |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Início (h) | Término (h) | | | | |
| RDO 01 | 11/02/2014 | 20:45 | 21:05 | 37 | 38 | 34 | Grilos, cães, pessoas conversando. |
| RDO 01 | 12/02/2014 | 20:28 | 20:48 | 35 | 37 | 33 | Grilos, cães, pessoas conversando, veículos trafegando nas proximidades. |
| RDO 01 | 13/02/2014 | 20:25 | 20:45 | 37 | 40 | 34 | Grilos, cães, pessoas conversando, tráfego de veículos nas proximidades, som residencial, igreja próximo ao ponto. |
| RDO 02 | 11/02/2014 | 21:28 | 21:48 | 29 | 30 | 28 | Grilos e cães. |
| RDO 02 | 12/02/2014 | 21:10 | 21:30 | 29 | 29 | 28 | Grilos. |
| RDO 02 | 13/02/2014 | 21:07 | 21:27 | 33 | 37 | 29 | Grilos, cães, tráfego de veículos leves. |
| RDO 03 | 11/02/2014 | 19:16 | 19:36 | 29 | 31 | 25 | Veículos trafegando na rodovia próximo ao ponto, pássaros, grilos, cães, vento médio. |
| RDO 03 | 12/02/2014 | 19:06 | 19:26 | 29 | 30 | 27 | Pássaros, grilos, veículo trafegando na rodovia próxima ao ponto de medição. |
| RDO 03 | 13/02/2014 | 19:00 | 19:20 | 30 | 33 | 27 | Pessoas, cães, veículos na rodovia próxima ao ponto de medição, vento médio. |
| RDO 04 | 11/02/2014 | 19:59 | 20:19 | 29 | 30 | 27 | Grilos, pessoas conversando, cães. |
| RDO 04 | 12/02/2014 | 19:44 | 20:04 | 27 | 29 | 26 | Grilos, cães, pessoas conversando, vento |

| Pontos | Data | Horário das medições | | $LA_{eq}$ dB(A) | $LA_{10}$ dB(A) | $LA_{90}$ dB(A) | Observações durante as medições |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Início (h) | Término (h) | | | | |
| | | | | | | | médio. |
| RDO 04 | 13/02/2014 | 19:38 | 19:58 | 28 | 29 | 25 | Grilos, sapos, cães, pessoas conversando. |

O gráfico a seguir representa os níveis estatísticos das médias encontrados durante os 03 dias de medições realizadas nos períodos diurno e noturno.

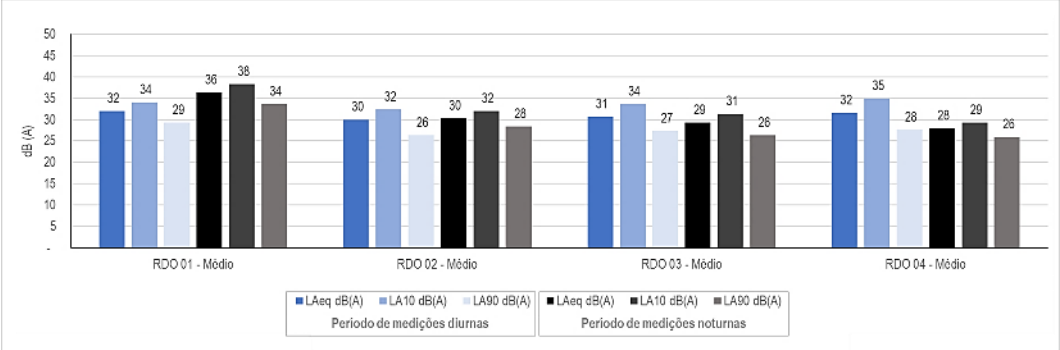



Figura 9-35 – Gráfico dos níveis $L_{10}$, $L_{90}$ 3 $L_{EQ}$.

- Nível Estatístico ($L_{10}$): é o nível de som ultrapassado por 10% dos valores medidos;
- Nível Estatístico ($L_{90}$): é o nível de som ultrapassado por 90% dos valores medidos;
- Nível Contínuo Equivalente ($L_{eq}$): representa o nível médio contínuo de energia sonora, equivalente ao sinal variável medido. O $L_{eq}$ é particularmente útil na avaliação de incômodo, situações de poluição sonora e reações subjetivas diante do ruído.

A Figura 9-35 e a Figura 9-36 apresentam os resultados alcançados nas medições em comparação às referências legais, considerando o período diurno e noturno para área mista, predominantemente residencial. Ressalta-se que as legislações estadual e federal estabelecem limites diferentes, já a legislação municipal segue os limites definidos pela Resolução CONAMA nº 001/1990 c/c NBR 10.151/2000.

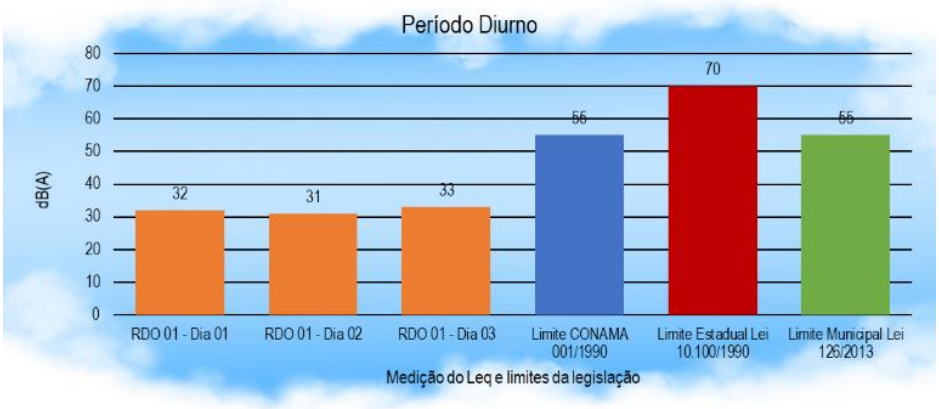



Figura 9-36 – Comparação dos resultados com a referência legal.

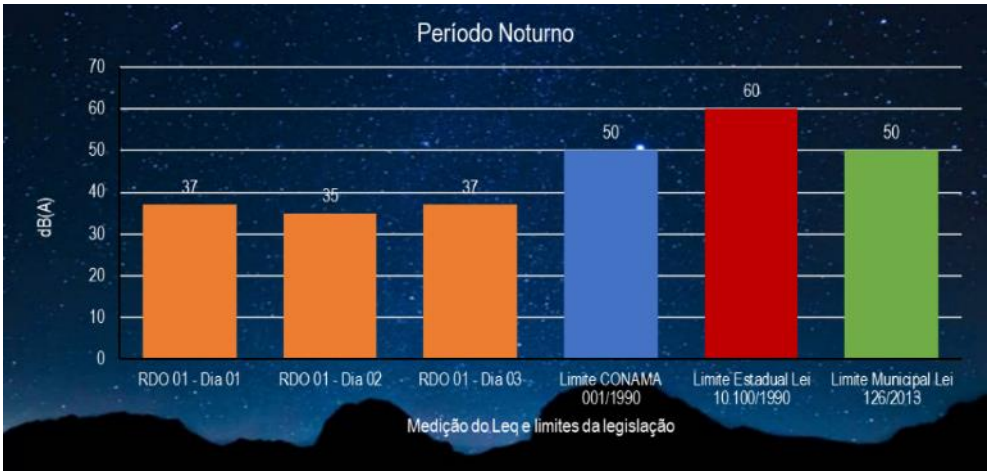



Figura 9-37 – Comparação dos resultados com a referência legal.

A Figura 9-38 e a Figura 9-39 apresentam os resultados alcançados nas medições em comparação às referências legais, considerando o período diurno e noturno para áreas de sítios e fazendas. Ressalta-se que as legislações estadual e federal estabelecem limites diferentes, já a legislação municipal segue os limites definidos pela Resolução CONAMA nº 001/1990 c/c NBR 10.151/2000.

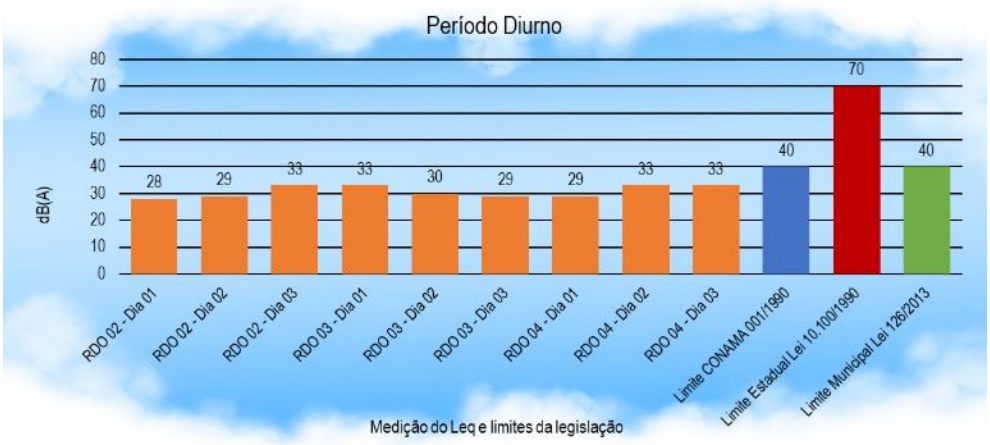



Figura 9-38 – Comparação dos resultados com a referência legal.

Figura 9-39 – Comparação dos resultados com a referência legal.

Os resultados de background apontam que os níveis de ruído se mantiveram dentro dos padrões permitidos pelas legislações federal (CONAMA n.º 001/1990) estadual (Lei n.º 10.100/1990) e Municipal

(Lei Complementar n.º 126/2013) em todos os pontos amostrados, independente da classificação da área.

## 9.4 GEOLOGIA

### 9.4.1 Geologia

A área encontra-se inserida, em termos geotectônicos na porção meridional da Serra do Espinhaço, termo introduzido por Eschewege (1822), representando uma faixa orogênica de idade pré-cambriana. Esta unidade orogênica estende-se por cerca de 1.200 km com orientação N-S, desde a região próxima a Belo Horizonte até o limite norte do estado da Bahia, próximo à divisa com os estados de Pernambuco e Piauí, subdividindo-se na Serra do Espinhaço Meridional e Serra do Espinhaço Setentrional.

A Serra do Espinhaço Meridional compreende cerca de 300 km da porção sul deste orógeno. Sustentada essencialmente por litologias do Supergrupo Espinhaço possui contato com unidades de diversas outras sequências supracrustais de idade semelhante, ou não, destacando o Supergrupo Minas, Grupo Macaúbas, Grupo Bambuí, Faixa Araçuaí e outros, as quais fazem contato com os diferentes compartimentos da serra, denominados como Central, Borda Oeste e Borda Leste (onde insere-se a área do projeto).

Toda a evolução do conhecimento da Serra do Espinhaço foi compilada nos trabalhos de Pflug (1965), Renger (1979) e Renger & Knauer (1995). A síntese dos modelos de evolução geotectônica e mapeamento geológico foram apresentadas em Pflug & Renger (1973), Uhlein (1991) e Almeida-Abreu (1993). E os modelos de evolução geodinâmica foram apresentados nos trabalhos de Schobbenhaus (1993) e Dussin & Dussin (1995).

Em termos gerais o Supergrupo Espinhaço compreende um pacote espesso de quartzitos, metapelitos e metaconglomerados com meta-vulcânicas, BIF's e carbonatos subordinados. Descrito como uma sequência *rift* de idade Estateriana, (Dossin et al., 1984) o Supergrupo Espinhaço é dividido em dois principais grupos: o Grupo Diamantina, constituído pelas Formações São João da Chapada, Sopa-Brumadinho e Galho do Miguel (Schöll & Fogaça, 1979), interpretado como um *rift* intracontinental e o Grupo Conselheiro Mata, constituído pelas Formações Santa Rita, Córrego dos Borges, Córrego Bandeira, Córrego Pereira e Rio Pardo Grande (Schöll & Fogaça, 1979), interpretado como uma sequência *sag* de águas marinhas rasas.

Dados referentes a Borda Leste, sobretudo a região de Serro – MG, onde encontra-se inserido este projeto foi compilado do trabalho de Knauer & Grossi-Sad (1997). Em Silveira (2016) encontra-se uma síntese atualizada do contexto geológico da região.

| Knauer & Grossi-Sad (1995) | | | | Almeida-Abreu & Renger (2002) | | | Rolim et al. (2016) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Proterozóico Superior | Suíte Pedro Lessa | | | | | | | | |
| Proterozóico Médio | Granitos Porfiríticos | | | | | | | | |
| | Suíte Borrachudos | | | | | | | | |
| | Suíte Metaígnea Conceição do Mato Dentro | | | | | | | | |
| | Supergrupo Espinhaço | Grupo Conselheiro Mata | F.m. Rio Pardo Grande | Proterozóico Inferior a Médio | Grupo Conselheiro Mata | F.m. Rio Pardo Grande | Proterozóica Inferior | Grupo Serra de São José | F.m Canjica |
| | | | F.m. Córrego Pereira | | | F.m. Córrego Pereira | | | F.m Jacém |
| | | | F.m. Córrego Bandeira | | | F.m. Córrego Bandeira | | | F.m. Itapanhoacanga |
| | | | F.m. Corrego dos Borges | | | F.m. Corrego dos Borges | | | F.m. Lapão |
| | | | F.m. Santa Rita | | | F.m. Santa Rita | | Grupo Serra da Serpentina | F.m. Serra do Sapo |
| | | F.m Galho do Miguel | | | Grupo Guinda | F.m Galho do Miguel | | | F.m. Meloso |
| | | Grupo Guinda | F.m. Itapanhoacanga | | | F.m. Sopa-Brumadinho | | | |
| | | | F.m. Sopa-Brumadinho | | | F.m. São João da Chapada | | | |
| | | | F.m. São João da Chapada | | Grupo Serro | F.m. Itapanhoacanga | | | |
| Proterozóico Inferior ou Médio | Grupo Serra da Serpentina | | Unidade Quartzítica | | | F.m. Serra do Sapo | | | |
| | | | Unidade Itabirítica | | | F.m. Jacém | | | |
| | | | Unidade Filítica | | | Suíte Ultramáfica Alvorada de Minas | | | |
| Arqueano ou Proterozóica | Unidade Zagaia | | | | | | | | |
| | Grupo Serro | | | | | | | | |
| | Grupo Costa Sena | | F.m. Bandeirinha | | | | | | |
| | | | F.m. Barão de Guaicuí | | | | | | |
| Arqueano | Sequência Vulcanossedimentar Rio Mata Cavalo | | | | | | | | |
| | Grupo Guanhães | | F.m. Superior | | | | | | |
| | | | F.m. Média | | | | | | |
| | | | F.m. Inferior | | | | | | |
| | Complexo Gouveia | | | | | | | | |
| | Complexo Basal | | | | | | | | |

Tabela 9.16 – Correlação estratigráfica de diferentes trabalhos que abordam as unidades da borda leste da Serra do Espinhaço.

Silveira (2016)

A Borda Leste da Serra do Espinhaço Meridional em virtude da tectônica de cavalgamentos apresenta distintas interpretações para correlacionar as unidades ali aflorantes com as unidades do Supergrupo Espinhaço a oeste. Segundo Knauer & Grossi-Sad (1997), a borda leste da Serra do Espinhaço Meridional, na região de Serro – MG, pode ser dividida em dois compartimentos, um a oeste contendo sequências de baixo grau metamórfico e outro a leste com rochas na fácies anfibolito, além de intrusões graníticas.

A estruturação está condicionada a tectônica de cavalgamentos caracterizadas por dois domínios principais de deformação (Rolim, 1992, Rosière et al., 1994): na borda leste desenvolve-se tectônica de cavalgamentos, na maioria das vezes frontais, de direção aproximada N-S, vergentes para oeste. Neste domínio é maior a magnitude da deformação, com desenvolvimento de zonas de cisalhamento com espessas faixas miloníticas.

A borda leste da Serra do Espinhaço Meridional em virtude da tectônica de cavalgamentos apresenta distintas interpretações para correlacionar as unidades ali aflorantes com as unidades do Supergrupo Espinhaço a oeste.

A seguir são apresentados mapa contextualizando a geologia e as principais litologias aflorantes e os lineamentos estruturais na região de Serra do Espinhaço Meridional (Modificado de Rolim et al., 2016, in Silveira, 2016).

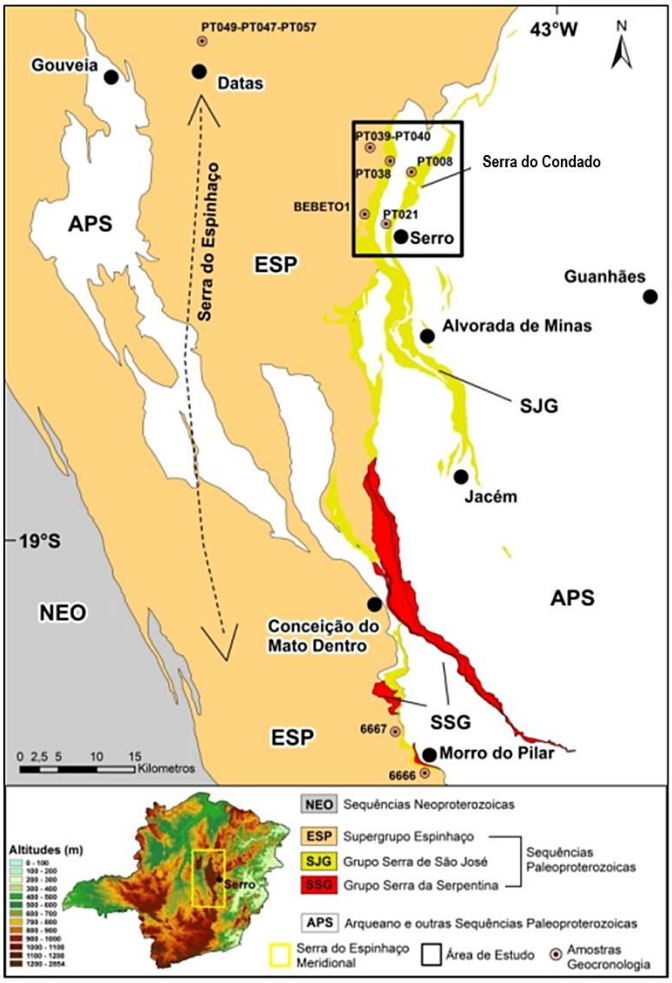



Figura 9-40 – Mapa contextualizando as principais unidades aflorantes na borda leste da Serra do Espinhaço Meridional

(Modificado de Silveira, 2016)

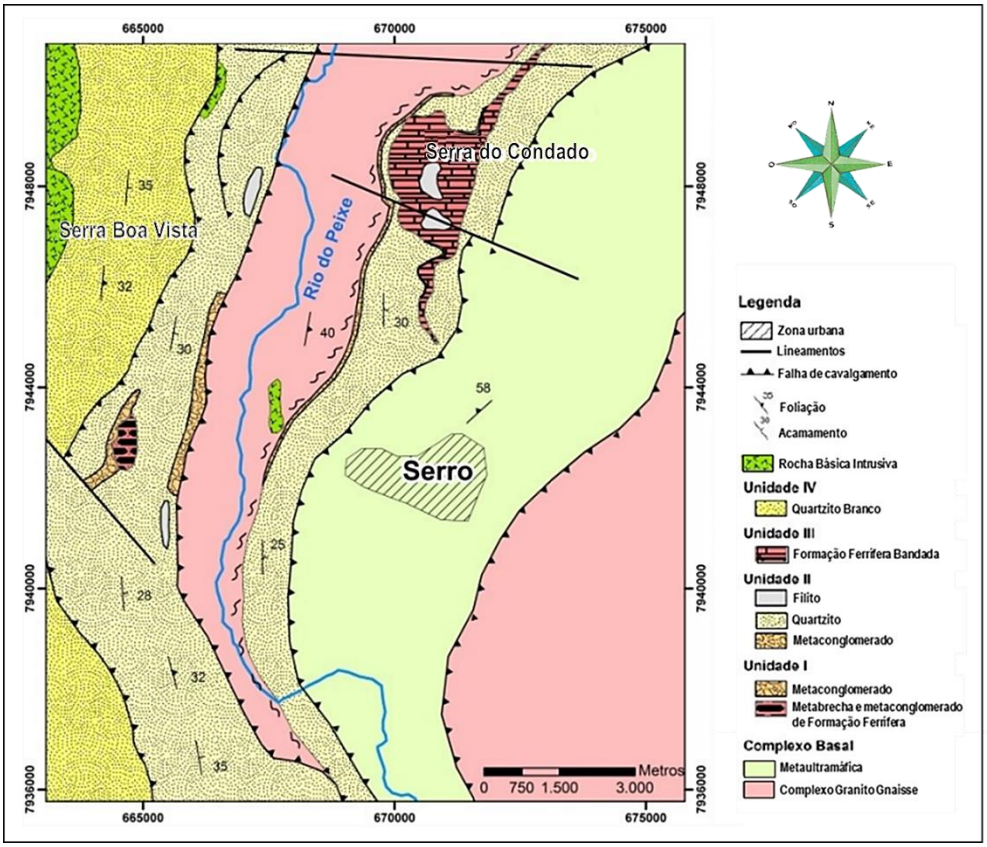



Figura 9-41 – Mapa geológico simplificado. Projeção UTM, Datum SAD 69 23S (Modificado de Silveira, 2016)

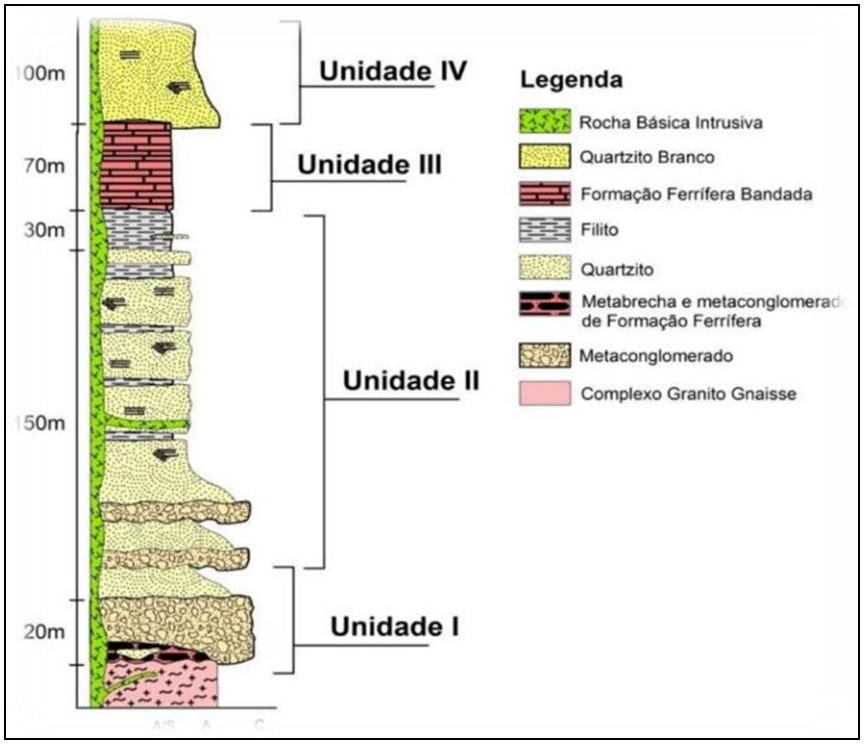



Figura 9-42 – Coluna estratigráfica para a sequência ao norte do Serro (Silveira, 2016).

Atribuindo como referência a Formação Itapanhoacanga e as unidades que definem as formações ferríferas bandadas é possível visualizar as diferentes interpretações para estas formações nos trabalhos regionais. No mapa geológico de Knauer & Grossi-Sad (1995) a Formação Itapanhoacanga está no topo do Grupo Guinda, inserida no Supergrupo Espinhaço e a Unidade Itabirítica é parte do Grupo Serra da Serpentina.

Para Almeida-Abreu & Renger (2002) a Formação Itapanhoacanga e a Formação Serra do Sapo (BIF) fazem parte do Grupo Serro, associadas as rochas ultramáficas da Suíte Alvorada de Minas e separadas do Grupo Guinda. Já Rolim et al. (2016) divide as BIF's em duas unidades; a Formação Serra do Sapo e a Formação Canjica, que está agrupada na mesma sequência da Formação Itapanhoacanga (Figura 9-40).

A Formação Meloso, base do Grupo Serra da Serpentina, é composta por quartzo-clorita- sericita xisto fino, branco esverdeado, seguidos de filitos de cor cinza claro a prateado, que mostra alternância de níveis sericíticos e níveis quartzosos, quartzo-grafita filito negro, rochas manganesíferas e lentes de quartzitos. O topo do grupo é representado pela Formação Serra do Sapo definida pela predominância de metassedimentos químicos, composta por formações ferríferas e localmente por um nível de dolomitos no topo.

O Grupo Serra de São José é caracterizado por predominância de metassedimentos rudáceos e é subdividido, da base para o topo, na Formação Lapão, um conjunto de metaconglomerados polimíticos e quartzitos grossos a médios, a Formação Itapanhoacanga, representada por espessos pacotes de quartzitos com níveis de metaconglomerados de seixos seguindo para quartzitos finos, laminados por planos sericíticos. A Formação Jacém (Almeida-Abreu et al. (1989) e Knauer (1990)) é composta por quartzitos monótonos brancos, de grão fino a médio, com lâminas paralelas sericíticas seguidos de filitos e quartzo sericita-xistos finos de cor cinza clara. A unidade superior do grupo, a Formação Canjica é caracterizada pela precipitação química de formações ferríferas bandadas.

Idades U/Pb em grãos de zircões detríticos, restringem o período de deposição da Formação Meloso em torno de 2.0 Ga e a Formação Itapanhoacanga em torno de 1.7 Ga. Estas idades mostram que o Grupo Serra da Serpentina possui a idade correlata com a Formação Barão de Guaicuí e a base do Grupo Serra de São José tem uma correlação cronoestratigráfica com as Formações São João da Chapada e Formação Bandeirinha (Rolim et al., 2016).

O embasamento é composto pelas rochas arqueanas de 2,66 a 2,87 Ga (Brito Neves et al. 1979 e Silva et al. 2002) descritas no Complexo Basal e no Complexo Gouveia (Knauer & Grossi-Sad, 1995). O primeiro, em linhas gerais, é composto por leucognaisses e gnaisses granitóides, contendo intercalações anfibolíticas, bem como seus derivados miloníticos (milonito gnaisse e milonito xisto). O Complexo Gouveia é representado por rochas granitoides, incluindo migmatito, gnaisses, além de milonitos e filonitos.

As rochas metaultramáficas da Suíte Alvorada de Minas (Almeida-Abreu & Renger, 2002) são caracterizadas por talco xisto, talco-clorita xisto, talco-carbonato xisto, cloritito e serpentinitos.

A origem e o posicionamento geotectônico desta unidade são incertos, podendo corresponder a corpos ofiolíticos (Renger, 1972), a um possível *greenstone belt* do Arqueano (Uhlein, 1982), ou partes de complexos acamadados, intrusivos (Zapparolli, 2001). Idades U/Pb indicaram períodos de formação entre 2,05 e 2,22 Ga (Hagedorn, 2004).

## 9.4.2 Geologia Estrutural Regional

As litologias na região de Serro foram submetidas a tectônica compressiva na qual falhas de empurrão são as estruturas dominantes, vergentes para oeste com rampas e patamares de cavalgamento variando de 20° a 45° graus, definidas por zonas de cisalhamentos onde afloram milonitos.

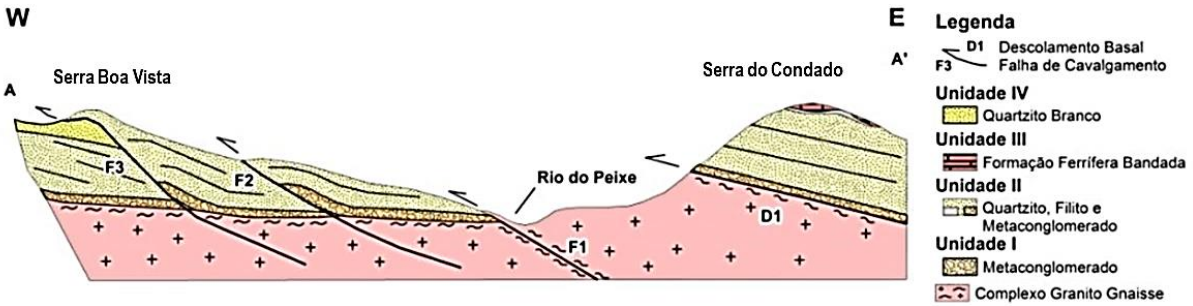



Figura 9-43 – Perfil geológico esquemático para a região de Serro, MG. (Silveira, 2016)

Na região podem ser definidos dois compartimentos estruturais, individualizados pela calha do Rio do Peixe. O setor leste do rio caracterizado por uma superfície de deslocamento basal D1, de direção NE-SW identificado na base da Serra do Condado e o setor oeste da drenagem definido pelas rampas frontais de cavalgamentos F1, F2 e F3 de direção NE-SW que formam a estrutura da Serra Boa Vista.

A superfície de descolamento basal D1 corresponde a uma descontinuidade estrutural regional onde não há inversão estratigráfica. Ela é definida por uma zona de cisalhamento ao longo do contato do metaconglomerado da Unidade II com o embasamento onde afloram ultramilonitos a milonitos com mergulhos de 20° a 30° para leste.

Várias estruturas mesoscópicas em escala de afloramento podem ser visualizadas envoltas pela foliação milonítica indicando vergência para oeste como *boudins* e *pods* de veios de quartzo, caudas de recristalização em cristais de feldspatos, estruturas S-C e S-C', *tension gashes*, feldspatos escalonados e dobras rompidas. Estruturas microscópicas como; sombras de pressão, caudas de recristalização, porfiroclastos com grãos de quartzo recristalizados e extinção ondulante também foram visualizadas.

A rampa de cavalgamento F1 possui extensão regional podendo ser mapeada pela inversão estratigráfica do embasamento cristalino sobre o metaconglomerado da Unidade I. Em campo é possível visualizar o saprólito do embasamento, rico em feldspato/caulinita, sobre o metaconglomerado mais competente e resistente ao intemperismo, e a ocorrência do embasamento em cotas topográficas acima dos metassedimentos próximos aos contatos.

A seguir é mostrado o mapa geológico esquemático para a região de Serro, MG evidenciando as estruturas locais (Silveira, 2016).

A falha de empurrão F2 apresenta caráter local com pouca continuação lateral e duplica a camada dos metassedimentos da Unidade II. As estruturas que definem F2 em afloramento são; a rampa principal (RP1), foliação milonítica anastomosada (S1), *tension gashes* (TG) perpendiculares ao principal plano de deslizamento e intensa percolação de veios de quartzo. Abaixo da principal descontinuidade (RP1) ocorre em escala de afloramento uma segunda rampa (RP2) com mergulho de 40° a 45º para leste.

A rampa de cavalgamento F3 de extensão regional ocorre no contato entre os quartzitos da Unidade II sobre os quartzitos da Unidade IV. Em afloramento a capa é caracterizada por um espesso pacote de quartzitos contendo foliação milonítica e bandas ferruginosas apresentando dobras e camadas rompidas segundo a foliação.

A lapa é composta pela sequência de quartzitos brancos micáceos mal selecionados com *tension gashes* orientadas aproximadamente 90º do plano de deslizamento entre os estratos, indicando movimento sinistral, desenvolvido durante o dobramento entre as unidades.

Quanto a xistosidade, as rochas da região desenvolvem xistosidade de morfologia anastomosada e sigmoidal caracterizada pela orientação das paletas de sericita envolvendo porfiroclastos de quartzo e feldspato constituindo frequentemente uma textura milonítica (S1) paralela ao acamamento e as zonas de cisalhamento. A foliação possui direção aproximada N-S com mergulho suave para leste.

Clivagem de crenulação ocorre como foliação (S2) ocorre com mergulho de 40° a 70° para oeste cortando a foliação regional (S1). No plano da estrutura o movimento pode evoluir e formam dobras por propagação de falhas vergentes para leste. No embasamento milonítico, nos filitos e na BIF as clivagens são comuns e persistentes e nos quartzitos são visualizadas apenas em lâminas delgadas. Esta estrutura é comum ser encontrada no setor leste da área e próximas a falha F1 no setor oeste.

Dobras são visualizadas apenas nas formações ferríferas e quartzitos ferruginosos no setor leste. Caracterizadas por serem apertadas a isoclinais, assimétricas, com os flancos curtos muitas vezes rompidos na região próxima a charneira mostrando sinais de transposição e ruptura por cisalhamento. A vergência é sempre para oeste com eixos sub-horizontais de direção norte sul. Dobras intrabandamentos ocorrem e são muitas vezes recumbentes dentro das camadas na BIF.

Três tipos de lineações podem ser visualizadas relacionadas a S1: lineação mineral, lineação de estiramento e as estrias de deslizamento. A primeira é caracterizada pela orientação de palhetas de sericita no plano da foliação S1, de caimento *down-dip*; a lineação de estiramento é o resultado da deformação nos grãos de quartzo e nos seixos dos metaconglomerados e ocorrem próximas as rampas de cavalgamento. As estrias de deslizamento ocorrem nos planos espelhados de falha indicando o sentido do movimento através dos sulcos e degraus.

### 9.4.3 Litoestratigrafia

#### 9.4.3.1 Complexo Basal

Esta unidade de idade arqueana ocorre na porção norte da área do projeto, frequentemente nas porções de terreno com perfil mais aplainado a moderadamente ondulada, expressando-se como grandes blocos ou afloramentos. Apresenta textura bandada definida pela alternância de níveis de quartzo e feldspato com níveis de minerais máficos. Comumente contém porfiroblastos de quartzo e feldspato orientados segundo a estruturação da rocha e veios de quartzo.

Figura 9-44 – Afloramento de gnaisse bandado.

### 9.4.3.2 Grupo Serro – Suíte Ultramáfica de Alvorada de Minas

Esta unidade compreende rochas de idade Arqueana a Paleoproterozóica que ocorrem principalmente nas porções leste e nordeste da área. Estas litologias apresentam coloração cinza prateada, granulação fina e foliação intensa. Normalmente são de aspecto sedoso pela predominância de clorita e de talco. Usualmente são intensamente deformados com dobramento métricos e veios de quartzo discordantes em relação a foliação.

Figura 9-45 – Afloramento de talco-clorita xisto da Suíte Ultramáfica Alvorada de Minas.

### 9.4.3.3 Grupo Serro – Formação Itapanhoacanga

Esta sequência é composta por diversas litologias representadas por xistos, formações ferríferas, dolomito e quartzito.

**Xisto:** Esta rocha ocorre preferencialmente na base da sequência, predominantemente na porção oeste da área. É encontrada comumente alterada, decomposta a semidecomposta com coloração variando de rosa amarelado a marrom. Em condições normais pode ser classificada como quartzo xisto ou quartzo - sericita xisto. Frequentemente contém óxidos de ferro e manganês. Foliação e crenulação são comumente definidas pela textura foliada.

**Formação Ferrífera Bandada:** preferencialmente itabiritos: Constitui na sequência mais importante por hospedar a mineralização de ferro. Estas rochas ocorrem na porção central como lentes de forma anastomosada e forte controle estrutural de orientação NNE-SSW. Possui rochas de fácies óxido, ritmicamente laminada, caracterizada por bandas milimétricas ricas em quartzo alternadas a camadas lamelares ricas em hematita. Quartzitos, filitos e hematita são observadas em lentes intercaladas as formações ferríferas. Veios de quartzo com diversas espessuras são comuns em fraturas desta rocha e muitas vezes apresentando especularita associada.

Dependendo da intensidade do intemperismo podem ser classificados como friáveis (IF), semicompactos (ISC) e compactos (IC). Os itabiritos friáveis são totalmente desagregados com quartzo completamente liberado e hematita com forma lamelar a granular. Esta litologia normalmente ocorre no topo da sequência próximo a superfície.

Itabirito semicompacto são rochas parcialmente decompostas e desagregadas, correspondendo à transição entre os friáveis e os compactos. Normalmente correm na base dos itabiritos friáveis ou como lentes intercaladas ao friável ou ao itabirito compacto.

Figura 9-46 – Afloramento de itabirito semicompacto.

Figura 9-47 – Afloramento de itabirito compacto.

A Formação Ferrífera Bandada com baixo conteúdo de ferro (<25%) é classificado como quartzitos ferruginosos e frequentemente apresenta gradação transicional para quartzitos.

**Hematita Compacta:** Corresponde aos horizontes de alto grau que ocorrem intercalados com itabiritos predominantemente na porção NW da área. Sua forma é lenticular, descontínua variando de poucos centímetros a 20 metros de espessura. Em afloramento a hematita dura é maciça a foliada com

coloração cinza escuro. Os corpos de hematita apresentam mergulho moderado para leste até tornar-se sub-vertical. Este tipo de minério pode ser relacionado para concentração de ferro durante o processo deformacional.

Figura 9-48 – Afloramento de hematita compacta.

**Quartzito e Sericita Quartzito:** Ocorre na base e no topo da sequência em camadas contínuas ou em lentes intercaladas com itabiritos e xistos. Compreendem rochas de granulação fina a média, coloração branca e frequentemente sericítica e de textura foliada. Localmente, ocorrem rochas friáveis. Os pacotes desta litologia possuem espessura variável.

Figura 9-49 – Afloramento de quartzito.

**Dolerito:** Esta rocha ocorre de forma restrita na porção noroeste da área e em exposições visíveis nos furos de sonda. Sua coloração é rosa, a granulação é fina e ocorre em espessos empacotamentos e, também, como lentes intercaladas aos itabiritos.

**Rochas Básicas Intrusivas:** Pouco conhecidas quanto a sua correta posição estratigráfica, estas rochas ocorrem como *sills* e/ou diques cortando as sequências litológicas existentes com variável espessura e extensão. Em furos de sonda estas rochas apresentam coloração esverdeada, granulação fina e foliação, com cloritização e cristais de magnetita octaédrica disseminada. Em geral a alteração destas rochas intrusivas forma saprolito argiloso de coloração marrom e textura foliada.

**Laterita:** Também conhecidas como cangas, desenvolvem-se durante o período Quaternário e preferencialmente desenvolvem-se na porção noroeste da área. Forma extensiva crosta dura de

reduzida espessura (aproximadamente 5 metros) com detritos de origem eluvial/coluvial sobre itabiritos. É composta por material goethítico em diferentes quantidades e fragmentos de hematita angular ou itabirito.

Figura 9-50 – Afloramento de crosta laterítica dura.

### 9.4.4 Geologia da Mina

As mineralizações relatadas na área do projeto são constituídas por formações ferríferas bandadas em fácies óxido que incluem itabiritos e hematitas. Estas rochas são caracterizadas pela alternância de finas camadas de ferro (hematita-magnetita) e quartzo. Baseado em testes metalúrgicos, os itabiritos com teor de ferro superior a 25% são considerados como o minério de ferro. Este valor corresponde ao teor mínimo de enriquecimento requerido para alimentação da planta de beneficiamento. Itabiritos com teores superiores a 60% de Fe são classificados como hematita.

Neste projeto, tanto itabiritos quanto hematitas são consideradas como minério de ferro. Segundo a intensidade do intemperismo incidente e teores, eles podem ser classificados como itabiritos friáveis (IF), itabiritos semicompactos (ISC), itabiritos compactos (IC) e hematita compacta (HD).

**Itabirito Friável:** este minério corresponde à formação ferrífera onde há total desagregação e completa liberação de quartzo e, também, apresenta hematita/magnetita lamelar/granular. Na maioria das vezes ocorrem no topo da sequência, ou em superfície tendo sido submetida a intenso processo de intemperismo, que contribuiu para o enriquecimento supergênico e incremento no teor de ferro. Na análise petrográfica apresenta textura granoblástica caracterizada por bandas milimétricas alternadas de quartzo, hematita e filossilicatos. Elas consistem em quartzo (40%), hematita (58%) e sericita (2%). Hematitas predominantemente são de morfologia granular (37%) e lobular (15%) e subordinadamente lamelar (5%). Estudos iniciais mostram que morfologia especularítica é consequência de processo deformacional pela deformação da hematita granular.

**Itabirito Semicompacto:** Este minério é originado da decomposição parcial e desagregação das rochas, na transição entre itabiritos friáveis e compactos.

**Itabirito Compacto:** Este minério corresponde às rochas frescas, de coloração cinza escuro, granulação fina, aspecto bandado, raramente maciço e com algumas concentrações de hematita. Em geral ocorre na porção inferior dos pacotes de formação ferrífera. Em alguns casos pode aparecer como lentes intercaladas com itabiritos friáveis ou semicompactos. Comumente este minério apresenta teores inferiores aos itabiritos friáveis.

Em estudos petrográficos são caracterizados por apresentar intercalações de níveis quartzosos (70%) com agregados de hematita tabular (30%) e orientação de diversos minerais. Os cristais de quartzo são de granulação fina, possuem contatos retilíneos de forma poligonal. A hematita possui forma tabular em agregados de orientação preferencial, alongamento de cristais com granulação de fina a média.

**Hematita Compacta:** Corresponde ao minério de alto teor (superior a 60% Fe). Considerando as propriedades geofísicas do material podem ser separados como hematitas compactas e friáveis. No depósito de Serro o minério constituído de hematita compacta é encontrado em maior quantidade em comparação com os depósitos da Serra do Sapo e Itapanhoacanga. As hematitas compactas possuem aspecto maciço ou foliado e coloração cinza escuro.

Na próxima fotografia é possível observar a vista panorâmica da área do projeto e ver a elevação montanhosa que encerra parte das reservas de minério de ferro, e no ponto assinalado, o local onde está inserida a planta de beneficiamento existente.

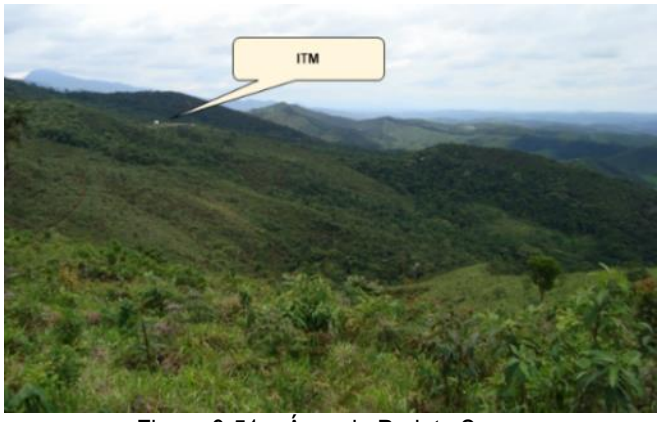



Figura 9-51 – Área do Projeto Serro.

Figura 9-52 – Afloramento de itabirito friável.

Figura 9-53 – Afloramento de rocha itabirítica semicompacta.

Figura 9-54 – Detalhe da formação ferrífera hematítica.

Figura 9-55 – Detalhe da Formação Ferrífera Bandada (itabirítica).

## 9.5 GEOMORFOLOGIA

A região do município do Serro encontra-se inserida na província geomórfica da Serra do Espinhaço, próximo ao limite com a província geomórfica do Rio Doce.

Toda a região é fortemente montanhosa, sobretudo em sua porção ocidental, tendo sua evolução estendida até o Mesozóico. Devido a esta longeva evolução as formas relacionadas a terrenos antigos puderam ser preservadas e em associação àquelas mais recentes. Por este motivo o contexto geomorfológico local é forte (com cotas apresentando variações da ordem de 400 a 700 m), e com morfogênese expressivamente ativa, sujeitas as flutuações climáticas sazonais, claramente representadas pelo balanço erosão/deposição com formas de relevo significativas.

Conforme estabelecido em Knauer & Grossi Sad (1997), o contexto geomorfológico local foi identificado através de métodos morfométricos em superfícies de erosão. Conforme esta metodologia, são identificadas quatro superfícies de erosão.

A **Superfície de Erosão Inicial** ocorre como reduzidos resíduos em elevações da ordem de 1.300 m. Correspondem a massas residuais irregulares em forma, não possuem aplainamento no topo que indique uma superfície regular, mas apresentam cristas achatadas. Observa-se uma discreta inclinação de sul para norte. Esta superfície é identificada como de idade cretácea, associada a processos essencialmente de pediplanação em clima de savana. Esta superfície corresponde às maiores elevações regionais expressas na Serra do Espinhaço, sendo mais bem representada pela elevação do Pico do Itambé.

A **Segunda Superfície de Erosão** apresenta aplainamento expressivo, e resultou dos intensos processos erosivos que incidiram sobre a Superfície de Erosão Inicial e corresponde aos processos decorrentes do soerguimento regional do pediplano. É representada em cotas da ordem de 1.200 m em serras lineares, uniformes e contínuas, indicando uma pediplanação antiga completa.

Os perfis das cristas e das encostas altas são suaves, e em sua maioria as serras possuem perfil achatado, contrastando com as porções mais baixas da superfície que apresenta declives escarpados. Nesta superfície as cristas são enviesadas, bem aplainadas e de declives discretos e convexos, truncando os planos estruturais dos metassedimentos. As encostas mais superiores são bem suavizadas, tornando-se retilíneas nas porções inferiores. Outro modelado resultante desta superfície de erosão corresponde as estruturas em Pão de Açúcar condicionada aos terrenos graníticos, e mesmo em terrenos quartzíticos (representado pela Pedra Redonda), originados essencialmente pela incidência de processos erosivos localizados, condicionados por fraturamentos que dissecaram as massas rochosas em compartimentos de tamanho variável.

Esta superfície é expressivamente representada nas Serras do Veado, da Pedra Redonda, da Bocaina e no Espigão dos Alves.

A **Terceira Superfície de Erosão** possui maior expressão superficial, juntamente com a quarta superfície. Tipicamente corresponde a um amplo planalto contínuo, sem interrupções. Em elevações da ordem de 900 m, tem como elementos característicos os morros arredondados e de topo chato, intercalados por vales com cotas, geralmente, 50 metros abaixo do aplainamento existente. Abrange toda a porção oriental da região assentando-se sobre rochas graníticas e gnáissicas (borda oriental da Serra do Espinhaço).

Os morros arredondados são recobertos por espesso manto de intemperismo. Subordinadamente ocorrem terraços cascalhosos, onde os interflúvios são salientes, podendo desenvolver-se também finas couraças ferruginosas.

Sua gênese ocorreu em regime climático úmido e quente, o qual é o único capaz de explicar o desmonte das rochas sobre as quais elaborou-se o aplainamento. A diferenciação e preservação da segunda superfície deu-se exclusivamente pela variação litológica, mantendo-a parcialmente preservada. Nesta superfície desenvolve-se a mais expressiva rede de drenagem da região, a qual possivelmente é herdada das antigas drenagens, no processo de erosão progressiva e dissecação através de capturas.

A **Quarta Superfície de Erosão** é entendida como um ciclo erosivo assentado entre a terceira superfície e a zona situada abaixo da cota 760 m, onde também se desenvolve grande rede de drenagem.

Corresponde a uma superfície achatada e amplamente distribuída. Não possui significativa expressão topográfica e os vales são abertos. Nas drenagens principais observa-se escalonamento nos níveis dos terraços recortados por estes rios (Rios Guanhães e do Peixe).

### 9.5.1 Geomorfologia Local

A área do empreendimento encontra-se inserida no compartimento geomorfológico da Segunda Superfície de Erosão.

Localmente este compartimento destaca-se, na paisagem, por apresentar altitude expressiva e vertentes abruptas, assentando-se sobre rocha quartzítica e itabirítica do Grupo Serra da Serpentina, e granitóides do Grupo Guanhães.

A vertente abrupta na porção oeste desenvolveu-se em função da erosão diferencial no contato entre o quartzito e os granitóides. Os granitóides são mais susceptíveis a processos erosivos, contribuindo inclusive com a agradação dos depósitos na Quarta Superfície. O quartzito, como rocha mais dura, menos susceptível a erosão, encontra-se mais preservada no perfil topográfico. E dessa forma observa-se promovendo a formação desta descontinuidade no relevo.

Esta unidade é representada por formas erosivas de topo convexo, onde desenvolve-se predominantemente neossolo litólico. As consideráveis inclinações (superiores a 30%), favorecem mais os processos de morfogênese, em detrimento das pedogenéticas, assim como do escoamento superficial das águas pluviais, em relação a infiltração.

Nos topos do compartimento, na vertente oeste podem ser observadas declividades menores (inferiores a 20%). Topograficamente, as altitudes variam desde 850 m (no sopé), até 1220 m nos topos da serra, resultando em uma amplitude topográfica de 370 m, típica de terrenos serranos. Já a vertente oeste, a altitude média é de 950 metros, as declividades ficam entre 12 e 20%, e em alguns locais pontuais predominam declividades mais altas (superiores a 20%).

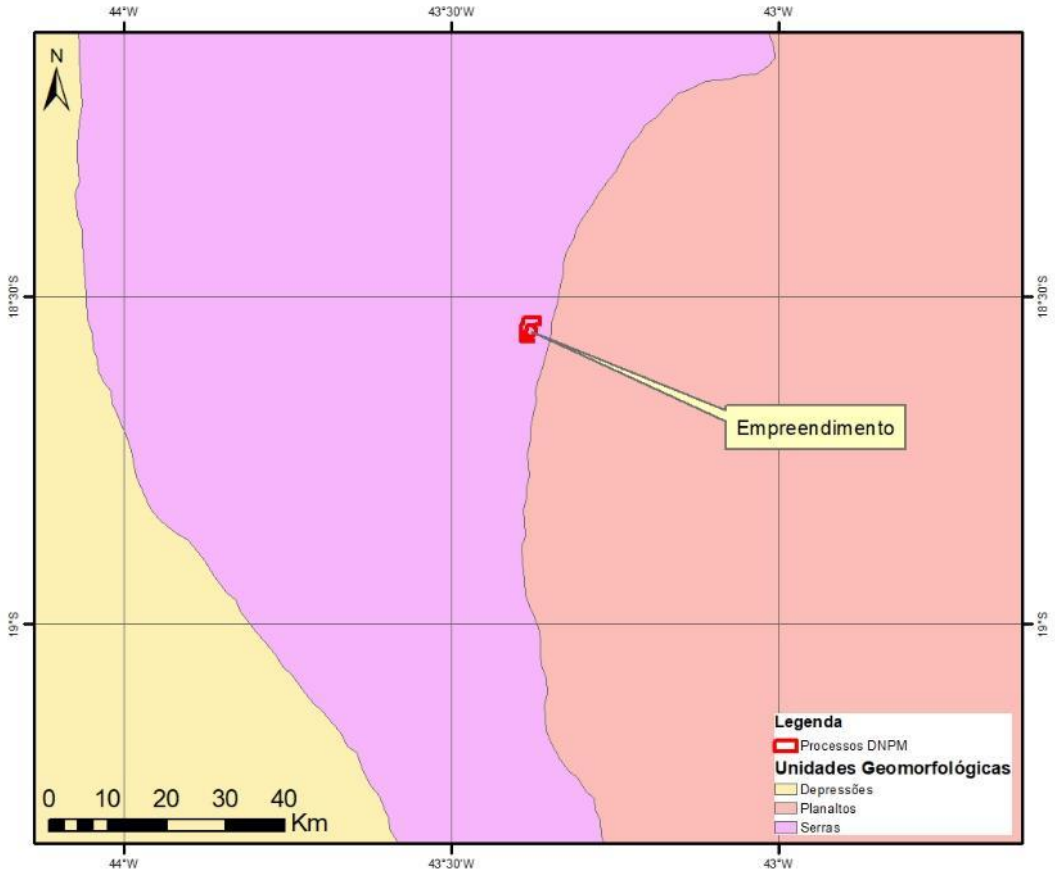



Figura 9-56 – Geomorfologia regional da região de inserção do processo.

### 9.5.2 Suscetibilidade a Processos Erosivos

Considerando a análise geomorfológica da região, avaliou-se que a região é de baixa susceptibilidade à processos erosivos, especialmente considerando as superfícies de canga cimentada e afloramentos rochosos, resistentes à processos erosivos.

Não houve identificação de zonas cársticas ou susceptíveis a dolinamentos.

## 9.6 PEDOLOGIA E APTIDÃO AGRÍCOLA

Os compartimentos de solos da região são os mesmos estabelecidos para o restante do contexto pertencente a Serra do Espinhaço e zonas marginais. A área do empreendimento encontra-se sobre domínios de afloramentos rochosos, cambissolos e latossolos vermelho escuro.

Nas maiores elevações locais, a acentuada inclinação do relevo não favorece os processos de formação de solo, assim a superfície é dominada por afloramentos rochosos e fragmentos de rochas em depósitos de tálus. Pontualmente pode apresentar características de Neossolo Litólico raso composto essencialmente por material inerte resultante da desagregação das rochas.

O cambissolo local caracteriza-se como um solo jovem com elevada carga mineral (fragmentos arenosos), apresenta pontualmente expressões do horizonte A e B com espessura extremamente reduzida.

Ao longo do alinhamento serrano ocorrem também latossolos vermelho-escuros derivados de material transportado proveniente das litologias locais caracterizando latossolos coluviais, podzólicos vermelho-amarelo e vermelho-escuro recorrentes as áreas mais elevadas e temperaturas mais amenas onde associam-se a afloramentos rochosos em processo inicial de formação de níveis de alteração superficial. E na crista da serra formam-se litossolos rasos contendo grande quantidade de fragmentos de rocha.

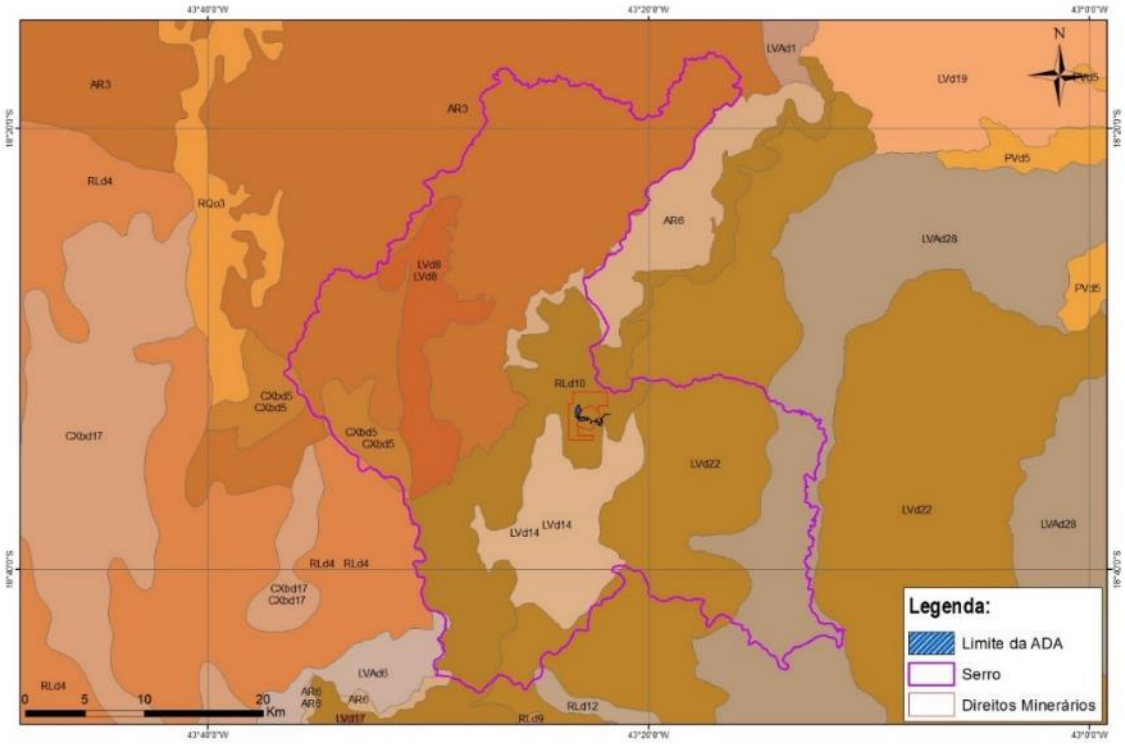



Figura 9-57 – Tipificação dos Solos da região de inserção do processo[5].

A ADA do Projeto Serro encontra-se englobada totalmente em solo do tipo NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos, que segundo a classificação da EMBRAPA, de dezembro de 2011, legenda RLd10 (Figura 9-57) é composto pelo conjunto de Neossolos Litólicos Distróficos + Argissolos Vermelhos Eutróficos + Cambissolos Háplicos Tb Eutróficos.

### 9.6.1 Neossolos Litólicos[6]

Segundo informações coletadas na AGEITEC (Agência EMBRAPA de Informação Tecnológica), essa classificação de solo compreende solos rasos, onde geralmente a soma dos horizontes sobre a rocha não ultrapassa 50 cm, estando associados normalmente a relevos mais declivosos.

[5] Fonte: sítio IDE-SISEMA - http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/ - Mapeamento de Solos da FEAM, acessado em 11/02/2019.
[6] Fonte: sítio da EMBRAPA - Autores: Humberto Gonçalves dos Santos ; Maria José Zaroni ; Eliane de Paula Clemente Almeida - http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html

As limitações ao uso estão relacionadas a pouca profundidade, presença da rocha e aos declives acentuados associados às áreas de ocorrência destes solos. Estes fatores limitam o crescimento radicular, o uso de máquinas e elevam o risco de erosão.
Sua fertilidade está condicionada à soma de bases e à presença de alumínio, sendo maior nos eutróficos e mais limitada nos distróficos e alícos. Os teores de fósforo são baixos em condições naturais.

São normalmente indicados para preservação da flora e fauna, mas em algumas regiões, verifica-se que estes solos são utilizados, como nos estados de São Paulo e Minas Gerais, para produção de café e milho; com milho, feijão e soja em Santa Catarina e com viticultura e pastagem no Estado do Rio Grande do Sul.

Os Neossolos Litólicos podem ser classificados no terceiro nível categórico do SiBCS (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos) como demonstrado na tabela abaixo, onde são relacionadas as características destas classes de solo e as implicações para uso e manejo.

Tabela 9.17 – Grandes grupos dos Neossolos Litólicos.

| Grupo | Características |
|---|---|
| Hísticos | Camada superficial totalmente orgânica |
| Húmicos | Camada superficial rica em matéria orgânica. |
| Carbonáticos | Presença de carbonato de cálcio sem que este afete o desenvolvimento da maioria das plantas. |
| Chernossólicos | Solos com a presença de um horizonte chernossólico. |
| Distro-úmbricos | Solos de baixa fertilidade; presença de Horizonte superficial, com boa estrutura, bom teor de carbono, mas de baixa fertilidade. |
| **Distróficos** | **Solos de baixa fertilidade.** |
| Eutro-úmbricos | Solos de alta fertilidade; presença de Horizonte superficial, com boa estrutura, bom teor de carbono, com alta fertilidade. |
| Eutróficos | Solos de alta fertilidade. |

Na tabela abaixo são demonstradas as classes dos Neossolos Litólicos no quarto nível categórico do SiBCS, suas características e as implicações para uso e manejo.

Tabela 9.18 – Subgrupos dos Neossolos Litólicos.

| Grupo | Subgrupo | Características |
|---|---|---|
| NEOSSOLOS LITÓLICOS Hístico | Típicos | Não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação. |
| NEOSSOLOS LITÓLICOS Húmicos | Espódicos | A presença de horizonte espódico dificulta a penetração de raízes e de água. |
| | Típicos | Não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação. |
| NEOSSOLOS LITÓLICOS Carbonáticos, Chernossólicos, Distro-úmbricos, Distróficos, Eutro-úmbricos e Eutróficos | Fragmentários | Possui restrição na penetração de raízes. |
| | Típicos | Não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação. |

### 9.6.2 Argissolos Vermelhos[7]

Segundo informações coletadas na AGEITEC, esse tipo de solo é classificado como argissolo de cores vermelhas acentuadas (Figura 9-58) devido a teores mais altos e à natureza dos óxidos de ferro presentes no material originário, em ambientes bem drenados. Apresenta fertilidade natural muito variável devido à diversidade de materiais de origem.

Figura 9-58 – Exemplo de argissolo
(Fonte: hotsites.cnps.embrapa.br)

O teor de argila no horizonte subsuperficial (de cor vermelha) é bem maior do que no horizonte superficial, sendo esse incremento de argila percebido sem dificuldade quando se faz o exame de textura, no campo.

Ocorrem geralmente em áreas de relevo ondulado, mas podem ser identificados em áreas menos declivosas, o que favorece a mecanização. As principais limitações são os declives dos terrenos mais acidentados e a deficiência de fertilidade.

7 Fonte: sítio da EMBRAPA - Autor(es): Humberto Gonçalves dos Santos ; Maria José Zaroni ; Eliane de Paula Clemente Almeida - http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gmziudsg02wx5ok0liq1mqdz33gbr.html

Outra característica desse tipo de solo é que sua capacidade de troca ocupada com bases (cálcio, magnésio e potássio) é maior que 50%, tornando eles os mais férteis. O que influencia, de forma positiva, o contato entre os nutrientes e a superfície das raízes através do crescimento radicular.

Os Argissolos Vermelhos podem ser classificados no terceiro nível categórico do SiBCS como demonstrado na tabela abaixo, onde são relacionadas as características destas classes de solo e as implicações para uso e manejo.

Tabela 9.19 – Grandes grupos dos Argissolos Vermelhos.

| Grupo | Características |
|---|---|
| Alíticos | Solos de baixa fertilidade; Teores muito elevados de alumínio no solo afetando significativamente o desenvolvimento de raízes; atividade de argila igual ou maior do que 20 cmolc/kg de argila. |
| Alumínicos | Teores muito elevados de alumínio no solo afetando significativamente o desenvolvimento de raízes; atividade de argila menor do que 20 cmolc/kg de argila. |
| Ta Distróficos | Solos com argila de alta atividade e de baixa fertilidade. |
| Distróficos | Solos de baixa fertilidade. |
| Eutroférricos | Solos de alta fertilidade e com altos teores de Fe nos horizontes superficiais. |
| **Eutróficos** | **Solos de alta fertilidade.** |

Na tabela abaixo são demonstradas as classes dos Argissolos Vermelhos no quarto nível categórico do SiBCS, suas características e as implicações para uso e manejo.

Tabela 9.20 – Subgrupos dos Argissolos Vermelhos.

| Grupo | Subgrupo | Características |
|---|---|---|
| ARGISSOLOS VERMELHOS Alíticos | Abrúpticos | A diferença textural dificulta a infiltração de água no solo e o torna suscetível à erosão. |
| | Plínticos | A presença de plintita indica drenagem imperfeita e restrição da profundidade efetiva do solo. |
| | Epiáquicos | Presença de camadas úmidas no perfil por longos períodos favorecendo o aparecimento de doenças. |
| | Úmbricos | Presença de Horizonte superficial, com boa estrutura, bom teor de carbono, mas de baixa fertilidade. |
| | Típicos | Não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação. |
| ARGISSOLOS VERMELHOS Ta distróficos | Abrúpticos | A diferença textural dificulta a infiltração de água no solo e o torna suscetível à erosão. |
| | Epiáquicos | Presença de camadas úmidas no perfil por longos períodos favorecendo o aparecimento de doenças. |
| | Úmbricos | Presença de Horizonte superficial, com boa estrutura, bom teor de carbono, mas de baixa fertilidade. |
| | Típicos | Não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação. |
| ARGISSOLOS VERMELHOS Distróficos | Arênicos | Solos com textura arenosa desde a superfície do solo até no mínimo 50 cm e no máximo 100 cm de profundidade. Suscetíveis à erosão. |
| | Planossólicos | Presença de altos teores de argila dispersa que pode causar a formação temporária de um lençol de água suspenso. |
| | Abrúpticos plínticos | A diferença textural dificulta a infiltração de água no solo e o torna suscetível à erosão. A presença de plintita indica drenagem imperfeita e restrição da profundidade efetiva do solo. |

| Grupo | Subgrupo | Características |
|---|---|---|
| | Abrúpticos | A diferença textural dificulta a infiltração de água no solo e o torna suscetível à erosão. |
| | Plínticos | A presença de plintita indica drenagem imperfeita e restrição da profundidade efetiva do solo. |
| | Nitossólicos | Solos com a presença de um horizonte nitossólico. |
| | Latossólicos | Solos com a presença de um horizonte latossólico. |
| | Úmbricos | Presença de Horizonte superficial, com boa estrutura, bom teor de carbono, mas de baixa fertilidade. |
| | Típicos | Não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação. |
| ARGISSOLOS VERMELHOS Eutroférricos | Abrúpticos saprolíticos | A diferença textural dificulta a infiltração de água no solo e o torna suscetível à erosão, além de restrição a penetração de raízes na subsuperfície. |
| | Abrúpticos | A diferença textural dificulta a infiltração de água no solo e o torna suscetível à erosão. |
| | Chernossólicos | Solos com a presença de um horizonte chernossólico. |
| | Nitossólicos | Solos com a presença de um horizonte nitossólico. |
| | Latossólicos | Solos com a presença de um horizonte latossólico. |
| | Típicos | Não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação. |
| ARGISSOLOS VERMELHOS Eutróficos | Espessarênicos | Solos muito arenosos até a profundidade superior a 100 cm; suscetíveis à erosão. |
| | Arênicos | Solos com textura arenosa desde a superfície do solo até no mínimo 50 cm e no máximo 100 cm de profundidade. Suscetíveis à erosão. |
| | Abrúpticos chernossólicos | A diferença textural dificulta a infiltração de água no solo e o torna suscetível à erosão e presença de um horizonte chernossólico. |
| | Abrúpticos plínticos solódicos | A diferença textural dificulta a infiltração de água no solo e o torna suscetível à erosão. A presença de plintita indica drenagem imperfeita e restrição da profundidade efetiva do solo e o teor de sódio poder causar toxidez às plantas mais sensíveis a este elemento. |
| | Abrúpticos plínticos | A diferença textural dificulta a infiltração de água no solo e o torna suscetível à erosão. A presença de plintita indica drenagem imperfeita e restrição da profundidade efetiva do solo. |
| | Abrúpticos solódicos | A diferença textural dificulta a infiltração de água no solo e o torna suscetível à erosão e o teor de sódio poder causar toxidez às plantas mais sensíveis a este elemento. |
| | Abrúpticos | A diferença textural dificulta a infiltração de água no solo e o torna suscetível à erosão. |
| | Lépticos | Restrição à drenagem devido a contato lítico na subsuperfície. |
| | Nitossólicos | Solos com a presença de um horizonte nitossólico. |

| Grupo | Subgrupo | Características |
|---|---|---|
| | Latossólicos | Solos com a presença de um horizonte latossólico. |
| | Chernossólicos | Solos com a presença de um horizonte chernossólico. |
| | Saprolíticos | Restrição à penetração de raízes na subsuperfície. |
| | Típicos | Não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação. |

### 9.6.3 Cambissolos Háplicos[8]

Ainda segundo a AGEITEC os cambissolos são identificados normalmente em relevos forte ondulados ou montanhosos, que não apresentam horizonte superficial A Húmico.

Figura 9-59 – Cambissolos Háplicos Tb Eutróficos
(Fonte: Acervo da Embrapa Solos)

São solos de fertilidade natural variável. Apresentam como principais limitações para uso, o relevo com declives acentuados, a pequena profundidade e a ocorrência de pedras na massa do solo.

Os Cambissolos Háplicos podem ser classificados no terceiro nível categórico do SiBCS como demonstrado na tabela abaixo, onde são relacionadas as características destas classes de solo e as implicações para uso e manejo.

[8] Fonte: sítio da EMBRAPA - Autor(es): Humberto Gonçalves dos Santos ; Maria José Zaroni ; Eliane de Paula Clemente Almeida - http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn1sf65m02wx5ok0liq1mqzx3jrec.html

Tabela 9.21 – Grandes grupos dos Cambissolos Háplicos.

| Grupo | Características |
|---|---|
| Carbonáticos | Presença de carbonato de cálcio sem que este afete o desenvolvimento da maioria das plantas. |
| Sódicos | O teor de sódio causa toxidez à maioria das plantas, afetando o crescimento destas, pois inibe a adsorção de cálcio e magnésio, elementos vitais ao seu desenvolvimento. Causa, também, a dispersão das argilas. |
| Perférricos | Altos teores de óxido de ferro, geram boa estruturação no solo, mais baixa fertilidade. |
| Alíticos | Solos de baixa fertilidade; Teores muito elevados de alumínio no solo afetando significativamente o desenvolvimento de raízes; atividade de argila igual ou maior do que 20 cmolc/kg de argila. |
| Alumínicos | Teores muito elevados de alumínio no solo afetando significativamente o desenvolvimento de raízes; atividade de argila menor do que 20 cmolc/kg de argila. |
| Ta Distróficos | Solos com argila de alta atividade e de baixa fertilidade. |
| Ta Eutroférricos | Solos com argila de alta atividade, altos teores de ferro e de alta fertilidade. |
| Ta Eutróficos | Solos com argila de alta atividade e de alta fertilidade. |
| Tb Distroférricos | Solos com argila de baixa atividade, altos teores de ferro e de baixa fertilidade. |
| Tb Distróficos | Solos com argila de baixa atividade e de baixa fertilidade. |
| Tb Eutroférricos | Solos com argila de baixa atividade, altos teores de ferro e de alta fertilidade. |
| **Tb Eutróficos** | **Solos com argila de baixa atividade e de alta fertilidade.** |

Nas tabelas abaixo são demonstradas as classes dos Cambissolos Háplicos no quarto nível categórico do SiBCS, suas características e as implicações para uso e manejo.

Tabela 9.22 – Subgrupos dos Cambissolos Háplicos.

| Grupo | Subgrupo | Características |
|---|---|---|
| CAMBISSOLOS HÁPLICOS Carbonáticos | Saprolíticos | Restrição à penetração de raízes na subsuperfície. |
| | Vertissólicos | Não apresenta restrição ao desenvolvimento de plantas podendo, no entanto, afetar o desempenho dos implementos agrícolas. |
| | Lépticos | Restrição à drenagem devido a contato lítico na subsuperfície. |
| | Típicos | Não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação. |
| CAMBISSOLOS HÁPLICOS Sódicos | Vertissólicos | Não apresenta restrição ao desenvolvimento de plantas podendo, no entanto, afetar o desempenho dos implementos agrícolas. |
| | Lépticos | Restrição à drenagem devido a contato lítico na subsuperfície. |
| | Típicos | Não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação. |
| CAMBISSOLOS HÁPLICOS Perférricos | Latossólicos | Solos com a presença de um horizonte latossólico. |
| | Típicos | Não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação. |
| CAMBISSOLOS HÁPLICOS Alíticos | Lépticos | Restrição à drenagem devido a contato lítico na subsuperfície. |
| | Gleissólicos | Solos com horizonte glei (tabatinga) dentro de 200 cm da superfície; indicativo de má drenagem. |

| Grupo | Subgrupo | Características |
|---|---|---|
| | Típicos | Não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação. |
| CAMBISSOLOS HÁPLICOS Alumínicos | Organossólicos | Altos teores de matéria orgânica, cores escurecidas, boa estrutura e altos teores de nutrientes. |
| | Lépticos | Restrição à drenagem devido a contato lítico na subsuperfície. |
| | Plínticos | A presença de plintita indica drenagem imperfeita e restrição da profundidade efetiva do solo. |
| | Petroplínticos | Solos com petroplintita e/ou concreções dentro de 200 cm da superfície. Sua presença indica drenagem imperfeita e restrição da profundidade efetiva do solo. |
| | Espódicos | A presença de horizonte espódico dificulta a penetração de raízes e de água. |
| | Úmbricos | Presença de Horizonte superficial, com boa estrutura, bom teor de carbono, mas de baixa fertilidade |
| | Típicos | Não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação. |
| CAMBISSOLOS HÁPLICOS Ta Distróficos | Lépticos | Restrição à drenagem devido a contato lítico na subsuperfície. |
| | Úmbricos | Presença de Horizonte superficial, com boa estrutura, bom teor de carbono, mas de baixa fertilidade |
| | Típicos | Não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação. |
| AMBISSOLOS HÁPLICOS Ta Eutroférricos ou Tb Distroférricos | Lépticos | Restrição à drenagem devido a contato lítico na subsuperfície. |
| | Típicos | Não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação. |
| CAMBISSOLOS HÁPLICOS Ta Eutróficos | Líticos | Restrição à drenagem devido a contato lítico na subsuperfície. |
| | Lépticos | Restrição à drenagem devido a contato lítico na subsuperfície. |
| | Vertissólicos | Não apresenta restrição ao desenvolvimento de plantas podendo, no entanto, afetar o desempenho dos implementos agrícolas. |
| | Solódicos | Presença de sódio tolerada pela maioria das plantas. |
| | Típicos | Não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação. |
| CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos | Lépticos | Restrição à drenagem devido a contato lítico na subsuperfície. |
| | Latossólicos | Solos com a presença de um horizonte latossólico. |
| | Plínticos | A presença de plintita indica drenagem imperfeita e restrição da profundidade efetiva do solo. |
| | Petroplínticos | Solos com petroplintita e/ou concreções dentro de 200 cm da superfície. Sua presença indica drenagem imperfeita e restrição da profundidade efetiva do solo. |

| Grupo | Subgrupo | Características |
|---|---|---|
| | Úmbricos | Presença de Horizonte superficial, com boa estrutura, bom teor de carbono, mas de baixa fertilidade |
| | Típicos | Não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação. |
| CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Eutroférricos | Lépticos | Restrição à drenagem devido a contato lítico na subsuperfície. |
| | Vertissólicos | Não apresenta restrição ao desenvolvimento de plantas podendo, no entanto, afetar o desempenho dos implementos agrícolas. |
| | Gleissólicos | Solos com horizonte glei (tabatinga) dentro de 200 cm da superfície; indicativo de má drenagem. |
| | Solódicos | Presença de sódio tolerada pela maioria das plantas. |
| | Latossólicos | Solos com a presença de um horizonte latossólico. |
| | Típicos | Não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação. |
| CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Eutróficos | Lépticos | Restrição à drenagem devido a contato lítico na subsuperfície. |
| | Latossólicos | Solos com a presença de um horizonte latossólico. |
| | Planossólicos | Presença de altos teores de argila dispersa que pode causar a formação temporária de um lençol de água suspenso. |
| | Típicos | Não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação. |

## 9.7 ESPELEOLOGIA

### 9.7.1 Considerações Preliminares

Os estudos espeleológicos a seguir apresentados estão sendo consolidados considerando o atendimento da Instrução de Serviço SISEMA 08/2017 (Rev.01/2018), que estabelece procedimentos para análise dos processos de licenciamento ambiental de empreendimentos e de atividades efetiva ou potencialmente causadoras de impactos sobre cavidades naturais subterrâneas, com destaque para:

- Suas definições e conceitos;
- Procedimentos para realização dos estudos;
- Fluxograma de Procedimentos para o Licenciamento.

De acordo com a Deliberação Normativa COPAM n.º 217/2017 e conforme apresentado no Volume I do presente documento, este empreendimento encontra-se enquadrado na modalidade de Licenciamento Ambiental Concomitante em Duas Fases (LAC2).

Para elaboração do presente documento considerou-se o atendimento ao Termo de Referência para Estudo de Prospecção Espeleológica – Anexo II da IS 08/2017 e Termo De Referência Para Estudos De Área De Influência De Cavidades Naturais Subterrâneas – Anexo III da IS 08/2017.

Em síntese, assim como apresentado para outros temas neste EIA/RIMA, é importante contextualizar que o que o patrimônio espeleológico localizadao na área de influência do empreendimento foi objeto de estudo por parte da empresa ARCADIS LOGOS em 2014, quando encontrava-se em análise o projeto de aproveitamento da antiga titular do direito minerário, a empresa AngloAmerican. Este conhecimento prévio permitiu a revisão do projeto atual considerando a minimização de impactos potenciais sobre o patrimônio espeleológico, destacadamente considerando como premissa a não interferência direta em cavidades naturais subterrâneas. De acordo com esta premissa a ADA foi completamente modificada e sua análise se deu de acordo com os termos da IS 08/2017.

Conforme disposto no fluxograma apresentado a seguir, uma vez que não se trata de de área urbana, inicialmente é apresentado o mapa do potencial espeleológico. De acordo os critérios estabelecidos pelo CECAV, especificamente em referência à potencialidade de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas, o empreendimento é caracterizado como com potencialidade de ocorrência de cavidades Médio e Muito alto. Este mapeamento é apresentado no item 9.7.3.

Em sequência é apresentada o caminhamento espeleológico/prospecção (item 9.7.4). Para fins de ampla cobertura da área de 250 m no entorno da ADA do projeto, objeto de análise no presente EIA, bem como de validação e adensamento de informações de caminhamentos realizados em etapas anteriores, foi realizada pela equipe da Geomil caminhamento complementar para validação das estruturas anteriormente encontradas e adensamento da malha de caminhamento tendo em vista a ADA atual do projeto. Sendo assim, a área foi intensamente percorrida, apresentando uma densidade de caminhamento de 0,13 km/ha.

A consolidação de todos os estudos de prospecção identificou um total de 06 cavidades naturais subterrâneas e 02 feições espeleológicas no entorno de 250 metros da ADA do projeto Serro conforme determina IS 08/2017 (Rev.1). Segundo a IS, “a prospecção espeleológica deverá ser realizada em toda a Área Diretamente Afetada (ADA) pelo empreendimento e em seu entorno imediato de 250

metros, adensando a malha de prospecção nas áreas com maior potencial espeleológico. A critério técnico do órgão ambiental, poderá ser solicitado o adensamento da malha de caminhamento". Nenhuma das cavidades encontra-se posicionada no interior da ADA e, portanto, não foram identificadas cavidades a serem suprimidas (itens 9.7.4.10 e 9.7.6).

Considerando que houve a identificação de cavidades no entorno de 250m seguiu-se com a apresentação da caracterização destas cavidades, seu diagnóstico e a análise de impactos (item 9.7.8).

A análise de impactos concluiu pela inexistência de impactos irreversíveis sobre as cavidades, não sendo, desta maneira, aplicável a avaliação da relevância das referidas cavidades no escopo do EIA.

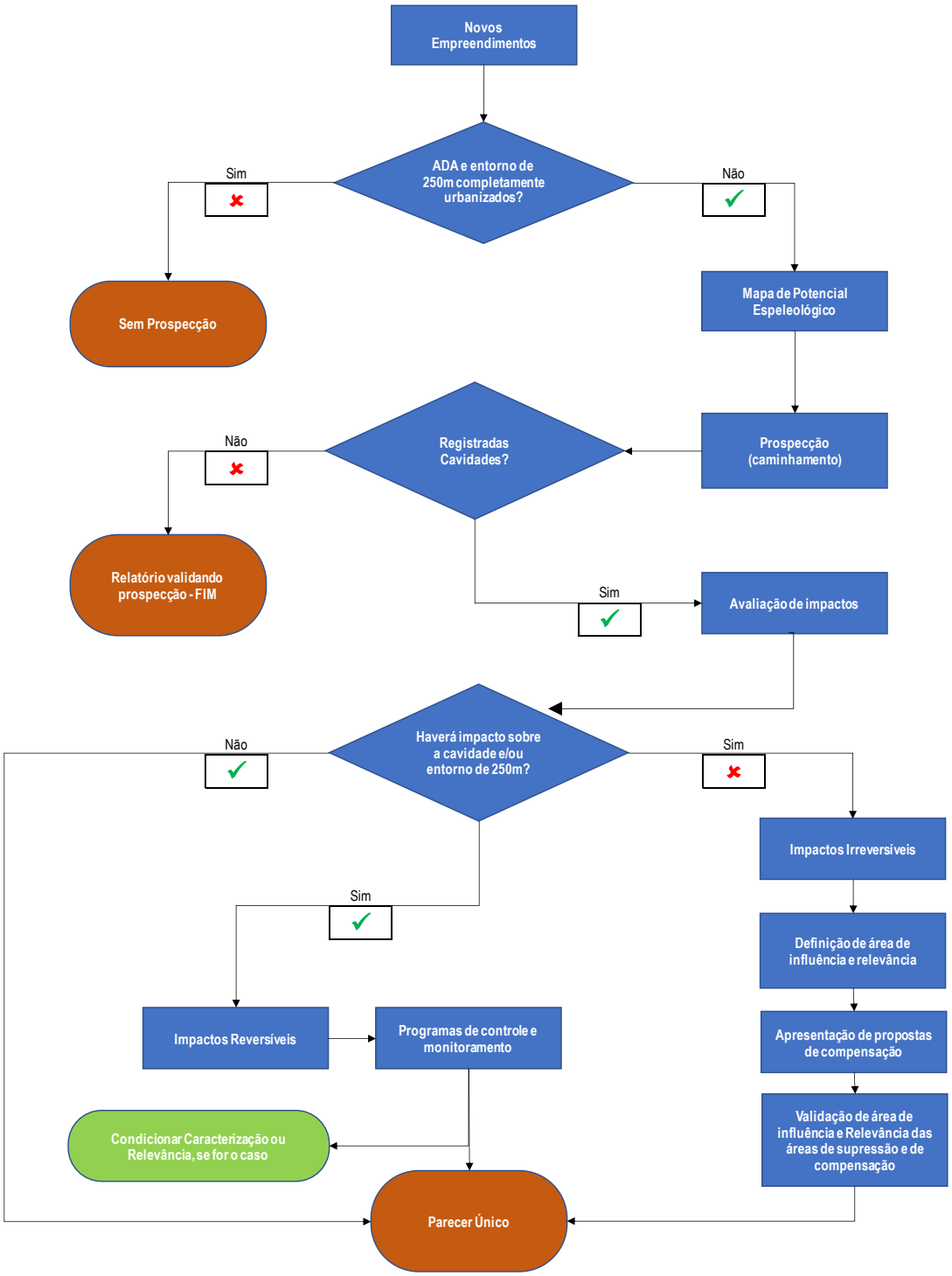



Figura 9-60 – Fluxograma para o Licenciamento Ambiental Convencional.
(adaptado da IS 08/2017 – Rev.1)

### 9.7.2 Diretrizes para elaboração do relatório espeleológico

Conforme as orientações gerais do Termo de Referência a prospecção espeleológica foi executada sobre a ADA do empreendimento e sobre seu entorno em um raio de 250 metros, observando para caracterização das cavidades os critérios básicos do CECAV, conforme o ANEXO III, com avaliação dos impactos da atividade e do empreendimento sobre o patrimônio espeleológico, considerando os impactos reais e potenciais sobre todas as cavidades identificadas na ADA e no seu entorno de 250m, bem como sobre suas respectivas áreas de influência, visando identificar possíveis impactos e se os impactos negativos são reversíveis ou irreversíveis.

### 9.7.3 Análise da Potencialidade de Ocorrência de Cavidades

Foram realizados levantamentos a respeito da geologia, geomorfologia e espeleologia local, incluindo buscas em bancos de dados oficiais (Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas - CANIE/CECAV e Cadastro Nacional de Cavidades da Sociedade Brasileira – CNC/SBE).

O levantamento bibliográfico sobre cavernas em minério de ferro no Brasil, com destaque para a região do Quadrilátero Ferrífero e Espinhaço Meridional, em Minas Gerais, levantamento em permanente atualização, foi utilizado conforme publicação Patrimônio Espeleológico em Rochas Ferruginosas em revista especializada (Piló & Auler, 2005; Ruchkys *et al*., 2015; Carmo & Kamino, 2015), Geossistemas Ferruginosos do Brasil, áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais

Uma análise dos relatórios da prospecção espeleológica realizada pela Carste Consultores Associados nos anos de 2010 e 2012 e da Arcadis de 2014, na área em estudo, também foi realizada. Este levantamento auxiliou na elaboração das etapas seguintes do estudo e o registro de estruturas já identifidas permitiu uma revisão do traçado do projeto com objetivos claros de mitigação dos impactos sobre o patrimônio espeleológico.

#### 9.7.3.1 Consulta a base de dados oficiais

Segundo dados disponíveis no CECAV, o estado de Minas Gerais é atualmente o 1º Estado brasileiro em número de cavernas com cerca de 10.030 cavidades naturais subterrâneas, o que representa cerca de 45% das cavernas brasileiras cadastradas no CECAV. A cidade do Serro, em relação ao Estado de Minas, representa conforme relatório estatístico do CECAV, 0,08% de ocorrência de cavidades.

A ocorrência das cavidades subterrâneas, conforme registro de 30/07/2021 ocorre em 177 cidades mineiras, com a maior quantidade de cadastros nas faixas de maior probabilidade de ocorrência de cavernas, conforme o Mapa CECAV disponível no SISEMA.

Segundo os dados oficiais do CECAV, o grau de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil, de acordo com a litologia, é apresentado no quadro a seguir:

Tabela 9.23 – Potencialidade de Ocorrência de Cavernas Baseada na Litologia.

| 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, Metassiltito, Micaxisto, Milonito, Quartzito, Pelito, Riolito, Ritmito, Rocha calci-silicática, Siltito e Xisto. | **Médio** |
| Anortosito, Arcóseo, Augengnaisse, Basalto, Charnockito, Diabasio, Diamictito, Enderbito, Gabro, Gnaisse, Granito, Granitóide, Granodiorito, Hornfels, Kinzigito, Komatito, Laterita, Metachert, Migmatito, Monzogranito, Olivina gabro, Ortoanfibolito, Sienito, Sienogranito, Tonalito, Trondhjemito, entre outros litotipos. | **Baixo** |
| Aluvião, Areia, Argila, Cascalho, Lamito, Linhito, Turfa e outros sedimentos. | **Ocorrência Improvável** |

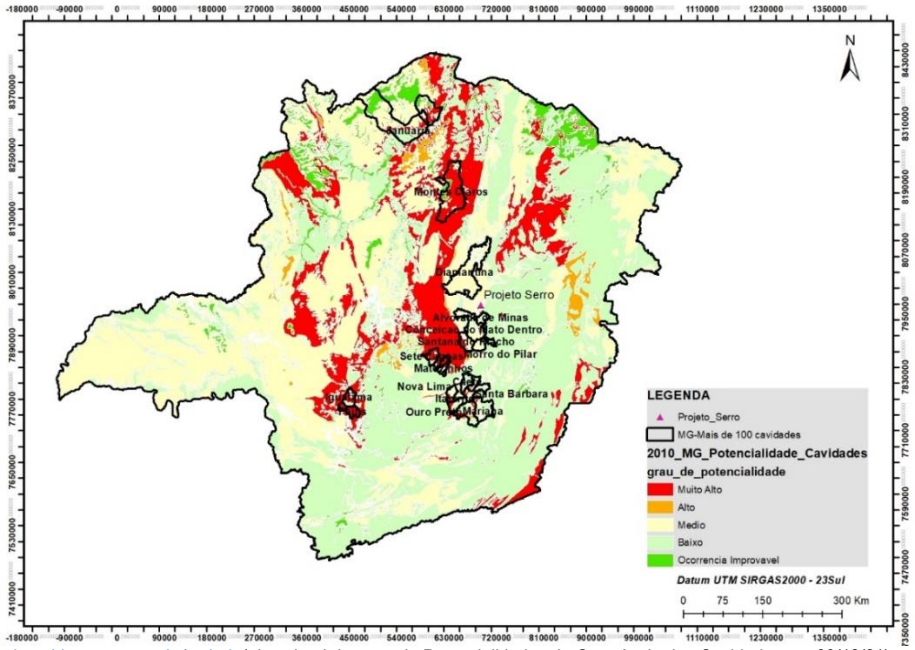
*Disponível no 31-TR – Termo de Referência para Critério Locacional do SEMAD – Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Governo do Estado de Minas Gerais.*

O mapa de potencialidades de ocorrências de cavidades naturais subterrâneas foi consultado para avaliação do critério locacional em questão, conforme mapa do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV/ICMBio, disponível no IDE-SISEMA (http://www.idesisema.meioambiente.mg.gov.br/) e no seguinte link:

http://www.icmbio.gov.br/cecav/projetos-e-atividades/potencialidade-de-ocorrencia-de-cavernas.html

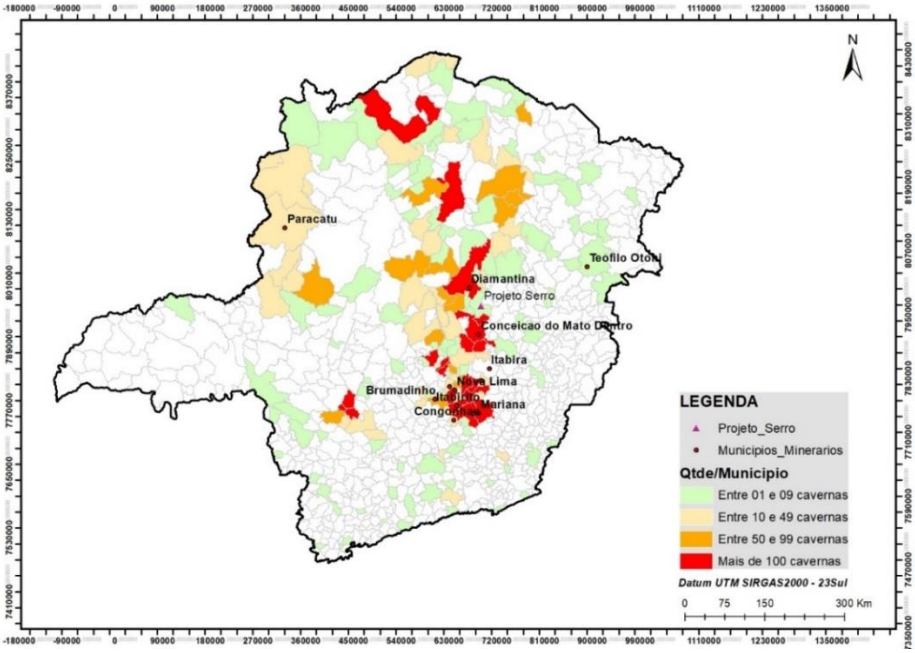
De acordo com análise na base de dados CECAV, o Estado de Minas Gerais possui sua maior extensão situada na faixa de média a baixa potencialidade de cavidades, com concentração de cavernas nas regiões de calcários, formação ferrífera e quartzitos.

Pode-se verificar cidades com maior ocorrência de cavidades (mais de 100 por cidade) situadas em regiões classificadas ( no CANIE/CECAV) como média e baixa potencialidades, localmente com zonas de alto ou muito alto potencial de ocorrência de cavidades, (figuras a seguir) como Diamantina, Conceição do Mato Dentro, Morro do Pilar, Santa Barbara e Mariana. Tais cidades possuem este elevado conjunto de cavernas em decorrência de uma maior quantidade de estudos espeleológicos atrelados aos processos de licenciamento ambiental de empreendimentos mineiros que colaboram com a identificação e levantamento dessas feições.




https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis( download da camada Potencialidades de Ocorrência das Cavidades em 30/12/21)

Figura 9-61 – MG – Potencialidade de Cavidades versus Municípios com maior Ocorrência

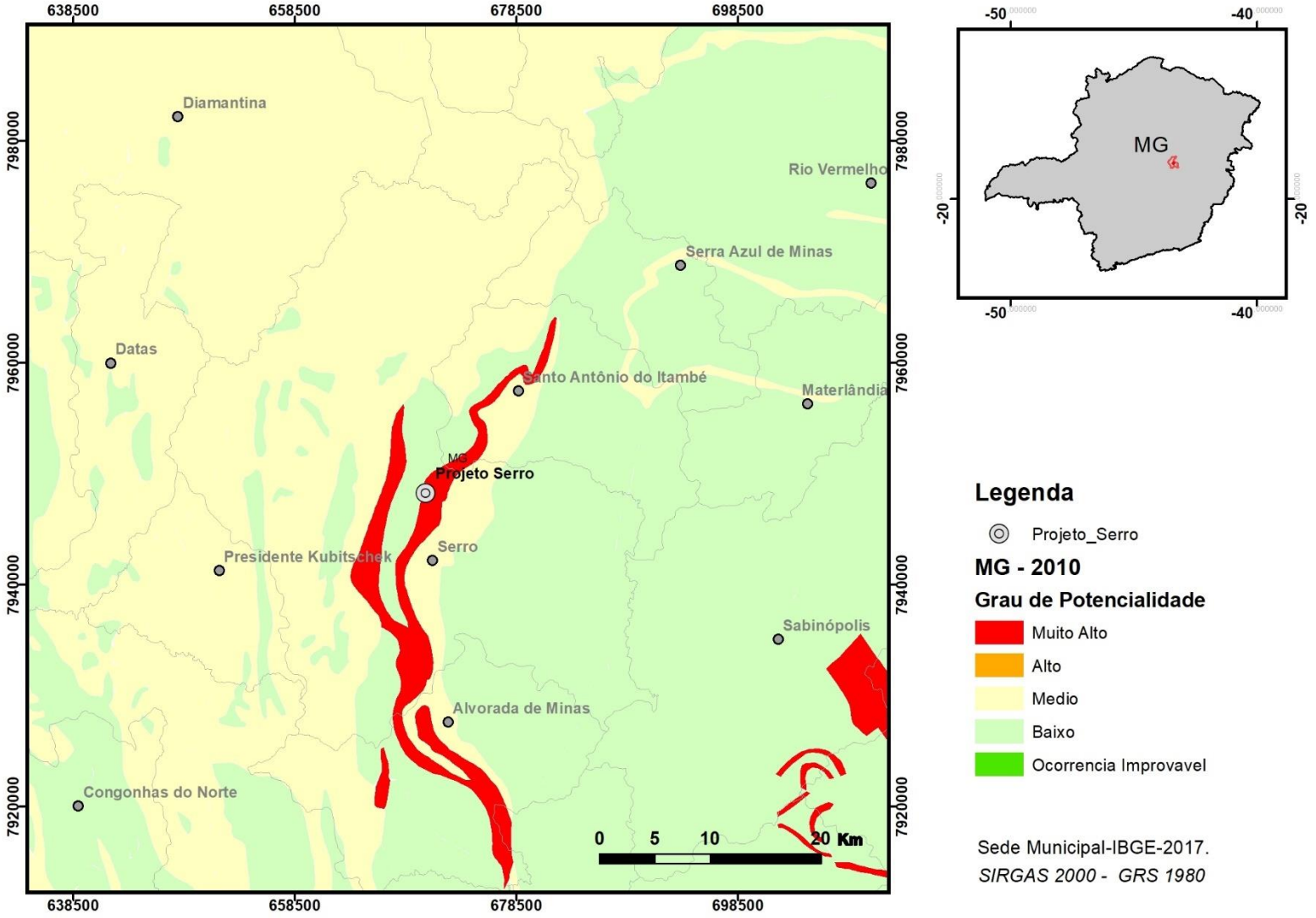



ICMBio-Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas-CECAV- Canie (download Cavidades Naturais Subterrâneas Brasileiras em 30/12/21)

Figura 9-62 – MG – Quantidade de cavernas cadastradas por município. Fonte: CANIE (2021).

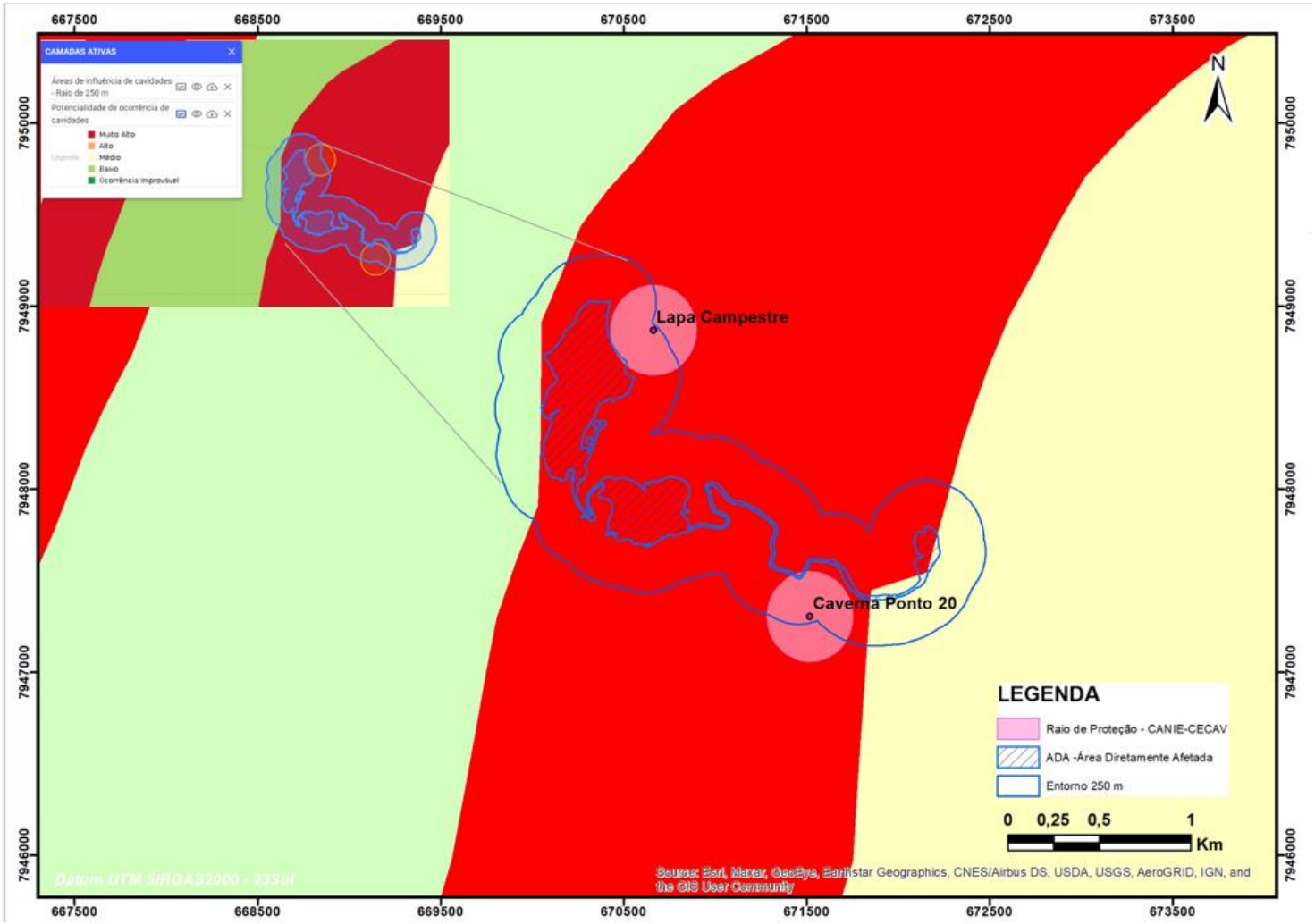
O município do Serro se encontra de forma geral localizado em regiões de média a baixa potencialidade, possuindo uma pequena faixa de Muito Alta potencialidade onde se localiza o Projeto Serro.

O mapa de potencialidades, associado ao mapa geológico gerado para desenvolvimento do projeto Serro possibilitou refinamento do caminhamento espeleológico com foco nas litologias com maior potencial espeleológico. Além disso, realizamos durante as etapas de prospecção a confirmação de cavernas previamente cadastradas nas bases de dados oficiais, como as cavidades Lapa Campestre e Ponto 20.




Base: https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis acesso em 30/12/2021

Figura 9-63 – MG – Serro – Análise de Potencialidade de ocorrência de Cavidades do Município




Base: https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis acesso em 30/12/2021

Figura 9-64 – Mapa de Potencialidades de ocorrência de cavernas na área do Projeto Serro - Cavidades – Entorno 250 m do empreendimento

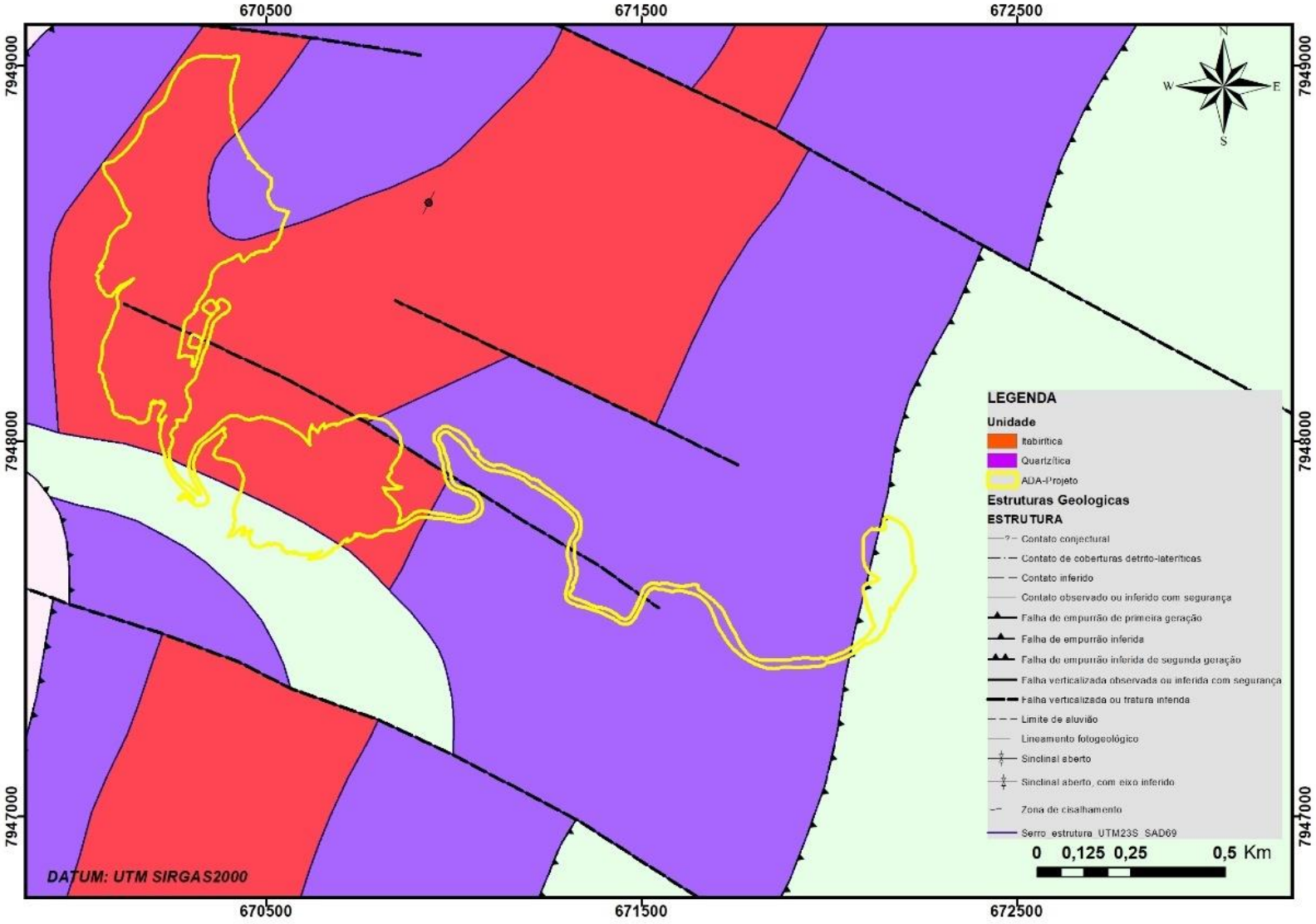



Figura 9-65 – Mapa Geológico da Região do Serro

É importante ressaltar que a posição das cavidades Lapa Capestre e Ponto 20 foi verificada no caminhamento espeleológico, com estas estruturas renomeadas no contexto do projeto, recebendo, respectivamente, as denominações AAS-026 e AAS-004. As coordenadas para estas duas estruturas foram verificadas, especialmente considerando que a posição de cavidades pelo cadastro do CANIE, não raro, apresentam divergências com as coordenadas efetivas de campo. De acordo com a atualização de posição destas duas cavidades, conforme será apresentado em detalhe adiante, a cavidade Lapa Capestre (AAS-026) está externa ao *buffer* de 250 m da ADA.

#### 9.7.3.2 Histórico das prospecções espeleológicas na área de estudo

O presente relatório apresenta a consolidação de todos as prospecções espeleológicas realizados na área de influência do empreendimento , considerando toda informação decorrente dos projetos anteriores (Carste, 2010 e 2012; Arcadis Logos, 2014) concebidos para o Serro desde 2010 até 2019, incluindo as prospecçõe mais recentes realizadas pela equipe da Geomil. Sendo assim, é apresentado a seguir u resumo destes estudos bem como a empresa responsável pela excução destes caminhamentos:

- Relatório de Prospecção Espeleológica Projeto Serro, elaborado pela empresa Carste-2010. Responsável Técnico: Augusto Auler; (47 km de caminhamentos realizados pela Carste na campanha de campo de prospecção espeleológica realizada entre os dias 10 e 15 de dezembro de 2010, em uma área de aproximadamente 249 hectares, gerando uma densidade de caminhamento de 0,06 km/ha)

- Relatório de Área de Interesse Mineral Serro Prospecção Espeleológica, elaborado pela empresa Carste-2012. Responsável Técnico: Marina Leao. (20 km de caminhamentos realizados pela Carste na campanha de campo de prospecção espeleológica realizada entre os dias 23 e 26 de fevereiro de 2012, em uma área de aproximadamente 49 hectares, gerando uma densidade de caminhamento de 0,41 km/ha)

- Diagnostico Espeleológico e Análise de Relevância de Cavidades Naturais Subterrâneas do Projeto Serro elaborado pela Arcadis Logos em 2014. Equipe Responsável: Aline da Silva Reis Ecóloga/Bióloga/Espeleóloga; Carlos Henrique de Sena Biólogo/Espeleólogo; Luana da Silva Bióloga / Espeleóloga; Brener Rocha de Oliveira Ferreira Ecólogo/Biólogo; Leonardo Henrique Dias da Silva Biólogo/Espeleólogo/ Mestre em Biologia Animal / Doutorando em Ecologia manejo e conservação da vida Silvestre; Edenir Cruz Moreira Geógrafo/Espeleólogo; Leonardo Moreno Fernandes Gestor Ambiental; Leonardo Vieira da Silva Geógrafo/Espeleólogo; Luís Beethoven Piló Geógrafo / Doutor em Geografia Física / Espeleólogo; Neuber Tadeu Ferreira Eliziário Técnico em Mineração/ Espeleólogo. (45 km de caminhamentos realizados pela Arcadis Logos em duas campanhas, sendo a primeira entre os dias 25 de novembro a 06 de dezembro e a segunda, entre 09 e 14 de dezembro de 2013, em uma área de aproximadamente 393 hectares, gerando uma densidade de caminhamento de 0,11 km/ha)

- Caminhamento e Consolidação dos Estudos Espeleológicos do Projeto Serro – Geomil -2019 Equipe Responsável: Gustavo de Azevedo Pereira (Eng. Minas) Kerley Wanderson Andrade (Geólogo) Maria Angela de Freitas (Gestão Ambiental) Equipe Geomil. (74 km de caminhamentos realizados pela Geomil em três campanhas, sendo a primeira em julho de 2018, a segunda em agosto de 2018 e a terceira em abril de 2019, em uma área de aproximadamente 660 hectares, gerando uma densidade de caminhamento de 0,11 km/ha;

A prospecção espeleológica foi realizada em toda a Área Diretamente Afetada (ADA) pelo empreendimento e em seu entorno imediato de 250 metros, adensando a malha de prospecção nas áreas com maior potencial espeleológico e naquelas em que o projeto foi alterado, para não promover impactos ao patrimônio espeleológico.

## 9.7.4 Prospecção Espeleológica do Projeto Serro

### 9.7.4.1 Critérios, Premissas e Registros

Os métodos e definições utilizados pela ArcadisLogos (2014) são apresentandos em anexo, no documento "*Diagnóstico Espeleológico e Análise de Relevância de Cavidades Naturais Subterrâneas do Projeto Serro*". Na realização de prospecção complementar, justamente para fins de compatibilidade, considerou-se a aplicação dos mesmos critérios.

### 9.7.4.2 Caracterização Fisiográfica da Área

Toda base de dados levantada para o projeto Serro permitiu maior conhecimento das características fisiográficas de sua bacia auxiliando na descrição do seu comportamento hidrológico, e nos estudos e monitoramento de vazões. Destaca-se que a caracterização fisiográfica da área é apresentada neste item para fins de atendimento da sequência estabelecida no Termo de Referência – TR, e pode ser entendida, em maior profundidade, no item 9.5.

A região do município do Serro encontra-se inserida na província geomórfica da Serra do Espinhaço, próximo ao limite com a província geomórfica do Rio Doce. Localmente este compartimento destaca-se, na paisagem, por apresentar altitude expressiva e vertentes abruptas, assentando-se sobre rocha quartzítica e itabirítica do Grupo Serra da Serpentina, e granitóides do Grupo Guanhães. Os compartimentos de solos da região são os mesmos estabelecidos para o restante do contexto pertencente a Serra do Espinhaço e zonas marginais. A área do empreendimento encontra-se sobre domínios de afloramentos rochosos, cambissolos e latossolos vermelho escuro. Esta unidade é representada por formas erosivas de topo convexo, onde desenvolve-se predominantemente neossolo litólico. As consideráveis inclinações (superiores a 30%), favorecem mais os processos de morfogênese, em detrimento das pedogenéticas, assim como do escoamento superficial das águas pluviais, em relação a infiltração.

A vertente abrupta na porção oeste desenvolveu-se em função da erosão diferencial no contato entre o quartzito e os granitóides. Os granitóides são mais susceptíveis a processos erosivos, contribuindo inclusive com a agradação dos depósitos na Quarta Superfície.

O quartzito, como rocha mais dura, menos susceptível a erosão, encontra-se mais preservada no perfil topográfico. E dessa forma observa-se promovendo a formação desta descontinuidade no relevo. Nas maiores elevações locais, a acentuada inclinação do relevo não favorece os processos de formação de solo, assim a superfície é dominada por afloramentos rochosos e fragmentos de rochas em depósitos de tálus.

Pontualmente pode apresentar características de Neossolo Litólico raso composto essencialmente por material inerte resultante da desagregação das rochas. A região é suscetível à erosão contribuído para isso fatores como relevo acidentado, chuvas torrenciais, solos sensíveis.

A região do Serro e do projeto homônimo se localizam na Bacia do Médio Rio Doce, totalmente inserida no estado de Minas Gerais denominada Bacia do Rio Santo Antônio tem suas nascentes na área do Parque Municipal Natural Salão de Pedras. As nascentes estão localizadas na Serra do Espinhaço, no distrito de Santo Antônio do Cruzeiro, município de Conceição do Mato Dentro, que possui um conjunto expressivo de atividades econômicas (turismo, mineração de ferro, agricultura familiar etc.) com grau de impacto ambiental.

O município de Serro no qual se encontra o futuro empreendimento, está situado dentro dos afluentes da bacia do rio Santo Antônio, o qual faz parte da bacia hidrográfica do rio Doce, que é composta pelas bacias afluentes dos rios Piranga, Piracicaba, Santo Antônio, Suaçuí, Caratinga e Manhuaçu, no estado de Minas Gerais. A rede hidrográfica da região do Projeto Serro corresponde à média bacia do Rio Doce, no contexto de um dos seus principais afluentes que escoam a partir de nascentes que vertem na Serra do Espinhaço.

O rio Santo Antônio nasce na Serra do Espinhaço no município de Conceição do Mato Dentro e tem 280 quilômetros de extensão até desaguar no Rio Doce, no município de Naque. A bacia hidrográfica do rio Santo Antônio faz parte da macro bacia do rio Doce, ocupando uma área de 10.429,46 quilômetros quadrados. Seus principais cursos d'água, além do rio Santo Antônio são os rios Guanhães, do Peixe, Tanque e Preto do Itambé.

O empreendimento da Mineração Conemp Ltda. localiza-se no município de Serro – MG e os limites das poligonais são drenados pelas cabeceiras do Córrego Siqueira (processo ANM n.º 5.130/1956 e 831.516/2004) e cabeceiras do Córrego Teixeira (processo ANM n.º 831.516/2004), todos integrantes da bacia do Rio Guanhães que é um dos principais afluentes da margem esquerda do Rio Santo Antônio, que por sua vez é afluente da margem esquerda do Rio Doce.

As cabeceiras do rio Santo Antônio, afluente da margem esquerda do rio Doce, encontram-se nas vertentes retilíneas íngremes e extensos escarpamentos, com topos em torno de 1300 – 1500 m, que compõem um dos setores da conhecida Serra do Espinhaço. O outro setor é constituído predominantemente de cristas, picos com vales encaixados. A Serra do Espinhaço é uma unidade morfoestrutural que se caracteriza por um conjunto de relevos ruiniformes resultantes de processos de dissecação fluvial em rochas predominantemente quartzíticas do Super Grupo Espinhaço e do Grupo Macaúbas.

A maior parte da sub-bacia (99%) situa-se sobre os sistemas aquíferos fissurados, restando apenas 1% da unidade sobre sistemas aquíferos granulares. Os sistemas aquíferos fissurados distribuem-se conforme as litologias subjacentes: 77% sobre os sistemas aquíferos em rochas cristalinas, composto de rochas granitóides de composições diversas; 3% sobre os sistemas aquíferos fissurados xistosos; e 19% sobre sistemas aquíferos fissurados em quartzitos

Em relação ao enquadramento das águas da bacia do rio Santo Antônio, essa ainda não foi enquadrada, portanto, teve os seus cursos d'água enquadrados conforme o Art. 37 da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n.º 001, de 14 de abril de 2008, descrito a seguir:

> *"Art. 37. Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos as águas doces serão consideradas **classe 2**, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente".*

A bacia do rio Santo Antônio por não ter recebido enquadramento, teve os seus cursos d'água enquadrados conforme o Art. 42° da resolução citada acima.

Conforme Deliberação Normativa o enquadramento para Classe 2 se aplica a toda rede hidrográfica inserida nas áreas diretamente e indiretamente afetadas pelo futuro empreendimento da Conemp são: Córrego Siqueira, Ribeirão Lucas, Córrego da Prata, Rio Guanhães, Rio do Peixe, Afluente do rio do Peixe.

Embora tenha proximidade com os terrenos pertencentes a Bacia do Rio do Peixe, a escarpa serrana onde encontram-se as utilidades, possui declividade totalmente voltada para o interior da Bacia do Rio Guanhães. Assim, todas as influências relacionadas ao regime e meio hídrico superficial são totalmente relacionadas a Bacia do Rio Guanhães, estando a Bacia do Rio do Peixe livre destas influências, e mantendo seu regime hídrico superficial sem alterações. Isso pode ser visto na figura a seguir onde mostra a posição do projeto no interior da Bacia do Rio Guanhães, onde as interferências físicas na hidrografia são condicionadas a declividade desta bacia.

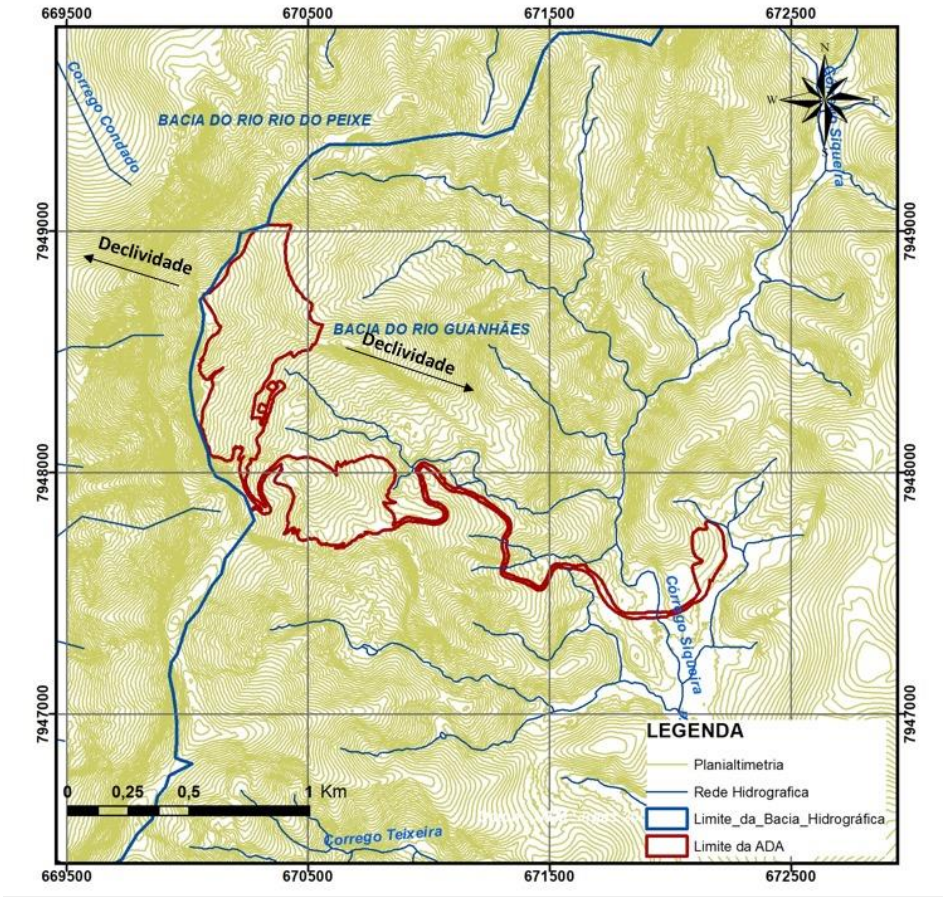



Figura 9-66 – Bacia hidrográfica da área do projeto

As influências relacionadas ao regime e meio hídrico superficial estão inseridas na Bacia do Rio Guanhães, estando a Bacia do Rio do Peixe livre destas influências, e mantendo seu regime hídrico superficial sem alterações. A localização do projeto está no interior da Bacia do Rio Guanhães, onde as interferências físicas na hidrografia são condicionadas a declividade desta bacia, não sendo incluída nesta a bacia do rio do Peixe, pela barreira formada pela cumeeira da serra do Condado.

A definição da definição da Área de Estudo Local (AEL, meio físico) do projeto considerou-se a porção da bacia hidrográfica do córrego Siqueira, uma vez que este curso d'água representa a rede de drenagem da área localizada no entorno do local a ser diretamente afetado pela implantação do empreendimento minerário da Mineração Conemp Ltda.

### 9.7.4.3 Definição das Áreas de Maior Potencialidade na Área de Estudo

O relevo e as feições cársticas do projeto Serro foram cartografados em nível de detalhe com topografia com curvas de nível de metros em metro, imageamento, descrição das feições de absorção hídrica onde há maior probabilidade de ocorrência, como dolinas, vales cegos, sumidouros, pavimentos fissurados e campos de lapiás, e as feições de circulação hídrica como condutos e cavernas, assim como as feições de descarga como nascentes e ressurgências.

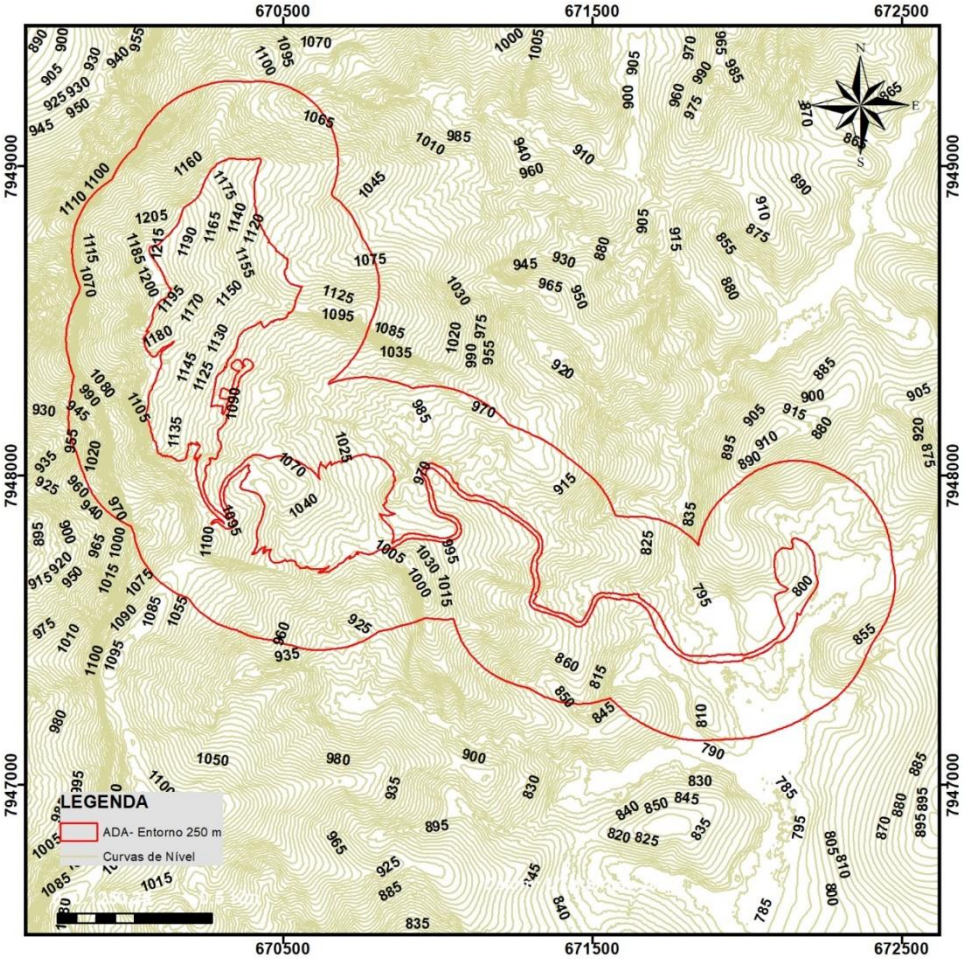



Figura 9-67 – Caracterização topográfica da área do projeto - topografia

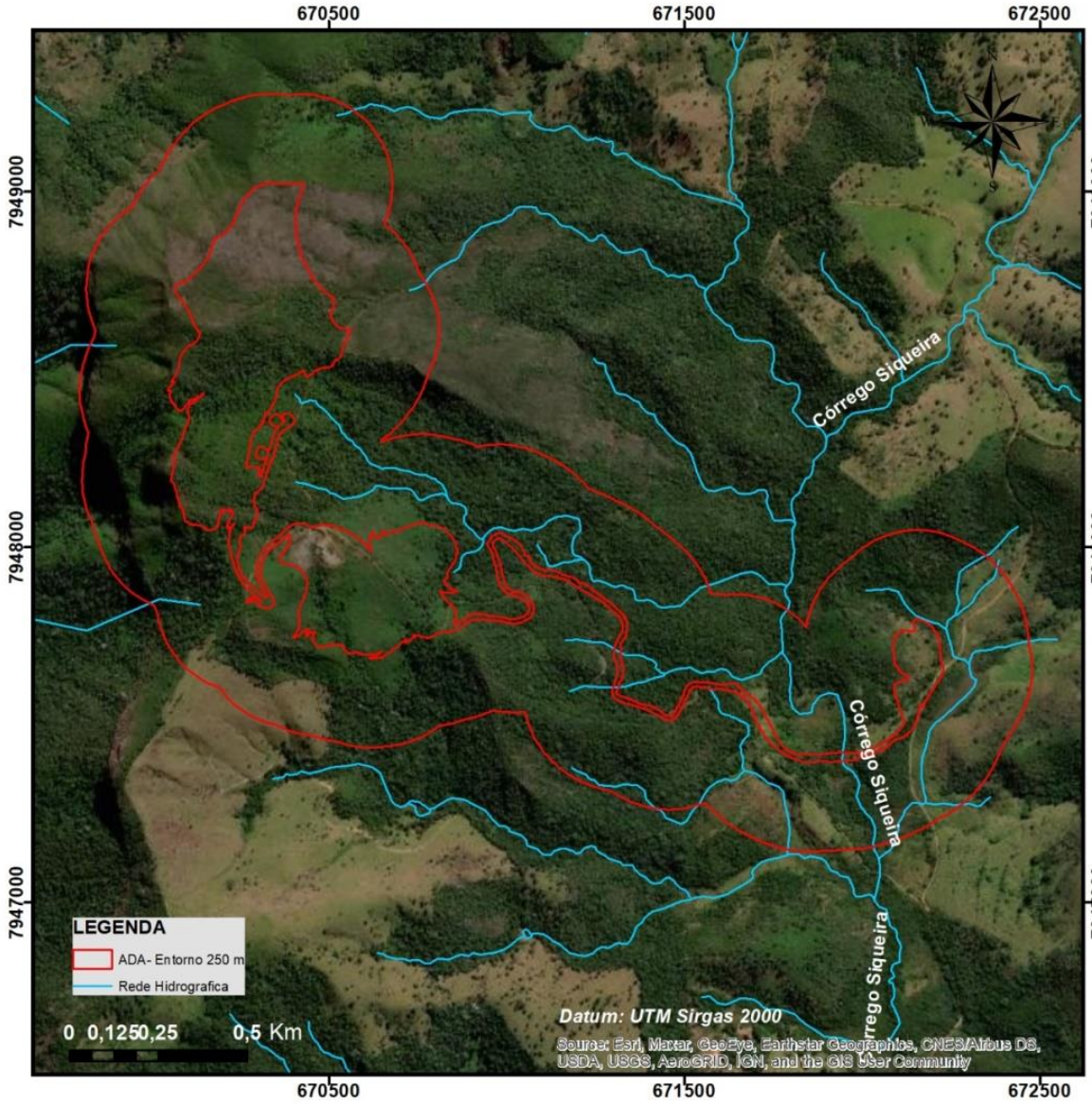



Figura 9-68 – Caracterização da área do projeto - imagem

A análise da litologia permitiu a caracterização dos diferentes litotipos, bem como das estruturas existentes na rocha, representadas por juntas de alívio, fraturas, foliação, dobras e bandamento composicional da formação ferrífera. Essas estruturas que constituem descontinuidades importantes, atuando como condicionantes na circulação da água no interior do maciço rochoso, além de intervir direta ou indiretamente no processo de formação e desenvolvimento das cavidades. Muitas vezes tais estruturas controlam a morfologia das cavernas, além de condicionarem processos de abatimentos em paredes e teto.

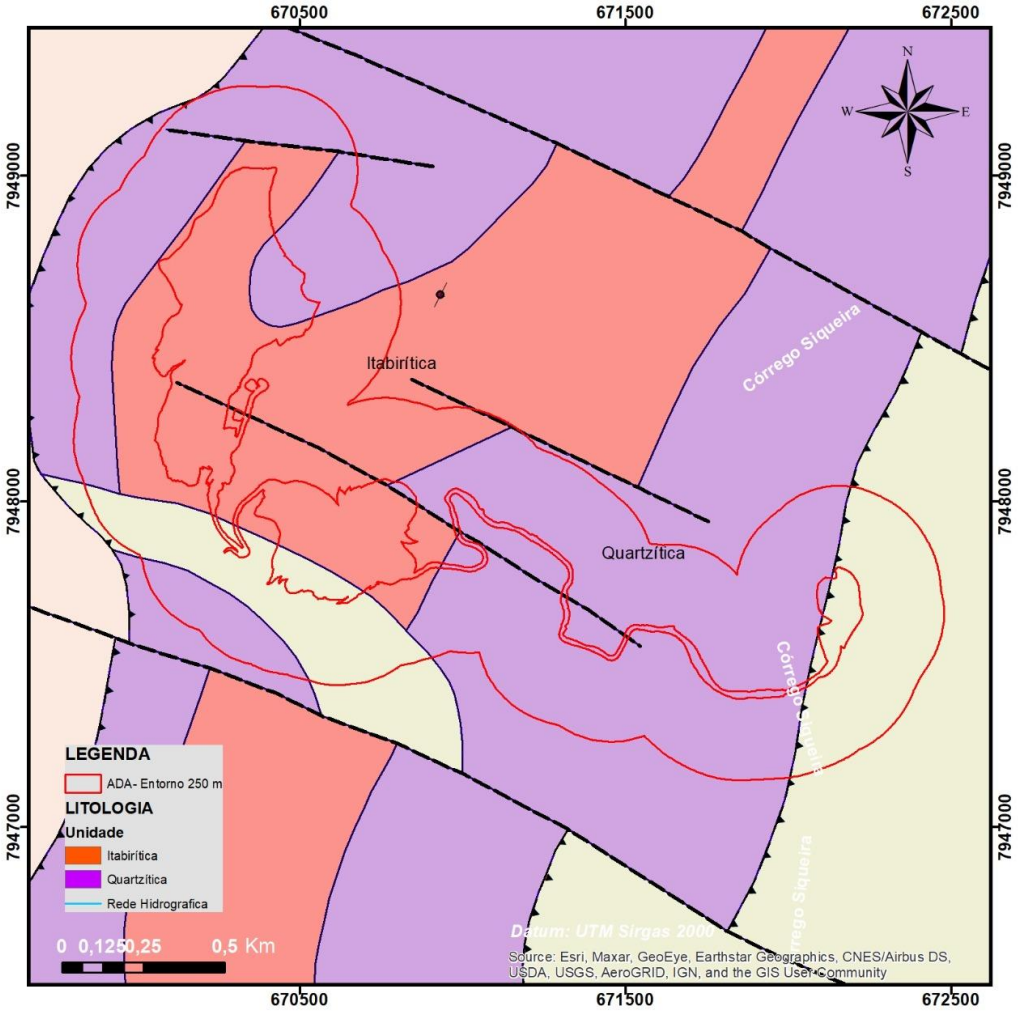



Figura 9-69 – Litologias mapeadas da área do projeto

A pesquisa e entendimento da morfologia para correlacionar ao padrão planimétrico das cavernas a dados estruturais e litológicos.

O estudo da dinâmica hidrológica da região com criação do modelo hidrogeológico e levantamento das ocorrências das cavernas como fator essencial verificar a presença de águas de percolação e condensação, além da presença de drenagens, sumidouros e ressurgências, dentre outras feições.

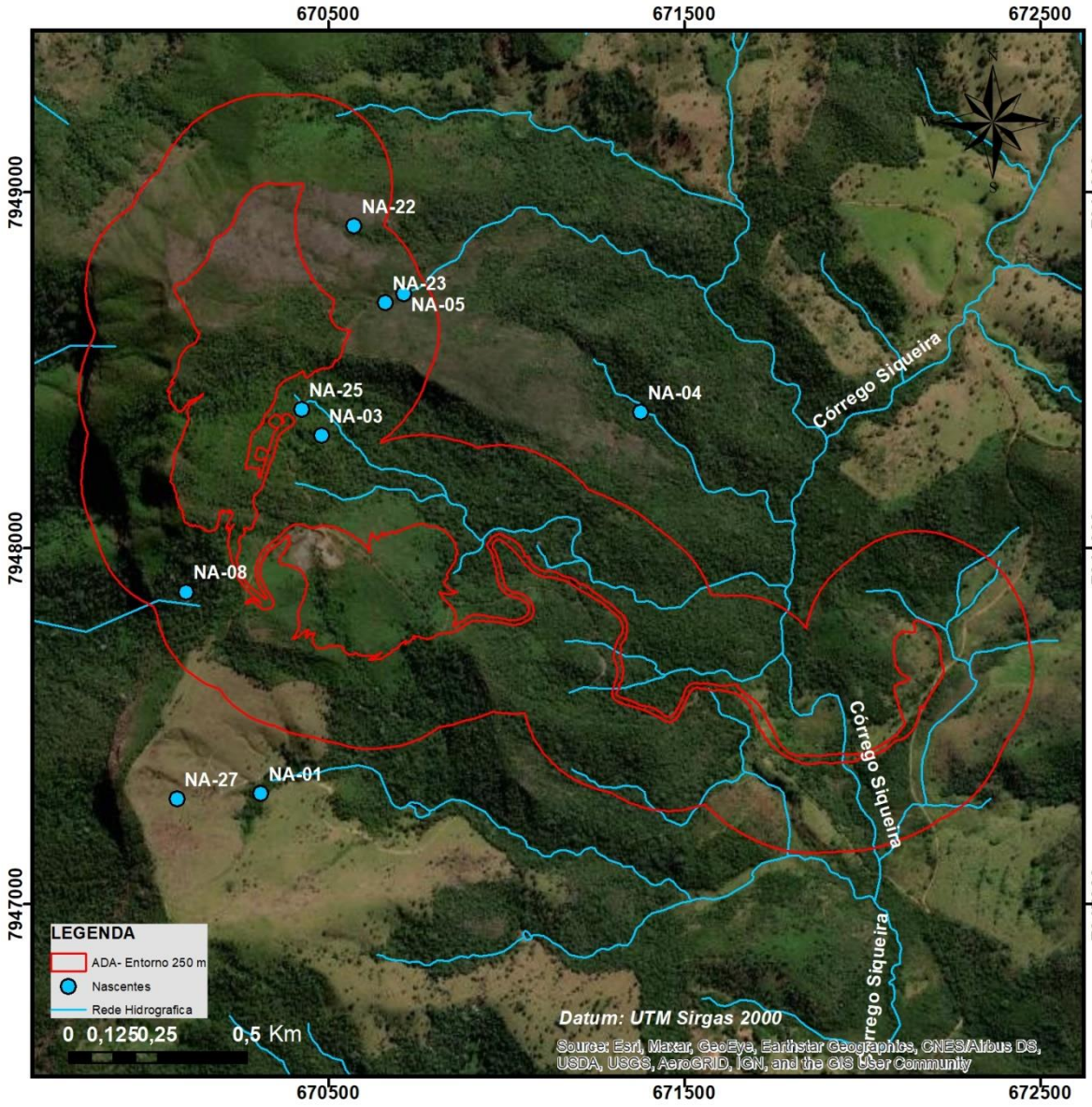



Figura 9-70 – Hidrologia da área do projeto

### 9.7.4.4 Critérios de Prospecção

O relatório atual apresenta a prospecção espeleológica realizada na área do Projeto Serro, com caminhamento, prospecção e caracterização das cavidades, fornecendo subsídio para os órgãos ambientais competentes avaliarem o patrimônio espeleológico do empreendimento minerário, localizado na unidade geomorfológica da Serra do Condado, componente do Espinhaço Meridional.

A prospecção foi realizada em toda extensão da ADA do projeto Serro, e na faixa de seu entorno de 250 metros com a malha adensada em áreas de maior potencial, em função da fisiografia e litologia.

O tamanho da área diretamente afetada (ADA) é de 48,54 ha enquanto a faixa de entorno de 250 metros possui 271,79 ha e o percurso caminhado durante as quatro campanhas de prospecção foi totalizado em 186 km, numa área de 660 ha. A densidade da malha de caminhamento alcançou a média de 0,13 km/ha cobrindo a ADA e de seu entorno. As linhas de caminhamento foram sobrepostas à imagem de satélite para a visualização das estruturas espeleológicas e interpretação dos mapas.

### 9.7.4.5 Reesultados obtidos durante a prospecção Carste – 2010/2012

Em 01 de maio de 2007, quando a área em estudo era de propriedade da mineradora MMX, a empresa Senso Meio Ambiente Comércio e Serviços Ltda. (EIA - elaborado pela empresa YKS) identificou uma cavidade, denominada Lapa Campestre, que foi registrada no estudo atual como e se encontra fora do entorno de 250 metros da ADA do projeto.

Em dezembro de 2010, quando a área já havia se tornado propriedade da mineradora Anglo American, a empresa Carste Consultores Associados realizou a identificação de 10 cavidades, que foram denominadas AAS-001, AAS-002, AAS-003, AAS-004, AAS-005, AAS-006, AAS-007, AAS-008, AAS-009 e AAS-010. Em março de 2012, a mesma empresa citada cadastrou mais três cavidades na localidade, estas denominadas AAS-011, AAS-012 e AAS-013.

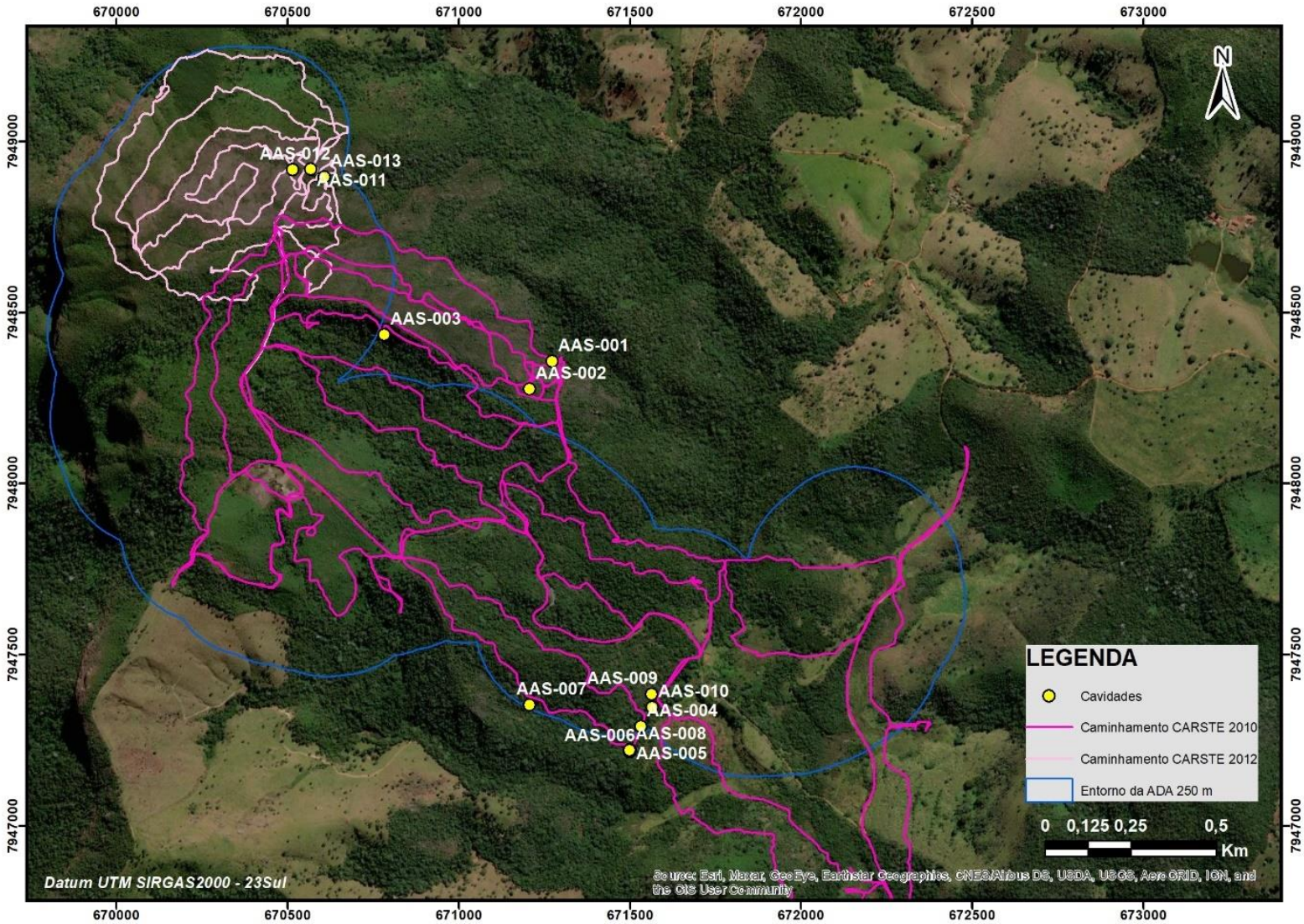



Figura 9-71 – Cavidades naturais subterrâneas mapeadas nas prospecções realizadas pela empresa CARSTE – 2010-2012

### 9.7.4.6 Resultados obtidos durante aprospecção Arcadis Logos– 2014

Em novembro de 2014 foi executado uma nova, prospecção na porção mais ao norte e ao sul da área de estudo (limites da Área Diretamente Afetada do projeto anterior da Anglo) e diagnostico das cavidades naturais subterrâneas identificadas na região do Projeto Serro. Esses estudos foram desenvolvidos pela empresa ARCADIS, contratada pela proprietária dos Direitos Minerários na época, a empresa Anglo American, ao abrigo do DM 5.130/1966.

Os trabalhos de prospecção resultaram na identificação de 20 novas feições espeleológicas na área de estudo, sendo 11 cavernas (AAS-014, AAS-015, AAS-017, AAS-018, AAS-019, AAS-020, AAS-021, AAS-022, AAS-023, AAS-024 e AAS-025), atualização da localização da cavidade denominada Lapa Campestre (AAS-026), dois abrigos (AAS-001 e AAS-016) e sete feições espeleológicas (FAAS-001, FAAS-002, FAAS-003, FAAS-004, FAAS-005, FAAS-006 e FAAS-007) de desenvolvimento linear inferior a cinco metros, conforme as Figuras abaixo.

Os critérios e métodos utilizados nestes estudos encontram-se detalhadamente apresentado no Diagnóstico Arcadis (2014), e encontra disponível como anexo deste EIA. Na ocasião, o projeto da Anglo previa a ocorrência de impactos negativos irreversíveis em parte das cavidades naturais subterrâneas existentes na área de estudo, o que justificava a execução do estudo de relevância a época, que seguiram as instruções disponíveis no Decreto Federal 6.640 (2008) e Instrução Normativa MMA 02/2009.

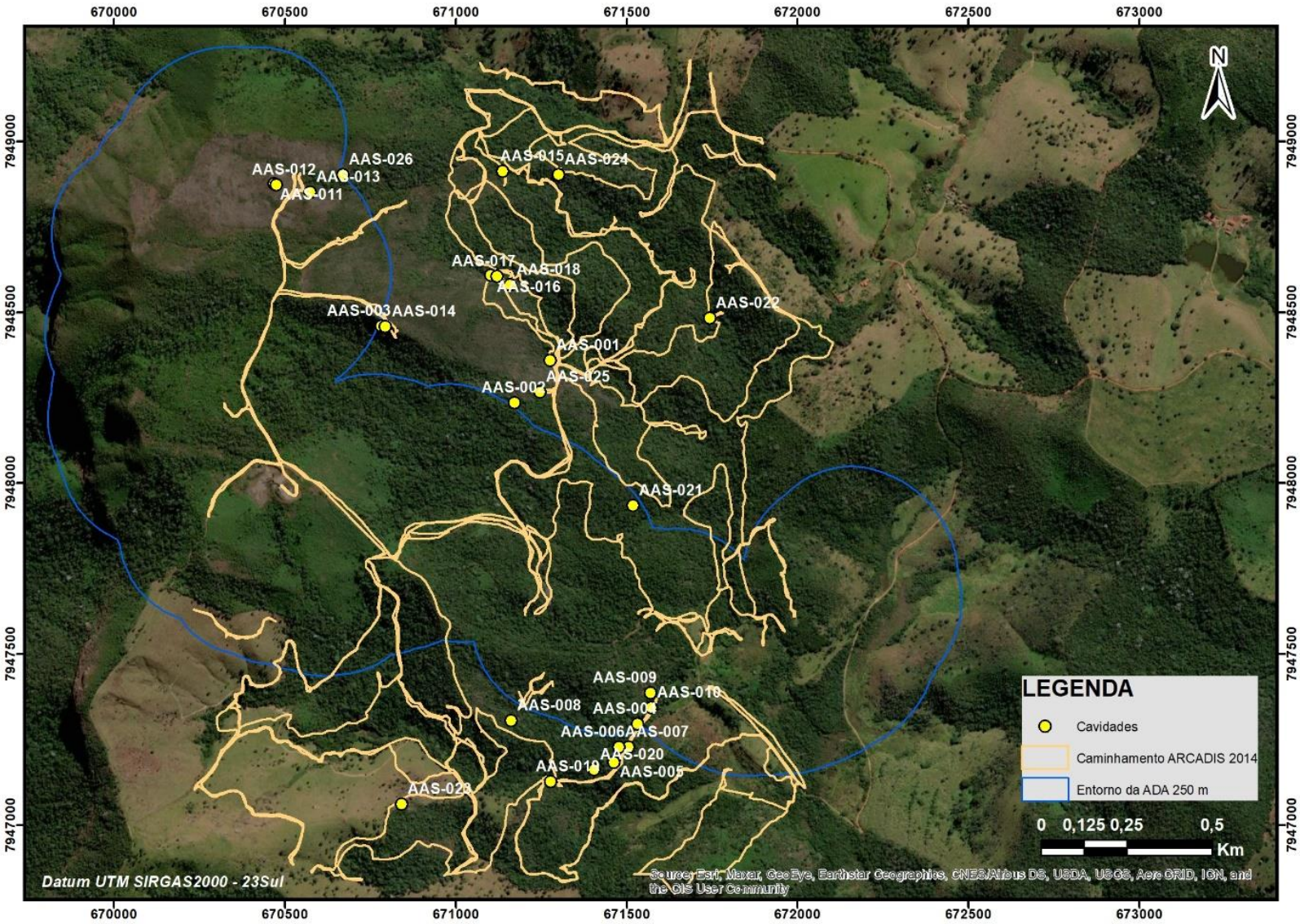



Figura 9-72 – Cavidades naturais subterrâneas e feições mapeadas na prospecção realizada pela Arcadis – 2014.

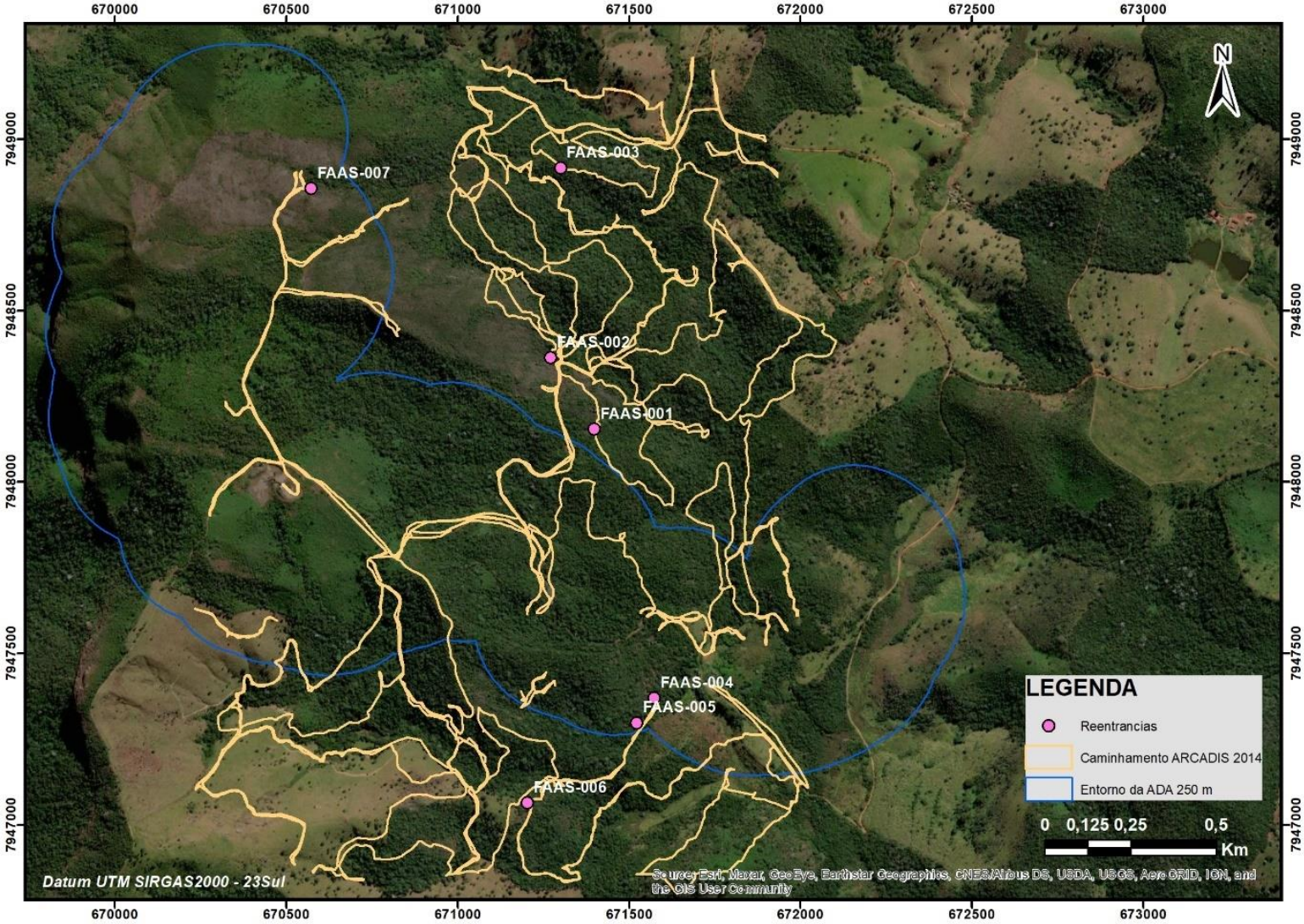



Figura 9-73 – Reentâncias mapeadas na prospecção realizada pela Arcadis – 2014.

### 9.7.4.7 Resumo da prospecção Geomil – 2018 até 2021

Em 2018, já sob orientação do atual proprietário da área (Grupo Herculano), foi realizado pela empresa Geomil Serviços de Mineração, atualização, validação dos estudos e das prospecções anteriores baseados nas legislações mais recentes publicadas INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 2, de 30 de agosto de 2017, atualizando o caminhamento em função da nova ADA e avaliando a possibilidade de novas cavernas na área do projeto, conforme detalahado a seguir.

Os dados geoespaciais das cavidades e reentrâncias identificadas na área de estudo pelos estudos anteriores foram obtidos originalmente em Datum UTM SAD69. Desta forma, seguindo as orientações da SEMAD, os dados foram convertidos para SIRGAS 2000.

A prospecção espeleológica realizada pela Geomil teve por objetivo adensar a malha de caminhamento nos locais com maior potencial espeleológico e cobrir áreas não prospectadas anteriormente.

A Geomil inicialmente executou uma pesquisa de gabinete com os dados existentes para garantir confiabilidade dessas informações, a saber: Esforço de amostragem, intensidade dos caminhamentos e quantitativo das cavidades naturais subterrâneas e feições encontradas nas prospecções anteriores.

Atendendo ao conceito básico da prospecção de campo em identificar, cadastrar e analisar as cavernas, foi fundamental para a Geomil revisitar a área para que o técnico reavaliasse o trabalho de prospecção anterior e checando os resultados para verificar a correspondência efetiva. Além da forma de avaliação amostral “in loco”, analisar a metodologia adotada, em todos os seus aspectos para garantir aderência a legislação vigente e a qualidade do trabalho de prospecção espeleológica

A análise junto ao banco de dados do CANIE / CECAV  por meio dessa consulta permitiu verificar a correspondência entre as cavidades AAS-004 denominada como Ponto 20 no Cadastro Canie, e AAS-026 denominada como Lapa Campestre nesta mesma base. O erro de localização estimado entre o levantamento inicial e validação é de aproximadamente 35 metros de deslocamento, o que deixa entender que o Datum utilizado foi diferente.

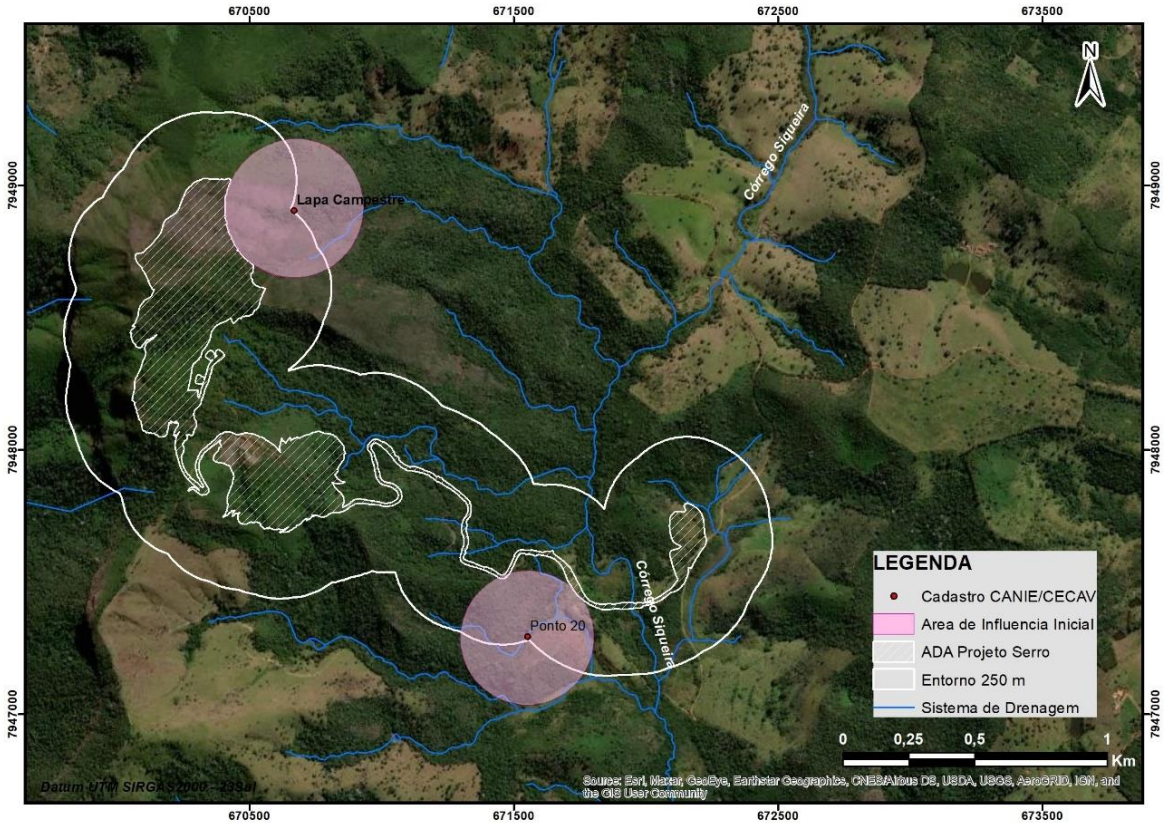



Figura 9-74 – Localização das Cavidades cadastradas no CANIE/CECAV.

As coordenadas e descrição dos pontos de controle do caminhamento espeleológico e das reentrâncias espeleológicas detectadas estão relatadas nos Croquis e nas Fichas Padronizadas, conforme levantamento original e na atualização dos dados.

Abaixo os mapas com as cavidades e reentrâncias espeleológicas na escala 1:000. O resultado está disponível nos arquivos digitais formato shp e kml, contendo toda a trilha percorrida no caminhamento e as feições espeleológicas identificadas, com as coordenadas em Dattum UTM Sirgas 2000 - fuso 23S, compatíveis com a base solicitada pelo SEMAD/SISEMA, listadas a seguir: Cavidades AAS-001, AAS-002, AAS-003, AAS-004 (Ponto 20) , AAS-005, AAS-006, AAS-007, AAS-008, AAS-009, AAS-010, AAS-011, AAS-012, AAS-013, AAS-014, AAS-015, AAS-016, AAS-017, AAS-018, AAS-019, AAS-020, AAS-021, AAS-022, AAS-023, AAS-024, AAS-025 e AAS-026 (Lapa Campestre) e reentrâncias denominadas FAAS-001, FAAS-002, FAAS-003, FAAS-004, FAAS-005, FAAS-006,e FAAS-007,FAAS-008, FAAS-009, FAAS-010, FAAS-011, FAAS-012, FAS-013, FAAS-014, FAAS-015, FAAS-016,e FAAS-017. Todas cavidades, com exceção da AAS-023 foram revisitadas e novas reentrâncias, FAAS-008 até FAAS-017, foram mapeadas pela Geomil em seu caminhamento.

Não houve a identificação de novas cavernas nesta etapa. As novas reentrâncias identificadas encontram-se a uma distância superior a 250 m da ADA do empreendimento.

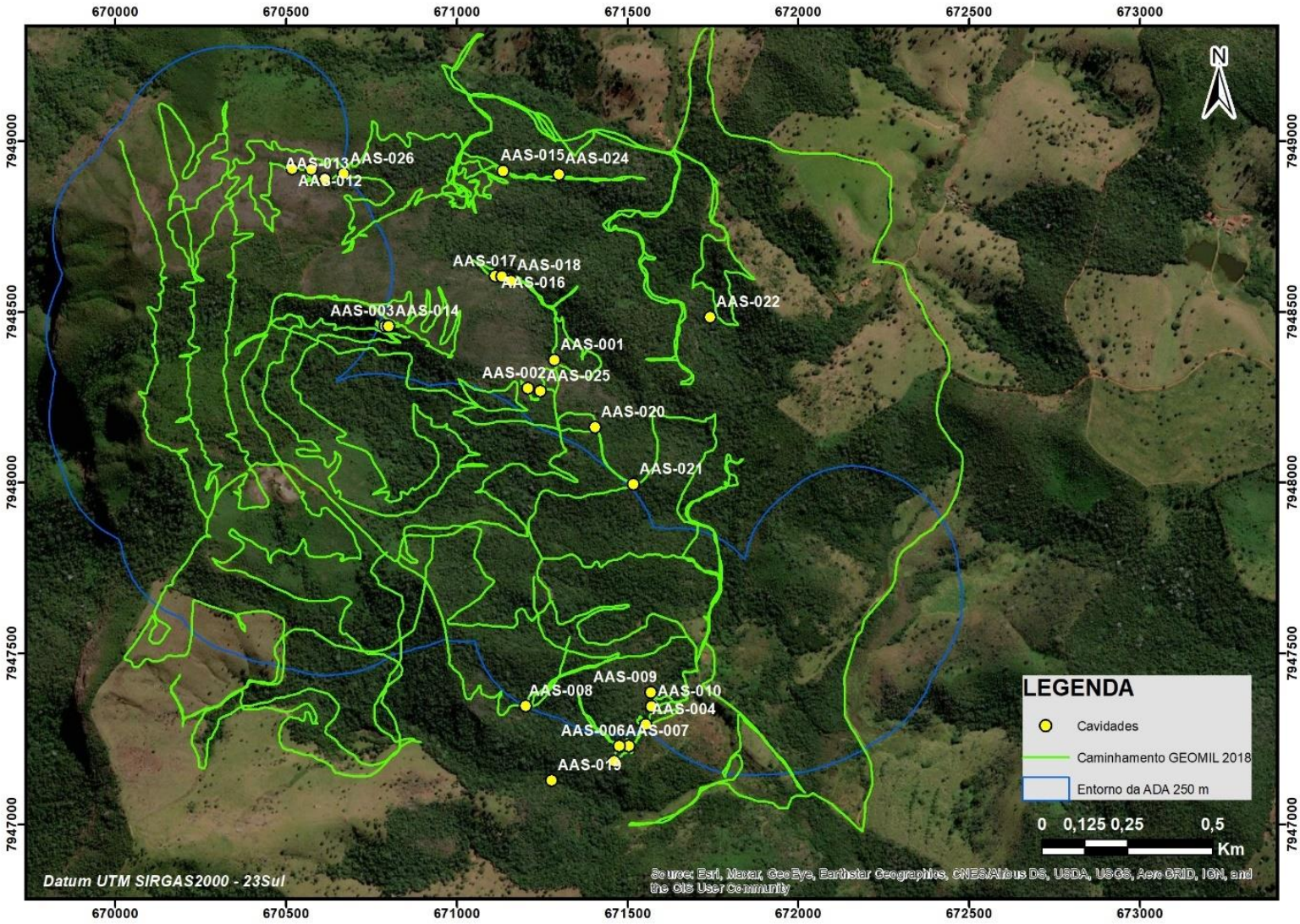



Figura 9-75 – Caminhamento, Cavidades naturais subterrâneas validadas pela Geomil no Projeto Serro – 2018 até 2021.

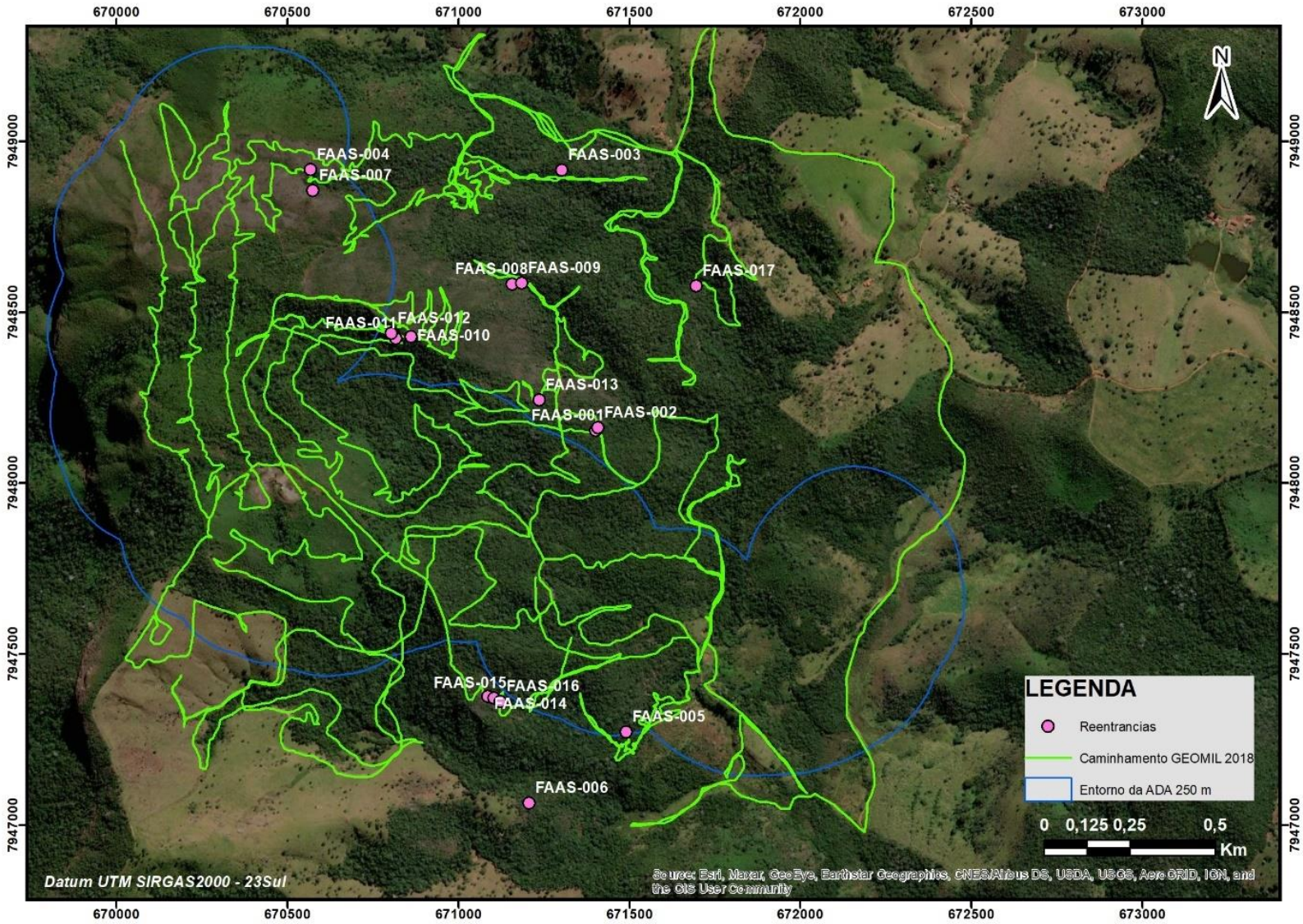



Figura 9-76– Reentrâncias validadas e mapeadas pela Geomil no Projeto Serro – 2018 até 2021.

### 9.7.4.8 Resultado geral dos diferentes esforços de prospecção

O caminhamento foi realizado na faixa potencial para ocorrência de cavernas, direcionado a ADA – Area Diretamente Afetada do projeto Serro em concepção. A densidade dos caminhamentos variou em cada uma das campanhas, mas manteve a média de 0,13 km/ha.

De forma geral, o caminhamento foi desenvolvido observando o fechamento da malha (50 metros), com foco nas áreas com maior potencial de ocorrência de cavidades, concentrando-se na ADA e no seu entorno observando-se as principais feições geomorfológicas (quebra de relevo e drenagens), áreas de mata, afloramentos rochosos e fundos de vale que indicam a possibilidade de ocorrência de cavernas, conforme se observa na figura a seguir.

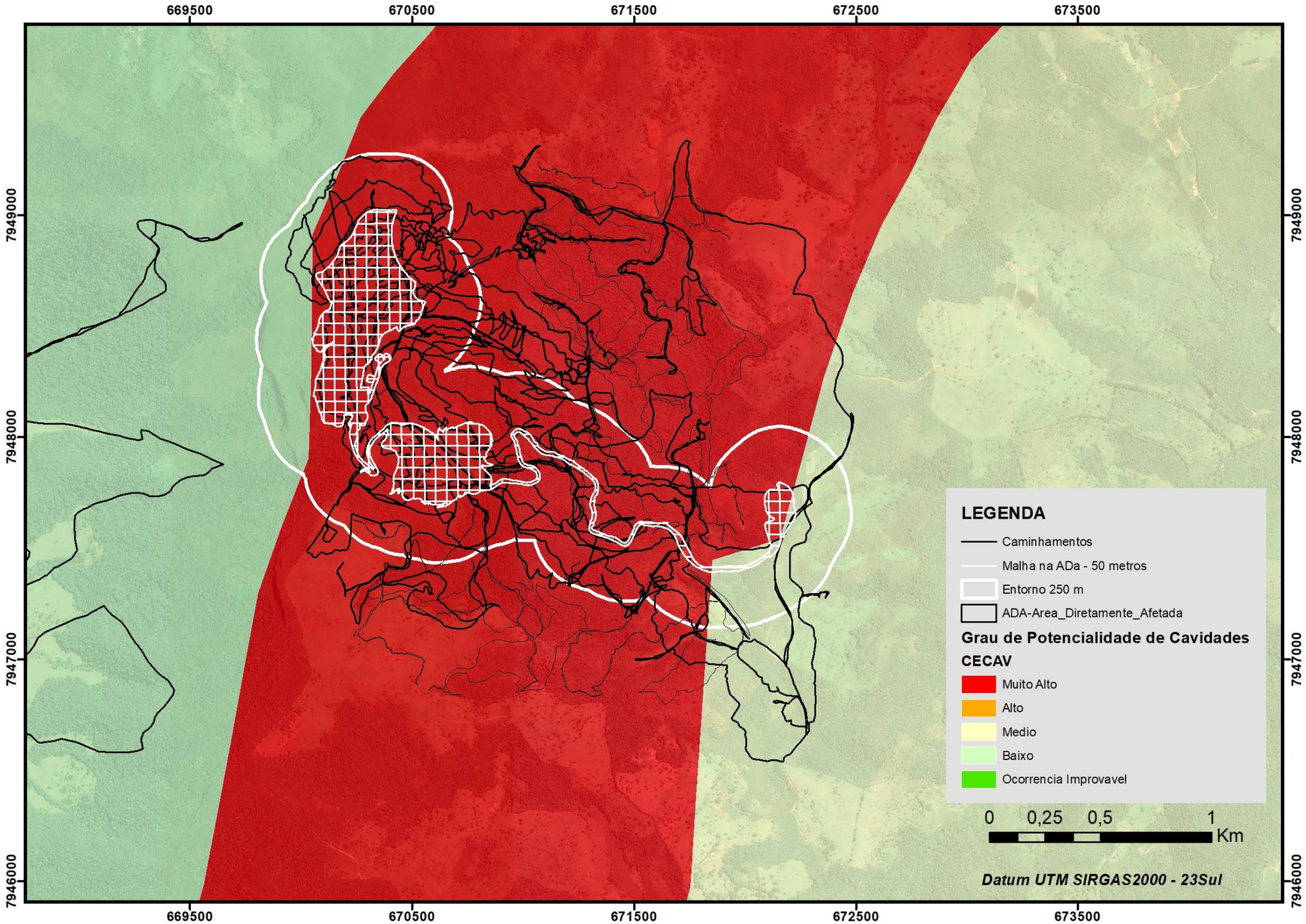



Figura 9-77 – Malha de Prospecção da ADA (250 m) E AID na Area Potencial para Ocorrência de cavidades

### 9.7.4.9 Coordenadas e Descrição dos Pontos

A consolidação de todos esses estudos de prospecção identificou um total de 26 cavidades naturais subterrânesa e 17 reentrâncias sem nenhuma interferência com a ADA do projeto, conforme a figura abaixo.

Tabela 9.24 – Tabela de Cavidades com coordenadas e descrição dos Pontos.

| Cavidade | E | N | Altitude | Tipologia | PH (m) | Área (m²) | Desnível (m) | Volume (m³) | Litologia | Localização |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AAS-001 | 671286.00 | 7948358.00 | 924 | Abrigo | 5,45 | 54,51 | 0,93 | 50,69 | Canga | > 250 m |
| AAS-002 | 671209.07 | 7948275.23 | 979 | Caverna | 10,15 | 74,18 | 0,21 | 83,33 | Canga/Itabirito | > 250 m |
| AAS-003 | 670790.00 | 7948457.00 | 1093 | Caverna | 34,73 | 79,31 | 6,70 | 73,66 | Itabirito/Gabro | > 250 m |
| AAS-004 | 671553.00 | 7947292.00 | 808 | Caverna | 9,51 | 15,11 | 2,12 | 12,99 | Quartzito | > 250 m |
| AAS-005 | 671461.08 | 7947184.22 | 836 | Caverna | 13,50 | 36,28 | 1,01 | 31,72 | Quartzito | **Buffer 250 m** |
| AAS-006 | 671504.07 | 7947228.22 | 835 | Caverna | 5,30 | 14,77 | 0,26 | 10,98 | Quartzito | > 250 m |
| AAS-007 | 671476.07 | 7947228.22 | 829 | Caverna | 5,00 | 20,86 | 1,08 | 23,74 | Itabirito | > 250 m |
| AAS-008 | 671201.08 | 7947346.22 | 892 | Caverna | 5,86 | 8,55 | 0,45 | 9,08 | Itabirito | Limite 250 m |
| AAS-009 | 671569.07 | 7947386.22 | 816 | Caverna | 10,94 | 27,59 | 1,32 | 15,17 | Quartzito | **Buffer 250 m** |
| AAS-010 | 671570.07 | 7947344.22 | 812 | Caverna | 8,42 | 20,60 | 5,26 | 23,86 | Quartzito | **Buffer 250 m** |
| AAS-011 | 670574.00 | 7948917.00 | 1106 | Caverna | 8,61 | 25,96 | 1,25 | 18,91 | Canga/Itabirito | **Buffer 250 m** |
| AAS-012 | 670518.00 | 7948918.00 | 1118 | Caverna | 26,36 | 43,72 | 0,64 | 25,05 | Canga/Itabirito | **Buffer 250 m** |
| AAS-013 | 670613.08 | 7948888.23 | 1091 | Caverna | 9,50 | 18,29 | 0,42 | 9,56 | Canga/Itabirito | **Buffer 250 m** |
| AAS-014 | 670801.00 | 7948457.00 | 1100 | Caverna | 5,00 | 6,55 | 1,10 | 4,37 | Itabirito | > 250 m |
| AAS-015 | 671136.07 | 7948912.23 | 980 | Caverna | 27,67 | 185,36 | 5,73 | 191,59 | Canga/Itabirito | > 250 m |
| AAS-016 | 671112.00 | 7948604.00 | 979 | Abrigo | 5,61 | 51,12 | 0,23 | 64,58 | Canga/Itabirito | > 250 m |
| AAS-017 | 671132.00 | 7948602.00 | 966 | Caverna | 8,62 | 13,60 | 1,55 | 7,45 | Canga/Itabirito | > 250 m |
| AAS-018 | 671158.07 | 7948590.23 | 977 | Caverna | 9,12 | 17,87 | 1,65 | 6,88 | Itabirito | > 250 m |
| AAS-019 | 671277.08 | 7947128.22 | 850 | Caverna | 7,73 | 15,73 | 1,78 | 16,42 | Itabirito | > 250 m |
| AAS-020 | 671404.07 | 7948162.23 | 936 | Caverna | 24,05 | 35,34 | 2,28 | 20,40 | Canga/Itabirito | > 250 m |
| AAS-021 | 671517.07 | 7947995.23 | 889 | Caverna | 5,00 | 6,21 | 0,54 | 4,55 | Itabirito | > 250 m |
| AAS-022 | 671742.07 | 7948483.23 | 839 | Caverna | 7,35 | 9,67 | 2,64 | 6,72 | Quartzito | > 250 m |
| AAS-023 | 670840.08 | 7947061.21 | 965 | Caverna | 5,00 | 11,03 | 1,59 | 6,18 | Itabirito | > 250 m |
| AAS-024 | 671299.07 | 7948902.23 | 961 | Caverna | 8,48 | 11,19 | 1,20 | 5,82 | Canga/Itabirito | > 250 m |
| AAS-025 | 671245.07 | 7948267.23 | 955 | Caverna | 5,09 | 9,02 | 0,61 | 3,10 | Canga/Itabirito | > 250 m |
| AAS-026 | 670669.08 | 7948903.23 | 1077 | Caverna | 28,46 | 337,76 | 1,60 | 781,89 | Canga/Itabirito | Limite 250 m |

Tabela 9.25 – Tabela de reentrâncias com coordenadas e descrição dos Pontos.

| Cavidade | E | N | Altitude | Tipologia | Localização |
|---|---|---|---|---|---|
| FAAS-001 | 671401 | 7948153 | 940 | Feição | > 250 m |
| FAAS-002 | 671409 | 7948162 | 928 | Feição | > 250 m |
| FAAS-003 | 671302 | 7948914 | 961 | Feição | > 250 m |
| FAAS-004 | 670567 | 7948916 | 1113 | Feição | **Buffer 250 m** |
| FAAS-005 | 671491 | 7947272 | 834 | Feição | > 250 m |
| FAAS-006 | 671206 | 7947064 | 885 | Feição | > 250 m |
| FAAS-007 | 670575 | 7948855 | 1103 | Feição | **Buffer 250 m** |
| FAAS-008 | 671158 | 7948581 | 977 | Feição | > 250 m |
| FAAS-009 | 671186 | 7948585 | 962 | Feição | > 250 m |
| FAAS-010 | 670861 | 7948428 | 1063 | Feição | > 250 m |
| FAAS-011 | 670817 | 7948422 | 1081 | Feição | > 250 m |
| FAAS-012 | 670804 | 7948438 | 1084 | Feição | > 250 m |
| FAAS-013 | 671237 | 7948242 | 954 | Feição | > 250 m |
| FAAS-014 | 671086 | 7947376 | 944 | Feição | > 250 m |
| FAAS-015 | 671104 | 7947371 | 928 | Feição | > 250 m |
| FAAS-016 | 671123 | 7947361 | 926 | Feição | > 250 m |
| FAAS-017 | 671695 | 79485576 | 865 | Feição | > 250 m |

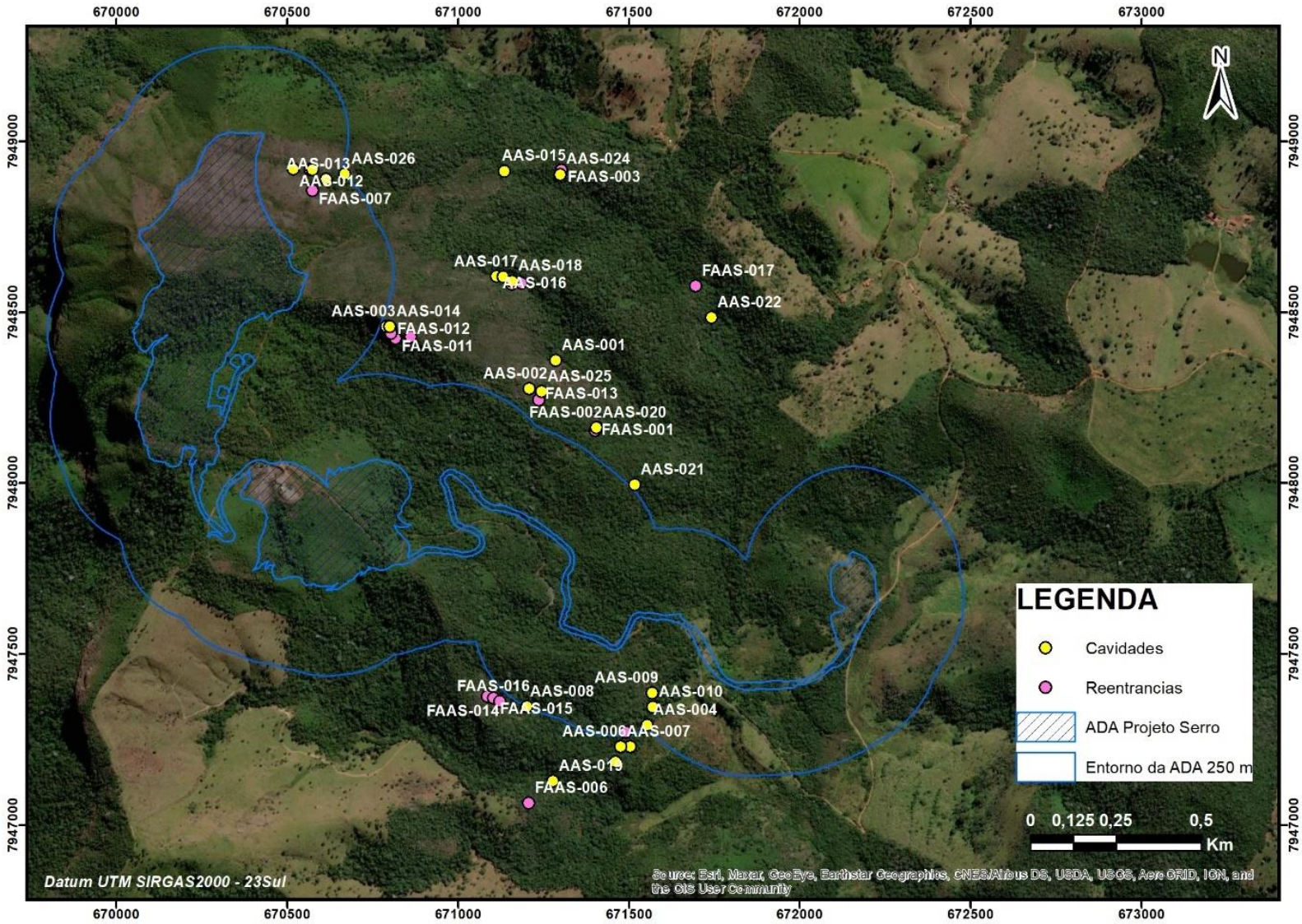



Figura 9-78 – Mapa com as cavidades naturais subterrâneas mapeadas

O resultado da prospecção na área do projeto Serro consolidou esse acervo da cavidades e reentrâncias, para as quais não se prevê supressão, mas apenas interferência com o raio inicial de 250 metros de 06 cavidades e 02 duas reentrâncias que estão localizadas no entorno de 250 metros da ADA do projeto Serro, que são alvo deste licenciamento e as quais se relatam a seguir:

- (AAS): Identificação da cavidade associada ao mapeamento. Cavidades Inseridas no Entorno 250 m da ADA: AAS-004 (Ponto 20), AAS-009, AAS-010, AAS-011, AAS-012 e AAS-013;

- (FAAS): Identificação da feição associada ao mapeamento. Feições Inseridas no Entorno de 250 m do projeto: FAAS-004 e FAAS-007.

Tabela 9.26 – Tabela de Cavidades com coordenadas e descrição dos Pontos.

| Cavidade | E | N | Altitude | PH (m) | Desnível (m) | Entradas | Distância da ADA (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AAS-004 (Ponto 20) | 671553 | 7947292 | 808 | 9,51 | 2,12 | 2 | 240 |
| AAS-009 | 671569 | 7947386 | 816 | 10,94 | 1,32 | 2 | 167 |
| AAS-010 | 671570 | 7947344 | 812 | 8,42 | 5,26 | 3 | 198 |
| AAS-011 | 670574 | 4948917 | 1106 | 8,61 | 1,25 | 1 | 160 |
| AAS-012 | 670518 | 7948918 | 118 | 26,36 | 0,64 | 1 | 110 |
| AAS-013 | 670613 | 7948888 | 1091 | 9,50 | 0,42 | 1 | 200 |

Datum: UTM Sirgas 2000 – Furo 23 Sul

Tabela 9.27 – Reentrância com coordenadas e descrição dos Pontos.

| Cavidade | E | N | Altitude | Tipo | Distância da ADA (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| FAAS-004 | 670567 | 7948916 | 1113 | Feição | 156 |
| FAAS-007 | 670575 | 7948855 | 1103 | Feição | 157 |

Datum: UTM Sirgas 2000 – Furo 23 Sul

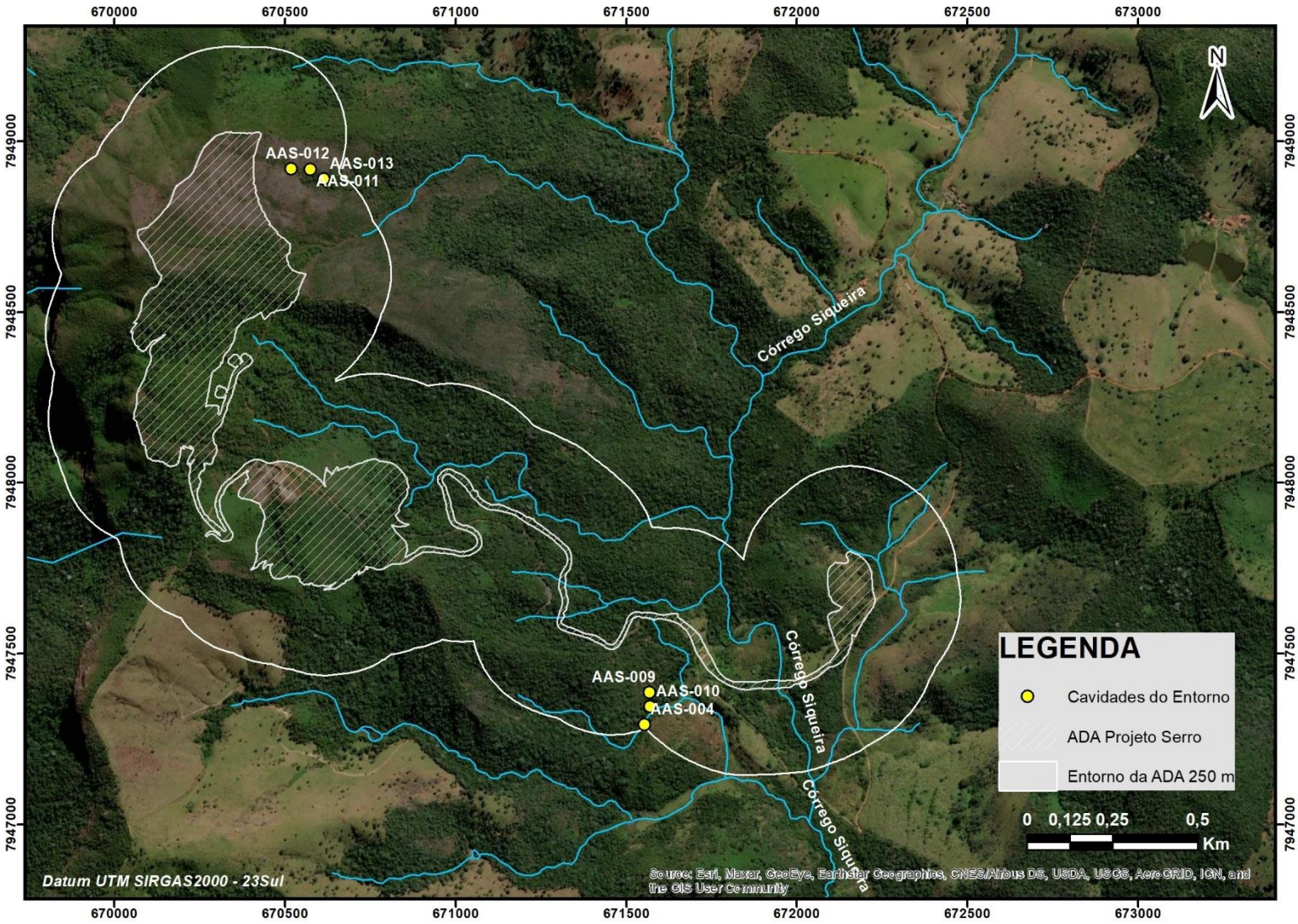



Figura 9-79 – Mapa com as cavidades naturais subterrâneas localizadas no buffer de 250 metros do empreendimento

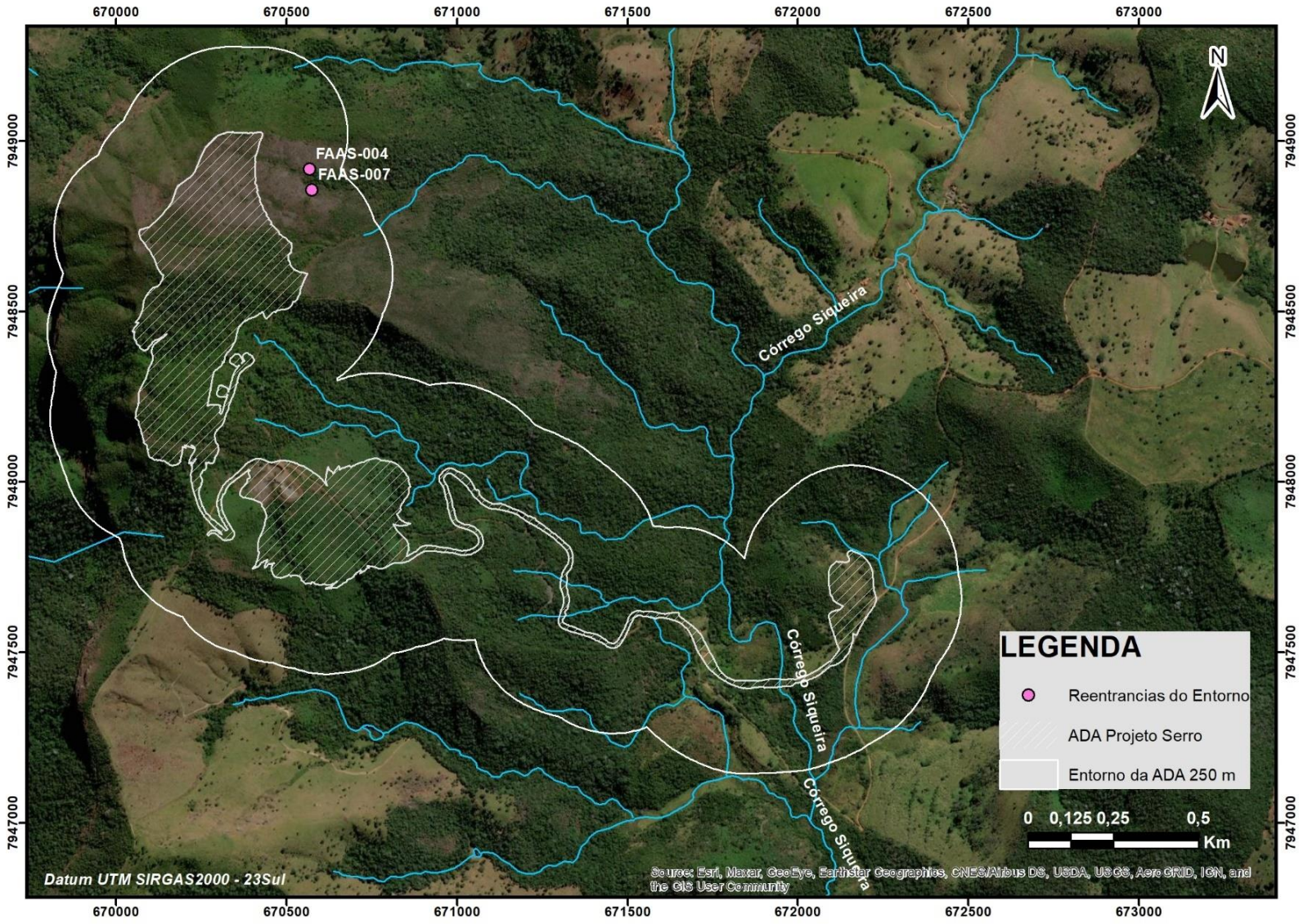



Figura 9-80 – Mapa com todas as reentrância espeleológicas detectadas.

### 9.7.4.10 Cavidades Identificadas Fora da Área do Entorno de 250 m da ADA do Empreendimento

Nos serviços de prospecção realizados pela Geomil não foram identificadas novas cavidades além daquelas apresentadas no estudo da Arcadis Logos (2014). Foram identificadas, externas a área de entorno de 250 m da ADA, 20 cavidades a saber:

Tabela 9.28 – Tabela de Cavidades com coordenadas e descrição dos Pontos.

| Cavidade | E | N | Altitude | PH (m) | Desnível (m) | Entradas | Distância da ADA (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AAS-001 | 671286.00 | 7948358.00 | 924 | 5.45 | 0.93 | 1 | 427 |
| AAS-002 | 671209.07 | 7948275.23 | 979 | 10.15 | 0.21 | 1 | 315 |
| AAS-003 | 670790.00 | 7948457.00 | 1093 | 34.73 | 6.70 | 1 | 267 |
| AAS-005 | 671461.08 | 7947184.22 | 836 | 13.50 | 1.01 | 2 | 322 |
| AAS-006 | 671504.07 | 7947228.22 | 835 | 5.30 | 0.26 | 2 | 280 |
| AAS-007 | 671476.07 | 7947228.22 | 829 | 5.00 | 1.08 | 2 | 282 |
| AAS-008 | 671201.08 | 7947346.22 | 892 | 5.86 | 0.45 | 1 | 252 |
| AAS-014 | 670801.00 | 7948457.00 | 1100 | 5.00 | 1.10 | 1 | 280 |
| AAS-015 | 671136.07 | 7948912.23 | 980 | 27.67 | 5.73 | 1 | 657 |
| AAS-016 | 671112.00 | 7948604.00 | 979 | 5.61 | 0.23 | 1 | 551 |
| AAS-017 | 671132.00 | 7948602.00 | 966 | 8.62 | 1.55 | 1 | 570 |
| AAS-018 | 671158.07 | 7948590.23 | 977 | 9.12 | 1.65 | 1 | 600 |
| AAS-019 | 671277.08 | 7947128.22 | 850 | 7.73 | 1.78 | 1 | 421 |
| AAS-020 | 671404.07 | 7948162.23 | 936 | 24.05 | 2.28 | 1 | 320 |
| AAS-021 | 671517.07 | 7947995.23 | 889 | 5.00 | 0.54 | 2 | 261 |
| AAS-022 | 671742.07 | 7948483.23 | 839 | 7.35 | 2.64 | 1 | 780 |
| AAS-023 | 670840.08 | 7947061.21 | 965 | 5.00 | 1.59 | 1 | 665 |
| AAS-024 | 671299.07 | 7948902.23 | 961 | 8.48 | 1.20 | 1 | 794 |
| AAS-025 | 671245.07 | 7948267.23 | 955 | 5.09 | 0.61 | 1 | 331 |
| AAS-026 – (Lapa Campestre) | 670669.08 | 7948903.23 | 1077 | 28.46 | 1.60 | 1 | 251 |

Destaca-se que para as cavidades posicionadas no limite do buffer de 250 m, cavidades AAS-026 e AAS-005, foi realizada a verificação da posição destas duas cavidades com a utilização de GPS Geodésico, reduzindo o erro de posicionamento para distâncias milimétricas, bem como verificado de acordo com a projeção da coordenada. Verificados estes parâmetros, confirmou-se seu posicionalmento externo ao buffer de 250 m.

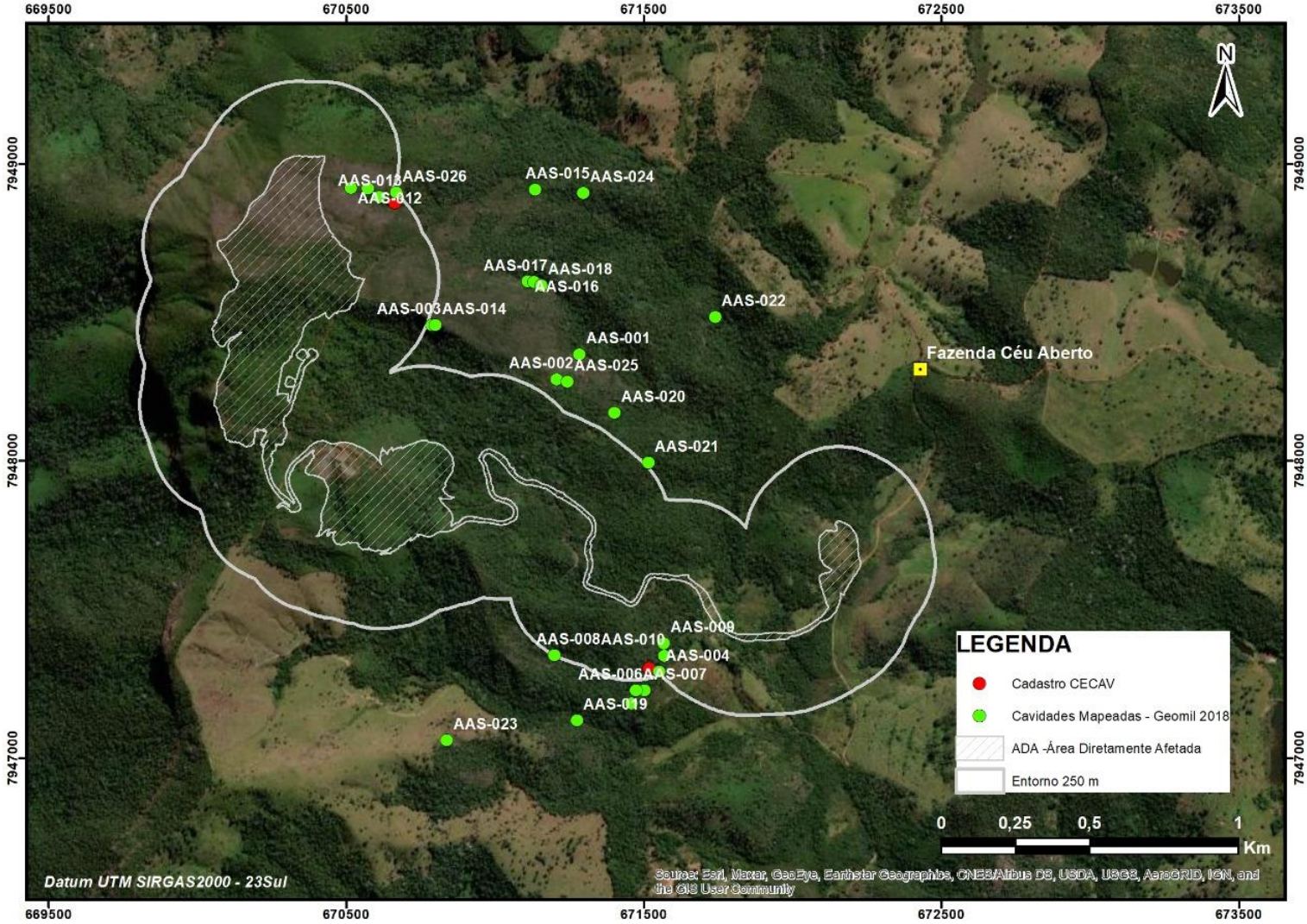



Figura 9-81 – Mapa com todas as cavidades naturais subterrâneas espeleológicas detectadas

### 9.7.5 Cavidades Naturais Subterrâneas e reentrância Identificadas na ADA

Não houve identificação de cavidades naturais ou feições no interior da ADA do Projeto.

### 9.7.6 Descrição das Cavidades Naturais Subterrâneas e Feições Identificadas no Entorno de 250 m da ADA

#### 9.7.6.1 Cavidade AAS-004

A cavidade é composta por depósito de tálus em encosta inclinada de platô ou serra, em afloramento de 1,80 metros de altura em média vertente. A litologia da cavidade se trata de rocha siliciclástica do tipo quartzito, que apresenta foliação. Aparentemente o bloco que compõe a cavidade está in situ, e apresenta orientação NW. Está localizada a uma distância de 240 m da ADA.

A cavidade possui projeção horizontal de 9,51 metros, um desnível de 2,12 metros, uma área de 15,11 m² e um volume de 12,99 m³. A cavidade não apresenta morfologia única, seu padrão planimétrico é retilíneo, o piso varia de plano para inclinado para o exterior, a parede é regular e o teto é inclinado. As feições morfológicas observadas foram canalículo, claraboia e patamar. Em relação à hidrologia não foi observada presença de água de qualquer tipo.

Os depósitos clásticos não apresentam valor científico, apresentando material orgânico nas entradas do tipo folhiço; sedimentos arenosos da alteração do quartzito; piso rochoso também foi registrado.

Os depósitos químicos não apresentam valor científico, não ocorrendo espeleotemas únicos, não apresentando diversidade ou configuração notável. Os espeleotemas observados foram crosta delgada ferruginosa e crosta branca. A cavidade não apresenta gênese única ou rara, esta apresenta uma gênese exógena por ser em depósito de tálus.

Em relação aos aspectos bióticos, a caverna AAS-004 apresenta zonação luminosa incompleta, com predomínio da zona disfótica. O aporte orgânico é representado por raízes e detritos vegetais. Não foi registrada a presença de gotejamento ou percolação, ou outra fonte de umidade e seu piso estava bastante seco na ocasião das campanhas de campo. A vegetação predominante de seu entorno é Cerrado. Durante as vistorias foram observados alguns indivíduos de *G. soricina*.

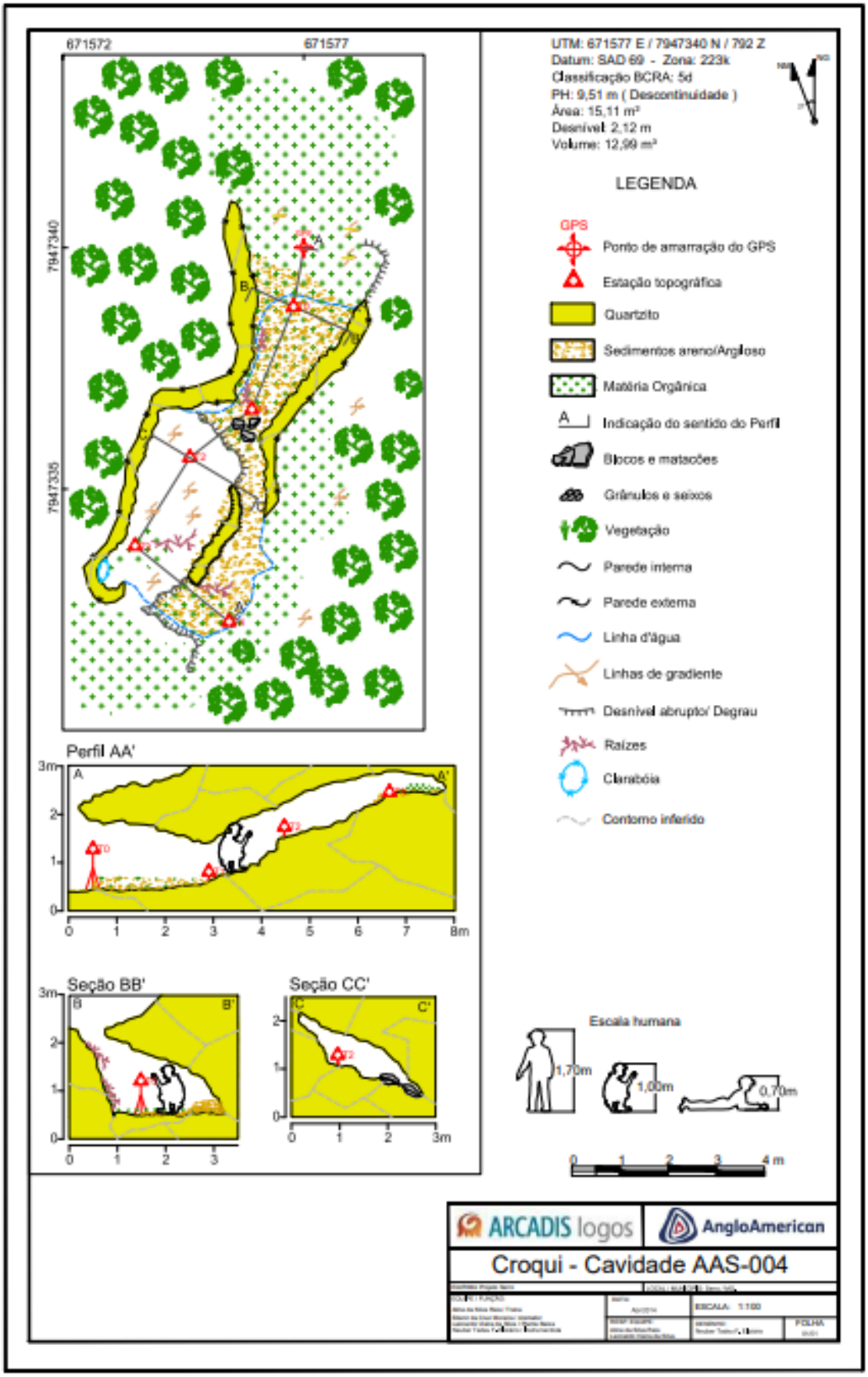



Figura 9-82 – Croqui Cavidade AAS-004- Fonte: Diagnóstico Arcadis.

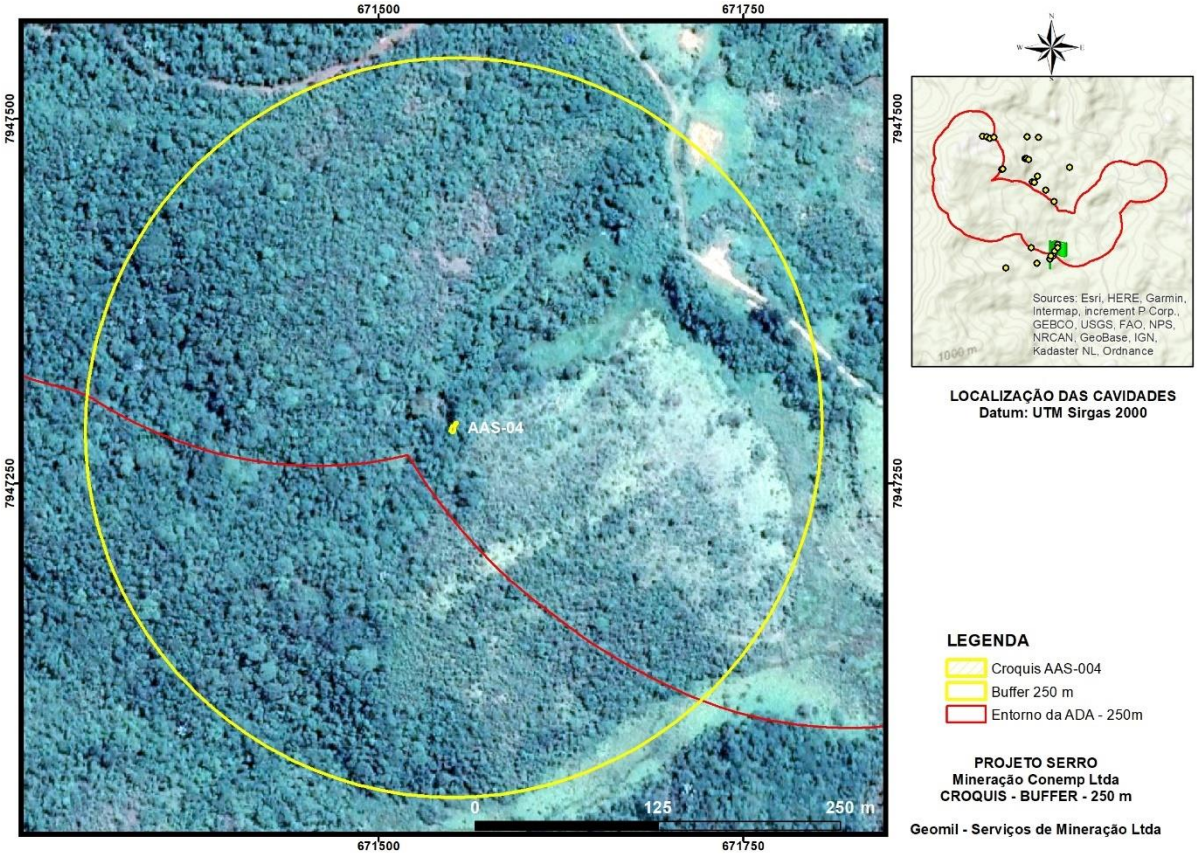



Figura 9-83 – Projeção Horizontal cavidade AAS-004 com buffer de 250 metros.

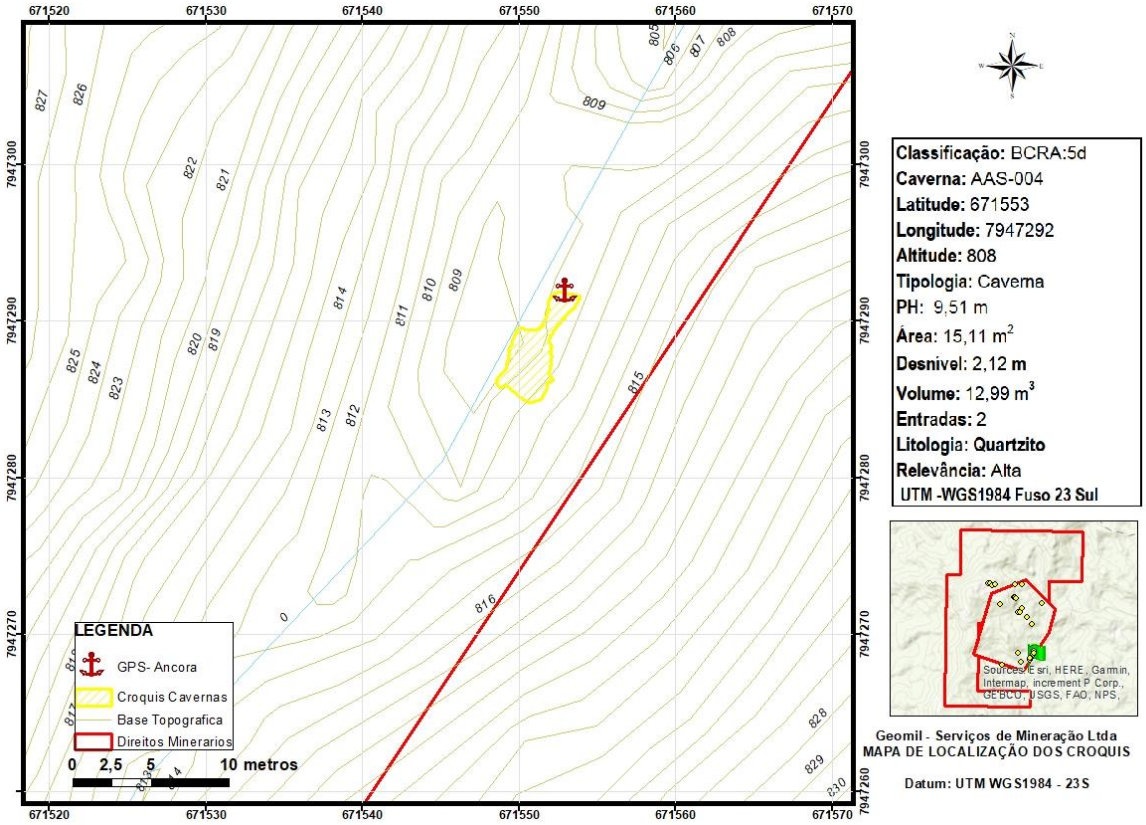



Figura 9-84 – Mapa de Localização da Cavidade AAS-004 em relaão a topografia do terreno.

Figura 9-85 – Aspecto geral da entrada da cavidade AAS-004.

### 9.7.6.2 Cavidade AAS-009

A cavidade por depósito de tálus em encosta inclinada de serra, com rocha constituinte de 2 metros de altura em baixa vertente. A litologia da cavidade se trata de rocha siliciclástica do tipo quartzito bandado; friável. Está localizada a uma distância de 167 m da ADA.

A cavidade apresenta uma projeção horizontal de 10,94 metros, um desnível de 1,32 metros, uma área de 27,59m² e um volume de 15,17m³. A cavidade não apresenta morfologia única, seu padrão planimétrico é disforme, o piso é predominantemente plano, as paredes são regulares e o teto é irregular. A feição morfológica observada foi canalículo. Em relação à hidrologia não foi observada presença de água de qualquer tipo.

Os depósitos clásticos não apresentam valor científico, apresentando predominância de areia de origem autóctone, a deposição orgânica se apresenta na forma de folhiços. Os depósitos químicos não apresentam valor científico, não ocorrendo espeleotemas únicos, não apresentando diversidade ou configuração notável.

Os espeleotemas observados foram crosta ferruginosa e coraloides. A cavidade não apresenta gênese única ou rara, esta apresenta uma gênese exógena por ser em depósito de tálus. Em relação aos aspectos bióticos, a caverna AAS-009 apresenta zonação luminosa incompleta, com predomínio da zona disfótica. O aporte orgânico é constituído por detritos vegetais e raízes. Não foi registrada a presença de gotejamento ou percolação, ou outra fonte de umidade, contribuindo para que o piso da cavidade estivesse bastante seco mesmo durante a estação chuvosa. A vegetação de seu entorno é o Cerrado.

Figura 9-86 – Aspecto geral da entrada da cavidade AAS-009.

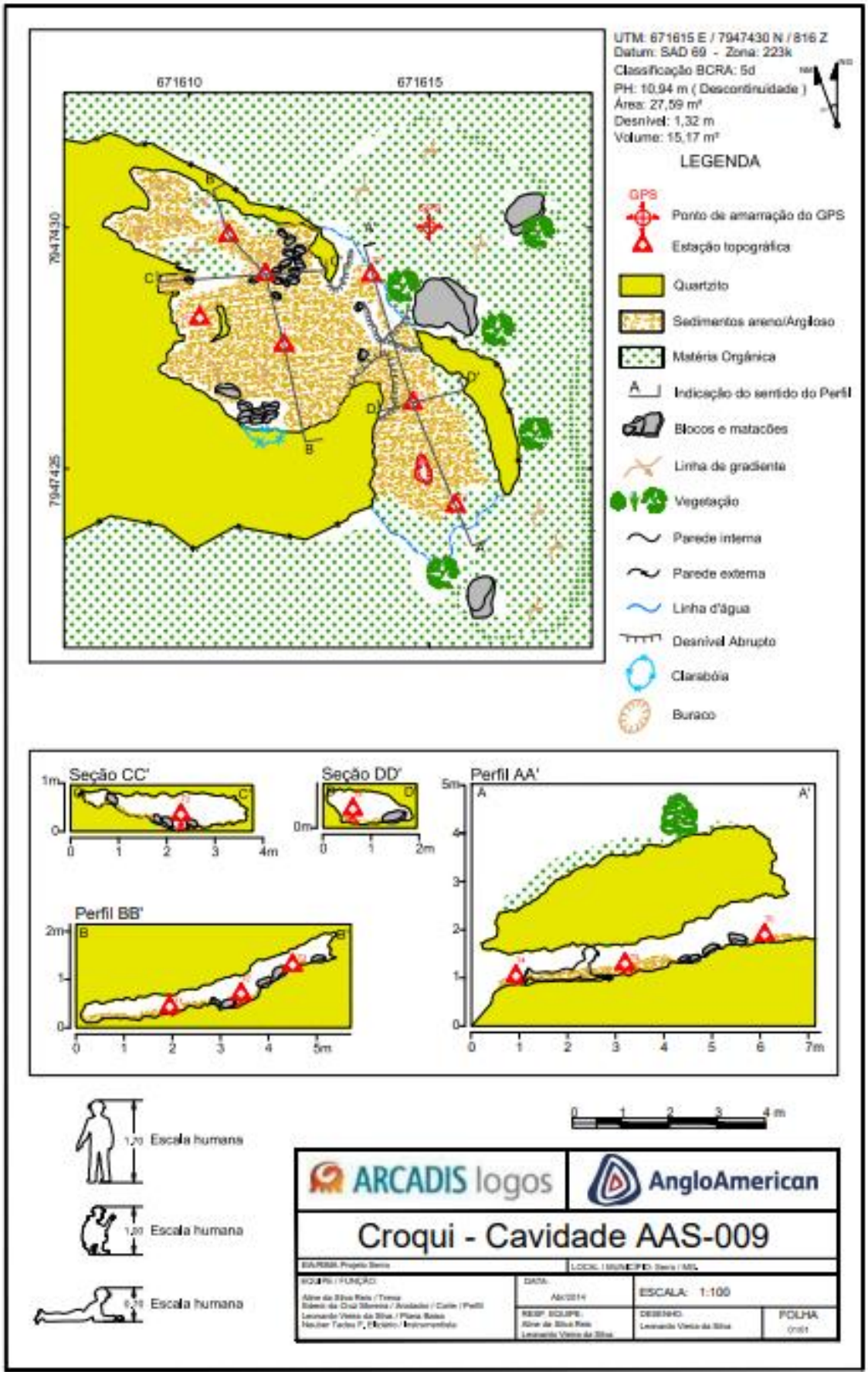



Figura 9-87 – Croqui Cavidade AAS-009- Fonte : Diagnóstico Arcadis.

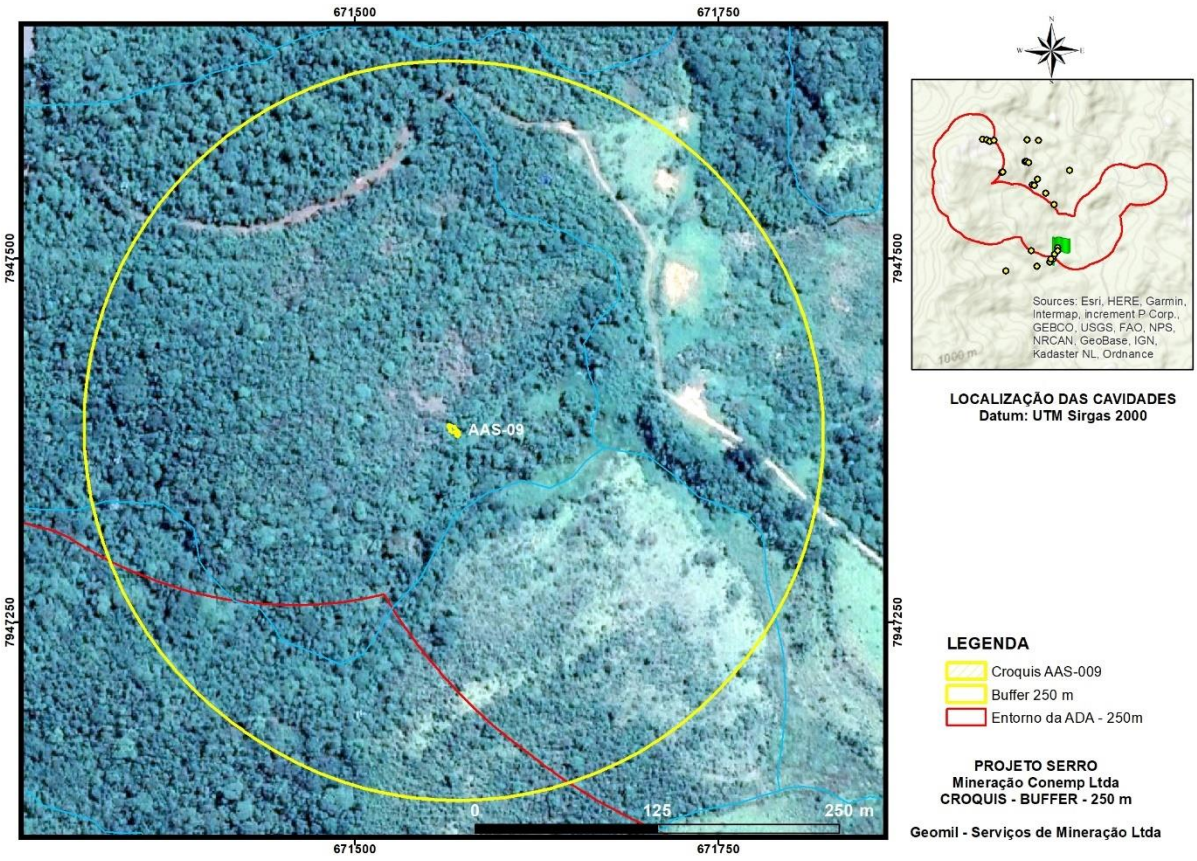



Figura 9-88 – Projeção Horizontal cavidade AAS-009 com buffer de 250 metros.

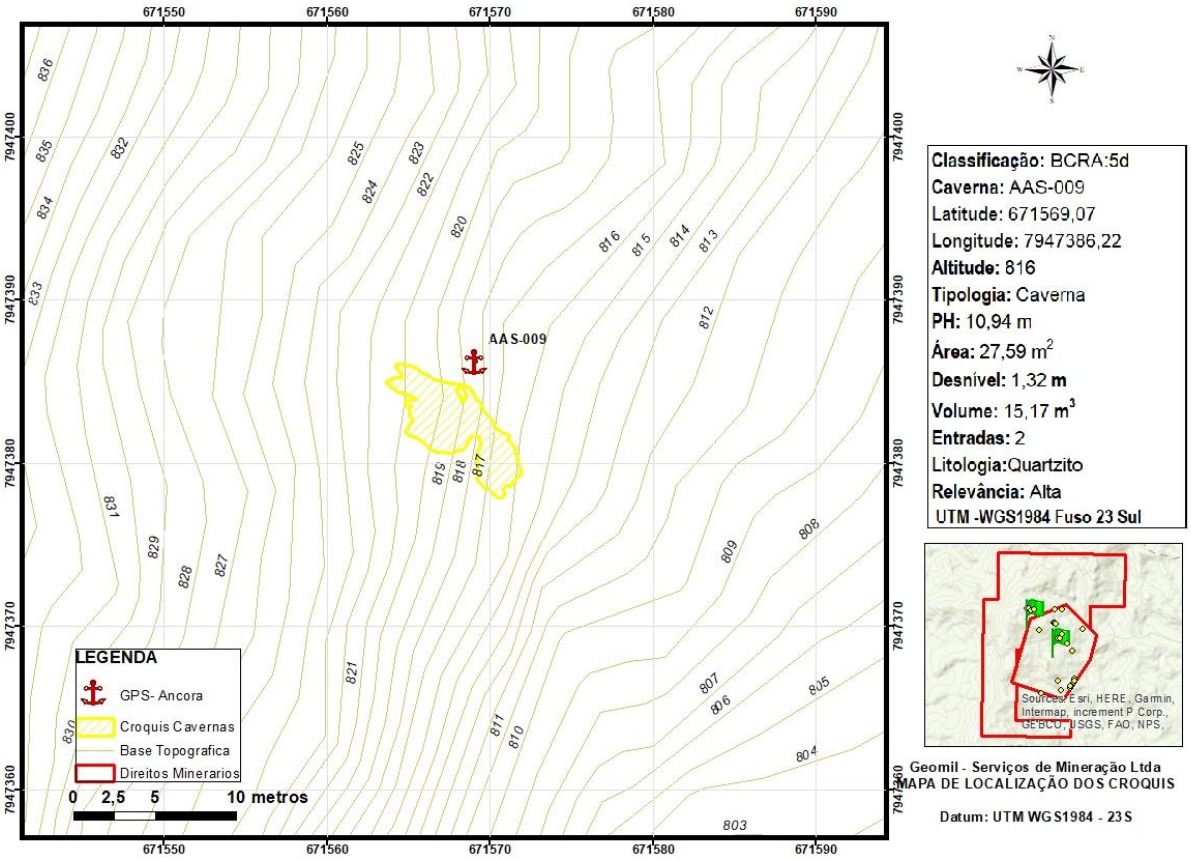



Figura 9-89 – Mapa de Localização da Cavidade AAS-009 em relação a topografia do terreno.

### 9.7.6.3 Cavidade AAS-010

A cavidade é formada por depósito de tálus em encosta inclinada de serra, com rocha constituinte de 2 metros de altura em baixa vertente. A litologia da cavidade se trata de rocha siliciclástica do tipo quartzito granulação média; micáceo. A estrutura observada foi apenas de foliação. Está localizada a uma distância de 198 m da ADA.

A cavidade apresenta uma projeção horizontal de 8,42 metros, um desnível de 5,26 metros, uma área de 20,60m² e um volume de 23,86m³. A cavidade não apresenta morfologia única, seu padrão planimétrico é retangular, o piso é inclinado para o exterior, às paredes são regulares e o teto é irregular. As feições morfológicas observadas foram canalículo, patamar e claraboia.

Em relação à hidrologia não foi observada presença significativa, apenas de escoamentos e surgências perenes.

Os depósitos clásticos não apresentam valor científico, apresentando predominância de matacões de origem autóctone, a deposição orgânica se apresenta na forma de folhiços.

Os depósitos químicos não apresentam valor científico, não ocorrendo espeleotemas únicos, não apresentando diversidade ou configuração notável. Os espeleotemas observados foram crosta ferruginosa e coraloides. A cavidade não apresenta gênese única ou rara, esta apresenta uma gênese exógena por ser em depósito de tálus.

Em relação aos aspectos bióticos, a caverna AAS-010 apresenta zonação luminosa incompleta, com predomínio da zona disfótica. Em seu interior o aporte orgânico é representado por raízes, detritos vegetais, e plântulas. Foi registrada a presença de nascente na parte inferior da cavidade, próximo à abertura secundária. A vegetação de seu entorno é o Cerrado.

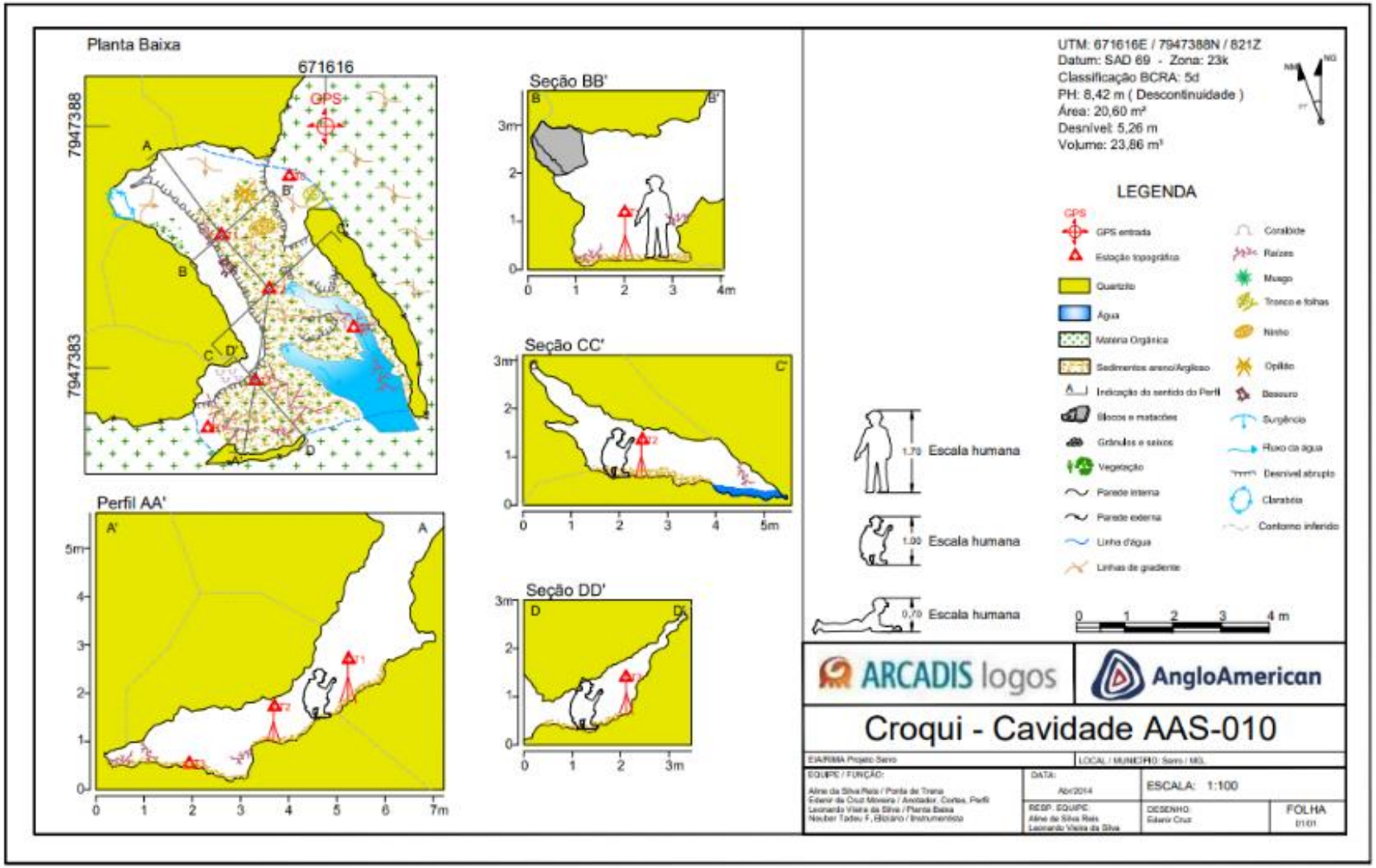



Figura 9-90 – Croqui Cavidade AAS-010- Fonte: Diagnóstico Arcadis.

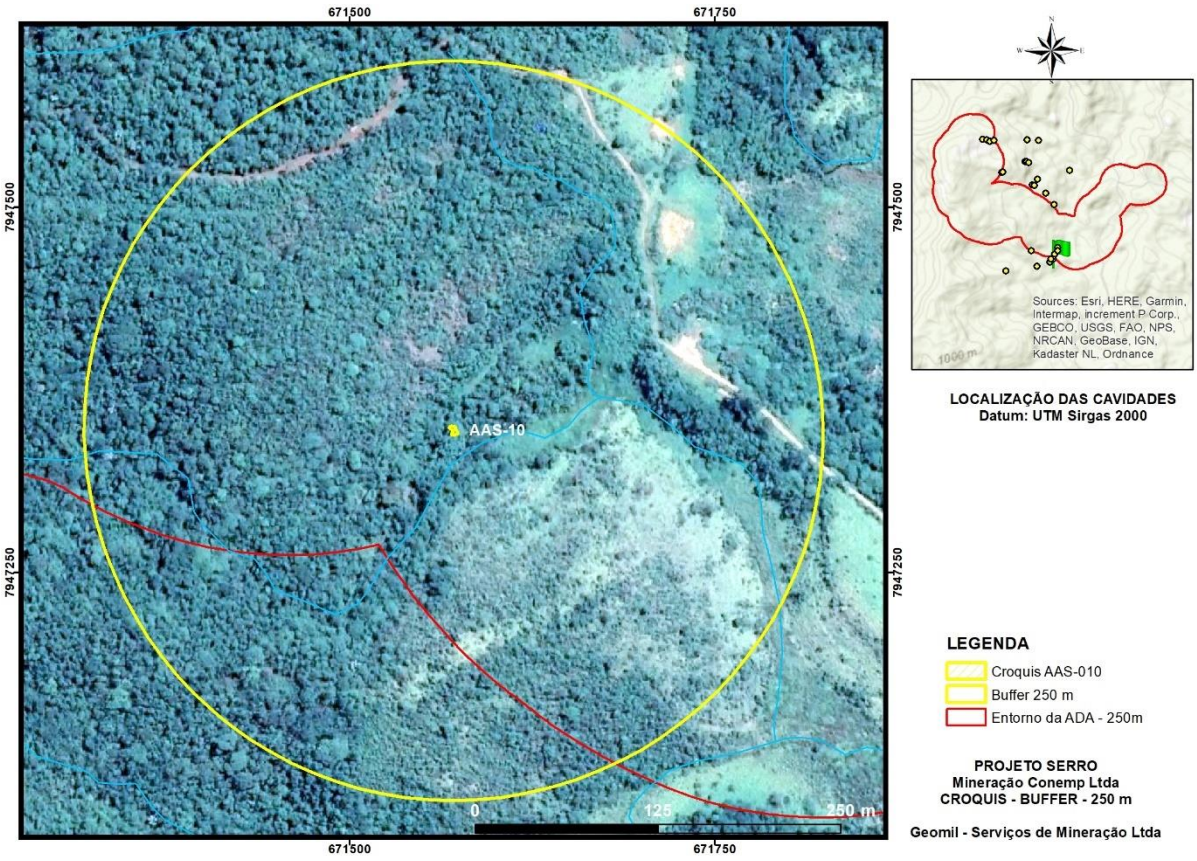



Figura 9-91 – Projeção Horizontal cavidade AAS-010 com buffer de 250 metros.

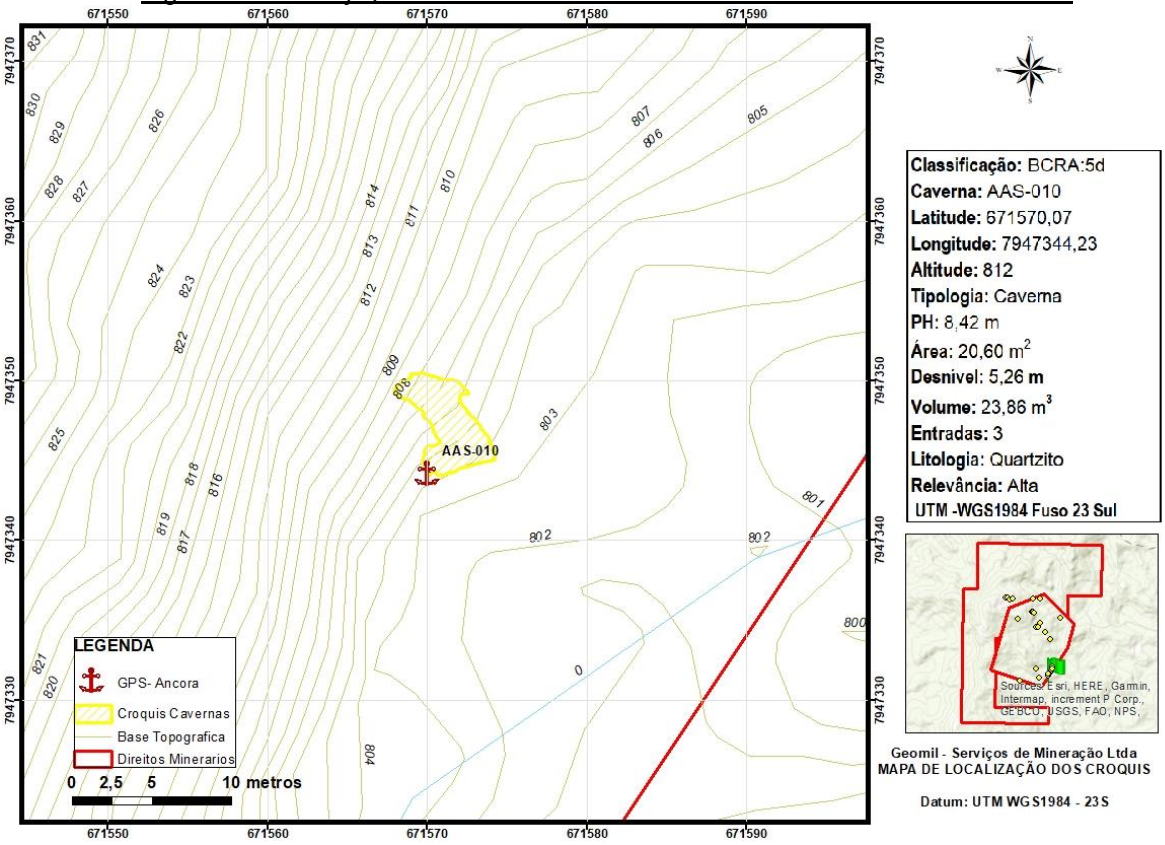



Figura 9-92 – Mapa de Localização da Cavidade AAS-010 em relação a topografia do terreno.

Figura 9-93 – Aspecto geral da cavidade AAS-010.

### 9.7.6.4 Cavidade AAS-011

A cavidade inserida em encosta inclinada de platô ou serra, em escarpa de 1 metro de altura em anfiteatro perpendicular a maior inclinação da baixa vertente. A litologia da cavidade se trata de uma formação ferrífera em que o itabirito predomina; presença localizada da canga detrítica. As estruturas observadas foram bandamento com atitude N40E/30NW e fratura penetrativa N20W/SV que controlam a morfologia. Está localizada a uma distância de 160 m da ADA.

A cavidade apresenta uma projeção horizontal de 8,61 metros, um desnível de 1,25 metros, uma área de 25,96m² e um volume de 18,91m³. A cavidade não apresenta morfologia única, seu padrão planimétrico é circular, o piso varia de inclinado para o exterior e para o interior, as paredes e teto são irregulares. A feição morfológica observada foi canalículo. Em relação à hidrologia não foi observada presença significativa, apenas gotejamento.

Os depósitos clásticos não apresentam valor científico, sendo predominância de calhaus e matacões de origem autóctone, a deposição orgânica se apresenta na forma de folhiços.

Os depósitos químicos não apresentam valor científico, não ocorrendo espeleotemas únicos, não apresentando diversidade, porém a configuração é notável. Os espeleotemas observados foram crostas ferruginosas em abundância. A cavidade não apresenta gênese única ou rara, esta apresenta uma gênese endógena com ampliação de canalículos, típica caverna no ferro; entrada pequena; tipo bolha conectada com a vertente em momento mais tardio.

Em relação aos aspectos bióticos, a caverna AAS-011 apresenta zonação luminosa completa, com predomínio da zona afótica. O aporte orgânico é constituído por detritos vegetais possivelmente carreados pela gravidade e por água de chuva e concentrados na zona de entrada da cavidade. Em seu interior observa-se a existência de dois cupinzeiros. Foi registrada a presença de gotejamento em alguns pontos no interior da caverna. A vegetação predominante de seu entorno é Cerrado.

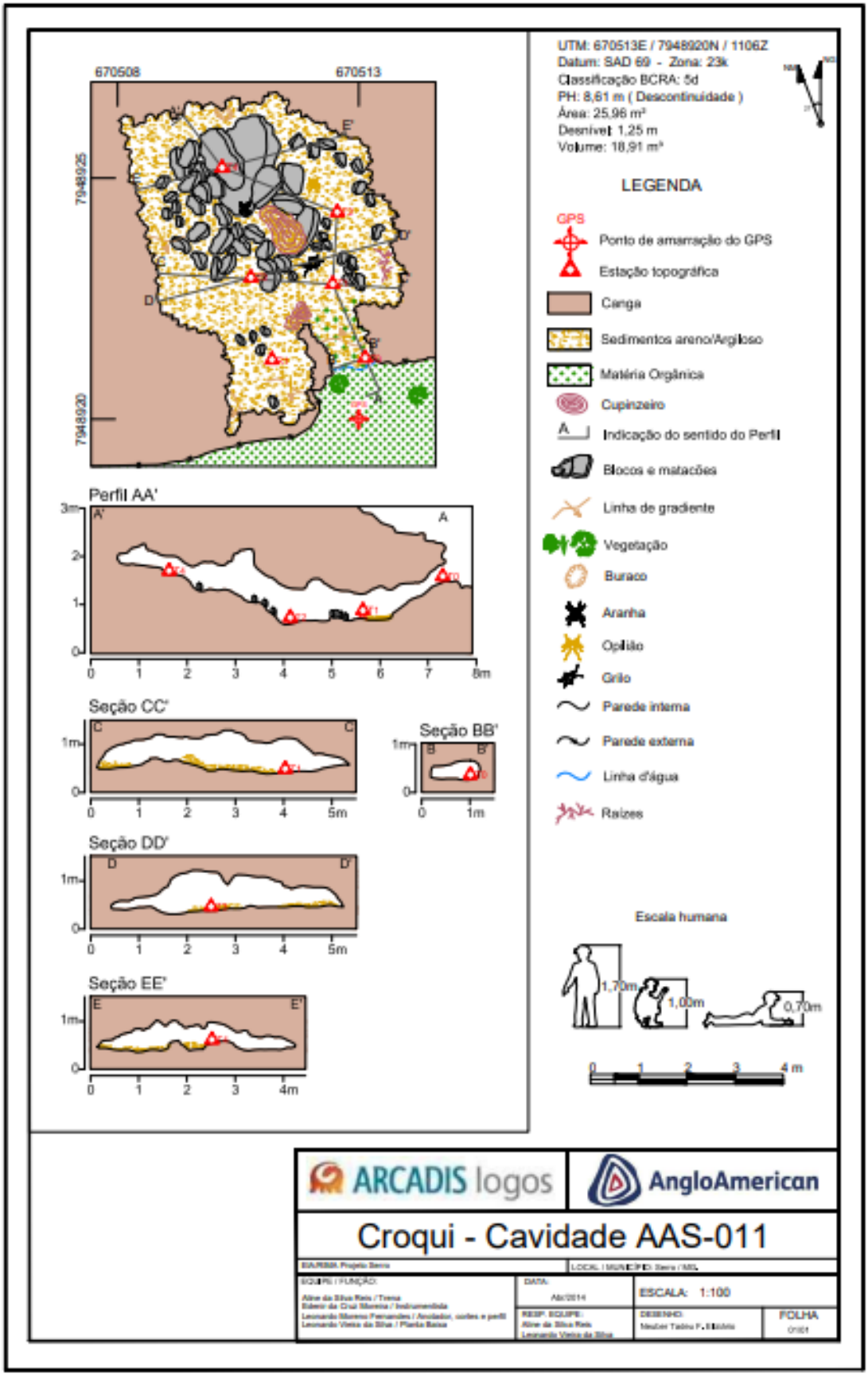



Figura 9-94 – Croqui Cavidade AAS-011- Fonte: Diagnóstico Arcadis.

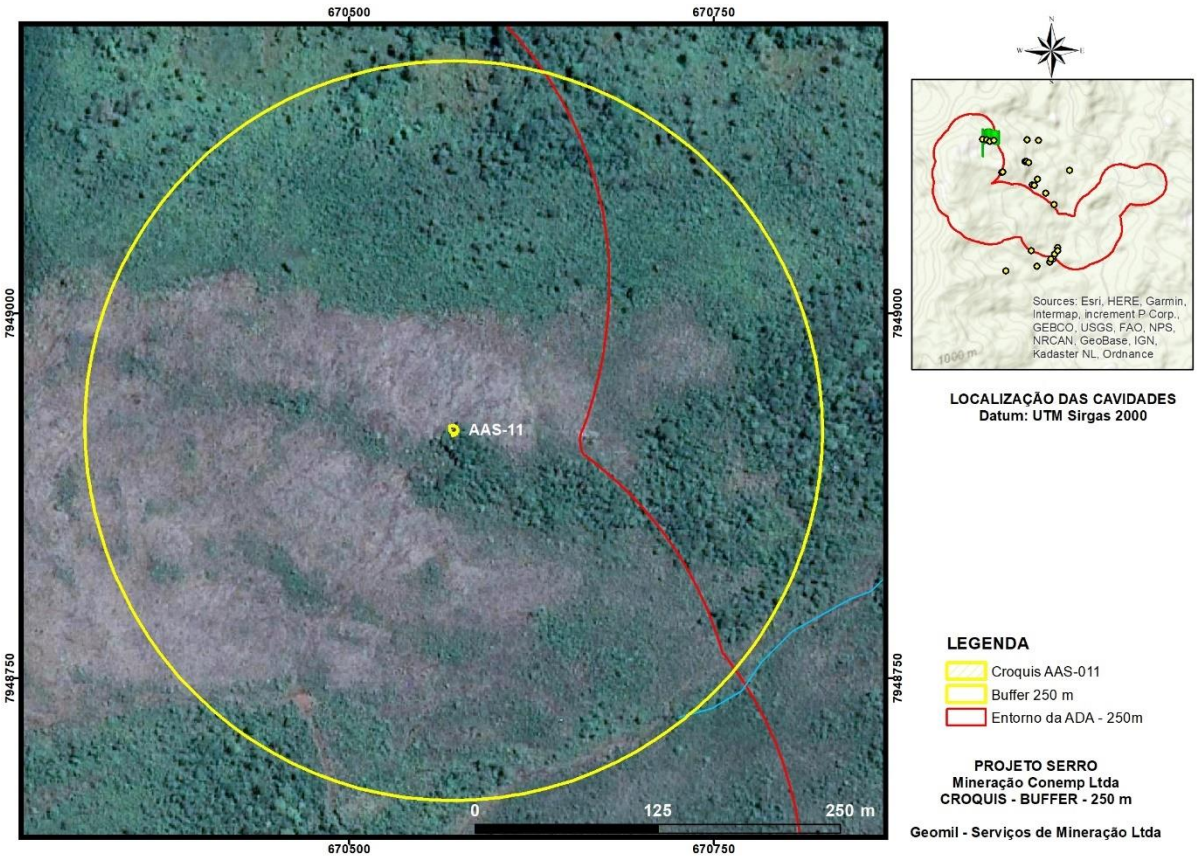



Figura 9-95 – Projeção Horizontal cavidade AAS-011 com buffer de 250 metros.

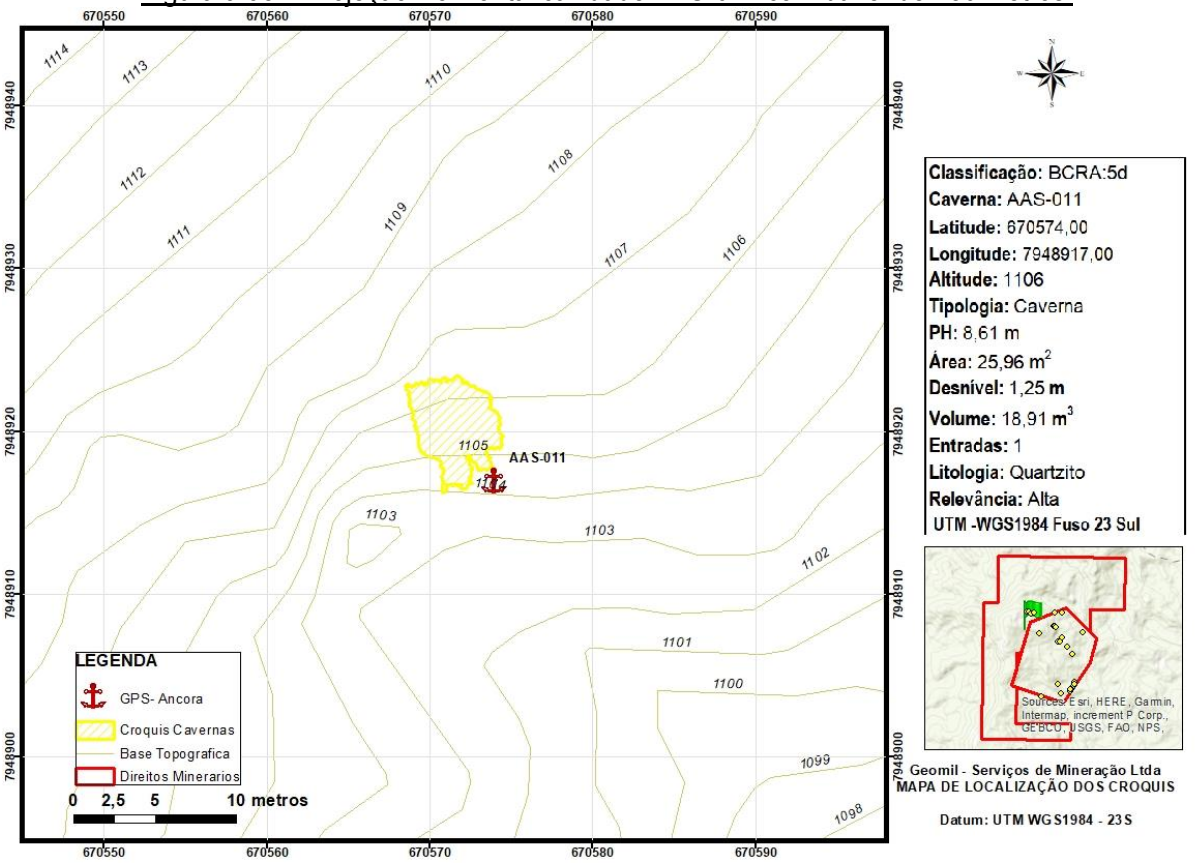



Figura 9-96 – Mapa de Localização da Cavidade AAS-011. em relação a topografia do terreno.

Figura 9-97 – Aspecto geral da entrada da cavidade AAS-011.

### 9.7.6.5 Cavidade AAS-012

A cavidade está localizada em encosta inclinada de serra, em escarpa de 1 metro de altura perpendicular a maior inclinação da baixa vertente. A litologia da cavidade se trata de uma formação ferrífera do tipo itabirito e canga detrítica (brecha matriz suportada) localizada no teto; presença da especularita; o itabirito apresenta certa mineralização, ou seja, a sílica já dá lugar aos vazios. Ocorrem estruturas de interesse científico, do tipo bandamentos onde não foi possível ler a atitude e fratura N86W/SV, as quais controlam parcialmente a morfologia. Está localizada a uma distância de 110 m da ADA.

A cavidade apresenta uma projeção horizontal de 26,36 metros, um desnível de 0,64 metros, uma área de 43,72m² e um volume de 25,05m³. A cavidade não apresenta morfologia única, seu padrão planimétrico é disforme, o piso é predominantemente plano, as paredes e teto são irregulares. As feições morfológicas observadas foram canalículo, pilar, pendente e pontões estruturais. Em relação à hidrologia não foi observada presença significativa, apenas gotejamento.

Os depósitos clásticos não apresentam valor científico, sendo predominância de seixos e calhaus de origem autóctone, a deposição orgânica se apresenta na forma de folhiços.

Os depósitos químicos não apresentam valor científico, não ocorrendo espeleotemas únicos, não apresentando diversidade ou configuração notável. Os espeleotemas observados foram crostas ferruginosas, crostas brancas e coralóides. A cavidade não apresenta gênese única ou rara, esta apresenta uma gênese endógena com ampliação de canalículos.

Em relação aos aspectos bióticos, a caverna AAS-012 apresenta zonação luminosa completa, com predomínio da zona disfótica. Na entrada da cavidade nota-se pequena quantidade de detritos de origem vegetal, possivelmente carreado por vento e chuva. Em seu interior o aporte orgânico é representado por raízes e detritos vegetais.

Não foi registrada a presença de gotejamento ou percolação, ou outra fonte de umidade, contribuindo para que o piso da cavidade estivesse bastante seco mesmo no período de chuvas.

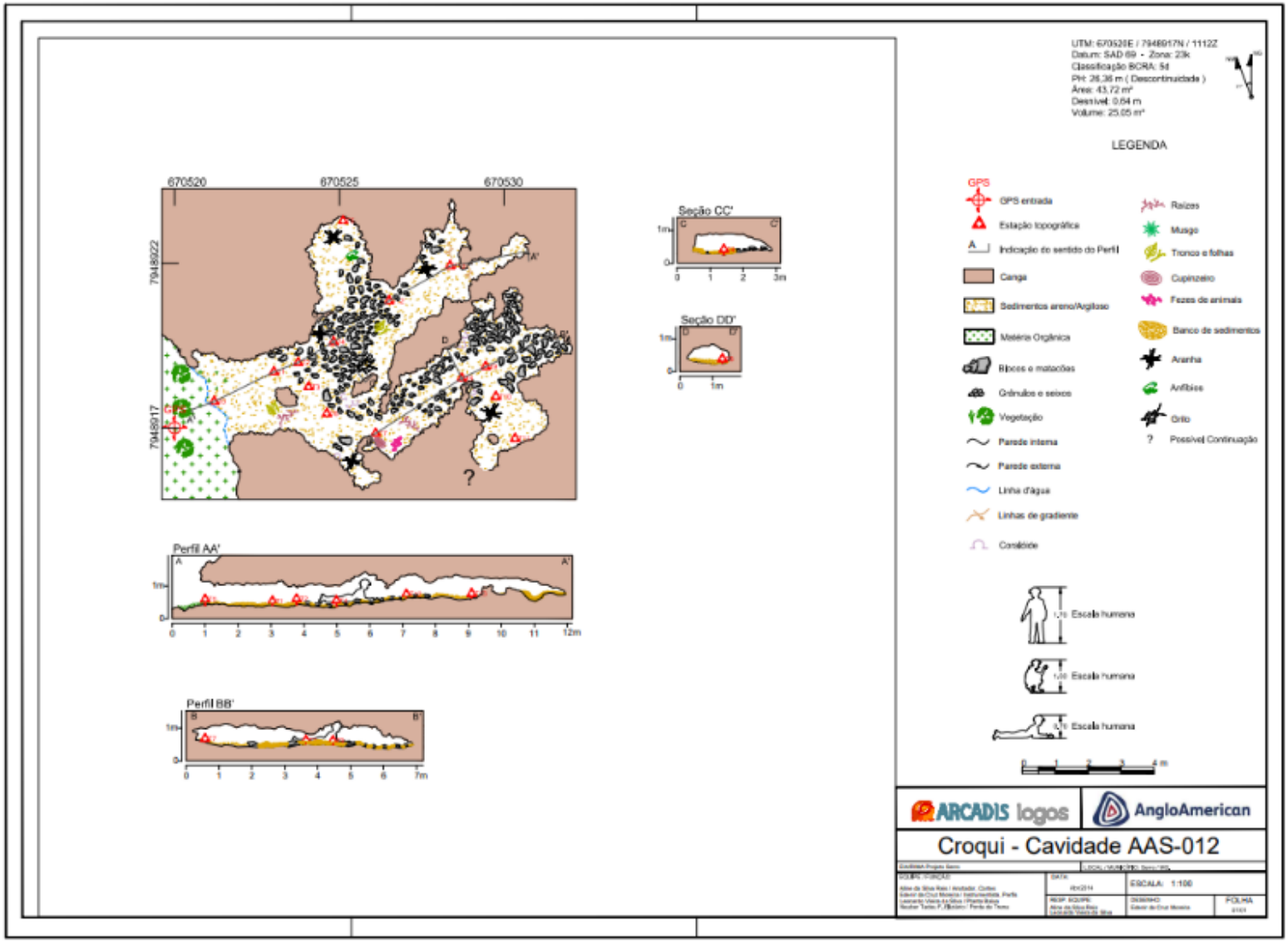



Figura 9-98 – Croqui Cavidade AAS-012- Fonte: Diagnóstico Arcadis.

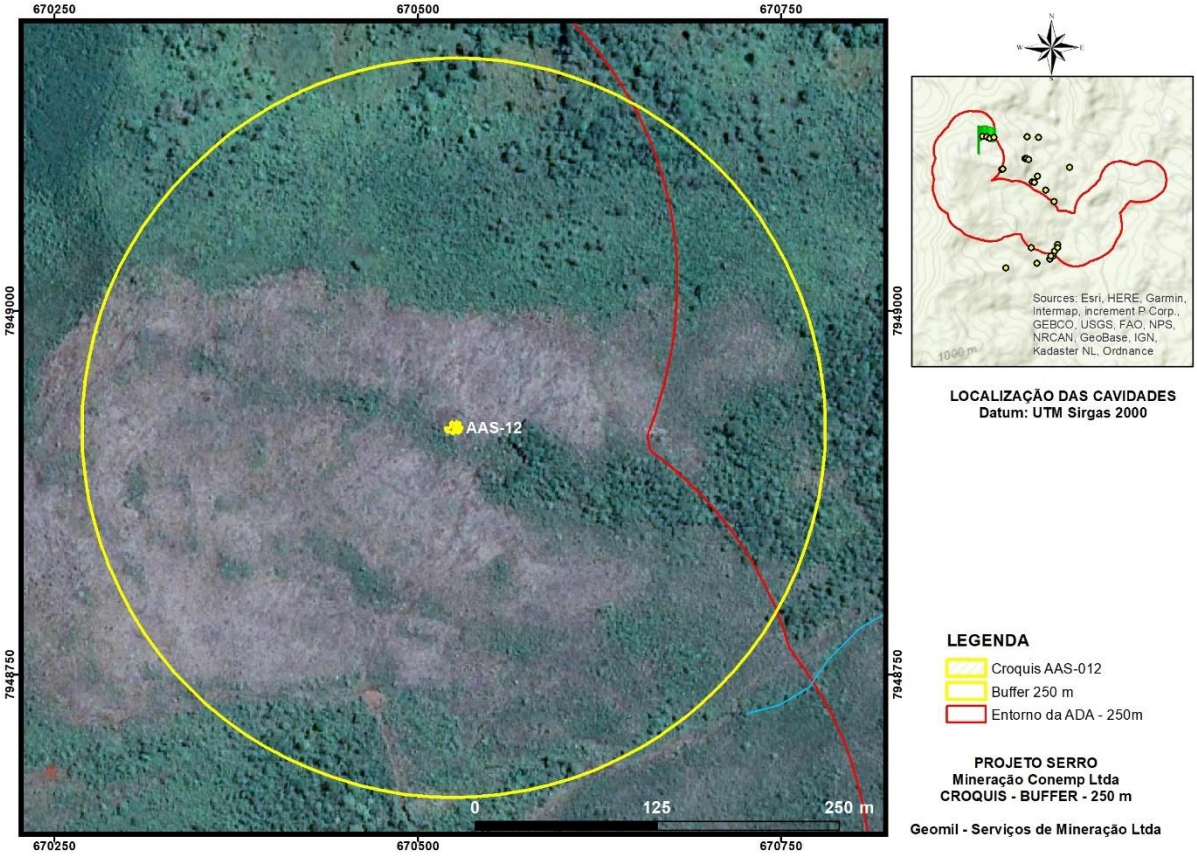



Figura 9-99 – Projeção Horizontal cavidade AAS-012 com buffer de 250 metros.

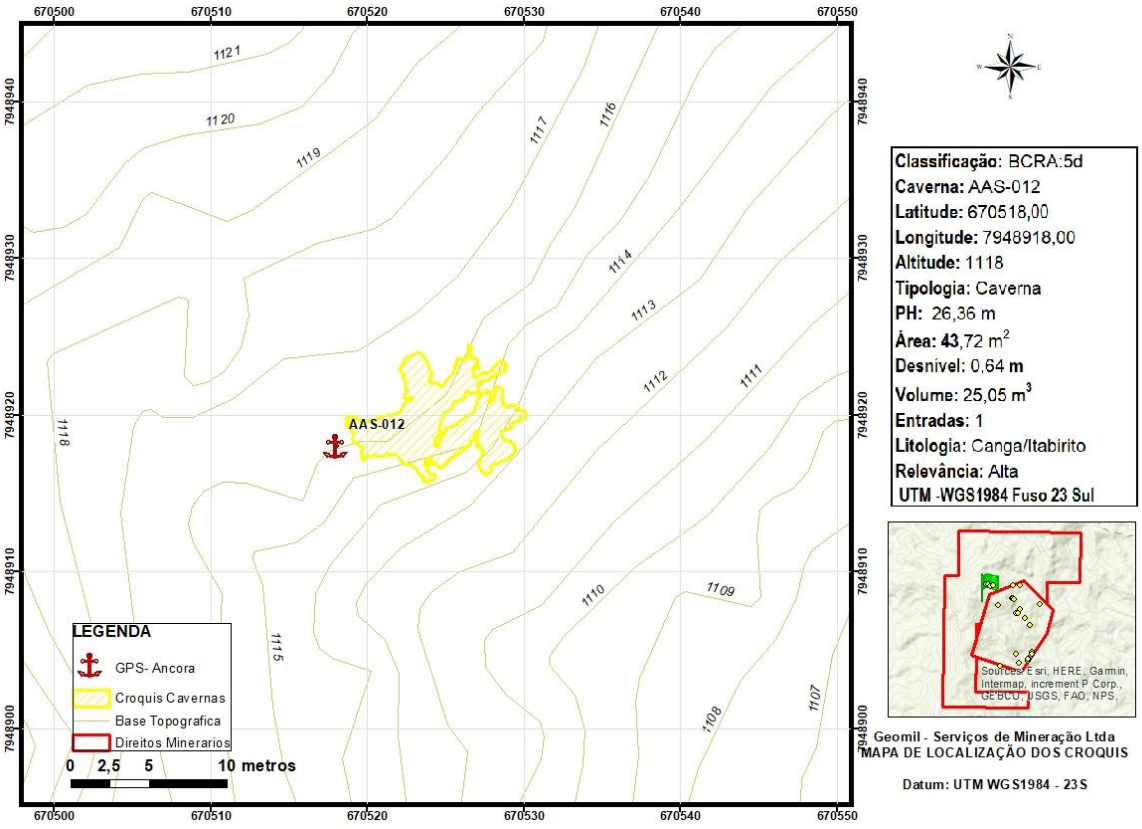



Figura 9-100 – Mapa de Localização da Cavidade AAS-012. em relação a topografia do terreno.

Figura 9-101 – Aspecto geral da entrada da cavidade AAS-012.

### 9.7.6.6 Cavidade AAS-013

A cavidade está inserida em encosta inclinada de serra, em escarpa de 0,70 metros de altura perpendicular a maior inclinação da alta vertente. A litologia da cavidade se trata de uma formação ferrífera do tipo canga detrítica e itabirito; canga estruturada. A estrutura observada foi de bandamento, porém devido ao teto baixo da cavidade não foi possível a sua leitura. Está localizada a uma distância de 200 m da ADA.

A cavidade apresenta uma projeção horizontal de 9,50 metros, um desnível de 0,42 metros, uma área de 18,29m² e um volume de 9,56m³. A cavidade não apresenta morfologia única, seu padrão planimétrico é afunilado, o piso é inclinado para o interior, as paredes e teto são irregulares. A feição observada foi canalículo. Em relação à hidrologia não foi observada presença significativa, apenas gotejamento.

Os depósitos clásticos não apresentam valor científico, sendo predominância de calhaus de origem autóctone, a deposição orgânica se apresenta na forma de folhiços.

Os depósitos químicos não apresentam valor científico, não ocorrendo espeleotemas únicos, não apresentando diversidade ou configuração notáveis. Os espeleotemas observados foram crostas ferruginosas, escorrimento e coralóides. A cavidade não presenta gênese única ou rara, esta apresenta uma gênese endógena com ampliação de analículos se tratando de uma câmara isolada posteriormente conectada com a superfície.

Em relação aos aspectos bióticos, a caverna AAS-013 apresenta zonação luminosa completa, com predomínio da zona disfótica. Na entrada da cavidade nota-se quantidade significativa de detritos de origem vegetal carreados pela gravidade e pela chuva. Em seu interior o aporte orgânico é representado por rizoides e detritos vegetais. A vegetação do entorno da cavidade é o Cerrado.

Não foi registrada a presença de gotejamento ou percolação, ou outra fonte de umidade, contribuindo para que o piso da cavidade estivesse seco mesmo na campanha da estação chuvosa. Durante a campanha realizada na estação seca, foi observado e fotografado um indivíduo de *Glossophaga soricina*.

Figura 9-102 – Aspecto geral da entrada e do interior da cavidade AAS-013.

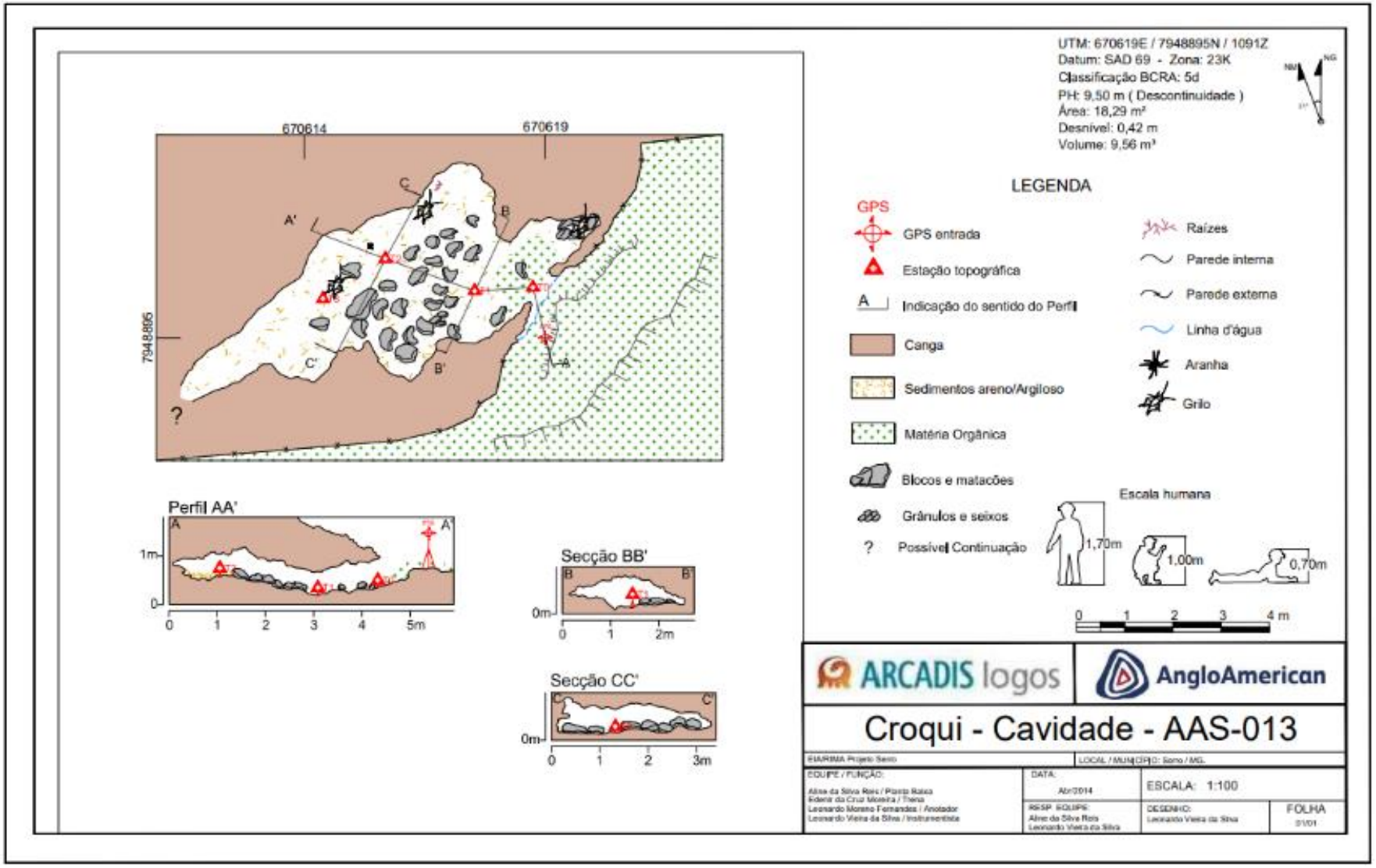



Figura 9-103 – Croqui Cavidade AAS-013- Fonte: Diagnóstico Arcadis.

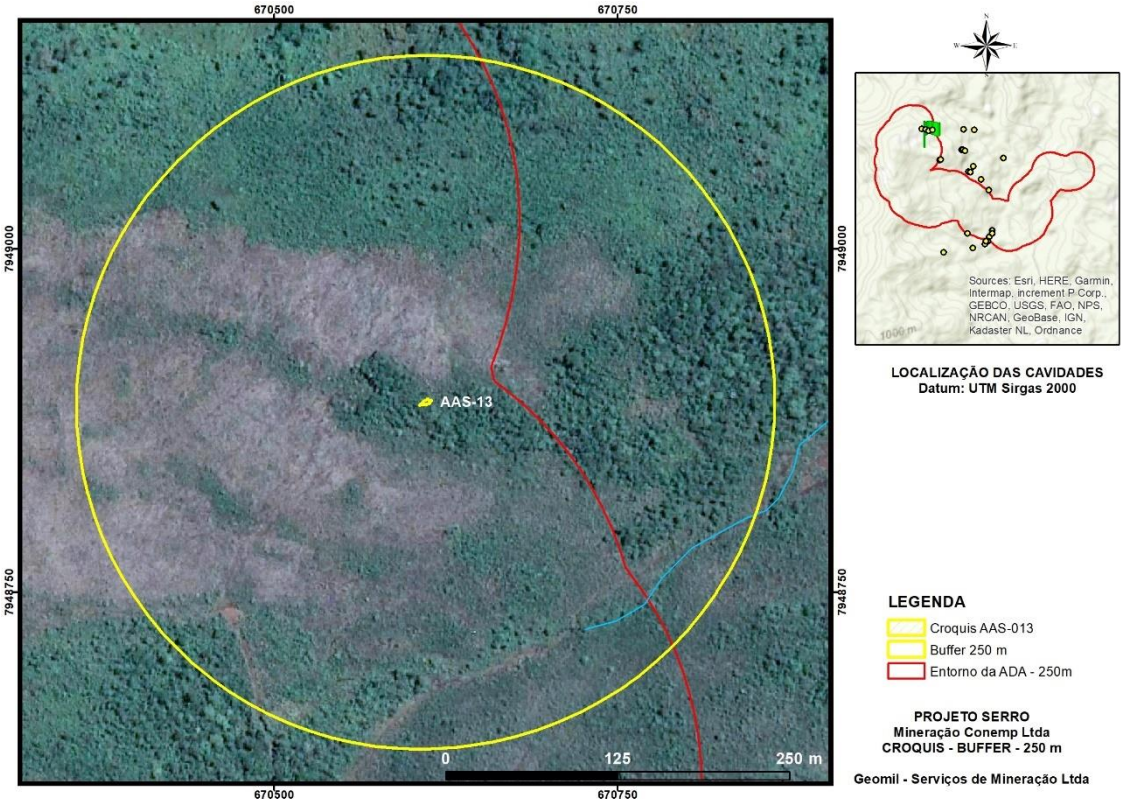



Figura 9-104 – Projeção Horizontal cavidade AAS-013 com buffer de 250 metros.

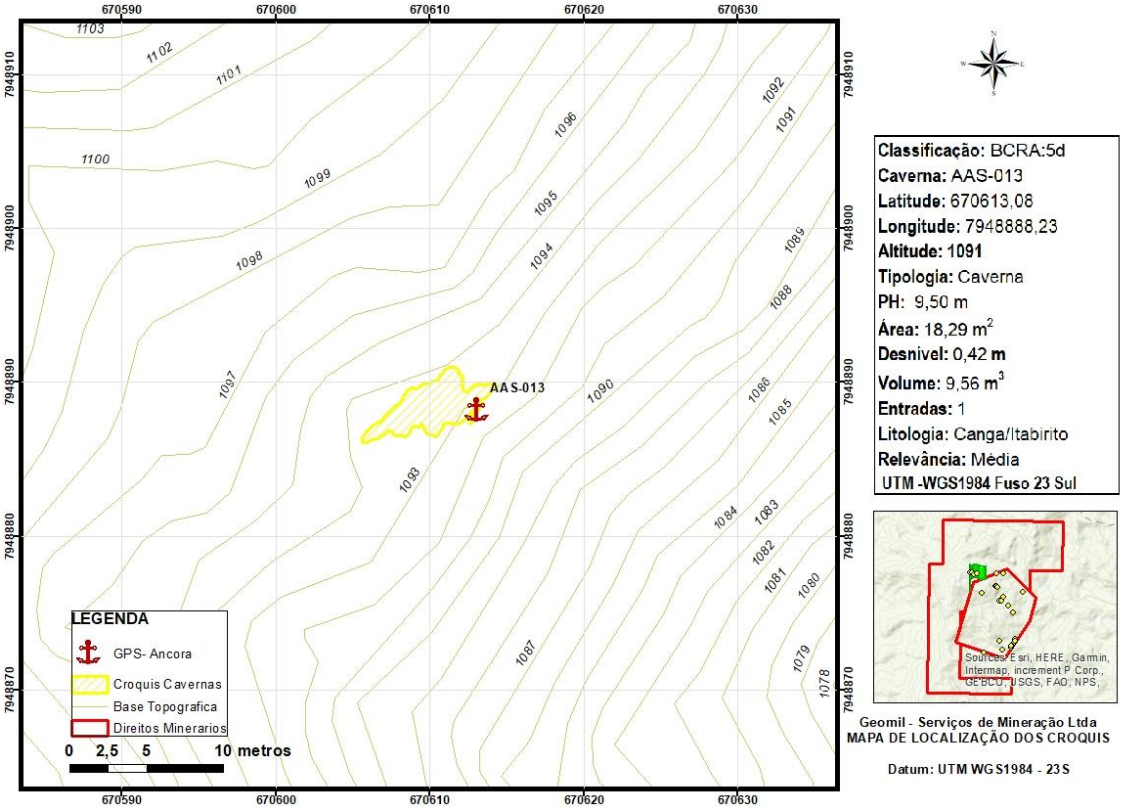



Figura 9-105 – Mapa de Localização da Caverna AAS-013 em relação a topografia do terreno.

.

### 9.7.7 Análise da Área de Influencia das Cavidades

Segundo a Instrução Normativa n.º 002, de 30 de agosto de 2017, do Ministério do Meio Ambiente, a "*Área de influência da caverna: área que compreende os elementos bióticos e abióticos, superficiais e subterrâneos, necessários à manutenção do equilíbrio ecológico e da integridade física do ambiente cavernícola*."

De acordo com a Resolução CONAMA n.º 347, de 10 de setembro de 2004, na ausência de estudos específicos que delimitem a área de influência no entorno das cavidades, pelo princípio da precaução, fica definido que o raio mínimo de proteção em torno da cavidade será de 250 metros.

É importante ressaltar que não necessariamente um raio de 250 m salvaguarda as áreas necessárias para a preservação física e evolutiva da cavidade, não havendo qualquer relação entre o raio de 250 m e aspectos físicos práticos das cavidades. Além disto, a forma circular de preservação usualmente não representa qualquer tipo de coincidência com aspectos ambientais e, não raramente, abrangem áreas sem qualquer tipo de relação com a cavidade.

Estes fatores, por si só, já justificam a necessidade de realização de trabalhos para delimitação adequada da área de influência das cavidades. No caso específico das áreas em tela, estes fatores são ainda mais importantes em decorrência dos seguintes aspectos:

- Trata-se de cavidades cujas áreas de ocorrência são restritas, tipicamente posicionadas em terrenos de encostas e com gênese associada a condições bastante específicas da própria evolução geológica da formação ferrífera, notadamente os processos formadores das carapaças de canga (que conjugam processos químicos e de cimentação laterítica), não se desenvolvendo em outros domínios topo-geológicos.

- Outro aspecto, também relevante, é que as áreas a montante das cavidades registradas têm uma relevância maior em sua proteção, tendo em vista que os terrenos acima destas estruturas desempenham papel importante no tocante às drenagens subterrâneas e superficiais, que concorrem para a estabilidade destes ambientes. Como resultado, os raios de proteção deverão ser traçados e dimensionados priorizando os terrenos situados a montante. Destaca-se que, apesar de se tratar de um aspecto "físico" de delimitação da área de proteção, a bacia hidrográfica/hidrogeológica guarda grande relação com aspectos bióticos, uma vez que o aporte de nutrientes para as cavidades ocorre pelo fluxo de água ou de umidade, como será melhor esclarecido mais à frente.

Deste modo, após a realização de estudos específicos, o novo raio traçado representa, de forma mais fiel, as reais necessidades de preservação no entorno da cavidade.

A Portaria IBAMA n.º 887, de junho de 1990, em seu Artigo 6°, prevê a possibilidade de redução do raio de precaução, desde que suportada por estudos técnicos específicos que garantam a preservação das cavidades e do seu entorno. Portanto, não há restrição a priori na eventual redução do raio preliminarmente determinado.

As diretrizes para os estudos de adequação da área de proteção de precaução foram definidas segundo cinco balizas teóricas:

(i) estudos sobre a conservação da integridade física da cavidade, em especial considerando a existência de atividades antrópicas na região, em especial aquelas capazes de produzir vibrações, tais como o deslocamento de veículos (caminhões e carros de passeio), bem como a utilização nas imediações de explosivos (atividades de mineração);

(ii) estudos sobre a conservação da dinâmica evolutiva da cavidade, em especial no que se refere a manutenção das condições de drenagem superficial e subterrânea da cavidade e;

(iii) estudos sobre a conservação do ecossistema subterrâneo e sua dinâmica, evitando que impactos decorrentes do afugentamento de fauna possam atingir a área especifica da cavidade.

(iv) estudos da conectividade subterrânea e de fluxos de espécies, em particular das espécies troglomórficas identificadas, da população de quirópteros residente identificada e do fluxo das demais espécies identificadas, considerando os recursos florísticos disponíveis.

A área de proteção foi determinada como sendo a sobreposição das áreas definidas por estas metodologias, ajustando-se evidentemente às características atuais de conservação da região. Na realização dos estudos consideram-se as orientações propostas pela Diretoria de Pesquisa, Avaliação e Monitoramento da Biodiversidade do ICMBio, apresentadas na publicação, "*Área de Influência sobre o Patrimônio Espeleológico – Orientações Básicas à Realização de Estudos Espeleológicos*", conforme recomendado na Instrução de Serviço SISEMA 08/2017 (Rev. 01).

#### 9.7.7.1 Preservação da Integridade Física

De acordo com os estudos apresentados no item 9.7.8.6 (Tabela 9.31), um raio de proteção de 70 m é adequado para garantia de vibrações inferiores a 5,0 mm/s (Vp).

##### 9.7.7.1.1 Avaliação das Vibrações Associadas a Execução de Desmonte

Quando for necessária a realização de detonações, o plano de fogo será realizado conforme descrito a seguir, tendo como base o detalhamento apresentado no PAE (Plano de Aproveitamento Econômico), aprovado pela ANM.

O ROM, os itabiritos e o estéril apresentam-se em condições diferenciadas em relação ao grau de intemperismo, podendo apresentar-se friáveis, semicompactos e compactos.

A demanda de explosivos para desmonte integral do minério decorre do foco da lavra em materiais de maior resistência, hematitas compactas e carapaças de canga, para os quais a realização de desmonte mecânico é possível apenas ocasionalmente. No caso do estéril e dos itabiritos, a demanda não é integral, existindo amplos espaços de material intemperizado, para

os quais o desmonte mecânico é possível, sendo utilizado desmonte com explosivo em rochas sãs ou semicompactas.

A premissa do projeto é sempre que se tecnicamente for possível o desmonte mecânico, este terá prioridade.

Para efeito de planejamento das operações do projeto estima-se que a utilização de desmonte por explosivos será de 100% no caso do ROM (hematitas e cangas), cerca de 25% para os itabiritos e 40% para o estéril franco (xistos, quartzitos etc.). Dessa forma, quando projeto atingir sua plenitude operacional, finando a curva de *ramp-up*, teremos o seguinte cenário:

- Volume a ser desmontado de minério: 1.000.000 t/ano / 4,68 t/m³ = 213.675 m³ / ano;

- Volume a ser desmontado de estéril: (385.000 t/ano / 2,69 t/m³) x 40% = 57.249 m³ / ano;

- Volume a ser desmontado de itabirito: (151.000 t/ano / 2,46 t/m³) x 25% = 15.346 m³ / ano.

Conforme demonstrado, o volume anual de desmonte por explosivos (286 mil m³) exigirá uma média de 5.710 furos por ano, considerando que os fogos serão realizados em esquemas de perfuração com 60 furos, retardos a cada 3 furos, o que significa, em média 95 desmontes por ano, 2 desmontes, em média, por semana (Fonte: PAE, 2018).

Destaca-se que será um fogo relativamente brando, suficiente apenas atingir as dimensões compatíveis com os equipamentos de desmonte e de carga, evitando-se a geração de finos (priorização da geração de produtos granulados).

Não serão realizados desmontes secundários com auxílio de explosivos, realizando-se este trabalho com martelo hidráulico acoplado à escavadeira. Optou-se pela metodologia de não utilização de desmontes secundários com fins de redução dos impactos na geração de ruídos, de vibrações e de pressão sonora, aumentados com o incremento de faces livres.

Sobre o transporte de explosivos (caminhão de explosivos), este equipamento será utilizado, em 1 turno operacional, com a função de realizar o transporte dos mesmos, com segurança, dos paióis até os pontos de desmonte. Destaca-se que será dada prioridade do sistema "*just in time*" para aquisição e utilização dos explosivos, evitando-se armazenamentos nos paióis de explosivos, os quais serão realizados apenas quando houver impedimento na realização dos desmontes (por exemplo, por condições climáticas).

Serão consideradas as mesmas premissas relativas à lavra ao longo de todas as fases do projeto. A área operacional do Projeto Serro estará atenta para que haja sempre um desenvolvimento criterioso na prática dos desmontes com explosivos, em face da necessidade de não colocar em risco a integridade das estruturas, máquinas, patrimônio espeleológico e vizinhança.

A perfuração dos furos para colocação dos explosivos será realizada com perfuratriz pneumática ROC-D7, da fabricante Atlas Copco, segundo as especificidades do material a ser desmontado nas operações da mina do Projeto Serro, adotou-se os seguintes parâmetros no plano de fogo.

Tabela 9.29 – Plano de fogo e parâmetros de cálculo

| Parâmetro | Unidade | ROM | Itabirito | Estéril |
|---|---|---|---|---|
| % desmonte estéril | | 100,0% | 25% | 40% |
| Diâmetro de perfuração | " | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Diâmetro de perfuração | mm | 88,9 | 88,9 | 88,9 |
| Densidade "in situ" | t/m³ | 4,32 | 2,69 | 2,46 |
| Altura da bancada | m | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| Tipo de rocha | | Muito dura | Média | Branda |
| Afastamento | m | 2,70 | 3,60 | 4,10 |
| Espaçamento | m | 3,30 | 4,30 | 5,10 |
| Subfuração | m | 1,10 | 1,00 | 0,90 |
| Profundidade do furo | m | 6,7 | 6,6 | 6,5 |
| Tampão | m | 2,5 | 2,9 | 3,4 |
| Carga de fundo | m | 3,3 | 2,0 | 1,1 |
| Carga de coluna | m | 0,9 | 1,7 | 2,0 |
| Densidade explosivo carga de fundo | g/cm³ | 1,15 | 1,15 | 1,15 |
| Razão linear de carregamento (fundo) | kg/m | 7,1 | 7,1 | 7,1 |
| Densidade explosivo coluna | g/cm³ | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| Razão linear de carregamento (coluna) | kg/m | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| Carga de fundo | kg | 23,6 | 14,3 | 7,9 |
| Carga de coluna | kg | 4,5 | 8,4 | 9,9 |
| Carga explosivo por furo | kg | 28,1 | 22,7 | 17,7 |
| Volume de rocha por furo | m³ | 44,6 | 77,4 | 104,6 |
| Massa de rocha por furo | t | 192,5 | 208,0 | 257,0 |
| Razão de carregamento | kg/t | 0,146 | 0,109 | 0,069 |

Esquema de desmonte para carga máxima durante a operação de lavra do Projeto Serro será o seguinte:

- Número de furos por linha = 3 furos;
- Número de linhas = 3 linhas;
- Número de furos pôr fogo = 9 furos;
- Carga total (média) por fogo = 9 x 35,00 kg = 315 kg.

As linhas serão separadas por espoleta de retardo, para redução das vibrações e facilitação dos desmontes (criação de faces livres).

Carga máxima por espera = 315 / 3 = 105 kg.
Carga por espera típica = 70 kg (2 furos por espera)
Carga por espera mínima = 35 kg

Destaca-se que as cargas máximas por espera não são aplicáveis na borda das frente de lavra, garantindo melhor condições de corte/acabemento do talude. Nestas condições devem ser utilizadas as cargas mínimas.

#### 9.7.7.1.1.1 Fraturamento de Maciços Rochosos

O fraturamento do maciço rochoso ocorre, teoricamente, se a velocidade de partícula superar a velocidade crítica de vibração da partícula (VCP). De acordo com *Calder & Bauer* (1971), o grau de danos à integridade das rochas depende do nível de vibrações, podendo variar desde o fraturamento superficial ao colapso.

*Scherpenisse et al*. (1999) mostraram que a velocidade de partícula capaz de fraturar a massa rochosa sã é dada por:

$$VCP \geq \frac{(RT \cdot V_L)}{E}$$

sendo:

VCP = Velocidade crítica de vibração da partícula, em mm/s,
RT = Resistência à tração da rocha, em MPa,
$V_L$ = Velocidade de propagação das ondas longitudinais na rocha;
E = Módulo de Elasticidade, em GPa.

Considerando que a hematita tem resistência a tração da ordem de 5 MPa, velocidade de propagação das ondas longitudinais de 6.000 m/s e módulo de elasticidade de 40 GPa (parâmetros conservadores), VCP será de **750 mm/s**.

$$VCP \geq \frac{(RT \cdot V_L)}{E} = \frac{(5 \cdot 6000)}{40} = 750\ mm/s$$

Há que se considerar, também, os estudos realizados por *Duvall & Fogelson* (1962); *Cameron & Hagan* (1996); *Silva* (1998) e *Bacci et al* (2003), que conceituaram os impactos gerados pelo desmonte de rocha, e definiram as relações existentes entre as velocidades máximas de partículas e os respectivos danos causados a estruturas e à percepção humana, definindo os seguintes valores limiares:

Tabela 9.30 – Danos gerados em relação a velocidade das partículas[9]

[9] **Fonte**: Duval & Fogelson (1962); Cameron & Hagan (1996); Silva (1998) em Bacci et all (2003).

| VCP (mm/s) | Dano |
|---|---|
| 2500 | Quebra (fragmentação) da rocha; |
| 1500 | Edifícios de estrutura metálica pré-fabricados sobre sapatas de concreto, onde o metal é torcido e o concreto trinca; |
| 1000 | Desalinhamento de eixo em bombas e compressores; |
| 600 | Novas fraturas se formam nas rochas; |
| 380 | Deslocamento horizontal em furos engastados; |
| 300 | Quedas de rochas em túneis não alinhados; |
| 190 | Queda de reboco e sério trincamento em construções; |
| 140 | Formação de pequenas novas trincas e aberturas de trincas antigas; |
| **100** | **Limite de segurança para túneis (ou cavidades naturais);** |
| 50 | Limite de segurança para construções residenciais (dano inferior a 5%) |
| 30 | Fortes vibrações |
| 10 | Limite aproximado para construções de menor resistência e edifícios históricos |
| 5 | Algumas reclamações possíveis (vibrações perceptíveis) |
| 1 | Vibrações perceptíveis |
| <1 | Vibrações dificilmente perceptíveis |

Assim, segundo estes autores, o limite mínimo de velocidade que promove interferências prejudiciais a cavidades é de 100 mm/s. Considerando-se que os efeitos de vibrações estão associados à ocorrência de vibrações perceptíveis considerou-se um **limite de 5 mm/s** como aquele associado às regiões com impacto direto dos efeitos de vibração.

#### 9.7.7.1.1.2 Vibrações transmitidas através dos maciços rochosos

A velocidade de oscilação de partícula V (mm/s) é dada pela fórmula empírica proposta pelo U. S. Bureau of Mines:

$$V = k \cdot \left(\frac{R}{W^{\alpha}}\right)^{\beta}$$

sendo:

V = velocidade de oscilação de partícula, em mm/s
R = Distância radial do ponto de detonação, em m;
W = Carga de explosivo detonado por espera, em kg;

α, β e k = constantes, dependentes do tipo de detonação e das condições do maciço rochoso.

Idealmente as constantes α, β e k devem ser determinadas especificamente para os bens de patrimônio analisados (arqueológico e espeleológico), através de um planejamento de explosões e monitoramento das velocidades induzidas, em diferentes distâncias do ponto detonado, realizando-se regressão linear em gráfico tipo log x log. Para pré-dimensionamento normalmente considera-se que estas constantes são, respectivamente, 0,5, -1,5 e 200.

Assim que iniciadas as atividades do empreendimento o planejamento e execução dos fogos serão destinados também para a verificação e confirmação dos valores teóricos obtidos neste relatório.

A sair apresentam-se os resultados considerando a carga por espera máxima de 105 kg, a carga por espera típica de 70 kg (2 furos por espera) e a carga por espera mínima de 35 kg (1 furo por espera) [10]. Conforme pode ser observado, para a carga mínima uma distância de 70 m das operações é suficiente para que as vibrações sejam inferiores a 5,00 mm/s, para a carga típica uma distância de 98 m e; para a carga máxima, 120 m.

Tabela 9.31 –Velocidades calculadas para diferentes raios e carga por espera

| R (m) | V mm/s (Carga por Espera = 105 kg) | V mm/s (Carga por Espera = 70 kg) | V mm/s (Carga por Espera = 35 kg) |
|---|---|---|---|
| 1 | 6.560,27 | 4840,09 | 2.877,94 |
| 2 | 2.319,41 | 1711,23 | 1.017,50 |
| 5 | 586,77 | 432,91 | 257,41 |
| 10 | 207,45 | 153,06 | 91,01 |
| 15 | 112,92 | 83,31 | 49,54 |
| 20 | 73,35 | 54,11 | 32,18 |
| 30 | 39,92 | 29,46 | 17,51 |
| 40 | 25,93 | 19,13 | 11,38 |
| 50 | 18,56 | 13,69 | 8,14 |
| **70** | 11,40 | 8,41 | **5,00** |
| 75 | 10,10 | 7,45 | 4,43 |
| **98** | 6,76 | **5,00** | 2,97 |
| 100 | 6,56 | 4,84 | 2,88 |
| **120** | **5,00** | 3,69 | 2,19 |
| 150 | 3,57 | 2,63 | 1,57 |
| 200 | 2,32 | 1,71 | 1,02 |

[10] Ressalta-se que, em casos particulares a carga mínima poderá ser ainda reduzida pela utilização de furos com diâmetro reduzido, esperas internas nos furos, redução de profundidade, redução da carga unitária ou por técnicas especiais de desmonte.

| R (m) | V mm/s (Carga por Espera = 105 kg) | V mm/s (Carga por Espera = 70 kg) | V mm/s (Carga por Espera = 35 kg) |
|---|---|---|---|
| **250** | **1,66** | **1,22** | **0,73** |
| 500 | 0,59 | 0,43 | 0,26 |
| 1000 | 0,21 | 0,15 | 0,09 |
| 2000 | 0,07 | 0,05 | 0,03 |

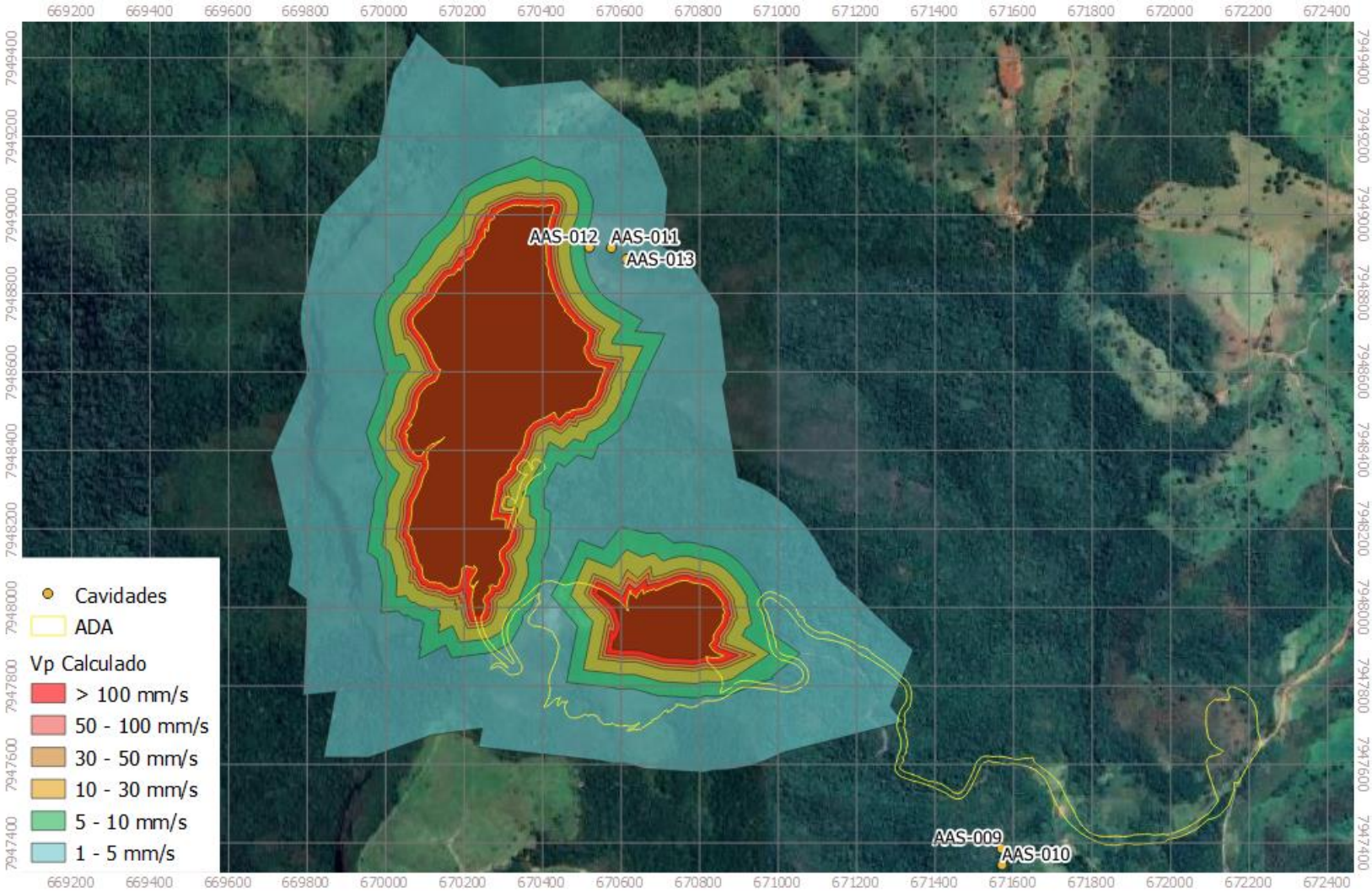



Figura 9-106 – Faixas dos danos gerados em relação a velocidade das partículas.

#### 9.7.7.1.1.3 Vibrações máximas previstas

Considerando os resultados da análise de vibrações, a velocidade de particula máxima estimada para as 6 cavidades inseridas no entorno de 250 m do empreendimento é estimada 4,20 mm/s, para a cavidade AAS-012. Para as cavidades AAS-012 e AAS-013 as vibrações máximas para as operações de desmonte foram consideradas bastante reduzidas, em função de sua distância com relação aos pontos geradores (frentes de lavra). Vale ressaltar que tais vibrações estão dentro dos paâmetros recomendados pelo CECAV no documento Sismografia aplicada à proteção do patrimônio espeleológico (2016).

Tabela 9.32 – Velocidades de particula máximas esperadas.

| Cavidade | Distância (m) | Vp (mm/s) |
|---|---|---|
| AAS-004 | 905 | 0,18 |
| AAS-009 | 866 | 0,19 |
| AAS-010 | 892 | 0,18 |
| AAS-011 | 160 | 2,39 |
| AAS-012 | 110 | 4,20 |
| AAS-013 | 200 | 1,71 |

Destaca-se que os primeiros desmontes serão fundamentais para verificar a assertividade dos cálculos citados anteriormente e refinamento do modelo. Vale ressaltar que serão realizados monitoramentos sismográficos a partir de geofones instalados nas proximidades das cavidades. Estes parâmetros permitirão uma programação mais adequada.

As fontes de vibrações podem ser objeto de gestão, atingindo cargas adequadas na prática à distancias e cargas praticadas. Isto porque o esquema de desmonte pode ser modificado, o esquema de carregamento pode ser reduzido, além da possibilidade de utilização, em casos onde for fundamental, de técnicas alternativas, como por exemplo o desmonte de rochas utilizando-se rompedores.

### 9.7.7.1.2 Vibrações para equipamentos móveis

É necessário que as práticas de desmonte adotadas pelo empreendimento garanta condições adequadas para a manutenção da integridade física das cavidades naturais subterrâneas, evitando que haja modificações, motivadas pela ação antrópica, de suas paredes, teto e pisos, bem como de seus espeleotemas.

A manutenção destas condições de integridade física está intimamente ligada ao seu comportamento frente a vibrações, as quais podem conduzir a modificações instantâneas das condições de contorno, funcionando como gatilho para eventuais rompimentos ou abatimentos.

Fora das áreas das cavas haverá atividades da Mineração Conemp Ltda. na região da ADA que não incluem a realização de trabalhos de lavra, apenas de tratamento e movimentação de materiais, não incluindo, assim, o uso de explosivos, potencialmente aqueles mais críticos do ponto de vista da geração de vibração. Portanto, as principais vibrações nestas áreas estão associadas a movimentação

de equipamentos pesados, capazes de gerar vibrações a partir da distribuição da energia cinética sobre as estradas de acesso.

A energia cinética é expressa na mecânica clássica como igual a:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Onde:

$E_c$ = energia cinética, em J
M = massa, em kg
V = velocidade, em m/s

Verifica-se, portanto, que a energia cinética é proporcional diretamente a massa e ao quadrado da velocidade. Neste sentido consideram-se como mais críticos os deslocamentos com caminhões carregados, uma vez que, além de contarem com massas elevadas, estes irão se deslocar com velocidades mais elevadas que os demais equipamentos a serem utilizados no empreendimento.

Os caminhões utilizados no Projeto Serro serão do tipo caminhão basculante modelo similar ao Scania 6x4 com capacidade para de 27 ton. e peso de 10,25 ton., total de 37,25 ton.

Para fins de cálculo será considerada a vibração provocada pelo deslocamento de um caminhão com 37,25 t (carga máxima admitida) e deslocando-se a 40 km/h (velocidade máxima permitida no interior da área operacional).

A energia cinética de um caminhão com massa total de 37,25 t se deslocando a 40 km/h (11,1 m/s) seria, portanto, igual a 2,3 MJ. É claro que, em deslocamentos normais, somente parte desta energia se dissipa para o solo por atrito. Para fins de cálculo serão consideradas as seguintes premissas:

- Situação normal: 10% da energia é dissipada por atrito, ou seja, 0,23 MJ de energia de energia cinética é adicionado ao solo, podendo provocar vibrações;

- Situação crítica: considerada uma frenagem brusca deste caminhão, dissipando-se 100% de sua energia cinética diretamente no solo;

- A título de comparação a energia específica do ANFO é de cerca de 950 kJ/kg. A energia seria, portanto, de:

  - Situação normal: 0,23 / 0,95 = 0,24 kg de ANFO equivalente;

  - Situação crítica: 2,30 / 0,95 = 2,42 kg de ANFO equivalente.

Trata-se de massas equivalentes de ANFO muito pequenas, o que resulta em vibrações consideravelmente inferiores aquelas tipicamente associadas ao desmonte com explosivos. Neste cálculo está, evidentemente, se desconsiderando os efeitos de confinamento dos explosivos, o que potencializa a geração de vibrações (e maximiza o potencial de quebra dos materiais).

Para fins de majoração da análise, salvaguardando ainda mais a análise, será realizada análise considerando a paralização instantânea de um equipamento com massa total de 60 t deslocando-se a 100 km/h e paralisando imediatamente. Trata-se, evidentemente de uma situação hipotética, que contraria totalmente qualquer recomendação de segurança. Esta situação será considerada como emergencial.

Para este caso a energia cinética seria de 23,15 MJ, correspondente a uma desmonte com 24,4 kg de explosivos.

É importante ressaltar que a realização de análise para a massa equivalente de explosivos é importante uma vez que a distribuição de vibrações será realizada considerando a base teórica da distribuição de vibrações para desmonte de rochas, para os quais as referências bibliográficas são abundantes.

Foi considerada na presente análise uma distribuição uniforme das vibrações, desconsiderando as perdas de energia que certamente irão ocorrer intrinsicamente às características dos solos e das rochas, tais como vazios. Trata-se, portanto, de uma análise conservadora.

As vibrações calculadas foram consideravelmente inferiores aquelas calculadas para desmonte com explosivos.

Tabela 9.33 – Velocidades das partículas calculadas para deslocamento de equipamentos móveis.

| Cavidade | Distância (m) | Vp (mm/s) | |
|---|---|---|---|
| | | Situação normal | Situação crítica |
| AAS-004 | 240 | 0,02 | 0,03 |
| AAS-009 | 167 | 0,03 | 0,18 |
| AAS-010 | 198 | 0,02 | 0,14 |
| AAS-011 | 160 | 0,03 | 0,19 |
| AAS-012 | 110 | 0,06 | 0,34 |
| AAS-013 | 200 | 0,02 | 0,14 |

### 9.7.7.2 Preservação da Dinâmica Hidrológica da Caverna

Uma cavidade natural subterrânea representa um espaço em pleno desenvolvimento, o qual ocorre em escala de tempo geológica. A dinâmica evolutiva de uma cavidade está intimamente ligada ao fluxo de água a ela relacionado, permitindo um ambiente adequado para processos de diluição / erosivos, associados a sua expansão e a continuidade dos processos de dissolução química formadores de espeleotemas.

A manutenção do fluxo de drenagem de montante é essencial para que a caverna preserve sua dinâmica hídrica, mantendo os fluxos superficiais, os quais apresentam variações sazonais de grande amplitude, e, em especial, os fluxos subterrâneos, menos variáveis e principais responsáveis pela evolução em longo prazo da cavidade.

Além da manutenção das vazões, é também fundamental que seja garantida a qualidade destas águas, em função dos seguintes condicionantes:

- Manutenção de um ambiente químico adequado aos mecanismos de solubilização / dissolução formadores da cavidade;

- Manutenção das condições formadoras de espeleotemas, para as quais são necessários concentrações e ambientais propícios;

- Condições biológicas adequadas nos fluxos.

Com relação específica a este tema, as estruturas podem ser divididas nos seguintes conjuntos, característicos:

- Cavidades AAS-004, cavidades desenvolvidas em vertentes de blocos de tálus, associadas à talvegues secos e AAS-009 e AAS-010 associadas a drenagem perenes. Todos tem a sua dinâmica hídrica associada à bacia de contribuição de montante.

- Cavidades AAS-011, AAS-012 e AAS-013. Cavidades com pequena profundidade/superficiais, situadas em zona vadosa, sem a identificação de fluxos perenes ou intermitentes em todas as campanhas realizadas. Tal característica confere às cavidades um fluxo vertical predominante à fluxos horizontais. A pequena espessura de teto e o predomínio de fluxo vertical mostra que as cavidades em minério de ferro possuem área de contribuição hídrica restrita.

  Neste caso, avaliou-se que a área de contribuição é equivalente a, no máximo, 3 vezes a projeção horizontal da estrutura, adotado por conservadorismo. Ressalta-se que, neste caso específico, a projeção horizontal é tipicamente associada a medidas descontinuas e, desta maneira, apresenta a soma de vetores em uma mesma direção. Foi aplicado restrição espacial de acordo com a cota da área de contribuição e para a presença de talvegues.

A seguir apresenta-se a delimitação das bacias de contribuição:

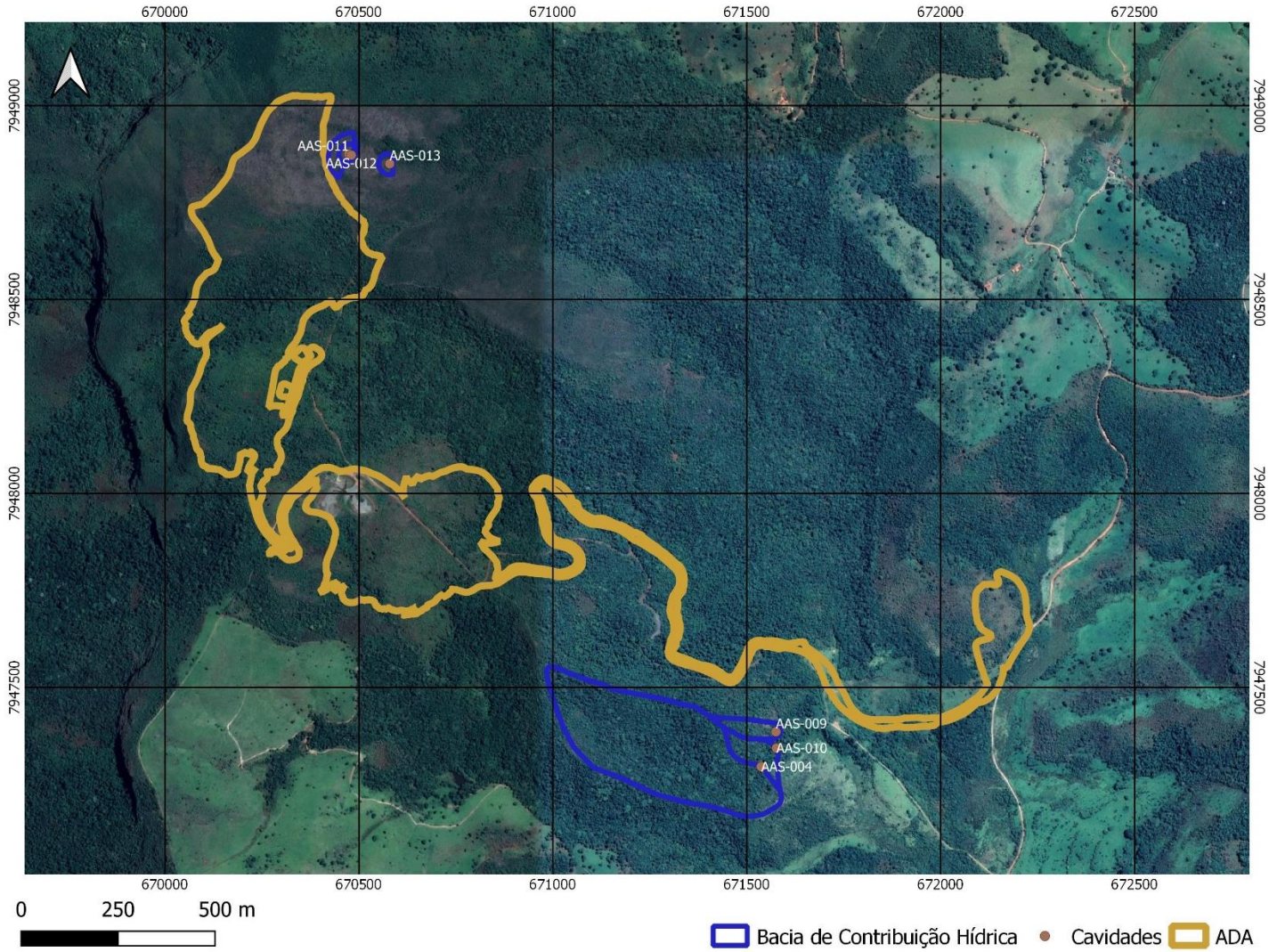



Figura 9-107 – Bacia de Contribuição das Cavidades Identificadas no Entorno do Empreendimento.

### 9.7.7.3 PRESERVAÇÃO DA DINÂMICA DE SEDIMENTAÇÃO

Sedimentos podem ter origem autóctone (gerados a partir do interior da caverna) ou alóctones (provindos de fora da caverna).

Sedimentos autóctones compreendem notadamente blocos abatidos e material síltico argiloso oriundo da dissolução ou erosão da rocha matriz. Uma vez que serão garantidas vibrações que não interfiram na estrutura física da caverna e a dinâmica hídrica que garanta as mesmas condições atuais de percolação, os processos de sedimentação autóctones estarão garantidos.

Já a sedimentação alóctone, provém do exterior e pode adentrar a caverna através de amplas aberturas naturais (entradas da caverna) ou através de canalículos ou fraturas na rocha. O agente mobilizador é, em geral, a água, responsável por carrear a maior parte dos sedimentos para as cavernas, mas também vento ou mesmo animais que ocasionalmente penetram nas cavernas e trazem consigo material sedimentar. Também neste caso considera-se que a preservação da bacia de contribuição hidrológica e a área de forrageamento serão suficientes para manutenção destes processos.

### 9.7.7.4 ASPECTOS BIOESPELELOGICOS PARA DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA

Para avaliação da delimitação da área de influência considerando aspectos bioespeleológicos foram contratados os especialistas Fábio Luis Bondezan da Costa, Ph.D – Bioespeleólogo, e Michael Bruno, Especialista em quiropterofauna.

- Metodologia

A metodologia para o desenvolvimento deste estudo baseou-se no Termo de Referência Para Estudos De Área de Influência de Cavidades Naturais Subterrâneas (ANEXO III) contida na Instrução de Serviço 08/2017 – Revisão 01. Desta forma, buscou-se avaliar as características e atributos contidos na definição listados abaixo:

- Caracterização fitofisionômica do entorno das cavidades;
- Levantamentos de dados secundários e primários da fauna subterrânea, da caracterização das interações ecológicas, das cavidades e seu entorno obtidos nos relatórios da Arcadislogos (2014), apresentado em anexo.
- Levantamento dos substratos orgânicos e caracterização do sistema trófico das cavidades, incluindo a identificação dos principais agentes de importação de matéria orgânica.

O trabalho envolveu etapas de escritório e de campo. As etapas de escritório ocorreram nas fases preliminar, intermediária e final, os trabalhos de campo foram realizados na fase intermediária.

- Caracterização do Ambiente Cavernícola

As cavidades naturais subterrâneas são definidas como todo ou qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecidas como caverna,

gruta, lapa, toca, abismo, furna ou buraco, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem, desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante (BRASIL, 2008).

O ambiente cavernícola possui algumas peculiaridades, tais como a sua alta estabilidade ambiental, ausência permanente de luz natural, umidade elevada que tende a saturação e a temperatura que, principalmente em áreas afastadas de sua entrada, é em geral, constante e semelhante às médias anuais do ambiente externo circundante (POULSON & WHITE, 1969; CULVER, 1982; CULVER & WHITE, 2005). Em cavernas extensas, a temperatura e a umidade quase não variam em locais mais distantes da entrada (HOWARTH, 1980). Entretanto, cavernas de pequena extensão apresentam oscilações mais evidentes, que são reflexos diretos das variações no ambiente epígeo (POULSON & WHITE, 1969; BARR & KUEHNE, 1971, CULVER, 1982; FERREIRA, 2004).

Em cavernas suficientemente grandes podem ser caracterizadas quatro zonas ambientais distintas, de acordo com sua distância e contatos com o exterior: zona de entrada, onde se encontram os ambientes epígeo e subterrâneo; zona de penumbra, onde a luz diminui progressivamente; zona de transição, totalmente afótica, mas ainda sob alguma influência do meio externo; e a zona profunda, onde o ambiente é relativamente estável e a evaporação é negligenciável (HOWARTH, 1980). Em cavernas menores, este zoneamento não é observado de forma definida e, de uma maneira geral, nas cavernas brasileiras observa-se uma fauna característica de zona de entrada e proximidades (zona de entrada + penumbra) e uma fauna da região afótica (zona de transição + zona profunda) (TRAJANO, 1987).

- Recursos Alimentares

Grande parte ou quase a totalidade da produção nos ecossistemas cavernícolas é de origem secundária, baseada em cadeia de detritívoros que atuam sobre os recursos provenientes do meio externo, sendo carreados por ação do vento, enxurradas, gravidade, fauna, dentre outros. Em algumas poucas cavernas, a base da produção primária pode ser a quimioautotrofia, realizada principalmente por bactérias (SARBU *et al*., 1996). Esses organismos são capazes de utilizar compostos inorgânicos presentes no ambiente como fonte de energia, em substituição a energia solar. Desta forma, tais microrganismos podem exercer papel de grande importância para a manutenção das comunidades subterrâneas (CULVER, 1982; SARBU *et al*., 1996; PORTER *et al*., 2009).

Entretanto, poucos casos de ecossistemas subterrâneos mantidos por produção primária quimioautotrófica são conhecidos (SARBU *et al*., 1996). Desta maneira, geralmente as cavernas são consideradas ambientes oligotróficos, sem produtividade primária oriunda da fotossíntese, e onde a matéria orgânica presente é carreada, de forma contínua ou temporariamente, por eventos físicos e/ou agentes biológicos (CULVER, 1982; CULVER & PIPAN, 2009; TRAJANO, 2013).

Recursos alimentares alóctones mantêm populações de organismos de todos os níveis tróficos nos ecossistemas subterrâneos e o tipo, qualidade e forma de disseminação dos recursos no sistema são determinantes para a composição e estrutura das comunidades cavernícolas (CULVER, 1982;

HOWARTH, 1980). Devido a uma falta geral de nutrientes disponíveis várias cavidades são consideradas habitats marginais (JUBERTHIE, 2000; CULVER & PIPAN, 2009). Entretanto, para animais com uma baixa tolerância a variabilidade climática do ambiente epígeo ou com propensão a atividades noturnas, hygrofilicas ou comportamentos crípticos o ambiente moderado das cavernas pode servir como refúgio (CULVER & PIPAN, 2009; CULLINGFORD, 1962)

Diferentemente, em muitos casos, cavernas em regiões tropicais apresentam quantidades maiores de recursos alimentares em virtude da alta produtividade dos ecossistemas epígeos. Desta forma, muitos modelos elaborados e propostos a partir de sistemas subterrâneos temperados devem ser readequados as condições dos sistemas tropicais (ZAMPAULO, 2010).

De acordo com Trajano (2000), encontrar alimento é um problema de grande relevância para os animais cavernícolas e, em especial, para aqueles que nunca saem das cavernas, pois esse, em geral, é escasso e efêmero. Os recursos podem ser transportados para o meio hipógeo através da água, vento ou por animais que frequentam esse ambiente. Segundo Ferreira (1998) e Ferreira & Martins (1999 a, b), em várias cavernas secas, o principal recurso é o guano, formado pela deposição das fezes de morcegos, pássaros ou grilos que podem formar grandes poças logo abaixo do local onde as colônias se encontram.

O guano representa muitas vezes o mais importante recurso alimentar, tanto para a fauna terrestre quanto aquática, o que pode ser melhor observado em cavernas tropicais. Por outro lado, o guano de morcegos tem se mostrado como uma fonte importante de infecção para humanos e animais, sendo rico em nutrientes que favorecem a manutenção, por exemplo, do fungo *Histoplasma capsulatum* na natureza (TAVARES *et al*., 2006).

- Fauna Cavernícola

As peculiaridades do ambiente cavernícola fazem com que esse local se torne especial para alguns grupos de seres vivos, que passaram então a viver em seu interior há milhares de anos e que, em alguns casos, encontram-se tão especializados que são incapazes de viver fora deste *habitat.* Em relação a esses organismos, podemos observar um variado grau de especialização que permitiu a adaptação ao ambiente (ZAMPAULO, 2010).

Apesar dos ambientes subterrâneos serem historicamente considerados pobres em termos de biodiversidade e biomassa, uma grande variedade de táxons está representada nestes ecossistemas, o que inclui desde bactérias, algas e fungos, até grupos vegetais (restritos a regiões eufóticas), invertebrados e vertebrados. Entretanto, a maioria destes grupos consiste de espécies pré-adaptadas às condições prevalentes nestes sistemas. Sendo assim, grupos que apresentam preferências por habitats úmidos, sombreados e que possuem uma nutrição generalista estão potencialmente aptos a colonizar e se estabelecer nestes ambientes.

Em relação à condição ecológico-evolutiva, os organismos cavernícolas não se apresentam de maneira homogênea, sendo representados por táxons muito variados. Segundo Holsinger & Culver (1988),

modificado do sistema Schiner-Racovitza, os organismos cavernícolas podem ser classificados em três categorias:

1. Trogloxenos: organismos regularmente encontrados no ambiente subterrâneo, mas que periodicamente se deslocam para o ambiente epígeo geralmente em busca de alimento e/ou para completar seu ciclo de vida, como exemplo os morcegos. Em geral, ocorrem nas porções mais próximas à entrada, mas populações eventualmente também podem ocorrer em zonas mais distantes. Muitos desses organismos são responsáveis pela importação de recursos alimentares provenientes do meio epígeo, sendo muitas vezes os principais responsáveis pelo fluxo energético, como em cavernas permanentemente secas.

2. Troglófilos: organismos facultativos no ambiente subterrâneo capazes de completar seu ciclo de vida de forma independente no meio epígeo ou hipógeo. No epígeo, tanto os trogloxenos quanto os troglófilos geralmente ocorrem em ambientes úmidos e sombreados.

3. Troglóbios: organismos restritos ao ambiente cavernícola que em geral podem apresentar diversos tipos de especializações morfológicas, fisiológicas e comportamentais que provavelmente evoluíram em resposta às pressões seletivas presentes em cavernas e/ou à ausência de pressões seletivas típicas do meio epígeo. Frequentemente estes organismos apresentam redução das estruturas oculares, despigmentação e alongamento de apêndices. Além disso, geralmente apresentam distribuição geográfica restrita, baixa densidade populacional, baixa tolerância às flutuações ambientais e estratégia reprodutiva do tipo K (POULSON & WHITE, 1969; CULVER, 1982), ovos maiores e em menor quantidade, crescimento individual lento e maturidade retardada, maior longevidade e baixa taxa de mortalidade dos adultos, o que os torna potencialmente ameaçados de extinção frente às alterações de seu ambiente (CULVER, 1982; TRAJANO, 2000).

Vale ressaltar, que embora o sistema de Shinner-Racovitza contemple somente três categorias, existe uma quarta categoria de organismos que podem ser frequentemente encontrados nestes ambientes. Tais organismos, denominados acidentais, compreendem espécies que normalmente não são encontradas em cavernas, mas que involuntariamente penetram nestes ambientes, seja por quedas em entradas verticais ou ainda veiculadas pela água ou vento. Esses organismos, embora não consistam de seres efetivamente cavernícolas, apresentam uma importância ecológica nítida, uma vez que suas fezes e principalmente seus cadáveres servem de alimento para outros organismos presentes nestes ambientes (ZAMPAULO, 2010).

- Conservação dos Ambientes Cavernícolas

Para a conservação de organismos em qualquer tipo de habitat deve-se manter as características dos mesmos, sejam elas biológicas ou físicas. Como já dito anteriormente, recursos alimentares alóctones mantêm populações de organismos de todos os níveis tróficos nos ecossistemas subterrâneos e o tipo, qualidade e forma de disseminação dos recursos no sistema são determinantes para a composição e estrutura das comunidades cavernícolas (CULVER, 1982; HOWARTH, 1980).

Portanto fica claro que os grupos ecológicos-evolutivos mais vulneráveis a modificações do ambiente cavernícola, que são os troglóbios e os trogloxenos que tenham que passar obrigatoriamente alguma fase de sua vida no interior das cavidades (trogloxenos obrigatórios). Apesar de tais organismos não dependerem diretamente da flora do entorno das cavidades, a cobertura vegetal é de fundamental importância para manutenção de características microclimáticas, aporte de recursos como por exemplo detritos e assim mantendo as teias tróficas em seu interior.

- Ecossistemas Ferruginosos

Os campos rupestres ferruginosos são formações herbáceo-arbustivas, associadas a afloramentos de rochas ricas em ferro (itabiríticas/jaspelíticas), normalmente formados da decomposição de canga ou outros substratos ferruginosos afins resultando em couraças que podem atingir dezenas de metros de espessura e se estender por milhares de hectares (CASTRO, 2008). Os campos rupestres ferruginosos estão incluídos no tipo de vegetação aberta associada com afloramentos rochosos (RIZZINI, 1979; JACOBI & CARMO, 2011), denominada por Semir (1991) como complexo rupestre.

Tais ecossistemas se distribuem nos platôs mais elevados e nas cristas serranas, principalmente entre 900-1800m, sobre substratos rochosos lateríticos e solos rasos, ferruginosos. São colonizados por plantas adaptadas a ambientes oligotróficos, especialistas, capazes de tolerar um conjunto de características ambientais limitantes, como solos rasos, déficit hídrico, baixa fertilidade, alta concentração de ferro oxidado, baixa retenção de água, além de amplitudes térmicas diárias acentuadas, incidência frequente de fogo, alta exposição solar e ventos constantes (SANTOS & VARAJÃO, 2004; VINCENT, 2004; JACOBI et al, 2007).

As ervas (37%) constituem a forma de crescimento mais frequente entre as espécies, seguida pelos arbustos (21%), subarbustos (20%), árvores (11%) e trepadeiras (10%). Parasitas e palmeiras somam 1%. As espécies herbáceas mais frequentes estão entre as famílias Poaceae (99), Orchidaceae (79), Cyperaceae (43), Bromeliaceae (28) e Eriocaulaceae (27). Em geral, o componente herbáceo não forma um estrato contínuo ao longo das couraças, praticamente não ocorrendo nos setores onde o elevado grau de cimentação da canga determina um substrato bastante compacto e conhecido como lajeado. Nesses setores, as espécies rupícolas predominantes são as de crescimento clonal, destacando-se as ilhas de Trilepis lhotzkiana Nees (Cyperaceae), Acianthera teres (Lindl.) Borba (Orchidaceae) e Vellozia spp. Vand (Velloziaceae) (CARMO & JACOBI, 2013).

A contribuição relativa de algumas formas de crescimento pode variar bastante tanto entre as cangas quanto ao longo da superfície de uma mesma couraça. As espécies arbóreas, arbustivas e as trepadeiras, por exemplo, ocorrem concentradas em sinúsias associadas a vestíbulos de cavernas (clarabóias), a grandes depressões e fendas no substrato que, dependendo da canga, distribuem-se de forma agregada ou aleatória no espaço (CARMO & JACOBI, 2013).

- Efeito de Borda

Uma das principais consequências das perturbações nos ecossistemas naturais é a fragmentação florestal (MURCIA, 1995; VIANA, 1998). Os efeitos mais evidentes oriundos deste processo são aumentos da relação perímetro/área das florestas, acarretando em permeabilidade das condições impostas pelo ecossistema periférico, através do chamado efeito de borda. A exposição das bordas das florestas aumenta a incidência do vento e a intensidade luminosa, que podem determinar em modificações na porção marginal de fragmentos florestais, expressas em algumas de suas características estruturais, como por exemplo, composição de espécies e abundância relativa destas (FORMAN & GODRON, 1986).

A complexidade de interações ocorrentes nas bordas florestais permite dividir os componentes do efeito de borda em: abióticos, bióticos diretos e bióticos indiretos (MURCIA, 1995). Os abióticos compreendem mudanças nos fatores climáticos como a radiação solar, umidade e ventos. Os bióticos diretos envolvem mudanças na estrutura, abundância e distribuição de espécies devido às alterações físicas provocadas pelos fatores abióticos (KAPOS et al., 1997) como, por exemplo, aumento da densidade de plantas ocasionado pelo aumento da radiação solar, maior frequência de quedas de árvores e formação de clareiras e aumento na taxa de mortandade arbórea. Os efeitos bióticos indiretos são as mudanças nas interações ecológicas e cadeias tróficas, tais como: parasitismo, herbivoria, predação, competição, comportamento territorial, hábitos alimentares, polinização e dispersão de sementes decorrentes das mudanças causadas pelos efeitos bióticos diretos (MURCIA, 1995; TROPPMAIR, 2006).

A definição do tamanho da extensão da borda onde as consequências do efeito de borda se fazem notar varia entre diferentes autores (RODRIGUES, 1998). Estas variações podem indicar que fatores como a estrutura da vegetação, o tipo de formação florestal, histórico de perturbações e tempo de exposição à fragmentação são importantes na determinação dos resultados gerados pela fragmentação.

#### 9.7.7.5 Resultados do Estudo de Definição de Raio Protetivo e perímetro de proteção de acordo com critérios Bioespeleológicos

Para a avaliação do meio biótico foram utilizados os resultados obtidos em 3 estudos da área, sendo eles o Relatório de Prospecção Espeleológica (CARSTE, 2010), o Relatório de Área de Interesse Mineral – Serro (CARSTE, 2012) e o Diagnóstico Espeleológico e Análise de Relevância de Cavidades Naturais Subterrâneas do Projeto Serro Minas Gerais (ARCADISLOGOS, 2014). Além dos relatórios foi realizada visita in loco para observação da área e suas peculiaridades. Considerou-se todo o conjunto de informações disponíveis, não limitando-se nas 6 cavidades inseridas no entorno de 250 m do empreendimento.

#### 9.7.7.5.1 *Caracterização Bioespeleológica*

- Vertebrados

As cavernas podem garantir abrigo a comunidades importantes do ponto de vista da ecologia, como os morcegos, que realizam a polinização, dispersão de sementes e controle dos insetos, criando uma relação entre morcegos e cavernas que são objeto de estudos por biólogos e estudiosos.

Muitos desses organismos são responsáveis pela importação de recursos alimentares provenientes do meio epígeo em cavernas, especialmente nas que são permanentemente secas, como é o caso dos morcegos.

"O ambiente cavernícola oferece várias vantagens para os quirópteros, como estabilidade climática, proximidade ao recurso alimentar, maternidades, locais de hibernação, proteção contra predadores e mudanças no clima (Kunz, 1982; Lewis, 1995; Mickleburgh et al., 2002). Estes animais podem formar grupos em cavidades, variando de poucos indivíduos até milhares em uma mesma caverna (Kunz 1982). É comum que em uma caverna se registre mais de uma espécie, frequentemente em estudos nas regiões neotropicais foram relatadas cavernas com mais de 10 espécies de morcegos (Brunet & Medelín, 2001; Avila-Flores & Medellín, 2004; Esberard et al.2005, Tejedor et al. 2005). Esta situação pode ocorrer devido à convergências de padrões de seleção ou baixa disponibilidade de abrigos (Kunz 1982; Trajano 1985) ".

Foram registrados morcegos em 2 cavidades naturais AAS-004 e AAS-012 naturais na área do entorno do projeto, nas duas campanhas de campo. De acordo com os estudos em anexo no Diagnostico Espeleológico Arcadis, foram registradas duas espécies de morcegos, o nectarívoro Glossophaga soricina e duas espécies parcialmente identificadas, sendo a primeira, um insetívoro restrito, da família Emballonuridae

Tabela 9.34 – Registro de Morcegos no entorno de 250 metros do projeto

| | 1º Campanha | | | 1º Campanha | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Cavidade** | **Especie** | **Abundância** | | **Especie** | **Abundância** | |
| AAS-004 | *G.sorricina* | 2 | Nectarívoro | *Emballonuridae* | 2 | Nectarívoro |
| AAS-012 | *G.sorricina* | 8 | Nectarívoro | *G.sorricina* | 30 | Nectarívoro |

Conforme os estudos, comparando-se com a área de estudo regional, a fauna de morcegos ocorrentes em cavernas na área de estudo local se apresentou com menor riqueza de espécies indicando que acerca da dinâmica de fusão e fissão de colônias deve ser levado em consideração também o ponto de vista a avalição regional.

Os estudos demonstram a complexidade do uso do sistema cavernícola pela comunidade de morcegos e que para uma análise mais profunda acerca da relação entre morcegos e as cavidades são necessários monitoramentos mais longos.

- Ictiofauna

A Área do presente estudo encontra-se na AEL do Projeto Serro, onde as drenagens das cavidades são curso d'água de cabeceira, pertencentes a trechos de primeira e de segunda ordem. Estas drenagens estão inseridas na Sub Bacia do Rio do Peixe e consequentemente a Bacia hidrográfica do Rio Doce.

Dentre as bacias que drenam Minas Gerais, a bacia do Rio Doce encontra-se na quarta posição em termos de riqueza de espécies de ictiofauna, com 64 espécies nativas em sua porção mineira (alto e médio curso). Considerando que o baixo Rio Doce foi ainda pouco estudado, pode-se inferir que esse número deve suplantar 80 espécies nativas (VIEIRA et al., 2009).

“Segundo RIZZATO “a maior contribuição de peixes troglóbios está relacionada onde há grandes extensões de áreas cársticas, sendo o estado de Goiás apontado como um local de grande ictiofauna subterrânea, seguido pelo estado da Bahia, Minas Gerais e São Paulo”. TRAJANO (2012) classifica animais subterrâneos como aqueles encontrados regularmente no biótipo subterrâneo, para os quais este constitui parte ou todo o hábitat natural, onde eles são capazes, no mínimo, de se orientarem espacialmente.

A dinâmica hídrica é relevante e qualquer alteração da complexa, frágil e dinâmica hidrologia do carste, podem afetar áreas de recarga e o sistema de condução e descarga. A obstrução cada vez maior dos caminhos naturais de absorção, seja pela atividade agrícola ou por projetos de infraestrutura ou a disposição inadequada de estéreis e resíduos da mineração também podem causar desequilíbrio nessa dinâmica.

O inventário e estudos de ictiofauna para as cavidades presentes na área do Projeto Serro, ficaram restritos àquelas cavidades com potencial de ocorrência de ictiofauna baseado em vistoria in loco realizada, onde está incluída por suas características a cavidade AAS-010.

Nas cavidades que possuem água em seu interior, há a possibilidade que peixes corriqueiros residentes em ambientes de cabeceira transitem livremente em seu interior ou sejam carreados pela água para estes ambientes, portanto é possível a ocorrência de peixes acidentais. Sendo assim, espécies que supostamente podem ser ali coletadas, provavelmente, tenham ocorrência também em outros trechos do córrego de cabeceira. Segundo Trajano (2012) “todos os organismos de uma determinada região podem ser acidentais de forma pontual e transitória, podendo mais cedo ou mais tarde ser encontrados em uma caverna”.

Não foi encontrado percurso subterrâneo em nível de base da rocha na cavidade vistoriadas e cabe salientar que não existe características estruturais e físicas nas cavidades para a ocorrência de espécies com adaptações para a existência no meio subterrâneo, portanto a existência de espécies de peixes com algum troglomorfismo é improvável.

- Herpetofauna

Cavidades naturais subterrâneas são abrigos conhecidos para diversos espécimes da fauna. As espécies consideradas “acidentais” diferentemente dos aninais dependentes do ambiente subterrâneo, compreendem indivíduos que vivem na superfície que penetram, acidentalmente ou não, no ambiente cavernícola, mas não apresentam nenhuma pré-adaptação que proporcione a sua sobrevivência dentro das cavernas (CECAV, 2011).

Alguns buscam estes ambientes para se reproduzir, caçar ou apenas para se abrigar, e depois evadem, enquanto outros ficam permanentemente. Essas espécies, embora não sejam “verdadeiros cavernícolas” são importantes em muitos sistemas cavernícolas, principalmente naqueles em que a entrada de alimento é restrita, já que as fezes e, principalmente, os cadáveres desses animais são importantes fontes de recursos alimentares, tanto para as comunidades aquáticas quanto para as terrestres (CECAV, 2011).

Segundo SALES, 2003 diversas espécies são conhecidas por ter esse hábito, o que pode ser confirmado pelo registro de fósseis variados catalogados em diversas cavernas brasileiras, correspondendo quase sempre a répteis, anfíbios, mamíferos e peixes. Entretanto, cabe salientar, que é um hábito que está muito mais associado à oportunidade, ou seja, à existência de uma caverna no local, que à ecologia do animal propriamente dita (FERREIRA, 2005 apud REIS & KRAEMER, 2013).

Sendo assim, é esperado o registro de vertebrados no ambiente subterrâneo e outros vertebrados de acordo com outros estudos executados na região em que foram identificadas serpentes de espécies generalistas e anfíbios de espécies variadas entre as quais, algumas são de ampla distribuição na America Latina, enquanto outras são endêmicos no estados de Minas Gerais ou localizados na Serra do Cipó - MG e ainda outros táxons que com ampla distribuição na Bahia e São Paulo.

- Invertebrados

Os dados levantados e estudos para a avaliação ecológica do sistema cavernícola do Projeto Serro levaram em conta os fatores como a composição, abundância, riqueza, diversidade, variabilidade espaço/temporal da fauna, clima e a e dinâmica trófica do sistema.

A preservação e conservação das cavernas, dos sítios espeleológicos e de suas respectivas áreas de influência tem como objetivo a manutenção destes sistemas ecológicos, sensíveis e diferenciados. Apesar de ser um ambiente delicado, a fauna cavernícola apresenta uma grande diversidade e faz parte de um sistema adaptado às condições do meio em que vivem e que deve ser protegido, tendo por esta razão ser editado o Decreto 10935/22 que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território brasileiro.

De acordo com o Decreto 10935/22, uma caverna será considerada como de máxima relevância conforme o Art. 2º “O grau de relevância da cavidade natural subterrânea será classificado como máximo, alto, médio ou baixo, de acordo com a análise de atributos ecológicos, biológicos, geológicos,

hidrológicos, paleontológicos, cênicos, histórico-culturais e socioeconômicos, avaliados sob enfoque regional e local".

No Anexo – Diagnóstico Espeleológico e Análise de Relevância de Cavidades Naturais Subterrâneas, Capítulo 4.3. Diagnóstico do Meio Biótico foi descrita a composição, a estrutura e a distribuição da fauna com amostragem que gerou um inventário das comunidades presentes nas cavernas, observando-se o número de espécies, de indivíduos em cada espécie, a diversidade e a distribuição de cada população, no espaço e no tempo, com duas coletas, uma em estação de seca e outra chuvosa, conforme previsto na própria legislação vigente.

O levantamento de invertebrados cavernícolas nas cavidades registradas na área de estudo do projeto da Mina de Serro foi realizado em duas campanhas de campo, possibilitando avaliação para determinação da riqueza de espécies total, parciais para os períodos úmido e seco, e comuns aos dois períodos. O inventário realizado nas campanhas permitiu avaliar e analisar os atributos de intervenção biológica ligados ao habitat das espécies coletadas, ao seu ciclo de vida e aos atributos ligados ao uso das cavernas.

Neste levantamento regional foi observado um total de 6.803 indivíduos, distribuídos em 8 classes zoológicas, 34 ordens e 355 morfoespécies, conforme apresentado na tabela de dados brutos do Anexo XII do Diagnostico Espeleológico da Arcadis.

Em relação à luminosidade, apenas oito cavidades apresentaram zonação completa (fótica, disfótica e afótica), e nenhuma das cavidades apresentou mais de quatro tipos de substratos orgânicos.

O registro e demonstração nos gráficos apresentados demostram que a ordem de invertebrados mais diversa no estudo foi Araneae (89 morfoespécies) e mais abundante foi Isoptera, com 1.648 indivíduos contabilizados. Geophilomorpha, Microcoryphia, Plecoptera e Thysanura tiveram apenas uma morfoespécie e um indivíduo observados.

A determinação da riqueza para as ordens de invertebrados pesquisadas, da abundância para as ordens de invertebrados pesquisadas, as curvas observadas de espécies para os indivíduos registrados para o Projeto Serro estão detalhadas no Diagnóstico Arcadis.

De acordo com a Curva de Acumulação de espécies para 355 morfoespécies registradas no Projeto Serro, através da análise do diagrama gerado não demonstrou ser possível estabelecer nenhuma relação de proximidade robusta entre as cavidades sob o ponto de vista da fauna analisada nos testes e observou-se que a cavidade, AAS-011 foi a que aparentou ter menor associação com o restante das cavidades.

- Espécies Troglobomórficas

No estudo realizado pela Arcadis foram registradas duas espécies de organismos com adaptações troglomórficas, que segundo a IN 02/2009 "animais cujas características morfológicas revelem especialização decorrente do isolamento no ambiente subterrâneo" contudo elas não estão restritas ao ambiente cavernícola (Zeppelini, 2014a).

As espécies mencionadas pertencem à ordem Collembola: Trogolaphysa sp4. e Trogolaphysa sp4. foram registrados nas cavidades AAS-004 e AAS-010

#### 9.7.7.5.2 *Análise dos Atributos das Cavidades do Projeto*

- Levantamento dos substratos Orgânicos

O quadro abaixo apresenta os 7 tipos de substratos avaliados em cada uma das cavidades inseridas no Buffer de 250 m da ADA, assim como o número de substratos observados em cada feição. Os tipos de recursos e a forma com que eles entram no sistema são determinantes na composição da fauna no ambiente cavernícola. Assim, muitas vezes o guano de morcegos, pássaros e grilos podem formar depósitos extensos, os quais são a principal fonte de energia para o sistema (POULSON 1969). Outro recurso também observado são raízes de plantas da vegetação adjacente, que se desenvolvem por meio dos interstícios da rocha e alcançam os salões das cavernas. Concomitantemente, a água de percolação e/ou o vento podem também ser os responsáveis pela importação de matéria orgânica particulada.

Tabela 15 - Presença de substratos orgânicos nas cavidades.

| Substratos Orgânicos | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cavidade | Guano | Mat. vegetal | Detritos | Raízes | Carcaças | Fezes | Bolotas regurgitacao | Nº de Substratos |
| AAS-004 | | | X | X | | | | 2 |
| AAS-009 | | | X | X | | | | 2 |
| AAS-010 | | X | X | X | | | | 3 |
| AAS-011 | | | X | | | | | 1 |
| AAS-012 | | | X | X | | | | 2 |
| AAS-013 | | | X | X | | | | 2 |

No caso do estudo dos recursos existentes no interior das cavidades o levantamento dos substratos orgânicos das 6 cavidades mostrou que os detritos e as raízes são os recursos mais frequentes em seu interior. Não houve observação de Guano nestas cavidades. Também não foram identificadas fezes de vertebrados não voadores, carcaças e bolotas de regurgitação nestas 6 cavidades.

A presença desses recursos em maior frequência reforça a importância da preservação da vegetação do entorno que esteja protegida do efeito de borda, já que eles acessam as cavidades de regiões próximas as mesmas. A preservação da vegetação, mesmo que não seja utilizada diretamente pela fauna cavernícola é de fundamental importância para manutenção do microclima no interior das cavidades, pois assim temperatura, umidade e luminosidade na zona de entrada tendem a se manter com suas variações normais durante o ano.
Análise do Efeito de Borda das Cavidades

### 9.7.7.6 Análise do Aporte de Recursos para as Cavidades

A cavidade AAS-010 tem sua inclinação para o interior do ambiente epígeo, as cavidades AAS-004 e AAS-009 são inclinadas para o exterior e as cavidades AAS-011, AAS-012 e AAS-013 apresentam-se

praticamente planas. Esta inclinação típica plano ou concordando com a vertente dificulta a entrada de recursos por ação do vento.
Verifica-se nas cavidades identificadas no entorno de 250 m da cavidade, que a ocorrência de acúmulo de recursos na região da entrada, sendo carreadas por ação da gravidade e do vento e a diminuição gradual dos recursos pelo desenvolvimento das cavidades, que no geral são pouco diversos.

No caso em tela foi observado que a água, as raízes e o vento são os maiores importadores de recursos para o interior das cavidades. As claraboias são importantes importadores de recursos que penetram na cavidade por ação principal da gravidade e água em eventos de chuva forte.
Em algumas cavidades a água pode funcionar como importante agente de importação de recursos, os canalículos são as estruturas mais recorrentes, sendo observados em todas as cavidades em análise. Tais estruturas cumprem a dupla função de aporte (input) e remoção (output) de sedimentos e água.

O gotejamento e a percolação são os principais agentes espeleogenéticos atuantes atualmente nas cavernas ferríferas. No entanto, das cavidades identificadas no entorno de 250 m somente na caverna AAS-011 foi identificado gotejamento.

#### 9.7.7.7 Efeito de Borda para as cavidades

De acordo com Rodrigues (1998), em muitas paisagens a esmagadora maioria das espécies está restrita aos fragmentos florestais. A conservação dos fragmentos, portanto, significa a conservação destas espécies. A criação dos fragmentos implica na criação de uma borda, ou seja, uma região de contato entre a área ocupada com agricultura ou pasto e o fragmento de floresta.

Portanto, considerando a importância da cobertura vegetal para a preservação das condições microclimáticas e para a manutenção do aporte de detritos orgânicos no interior das cavidades se faz necessária a definição de um perímetro para a proteção da vegetação que represente um fragmento de área satisfatória. Para este perímetro de proteção entende-se haver a delimitação entre impactos reais e potenciais.

Segundo Rodrigues (1998) e Costa et al (2012) as principais alterações observadas em efeitos de borda são, em relação a fatores bióticos a densidade de plantas, produção e acúmulo de serrapilheira e a composição de espécies vegetais. No caso de insetos o efeito de borda pode não ser notado em diferentes pontos de um mesmo fragmento, como o que foi observado no trabalho de Copatti & Gasparetto (2012). Seus resultados sugerem que muitas das famílias de insetos encontradas têm apresentado tolerância aos efeitos de fragmentação e usos antrópicos, podendo grupos mais raros vir a ser eliminados. Diversidade, riqueza e distribuição da entomofauna não demonstraram existência de efeito de borda, sendo estas dependentes dos recursos disponíveis no fragmento florestal e seu entorno.

Já caso de alterações abióticas, Murcia (1995) e Rodrigues (1998) definem que a luminosidade, umidade do ar, temperatura, umidade do solo e carreamento de componentes químicos como os mais significativos.

A intensidade dos efeitos de borda tem sido considerada como a distância na qual determinada mudança é percebida no interior dos fragmentos remanescentes. A extensão para o interior de um fragmento até onde é possível detectar os efeitos da borda ainda causa bastante polêmica e existe, entre pesquisadores, uma dificuldade em encontrar uma média geométrica eficiente para avaliar o efeito da borda (MURCIA, 1995). Apesar de muitos estudos sobre os efeitos da fragmentação florestal

e as consequências sobre a comunidade vegetal, ainda é necessário melhorar os modelos, predições e a compreensão destes processos e associá-los às influências que as atividades humanas exercem na da perda de espécies (TABARELLI, 2005).

A maior parte dos estudos localizados apresentam resultados para efeitos de borda em fragmentos florestais e voltados para fatores abióticos. Dois estudos analisados apresentam a distância de borda relacionada a fatores abióticos em que as alterações podem ser observadas em ambientes florestais. Rodrigues (1998) cita que 35,0 metros é o mínimo necessário para manutenção das características abióticas de um fragmento. Já Murcia (1995) apresenta resultados onde é possível observar que o valor mínimo é de 50,0 metros de preservação do perímetro linear de fragmentos florestais, conforme pode ser observado na figura abaixo:

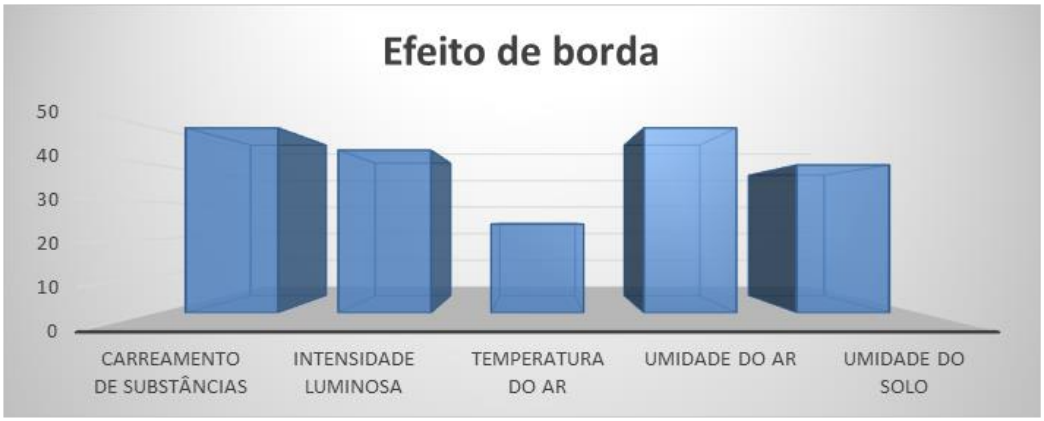



Figura 14 – Principais atributos abióticos modificados pelo efeito de borda e a distância em que as alterações podem ser observadas no interior de fragmentos florestais (Adaptado de MURCIA, 1995). Os valores na coluna vertical representam a distância em metros (m).

Portanto, para fins de conservação, baseando-se no trabalho de Murcia (1995) que representou o maior valor para o efeito de borda, optou-se por definir um limite de 50,0 metros no entorno. Além disso os impactos foram considerados reversíveis.

Além dos 50,0 metros baseados no efeito de borda, considerou-se no estudo um acréscimo de mais 50,0 metros para cavidades onde fossem localizadas fezes de vertebrados não voadores e carcaças já que vertebrados podem possuir maior necessidade de área de forrageamento e que provavelmente não se encontra no interior das cavidades.

Como nenhuma das cavidades inserida no entorno de 250 m do empreendimento, cavidades AAS-004, AAS-009, AAS-010, AAS-011, AAS-012 e AAS-013 estão inseridas neste critério, considerou-se para fins de análise, efeito de borda de 50 m, conforme se observa na Figura abaixo:

#### 9.7.7.8 PRESERVAÇÃO DO AMBIENTE SUBTERRÂNEO

O ambiente subterrâneo é caracterizado por um sistema labiríntico de espaços mantidos na ausência de luz, temperatura constante, substrato úmido e umidade relativa do ar alta (JUBERTHIE, 2000).

Considera-se, portanto, fundamental manter estas condições no interior da cavidade e em seu entorno imediato.

É importante considerar neste tópico as seguintes particularidades do empreendimento:

- O empreendimento não tem o potencial de produzir quaisquer modificações na temperatura da região, tanto do solo / rocha quanto do ar.

- Não será considerada a operação com iluminação artificial nas proximidades das cavidades, não havendo quaisquer impactos em sua iluminação.

Combinado com este efeito, ressalta-se que a manutenção dos fluxos hídricos superficiais e subterrâneos será suficiente para garantia de condições úmidas. Considerou-se, por efeito de borda, que a manutenção de uma distância de proteção de 50 m como adequada.

### 9.7.7.9 DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA

As áreas de influência, considerando os critérios anteriormente apresentados, são expostos em detalhe em planta anexa. Não há nenhuma sobreposição entre a área de influência traçada e a ADA do empreendimento.

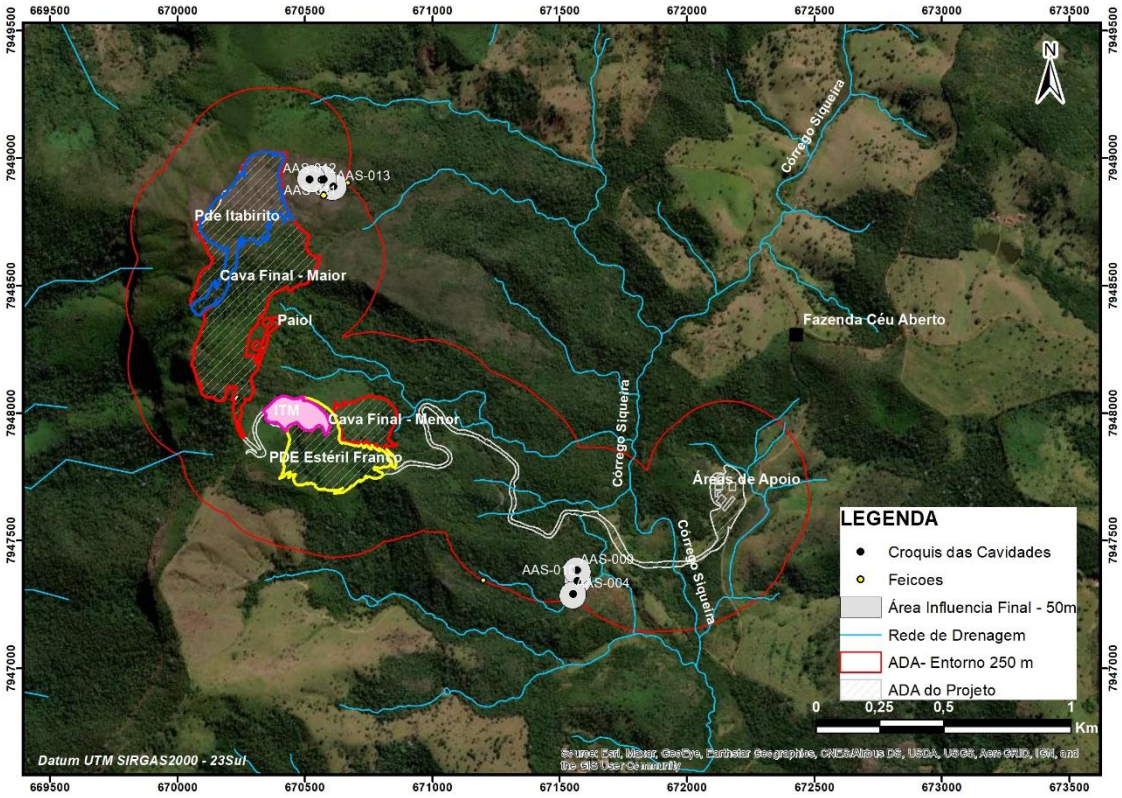



Figura – Área de Influencia real das cavidades.

### 9.7.8 Análise de impacto sobre o patrimônio espeleológico

Neste item será apresentada a análise de impacto sobre o patrimônio espeleológico para as cavidades identificadas no entorno de 250 metros do empreendimento conforme determina a IS 08/2017 (Ver.1). Ao contrário da estrutura geral apresentada no presente EIA/RIMA, em que os impactos são apresentados detalhadamente no Volume V, para a avaliação de impactos sobre o patrimônio espeleológico, optou-se por apresentá-lo de informa integrada aos demais estudos deste tema.

Conforme a sequência do fluxograma de atendimento à IS 08/2017, uma vez que foi identificada a presença de cavidades no entorno de 250 m da Área Diretamente Afetada – ADA do empreendimento objeto do presente EIA/RIMA, que corresponde neste caso a área de proteção inicial de cavidades, a etapa seguinte corresponde a Avaliação de Impactos, sobre o patrimônio espeleológico.

Destaca-se, inicialmente, que nenhuma das cavidades identificadas encontra-se no interior da ADA. Desta maneira, não haverão impactos irreversíveis decorrentes da supressão de cavidades associados à instalação e operação do empreendimento. Assim os impactos serão avaliados para identificação os efeitos de alterações físicas, químicas e biológicas que podem provocar alterações sobre o Patrimônio Espeleológico identificado no entorno do empreendimento.

#### 9.7.8.1 Metodologia de Avaliação de Impactos

o item 4 da IS 08/2017, trás as seguintes definições à respeito dos conceitos de intervenção, impactos negativos reversíveis e irreversíveis sobre o patrimônio espeleológico.

> *"**4.17. Intervenção sobre cavidade natural subterrânea:** Qualquer intervenção decorrente da ação humana, da instalação ou da operação de atividade ou empreendimento, que cause ou possa acarretar impacto positivo ou negativo, reversível ou irreversível, sobre a cavidade natural subterrânea ou sobre sua área de influência.*
>
> ***4.18. Impacto negativo irreversível:** Intervenção antrópica em cavidade natural subterrânea ou em sua área de influência, que implique na sua supressão total ou em alteração parcial não mitigável do ecossistema cavernícola, com o comprometimento da sua integridade e preservação (conf. inc. II do art. 3º da IN ICMBio nº 1, de 2017).*
>
> ***4.19. Impacto negativo reversível**: Intervenção antrópica em cavidade natural subterrânea ou em sua área de influência, que não implique na sua supressão ou no comprometimento de sua integridade e preservação e que seja passível de restauração, de recuperação ou de mitigação. "*
> (grifos nossos)

Para fins de análise e avaliação do projeto, foram considerados os seguintes impactos potenciais sobre as cavidades:

- Alteração do Relevo
- Alteração da Dinâmica Hídrica
- Alteração da Qualidade do Ar
- Alteração dos Níveis de Ruído

- Geração de Vibrações
- Alteração da Vegetação e/ou da Fauna Cavernícola

A avaliação dos impactos foi consolidada em matriz, avaliando as respectivas medidas de controle e medidas mitigatórios, avaliando especialmente a classificação do impacto como reversível, aquele passível de restauração, recuperação, mitigação, ou irreversível, com comprometimento da cavidade.

É importante destacar que a análise de impactos considerou aquelas cavidades inseridas no entorno do empreendimento, em um buffer de 250 m, a saber: AAS- 0004, AAS-009, AAS-010, AAS-011, AAS-012 e AAS-013. Estas estruturas apresentam a seguinte posição com relação à ADA.

Tabela 9.35 – Cavidades com coordenadas e localização de sua inserção em relação a ADA.

| Cavidade | Latitude | Longitude | Inserida no Interior na ADA | Inserida no buffer de 250m da ADA | Distância Mínima da ADA (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| **AAS-004-Ponto 20** | 671553,00 | 7947292,00 | Não | Sim | 240 |
| **AAS-009** | 671569,07 | 7947386,22 | Não | Sim | 167 |
| **AAS-010** | 671570,07 | 7947344,22 | Não | Sim | 198 |
| **AAS-011** | 670574,00 | 7948917,00 | Não | Sim | 160 |
| **AAS-012** | 670518,00 | 7948918,00 | Não | Sim | 110 |
| **AAS-013** | 670613,08 | 7948888,23 | Não | Sim | 200 |
| **Datum: UTM Sirgas 2000 Fuso 23 Sul** | | | | | |

### 9.7.8.2 Impactos sobre o relevo

Este impacto é decorrente das atividades de terraplanagem realizadas no empreendimento, quer seja para sua instalação, especialmente associado à construção de acessos e da infraestrutura do empreendimento; quer seja durante a operação da estrutura, associada às operações de lavra e de disposição de estéril franco e/ou de itabirito.

Para o caso específico, o *Buffer* de 250 m será alterado para as cavidades AAS-004, AAS-009 e AAS-010 durante a fase de instalação, mantendo-se com distância superior a 250 m para as cavidades AAS-011, AAS-012 e AAS-013 durante a instalação do empreendimento. Após a instalação não há previsão de novas modificações no relevo pra as cavidades AAS-004, AAS-009 e AAS-010, passando-se a avançar com os trabalhos de lavra em direção ao Buffer de 250 m das cavidades AAS-011, AAS-012 e AAS-013.

Considerando os critérios de proteção física da cavidade, a distância da ADA é suficiente para que não houvesse identificação de impacto decorrente da modificação de relevo, considerados de magnitude desprezível.

Tabela 9.36 – Critérios de Avaliação de Impacto sobre Cavidade – Alteração do Relevo.

| Cavidade | Fase | Critério de Avaliação | Magnitude |
|---|---|---|---|
| AAS-004 | Implantação | Distância ADA > Raio de Proteção Físico | Desprezível |
| AAS-009 | Implantação | Distância ADA > Raio de Proteção Físico | Desprezível |
| AAS-010 | Implantação | Distância ADA > Raio de Proteção Físico | Desprezível |
| AAS-011 | Operação | Distância ADA > Raio de Proteção Físico | Desprezível |
| AAS-012 | Operação | Distância ADA > Raio de Proteção Físico | Desprezível |
| AAS-013 | Operação | Distância ADA > Raio de Proteção Físico | Desprezível |

* A delimitação do raio de proteção físico é apresentado no item 9.7.8.6.

Como medida de controle ambiental, para estas 6 cavidades será aplicado Programa de Monitoramento Espeleológico.

### 9.7.8.3 Alteração da dinâmica hídrica

Considerado um impacto associado à alteração do relevo, uma vez que as alterações topográficas resultantes da realização de corte e aterro tem o potencial de modificação da dinâmica de fluxos superficiais, subsuperficiais e subterrâneos. A avaliação de impacto foi realizado considerando os critérios de proteção da dinâmica hídrica, apresentados no item 9.7.7.2.

Desta maneira, considerou-se os seguintes critérios para avaliação de impacto sobre a dinâmica hídrica:

Tabela 9.37 – Critérios de Avaliação de Impacto sobre Cavidade – Alteração da Dinâmica Hídrica.

| Cavidade | Critério de Avaliação | Avalição | Magnitude |
|---|---|---|---|
| AAS-004 | Inserção na bacia de contribuição | Não inserido | Não foi identificado impacto Fora da área de contribuição hídrica |
| AAS-009 | Inserção na bacia de contribuição | Não inserido | Não foi identificado impacto Fora da área de contribuição hídrica |
| AAS-010 | Inserção na bacia de contribuição | Não inserido | Não foi identificado impacto Fora da área de contribuição hídrica |
| AAS-011 | Inserção na bacia de contribuição | Não inserido | Não foi identificado impacto Fora da área de contribuição hídrica |
| AAS-012 | Inserção na bacia de contribuição | Não inserido | Não foi identificado impacto Fora da área de contribuição hídrica |
| AAS-013 | Inserção na bacia de contribuição | Não inserido | Não foi identificado impacto Fora da área de contribuição hídrica |

Como medida de controle ambiental, para estas 6 cavidades será aplicado Programa de Monitoramento Espeleológico e no Programa de Monitoramento da Qualidade da Água.

#### 9.7.8.4 Alteração da qualidade do ar

O impacto Alteração da Qualidade do Ar é decorrente da geração de particulados associados à movimentação de máquinas e equipamentos nas imediações das cavidades. Este impacto pode resultar na diminuição da umidade e da qualidade dos substratos (orgânicos ou não), interferindo diretamente na disponibilidade destes recursos para a fauna de invertebrados. Trata-se, em contrapartida, de um impacto considerado reversível a depender da quantidade de material particulado depositado no interior da cavidade, sendo descontinuado ao fim da atividade minerária e o passível de mitigação no contexto do controle de particulados do empreendimento.

As cavidades AAS-004, AAS-009 e AAS-010 permaneceram a uma distância superior a 150 m das áreas do empreendimento, com áreas de entorno preservadas com Mata Estacional, formando uma barreira natural para a dispersão de particulados.

A cavidade AAS-012 também encontra-se posicionada em região contornada com Mata Estacional que não será objeto de intervenção, mitigando eventuais efeitos.

As cavidades AAS-011 e AAS-013 encontra-se margeadas por áreas margeadas por campos ferruginosos, com maior potencial de sofrerem impactos da geração de poeira. Em contrapartida, estão posicionadas em áreas topograficamente abrigadas, em direção oposta àquela de desenvolvimento da cava.

Destaca-se, ainda, que as simulações realizadas para dispersão de poeiras apresentadas no Volume V indicam que os potenciais de incrementos de particulados para as regiões das cavidades como reduzida.

Diante destes condicionantes, este impacto foi avaliado como potencial em todas as cavidades, reversível, com magnitude reduzida para as cavidades AAS-004, AAS-009, AAS-010 e AAS-010, aquelas mais protegidas por barreiras naturais. No caso das cavidades AAS-011 e AAS-013, apesar de estarem contornadas por vegetação de campo, com menor proteção natural à efeitos de dispersão de particulados, estas foram consideradas com magnitude moderada por estarem em regiões topograficamente abrigadas.

Tabela 9.38 – Critérios de Avaliação de Impacto sobre Cavidade – Alteração da Qualidade do Ar.

| Cavidade | Tipo | Reversibilidade | Magnitude |
|---|---|---|---|
| AAS-004 | Potencial | Reversível | Reduzido |
| AAS-009 | Potencial | Reversível | Reduzido |
| AAS-010 | Potencial | Reversível | Reduzido |
| AAS-011 | Potencial | Reversível | Moderado |
| AAS-012 | Potencial | Reversível | Reduzido |
| AAS-013 | Potencial | Reversível | Moderado |

Como medida de controle ambiental, deverá ser aplicado Programa de Monitoramento Espeleológico e Programa de Controle de Poeiras.

### 9.7.8.5 Geração de Ruídos

A movimentação e operação de veículos leves e pesados, bem como atividades de funcionamento de compressores, bombas, perfuratrizes e demais atividades antrópicas tempo o potencial também de geração de ruídos, os quais tem como principal efeito impactos de afungentamento da fauna.

Tratam-se de efeitos que são naturalmente reduzidos a medida que ocorre um maior distanciamento do empreendimento, podendo ainda ser atenuado por barreiras naturais tais como, barreiras topográficas e porte da vegetação na lateral, em semelhança aos efeitos atenuadores apresentados para a qualidade do ar.

Além disto, os efeitos deste aspecto podem ser atenuados adotando um eficiente programa de manutenção dos equipamentos e utilização de acordo com o padrão estabelecido pelo fabricante. A análise de impactos baseou-se em critérios semelhantes à análise para qualidade do ar, avaliando-se, principalmente, a existência de barreiras naturais mais destacadamente nas cavidades AAS-004, AAS-009, AAS-010 e AAS-012.

Por se tratar de um impacto associado à utilização de equipamentos, foi avaliado como reversível.

Tabela 9.39 – Critérios de Avaliação de Impacto sobre Cavidade – Geração de Ruídos.

| Cavidade | Tipo | Reversibilidade | Magnitude |
|---|---|---|---|
| AAS-004 | Potencial | Reversível | Reduzido |
| AAS-009 | Potencial | Reversível | Reduzido |
| AAS-010 | Potencial | Reversível | Reduzido |
| AAS-011 | Potencial | Reversível | Moderado |
| AAS-012 | Potencial | Reversível | Reduzido |
| AAS-013 | Potencial | Reversível | Moderado |

Como medida de controle ambiental, deverá ser aplicado Programa de Monitoramento Espeleológico e Programa de Controle de Ruídos.

### 9.7.8.6 Geração de Vibrações

A geração de vibrações durante as obras de implantação deverão ocorrer decorrentes de possíveis detonações, previstas para ocorrerem eventualmente e apenas localmente na fase de implantação, e da movimentação de máquinas pesadas e caminhões.

Com início das operações, os eventuais incrementos de vibrações serão decorrentes das detonações e maior frequência da movimentação de máquinas pesadas e caminhões, que serão em número maior quando comparados com a etapa de implantação.

De acordo com o apresentado no item 9.7.7.1, os estudos realizados para este caso específico estão prognosticando impactos reduzidos associados à geração de vibrações. Destaca-se, ainda, tratar-se de impacto reversível, uma vez que está completamente associado à operação do empreendimento, sendo eliminado com o descomissionamento do empreendimento.

Uma vez que as vibrações esperadas são inferiores àquelas associadas à condição perceptível, além de serem tipicamente associadas a eventos episódicos, quais sejam, a realização de desmontes de rocha, bem como as distâncias típicas estarem associadas a dimensões superiores a 250 m, somente menores quando os trabalhos são desenvolvidos nas bordas da cava, estes foram considerados como potenciais.

Sua magnitude foi considerada despressível para as cavidades AAS-004, AAS-009 e AAS-010 em virtude dos resultados calculados para vibrações máximas e reduzidos para as cavidades AAS-011, AAS-012 e AAS-013.

Tabela 9.40 – Critérios de Avaliação de Impacto sobre Cavidade – Vibrações.

| Cavidade | Tipo | Reversibilidade | Magnitude |
|---|---|---|---|
| AAS-004 | Potencial | Reversível | Desprezível |
| AAS-009 | Potencial | Reversível | Desprezível |
| AAS-010 | Potencial | Reversível | Desprezível |
| AAS-011 | Potencial | Reversível | Reduzido |
| AAS-012 | Potencial | Reversível | Reduzido |
| AAS-013 | Potencial | Reversível | Reduzido |

Como medida de controle ambiental, deverá ser aplicado Programa de Monitoramento Espeleológico e Programa de Controle de Vibrações.

#### 9.7.8.7 Alteração da Vegetação e/ou da Fauna Cavernícola

O impacto “Alteração da Vegetação e da Fauna Cavernícola” é decorrente das atividades supressão vegetal a serem realizadas na vizinhança das cavidades uma vez que não haverão alterações diretamente na região das cavidades.

Potencialmente a supressão vegetal causa prejuízo no equilíbrio ecológico existente, a perda de recursos tróficos para aporte nas cavidades; incidência de raios solares alterando as condições climáticas de temperatura e umidade; o afugentamento e perda de espécimes da fauna por perda habitat como abrigo e alimentação; e o aumento de material particulado (poeira) nas zonas de entrada das cavidades.

Já a alteração da fauna cavernícola é um impacto secundário decorrente de outros impactos como: Alteração do Relevo/Paisagem, com a supressão das cavidades; Alteração da Qualidade do Ar, com a emissão de material particulado (Poeira) para zona de entrada da cavidade; e Alteração da Vegetação, com a supressão vegetal na vizinhança.

Uma vez que será respeitado a área de proteção de acordo com os critérios apresentados no item 9.7.7.4, este impacto foi classificado com potencial, reversível e de magnitude reduzida para todas as cavidades.

Tabela 9.41 – Critérios de Avaliação de Impacto sobre Cavidade – Alteração da Vegetação e/ou da Fauna Cavernícola.

| Cavidade | Tipo | Reversibilidade | Magnitude |
|---|---|---|---|
| AAS-004 | Potencial | Reversível | Reduzido |
| AAS-009 | Potencial | Reversível | Reduzido |
| AAS-010 | Potencial | Reversível | Reduzido |
| AAS-011 | Potencial | Reversível | Reduzido |
| AAS-012 | Potencial | Reversível | Reduzido |
| AAS-013 | Potencial | Reversível | Reduzido |

Matriz Consolidada de Análise de Impactos – Patrimônio Espeleológico.

| Impacto Ambiental | Natureza | Reversibilidade | Caracterização | Mitigável | Controle Ambiental |
|---|---|---|---|---|---|
| Impactos sobre o relevo | Negativo | Reversivel | As áreas a serem afetadas (ADA) não irão impactar as áreas de influencia para proteção física das cavidades | Sim | Programa de Monitoramento Espeleológico |
| Alteração da dinâmica hídrica | Negativo | Reversivel | As áreas afetadas não estão inseridas na bacia de contribuição hídrica superficial e/ou zonas de contribuição não saturada (zona vadosa) | Sim | Programa de Monitoramento Espeleológico e Programa de Monitoramento da qualidade da Água |
| Alteração da qualidade do ar | Negativo | Reversivel | O entorno das cavidades será mantido, com existência de barreiras físicas. Os estudos de dispersão de poeiras indicam efeitos de dispersão reduzidos para a região das cavidades. | Sim | Programa de Monitoramento Espeleológico e Programa de Controle de Poeiras |
| Geração de Ruídos | Negativo | Reversivel | O entorno das cavidades será mantido, com existência de barreiras físicas. Os estudos de dispersão de ruídos indicam efeitos de dispersão reduzidos para a região das cavidades. | Sim | Programa de Monitoramento Espeleológico e Programa de Monitoramento de Ruídos |
| Geração de Vibrações | Negativo | Reversivel | Os estudos de dispersão de vibrações indicam efeitos de dispersão reduzidos para a região das cavidades. | Sim | Programa de Monitoramento Espeleológico e Programa de Monitoramento de Vibrações |
| Alteração da Vegetação e Alterações na Fauna Cavernicola | Negativo | Reversivel | As áreas de vegetação a serem impactadas pelo empreendimento estão fora do limite necessário para manutenção do aporte trófico e conservação da fauna cavernícola considerando-se as premissas do efeito de borda. | Sim | Programa de Monitoramento Espeleológico |

## 9.8 RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

### 9.8.1 Bacia do Rio Doce

A Bacia do Rio Doce refere-se a uma bacia de domínio federal localizada na região Sudeste do Brasil, integrando a região hidrográfica do Atlântico Sudeste. Apresenta uma área de drenagem de 83.400 km² e extensão 853 km dos quais 86% ou 70.800 Km² pertencem ao Estado de Minas Gerais e o restante ao Espírito Santo. Abrange um total de 230 municípios dos quais, 208 encontra-se em território mineiro e 28 em áreas capixabas. Além disso, do total de municípios, 194 encontram-se totalmente dentro dos limites da bacia, enquanto os 36 restantes pertencem apenas parcialmente à região.

As nascentes do rio Doce situam-se no Estado de Minas Gerais, nas serras da Mantiqueira e do Espinhaço, suas águas percorrem cerca de 850 km, até atingir o oceano Atlântico, junto ao povoado de Regência, município de Linhares, no Estado do Espírito Santo.

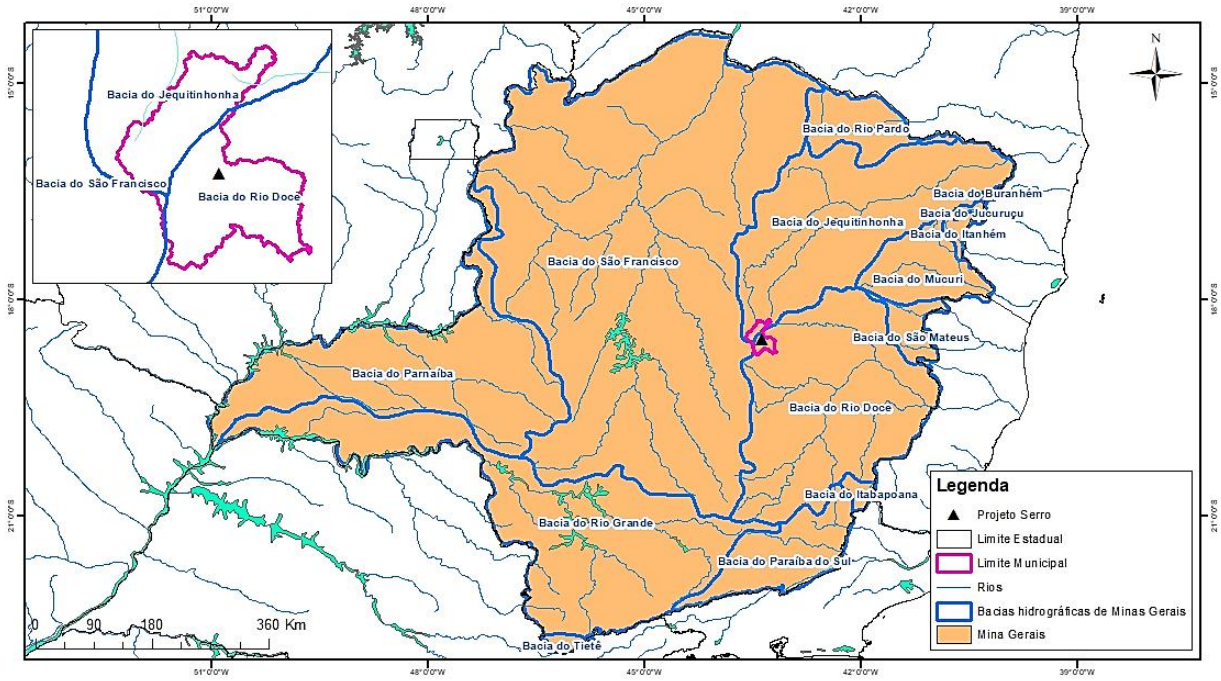



Figura 9-108 – Bacias Hidrográficas de Minas Gerais.

No que se refere aos aspectos físicos, o rio Doce é caracterizado como um extenso rio que penetra profundamente no planalto mineiro. Seu traçado a partir de sua formação reproduz mais ou menos a forma do litoral e, em Governador Valadares, o rio toma a direção leste a caminho do oceano. Este traçado do rio é explicado pelas características morfoestruturais variadas que ocorrem no interior da bacia podendo ser dividida em três Unidades Regionais: Alto, Médio e Baixo Rio Doce. (COELHO, 2007)[11].

A forma mais rotineiramente apresentada delimita como alto curso a drenagem desde as cabeceiras até a foz do rio Matipó; o médio da confluência desse rio até a divisa de MG/ES; e o baixo da divisa dos estados até a foz (Vieira, 2010).

11 COELHO, André L. N. Alterações Hidrogeomorfológicas no Médio-Baixo Rio Doce/ES 2007. 227 f. Tese de Doutorado (Universidade Federal Fluminense, Instituto de Geociências, Departamento de Geografia), Niterói, 2007

Em Minas Gerais, a bacia limita-se ao sul com a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, a sudoeste com a bacia do rio Grande, a oeste com a Bacia do Rio São Francisco, ao norte e noroeste com a Bacia do Rio Jequitinhonha.

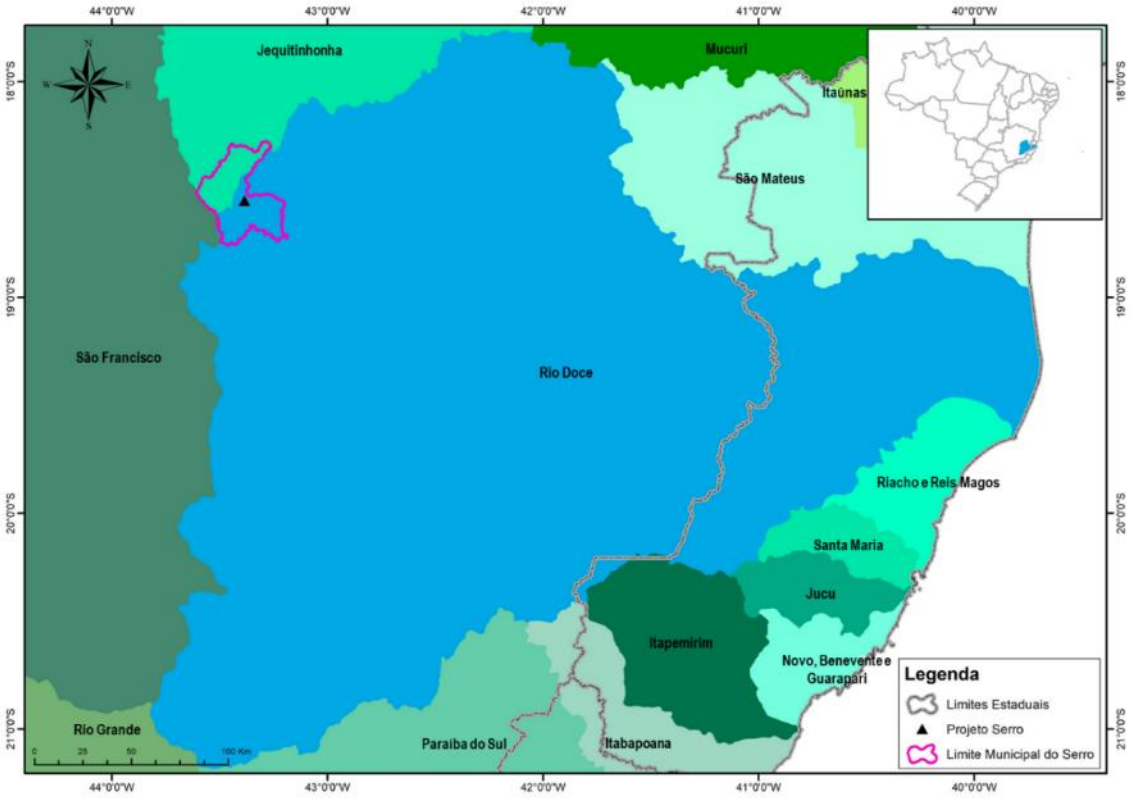



Figura 9-109 – Bacias adjacentes à bacia do Rio Doce.

Em Minas Gerais os principais afluentes da Bacia do Rio Doce, pela margem esquerda, são os rios Piracicaba, Santo Antônio, Corrente Grande e Suaçuí Grande e no Estado do Espírito Santo são os rios Pancas e São José. Já pela margem direita são os rios Casca, Matipó, Caratinga e Manhuaçu, estes em Minas Gerais, e o rio Guandu, Santa Joana e Santa Maria do Rio Doce, no Espírito Santo.

Tabela 9.42 – Principais afluentes da bacia do Rio Doce.

| Pela Margem Esquerda | Pela Margem Direita |
|---|---|
| Rio Carmo / MG (formadores da Bacia do Rio Doce) | Rio Piranga / MG (formadores da Bacia do Rio Doce) |
| Rio Piracicaba / MG | Rio Casca / MG |
| Rio Santo Antônio / MG | Rio Matipó / MG |
| Rio Corrente Grande / MG | Rio Caratinga / MG |
| Rio Suaçuí Grande / MG | Rio Manhuaçu / MG |
| Rio Pancas / ES | Rio Guandu / ES |
| Rio São José / ES | Rio Santa Joana / ES |
| | Rio Santa Maria do Rio Doce / ES |

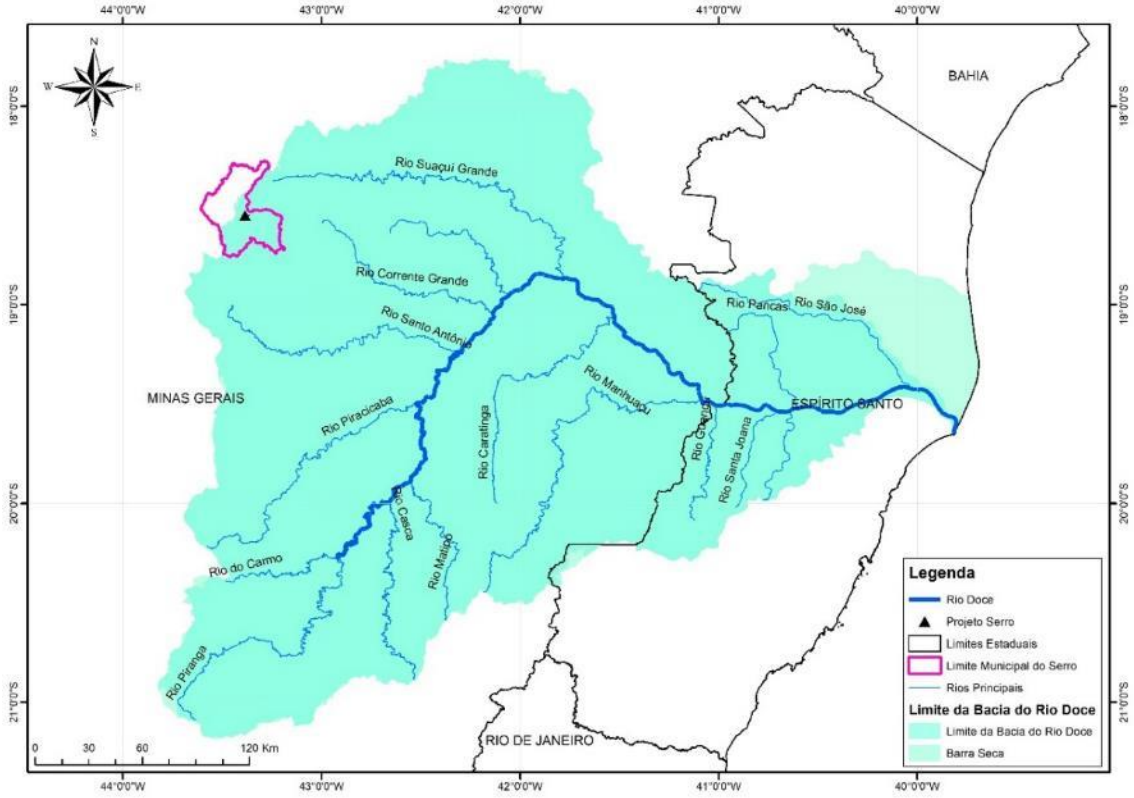



Figura 9-110 – Bacia Hidrográfica do rio Doce e seus principais afluentes.

A atividade econômica da Bacia do Rio Doce é bastante diversificada, destacando-se: a agropecuária, criação de gado leiteiro e de corte, a suinocultura, a agroindústria, a mineração, a indústria, o comércio e serviços de apoio aos complexos industriais; e a geração de energia elétrica. Na região encontra-se instalado o maior complexo siderúrgico da América Latina, e, associado a este, estão empresas de mineração e empresas reflorestadoras, que cultivam o eucalipto para fornecer matéria-prima para as indústrias de celulose.

O assoreamento é um dos grandes problemas que atinge a bacia, em especial o baixo curso do rio Doce, que recebe carga de sedimentos provenientes das áreas a montante. O desmatamento generalizado e o mau uso dos solos, sejam para a monocultura do eucalipto como para agricultura ou pastagem, tem conduzido a região a um intenso processo de erosão, cujos sedimentos resultantes tendem a assorear os cursos d'água. O problema da erosão é ainda agravado nas áreas em que as rochas e o solo têm em sua composição química, grandes concentrações de alumínio. O uso indiscriminado de agrotóxicos nas lavouras também contribui para a contaminação dos cursos d'água.

Outro fator que também contribui significativamente para os impactos nos cursos d'água é a crescente urbanização, principalmente pelo quase inexistente sistema de tratamento de esgotos. Além disso, o desmatamento indiscriminado e o manejo inadequado do solo criaram condições favoráveis à formação de processos erosivos, que somado aos despejos inadequados que nele ocorrem, deram origem ao contínuo processo de assoreamento e contaminação dos leitos dos rios da bacia. Ademais, algumas cidades ocuparam a planície de inundação dos rios e de tempos em tempos, períodos de chuva mais severos provocam o alagamento de parte destas planícies, trazendo graves prejuízos à região.

Além disso, o rio Doce sofreu sérios danos com rompimento da barragem de Fundão. Umas das ações para recuperação social e ambiental de toda área impactada foi a criação da Fundação Renova. Como tentativa para recuperação do rio a Fundação implementou o Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático (PMQQS), com duração de dez anos e faz um monitoramento extensivo e detalhado dos cursos d'água impactados, tornando o rio Doce o mais monitorado do Brasil atualmente.

As informações são armazenadas em um banco de dados, acessado por órgãos públicos que regulam e fiscalizam as águas do Brasil: Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e Agência Estadual de Recursos Hídricos do Espírito Santo.

Esse fato é positivo para o empreendimento em tela, tendo em vista que qualquer alteração físico-químico das características dos cursos d'água serão identificados rapidamente e ações implementadas, reduzido a gravidade do impacto.

Figura 9-111 – Pontos de monitoramento da Bacia do Rio Doce.
(Fonte: Fundação Renova, 2018).

Tabela 9.43 – Características Gerais da Bacia do Rio Doce.

| Bacia do Rio Doce | |
|---|---|
| Extensão do curso principal | Aprox. 850 km |
| N.º de municípios | 230 municípios |
| População na bacia Aprox. | 3.307.000 habitantes |
| Principais atividades econômicas | Mineração |
| | Siderurgia |
| | Silvicultura |
| | Agropecuária |
| Principais Problemas na Gestão de RH | Contaminação por esgotos domésticos |
| | Erosão |
| | Assoreamento |

Segundo o atlas "Biodiversidade em Minas Gerais – Um atlas para sua Conservação", a bacia do rio Doce ocupa a quarta posição quanto ao maior número de espécies de peixes, assim colocado após a

avaliação dos dados disponíveis em 1998 e 2004 sobre a composição da ictiofauna para as sete maiores bacias hidrográficas do Estado.

Tabela 9.44 – Riqueza de espécies de peixes nas maiores bacias hidrográficas de Minas Gerais.

| Bacia | Área (mil km²) | Riqueza em 1998 | Riqueza em 2004 |
|---|---|---|---|
| 1º - São Francisco | 634,0 | 170 | 173 |
| 2º - Paranaíba | 222,7 | 112 | 103 |
| 3º - Grande | 143,0 | 90 | 88 |
| **4º - Doce** | **82,0** | **77** | **64** |
| 5º - Paraíba do Sul | 57,0 | 59 | 55 |
| 6º - Mucuri | 15,1 | 44 | 51 |
| 7º - Jequitinhonha | 70,0 | 36 | 35 |

Fonte: Biodiversidade em Minas Gerais – Um atlas para sua conservação.

Sendo assim, dentro da Bacia são encontradas 6 áreas prioritárias para conservação de peixes. Destas, duas categorizadas como de importância especial, duas de importância muito alta e duas de importância alta, além de outras áreas prioritárias para conservação dos demais grupos biológicos.

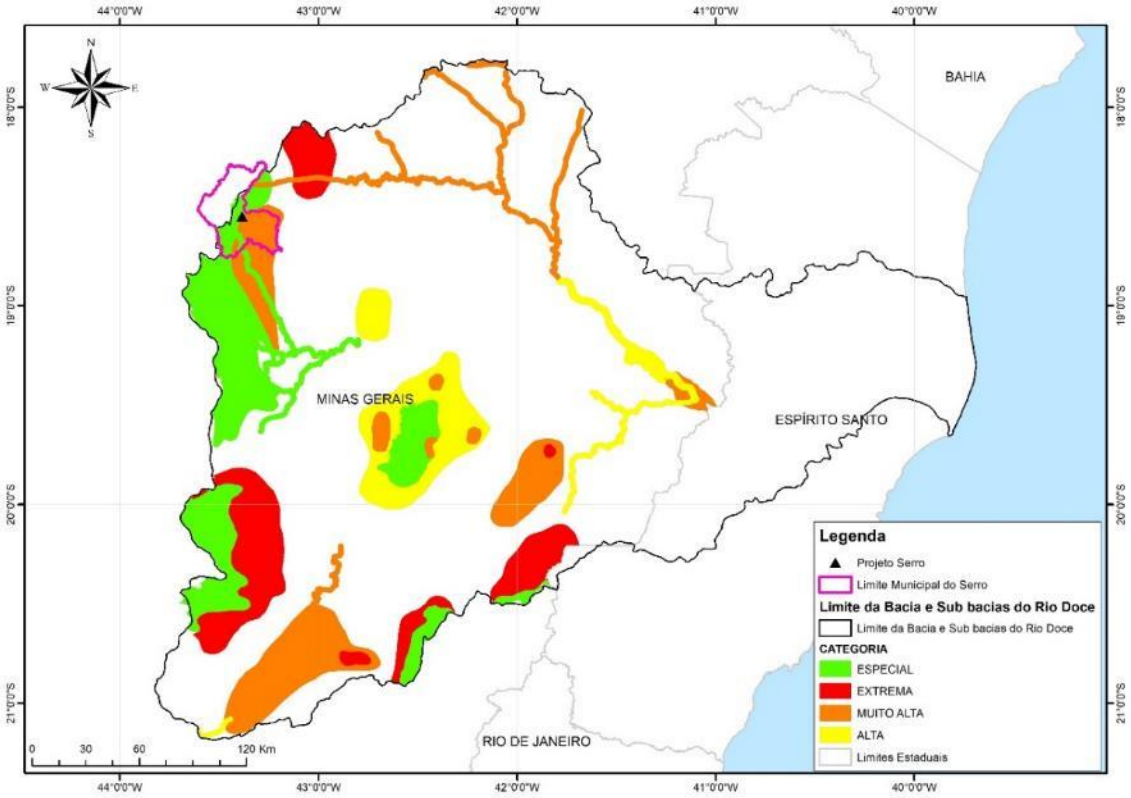



Figura 9-112 – Mapa síntese das áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade.

A área total de inserção das Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade é de aproximadamente 2.450.000 hectares ou cerca de 28% da bacia do rio Doce.

A Bacia do Rio Doce encontra-se inserida no bioma Mata Atlântica, formação vegetal que foi bastante impactadas no decorrer das últimas décadas.

Nela foram identificados basicamente três tipos climáticos: o tropical de altitude com chuvas de verão e verões frescos, presente nas vertentes das serras da Mantiqueira e do Espinhaço e nas nascentes do

rio Doce; tropical de altitude com chuvas de verão e verões quentes, presente nas nascentes de seus afluentes; e clima quente com chuvas de verão presente nos trechos médio e baixo do rio Doce e de seus afluentes.

O regime pluviométrico na bacia é caracterizado por dois períodos bem distintos. O período chuvoso que se estende de outubro a março, com maiores índices no mês de dezembro; e o período seco que se estende de abril a setembro, com estiagem mais crítica de junho a agosto. A precipitação média anual varia de 1500 mm, nas nascentes localizadas nas Serras da Mantiqueira e do Espinhaço, a 1.000 mm, na região da cidade de Aimorés/MG, voltando a crescer em direção ao litoral. As temperaturas médias anuais na bacia variam de 18º C em Barbacena, a 24,6º em Aimorés. O período mais quente compreende os meses de janeiro e fevereiro, enquanto, que as temperaturas mínimas ocorrem em junho e julho (PIRH Doce, 2010).

### 9.8.2 Comitês de Bacia Hidrográfica

A Lei Federal n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, conceitua Bacia Hidrográfica como uma unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Art. 1º, inc. V). Ressalva ainda que integram o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, os Conselhos de Recursos Hídricos do Estado e do Distrito Federal, os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos, as Agências de Água e os comitês de Bacias Hidrográficas (art. 33).

Para efeitos da Lei da Política Estadual de Recursos Hídricos (n.º 13.199, de 29 de janeiro de 1999), os comitês de Bacia Hidrográfica têm os seguintes territórios de atuação:

> *"Art. 35 – Os Comitês de bacia hidrográfica terão como território de atuação:*
>
> *a área total da bacia hidrográfica;*
>
> *a sub-bacia hidrográfica de tributário do curso de água municipal da bacia ou de território desse tributário;*
>
> *o grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas.*
>
> *Parágrafo único – Os comitês de bacia hidrográfica serão instituídos por ato do Governador do Estado."*

A Lei n.º 9.433/1997 relata em seu artigo 38 que os Comitês de Bacias Hidrográficas têm, entre outras, as atribuições de promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes; arbitrar, em primeira instância, os conflitos relacionados aos recursos hídricos; aprovar e acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da bacia; propor ao Conselho Nacional e aos Conselhos Estaduais as acumulações, derivações, captações e lançamentos de pouca expressão, para efeito de isenção da obrigatoriedade de outorga de direitos de uso de recursos hídricos, de acordo com os domínios destes; estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados; e estabelecer critérios e promover o rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo.

Com o objetivo de orientar as ações relacionadas à aplicação da Política Estadual de Recursos Hídricos, foram identificadas e definidas Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH). Essas unidades de planejamento, que são unidades físico-territoriais, identificadas dentro das bacias hidrográficas do Estado, apresentam uma identidade regional caracterizada por aspectos físicos, socioculturais, econômicos e político.

No Estado de Minas Gerais a Bacia do Rio Doce se divide em 6 Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH's), dotados de Comitês de Bacia já estruturados, conforme segue:

Tabela 9.45 – Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce.

| Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRHs) da Bacia do rio São Francisco em Minas Gerais | | |
|---|---|---|
| **Subdivisões da Bacia do Rio São Francisco** | **Comitê de Bacia Hidrográfica (Decreto de criação)** | **Estado** |
| CBH do Piranga | DO1 (Decreto n.º. 40929 de 16/02/2000) | MG |
| CBH do Piracicaba | DO2 (Decreto n.º. 43.101 de 16/02/2000) | MG |
| **CBH do Santo Antônio** | **DO3 (Decreto n.º. 42.595 de 23/05/2002)** | **MG** |
| CBH do Suaçuí | DO4 (Decreto n.º. 44.200 de 29/12/2005) | MG |
| CBH do Caratinga | DO5 (Decreto n.º. 40.591 de 13/09/1999) | MG |
| CBH do Manhuaçu | DO6 (Decreto n.º. 43.959 de 02/02/2005) | MG |

Tabela 9.46 – Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce – Características.

| Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRHs) da Bacia do rio São Francisco em Minas Gerais | | |
|---|---|---|
| **Subdivisões da Bacia do Rio São Francisco** | **Área de drenagem (Km²)** | **N.° de municípios com sede na Bacia** |
| CBH do Piranga | 17.571 | 69 |
| CBH do Piracicaba | 5.682 | 20 |
| **CBH do Santo Antônio** | **10.757** | **29** |
| CBH do Suaçuí | 21.558 | 48 |
| CBH do Caratinga | 6.678 | 22 |
| CBH do Manhuaçu | 9.191 | 28 |
| **TOTAL** | **71.437** | **216** |

Fonte: PIRH Doce.

Tabela 9.47 – Unidades de Análise da Bacia do Rio Doce no Estado de Minas Gerais.

| Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce em Minas Gerais | Subdivisões da Bacia | Área de drenagem (área da bacia em km²) | Total (km²) |
|---|---|---|---|
| UPGRH Piranga (DO1) | Bacia do rio Piranga | 6.606,57 | 17.571,37 |
| | Bacia do rio Casca | 2.510,63 | |
| | Bacia do rio do Carmo | 2.277,95 | |
| | Bacia do rio Matipó | 2.549,74 | |
| | Bacia Incremental Piranga (DO1) | 3.626,48 | |
| UPGRH Piracicaba (DO2) | Bacia do Piracicaba | 5.465,38 | 5.681,51 |
| | Bacia Incremental (DO2) | 216,13 | |
| **UPGRH Santo Antônio (DO3)** | Bacia do Santo Antônio | 10.429,46 | 10.756,89 |
| | Bacia Incremental (DO3) | 327,43 | |
| UPGRH Suaçuí (DO4) | Bacia do rio Suaçuí Grande | 12.412,99 | 21.555,33 |
| | Bacia do rio Suaçuí Pequeno | 1.719,39 | |
| | Bacia do rio Corrente Grande | 2.478,20 | |
| | Bacia Incremental Suaçuí (DO4) | 4.944,75 | |
| UPGRH Caratinga (DO5) | Bacia do rio Caratinga | 3.228,70 | 6.677,62 |
| | Bacia Incremental (DO5) | 3.448,92 | |
| UPGRH Manhuaçu (DO6) | Bacia do Manhuaçu | 8.826,37 | 9.189,06 |
| | Bacia Incremental (DO6) | 362,69 | |

### 9.8.3 Hidrografia Regional

A rede hidrográfica da região do Projeto Serro corresponde à média Bacia do Rio Doce, no contexto de um dos seus principais afluentes que escoam a partir de nascentes que vertem na Serra do Espinhaço.

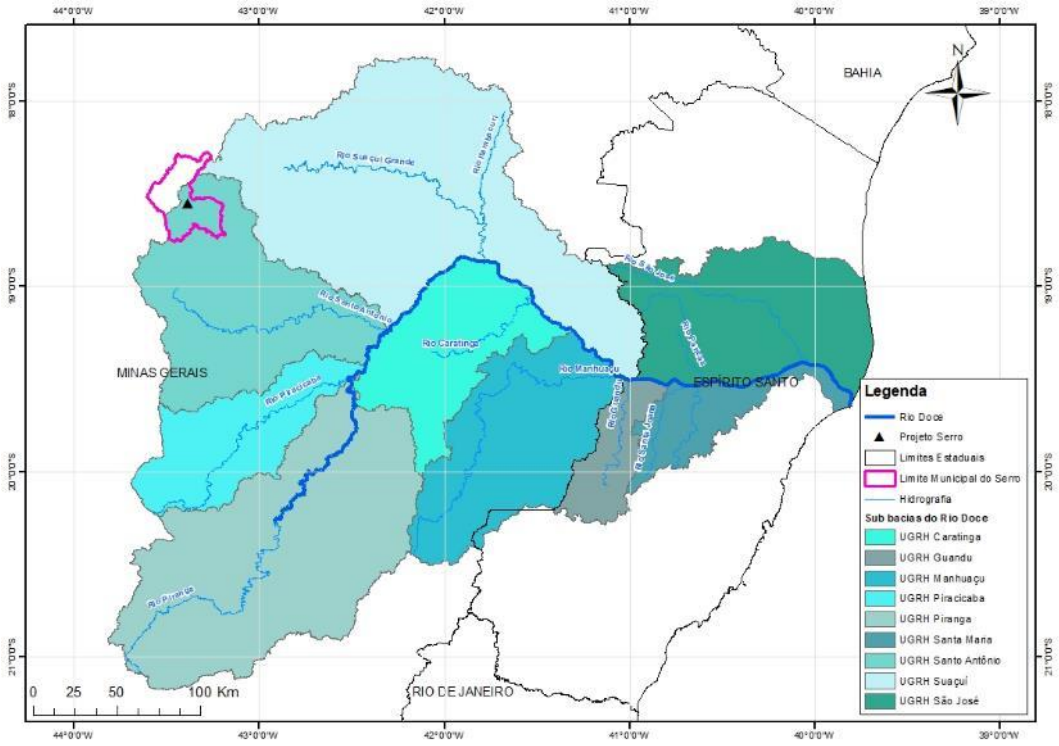



Figura 9-113 – Comitês das Bacias Hidrográficas do Rio Doce.

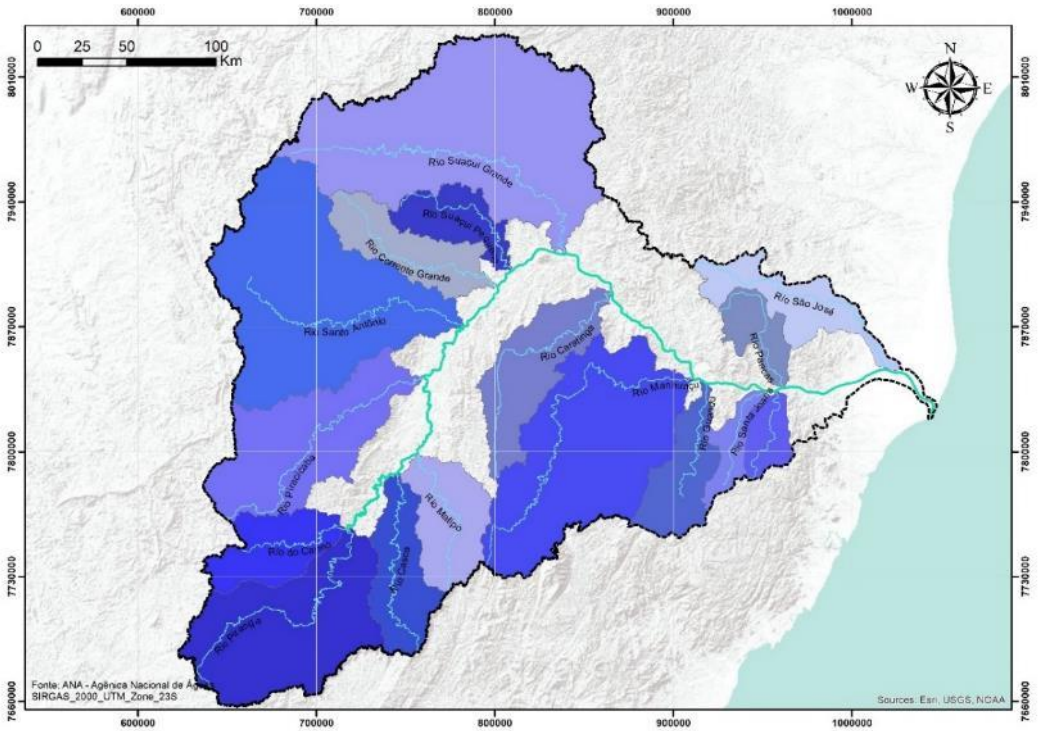



Figura 9-114 – Sub-bacias do Rio Doce.

A Bacia Hidrográfica Rio Santo Antônio faz parte da macrobacia do rio Doce e insere-se totalmente no Estado de Minas Gerais, na região do Vale do Rio Doce, ocupando uma área de 10.429,46 quilômetros quadrados (15,12% do território da bacia do Rio Doce). Os principais cursos d'água da sub-bacia do rio Santo Antônio são os rios Guanhães, do Peixe, localizados na margem direita, e os rios Tanque e Preto do Itambé, na margem esquerda do rio Santo Antônio.

O rio Santo Antônio nasce na Serra do Espinhaço no município de Conceição do Mato Dentro e percorre cerca de 280 quilômetros até desaguar no rio Doce, no município de Naque.

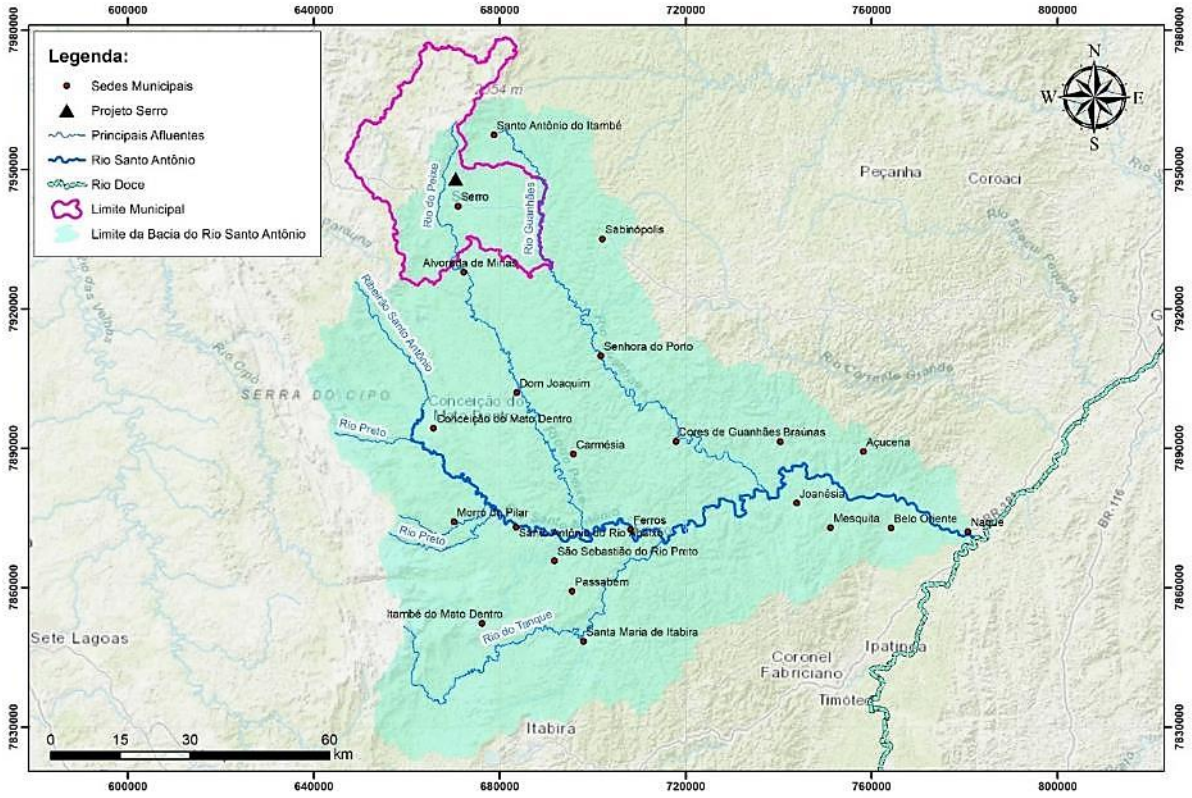



Figura 9-115 – Localização do empreendimento na bacia do rio Santo Antônio em Minas Gerais.

Localizada na Bacia do Médio Rio Doce, a Bacia do Rio Santo Antônio tem suas nascentes na área do Parque Municipal Natural Salão de Pedras. As nascentes estão localizadas na Serra do Espinhaço, no distrito de Santo Antônio do Cruzeiro, município de Conceição do Mato Dentro. Possui um conjunto expressivo de atividades econômicas (turismo, mineração de ferro, agricultura familiar etc.) com grau de impacto ambiental.

A Bacia do Rio Santo Antônio é rica em biodiversidade (fauna e flora). O Atlas da Biodiversidade de Minas Gerais considera esta bacia como área de importância biológica extrema, ressaltando a grande riqueza de peixes, especialmente no Alto Santo Antônio. Esta é considerada também uma das áreas prioritárias para a Conservação da Biodiversidade e para a investigação científica em Minas Gerais.

O Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) do Rio Santo Antônio, no qual o município de Serro está inserido, encontra-se em funcionamento. Segundo descrição do CBH-Santo Antônio, na economia, o setor de serviços responde por 44% do Produto Interno Bruto (PIB) da região, seguido do industrial, no qual se destacam a extração de minério de ferro pela Vale e Anglo American, principalmente nos municípios de Itabira e Conceição do Mato Dentro, e as indústrias de celulose, como a de Belo Oriente. Na agropecuária, as principais atividades são a pecuária e o cultivo de cana de açúcar, café e milho.

Apesar do que foi citado acima, a sub-bacia do Santo Antônio é uma das menos industrializadas e com uma dinâmica econômica menos ativa da Bacia do Rio Doce, junto com sub-bacia do Guandu, segundo relatório executivo do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (PIRH,2010)(https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2013/planoIntegradoDeRecursosHidricosDaBaciaHidrograficaDoRioDoce.pdf), coordenado pela Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (SPR), ligado a Agência Nacional de Águas (ANA). Dessa forma, o empreendimento em tela será positivo para incrementar e auxiliar o desenvolvimento econômico da região.

O rio Santo Antônio tem predominância de latossolos e cambissolos, na região das nascentes, tendo ao longo da maior parte de seu curso a ocorrência de latossolos e argilossolos e próximo a região onde o rio Santo Antônio deságua no rio Doce há ocorrência de argilossolos, cambissolos e nitossolos.

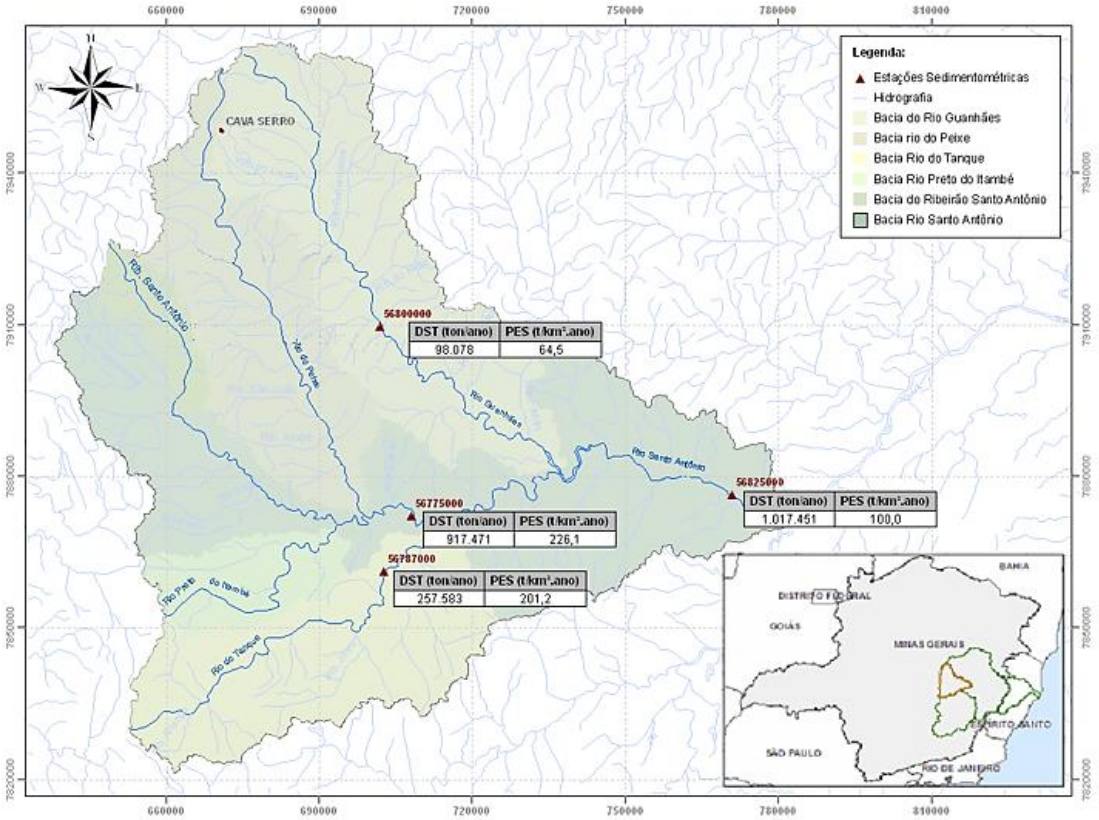



Figura 9-116 – Mapa com as estações sedimentológicas da sub-bacia do rio Santo Antônio.

As cabeceiras do rio Santo Antônio, afluente da margem esquerda do rio Doce, encontram-se nas vertentes retilíneas íngremes e extensos escarpamentos, com topos em torno de 1300 – 1500 m, que compõem um dos setores da conhecida Serra do Espinhaço. O outro setor é constituído predominantemente de cristas, picos com vales encaixados. A Serra do Espinhaço é uma unidade morfoestrutural que se caracteriza por um conjunto de relevos ruiniformes resultantes de processos de dissecação fluvial em rochas predominantemente quartzíticas do Super Grupo Espinhaço e do Grupo Macaúbas.

A maior parte da sub-bacia (99%) situa-se sobre os sistemas aquíferos fissurados, restando apenas 1% da unidade sobre sistemas aquíferos granulares. Os sistemas aquíferos fissurados distribuem-se conforme as litologias subjacentes: 77% sobre os sistemas aquíferos em rochas cristalinas, composto de rochas granitóides de composições diversas; 3% sobre os sistemas aquíferos fissurados xistosos; e 19% sobre sistemas aquíferos fissurados em quartzitos.

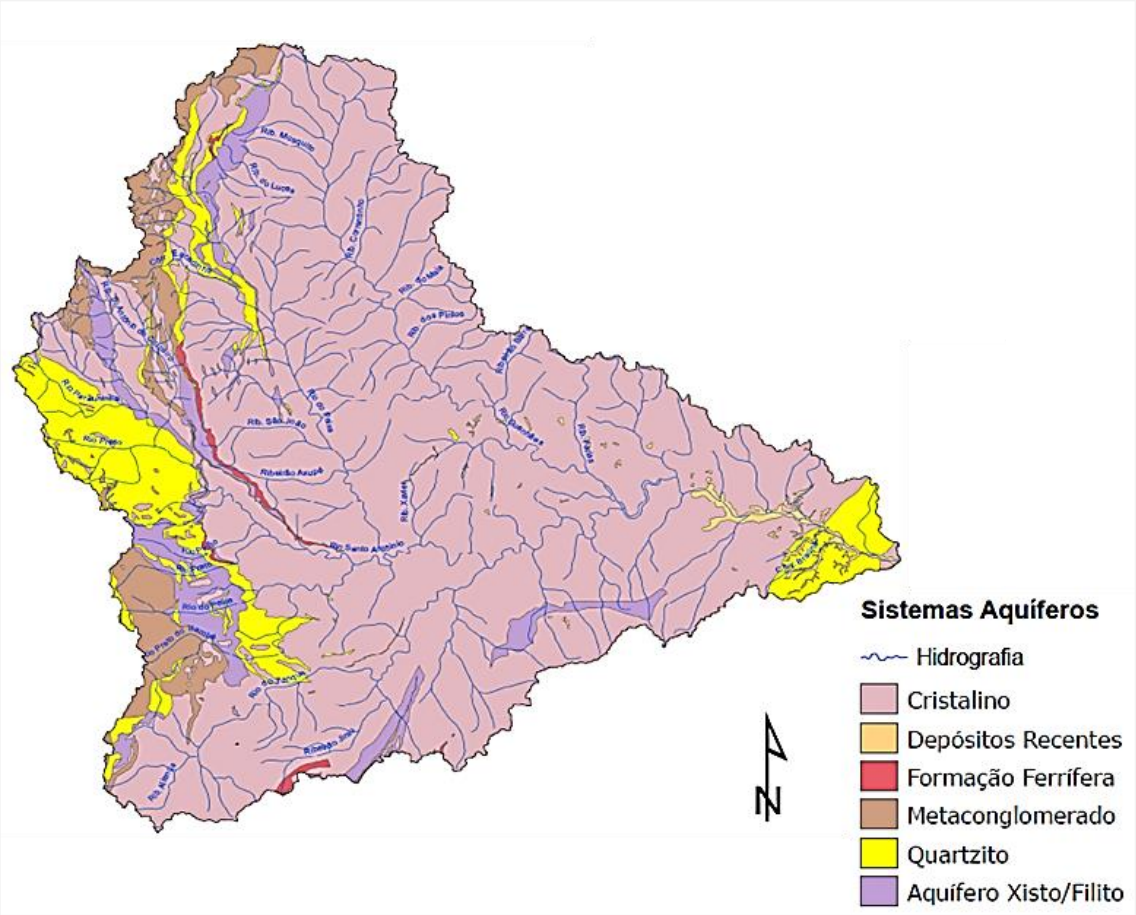



Figura 9-117 – Mapa hidrogeológico da sub-bacia do rio Santo Antônio.

A Sub-bacia do Rio Santo Antônio desenvolve-se sobre o bioma da Mata Atlântica, o qual representa um dos maiores repositórios de biodiversidade do planeta, e possui ainda parte de sua área sobre o bioma do Cerrado.

Em Conceição do Mato Dentro, onde nasce o rio Santo Antônio, o clima se apresenta com verões úmidos e quentes, tendo a primavera e o outono como estações de transição entre o verão e inverno e vice-versa, os invernos são secos e relativamente frios. Descendo o rio o clima, segundo o IBGE se caracteriza como tropical sub-quente semiúmido, passando pelas cidades de Ferros, Belo Oriente e Naque, onde o rio Santo Antonio se encontra e desagua no rio Doce.

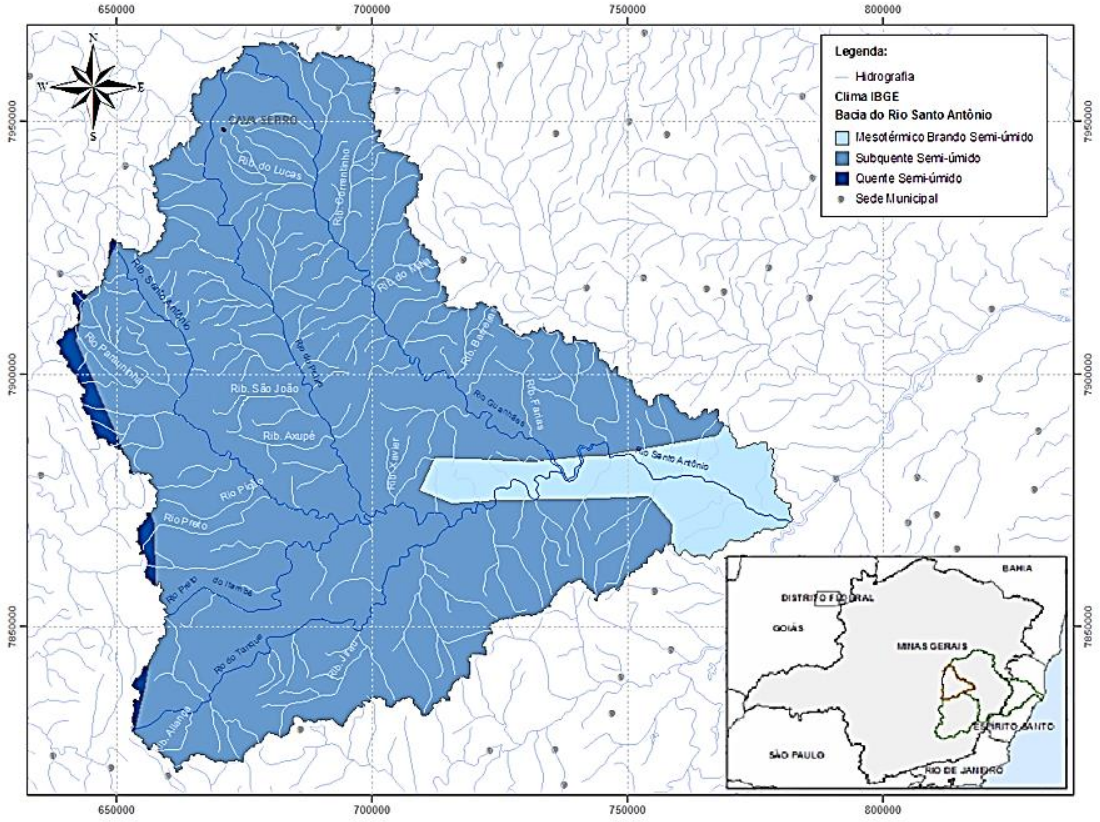



Figura 9-118 – Mapa climatológico da sub-bacia do rio Santo Antônio.

São 29 municípios (23 municípios com sede na bacia) que compõem a bacia: Açucena, Alvorada de Minas, Antônio Dias, Belo Oriente, Braúnas, Carmésia, Conceição do Mato Dentro, Congonhas do Norte, Dom Joaquim, Dores de Guanhães, Ferros, Guanhães, Itabira, Itambé do Mato Dentro, Joanésia, Materlândia, Mesquita, Morro do Pilar, Naque, Passabém, Sabinópolis, Santa Maria de Itabira, Santana do Paraíso, Santo Antônio do Itambé, Santo Antônio do Rio Abaixo, São Sebastião do Rio Preto, Senhora do Porto, Serra Azul de Minas e Serro.

A Bacia do Rio Santo Antônio possui, segundo o portal do IGAM[12], 181.421 mil habitantes, sendo 114.180 mil em zona urbana e 67.241 mil em zona rural, totalizando uma densidade populacional de 18,0 hab./km².

Em 2002 através do Decreto Estadual n.º 42.595, de 23 de maio deste ano, foi instituído o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio. O comitê tem como finalidade a promoção, no âmbito da gestão de recursos hídricos, a viabilização técnica e econômico-financeira de programas de investimento e consolidação de políticas de estruturação urbana e regional, visando o desenvolvimento sustentável da referida bacia hidrográfica.

O CBH-Santo Antônio tem como iniciativa a elaboração Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos Santo Antônio – PARH, sendo esta parte integrante do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce – PIRH Doce.

[12] Acesso em 14/12/2019 - http://comites.igam.mg.gov.br/conheca-a-bacia-do3

Ao final da elaboração do PIRH Doce, conclui-se como grandes temas da sub-bacia do rio Santo Antônio:

- A implantação de todas as estações de tratamento de esgotos, incluindo melhorias nas redes coletoras, das sedes urbanas existentes na UPGRH;
- A implantação de um sistema de coleta e disposição final de resíduos em todos os municípios com sede na UPGRH, acima listados, inclusive com unidades de triagem e compostagem;
- A implantação em todos os municípios com sede na Unidade de Análise (UA) de Planos Municipais de Saneamento, abordando as questões relacionadas ao abastecimento da água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana;
- A organização dos municípios para o enfrentamento da questão das enchentes e dos danos provocados por chuvas intensas;
- A consolidação de um processo organizado de re-naturalização de bacia, adotando princípios de controle da erosão, aumento da infiltração do uso do solo e recomposição de áreas de preservação permanente;
- O adensamento da malha de monitoramento da qualidade da água, de modo a verificar as condições ambientais dos recursos hídricos e a efetividade das ações adotadas.

### 9.8.4 Hidrografia Local

O empreendimento da Mineração Conemp Ltda. localiza-se no município de Serro – MG e os limites das poligonais são drenados pelas cabeceiras do Córrego Siqueira (processo ANM n.º 5.130/1956 e 831.516/2004) e cabeceiras do Córrego Teixeira (processo ANM n.º 831.516/2004), todos integrantes da bacia do Rio Guanhães que é um dos principais afluentes da margem esquerda do Rio Santo Antônio, que por sua vez é afluente da margem esquerda do Rio Doce. Todas as nascentes destas drenagens encontram-se em cotas localizadas nas baixas vertentes da serra, não sofrendo interferência direta com a ADA do empreendimento.

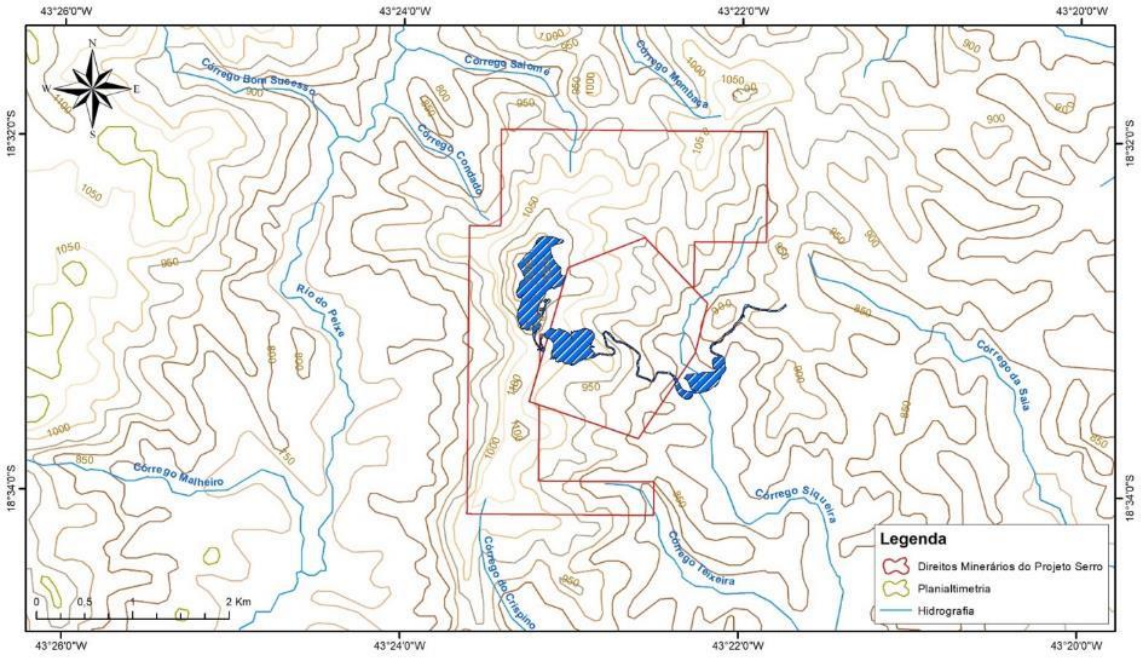



Figura 9-119 – Rede de Drenagens da região de inserção do processo (IBGE, 1977)

### 9.8.4.1 Nascentes

O conhecimento da hidrografia é de extrema importância no processo de caracterização da área de estudo do EIA para este empreendimento. A rede de drenagens, através do fluxo das águas, é capaz de conectar, e transportar materiais por longas distância. A conexão entre as estruturas do empreendimento e as drenagens consiste na possibilidade de carreamento de materiais advindos da atividade minerária para outras áreas externas ao empreendimento.

Visando a verificação da possibilidade destes impactos desta natureza, procurou-se identificar as nascentes das drenagens existentes no entorno do projeto, incluindo tanto a vertente E inserida na bacia do rio Guanhães, quanto a vertente W, inserida na bacia do rio do Peixe.

Neste levantamento foram identificadas 09 (nove) nascentes nas imediações do empreendimento. Avaliada a posição destas nascentes em relação as estruturas projetadas para o empreendimento verificou-se que não haverá nenhuma intervenção nos pontos das nascentes [13] e as interferências nos cursos d'água serão mínimos (travessias rodoviárias).

Tabela 9.48 – Nascentes cadastradas no entorno do empreendimento em 2018.

| Nascentes | Coordenadas UTM | |
|---|---|---|
| | E (m) | N (m) |
| NA-1 | 670349,50 | 7947347,52 |
| NA-2 | 671190,50 | 7947378,52 |
| NA-3 | 670413,50 | 7948182,52 |
| NA-4 | 671253,50 | 7948530,52 |
| NA-5 | 670732,50 | 7948722,52 |
| NA-6 | 670411,50 | 7948430,52 |
| NA-7 | 669448,23 | 7946863,04 |
| NA-8 | 669710,94 | 7947862,62 |
| NA-9 | 669413,84 | 7948024,89 |

[13] O traçado do plano diretor ponderou a proteção das APPs associadas à todas as nascentes identificadas durante as campanhas realizadas. Não há, assim, intervenção direta em áreas de APPs.

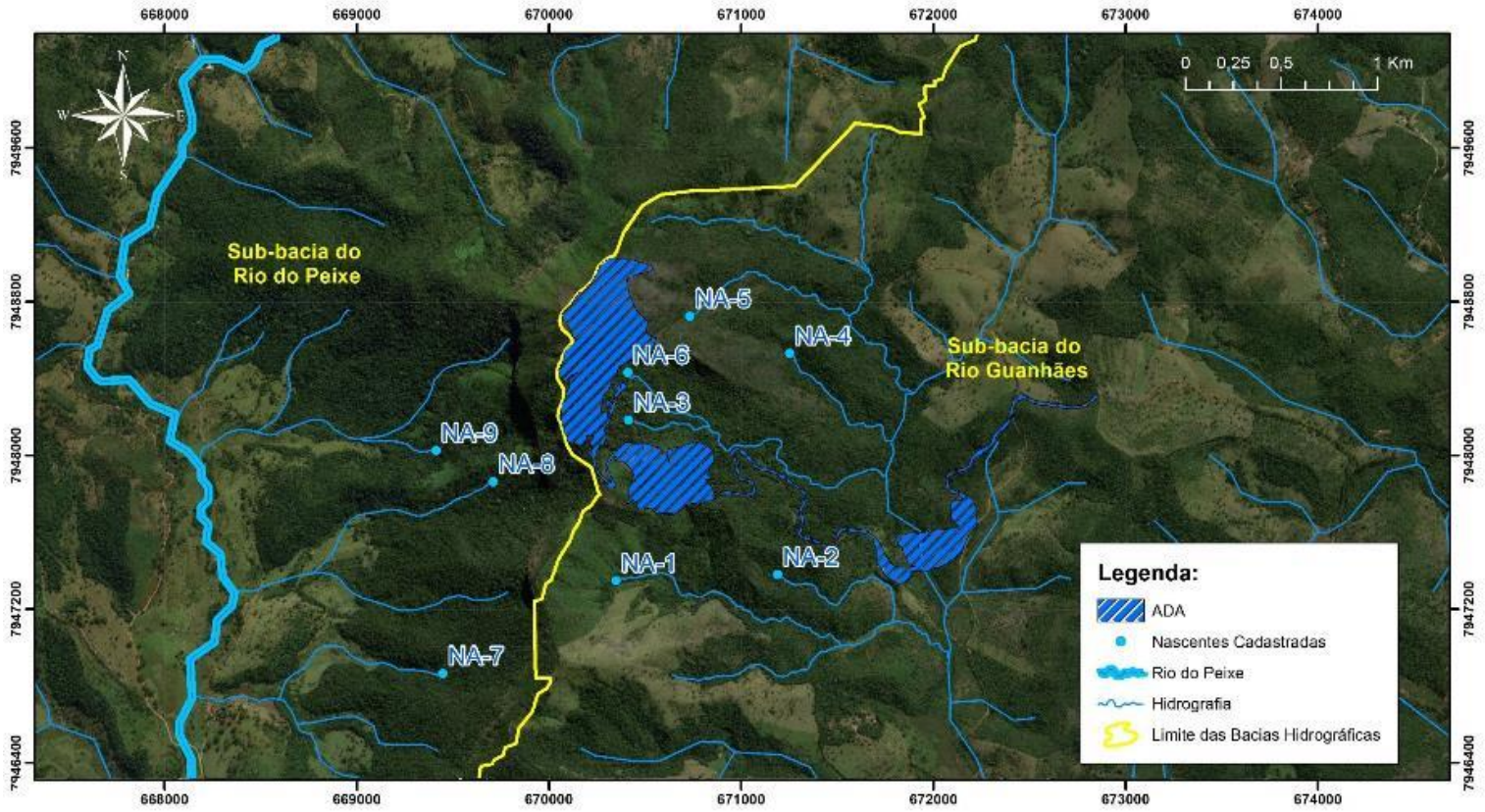



Figura 9-120 – Nascentes identificadas no entorno do empreendimento.

Como parâmetros adicionais das nascentes foram verificados sobretudo no que se refere a sua vazão. Além da avaliação da vazão destas nascentes/drenagens, o estudo permite avaliar o comportamento atual, e manter um registro do comportamento destas drenagens antes da implantação do empreendimento e após sua implantação/operação, verificando eventuais interferências não prognosticadas.

De forma adicional ao monitoramento da vazão nas nascentes/drenagens no entorno do empreendimento, incluiu-se na rede de monitoramento pontos nas demais drenagens existentes na região, as quais são relevantes para o entendimento do comportamento hídrico da região. Estes pontos permitem avaliar o comportamento destas drenagens nas áreas a montante e a jusante do empreendimento, permitindo verificar se ocorrem alterações no comportamento hídrico antes e após a implantação do empreendimento.

Esta rede de monitoramento conta com 19 pontos cadastrados e relacionados na tabela a seguir. No item seguinte, referente a caracterização qualitativa das águas superficiais encontra-se a ilustração da distribuição destes pontos no terreno.

Tabela 9.49 – Pontos de monitoramento.

| Item | Ponto de Monitoramento | Coordenadas UTM | | Cota (m) | Descrição do Ponto |
|---|---|---|---|---|---|
| | | E (m) | N (m) | | |
| 1 | HercS-HA-01 | 670593,52 | 7954331,54 | 776,48 | Rio do Peixe - Cabeceira |
| 2 | HercS-HA-02 | 667654,40 | 7948657,34 | 742,91 | Rio do Peixe |
| 3 | HercS-HA-03 | 688693,00 | 7938440,00 | 652,00 | Rio Guanhães |
| 4 | HercS-HA-04 | 668487,26 | 7947300,50 | 738,04 | Nascente W Serra Condado |
| 5 | HercS-HA-05 | 668221,32 | 7946963,60 | 738,70 | Rio do Peixe |
| 6 | HercS-HA-06 | 666998,98 | 7943507,73 | 730,47 | Rio do Peixe - Captação COPASA |
| 7 | HercS-HA-07 | 670809,00 | 7947255,00 | 900,78 | Afluente do Córrego Siqueira |
| 8 | HercS-HA-08 | 671218,29 | 7948029,63 | 930,49 | Afluente do Córrego Siqueira |
| 9 | HercS-HA-09 | 671396,17 | 7948382,39 | 897,53 | Afluente do Córrego Siqueira |
| 10 | HercS-HA-10 | 672049,00 | 7947081,00 | 786,00 | Córrego Siqueira |
| 11 | HercS-HA-11 | 672316,00 | 7948630,00 | 825,00 | Córrego Siqueira – Montante Projeto |
| 12 | HercS-HA-12 | 675245,00 | 7943474,00 | 714,00 | Córrego Siqueira |
| 13 | HercS-HA-16 | 672074,77 | 7940372,80 | 729,91 | Ribeirão do Lucas |
| 14 | HercS-HA-17 | 682339,00 | 7937317,00 | 662,00 | Ribeirão do Lucas |
| 15 | HercS-HA-18 | 677851,00 | 7939104,00 | 688,00 | Ribeirão do Lucas |
| 16 | HercS-HA-19 | 669284,02 | 7952382,97 | 774,68 | Rio do Peixe |
| 17 | HercS-HA-20 | 668816,18 | 7950778,81 | 772,00 | Rio do Peixe |
| 18 | HercS-HA-21 | 667726,68 | 7945534,27 | 729,81 | Rio do Peixe - Ponte Gilis |
| 19 | HercS-HA-22 | 668812,94 | 7938227,07 | 715,17 | Rio do Peixe |

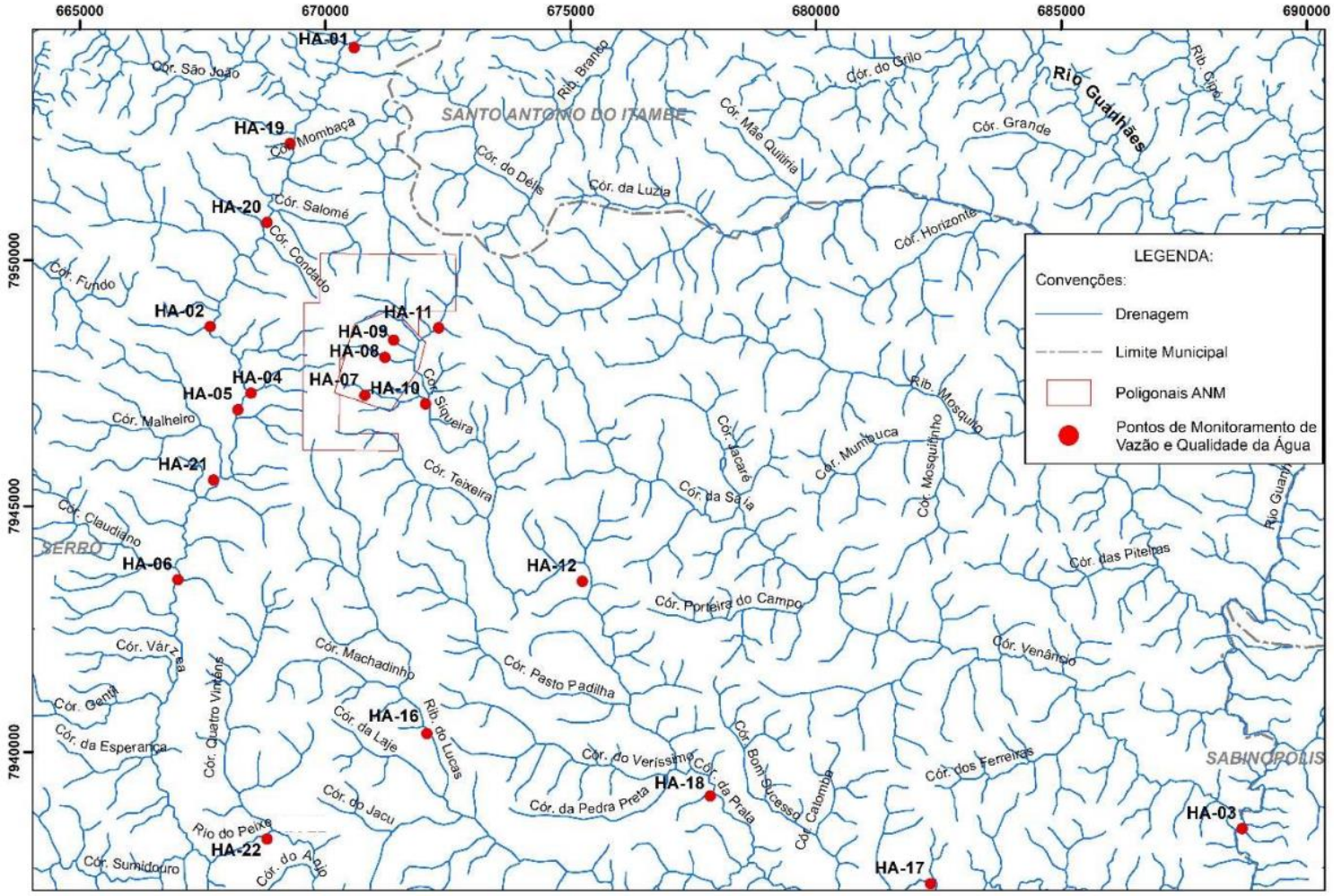



Figura 9-121 - Mapa de localização da rede fluviométrica.

Em função dos objetivos específicos deste trabalho de avaliação hidrogeológica da área de lavra e considerando as interrelações entre as águas subterrâneas e superficiais, serão aqui apresentados os resultados desta rede de monitoramento que subsidiam interpretações aplicadas a este estudo.

Assim, foram selecionados os pontos da rede fluviométrica (Tabela 9.50), para os quais foram calculados o rendimento específico no período de recessão (Tabela 9.51), em que o fluxo superficial é mantido pelas descargas subterrâneas naturais. É pertinente considerar nesta análise, que a base de dados, em que se pese confiável, é reduzida, devendo ser revista e complementada, à medida em que as medições sejam ampliadas, compondo uma série histórica mais consistente que reflita com maior precisão as oscilações climáticas.

Tabela 9.50 – Pontos da rede fluviométrica selecionados para avaliação hidrológica.

| Ponto | Descrição |
|---|---|
| HA-02 | RiodoPeixec/contribuições de afluentesquedrenama área nortedoprojeto |
| HA-04 | AfluentedoRiodoPeixe-relaçãodiretacomaáreaoestedoprojeto |
| HA-05 | RiodoPeixec/ contribuiçõesdeafluentesquedrenamas áreasnorteeoeste doprojeto |
| HA-06 | RiodoPeixe-CaptaçãoCOPASA,pontomaisajusantedeavaliaçãonestabacia |
| HA-07 | AfluenteCórregoSiqueira-relaçãodiretacomaárealestedoprojeto |
| HA-08 | AfluenteCórregoSiqueira-relaçãodiretacomaárealestedoprojeto |
| HA-09 | AfluenteCórregoSiqueira-relaçãodiretacomaárealestedoprojeto |
| HA-10 | CórregoSiqueirac/contribuiçõesdeafluentesque drenam a árealestedo projeto- jusante |
| HA-11 | CórregoSiqueirac/contribuiçõesdeafluentesque drenama árealestedoprojeto- montante |
| HA-12 | Córrego Siqueirac/contribuiçõesdeafluentesque drenam aárealestedoprojeto- jusante |
| HA-16 | RibeirãodoLucas c/ contribuiçõesdeafluentesquedrenamaáreasul doprojeto |
| HA-19 | Rio doPeixesem contribuiçõesde afluentes quedrenam aáreadeestudo |
| HA-20 | RiodoPeixec/contribuições de afluentesquedrenama área nortedoprojeto |
| HA-21 | RiodoPeixec/contribuições deafluentesquedrenama áreanorte eoestedoprojeto |

Tabela 9.51 -Cálculo dosrendimentosespecíficos.

| Estação | Medidas(l/s) | | Média | Áreadecontribuição | Rendimentoespecífico |
|---|---|---|---|---|---|
| | out/18 | ago/19 | (l/s) | (km²) | (l/s.km²) |
| HA-02 | 279,46 | 120,78 | 200,12 | 64,7 | 3,09 |
| HA-04 | 0,056 | ND | 0,056 | 1,12 | 0,05 |
| HA-05 | 340,64 | 119,26 | 229,95 | 70,5 | 3,26 |
| HA-06 | 269,03 | 124,41 | 196,72 | 94,11 | 2,09 |
| HA-07 | 0,67 | 1,2 | 0,935 | 0,69 | 1,36 |
| HA-08 | 1,17 | 1,88 | 1,525 | 0,6 | 2,54 |
| HA-09 | 0,85 | 0,41 | 0,63 | 0,21 | 3,00 |
| HA-10 | 27,2 | 28,84 | 28,02 | 8,11 | 3,45 |
| HA-11 | 5,85 | ND | 5,85 | 1,72 | 3,40 |
| HA-12 | 39,29 | 28,05 | 33,67 | 14,95 | 2,25 |
| HA-16 | 90,47 | 31,11 | 60,79 | 12,48 | 4,87 |
| HA-19 | 92,62 | ND | 92,62 | 40,22 | 2,30 |
| HA-20 | 71,3 | ND | 71,3 | 51,81 | 1,38 |
| HA-21 | 192,22 | ND | 192,22 | 74,16 | 2,59 |

Na tabela a seguir apresenta-se um sumário dos dados estatísticos dos rendimentos específicos (vazão específica dos deflúvios) das vazões fluviométricas, onde se observa os valores mais elevados de rendimento nos corpos hídricos afluentes do Rio Guanhães.

Tabela 9.52 – Dados estatísticos dos rendimentos específicos.

| Dados(L/s.km²) | Rio doPeixe | Rio Guanhães |
|---|---|---|
| Média | 2,10 | 3,00 |
| Erropadrão | 0,413 | 0,418 |
| Mediana | 2,30 | 3,00 |
| Desviopadrão | 1,093 | 1,106 |
| Mínimo | 0,05 | 1,36 |
| Máximo | 3,26 | 4,87 |

O mapa apresentado na figura a seguir tem o intuito de reproduzir as diferenças, segundo classes de vazão específica (rendimento específico – L/s.km²), entre as bacias de contribuição das estações de monitoramento. Destacam-se de modo inequívoco, as classes de valores extremos, ambas diretamente associadas à área de estudo, em que a menor magnitude de vazão específica correlaciona-se à vertente ocidental da serra (HA-04), e a maior,na vertente oriental (HA-16).

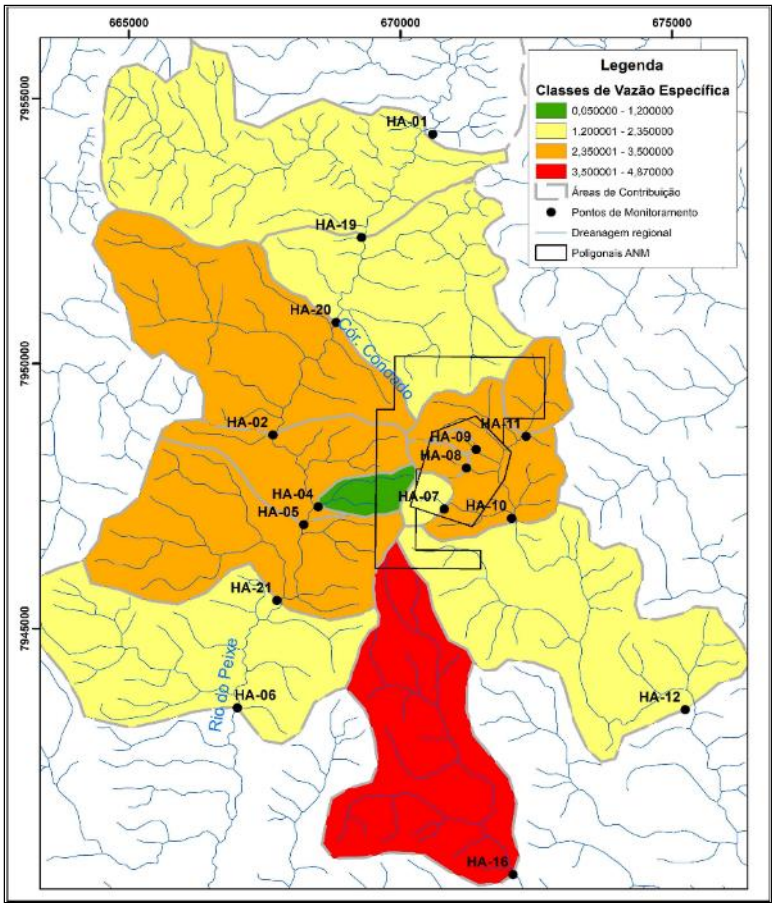



Figura 9-122 – Mapa de rendimento específico na recessão.

Áreas com vazões específicas enquadradas na terceira classe (2,35 a 3,5 L/s.km²) na sub-bacia do Rio do Peixe deve-se em parte aos poucos dados disponíveis, que mostram grandes amplitudes nas vazões de recessão, mas deve-se também a uma maior contribuição dos seus afluentes da margem direita, que tem vazões de recessão associadas às descargas da sequência quartzítica que sustenta a Serra da Boa Vista.

Como a seguir apresentado e a exemplo do ponto HA-04, os afluentes da margem esquerda, com traçados mais curtos, que drenam os contrafortes de escarpa da Serra do Condado, tem vazões perenes muito reduzidas, constituindo-se, na maioria das vezes, drenagens intermitentes.

Segundo o inventário de nascentes no entorno da área do projeto de setembro/2018, realizado pela Geomil, foram cadastrados 09 (nove) pontos (tabela abaixo), onde as vazões não informadas indicam regiões secas ou com pequena umidade,de baixo fluxo, com vazão insignificante.

Tabela 9.53 – Nascentes cadastradas em set/2018.

| Nascentes | CoordenadasUTM | | Vazão |
|---|---|---|---|
| | E(m) | N(m) | ($m^3$/h) |
| NA-1 | 670349,50 | 7947347,52 | 2,41 |
| NA-2 | 671190,50 | 7947378,52 | - |
| NA-3 | 670413,50 | 7948182,52 | 4,23 |
| NA-4 | 671253,50 | 7948530,52 | 3,06 |
| NA-5 | 670732,50 | 7948722,52 | - |
| NA-6 | 670411,50 | 7948430,52 | 4,23 |
| NA-7 | 669448,23 | 7946863,04 | - |
| NA-8 | 669710,94 | 7947862,62 | 0,2 |
| NA-9 | 669413,84 | 7948024,89 | - |

Em março/2020, em período significativamente chuvoso, estes pontos foram revisitados na campanha de coleta de amostras para análises hidroquímicas e isotópicas, quando se constatou a presença de outros pontos de surgência e/ou ocorrência deslocada das nascentes em seus respectivos talvegues,em relação ao primeiro inventário (Tabela 9.54).

Tabela 9.54 – Nascentes cadastradas em mar/2020.

| Ponto | UTM E | UTM N | Vazão(m³/h) |
|---|---|---|---|
| NA-1 | 670310 | 7947311 | 12,5 |
| NA-3 | 670480 | 7948317 | 4,0 |
| NA-4 | 671377 | 7948383 | 1,7 |
| NA-5 | 670712 | 7948715 | 1,2 |
| NA-8 | 670100 | 7947878 | 2,5 |
| NA-9 | 669403 | 7948016 | 3,6 |
| NA-10 | 669185 | 7948060 | 1,0 |
| NA-22 | 670572 | 7948907 | 2,6 |
| NA-23 | 670660 | 7948691 | NM |
| NA-25 | 670424 | 7948390 | NM |
| NA-27 | 670075 | 7947296 | NM |

NM–Não medido

A Figura 9-123 apresentada a seguir exibe a localização de todas as nascentes inventariadas no presente diagnóstico, nas campanhas realizadas em 2018 e 2020.

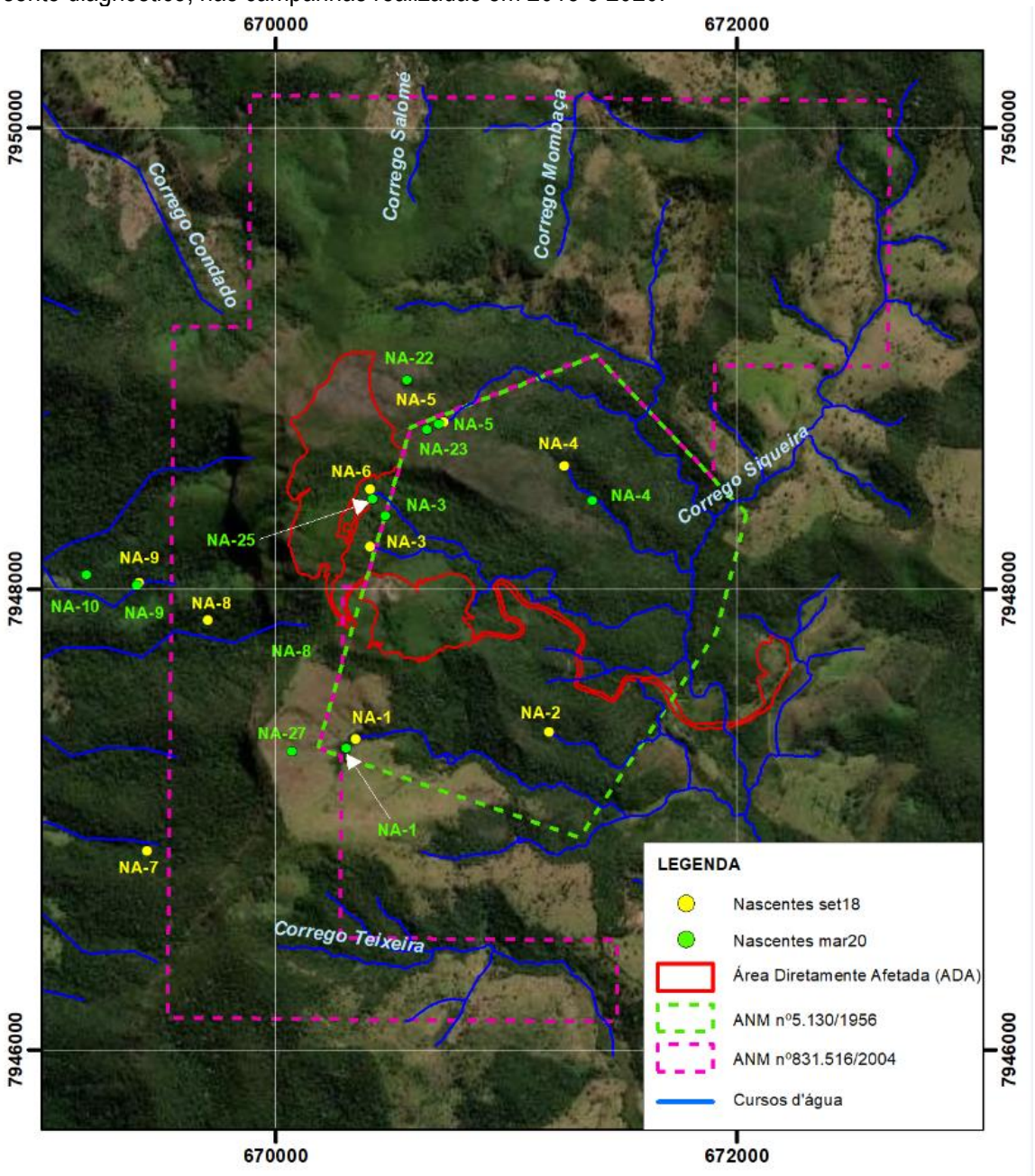



Figura 9-123 – Mapa de localização das nascentes inventariadas.

### 9.8.5 Nascentes Inseridas na ADA

Avaliada a posição destas nascentes em relação às estruturas projetadas para o empreendimento, verifica-se que nenhuma destas estruturas interferirá diretamente nas nascentes situadas no contraforte ocidental da Serra do Condado, contribuintes para o fluxo de base do Rio do Peixe e que as interferências nos cursos d'água serão mínimas, atribuídas unicamente às travessias rodoviárias.

Tabela 9.55 – Distâncias das Nascentes Até a ADA.

| Nascente | E | N | Distância até a ADA (m) |
|---|---|---|---|
| NA-1 | 670310 | 7947311 | 449 |
| NA-3 | 670480 | 7948317 | 76 |
| NA-4 | 671377 | 7948383 | 504 |
| NA-5 | 670712 | 7948715 | 198 |
| NA-8 | 670100 | 7947878 | 145 |
| NA-9 | 669403 | 7948016 | 685 |
| NA-10 | 669185 | 7948060 | 884 |
| NA-22 | 670572 | 7948907 | 164 |
| NA-23 | 670660 | 7948691 | 143 |
| NA-25 | 670424 | 7948390 | 31 |
| NA-27 | 670075 | 7947296 | 556 |

De todo modo, a empresa passou a monitorar de forma sistemática as vazões em todas as nascentes identificadas, que segue sem andamente. A planilha as mediações realizadas até março de 2021 encontra-se na Tabela 9.61.

Tabela 9.56 – Planilha contendo as medições de vazões realizadas nas nascentes nas AEL e AER do EIA do empreendimento.

| Codigo | Descricao | E | N | Z | 10_2018 m³-h | 01_2019 m³-h | 05_2019 m³-h | 08_2019 m³-h | 12_2019 m³-h | 03_2020 m³-h | 08_2020 m³-h | 03_2021 m³-h |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **HercS-HA-01** | Rio do Peixe - Cabeceira | 670594 | 7954332 | 776 | 282,3 | 454,9 | 316,3 | 180,6 | 560,7 | 2197,2 | 715,8 | 1131,3 |
| **HercS-HA-02** | Rio do Peixe | 667654 | 7948657 | 743 | 1006,0 | 472,3 | 462,4 | 434,8 | 890,0 | 4002,1 | 1187,7 | 2245,3 |
| **HercS-HA-03** | Rio Guanhães | 688693 | 7938440 | 652 | 4131,9 | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| **HercS-HA-04** | Nascente W Serra Condado | 668487 | 7947300 | 738 | 2,0 | NP | NP | NP | NP | NP | 38,5 | 87,5 |
| **HercS-HA-05** | Rio do Peixe | 668221 | 7946964 | 739 | 1226,3 | 747,3 | 485,4 | 429,3 | 1018,6 | ND | 1205,2 | 2226,0 |
| **HercS-HA-06** | Rio do Peixe - Captação COPASA | 666999 | 7943508 | 730 | 968,5 | 1418,2 | 591,2 | 447,9 | 2235,1 | ND | 1908,0 | 4038,7 |
| **HercS-HA-07** | Nascente Córrego Siqueira | 670809 | 7947255 | 901 | 24,1 | ND | 43,4 | 43,4 | 30,9 | 331,5 | 24,1 | 298,7 |
| **HercS-HA-08** | Nascente Córrego Siqueira | 671218 | 7948030 | 930 | 42,2 | ND | 81,6 | 67,8 | 62,6 | 53,2 | 42,2 | 27,4 |
| **HercS-HA-09** | Nascente Córrego Siqueira | 671396 | 7948382 | 898 | 30,6 | ND | NP | 14,6 | 14,5 | ND | 30,6 | 16,4 |
| **HercS-HA-10** | Córrego Siqueira | 672049 | 7947081 | 786 | 98,0 | 67,6 | 52,2 | 103,8 | 74,7 | 213,0 | 118,2 | 194,8 |
| **HercS-HA-11** | Córrego Siqueira - Mont. Futuro Empreendimento | 672316 | 7948630 | 825 | 21,0 | NP | NP | NP | NP | 84,8 | 49,3 | 44,3 |
| **HercS-HA-12** | Córrego Siqueira | 675245 | 7943474 | 714 | 141,5 | 184,3 | 133,8 | 101,0 | 297,1 | 1510,8 | 482,4 | 725,2 |
| **HercS-HA-16** | Ribeirão do Lucas | 672075 | 7940373 | 730 | 325,7 | ND | 186,8 | 112,0 | 224,8 | 1276,5 | 407,9 | 333,7 |
| **HercS-HA-17** | Ribeirão do Lucas | 682339 | 7937317 | 662 | 2704,9 | ND | 685,9 | 469,3 | 2149,9 | ND | 2584,0 | 3231,2 |
| **HercS-HA-18** | Córrego da Prata | 677851 | 7939104 | 688 | 1238,9 | 455,6 | 316,1 | 134,8 | 658,1 | ND | 905,6 | 1390,8 |
| **HercS-HA-19** | Rio do Peixe | 669284 | 7952383 | 775 | 333,4 | 676,4 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| **HercS-HA-20** | Rio do Peixe | 668816 | 7950779 | 772 | 256,7 | 661,7 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| **HercS-HA-21** | Rio do Peixe - Ponte Gilis | 667727 | 7945534 | 730 | 692,0 | 947,7 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| **HercS-HA-22** | Rio do Peixe | 668813 | 7938227 | 715 | 1445,9 | 3441,9 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |

### 9.8.5.1 Interferência na Bacia Hidrográfica do Rio Guanhães

Ressalta-se que as áreas onde serão inseridas as utilidades do empreendimento (áreas operacionais e de apoio) estão inseridos em terrenos que compreendem a bacia de afluentes do rio Guanhães, e consequentemente estão inseridas na bacia deste rio.

Embora tenha proximidade com os terrenos pertencentes a Bacia do Rio do Peixe, a escarpa serrana onde encontram-se as utilidades, possui declividade totalmente voltada para o interior da Bacia do Rio Guanhães. O pit de lavra operacional que possui maior proximidade com a Bacia do Rio do Peixe, possui perfil em cava. Dessa forma toda a drenagem pluvial fica contida em seu interior, sendo direcionada para os níveis inferiores, os quais estão localizadas exclusivamente dentro da Bacia do Rio Guanhães.

Assim, todas as influências relacionadas ao regime e meio hídrico superficial serão totalmente relacionadas a Bacia do Rio Guanhães, estando a Bacia do Rio do Peixe livre destas influências, e mantendo seu regime hídrico superficial sem alterações. Isso pode ser visto na figura a seguir em cotas,demostrando a posição do projeto no interior da Bacia do Rio Guanhães, nas quais as interferências físicas na hidrografia são condicionadas a declividade desta bacia.

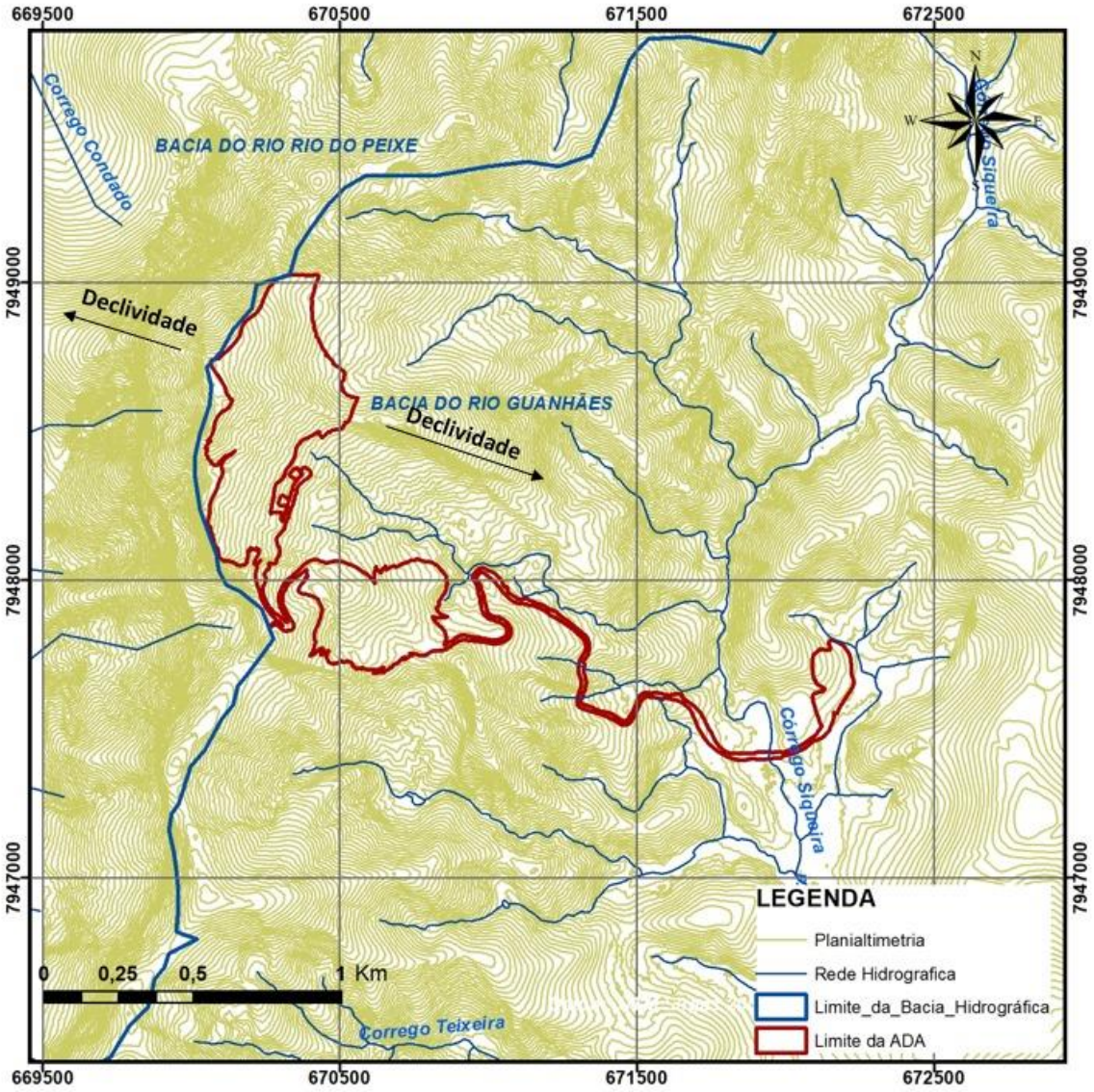



Figura 9-124 – Posição do projeto no interior da Bacia do Rio Guanhães.

### 9.8.5.2 Captação de Água para Consumo das Comunidades de Serro

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Município de Serro – MG, de janeiro de 2016, e informações encontradas no convênio entre a Prefeitura do Serro e a COPASA Serviços de Saneamento Integrado do Norte e Nordeste de Minas Gerais (COPANOR), o município de Serro possui 07 Sistemas de Abastecimento de Água (SAA):

- 01 SAA é de responsabilidade da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), cuja concessão dos serviços foi instituída pela Lei n.º 196, de 20 de fevereiro de 1974;
- 02 SAA's a COPANOR é responsável e opera os sistemas do Distrito de Pedro Lessa e Milho Verde;
- 03 SAA's a Prefeitura Municipal de Serro opera, mas já possui convênio assinado com a COPANOR. São os sistemas dos distritos de Capivari, Três Barras e São Gonçalo do Rio das Pedras;
- 01 SAA é de responsabilidade e operada pela Prefeitura Municipal de Serro, trata-se do sistema do distrito de Deputado Augusto Clementino.

A área rural do município conta com captação própria das residências, sendo as mesmas com predominância de captação subterrânea, não havendo reservação coletiva.

A estimativa de consumo per capita médio na sede do município, segundo o PMSB, é de aproximadamente 125 L/hab/dia, número abaixo do que a média mundial estimada pela Organização Mundial de Saúde – OMS (2013), que é de 150 L/hab/dia.

A captação superficial do município do Serro é realizada no rio do Peixe, localizado na sub-bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, bacia hidrográfica do rio Doce, localizada na BR 259, km 411, sentido ao Distrito de Pedro Lessa, com uma vazão de 36,0 L/s, segundo o plano da COPASA. O processo de captação é realizado por meio de uma balsa flutuante. Conforme dito anteriormente, a bacia do rio do Peixe está livre da influência do Projeto Serro, mantendo seu regime hídrico superficial sem alterações.

Outras captações foram implantadas para abastecimentos das comunidades e distritos do Município de Serro, na tabela a seguir foi levantada uma relação de pontos de captação que atende a população urbana e rural de Serro.

Na Figura 9-125 é possível observar a localização de cada captação em relação ao Projeto Serro e demonstra que todas estão localizadas na Sub-bacia do rio do Peixe e na bacia do rio Jequitinhonha. Nenhuma destas captações está inserida na AEL do empreendimento. No Volume V é apresentada a avaliação de impactos, não havendo sido prognosticado, antecipa-se, impacto nestes mananciais.

Quanto às captações individuais da população rural ou pequenas comunidades, estas são sistemas individuais de captação através de poços, cisternas ou canalizados de forma direta das nascentes. Não possui abastecimento público de água. A cava, assim como as demais atividades do projeto não promoverão qualquer interferência na dinâmica das águas subterrâneas.

Tabela 9.57 – Captações de água para abastecimento de comunidades no Serro[14].

| Captação | Nome | Gestor | Tipo de Captação | Local de Captação | LATITUDE (SUL) | LONGITUDE (Oeste) | Abastecimento | Tipo de tratamento | Vazão Média Manancial (L/s) | Vazão Utilizada (L/s) | Vazão Outorgada (L/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ETA - Sede | COPASA | Superficial | Rio do Peixe (balsa flutuante) | 18° 35m 32,34s | 43° 25m 1,68s | Sede Municipal do Serro | Convencional | 826,87 | 36 | 36 |
| 2 | São Gonçalo do Rio das Pedras | COPANOR / Prefeitura Municipal de Serro | Superficial | 4 km do distrito, sentido Milho Verde, em uma APP | 18° 26m 23,81s | 43° 28m 35,82s | Distrito de São Gonçalo do Rio das Pedras | Não há | 8,6 | Não tem controle | Não possui |
| 3 | São Gonçalo do Rio das Pedras | COPANOR / Prefeitura Municipal de Serro | Subterrâneo | Poço Artesiano (Praça João Pinheiro) | 18° 25m 4,19s | 43° 29m 45,3s | Distrito de São Gonçalo do Rio das Pedras | Não há | Sem informação | Não tem controle | Não possui |
| 4 | São Gonçalo do Rio das Pedras | COPANOR / Prefeitura Municipal de Serro | Subterrâneo | Poço Artesiano (Sítio Córrego da Cruz) | 18° 24m 32s | 43° 29m 36s | Distrito de São Gonçalo do Rio das Pedras | Sem informação | Sem informação | Sem informação | Sem informação |
| 5 | Milho Verde | COPANOR (COPASA) | Subterrâneo | Poço Artesiano E-01 | 18° 27m 48,48s | 43° 29m 36,18s | Distrito Milho Verde | Casa de cloração | 5,7 | Não tem controle | Não possui |
| 6 | Milho Verde | COPANOR (COPASA) | Subterrâneo | Poço Artesiano E-02 | Sem informação | Sem informação | Distrito Milho Verde | Casa de cloração | 2,78 | Não tem controle | Não possui |

[14] Fontes:
Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Município de Serro – MG, janeiro de 2016, elaborado pela Prefeitura Municipal de Serro;
Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea – Vale do Jequitinhonha, 2005, elaborado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM
Relatório de Fiscalização Serviços de Abastecimento de Água dos distritos de Milho Verde, São Gonçalo do Rio das Pedras, Pedro Lessa, Capivari e Três Barras, agosto de 2016, elaborado pela Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais

| Captação | Nome | Gestor | Tipo de Captação | Local de Captação | LATITUDE (SUL) | LONGITUDE (Oeste) | Abastecimento | Tipo de tratamento | Vazão Média Manancial (L/s) | Vazão Utilizada (L/s) | Vazão Outorgada (L/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | (Moinho) | | | | | | | |
| 7 | Milho Verde - Águas da Serra | Prefeitura Municipal de Serro | Superficial | Antiga captação conhecida como "Águas da Serra" | Sem informação | Sem informação | Distrito Milho Verde | Sem informação | Sem informação | Sem informação | Sem informação |
| 8 | Três Barras | COPANOR / Prefeitura Municipal de Serro | Subterrâneo | Poço Artesiano | 18° 30m 40,5s | 43° 27m 58,32s | Distrito de Três Barras | Não há | 3,72 | Não tem controle | Não possui |
| 9 | Pedro Lessa | COPANOR (COPASA) | Subterrâneo | Poço Artesiano - C-01 | 18° 33m 36s | 43° 31m 35s | Distrito de Pedro Lessa | Não há | 25,76 | 1,8 a 2,7 | Não possui |
| 10 | Deputado Augusto Clementino | Prefeitura Municipal de Serro | Superficial | Manancial de água vindo de nascente a 1,5 km do centro do distrito | 18° 44m 25,56s | 43° 26m 13,32s | Distrito Deputado Augusto Clementino | Não há | 71,15 | 0,8 | Não possui |
| 11 | Deputado Augusto Clementino | Prefeitura Municipal de Serro | Subterrâneo | Poço Artesiano (Joaquim Gomes de Carvalho) | 18° 41m 30s | 43° 26m 16s | Distrito Deputado Augusto Clementino | Sem informação | Sem informação | Sem informação | Sem informação |
| 12 | Deputado Augusto Clementino | Prefeitura Municipal de Serro | Subterrâneo | Poço Artesiano (José da Farmácia) | 18° 41m 39s | 43° 26m 50s | Distrito Deputado Augusto Clementino | Sem informação | Sem informação | Sem informação | Sem informação |

| Captação | Nome | Gestor | Tipo de Captação | Local de Captação | LATITUDE (SUL) | LONGITUDE (Oeste) | Abastecimento | Tipo de tratamento | Vazão Média Manancial (L/s) | Vazão Utilizada (L/s) | Vazão Outorgada (L/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 | Capivari | COPANOR / Prefeitura Municipal de Serro | Sem informação | Sem informação | Sem informação | Sem informação | Distrito de Capivari | Sem informação | Sem informação | Sem informação | Sem informação |
| 14 | Comunidade Rural Lucas | Não possui abastecimento público de água. | Superficial ou Subterrânea | Sistemas individuais de captação através de poços, cisternas ou canalizados de forma direta das nascentes. | Diversos | Diversos | Cada casa possui seu sistema individualizado | Não há | Diversos | Diversos | Sem informação |
| 15 | Ouro Fino do Mato Dentro | Não possui abastecimento público de água. | Superficial ou Subterrânea | Sistemas individuais de captação através de poços, cisternas ou canalizados de forma direta das nascentes. | Diversos | Diversos | Cada casa possui seu sistema individualizado | Não há | Diversos | Diversos | Sem informação |
| 16 | Beira do Guanhães | Não possui abastecimento público de água. | Superficial ou Subterrânea | Sistemas individuais de captação através de poços, cisternas | Diversos | Diversos | Cada casa possui seu sistema individualizado | Não há | Diversos | Diversos | Sem informação |

| Captação | Nome | Gestor | Tipo de Captação | Local de Captação | LATITUDE (SUL) | LONGITUDE (Oeste) | Abastecimento | Tipo de tratamento | Vazão Média Manancial (L/s) | Vazão Utilizada (L/s) | Vazão Outorgada (L/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ou canalizados de forma direta das nascentes. | | | | | | | |
| 17 | Brumado | Prefeitura Municipal de Serro | Subterrâneo | Poço Artesiano | 18° 40m 45s | 43° 25m 57s | Comunidade de Brumado | Sem informação | Sem informação | Sem informação | Sem informação |
| 18 | Laranjeiras | Prefeitura Municipal de Serro | Subterrâneo | Poço Artesiano | 18° 35m 33s | 43° 14m 41s | Comunidade de Laranjeiras | Sem informação | Sem informação | Sem informação | Sem informação |
| 19 | Mumbuçaa | COPASA | Subterrâneo | Poço Artesiano | 18° 33m 22s | 43° 16m 33s | Comunidade de Mumbuça | Sem informação | Sem informação | Sem informação | Sem informação |
| 20 | Pasto Padilha | Prefeitura Municipal de Serro | Subterrâneo | Poço Artesiano | 18° 36m 7s | 43° 21m 22s | Comunidade de Pasto Padilha | Sem informação | Sem informação | Sem informação | Sem informação |
| 21 | Fazenda Santa Cruz | COPASA | Subterrâneo | Poço Artesiano | 18° 26m 52s | 43° 33m 40s | Público nas proximidades da Fazenda Santa Cruz | Sem informação | Sem informação | Sem informação | Sem informação |

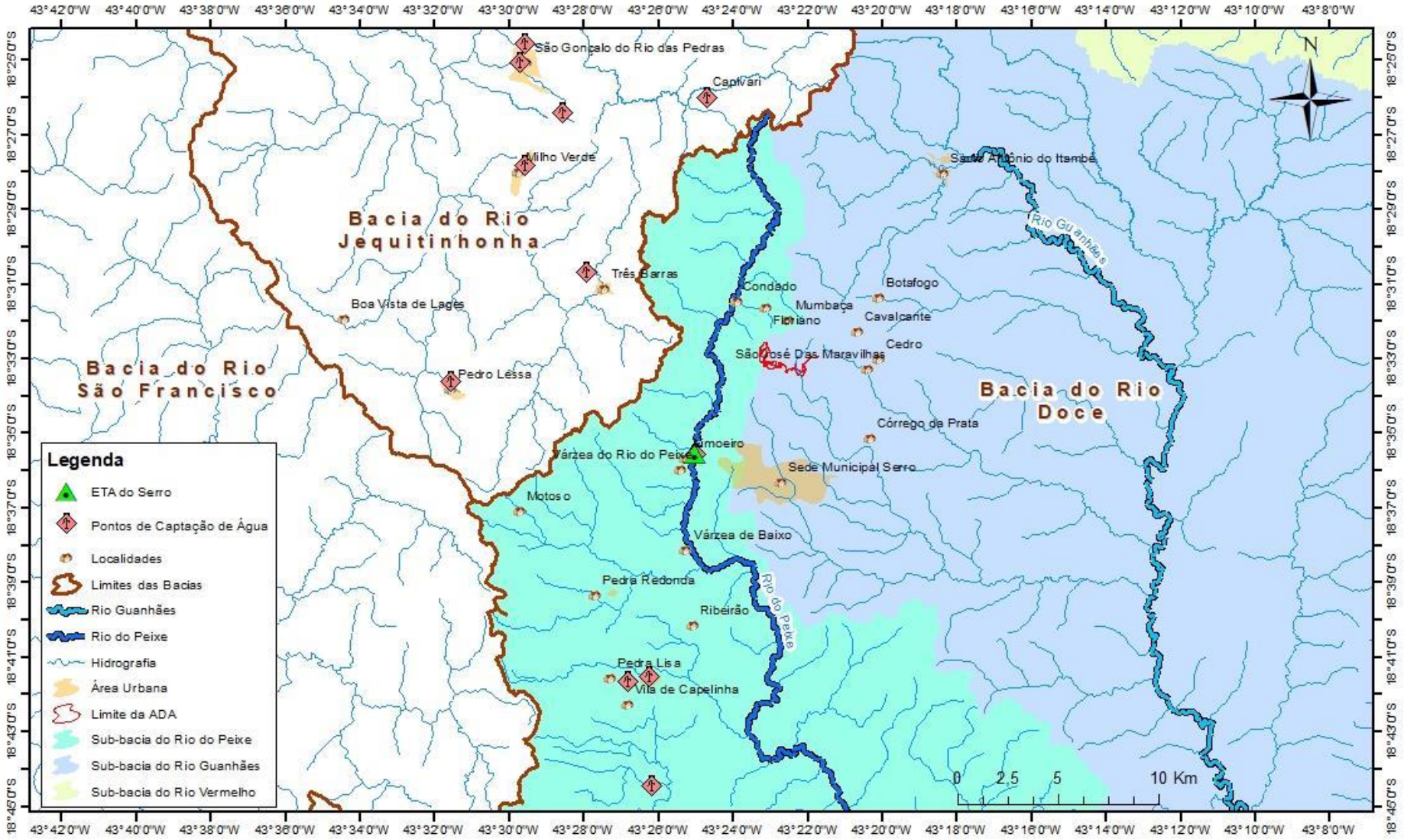



Figura 9-125 – Posição da ETA do Serro em relação ao Projeto e a hidrografia.

## 9.9 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

### 9.9.1 Introdução

#### 9.9.1.1 Recurso Água

A água é um constituinte fundamental de todas as manifestações da vida e também é notável meio de transporte e tem servido para a evacuação de detritos humanos e industriais, tornando-se paradoxalmente um agente que pode até causar morte.

O homem a utiliza em quase todas as suas atividades, desde as mais cotidianas, como higiene pessoal, preparo de alimentos, limpeza de moradias, até as mais complexas, como a irrigação de plantações e produção industrial.

A água não é encontrada pura na natureza. Ao cair em forma de chuva, já carreia impurezas do próprio ar. Ao atingir o solo seu grande poder de dissolver e carrear substâncias altera ainda mais as suas propriedades.

Além da quantidade, a qualidade é outro aspecto da água que assegura determinado uso ou conjunto de usos. A qualidade é representada por características intrínsecas, geralmente mensuráveis, de natureza física, química e biológica (DERISIO, 2000).

Essas características, se mantidas dentro de certos limites, viabilizam determinado uso. Esses limites constituem critérios (recomendações) ou padrões (regras legais) da qualidade da água (DERÍSIO, 2000).

#### 9.9.1.2 Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais

Neste item será avaliada a qualidade das águas superficiais na área diretamente afetada (ADA), qual seja, implantação das seguintes estruturas: PIT de lavra, disposição de Itabiritos em cava e pilha de estéril franco, Instalação de Tratamento de Minério – ITM, *sump* de contenção de sedimentos, área de apoio e estrada, para o Projeto Serro, e de suas áreas de estudo do empreendimento Mineração Conemp Ltda., no município de Serro, Estado de Minas Gerais.

O objetivo de se avaliar a qualidade das águas na área em estudo é de levantar um histórico (*background*) das atuais características das águas, ou seja, antes de novas intervenções na área e possibilitar futuras análises comparativas, além de servirem como referência para o monitoramento dos eventuais impactos ambientais identificados no presente estudo, sejam presentes ou futuros. Também servirá para subsidiar a tomada de decisões, visando à implementação de ações preventivas e/ou corretivas, objetivando a melhoria da qualidade ambiental.

O monitoramento da qualidade das águas também tem como objetivo verificar a eficiência dos sistemas de controle adotados pela empresa quando esta iniciar suas atividades, permitindo assim a tomada de ações preventivas e corretivas adequadas às diferentes situações percebidas. Desta forma, é possível estudar as tendências ao longo do tempo, ou seja, verificar as condições presentes, projetando situações futuras, de forma a evitar ou minimizar consequências indesejadas.

Pensando desta forma, com o objetivo de se garantir tanto a qualidade como a quantidade das águas na área diretamente afetada pelo futuro empreendimento, foram realizadas amostragens de águas

superficiais para verificar as características atuais das águas de cursos hídricos nas áreas diretamente e indiretamente afetadas pelo futuro empreendimento, como também foram efetuadas medições de vazão.

Os pontos de coleta estão distribuídos na área do município de Serro, onde o empreendimento objeto deste estudo será implantado, e servirão de comparativo com resultados de análises a serem efetuadas durante a operação do empreendimento, permitindo assim, avaliar possíveis impactos sobre a qualidade das águas e a tomada de medidas corretivas caso seja necessário.

Visando conhecer a qualidade das águas superficiais dos cursos d'água na área de influência da implantação do PIT de lavra, disposição de Itabiritos em cava e pilha de estéril franco, Instalação de Tratamento de Minério – ITM, *sump* de contenção de sedimentos, área de apoio e estrada de acesso, foram efetuadas três campanhas de amostragem de águas superficiais sendo: a primeira nos dias 18/10/18 e 19/10/18 (estação chuvosa), a segunda em 30 e 31/05/19 (estação seca) e a terceira no dia 21/07/21 (estação seca).

Na primeira campanha foram coletadas amostras de águas superficiais em quinze pontos (15) e na segunda em quatorze (14) pontos de amostragem para a avaliação da qualidade destas águas. Também foram realizadas medições de vazão nos quinze pontos. Na terceira campanha foram coletadas amostras em dez (10) pontos dos quinze (15) iniciais.

Embora o rio do Peixe não seja afetado com a implantação do projeto Serro, outros quatro pontos localizados nesse rio foram amostrados dados de vazão.

Os pontos de coleta para avaliação da qualidade das águas a serem discutidos no presente estudo estão listados a seguir.

Tabela 9.58 – Pontos de coleta de águas superficiais (UTM - SIRGAS 2000).

| Ponto | Nomenclatura | Descrição do Ponto | UTM-E | UTM-N |
|---|---|---|---|---|
| 1 | HercS-HA-01 | Cabeceira do rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento. | 670594 | 7954332 |
| 2 | HercS-HA-02 | Rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento. | 667654 | 7948657 |
| 3 | HercS-HA-03 | Rio Guanhães, a jusante do futuro empreendimento. | 688693 | 7938440 |
| 4 | HercS-HA-04 | Nascente W Serra Condado, a jusante do futuro empreendimento. | 668487 | 7947300 |
| 5 | HercS-HA-05 | Rio do Peixe, a jusante do futuro empreendimento. | 668221 | 7946964 |
| 6 | HercS-HA-06 | Rio do Peixe, captação da COPASA. | 666999 | 7943508 |
| 7 | HercS-HA-07 | Afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura Pilha de Estéril Franco. | 670809 | 7947255 |
| 8 | HercS-HA-08 | Afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava grande e da cava menor. | 671218 | 7948030 |
| 9 | HercS-HA-09 | Afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava grande e disposição de Itabiritos. | 671396 | 7948382 |
| 10 | HercS-HA-10 | Córrego Siqueira, a jusante do sump de contenção de sedimentos e da área de apoio e pátio de produtos. | 672049 | 7947081 |
| 11 | HercS-HA-11 | Córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento. | 672316 | 7948630 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **12** | HercS-HA-12 | Córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento. | 675245 | 7943474 |
| **13** | HercS-HA-16 | Ribeirão do Lucas, a jusante do futuro empreendimento. | 672075 | 7940373 |
| **14** | HercS-HA-17 | Ribeirão do Lucas, a jusante do futuro empreendimento. | 682339 | 7937317 |
| **15** | HercS-HA-18 | Córrego da Prata, a jusante do futuro empreendimento. | 677851 | 7939104 |

**Obs.:** Cor azull coleta efetuada apenas na primeira e segunda campanha. Amarelo: coleta efetuada apenas na primeira campanha. Cor verde: coleta realizada nas três campanhas.

As figuras a seguir ilustram uma imagem de satélite e uma imagem do IBGE exibindo a área do futuro empreendimento, destacando-se os pontos de água superficial a serem avaliados no presente estudo.

Dentre as estações amostradas, algumas como HercS-HA-01, HercS-HA-16, HercS-HA-17 e HercS-HA-18, foram avaliadas em duas campanhas com intuito de realizar uma caracterização regional, tendo em vista que os pontos não estão dentro da AII do futuro empreendimento.

Em relação ao ponto HercS-HA-03, este não foi coletado a partir da segunda campanha devido à dificuldade de acesso ao ponto.

Cabe ressaltar que serão também discutidos neste estudo resultados do monitoramento nos pontos HercS-HA-02, HercS-HA-05 e HercS-HA-12, realizados pela empresa Anglo American no ano de 2012 e apresentados no estudo realizado pela Arcadis (2014).

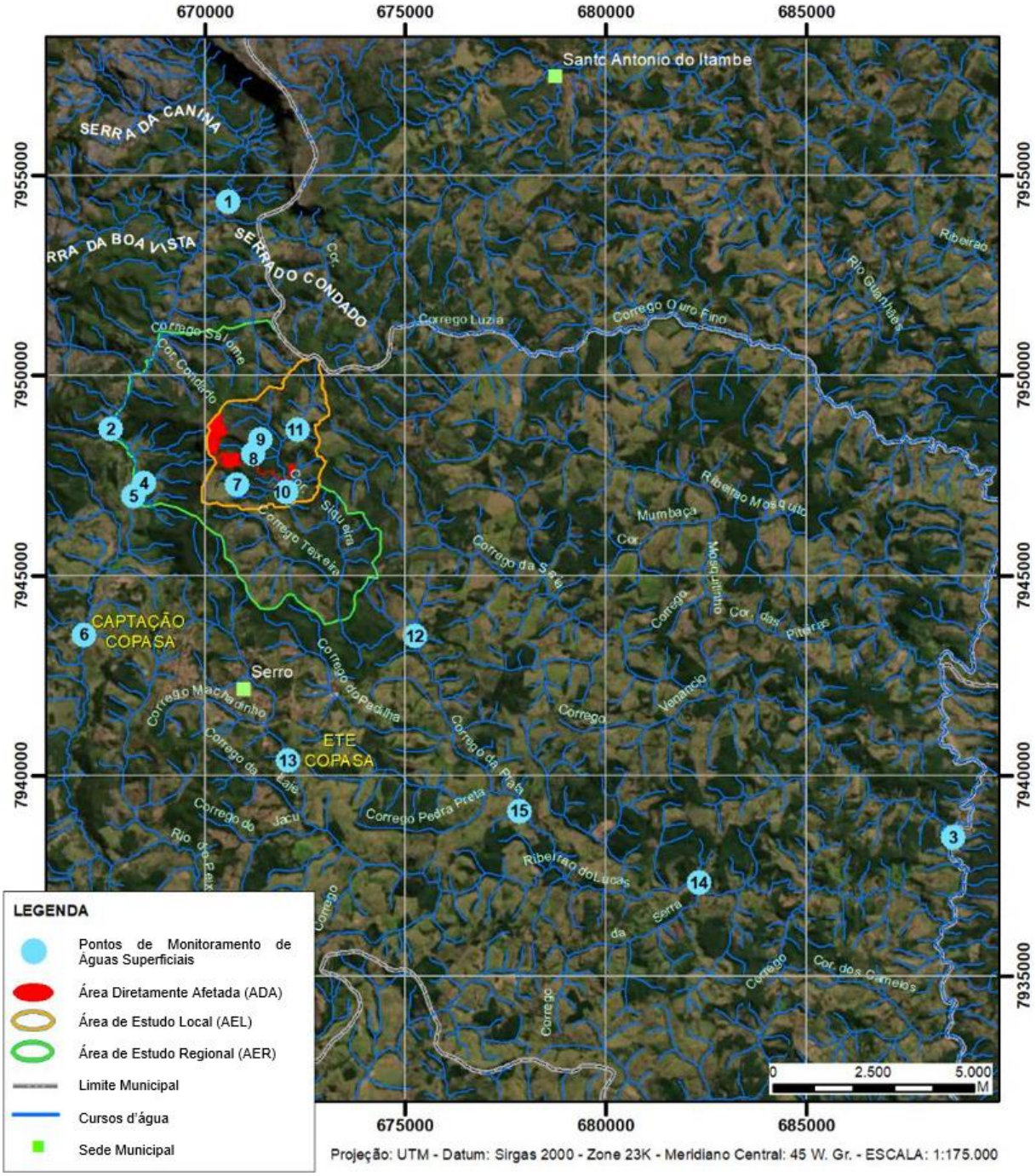



Figura 9-126 – Imagem satélite do empreendimento destacando o local das estruturas do futuro empreendimento e localização dos pontos de coleta de águas superficiais.

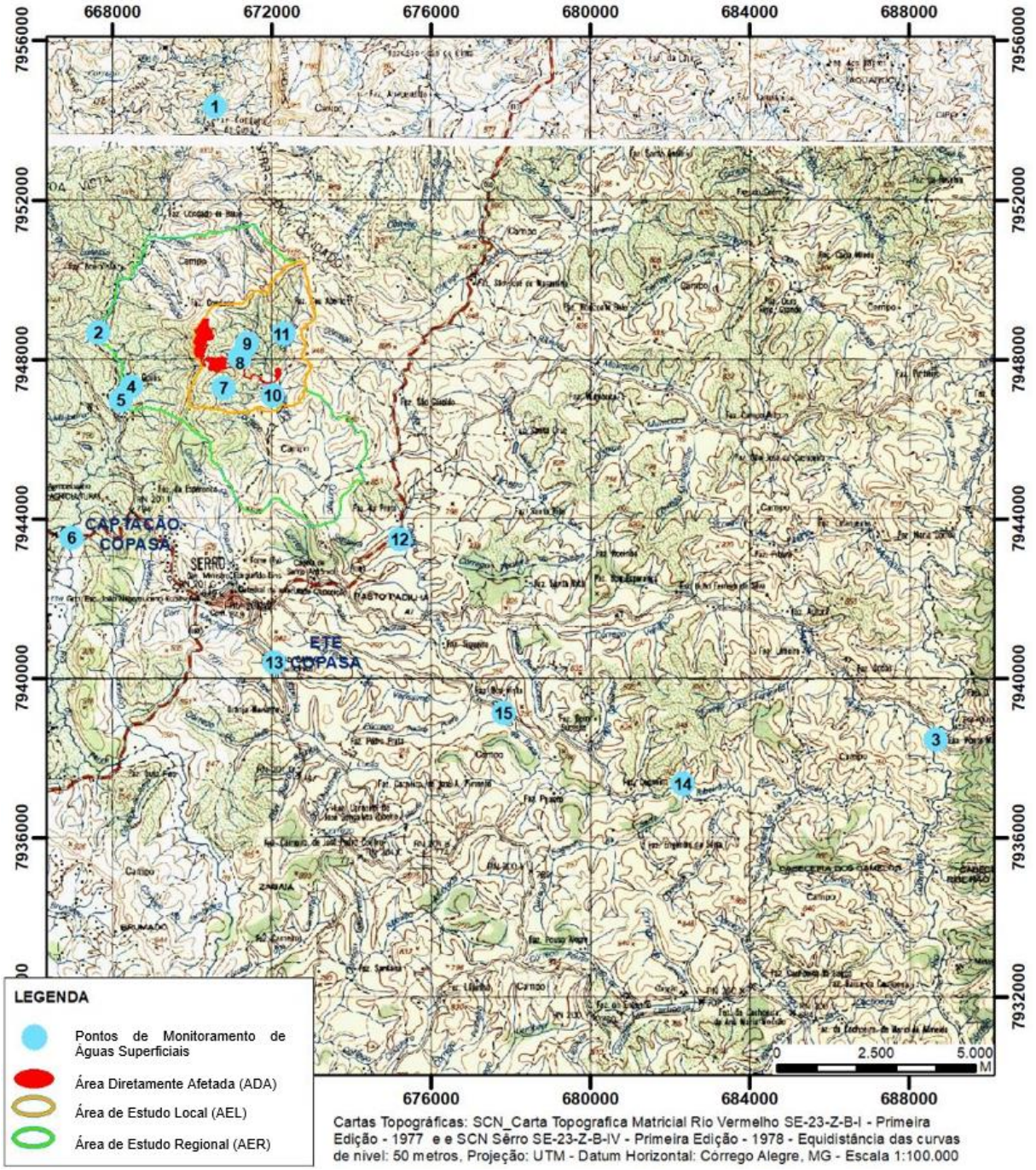



Figura 9-127 – Imagem do IBGE com o empreendimento destacando o local das estruturas do futuro empreendimento e localização dos pontos de coleta de águas superficiais.

### 9.9.2 Pontos de Amostragem

Para a avaliação da qualidade das águas superficiais inseridas nas áreas diretamente afetadas pelo futuro empreendimento objeto do presente estudo, foram definidos incialmente 15 (quinze) pontos distribuídos nos córregos Siqueira e Prata, ribeirão Lucas, rios Guanhães, do Peixe e um afluente deste último. Entretanto, na segunda campanha o ponto HercS-HA-03 foi excluído do programa de monitoramento hídrico em função da dificuldade de acesso ao mesmo. Na terceira campanha foram

excluídos os pontos localizados no ribeirão do Lucas e córrego da Prata, por estarem bem distantes da Área de Estudo Regional (AER) estabelecida para elaboração do EIA/RIMA.

Todos os cursos d'água a serem avaliados estão inseridos na bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, que é sub-bacia do rio Doce.

A localização dos pontos de coleta é apresentada através da Figura 9-126 e  do presente estudo.

Este item do Estudo de Impacto Ambiental - EIA está embasado nas informações geradas a partir das campanhas de monitoramento em 2018, 2019 e 2021.

No ano de 2012, mais especificamente nos meses de janeiro, junho e dezembro, a empresa Anglo American realizou monitoramento nos pontos P02 (HercS-HA-02), P05 (HercS-HA-05) e P12 (HercS-HA-12). No ano de 2014, foram realizadas pela Arcadis duas campanhas, sendo nas datas 22/01/14 e 07/05/14. Os pontos que coincidem com as demais coletas são o P01 – Córrego Siqueira a montante do futuro empreendimento e P02 – Córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento. Os resultados dos parâmetros analisados foram apresentados no Estudo de Impacto Ambiental elaborado pela Arcadis logos, 2014.  Um resumo das análises também será comentado no presente estudo.

Cabe ressaltar que o ponto P01 – Córrego Siqueira a montante do futuro empreendimento avaliado pela Arcadis em 2014, coincide com o ponto P11 (HercS-HA-11 – Córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento) e o ponto P02 – Córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento coincide com o ponto P12 (HercS-HA-12 – Córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento), ambos avaliados no presente estudo.

Para avaliar a qualidade das águas na área do futuro empreendimento foi analisada uma série de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, os quais estão descritos a seguir.

- **Parâmetros físicos:** turbidez, sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis, sólidos totais, cor verdadeira e temperatura da água;

- **Parâmetros químicos:** pH, condutividade elétrica, ferro solúvel, ferro total, manganês solúvel, manganês total, nitrogênio total, fósforo total, oxigênio dissolvido, DBO; Eh, nitratos, nitritos, sulfatos, óleos e graxas, surfactantes aniônicos, alumínio solúvel, cádmio total, chumbo total, cobre solúvel, cromo total, mercúrio total, zinco total; e

- **Microbiológicos:** coliformes totais, *Escherichia coli* e *Enterococcus faecalis e faecium.*

Os parâmetros em azul foram adicionados na terceira campanha, com o objetivo de avaliar melhor a qualidade atual das águas em termos, por exemplo, de elementos traços, nutrientes, levando-se em consideração os usos previstos para os corpos d'água e as fontes potenciais de poluição existentes na bacia hidrográfica.

Na terceira campanha também foram avaliados nos mesmos pontos de águas superficiais, sedimentos de fundo, em atendimento ao novo termo de referência do EIA e também por ser um compartimento importante dos ecossistemas aquáticos, pois servem como habitat de muitas espécies de organismos. Além disso, podem servir como reservatório e fonte de vários contaminantes (orgânicos e inorgânicos) para a coluna d'água e organismos aquáticos. As análises de sedimento serão avaliadas em um item específico.

Os resultados obtidos neste estudo servirão para compor um histórico da qualidade das águas antes do início das atividades do futuro empreendimento.

### 9.9.3 Metodologias de Coleta e de Análise

Conforme o Art. 36 (Capítulo VI – Disposições finais e transitórias) da DN Conjunta COPAM/CERH-MG n.º 001, de 05 de maio de 2008, os métodos de coleta e de análises de águas são os especificados em normas técnicas cientificamente reconhecidas.

#### 9.9.3.1 Metodologia de Coleta

A coleta de água nos corpos hídricos superficiais foi manual, de acordo com o Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água (CETESB, 1988) e com a NBR 9898/198 - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. A amostragem de água superficial foi efetuada em alguns pontos lançando-se um balde amarrado a uma corda e em outros diretamente nos frascos de coleta.

A metodologia de coleta das águas superficiais nos pontos pré-definidos foi a manual com arremesso de um balde amarrado a uma corda. Antes de se proceder a coleta das amostras de água para serem analisadas, foi feito ambiente no balde com a água do local de coleta. Em seguida a água do balde era transferida para os frascos previamente preparados pelo laboratório Visão Ambiental. Os frascos utilizados nas coletas eram novos e em alguns deles foram adicionados preservantes conforme o parâmetro a ser analisado. No caso das análises microbiológicos os frascos também eram novos. O tipo de frasco variou conforme o parâmetro a ser analisado.

Para o parâmetro oxigênio dissolvido, o frasco foi inserido verticalmente dentro do balde sem permitir a entrada de bolhas com o objetivo de evitar a entrada de oxigênio da atmosfera e, consequentemente, interferir no resultado.

Após completar o volume dos frascos previamente e devidamente rotulados pelo laboratório contratado para efetuar as análises físico-químicas e microbiológicas, estes foram tampados e acondicionados em caixas de isopor com gelo. Após o término da coleta as amostras foram encaminhadas para o laboratório de análise Visão Ambiental.

Os frascos de coleta variaram conforme o tipo de parâmetro a ser analisado e foram preparados e enumerados pelo laboratório Visão Ambiental homologado pela Rede Metrológica de Minas Gerias.

As coordenadas dos pontos foram obtidas utilizando-se o GPS eTrex 30 GARMIN.

#### 9.9.3.2 Metodologia de Análise Química

A metodologia de análise utilizada para as amostras de águas superficiais e de efluentes líquidos foi realizada segundo o *STANDARD METHODS for the Examination of Waterand Wastewater, 23th Edition*.

As análises físico-químicas e microbiológicas foram executadas no laboratório Visão Ambiental, o qual encontra-se homologado pela Rede Metrológica e reconhecido pela ISO/IEC 17025:2017.

### 9.9.4 Enquadramento dos Cursos D'água e Limites Máximos Permitidos

O município de Serro no qual se encontra o futuro empreendimento, está situado dentro dos afluentes da bacia do rio Santo Antônio, o qual faz parte da bacia hidrográfica do rio Doce, que é composta pelas bacias afluentes dos rios Piranga, Piracicaba, Santo Antônio, Suaçuí, Caratinga e Manhuaçu, no estado de Minas Gerais.

A Figura 9-128 ilustra a localização no contexto da bacia do Santo Antônio o município de Serro, objeto do presente estudo[15].

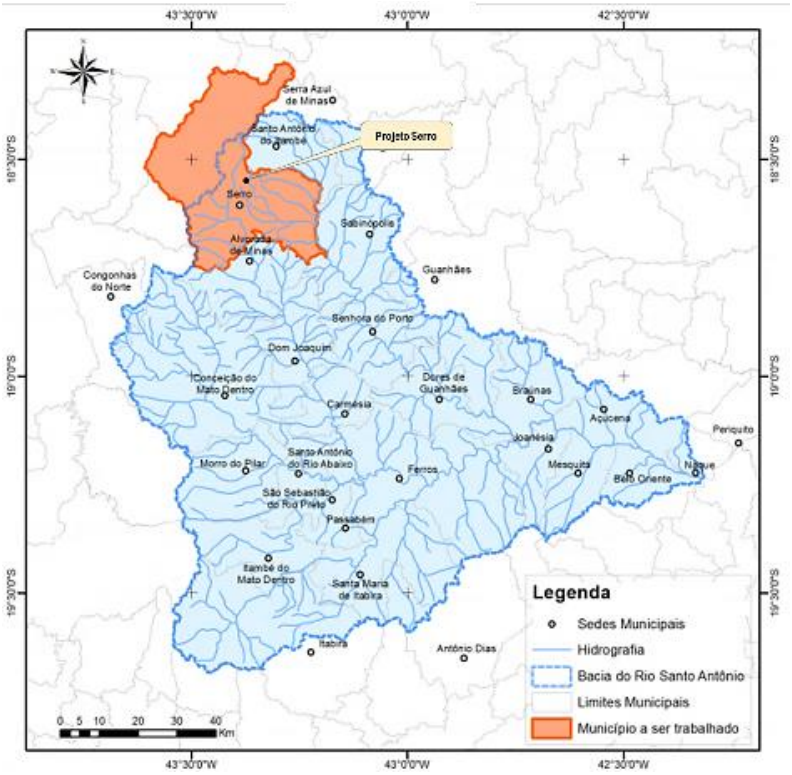



Figura 9-128 - Localização do município de Serro no contexto da Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio.

A bacia hidrográfica do rio Santo Antônio faz parte da macrobacia do rio Doce e insere-se totalmente no Estado de Minas Gerais, na região do Vale do Rio Doce, ocupando uma área de 10.429,46 quilômetros quadrados. Seus principais cursos d'água, além do rio Santo Antônio são os rios Guanhães, do Peixe, Tanque e Preto do Itambé. O rio Santo Antônio nasce na Serra do Espinhaço no município de Conceição do Mato Dentro e tem 280 quilômetros de extensão[16].

O empreendimento da Mineração Conemp Ltda. localizado no município de Serro – MG, tem seus limites das poligonais drenados pelas cabeceiras do córrego Siqueira (processos ANM nos 005.130/1956 e 831.516/2004), e cabeceiras do córrego Teixeira (processo ANM n.º 831.516/2004), todos integrantes da bacia do rio Guanhães que é um dos principais afluentes da margem esquerda do

15 Fonte: http://pmsbfunec.com.br/Produtos/Santo_Antonio/Serro/P1.pdf

16 Fonte: http://www.cbhdoce.org.br/geral/comite-da-bacia-hidrografica-do-rio-santo-antonio-alerta-sobre-mortandade-de-peixes-em-ferros.

rio Santo Antônio, que por sua vez é afluente da margem esquerda do rio Doce. Todas as nascentes destas drenagens encontram-se em cotas localizadas nas baixas vertentes da serra, não sofrendo interferência das atividades relacionadas ao empreendimento.

Ressalta-se que as áreas onde serão inseridas as estruturas do empreendimento (áreas operacionais e de apoio) estão inseridas em terrenos que compreendem a bacia de afluentes do rio Guanhães, e consequentemente estão inseridas na bacia deste rio.

Embora a proximidade com os terrenos pertencentes à bacia do rio do Peixe, a escarpa serrana onde se encontram as estruturas, possui declividade totalmente voltada para o interior da bacia do rio Guanhães. O pit de lavra operacional que possui maior proximidade com a bacia do rio do Peixe, possui perfil em cava. Dessa forma toda a drenagem pluvial fica contida em seu interior, sendo direcionada para os níveis inferiores, os quais estão localizados, exclusivamente, dentro da bacia do rio Guanhães.

Assim, todas as influências relacionadas ao regime e meio hídrico superficial serão totalmente relacionadas à bacia do rio Guanhães, estando a bacia do rio do Peixe livre destas influências e mantendo seu regime hídrico superficial sem alterações.

#### 9.9.4.1 Enquadramento dos cursos d'água

O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes, é um dos instrumentos importantes das Políticas Nacional e Estadual de Recursos Hídricos. O enquadramento tem como objetivo estabelecer metas de qualidade para os cursos d'água, a fim de assegurar os usos preponderantes estabelecidos.

Uma forma de definir a qualidade das águas dos mananciais, é enquadrá-los em classes definindo-se, para cada uma, os usos a que se destina e os requisitos a serem observados. Essa classificação está associada ao uso predominante da água e não aos padrões de qualidade existentes. Quanto mais nobre for o uso, menor é a classe.

No Brasil, a classificação das águas é definida pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Em termos da legislação Estadual, a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH n° 1, de 05 de maio 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, e dá outras providências.

Em relação ao enquadramento das águas da bacia do rio Santo Antônio, essa ainda não foi enquadrada, portanto, teve os seus cursos d'água enquadrados conforme o Art. 37 da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n.º 001, de 14 de abril de 2008, descrito a seguir:

> *"Art. 37. Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos as águas doces serão consideradas **classe 2**, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente".*

A Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005, 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.

A bacia do rio Santo Antônio por não ter recebido enquadramento, teve os seus cursos d'água enquadrados conforme o Art. 42° da resolução citada acima.

"*Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente*".

Em síntese, tem-se o seguinte enquadramento para os córregos inseridos nas áreas diretamente e indiretamente afetadas pelo futuro empreendimento:

Córrego Siqueira: Classe 2;
Ribeirão Lucas: Classe 2;
Córrego da Prata: Classe 2;
Rio Guanhães: Classe 2;
Rio do Peixe: Classe 2;
Afluente do rio do Peixe: Classe 2.

As águas enquadradas como classe 2, conforme o Art. 5º da Seção I – das águas doces da DN CONJUNTA COPAM/CERH n.º 001/2008, são águas destinadas a:

> *"1) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;*
>
> *2) à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e;*
>
> *3) à recreação de contato primário (natação, esqui-aquático e mergulho)."*

Apesar da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio não ter recebido o enquadramento de seus cursos hídricos em classes até o momento, foi elaborada uma proposta de enquadramento de corpos hídricos em classes de uso nesta bacia hidrográfica pelo Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, MG.

Considerando a importância do enquadramento como um instrumento de gestão, buscaram, por meio de técnicas de geoprocessamento, apresentar um estudo de enquadramento dos corpos de água em classes de uso para a bacia do rio Santo Antônio, Minas Gerais. Entretanto, devido a limitações nas bases de dados, optou-se por propor o enquadramento apenas dos principais rios da bacia. Como resultado do trabalho, o rio do Peixe foi classificado como classe 1 em sua totalidade e os rios Santo Antônio e do Tanque foram classificados como classe 2 em toda sua extensão. Os autores concluíram que, por se tratar de técnicas de tratamento de informações espaciais, o trabalho deve ser utilizado para apontar a direção na qual o enquadramento deve seguir, dando uma base de argumentos técnicos aos gestores no momento de elaboração final do enquadramento.[17]

Para a discussão dos resultados das amostragens realizadas sobre os cursos de águas superficiais, serão tomados como referência os limites estabelecidos pela legislação ambiental do Estado de Minas Gerais correspondentes ao seu enquadramento, conforme a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH - MG n.º 001, de 05 de maio de 2008.

[17] Fonte: https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/6333.

Na Tabela 9.64 constam os limites máximos permitidos para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados segundo a DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 e de acordo com o enquadramento dos cursos d'água.

Tabela 9.59 – Limites máximos permitidos segundo a DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados para as águas superficiais Classe 2.

| Parâmetros | Unidades | Máximo Permitido - LMP (Classe 2) |
|---|---|---|
| pH | - | 6,0 a 9,0 |
| Cor verdadeira | $mgP.L^{-1}$ | 75 |
| Turbidez | UNT | 100 |
| Condutividade elétrica a 25º C | $\mu S.cm^{-1}$ | NA |
| Oxigênio Dissolvido | $mg.L^{-1}$ $O_2$ | ≥ 5,0 |
| $DBO_{(5)}$ | $mg.L^{-1}$ $O_2$ | 5 |
| Sólidos sedimentáveis | $mL.L^{-1}$ | NA |
| Sólidos em suspensão | $mg.L^{-1}$ | 100 |
| Sólidos dissolvidos totais | $mg.L^{-1}$ | 500 |
| Sólidos totais | $mg.L^{-1}$ | NA |
| Óleos e graxas | $mg.L^{-1}$ | Virtualmente ausentes |
| Surfactantes aniônicos | $mg.L^{-1}$ | 0,5 |
| Ferro solúvel | $mg.L^{-1}$ | 0,3 |
| Ferro total | $mg.L^{-1}$ | NA |
| Alumínio solúvel | $mg.L^{-1}$ | 0,1 |
| Cádmio total | $mg.L^{-1}$ | 0,010 |
| Chumbo total | $mg.L^{-1}$ | 0,010 |
| Cobre solúvel | $mg.L^{-1}$ | 0,009 |
| Cromo total | $mg.L^{-1}$ | 0,05 |
| Fósforo total | $mg.L^{-1}$ | 0,1 (Lótico) |
| Manganês solúvel | $mg.L^{-1}$ | NA |
| Manganês total | $mg.L^{-1}$ | 0,1 |
| Mercúrio Total | $mg.L^{-1}$ | 0,0002 |
| Zinco total | $mg.L^{-1}$ | 0,18 |
| Nitrogênio total | $mg.L^{-1}$ | NA |
| Nitrito | $mg.L^{-1}$ | 1 |
| Nitrato | $mg.L^{-1}$ | 10 |
| Sulfatos | $mg.L^{-1}$ | 250 |
| Temperatura da água | °C | NA |
| Coliformes totais | NMP.100 $mL^{-1}$ | NA |
| *Escherichia coli* | NMP.100 $mL^{-1}$ | 1.000 |
| *Enterococcus faecium faecalis* | NMP.100 $mL^{-1}$ | NA |

**Obs.: NA** – Não se aplica. Não foram estabelecidos limites máximos permitidos para estes parâmetros.

## 9.9.5 Significados Ambientais de Alguns Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos

### 9.9.5.1 Parâmetros Físico-Químicos

**Cor**

A cor da água é produzida pela reflexão da luz em partículas minúsculas de dimensões inferiores a 1µm - denominadas colóides - finamente dispersas, de origem orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos) ou mineral (resíduos industriais, compostos de ferro e manganês). Corpos d'água de cores naturalmente escuras são encontrados em regiões ricas em vegetação, em decorrência da maior produção de ácidos húmicos (Figura 9-129). Um exemplo internacionalmente conhecido é o do rio Negro (Figura 9-130), afluente do rio Amazonas, cujo nome faz referência a sua cor escura, causada pela presença de

produtos de decomposição da vegetação e pigmentos de origem bacteriana (*Chromobacterium violaceum*).

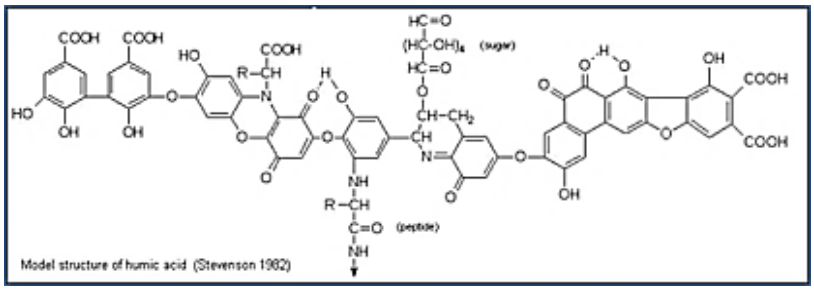



Figura 9-129 – Modelo da estrutura do ácido húmico.

Figura 9-130 – Imagem do rio Negro (cor escura) no encontro com o Rio Solimões[18].

## Sólidos suspensos e sólidos dissolvidos

Os sólidos presentes na água podem estar distribuídos da seguinte forma: Sólidos totais que é a soma de sólidos dissolvidos (voláteis e fixos) e sólidos suspensos (sedimentáveis e não sedimentáveis).

Os sólidos em suspensão podem ser definidos como as partículas passíveis de retenção por processos de filtração (Figura 9-131).

Os sólidos dissolvidos são constituídos por partículas de diâmetro inferior a $10^{-3}$ µm e que permanecem em solução mesmo após a filtração.

A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos).

Figura 9-131 – Filtragem de uma amostra de água (sólidos suspensos e dissolvidos).

18 Fonte: https://super.abril.com.br/mundo-estranho/por-que-as-aguas-dos-rios-negro-e-solimoes-nao-se-misturam/

## Sólidos sedimentáveis

Sólidos sedimentáveis correspondem à porção dos sólidos em suspensão que se sedimenta sob a ação da gravidade durante um período de uma hora, a partir de um litro de amostra mantida em repouso em um cone Imhoff.

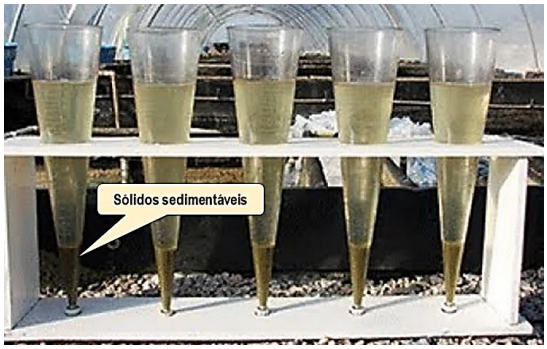



Figura 9-132 – Cone Imhoff.

## Sólidos totais

Os sólidos totais (ST) presentes na água correspondem à soma dos sólidos suspensos (SS) com os sólidos dissolvidos (SD).

Sólidos Totais são o resíduo que resta numa cápsula de porcelana após a evaporação em banho-maria de uma porção de amostra e sua posterior secagem em estufa a 103-105°C até peso constante. Também denominado resíduo total.

Figura 9-133 – Exemplo de teste em laboratório para determinação do sólido total[19].

## Turbidez

A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A alteração da penetração da luz na água decorre da presença de material em suspensão, sendo expressa por meio de unidades de turbidez (também denominadas unidades de Jackson ou nefelométricas).

A turbidez natural das águas está, geralmente, compreendida na faixa de 3 a 500 unidades. Para fins de potabilidade, a turbidez deve ser inferior a uma unidade. Tal restrição fundamenta-se na influência da turbidez nos processos usuais de desinfecção, atuando como escudo aos microrganismos patogênicos e assim minimizando a ação do desinfetante.

[19] Fonte: http://www2.esb.ucp.pt/twt4/motor/display_texto.asp?pagina=determinacaotds200309024242463&bd=cec

## pH

O pH representa a concentração de íons hidrogênio H+ (em escala antilogarítmica), dando uma indicação de acidez, neutralidade ou alcalinidade. A faixa de pH é de 0 a 14 (Figura 9-134).
pH = - log [H+]

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies.

Também o efeito indireto é muito importante podendo, determinadas condições de pH, contribuírem para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados. Outros fatores, além do pH, podem exercer efeitos sobre a solubilidade de nutrientes.

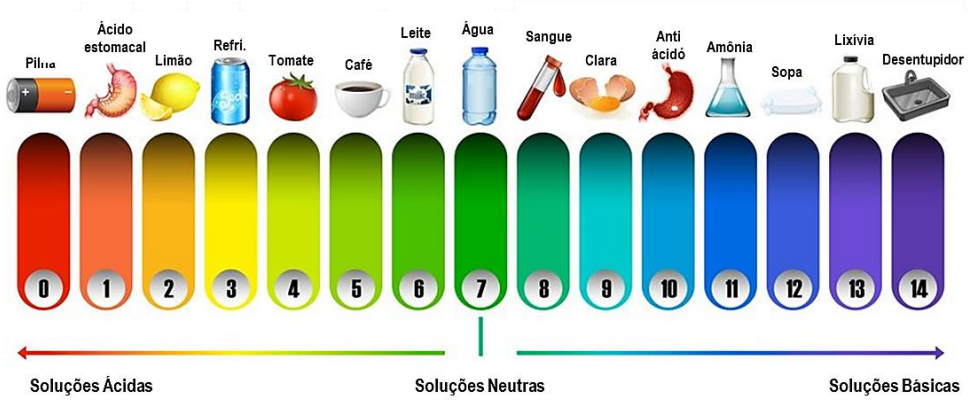



Figura 9-134 – Escala de pH[20].

## Condutividade elétrica

A condutividade é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes.

Enquanto as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 µS/cm, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até 1000 µS/cm.

## Ferro

O ferro aparece principalmente em águas subterrâneas devido à dissolução do minério pelo gás carbônico da água, conforme a reação:
$Fe + CO_2 + ½ O_2 \rightarrow FeCO_3$

O carbonato ferroso é solúvel e frequentemente é encontrado em águas de poços contendo elevados níveis de concentração de ferro.

Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e à ocorrência de processos erosivos nas margens. Também poderá ser importante a contribuição devida a efluentes industriais, pois muitas indústrias metalúrgicas desenvolvem atividades

[20] Fonte: https://pt.vecteezy.com/arte-vetorial/292506-uma-escala-de-ph-no-fundo-branco

de remoção da camada oxidada (ferrugem) das peças antes de seu uso, processo conhecido por decapagem, que normalmente é procedida através da passagem da peça em banho ácido.

Basicamente, o ferro pode se apresentar nas águas nos estados de oxidação $Fe^{+2}$ e $Fe^{+3}$. O íon ferroso ($Fe^{+2}$) é mais solúvel do que o férrico ($Fe^{+3}$). Portanto, os inconvenientes que o ferro traz às águas devem ser atribuídos principalmente ao íon "ferroso" que, por ser mais solúvel, é mais frequente.

Os elementos ferro e manganês não apresentam inconvenientes à saúde nas concentrações normalmente encontradas nas águas naturais, entretanto, eles podem provocar problemas de ordem estética (manchas em roupas) ou prejudicar determinados usos industriais da água.

**Manganês**

O comportamento do manganês nas águas é muito semelhante ao do ferro em seus mais diversos aspectos, sendo que a sua ocorrência é mais rara. O manganês desenvolve coloração negra na água, podendo-se se apresentar os estados de oxidação $Mn^{+2}$ (forma mais solúvel) e $Mn^{+4}$ (forma menos solúvel).

**Fósforo total**

O fosforo (do latim – *phosphorus*) é um elemento não metálico, semitransparente, fosforescente no escuro e que pega fogo espontaneamente quando exposto ao ar. O fósforo não é encontrado livre na natureza, pois é muito reativo, oxidando-se espontaneamente em contato com o oxigênio do ar atmosférico, emitindo luz. Entretanto, ocorre largamente em muitos minerais na forma de fosfatos associados com o cálcio. Quando puro, é incolor, transparente e insolúvel em água.

O fósforo aparece em águas naturais devido principalmente às descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes superfosfatados empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte (15,5% de $P_2O_5$), além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais, por conta da aplicação de fertilizante no solo.

O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico.

Assim como o nitrogênio, o fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macronutrientes, por ser exigido também em grandes quantidades pelas células. Nesta qualidade, torna-se parâmetro imprescindível em programas de caracterização de efluentes industriais que se pretende tratar por processo biológico.

Ainda por ser nutriente para processos biológicos, o excesso de fósforo em esgotos sanitários e efluentes industriais, por outro lado, conduz a processos de eutrofização das águas naturais.

A origem do fósforo na água pode ser:

- Natural: rochas, solo (dissolução de compostos do solo); decomposição de matéria orgânica e;
- Antropogênica: esgotos domésticos ou industriais; fertilizantes, detergentes e excrementos de animais.

## Nitrogênio total

Os compostos de nitrogênio são nutrientes para processos biológicos. São tidos como macronutrientes, pois, depois do carbono, o nitrogênio é o elemento exigido em maior quantidade pelas células vivas. Quando descarregados nas águas naturais conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes presentes nos despejos, provocam o enriquecimento do meio tornando-o mais fértil e possibilitam o crescimento em maior extensão dos seres vivos que os utilizam, especialmente as algas, o que é chamado de eutrofização (exemplo na figura a seguir).

Figura 9-135 – Exemplo de água eutrofizada[21].

A eutrofização é o crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, a níveis tais que sejam considerados como causadores de interferências com os usos desejáveis do corpo d'água. O principal fator de estímulo é um nível excessivo de nutrientes no corpo d'água, principalmente nitrogênio e fósforo.

São diversas as fontes de nitrogênio nas águas naturais. Os esgotos sanitários constituem em geral a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico devido à presença de proteínas e nitrogênio amoniacal, devido à hidrólise sofrida pela ureia na água. Alguns efluentes industriais também concorrem para as descargas de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas, como algumas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, de conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes. A atmosfera é outra fonte importante devido a diversos mecanismos: fixação biológica desempenhada por bactérias e algas, que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, contribuindo para a presença de nitrogênio orgânico nas águas; a fixação química, reação que depende da presença de luz, concorre para as presenças de amônia e nitratos nas águas; as lavagens da atmosfera poluída pelas águas pluviais concorrem para as presenças de partículas contendo nitrogênio orgânico, bem como para a dissolução de amônia e nitratos. Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio. Também nas áreas urbanas, as drenagens de águas pluviais associadas às deficiências do sistema de limpeza pública, constituem fonte difusa de difícil caracterização.

## Oxigênio dissolvido (OD)

O OD é um dos principais parâmetros de caracterização dos efeitos da poluição das águas decorrentes de despejos orgânicos. A solubilidade do OD é em função da altitude e da temperatura do corpo de água. Em geral, ao nível do mar e à temperatura de 20°C, a concentração de saturação é de 9,2 $mg.L^{-1}$.

[21] Fonte: https://sempegadas.wordpress.com/tag/eutrofizacao/

Entradas de oxigênio na água (Figura 9-136):

- Atmosfera: refere-se ao oxigênio atmosférico, transferido para a água através da difusão. Aumenta com qualquer tipo de turbulência (ondas, ventos, quedas, etc.);
- Fotossíntese: o oxigênio é produzido através da fotossíntese dos organismos aquáticos fotossintetizantes. Muitos fatores (fonte de nutrientes, temperatura, luz, etc.).

Saídas do oxigênio na água (Figura 9-136):

- Atividade respiratória de plantas e animais;
- Combustão;
- Degradação, principalmente pela ação de raios ultravioleta, com formação de ozônio ($O_3$);
- Combinação com metais do solo (principalmente o ferro), formando óxidos metálicos e;
- Nitrificação.

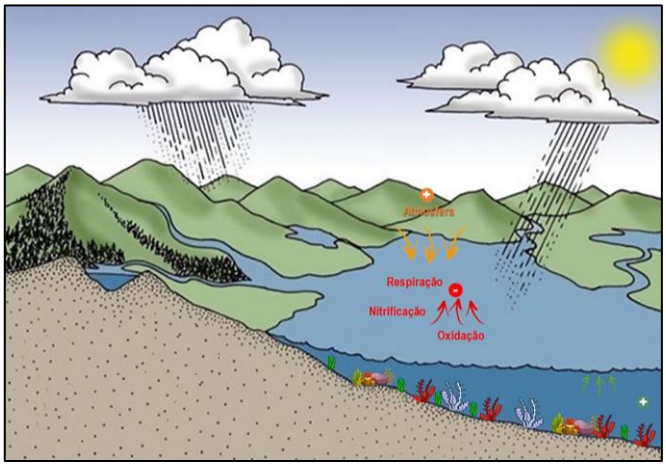



Figura 9-136 – Formas de entrada e saída do oxigênio dissolvido da água[22].

## DBO

DBO é a abreviatura de Demanda Bioquímica de Oxigênio. A DBO é medida, em geral, em miligramas por litro (mg/L) e traduz indiretamente a quantidade de matéria orgânica presente no corpo de água. A matéria orgânica é formada por inúmeros componentes, como compostos de proteína, carboidratos, uréia, surfactantes (detergentes), gordura, óleos, fenóis, pesticidas, etc.

## Sulfatos

O Sulfato é o ânion $SO_4^{-2}$, um dos mais abundantes íons na natureza. Surge nas águas subterrâneas através da dissolução de solos e rochas, como o gesso ($CaSO_4$) e o sulfato de magnésio ($MgSO_4$) e pela oxidação de sulfatos (exemplo: pirita, sulfeto de ferro). O enxofre pode ser encontrado na natureza em quatro estados de oxidação que se transformam entre si:

[22] Fonte adaptada: https://www.pinterest.ca/pin/147352219032218719/?lp=true

$$S^{-2} \leftrightarrow S^{0} \leftrightarrow SO_{3}^{-2} \leftrightarrow SO_{4}^{-2}.$$

Nas águas superficiais, ocorre através das descargas de esgotos domésticos (por exemplo, através da degradação de proteínas) e efluentes industriais (exemplos: efluentes de indústrias de celulose e papel, química, farmacêutica, etc.). Em águas tratadas o sulfato é proveniente do emprego de coagulantes como o sulfato de alumínio, sulfato ferroso e sulfato férrico.

Nas águas para abastecimento público, o sulfato deve ser controlado porque provoca efeitos laxativos, sendo o padrão de potabilidade fixado em 250 $mg.L^{-1}$ pela Portaria 518 do Ministério da Saúde.

As concentrações de sulfato em águas naturais variam em geral na faixa de 2 a 80 $mg.L^{-1}$, embora possam exceder a 1000 $mg.L^{-1}$ em áreas próximas a descargas industriais ou em regiões áridas onde sulfatos minerais, tal como o gesso, estão presentes.

Nas águas para o abastecimento industrial, o sulfato provoca incrustações em caldeiras e trocadores de calor. É bastante conhecido o problema da ocorrência da corrosão em coletores de esgoto de concreto, motivada pela presença de sulfato.

## Óleos e graxas

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Estas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras, ácidos graxos, ésteres, sabões, ceras, óleos minerais, etc.
Óleos e graxas, de acordo com o procedimento analítico empregado, consiste no conjunto de substâncias que um determinado solvente consegue extrair da amostra e que não se volatiliza durante a evaporação do solvente a 100ºC. Estas substâncias ditas solúveis em n-hexano compreendem ácidos graxos, gorduras animais, sabões, graxas, óleos vegetais, ceras, óleos minerais, etc. Este parâmetro costuma ser identificado também por MSH – material solúvel em hexano.

## Surfactantes Aniônicos

Analiticamente, isto é, de acordo com a metodologia analítica recomendada, detergentes ou surfactantes são definidos como compostos que reagem com o azul de metileno sob certas condições especificadas. Estes compostos são designados "substâncias ativas ao azul de metileno" (MBAS - Metilene Blue Active Substances) e suas concentrações são relativas ao sulfonato de alquil benzeno linear (LAS) que é utilizado como padrão na análise.

Os esgotos sanitários possuem de 3 a 6 $mg.L^{-1}$ de detergentes. As indústrias de detergentes descarregam efluentes líquidos com cerca de 2000 $mg.L^{-1}$ do princípio ativo. Outras indústrias, incluindo as que processam peças metálicas, empregam detergentes especiais com a função de desengraxante, como é o caso do percloretileno.

As descargas indiscriminadas de detergentes nas águas naturais levam a prejuízos de ordem estética provocados pela formação de espumas. Um dos casos mais críticos de formação de espumas, ocorre no Município de Pirapora do Bom Jesus, no Estado de São Paulo. Localiza-se às margens do Rio Tietê, a jusante da Região Metropolitana de São Paulo, recebendo seus esgotos, em grande parte, sem tratamento. A existência de corredeiras leva ao desprendimento de espumas que formam continuamente camadas de pelo menos 50 cm sobre o leito do rio. Sob a ação dos ventos, a espuma

se espalha sobre a cidade, contaminada biologicamente e se impregnando na superfície do solo e dos materiais, tornando-os oleosos.

Além disso, os detergentes podem exercer efeitos tóxicos sobre os ecossistemas aquáticos. Os sulfonatos de alquil benzeno de cadeia linear (LAS) têm substituído progressivamente os sulfonatos de aquil benzeno de cadeia ramificada (ABS), por serem considerados biodegradáveis. No Brasil esta substituição ocorreu a partir do início da década de 80 e embora tenham sido desenvolvidos testes padrão de biodegradabilidade, este efeito não é ainda conhecido de forma segura. Os testes de toxicidade têm sido melhor desenvolvidos e há certa tendência em passarem a ser mais utilizados nos programas de controle de poluição.

Os detergentes têm sido responsabilizados também pela aceleração da eutrofização. Além de a maioria dos detergentes comerciais empregados ser rica em fósforo, sabe-se que exercem efeito tóxico sobre o zooplâncton, predador natural das algas. Segundo este conceito, não bastaria apenas a substituição dos detergentes superfosfatados para o controle da eutrofização. Existem correntes atuais de pesquisadores que têm preferido o controle das fontes de nitrogênio para barrar processos de eutrofização, considerando que existem poucas espécies de algas fixadoras do nitrogênio atmosférico.

No Estado de Minas Gerais os detergentes constituem também padrão de emissão de efluentes diretamente no corpo receptor, sendo estipulado o limite de 2,0 $mg.L^{-1}$ de acordo com a DN COPAM/CERH nº 01/2008.

**Fenol**

São definidos como os hidróxidos derivados do benzeno. Nas águas naturais sua presença está relacionada com a decomposição de folhas e matéria orgânica, ácidos húmicos e fúlvicos. Porém, está, principalmente, associada a processos de contaminação por pesticidas, hidrólise e oxidação de pesticidas organofosforados, degradação bacteriológica de herbicidas do ácido fenoxialquílicos, etc.

Os fenóis são tóxicos ao homem, aos organismos aquáticos e aos microrganismos que tomam parte dos sistemas de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais. Em sistemas de lodos ativados, concentrações de fenóis na faixa de 50 a 200 $mg.L^{-1}$ trazem inibição, sendo que 40 $mg.L^{-1}$ são suficientes para a inibição da nitrificação. Na digestão anaeróbia, 100 a 200 $mg.L^{-1}$ de fenóis também provocam inibição. Estudos recentes têm demonstrado que, sob processo de aclimatação, concentrações de fenol superiores a 1000 $mg.L^{-1}$ podem ser admitidas em sistemas de lodos ativados.

Em pesquisas em que o reator biológico foi alimentado com cargas decrescentes de esgoto sanitário e com carga constante de efluente sintético em que o único tipo de substrato orgânico era o fenol puro, conseguiu-se ao final a estabilidade do reator alimentado somente com o efluente sintético contendo 1000 $mg.L^{-1}$ de fenol.

No Estado de Minas Gerais o índice de fenóis constitui também padrão de emissão de efluentes diretamente no corpo receptor, sendo estipulado o limite de 0,2 $mg.L^{-1}$ para índice de fenóis pela legislação do Estado de Minas Gerais (DN COPAM/CERH 1/2008), quanto pela Legislação Federal que estipula o valor de 0,5 $mg.L^{-1}$ para fenóis totais (Artigo 34 da Resolução n.º 357/05 do CONAMA).

Nas águas naturais, os padrões para os compostos fenólicos são bastante restritivos, tanto na legislação federal quanto na do Estado de Minas Gerais. Nas águas tratadas, os fenóis reagem com o cloro livre formando os clorofenóis que produzem sabor e odor na água. Por este motivo, os fenóis

constituem-se em padrão de potabilidade, sendo imposto o limite máximo bastante restritivo de 0,001 $mg.L^{-1}$ pela Portaria 518 do Ministério da Saúde.

## Alumínio

O alumínio (Al) na forma elementar é um metal de cor branca prateada característica, dúctil, maleável, inodoro, bom condutor de calor e eletricidade.

O alumínio é o metal mais comum na crosta terrestre (8,13%). Ele é abundante nas rochas e minerais, sendo considerado elemento de constituição. Nas águas naturais doces e marinhas, entretanto, não se encontra concentrações elevadas de alumínio, sendo esse fato decorrente da sua baixa solubilidade, precipitando-se ou sendo absorvido como hidróxido ou carbonato.

O Al não é encontrado livre na natureza, mas nos minerais silicatados combinado com ferro, metais alcalinos e alcalino-terrosos. O Al dissolvido se enriquece nas argilas neoformadas e desta forma sua concentração é alta nos sedimentos argilosos e rochas peliticas, e nas derivadas de argilominerais como os filitos e micaxistos.

O principal mineral-minério é a bauxita, uma mistura de óxidos, alumina ($Al_2O_3$), hidróxidos, gibbsita e outras impurezas. Muito usado no mundo moderno em ligas metálicas que compõem a maioria dos utensílios e máquinas existentes na atualidade. Não é um nutriente essencial e, se assimilado em excesso, pode ser prejudicial e tóxico.

O alumínio (Al) na forma elementar é um metal de cor branca prateada característica, dúctil, maleável, inodoro, bom condutor de calor e eletricidade.

O alumínio é o metal mais comum na crosta terrestre (8,13%). Ele é abundante nas rochas e minerais, sendo considerado elemento de constituição. Nas águas naturais doces e marinhas, entretanto, não se encontra concentrações elevadas de alumínio, sendo esse fato decorrente da sua baixa solubilidade, precipitando-se ou sendo absorvido como hidróxido ou carbonato.

O Al não é encontrado livre na natureza, mas nos minerais silicatados combinado com ferro, metais alcalinos e alcalino-terrosos. O Al dissolvido se enriquece nas argilas neoformadas e desta forma sua concentração é alta nos sedimentos argilosos e rochas peliticas, e nas derivadas de argilominerais como os filitos e micaxistos.

O principal mineral-minério é a bauxita, uma mistura de óxidos, alumina (Al2O3), hidróxidos, gibbsita e outras impurezas. Muito usado no mundo moderno em ligas metálicas que compõem a maioria dos utensílios e máquinas existentes na atualidade. Não é um nutriente essencial e, se assimilado em excesso, pode ser prejudicial e tóxico.

## Cádmio

O cádmio é um metal de transição, com coloração branco acinzentado, podendo se apresentar na cor prata esbranquiçado, azulado ou metálico lustroso. É dúctil à temperatura ambiente e sua consistência é tão mole que pode ser facilmente cortado com uma faca. A abundância do cádmio na crosta terrestre é em torno de 0,1 a 0,2 ppm (AZEVEDO & CHASIN, 2003).

O Cd possui propriedades químicas semelhantes ao Zn e entra facilmente em solução durante os processos intempéricos. O cádmio é encontrado em pequena quantidade na natureza, e, em geral associado a outros minérios de zinco, como a esfalerita (ZnS), na qual se encontra na proporção de 0,1 a 0,5%. Ocorre também na forma de sulfeto (CdS), formando a grenockita, minério sem importância comercial. É quase sempre obtido como subproduto dos minérios de zinco, cobre e chumbo, por destilação, em colunas de fracionamento (AZEVEDO & CHASIN, 2003).

A principal fonte natural de lançamento de cádmio na atmosfera é a atividade vulcânica.

Os principais usos do cádmio são: em recobrimento do aço e do ferro, como estabilizador para cloreto de polivinila (PVC), em pigmentos para plástico e vidro, baterias níquel-cádmio e ligas (AZEVEDO & CHASIN, 2003). Também usado como inseticida.

O cádmio pode adentrar sistemas aquáticos devido a inúmeros fatores, tais como: intemperismo, erosão do solo e da camada de rocha viva, descargas atmosféricas diretas devido a operações industriais, vazamento de aterros e locais contaminados e pelo uso de lodo de esgoto e fertilizantes na agricultura (AZEVEDO & CHASIN, 2003 apud LIU H-M at al, 2002).

É bastante tóxico quando inalado e dificilmente é expelido pelos seres vivos acumulando-se nos organismos. A toxicidade é menor quando ingerido ou em contato com a pele. A maior parte do cádmio é recuperada como subproduto de minas de zinco, cobre ou chumbo (CPRM, 2016).

O cádmio do ponto de vista biológico, não é nem essencial e nem benéfico. É considerado bioacumulativo, ou seja, tem a capacidade de se acumular ao longo da cadeia alimentar, como o chumbo e o mercúrio.

Apresenta efeito agudo, sendo que uma única dose de 9 g pode levar à morte e efeito crônico, concentrando-se nos rins, no fígado, no pâncreas e na tireóide.

No Japão, um aumento na concentração de cádmio de 0,005 a 0,18 mg.L-1 provocado por uma mina de zinco, causou uma doença conhecida por “Itai-Itai”.

**Chumbo**

O chumbo (do latim – plumbum) é um metal pesado de cor branco-azulada, maleável, dúctil, resistente à corrosão e fraco condutor de eletricidade.

O chumbo é um elemento, especialmente, importante devido a sua ampla utilização em uma grande variedade de processos industriais. É usado, principalmente, como liga metálica, baterias automotivas, fusíveis, revestimentos de cabos elétricos, pigmento de tinta e em revestimentos protetores de raios X.

Na natureza o chumbo encontra-se principalmente como sulfeto de chumbo (galena), carbonato de chumbo (cerussita), sulfato de chumbo (anglesita) e clorofosfato de chumbo (piromorfita).

O chumbo entra no meio aquático através de precipitação, erosão e dissolução do solo através da água, descarga de esgoto municipal e industrial, devido a ação corrosiva sobre canalizações que contém esse metal, escoamento de matéria depositada no piso e em outras superfícies. Este metal pode ser contaminante das águas subterrâneas quando estas o incorporam a partir de suas jazidas ou quando misturados com resíduos líquidos de indústrias ou de minas.

O chumbo e seus compostos contaminam o meio ambiente em qualquer estágio de sua exploração, fundição e processos diversos.

Como não é elemento essencial nem faz parte do metabolismo humano, é perigoso quando presente em excesso no meio ambiente.
O chumbo não possui efeitos benéficos ou nutricionais desejáveis. Ele é um metal tóxico que tende a se acumular nos tecidos do homem e de outros animais produzindo uma toxicidade crônica ou aguda, podendo ser letal. Ele é altamente tóxico para peixes.

Este elemento atua sobre as enzimas que interferem na síntese do heme (núcleo prostético da hemoglobina) levando a alterações biológicas. O chumbo não excretado é depositado no esqueleto e em tecidos, produzindo distúrbios digestivos, neuro-musculares e encefalopáticos.

Altamente tóxico, constitui veneno cumulativo, provocando um envenenamento crônico chamado saturnismo, que consiste em efeito sobre o sistema nervoso central, com consequências bastante sérias.

Como o cádmio e o mercúrio, tem a propriedade de se acumular na cadeia alimentar (bioacumulativo).

## Cobre

O cobre (do latim – *cuprum*) é um metal de transição, de cor avermelhada, alta condutividade térmica e elétrica, maleável e dúctil. Apresenta quatro estados de oxidação: metálico ($Cu^0$); íon cuproso ($Cu^+$); íon cúprico ($Cu^{+2}$) e o íon trivalente ($Cu^{+3}$). Assim como o Ni, Zn e Pb, possui forte afinidade com o enxofre, formando minerais sulfetados sob condições redutoras. Nos processos supergênicos, em condições oxidantes, forma hidróxidos e carbonatos. Tem como principais minerais a calcopirita ($CuFeS_2$), calcocita ($Cu_2S$), bornita ($Cu_5FeS_4$), cuprita ($Cu_2O$), tetraedrita ($Cu_3SbS_3$), malaquita [$Cu_2CO_3(OH)$], azurita [$Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$] e o cobre nativo.

Algumas fontes de cobre para o meio ambiente incluem corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir de usos agrícolas do cobre como fungicida e pesticida no tratamento de solos e efluentes, além de precipitação atmosférica de fontes industriais.

É importante para a fotossíntese vegetal e essencial para a boa saúde humana, mas em excesso e exposições prolongadas pode causar irritações nas vias respiratórias, vertigem, náuseas e diarreias.

## Cromo

O cromo é um metal de cor cinza, duro, quebradiço, que apresenta pouca atração magnética, ocorrendo mais comumente como cromita ($FeCr_2O_4$). Apresenta estados de oxidação variando de zero a +6. Os estados de oxidação mais estáveis são $Cr^{3+}$ e $Cr^{6+}$.

O cromo é utilizado principalmente em ligas, por exemplo no aço inoxidável (Fe-C-Cr). Também na indústria química, na produção de pigmentos para tinta, e de refratários. É comumente utilizado em aplicações industriais e domésticas, como na produção de alumínio anodizado, explosivos, papel, fotografia.

Ele ocorre como contaminante das águas e dos sedimentos devido à poluição de despejos de curtumes, indústrias de cromatos, industrias de galvanoplastia, etc.

Em geral, as concentrações de cromo nas águas naturais são muito pequenas. As atividades de mineração e os processos industriais podem produzir elevadas concentrações de cromo na água.

Na forma trivalente o cromo é essencial ao metabolismo humano e, sua carência, causa doenças. Já na forma hexavalente é tóxico e cancerígeno. Os limites máximos são estabelecidos basicamente em função do cromo hexavalente.

**Mercúrio**

O mercúrio (do latim – *hydrargyrum*) é um metal de cor prateada, extremamente pesado, líquido à temperatura ambiente e sem odor. Raramente ocorre livre na natureza, é líquido em condições de temperatura ambiente. Seu principal mineral é o cinábrio (HgS). O mercúrio emite vapores perceptíveis mesmo a frio. Começa a evaporar em temperatura em torno de 40º C e o seu vapor não tem cor e nem cheiro.

Tem a propriedade de formar amálgamas (ligas) com diversos metais, como o ouro, prata e estanho. E bastante utilizado para amalgamar ouro nos garimpos.

A principal fonte natural de mercúrio é a própria massa terrestre e seu processo geotérmico. Encontra-se amplamente distribuído no meio ambiente.

Os sais de mercúrio mais importantes são: *cloreto de mercúrio (II)*; *cloreto mercuroso* ($Hg_2Cl_2$), chamado calomelano, que foi empregado como purgativo e vermífugo e utilizado no curtimento do couro, na proteção de madeira e como fungicida no tratamento de sementes e brilhos vegetais; *o fulminato de mercúrio* $[Hg(CNO)_2]$, utilizado como detonador em explosivos; o *tiocianato de mercúrio* $[Hg(SCN)_2]$, utilizado na produção de fogos de artifício, na fabricação de espoletas e como detonante de explosivos para emprego militar ou industrial e como intensificador de imagens na indústria fotográfica; e sulfeto de mercúrio (HgS), pigmento vermelho muito utilizado até meados do século XX (CETESB, 2012).

Possui duas características principais, que fazem dele um dos contaminantes ambientais mais importantes:

a. volatilidade;
b. biotransformação (propriedade de se acumular na cadeia alimentar).

O mercúrio ele tem a propriedade também de bioacumulação e biomagnificação. A bioacumulação é o processo pelo qual os seres vivos absorvem e retêm substâncias químicas no seu organismo quando a taxa de ingestão é maior ou igual à taxa de eliminação. O grau de bioacumulação de um poluente é influenciado por uma série de fatores que dependem do ecossistema. A biomagnificação é a propagação desse efeito resultante do acúmulo do contaminante nos tecidos dos organismos vivos, quando há a passagem por cada nível trófico da cadeia alimentar (Figura 9.90)[23].

[23] Fonte: https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/14/5/mercuacuterio-na-amazocircnia-a-bomba-reloacutegio-bioquiacutemica.

Quantidades mensuráveis deste metal têm sido encontradas em todos os lugares: no ar, água, solo, rochas, sedimentos, plantas, animais e homem. Parte é oriundo de fontes naturais e grande parte de atividades antropogênicas tais como: poluição industrial, garimpo e fungicidas.

O mercúrio tem sido objeto de intenso estudo nos últimos anos, não só pela capacidade que os organismos possuem de acumulação, como também pela utilização indiscriminada deste pelo homem, o que tem causado graves problemas ambientais e de saúde pública.

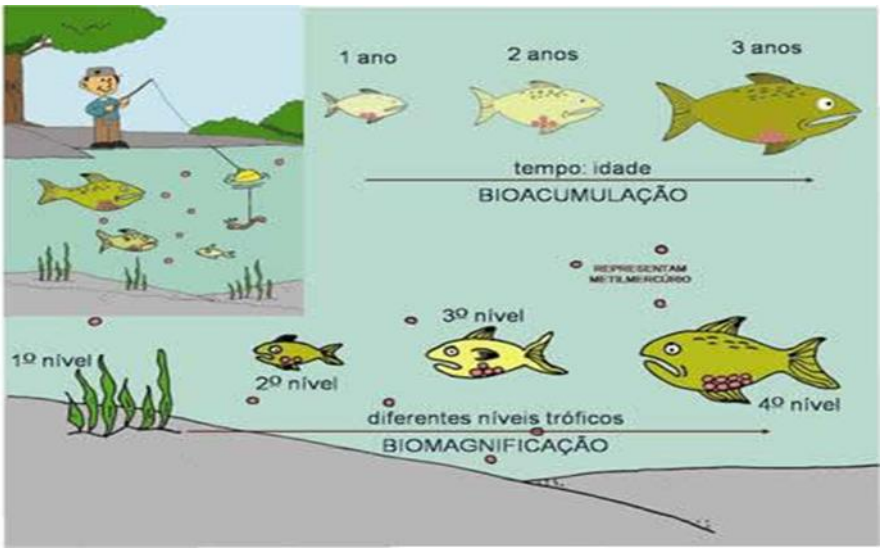



Figura 9-137 – Transporte e bioacumulação do Hg.

O mercúrio se apresenta sob vários estados de oxidação com números de valência 0, $1^+$, $2^+$, sendo que no meio ambiente podemos destacar as três formas químicas mais importantes, que são:

**- Mercúrio elementar**

A forma metálica sem carga ($Hg^0$) é a dominante na atmosfera (>80%), onde pode ter um tempo de residência de pelo menos alguns meses ou até de um a dois anos, tendendo a estar uniformemente distribuída na troposfera. O $Hg^0$ é oxidado na atmosfera a formas solúveis que tendem a se depositar.

**- Mercúrio inorgânico divalente (Hg2+)**

A forma divalente ($Hg^{2+}$) possui extrema afinidade por ligantes inorgânicos e orgânicos em organismos, especialmente os radicais sulfidrila de enzimas, inativando-as. A forte ligação do mercúrio com grupos $SH^-$ de proteínas reduz sua velocidade de excreção. O balanço líquido entre taxas de incorporação elevadas e taxas de excreção muito baixas leva à acumulação progressiva do mercúrio no organismo.

**- Mercúrio orgânico, principalmente o metil-mercúrio (CH3Hg+)**

O metil-mercúrio ($CH_3Hg^+$ ou $MeHg^+$) é solúvel em água onde pode se apresentar na forma de um complexo aquoso $CH_3HgOH_2^+$. O metil-mercúrio é bastante estável em ambientes aquáticos, tem grande afinidade tanto por lipídios como por grupos sulfidrila com os quais formam fortes ligações covalentes.

Pode ser formado a partir de $Hg^{2+}$ por inúmeros processos mediados biologicamente, mas também pelos abióticos, sendo que os primeiros têm maior importância, de uma forma global.

É altamente resistente à degradação ambiental, sendo muito vagarosamente degradado por organismos vivos.

A forma orgânica di-metilada ($(CH_3)_2Hg$ ou $Me_2Hg$) (volátil em águas alcalinas) tem baixa estabilidade em águas ácidas, tendendo a se quebrar formando $MeHg^+$.

O acúmulo do metil-mercúrio nas cadeias tróficas, aquática e terrestre, é um perigo potencial para o homem que consome certas espécies de peixes e crustáceos provindos de águas contaminadas e também certos pássaros que vivem em ambientes onde são empregados fungicidas à base de metil-mercúrio.

A figura a segui ilustra o ciclo do mercúrio no meio aquático.

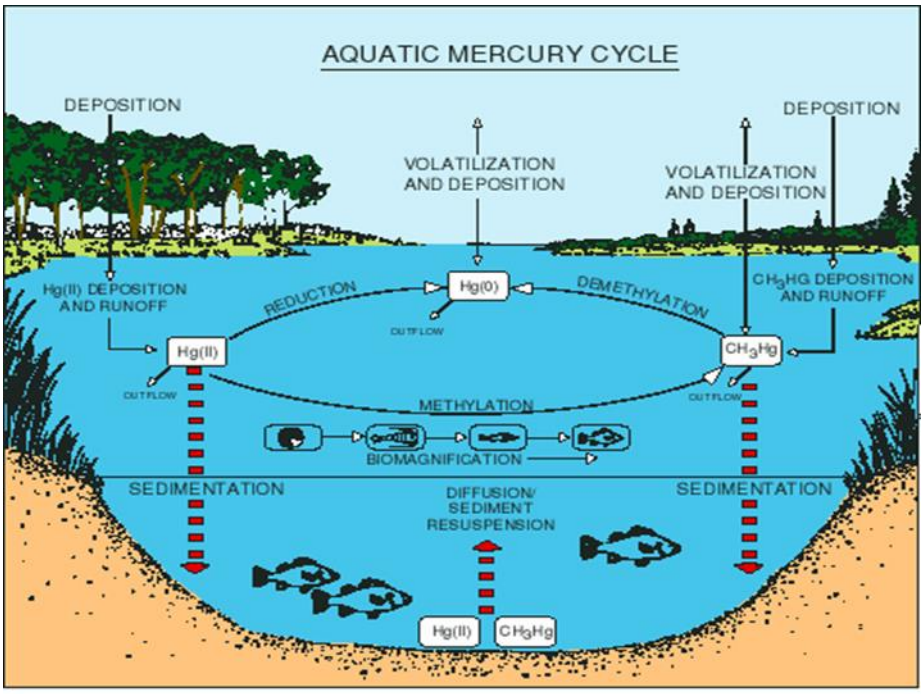



***Figure 6.*** *Mercury cycling pathways in aquatic environments are very complex. The various forms of mercury can be converted from one to the next; most important is the conversion to methylmercury ($CH_3Hg^+$), the most toxic form. Ultimately, mercury ends up in the sediments, fish and wildlife, or evades back to the atmosphere by volatilization. Reprinted with permission from Mercury Pollution: Integration and Synthesis. Copyright Lewis Publishers, an imprint of CRC Press.*

Figura 9-138 – Ciclo do mercúrio em ambientes naturais[24].

## Zinco

O zinco é também bastante utilizado em galvanoplastias na forma metálica e de sais tais como cloreto, sulfato, cianeto, etc. A presença de zinco é comum nas águas naturais, excedendo em um levantamento efetuado nos EUA a 20 $mg.L^{-1}$ em 95 dos 135 mananciais pesquisados. O zinco é um elemento essencial para o crescimento, porém, em concentrações acima de 5,0 $mg.L^{-1}$, confere sabor à água e certa opalescência à águas alcalinas.

Os efeitos tóxicos do zinco sobre os peixes são muito conhecidos, assim como sobre as algas. A ação desse íon metálico sobre o sistema respiratório dos peixes é semelhante à do níquel, anteriormente citada. As experiências com outros organismos aquáticos são escassas. Entretanto, é preciso ressaltar que o zinco em quantidades adequadas é um elemento essencial e benéfico para o metabolismo humano, sendo que a atividade da insulina e diversos compostos enzimáticos dependem da sua

[24] Fonte: https://wi.water.usgs.gov/mercury/mercury-cycling.html

presença. A deficiência do zinco nos animais pode conduzir ao atraso no crescimento. Nos EUA, populações consumindo águas com 11 a 27 $mg.L^{-1}$ não tiveram constatada qualquer anormalidade prejudicial à saúde. Os padrões para águas reservadas ao abastecimento público indicam 5,0 $mg.L^{-1}$ como o valor máximo permissível.

### 9.9.5.2 Parâmetros Microbiológicos

**Coliformes totais (bactérias do grupo coliforme)**

São bacilos gram-negativos, aeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a 35,0 ± 0,5ºC em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β – galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo (Figura 9-139).

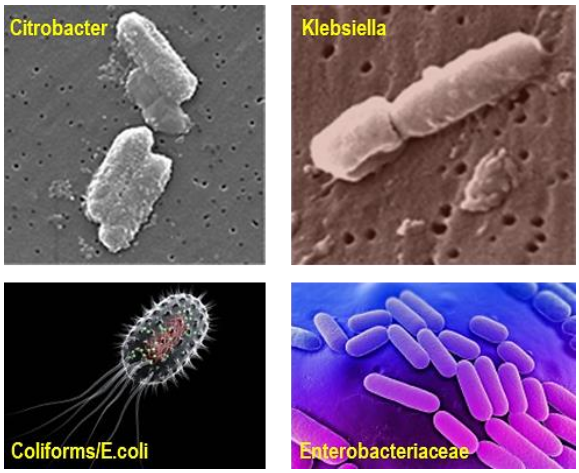



Figura 9-139 – Bactérias do grupo coliformes[25]

**Coliformes termotolerantes**

Segundo a DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008, os coliformes termotolerantes são bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima β-galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tensoativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44 - 45°C, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal.

Dentro dessa família, o subgrupo “Coliformes fecais” é constituído por bactérias aeróbicas, anaeróbicas facultativas, gram-negativas, sem formação de esporos e tendo como principal componente a bactéria *Escherichia coli* (Figura 9-140).

Fontes: http://biocontrolsys.com/products/targets/quality/; http://www.freedrinkingwater.com/water_quality/quality1/1-how-coliform-bacteria-affect-water-quality.htm

Figura 9-140 – *Escherichia coli* [26]

Ainda segundo a DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008, a *Escherichia coli (E.coli*) é uma bactéria pertencente à família *Enterobacteriaceae* caracterizada pela atividade da enzima-glicuronidase. Produz indol a partir do aminoácido triptofano. É a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas.

Os coliformes fecais não são considerados organismos patogênicos, porém a sua detecção na amostra é um indicador da existência potencial de agentes verdadeiramente patogênicos nas águas, tais como o vibrião colérico, o vírus da hepatite e bactérias patogênicas (*Salmonella*, outros).

#### 9.9.5.3 Índice de Qualidade das Águas - IQA

Índices de qualidade vêm sendo utilizados como representativos da qualidade de águas de superfície com vista ao tratamento convencional.

Um índice de qualidade é um valor calculado a partir dos parâmetros mais representativos da qualidade, com seus pesos relativos, ambos estabelecidos a partir de consulta de vários especialistas nas áreas relativas ao uso e qualidade da água. Ele indica a relativa qualidade da água em pontos geográficos e/ou ao longo do tempo.

Entre vários índices existentes para determinar a qualidade da água, um dos mais utilizados é o WQI (*Water Quality Index*), desenvolvido em 1970 pela NSF (*Nacional Sanitation Foundation*) dos Estados Unidos.

O índice de Qualidade das Águas – IQA incorpora parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas. Ele é calculado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20ºC), coliformes termotolerantes (fecais), nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez. Na falta de um dos nove parâmetros o índice é inviabilizado.

O IQA é calculado pelo produto ponderado da qualidade de água correspondente a cada parâmetro; matematicamente é expresso por:

$$IQA = \prod_{i=1}^{n} {q_i}^{w_i}$$

Onde:

[26] Fontes: https://www.livescience.com/64436-e-coli.html

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;
$q_i$: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade" (Figura 9-141), em função de sua concentração ou medida e
$w_i$: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

Sendo que:

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$$

Onde:
n: número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

No caso de não se dispor do valor de algum dos 9 parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100.

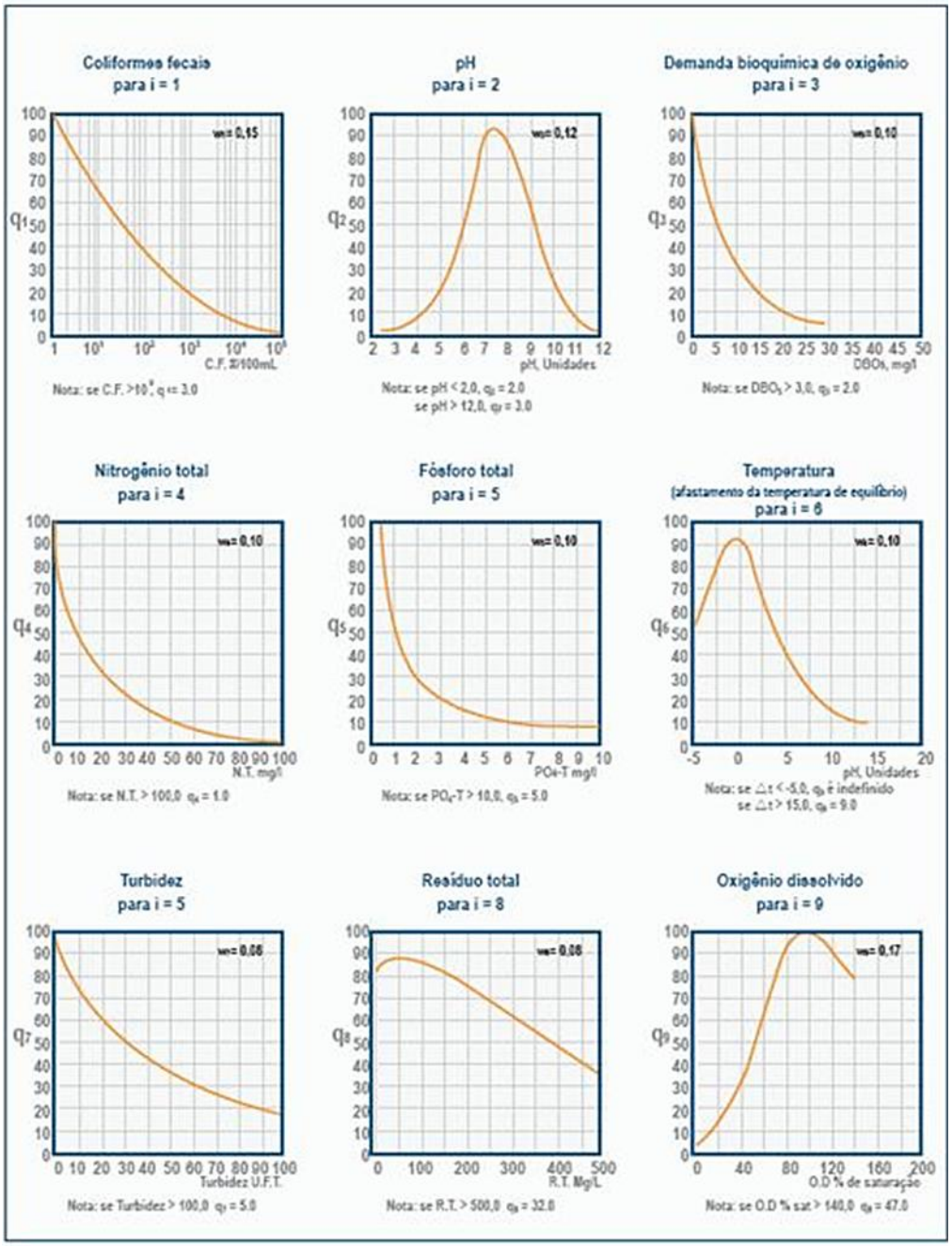



Figura 9-141 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas[27]

O índice de Qualidade de Água usa uma escala de 0 a 100 para taxar a qualidade da água, com 100 sendo a contagem mais alta (Figura 9-39).

[27] Fontes: http://qualidadedaaguanobrasil.blogspot.com

Tabela 9.60 - Níveis de qualidade das águas em função do valor de IQA[28]

| Nível de Qualidade | Valor IQA (CETESB) | Nível de Qualidade | Valor IQA (IGAM) |
|---|---|---|---|
| Ótima | 79 < IQA ≤ 100 | Excelente | 90 < IQA ≤ 100 |
| Boa | 51 < IQA ≤ 79 | Boa | 70< IQA ≤ 90 |
| Regular | 36 < IQA ≤ 51 | Média | 50< IQA ≤ 70 |
| Ruim | 19 < IQA ≤ 36 | Ruim | 25 < IQA ≤ 50 |
| Péssima | IQA ≤ 19 | Muito Ruim | 0 ≤ IQA ≤ 19 |

No presente estudo foram utilizadas duas planilhas de cálculo, sendo uma do Instituto de Gestão das Águas de Minas Gerais – IGAM[29] e uma segunda planilha com adaptação da Companhia Ambiental de São Paulo - CETESB[30]. A segunda planilha foi utilizada na primeira campanha, tendo em vista que não há resultado de nitrato, mas de nitrogênio total. Na segunda foi utilizada a planilha do IGAM.

### 9.9.6 Contextualização dos Pontos de Amostragem e Avaliação das Análises de Água por Ponto de Coleta e Medição de Vazão

A Figura 9-126 e a Figura 9-127 ilustram imagens de satélite e do IBGE exibindo a área do futuro empreendimento e os locais dos pontos de água superficial a serem avaliados no presente estudo.

Neste item será avaliada a qualidade das águas superficiais em córregos, ribeirões e rios inseridos nas AEL e AER do presente EIA. Serão avaliados 15 (quinze) pontos com relação a uma série de parâmetros físico-químicos e microbiológicos na primeira campanha e 14 (quatorze) na segunda campanha. Além disso, para cada ponto de monitoramento foi analisado o IQA utilizando-se a calculadora do IGAM[31].

A primeira campanha ocorreu nas datas 18/10/18 e 19/10/18 (estação chuvosa). No momento da coleta e em dias anteriores à mesma, ocorreram chuvas. Já a segunda campanha foi realizada nos dias 30 e 31/05/19 (estação seca). Nesta campanha não ocorreram chuvas, os dias estavam ensolarados.

A qualidade das águas de cada ponto de amostragem foi avaliada nas estações seca e chuvosa, com o objetivo de verificar a disponibilidade dos parâmetros analisados, uma vez que estes sofrem alteração em condições mais secas e mais úmidas.

Em períodos chuvosos, em geral parâmetros como sólidos, turbidez, DBO, nutrientes como os nitrogenados e fosfatados que são utilizados no cálculo do IQA sofrem uma elevação nos seus índices. Esta elevação ocorre em função do escoamento superficial das águas da chuva que aceleram a erosão de solos expostos em locais próximos aos cursos d'água, os quais são lixiviados e podem promover o aumento de parâmetros como turbidez e sólidos. Também podem promover um aumento de carga orgânica (DBO) e de nutrientes nitrogenados e fosfatados quando o escoamento superficial ocorre em áreas impermeabilizadas, pois promove a drenagem da carga orgânica das ruas e das galerias de esgoto sanitário para os cursos hídricos.

28 Fonte: http://www3.funceme.br/qualigraf/app/pagina/show/3
29 Fonte: http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/calculadora-de-iqa
30 Fonte: "Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Volume 1 da série Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Editora UFMG. 4a edição. 2014"
31 Fonte: http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/calculadora-de-iqa

No caso da estação seca, como o volume de água é menor, parâmetros como os nutrientes fósforo e nitrogênio, DBO, metais, podem apresentar teores mais elevados, como também podem diminuir os valores de sólidos e turbidez.

No campo foram mensurados os parâmetros temperatura do ar, temperatura da água e pH. Para a medição de pH e da temperatura foi utilizado o pHmetro DM – 2P da marca Digimed.

A metodologia de coleta das águas superficiais nos pontos pré-definidos foi a manual com arremesso de um balde amarrado a uma corda. Antes de se proceder a coleta da amostra de água para ser analisada, foi feito ambiente no balde com a água do local de coleta.

Em seguida a água do balde era transferida para os frascos de coleta. O tipo de frasco variou conforme o parâmetro a ser analisado.

Para o parâmetro oxigênio dissolvido, o frasco foi inserido verticalmente dentro do balde sem permitir a entrada de bolhas com o objetivo de evitar a entrada de oxigênio da atmosfera e consequentemente interferir no resultado.

Após completar o volume dos frascos previamente e devidamente rotulados pelo laboratório contratado para efetuar as análises físico-químicas e microbiológicas, estes eram tampados e acondicionados em caixas de isopor. Após o término da coleta as amostras foram encaminhadas para o laboratório de análise Visão Ambiental, devidamente credenciado.

#### 9.9.6.1 Metodologia de Medição de Vazão

Para a medição de vazão foram realizadas medições nas modalidades a vau utilizando molinete Gurley-Price, conforme normas usuais preconizadas por entidades responsáveis pela gestão de recursos hídricos.[32]

Nas medições com molinetes utilizaram-se verticais com espaçamentos específicos ao longo da seção transversal do leito do manancial de medida com frequência de um ponto de medidas de velocidade por vertical. A frequência depende da profundidade da vertical.

O método de cálculo consistiu em multiplicar a área do segmento entre duas profundidades por uma velocidade média ponderada.

Durante o período de duração das medições com molinete procurou-se realizá-las com manutenção do nível d'água sem variações bruscas.

As medições de vazão foram realizadas pela empresa contratada HDC Engenharia - HYDROLOGIC DATA COLLECTION Engenharia Ltda. A metodologia descrita acima foi extraída do relatório de janeiro de 2019 intitulado de Campanha de medições de descarga líquida nos pontos de monitoramento – Rio do Peixe Serro / MG.

[32] Fonte: HYDROLOGIC DATA COLLECTION Engenharia Ltda., 2019

### 9.9.6.2 Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais

A seguir serão contextualizados os 15 (quinze) pontos de monitoramento e discutidos os resultados de todos os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados.

Ressalta-se que para alguns pontos serão apresentados resultados das análises realizadas pela ARCADIS logos em 2014, na elaboração do EIA do Projeto Serro. Estes resultados foram extraídos do EIA, 2014.

### 9.9.6.3 Ponto 01 (HercS-HA-01) – Cabeceira do rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento

O ponto 01 (HercS-HA-01) está localizado na Cabeceira do rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento, cuja coordenada UTM é: 670594 (Leste) / 7954332 (Norte).

Este ponto fica a montante do empreendimento, ou seja, fora da bacia que o empreendimento vai realizar suas atividades minerárias, servindo como ponto de controle.

Ele está a 1,8 km a oeste do limite do Parque Pico do Itambé e a 5,8 km ao sul da nascente do rio do Peixe (em linha reta) ou 8,0 km pelo curso d'água (Figura 9-142).

A montante do ponto existe uma plantação de eucalipto, cerca de 60 metros. Em termos de comunidades, a mais próxima está a jusante, cerca de 640 metros do ponto. Também há pastagem de animais.

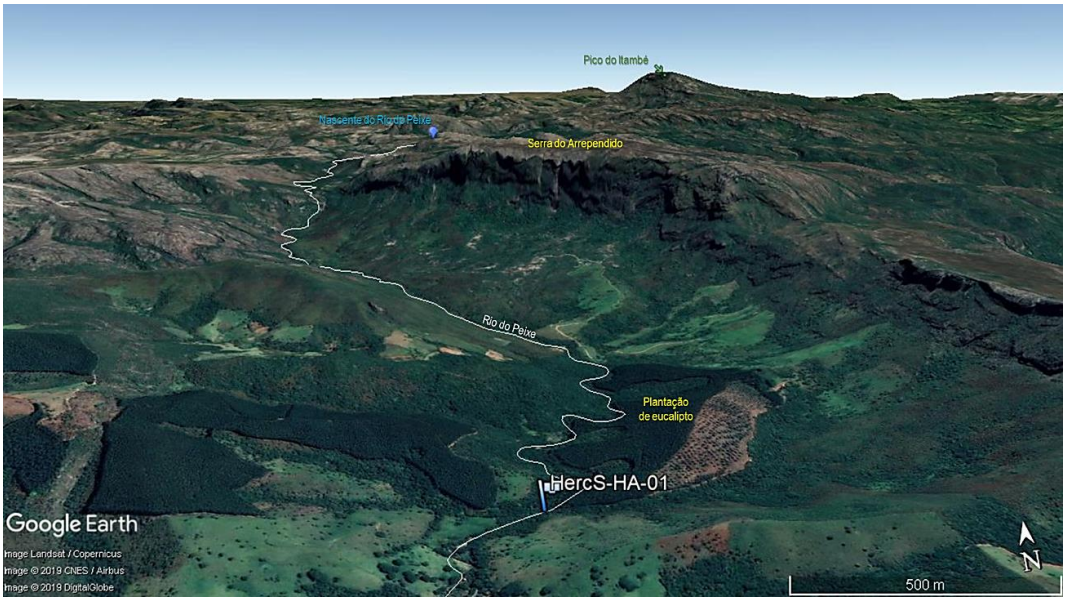



Figura 9-142 - Imagem satélite contendo a localização do ponto 01 (HercS-HA-01).

A vazão neste ponto localizado na cabeceira do rio do Peixe medida em 18/10/18 foi de 282,3 $m^3/h$ (0,078 $m^3/s$) e em 31/05/19 foi de 316,3 $m^3/h$ (0,088 $m^3/s$).

Ressalta-se que este ponto foi avaliado em duas campanhas, sendo as datas 18/10/18 e 31/05/19.

**Características visuais da água**

Em termos de qualidade visual da água no ponto 01 (HercS-HA-01), observa-se através das fotos da Figura 9-143 que nas datas 18/10/18 e 31/05/19 a água apresentava boa aparência, transparência, sem cor aparente e sem turbidez.

Nas duas margens do rio há presença de vegetação e no fundo presença de cascalho, tendo pouco sedimento.

18/10/18 (medição de vazão).

31/05/19 (medição de vazão).

Figura 9-143 - Detalhe da qualidade visual da água no local de coleta do ponto 01 (HercS-HA-01).

O quadro da Figura 9-144 apresenta fotos apresentando a qualidade visual da água a montante e jusante do local da amostragem efetuada no ponto de coleta HercS-HA-01 – Afluente de primeira ordem do rio do Peixe – Cabeceira nas datas 18/10/18 e 31/05/19, assim como das coletas de água.

Vista de montante do ponto (18/10/18)

Vista de jusante do ponto (18/10/18)

Vista de montante – 31/05/19

Vista de jusante – 31/05/19

Coleta em 31/05/19

31/05/19

Figura 9-144 - Vista de montante e jusante do local da coleta de água no ponto 01 (HercS-HA-01).

**Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas**

As águas do Ponto 01 (HercS-HA-01) foram enquadradas como classe 2, ou seja, "Águas destinadas: a - ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b - à proteção das comunidades aquáticas; c - à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d - à 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; e - à aquicultura e à atividade de pesca", conforme o Art. 4º da Seção I – das águas doces da DN CONJUNTA COPAM/CERH n.º 001/2008.

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas para as amostras de águas superficiais no ponto 01 (HercS-HA-01), realizadas nas datas 18/10/18 e 31/05/19, estão apresentados através da Tabela 9.61.

Em termos de qualidade das águas superficiais verificada nas duas datas 18/10/18 e 31/05/19 no ponto 01 (HercS-HA-01), verifica-se através dos resultados que todos os parâmetros acusaram valores em conformidade com os padrões estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 para as águas de Classe 2.

Em termos do índice de Qualidade das Águas – IQA com base nos dados obtidos para os nove parâmetros, pH, DBO, oxigênio dissolvido, fósforo total, nitrogênio total, sólidos totais, temperatura, coliformes termotolerantes (E. coli) e turbidez, os valores encontrados variaram de 80 (Estação chuvosa) a 79 (estação seca). De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM os valores obtidos para o IQA indicam águas de boa qualidade. Estes resultados são corroborados pelos valores detectados para todos os parâmetros avaliados, que estiveram abaixo dos seus limites máximos permitidos e também pela qualidade visual da água.

Os valores de pH medidos in loco nas datas 18/10/18 e 31/05/19 foram de 7,28 e 6,46, respectivamente, quando a faixa limite é de 6 a 9, ou seja, dentro da faixa limite indicando que as águas amostradas apresentavam características ligeiramente alcalinas e ligeiramente ácidas, respectivamente.

"O pH é muito influenciado pela quantidade de matéria morta a ser decomposta, sendo que quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH, pois para haver decomposição desse material, muitos ácidos são produzidos (como os ácidos húmicos). As águas conhecidas como "pretas" (por exemplo, o rio Negro, na Amazônia) possuem pH muito baixo, devido ao excesso de ácidos húmicos em solução.

O pH de um corpo d'água também pode variar, dependendo da área (no espaço) que este corpo recebe as águas da chuva, os esgotos e a água do lençol freático. Quanto mais ácido for o solo da Bacia, mais ácidas serão as águas deste corpo d'água. Por exemplo, um Cerrado, que tem excesso de alumínio, quando drenado, leva uma grande quantidade de ácidos para os corpos d'água, reduzindo o pH. Mais um bom motivo para se estudar todas as características da bacia hidrográfica antes de recolher amostras, pois a variável em questão, o pH, é muito influenciável pelo espaço e no tempo.

A acidificação das águas pode ser também gerada pela poluição atmosférica através da chuva ácida.

Pode também existir ambientes aquáticos naturalmente alcalinos em função da composição química das suas águas, é o exemplo de alguns lagos africanos onde o pH pode chegar a 10".

A condutividade elétrica da água acusou valores muito reduzidos de 17,17 e 16,18 µS.cm$^{-1}$, indicando presença de poucos íons dissolvidos nas águas amostradas, ou seja, baixa mineralização. Estes valores estão coerentes com as baixas concentrações detectadas para os sólidos dissolvidos (22 e <20 mg.L$^{-1}$). Nota-se uma redução nos valores da campanha chuvosa para campanha de seca.

De acordo com a literatura, a condutividade elétrica para as águas naturais varia de 0,5 a 2,0 µS.cm$^{-1}$ para água destilada, 10 a 100 µS.cm$^{-1}$ para as águas naturais e acima de 1000 µS.cm$^{-1}$ para águas poluídas.

Em relação aos parâmetros indicadores dos teores de sólidos e compostos dissolvidos nas águas, foram registrados baixos teores de sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis e turbidez, o que está de acordo com as características visuais das águas que no momento das coletas, encontravam-se transparentes, sem cor e sem turbidez aparente.

Os sólidos sedimentáveis apresentaram um valor inferior ao limite de quantificação do método utilizado (<0,5 mL.L$^{-1}$) nas duas coletas e os sólidos totais acusaram valores oscilando de <20 a 25,0 mg.L$^{-1}$. O valor mais alto ocorreu na estação chuvosa, devido ao carreamento de sólidos das margens.

Com base nestes resultados, verifica-se que os sólidos presentes nas águas do afluente do rio do Peixe - Cabeceira no local de coleta se apresentavam nas datas analisadas na sua maior parte, em sua forma dissolvida. Os teores reduzidos detectados para os sólidos dissolvidos estão coerentes com os baixos valores obtidos para a condutividade elétrica.

Como consequência do teor bastante reduzido encontrado para os sólidos suspensos (<20,0 mg.L$^{-1}$) nas duas campanhas, a turbidez também acusou índices bastante reduzidos de 1,91 e 2,94 UNT respectivamente, sendo muito inferiores ao limite máximo permitido de 100 UNT. Estes resultados corroboram as observações visuais da qualidade das águas no momento das coletas, onde verificou-se que não havia turbidez aparente e nem presença de sólidos em suspensão.

Através dos resultados obtidos para os sólidos nas duas campanhas, observa-se que mesmo com ocorrência de chuva no dia da coleta e nos dias anteriores, os sólidos foram bastante reduzidos.

A cor verdadeira apresentou valores de 69,16 e 32,23 mgPt.L$^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 75 mgPt.L$^{-1}$. Estes resultados estão de acordo com o observado no momento das coletas, onde as águas apresentavam-se sem cor aparente. Observa-se que na estação seca o valor sofreu uma queda significativa.

Os baixos teores de sólidos dissolvidos e a baixa presença de ferro e manganês contribuíram para reduzidos valores de cor.

"*A cor de uma água é consequência de substâncias dissolvidas. Quando pura, e em grandes volumes, a água é azulada. Quando rica em ferro, é arroxeada. Quando rica em manganês, é negra e, quando rica em ácidos húmicos, é amarelada. A medida da cor de uma água é feita pela comparação com soluções conhecidas de platina-cobalto ou com discos de vidro corados calibrados com a solução de platina-cobalto*".[33]

Em termos dos metais ferro e manganês, verifica-se através da Tabela 9.61 que o manganês nas suas formas total e solúvel apresentou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,05 $mg.L^{-1}$) nas duas campanhas de coleta, ou seja, inferior ao LMP de 0,1 $mg.L^{-1}$. O ferro solúvel acusou concentrações oscilando de 0,20 a 0,21 $mg.L^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 0,3 $mg.L^{-1}$ e o ferro total variou de 0,36 a 0,43 $mg.L^{-1}$.

A matéria orgânica carbonácea representada pela demanda bioquímica de oxigênio – DBO, apresentou um valor reduzido de <2,0 $mg.L^{-1}$ nas duas coletas, sendo inferior ao LMP de 5 $mg.L^{-1}$.

O oxigênio dissolvido – OD apresentou teores oscilando de 6,4 a 8,8 $mg.L^{-1}$, sendo superiores ao mínimo exigido de 5 $mg.L^{-1}$, indicando águas com boa oxigenação.

Sob o ponto de vista sanitário, o oxigênio dissolvido é um parâmetro de grande importância, pois está relacionado à sobrevivência de organismos aeróbios.

O oxigênio dissolvido é uma das formas mais importantes de se avaliar a qualidade das águas. Ele é um dos nove parâmetros necessários para se calcular o Índice de Qualidade das Águas – IQA. Águas com níveis muito baixos de oxigênio dissolvido são consideradas águas de qualidade inferior, eventualmente, poluídas por despejos contendo grande quantidade de matéria orgânica, onde há espécies que demandam oxigênio. Já as águas com níveis elevados de oxigênio são consideradas de boa qualidade.

Em termos dos nutrientes fósforo total e nitrogênio total, tem-se que ambos acusaram valores reduzidos. O nitrogênio total variou de <1,0 a <11,0 $mg.L^{-1}$ e o fósforo total de 0,011 a 0,084 $mg.L^{-1}$, sendo mais elevado na estação seca, provavelmente em função de um volume menor de água que leva a uma contração maior do nutriente. Em termos de nitrato, este não foi detectado.

A temperatura da água oscilou de 19,4 a 22,8ºC, valores estes que contribuem para uma boa oxigenação das águas.

No que se refere à qualidade sanitária das águas amostradas no ponto 01 (HercS-HA-01) atestou-se a presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. A presença destas bactérias na água indica uma contaminação fecal o que impossibilita um uso da água para consumo humano sem desinfecção.

Estes indicadores de contaminação fecal representam o potencial do corpo hídrico na transmissão de doenças. A determinação da potencialidade de uma água transmitir doenças é feita de forma indireta, através dos organismos indicadores de contaminação fecal, pertencentes, principalmente, ao grupo de coliformes (SPERLING, 2005).

[33] Fonte: http://www.anfarmag.com.br/files/artigo-tecnico/20130725_092325_12069.pdf

O parâmetro *E. coli* apresentou valores oscilando de 48,7 a 70 NMP.100 mL$^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 1000 NMP.100 mL$^{-1}$. Já os coliformes totais acusaram valores oscilando de 2419,6 a 11199 NMP.100 mL$^{-1}$. Para os coliformes totais não foi estabelecido um padrão legal.

Uma possível explicação para a presença das bactérias supracitadas é circulação ou permanência de animais da fauna local nos arredores do ponto HercS-HA-01.

Cabe lembrar que este ponto está inserido a montante do futuro empreendimento, servindo como ponto controle.

Tabela 9.61 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do Ponto 01 (HercS-HA-01), afluente do rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento.

| **PONTO 01 (HercS-HA-01) – AFLUENTE DO RIO DO PEIXE, A MONTANTE DO FUTURO EMPREENDIMENTO** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** rio | **Tipo de amostra:** Água superficial | | **Classe:** Classe 2 | | **Hora da coleta:** 16:05 e12:20 horas | | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos - LMP** |
| | | **18/10/18** | **31/05/19** | | | | |
| pH *in loco* | - | 7,28 | 6,46 | 6,46 | **6,87** | 7,28 | 6 - 9 |
| Cor verdadeira | mgPt.L$^{-1}$ | 69,16 | 32,23 | 32,23 | **50,7** | 69,16 | 75 |
| Turbidez | UNT | 1,91 | 2,94 | 1,91 | **2,43** | 2,94 | 100 |
| Condutividade elétrica | µS.cm$^{-1}$ | 17,17 | 16,18 | 16,18 | **16,7** | 17,17 | N.A. |
| Oxigênio dissolvido | mg.L$^{-1}$ | 6,4 | 8,8 | 6,4 | **7,6** | 8,8 | ≥5 |
| DBO $_{(5)}$ | mg.L$^{-1}$ | <2,0 | <2,0 | <2,0 | **<2,0** | <2 | 5 |
| Sólidos totais | mg.L$^{-1}$ | 25,0 | <20 | <20 | **22,5** | 25 | N.A. |
| Sólidos em suspensão | mg.L$^{-1}$ | <20,0 | <20 | <20 | **<20** | <20 | 100 |
| Sólidos dissolvidos | mg.L$^{-1}$ | 22 | <20 | <20 | **21** | 22 | 500 |
| Sólidos sedimentáveis | mg.L$^{-1}$ | <0,5 | <0,5 | <0,5 | **<0,5** | <0,5 | N.A. |
| Ferro solúvel | mg.L$^{-1}$ | 0,20 | 0,21 | 0,2 | **0,21** | 0,21 | 0,3 |
| Ferro Total | mg.L$^{-1}$ | 0,43 | 0,36 | 0,36 | **0,40** | <0,43 | N.A. |
| Manganês solúvel | mg.L$^{-1}$ | <0,05 | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | N.A. |
| Manganês total | mg.L$^{-1}$ | <0,05 | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,1 |
| Fósforo total | mg.L$^{-1}$ | 0,011 | 0,084 | 0,011 | **0,048** | 0,084 | 0,1 |
| Nitrogênio total | mg.L$^{-1}$ | <1,0 | <11,0 | <1,0 | **<6,0** | <11,0 | N.A. |
| Nitrato | mg.L$^{-1}$ | ND | <0,113 | <0,113 | **<0,113** | <0,113 | 10 |
| Temperatura da água *in loco* | ºC | 22,8 | 19,4 | 19,4 | **21,1** | 22,8 | N.A. |
| Coliformes totais | NMP.100 mL$^{-1}$ | 11199 | 2419,6 | 2419,6 | **6809** | 11199 | N.A. |
| *Escherichia coli* | NMP.100 mL$^{-1}$ | 70 | 48,7 | 48,7 | **59,4** | 70 | 1000 |
| *Vazão* | m$^3$/h | 282,3 | 316,3 | 282,3 | **299,3** | 316,3 | - |
| *IQA* | - | 80 | 79 | 79 | **79,5** | 80 | Excelente 90<IQA≤100<br>Boa 70<IQA≤90<br>Média 50<IQA≤70<br>Ruim 25<IQA≤50<br>Muito ruim 0<IQA≤25 |
| **Responsáveis Técnicos:** Rodrigo Antônio de Pontes – CRQ 02301056 2ª Região **Laboratório:** Visão Ambiental.<br>**Obs.:** Altitude: 776 m; $T_{Ar}$ = 24ºC Chuva fina. Ocorrência de chuvas antes da coleta. Na data 31/05/19 o tempo estava de sol, sem chuvas. N.A. – Não aplicável | | | | | | | |

### 9.9.6.4 Ponto 02 (HercS-HA-02) – Rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento

O Ponto 02 (HercS-HA-02) está localizado no rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento, cuja coordenada UTM é: 667654 (Leste) / 7948657 (Norte).

Este ponto fica a montante do empreendimento, ou seja, fora da bacia que o empreendimento vai realizar suas atividades minerárias, servindo como ponto de controle. A bacia que poderá sofrer algum impacto é a do rio Guanhães.

Ele está a 2,4 km a oeste do limite da ADA, mais precisamente da cava e da disposição de itabiritos (Figura 9-145).

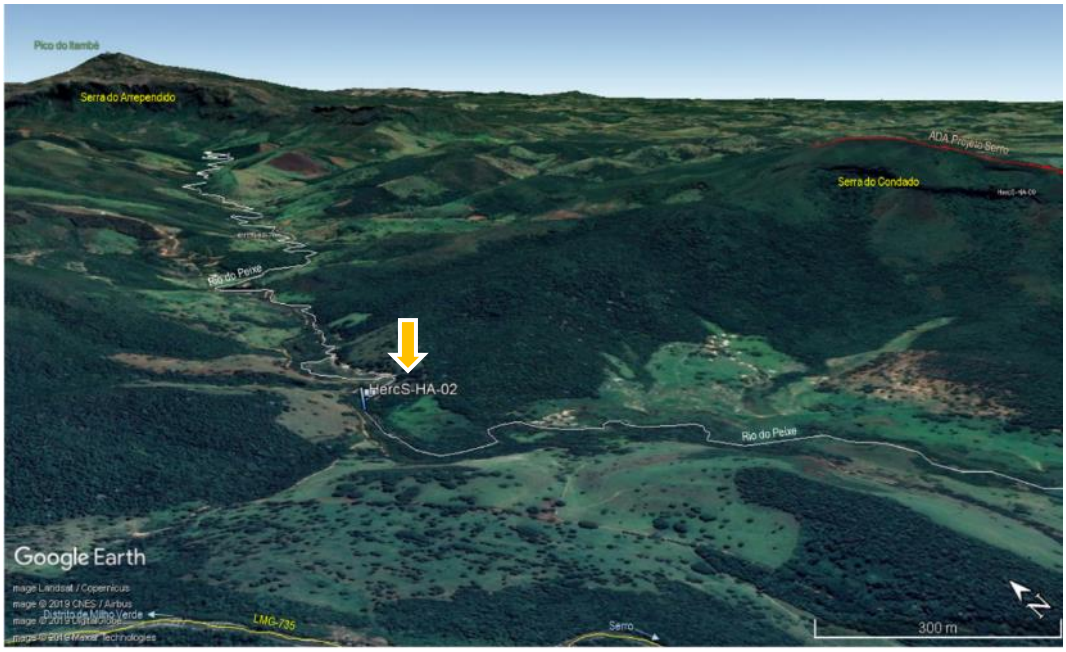



Figura 9-145 - Imagem satélite contendo a localização do ponto 02 (HercS-HA-02).

A vazão neste ponto do rio do Peixe medida em 18/10/18 foi de 1006,0 $m^3/h$ (0,279 $m^3/s$); 462,4 $m^3/h$ (0,128 $m^3/s$) em 31/05/19 e 580,3 $m^3/h$ (0,161 $m^3/s$) em 21/07/21.

**Características visuais da água**

Em termos de qualidade visual da água no ponto P02 (HercS-HA-02) nas datas 18/10/18, 31/05/19 e 21/07/21, é possível verificar através da Figura 9-146 e da Figura 9-147 que a água apresentava boa aparência, sem cor aparente, sem turbidez e com transparência. Nas duas margens do rio há presença vegetação.

No fundo do rio no local de coleta há presença de sedimento de cor clara e não há presença de pedras, cascalhos.

.

Figura 9-146 - Detalhe da qualidade visual da água do ponto 02 (HercS-HA-02) em 18/10/18..

Figura 9-147 - Detalhe da qualidade visual da água do ponto 02 (HercS-HA-02) em 21/07/21.

As figuras a seguir apresentam uma sequência de fotos detalhando os locais próximos ao ponto de coleta HercS-HA-02 (Rio do Peixe, a Montante do Futuro Empreendimento) nas campanhas de 18/10/18 e 21/07/21.

Local próximo ao ponto de coleta.

Local próximo ao ponto de coleta. Muita vegetação e folhas no chão.

Vista de montante do ponto de coleta.

Vista de jusante do local de coleta – 18/10/18.

Figura 9-148 - Fotos do local de coleta em 18/10/18 no rio do Peixe (Ponto 02 - HercS-HA-02).

Local de coleta – 18/10/18

Figura 9-149 - Fotos do local de coleta em 18/10/18 no rio do Peixe (Ponto 02 - HercS-HA-02).

Coleta de água no ponto HercS-HA-02 em 21/07/21.

Coleta de água no ponto HercS-HA-02 em 21/07/21.

Figura 9-150 - Fotos do local de coleta em 21/07/21 no rio do Peixe (Ponto 02 - HercS-HA-02).

## Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas

As águas do ponto P02 (HercS-HA-02) foram enquadradas como classe 2, ou seja, “Águas destinadas: a - ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b - à proteção das comunidades aquáticas; c - à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d - à 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; e - à aquicultura e à atividade de pesca”, conforme o Art. 4º da Seção I – das águas doces da DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008.

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas para as amostras de águas superficiais no Ponto 02 (HercS-HA-02), realizadas nas datas 18/10/18, 31/05/19 e 21/07/21 estão apresentados através da Tabela 9.62.

Também serão apresentados resultados das coletas ocorridas nos meses de janeiro, junho e dezembro de 2012, extraídos dos estudos efetuados pela Arcadis logos S.A. para a elaboração do EIA do Projeto Serro para Anglo American, finalizado em novembro de 2014. As análises foram realizadas pelo laboratório Analalytical Solutions, acreditado pelo Inmetro, conforme ABNT ISO 17025:2005.

Cabe ressaltar que o ponto AA01, Rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento avaliado pela Arcadis em 2014, coincide com o ponto P02 (HercS-HA-02 – Rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento) analisado no presente estudo.

Em termos de qualidade das águas superficiais verificada nas três datas analisadas no ponto 02 (HercS-HA-02), verifica-se através dos resultados que todos os parâmetros acusaram valores em conformidade com os padrões estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 para as águas de Classe 2, com exceção de ferro solúvel e fósforo total.

Através da Tabela 9.62 observa-se que vários parâmetros acusaram valores inferiores aos seus limites de quantificação, tais como: DBO, sólidos suspensos, nitrogênio total, nitrato, nitrito, óleos e graxas, ABS, fenóis, alumínio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, manganês total e solúvel, mercúrio e zinco, sendo, portanto, inferiores aos seus limites máximos permitidos.

Em termos do índice de Qualidade da Água – IQA, para este ponto foram detectados valores oscilando de 71 (estação seca) a 79 (estação chuvosa). De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM estes resultados indicam águas de boa qualidade. Estes resultados são corroborados pelos valores detectados para todos os parâmetros avaliados, que estiveram abaixo dos seus limites máximos permitidos, com exceção do ferro solúvel e fósforo total.
Os valores de pH medidos in loco oscilaram de 6,05 a 7,77, quando a faixa limite é de 6 a 9, ou seja, dentro da faixa limite, indicando que as águas amostradas apresentaram características de ligeiramente ácida a ligeiramente alcalina nas três datas avaliadas.

As amostras analisadas em 2012 pela Anglo American (Tabela 9.63) acusaram valores de pH oscilando de 6,15 a 6,48, ou seja, dentro da faixa limite, indicando águas ligeiramente ácidas.

A condutividade elétrica da água acusou valores muito reduzidos, onde oscilaram de 15,67 a 71,3 $\mu S.cm^{-1}$, indicando presença de poucos íons dissolvidos nas águas amostradas, ou seja, baixa mineralização. Estes valores estão coerentes com os teores reduzidos detectados para os sólidos dissolvidos (26 a 30 $mg.L^{-1}$). Os resultados obtidos em 2012, também acusaram valores reduzidos oscilando de 6 a 11 µS.cm-1, também indicando águas com baixa mineralização.

Enquanto as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 µS/cm, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até 1000 µS/cm.

Em relação aos parâmetros indicadores dos teores de sólidos e compostos dissolvidos nas águas, foram registrados baixos teores de sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis e turbidez, o que está de acordo com as características visuais das águas que no momento das coletas se encontravam transparentes, sem cor e sem turbidez aparente.

Os sólidos suspensos apresentaram um teor inferior ao limite de quantificação (L.Q) do método de análise (<20 $mg.L^{-1}$) nas três datas de coleta, ou seja, inferior ao Limite Máximo Permitido – LMP de 100 $mg.L^{-1}$. Este comportamento também foi observado nas coletas de 2012, onde os sólidos suspensos acusaram um valor também inferior ao limite de quantificação do método de análise.

Como consequência dos teores bastante reduzidos encontrados para os sólidos suspensos (<20,0 $mg.L^{-1}$), a turbidez também acusou índices reduzidos oscilando de 3,29 a 4,17 UNT, sendo muito inferiores ao limite máximo permitido de 100 UNT. Estes resultados corroboram as observações visuais da qualidade das águas no momento das coletas, onde verificou-se que não havia turbidez aparente e nem presença de sólidos em suspensão.

A turbidez nas coletas de 2012 também acusou índices bem reduzidos, oscilando de 2,21 a 14,6 UNT.

Os sólidos dissolvidos acusaram teores oscilando de 26 a 30 $mg.L^{-1}$, sendo considerados valores bem reduzidos se comparados com o LMP de 500 $mg.L^{-1}$, corroborando o verificado in loco, águas com boa aparência, transparente. Observa-se que mesmo na estação chuvosa os sólidos foram bem reduzidos.

Os sólidos dissolvidos obtidos nos meses de janeiro, junho e dezembro de 2012, também foram bastante reduzidos e inferiores ao LMP, quando oscilaram de inferior ao limite de quantificação do método de análise (< L.Q a 41 $mg.L^{-1}$).

Os sólidos sedimentáveis apresentaram teores oscilando de inferior ao limite de quantificação do método utilizado (<0,5 $mL.L^{-1}$) a 0,5 $mL.L^{-1}$ nas três datas de coleta e os sólidos totais acusaram valores oscilando de 26 a 37,0 $mg.L^{-1}$. Em 2012, este parâmetro não foi avaliado.

Com base nestes resultados, verifica-se que os sólidos presentes na água do rio do Peixe no local de coleta se apresentavam nas datas analisadas na sua maior parte, em sua forma dissolvida. Os teores reduzidos detectados para os sólidos dissolvidos estão coerentes com baixos valores encontrados para condutividade elétrica.

A cor apresentou índices oscilando de 14,49 a 61,9 $mgPt.L^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 75 $mgPt.L^{-1}$. Estes resultados estão de acordo com o observado no momento das coletas, onde as águas apresentavam-se sem cor aparente.

Os baixos teores de sólidos dissolvidos e a ausência de manganês contribuíram para baixos índices de cor.

“A cor de uma água é consequência de substâncias dissolvidas. Quando pura, e em grandes volumes, a água é azulada. Quando rica em ferro, é arroxeada. Quando rica em manganês, é negra e, quando rica em ácidos húmicos, é amarelada. A medida da cor de uma água é feita pela comparação com soluções conhecidas de platina-cobalto ou com discos de vidro corados calibrados com a solução de platina-cobalto”.

Em termos dos metais ferro e manganês, verifica-se que o manganês solúvel e o manganês total acusaram concentrações inferiores aos limites de quantificação do método de análise (<0,05 $mg.L^{-1}$) e inferiores ao LMP de 0,1 $mg.L^{-1}$.

Já o ferro solúvel acusou teores oscilando de 0,41 a 1,31 $mg.L^{-1}$, sendo superiores ao LMP de 0,3 $mg.L^{-1}$ e o ferro total teores variando de 1,11 a 2,02 $mg.L^{-1}$. Observa-se que o teor mais elevado de

ferro solúvel ocorreu na estação seca, isto porque com um menor volume de água, há uma maior concentração dos metais existentes na água.

O teor de ferro acima do LMP ocorrido nas datas 18/10/18, 31/05/19 e 21/07/21, assim como no mês de dezembro de 2012 (1,337 $mg.L^{-1}$), podem estar relacionados a geologia do local, uma vez que a área de estudo é predominantemente rural e não existem fontes que poderiam estar contribuindo para o aumento da ocorrência deste metal.

Em termos de potencial redox (Eh) o resultado obtido na data 21/07/21 foi positivo (oxidado), sendo um valor de 2,6 mV.

O ferro é um metal e pode ocorrer na natureza nos estados de oxi-redução +2 e +3. O comportamento geoquímico do ferro e sua solubilidade na água dependem fortemente do estado de oxidação e redução da solução e do pH. Na forma iônica ou complexada (divalente ou trivalente) o ferro (Fe) pode ocorrer dissolvido, em estado coloidal ou disperso na água. Ocorre na forma iônica se a água estiver livre de oxigênio ou seu pH estiver abaixo de 3. Em valores de pH acima de 3, íons ferrosos são convertidos a óxido hidratado fracamente solúvel e em pH acima de 8, íons ferrosos são parcialmente convertidos a hidróxido de ferro (II) solúvel (SOARES et al., 2008 apud FRESENIUS et al., 1988).

Com base nos resultados de Eh (2,6 mV) e pH 6,82, verifica-se que o ferro presente na água na data 21/07/21 se encontra nas formas $Fe^{+2}$ e $Fe(OH)_3$.

Cabe ressaltar que este ponto está a montante do futuro empreendimento, servindo como ponto controle.

Quanto aos demais metais avaliados, incluindo os metais tóxicos (não essenciais) tais como cádmio, mercúrio e chumbo, tem-se que todos acusaram teores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação do método analítico utilizado e inferiores aos seus limites máximos permitidos.

Os metais cádmio, chumbo e mercúrio também não foram detectados nas datas avaliadas em 2012. Neste ano, o cobre solúvel acusou teores oscilando de inferior ao limite de quantificação do método de análise (< LQ a 0,034 $mg.L^{-1}$, sendo superior ao LMP de 0,009 $mg.L^{-1}$ no mês de dezembro de 2012.

O alumínio dissolvido em 2012 acusou teores oscilando de < L.Q. a 0,121 $mg.L^{-1}$, sendo o LMP de 0,1 $mg.L^{-1}$. Observa-se que o alumínio passou de detectado em 2012 a uma condição de não detectável na data 21/07/21.

A matéria orgânica carbonácea representada pela demanda bioquímica de oxigênio – DBO, apresentou um valor reduzido de <2,0 $mg.L^{-1}$ nas duas datas de coleta, sendo inferior ao LMP de 5 $mg.L^{-1}$. Em 2012, somente em janeiro foi detectada a DBO.

A DBO constitui-se um importante parâmetro na composição dos índices de qualidade das águas. Trata-se de um indicador que determina indiretamente a concentração de matéria orgânica biodegradável através da demanda de oxigênio exercida por microrganismos através da respiração.

O oxigênio dissolvido – OD apresentou teores oscilando de 7,2 a 8,5 $mg.L^{-1}$, sendo superiores ao mínimo exigido de 5 $mg.L^{-1}$, indicando águas com boa oxigenação. Em 2012, as águas também se encontravam bem oxigenadas, apresentando teores oscilando de 6,42 a 8,4 $mg.L^{-1}$.

Sob o ponto de vista sanitário, o oxigênio dissolvido é um parâmetro de grande importância, pois está relacionado à sobrevivência de organismos aeróbios.

A concentração de oxigênio presente na água vai variar de acordo com a pressão atmosférica (altitude) e com a temperatura do meio. Águas com temperaturas mais baixas têm maior capacidade de dissolver oxigênio; já em maiores altitudes, onde é menor a pressão atmosférica, o oxigênio dissolvido apresenta menor solubilidade.

O oxigênio proveniente da atmosfera dissolve-se nas águas naturais, devido à diferença de pressão parcial. Este mecanismo é regido pela Lei de Henry, que define a concentração de saturação de um gás na água, em função da temperatura: CSAT = $\alpha$.pgás onde $\alpha$ é uma constante que varia inversamente proporcional à temperatura e pgás é a pressão exercida pelo gás sobre a superfície do líquido. No caso do oxigênio, ele é constituinte de 21% da atmosfera e, pela lei de Dalton, exerce uma pressão de 0,21 atm. Para 20°C, por exemplo, $\alpha$ é igual a 43,9 e, portanto, a concentração de saturação de oxigênio em uma água superficial é igual a 43,9 x 0,21 = 9,2 $mg.L^{-1}$.

Em termos de nutrientes tem-se que o nitrogênio total acusou teores inferiores aos limites de detecção do método de análise (<1,0 e <11 $mg.L^{-1}$). As formas reduzida (nitrito) e oxidada (nitrato) do nitrogênio acusaram teores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação nas três datas de coleta.

O nitrogênio amoniacal analisado em 2012, oscilou de <L.Q. a 0,17 $mg.L^{-1}$. Para este parâmetro não foi estabelecido um LMP.

O fósforo, tem grande importância nos sistemas biológicos. Na maioria das águas continentais o fósforo é o principal fator limitante de sua produtividade. Além disso, tem sido apontado como o principal responsável pela eutrofização destes ecossistemas (ESTEVES, 1998).

O fósforo total acusou teores oscilando de <0,010 a 0,163 $mg.L^{-1,}$ quando o LMP é de 0,1 $mg.L^{-1}$. O teor que superou o LMP ocorreu em 31/05/19 (estação seca). Apesar de o fósforo ter acusado um valor acima do LMP na data 31/05/19, não há indícios de um processo de eutrofização. O fato de o nitrogênio total não ter sido detectado nesta data, também contribui para a condição do curso d'água de não eutrofizado. O nitrato que é a forma oxidada do nitrogênio também não foi detectado.

A temperatura da água oscilou de 16,7 a 24,1ºC, valores estes que contribuem para uma boa oxigenação das águas.

A temperatura da água é um dos fatores ecológicos mais importantes para os peixes, sendo que a tolerância a temperaturas extremas depende da espécie, do estágio de desenvolvimento e do período de aclimatação a que foram submetidos os organismos. Os organismos aquáticos são afetados por temperaturas fora de seus limites de tolerância térmica, o que causa impactos sobre seu crescimento e reprodução.

A temperatura também influencia vários parâmetros físico-químicos da água, tais como a tensão superficial, oxigênio dissolvido e a viscosidade

Todos os corpos d'água apresentam variações de temperatura ao longo do dia e das estações do ano. No entanto, o lançamento de efluentes com altas temperaturas pode causar impacto significativo nos corpos d'água. Um exemplo, são as usinas nucleares onde é necessário que se colete água de alguma fonte para resfriar as torres onde ocorrem as reações de fissão nuclear.

Os óleos e graxas, surfactantes e fenóis acusaram teores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação dos métodos de análise (<10,0; <0,10 e <0,003 mg.L$^{-1}$), sendo também inferiores aos seus respectivos limites máximos permitidos (virtualmente ausentes, 0,5 mg.L$^{-1}$ e 0,003 mg.L$^{-1}$).

Em termos de indicadores da qualidade sanitária das águas, tem-se as bactérias. Os rios, os córregos, são habitados por muitos tipos de bactérias, assim como várias espécies de peixes e algas. Essas bactérias são de grande importância, porque ao se alimentarem de matéria orgânica, elas consomem toda a carga poluidora que lhe é lançada, sendo assim as principais responsáveis pela autodepuração dos rios.

Os organismos mais comumente utilizados para esta finalidade, são as bactérias do grupo coliformes. A presença destas bactérias nas águas de um rio significa que este recebeu matérias fecais, ou esgotos. As bactérias do grupo coliformes não causam doenças. Elas servem para indicar se ocorreu um lançamento de esgoto no curso d'água.

No que se refere à qualidade sanitária das águas amostradas no ponto 02 (HercS-HA-02) atestou-se a presença de coliformes totais, *Escherichia coli* e *Enterococcus faecium* e *faecalis*. Estes indicadores de contaminação fecal representam o potencial do corpo hídrico na transmissão de doenças. Sendo assim, se faz necessário um tratamento convencional da água antes da sua utilização para consumo humano.

Apesar da presença das bactérias nas águas amostradas, a *E. coli*, a qual é a única que tem um limite máximo permitido estabelecido pela legislação vigente, esteve abaixo do mesmo em todas as coletas.

O parâmetro *E. coli* apresentou valores oscilando de 148 a 178,9 NMP.100 mL$^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 1000 NMP.100 mL$^{-1}$. Já os coliformes totais acusaram valores oscilando de 7701 a >2419,6 NMP.100 mL$^{-1}$.

Em 2012, foram avaliados os coliformes termotolerantes, por serem estes representantes principais das bactérias de origem fecal humana e animal. Os resultados foram inferiores ao LMP de 1000 NMP.100 mL$^{-1}$ para águas de classe 2.

Uma possível explicação para a presença das bactérias supracitadas é circulação ou permanência de animais da fauna local.

O ponto de coleta P02 (HercS-HA-02) está localizado a montante do futuro empreendimento, servindo como ponto controle.

Tabela 9.62 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P02 (HercS-HA-02), Rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento.

| **PONTO 02 (HercS-HA-02) – RIO DO PEIXE, A MONTANTE DO FUTURO EMPREENDIMENTO** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** rio | **Tipo de amostra:** água superficial | | **Classe:** Classe 2 | | | **Hora da coleta:** 11:40; 11:30 e 9:26 horas | | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos - LMP** |
| | | **18/10/18** | **31/05/19** | **21/07/21** | | | | |
| pH *in loco* | - | 7,77 | 6,05 | 6,82 | 6,05 | **6,88** | 7,77 | 6 - 9 |
| Cor verdadeira | mgPt.L$^{-1}$ | 61,9 | 14,49 | 31,21 | 14,49 | **22,85** | 61,9 | 75 |
| Turbidez | UNT | 3,29 | 4,17 | 4,30 | 3,29 | **3,92** | 4,3 | 100 |
| Condutividade elétrica | µS.cm$^{-1}$ | 21,7 | 71,3 | 15,67 | 15,67 | **36,22** | 71,3 | N.A. |

| PONTO 02 (HercS-HA-02) – RIO DO PEIXE, A MONTANTE DO FUTURO EMPREENDIMENTO | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** rio | **Tipo de amostra:** água superficial | | | **Classe:** Classe 2 | | | **Hora da coleta:** 11:40; 11:30 e 9:26 horas | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos - LMP** |
| | | **18/10/18** | **31/05/19** | **21/07/21** | | | | |
| Oxigênio dissolvido | $mg.L^{-1}$ | 7,2 | 8,5 | 8,3 | 7,2 | **8,0** | 8,5 | >5 |
| DBO (5) | $mg.L^{-1}$ | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | **<2,0** | <2,0 | 5 |
| Sólidos totais | $mg.L^{-1}$ | 32 | 26 | 37 | 26 | **31,7** | 37 | N.A. |
| Sólidos em suspensão | $mg.L^{-1}$ | <20 | <20 | <20 | <20 | **<20** | <20 | 100 |
| Sólidos dissolvidos | $mg.L^{-1}$ | 29 | 26 | 30 | 26 | **28,3** | 30 | 500 |
| Sólidos sedimentáveis | $mg.L^{-1}$ | <0,5 | <0,5 | 0,5 | <0,5 | **0,5** | 0,5 | N.A. |
| Fósforo total | $mg.L^{-1}$ | 0,020 | 0,163 | <0,010 | <0,01 | **0,06** | 0,163 | 0,1 (Lótico) |
| Nitrogênio total | $mg.L^{-1}$ | <1,0 | <11,0 | <11,0 | <1,0 | **<7,7** | <11,0 | N.A. |
| Nitrato | $mg.L^{-1}$ | ND | <0,113 | <0,113 | <0,113 | **<0,113** | <0,113 | 10 |
| Nitrito | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,030 | <0,030 | **<0,030** | <0,030 | 1 |
| Sulfato | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | 5,27 | 5,27 | **5,27** | 5,27 | 250 |
| Óleos e graxas | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <10,0 | <10,0 | **<10,0** | <10,0 | Virtualmente ausentes |
| Surfactantes aniônicos (MBAS) | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,10 | <0,10 | **<0,10** | <0,10 | 0,5 |
| Fenol total | mg.L-1 | ND | ND | <0,003 | <0,003 | **<0,003** | <0,003 | 0,003 |
| Temperatura da água in loco | ºC | 24,1 | 20,9 | 16,7 | 16,7 | **20,6** | 24,1 | N.A. |
| Alumínio solúvel | mg.L-1 | ND | ND | <0,100 | <0,100 | **<0,100** | <0,100 | 0,100 |
| Cádmio total | mg.L-1 | ND | ND | <0,001 | <0,001 | **<0,001** | <0,001 | 0,001 |
| Chumbo total | mg.L-1 | ND | ND | <0,010 | <0,010 | **<0,010** | <0,010 | 0,010 |
| Cobre solúvel | mg.L-1 | ND | ND | <0,005 | <0,005 | **<0,005** | <0,005 | 0,009 |
| Cromo total | mg.L-1 | ND | ND | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,05 |
| Ferro solúvel | mg.L-1 | 0,41 | 0,49 | 1,31 | 0,41 | **0,74** | 1,31 | 0,3 |
| Ferro Total | mg.L-1 | 1,12 | 1,11 | 2,02 | 1,11 | **1,42** | 2,02 | N.A. |
| Manganês total | mg.L-1 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,1 |
| Manganês solúvel | mg.L-1 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | N.A. |
| Mercúrio total | mg.L-1 | ND | ND | <0,0002 | <0,0002 | **<0,0002** | <0,0002 | 0,0002 |
| Zinco total | mg.L-1 | ND | ND | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,05 |
| Coliformes totais | NMP.100 mL-1 | 7701 | >2419,6 | 6488,0 | 2419,6 | **5536,2** | 7701 | N.A. |
| Escherichia coli | NMP.100 mL-1 | 148 | 178,9 | 168,0 | 148 | **165,0** | 178,9 | 1000 |
| Enterococcus faecalis e faecium | NMP.100 mL-1 | - | - | 45,5 | 45,5 | **45,5** | 45,5 | N.A. |
| Vazão | m3/h | 1006,0 | 462,4 | 580,3 | 462,4 | **682,9** | 1006,0 | N.A. |
| IQA | - | 79 | 71 | 77 | 71 | **76** | 79 | Excelente 90<IQA≤100<br>Boa 70<IQA≤90<br>Média 50<IQA≤70<br>Ruim 25<IQA≤50<br>Muito ruim 0<IQA≤25 |

| PONTO 02 (HercS-HA-02) – RIO DO PEIXE, A MONTANTE DO FUTURO EMPREENDIMENTO | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** rio | **Tipo de amostra:** água superficial | | | **Classe:** Classe 2 | | | **Hora da coleta:** 11:40; 11:30 e 9:26 horas | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos - LMP** |
| | | **18/10/18** | **31/05/19** | **21/07/21** | | | | |
| **Responsáveis Técnicos:** Rodrigo Antônio de Pontes – CRQ 02301056 2ª Região Laboratório: Visão Ambiental. Obs.: Altitude: 743 m TAr = 35ºC Tempo: nublado e quente. Ocorrência de chuva antes da coleta. Na data 31/05/19 o dia estava com sol, sem chuvas. Dia 21/07/21: chuva fina no dia da coleta e nas 24 horas antes da coleta. N.A. Não se aplica. ND – Não determinado. | | | | | | | | |

Tabela 9.63 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto AA01, Rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento (0668899 / 7951059). Ponto este monitorado pela Anglo American e discutido no EIA elaborado pela ARCADIS logos em 2014.

| Parâmetros | Unidade | VMP | AA01 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | jan/12 | jun/12 | dez/12 |
| Alumínio Dissolvido | mg/L | 0,1 | 0,119 | < L.Q. | 0,121 |
| Cádmio Total | mg/L | 0,001 | <L.Q. | < L.Q. | < L.Q. |
| Chumbo Total | mg/L | 0,01 | <L.Q. | < L.Q. | < L.Q. |
| Cobre Dissolvido | mg/L | 0,009 | <L.Q. | < L.Q. | 0,034 |
| Coliformes Termotolerantes | UFC/ 100 ml | 1000 | 400 | 324 | <10 |
| Cor Verdadeira | mg PtCo/L | 75 | 87,3 | 30,19 | < L.Q. |
| DBO | mg/L | 5 | 5,4 | < L.Q. | < L.Q. |
| DQO | mg/L | - | 11 | < L.Q. | < L.Q. |
| Ferro Dissolvido | mg/L | 0,3 | 0,232 | 0,163 | 1,337 |
| Ferro Total | mg/L | - | 1,417 | 0,523 | 1,551 |
| Manganês Total | mg/L | 0,1 | 0,021 | < L.Q. | 0,063 |
| Mercúrio Total | mg/L | 0,0002 | <L.Q. | < L.Q. | < L.Q. |
| Nitrogênio Amoniacal | mg/L | * | 0,17 | < L.Q. | < L.Q. |
| Óleos e Graxas | mg/L | VA | < L.Q. | < L.Q | < L.Q |
| Sólidos Dissolvidos Totais | mg/L | 500 | 35 | 41 | < L.Q. |
| Sólidos Suspensos Totais | mg/L | - | < L.Q. | < L.Q. | < L.Q. |
| Turbidez | NTU | 100 | 14,6 | 4,8 | 2,21 |
| Condutividade | µS/cm | - | 6 | 9 | 11 |
| Oxigênio Dissolvido (OD) | mg/L | >5 | 8,29 | 8,4 | 6,42 |
| pH | - | 6,0 a 9,0 | 6,35 | 6,48 | 6,15 |
| Temperatura do ar | °C | - | 22,4 | 29 | 29,9 |
| Temperatura do água | °C | - | 21 | 20,2 | 24 |

Fonte: Estudo de Impacto Ambiental – Projeto Serro. Arcadis logos, 2014.

### 9.9.6.5 Ponto 03 (HercS-HA-03) - Rio Guanhães, a jusante do futuro empreendimento

O ponto P03 (HercS-HA-03) está localizado no Rio Guanhães, a jusante do futuro empreendimento, cuja coordenada UTM é: 688693 (Leste) / 7938440 (Norte).

Este ponto está localizado a jusante do empreendimento, mais precisamente da área das estruturas de apoio (escritórios), conforme mostrado na Figura 9-151. Também está a jusante da cidade de Santo Antônio do Itambé, cerca de 35 km, descende o curso do rio. Na divisa entre o Serro e Sabinópolis.

O ponto de coleta está embaixo da ponte da BR 259, a 120 m a jusante de uma construção (uma sede de fazenda) e 150 m a montante de outra sede de fazenda.

Em função da dificuldade de acesso ao local de coleta do ponto 03 (HercS-HA-03), este só foi avaliado na primeira campanha (19/10/18).

A vazão neste ponto do rio do Guanhães medida em 19/10/18 foi de 4131,9 $m^3/h$ (1,148 $m^3/s$).

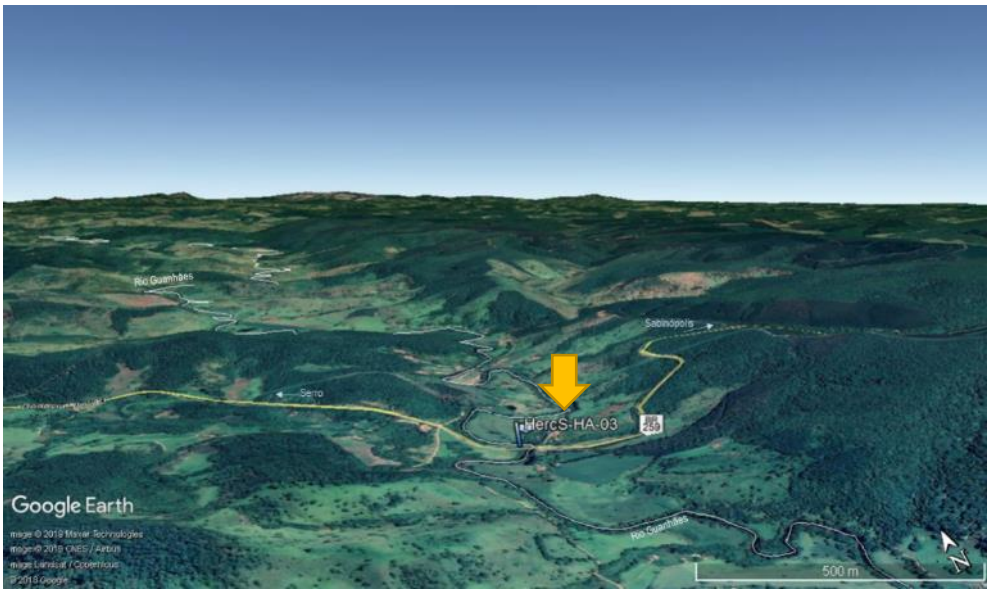



Figura 9-151 - Imagem satélite contendo a localização do ponto P03 (HercS-HA-03).

## Características visuais da água

Em termos de qualidade visual da água no ponto P03 (HercS-HA-03) na data 19/10/18, é possível verificar através da Figura 9-152 que a água apresentava transparência, leve cor aparente e leve turbidez. Em torno do ponto de coleta há presença de muita vegetação.

Figura 9-152 - Detalhe da qualidade visual da água do ponto P03 (HercS-HA-03).

Os quadros das figuras a seguir apresentam uma sequência de fotos detalhando o local da amostragem efetuada no ponto de coleta Ponto 03 - HercS-HA-03 – Rio Guanhães, a jusante do futuro empreendimento.

Vista da ponte sobre o rio, de onde foi lançado o balde amarrado a uma corda.

Local da coleta abaixo da ponte.

Figura 9-153 - Fotos da coleta de 19/10/18 no rio Guanhães (Ponto P03 - HercS-HA-03).

Detalhe visual da água no local da coleta.

Detalhe da medição de vazão.

Figura 9-154 - Fotos da coleta de 19/10/18 no rio Guanhães (Ponto P03 - HercS-HA-03).

Detalhe da vegetação no entorno do ponto de coleta.

Detalhe da vegetação no entorno do ponto de coleta.

Figura 9-155 - Fotos da coleta de 19/10/18 no rio Guanhães (Ponto P03 - HercS-HA- 03).

## Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas

As águas do ponto P03 (HercS-HA-03) foram enquadradas como classe 2, ou seja, "Águas destinadas: a - ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b - à proteção das comunidades aquáticas; c - à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d - à 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; e - à aquicultura e à atividade de pesca", conforme o Art. 4º da Seção I – das águas doces da DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008.

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas para as amostras de águas superficiais no ponto P03 (HercS-HA-03), realizadas na data 19/10/18, estão apresentados através da Tabela 9.40.

Em termos de qualidade das águas superficiais verificada na data 19/10/18 no ponto P03 (HercS-HA-03), verifica-se, através dos resultados, que todos os parâmetros acusaram valores em conformidade

com os padrões estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 para as águas de Classe 2, com exceção de ferro solúvel e pH.

Em termos do Índice de Qualidade da Água – IQA, para este ponto foi encontrado um valor 79. De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM este resultado indica uma água de boa qualidade. Este resultado é corroborado pelos valores detectados para todos os parâmetros avaliados, que estiveram abaixo dos seus limites máximos permitidos, com exceção do ferro solúvel.

O valor de pH medido in loco foi de 5,89, quando a faixa limite é de 6 a 9, ou seja, abaixo do mínimo da faixa limite, indicando que a água amostrada apresentava característica ácida na data da coleta. Esta acidez provavelmente se deve a presença de ácidos húmicos e fúlvicos oriundos da decomposição de matéria orgânica vegetal no local de coleta.

Observa-se através da Tabela 9.64 que a condutividade elétrica foi muito reduzida (40,8 µS.cm$^{-1}$) e os sólidos dissolvidos (<20 mg.L$^{-1}$). A presença de poucos sais minerais na água diminui o efeito tampão, com isso qualquer concentração de $CO_2$ livre na água leva a formação de ácido carbônico ($CO_2 + H_2O \leftrightarrow H_2CO_3$), diminuindo o pH da mesma.

A condutividade elétrica da água acusou um valor muito reduzido de 40,8 µS.cm$^{-1}$, indicando presença de poucos íons dissolvidos na água amostrada, ou seja, baixa mineralização. Este valor está coerente com a baixa concentração detectada para os sólidos dissolvidos (<20 mg.L$^{-1}$).

De acordo com a literatura, a condutividade para as águas naturais varia de 0,5 a 2,0 µS.cm$^{-1}$ para água destilada, 10 a 100 µS.cm$^{-1}$ para as águas naturais e acima de 1000 µS.cm$^{-1}$ para águas poluídas.

Em relação aos parâmetros indicadores dos teores de sólidos e compostos dissolvidos nas águas, foram registrados baixos teores de sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis e turbidez, o que está de acordo com as características visuais da água que no momento da coleta, encontrava-se transparente, com cor ligeiramente marrom e sem turbidez aparente.

Os sólidos suspensos apresentaram um teor inferior ao limite de detecção do método de análise (<20 mg.L$^{-1}$), ou seja, inferior ao Limite Máximo Permitido – LMP de 100 mg.L$^{-1}$. Os sólidos dissolvidos acusaram um teor <20 mg.L$^{-1}$, sendo considerado um valor bem reduzido se comparado com o LMP de 500 mg.L$^{-1}$, corroborando o verificado *in loco,* águas com boa aparência, transparente.

Os sólidos sedimentáveis apresentaram um valor inferior ao limite de detecção do método utilizado (<0,5 mL.L$^{-1}$) e os sólidos totais acusaram um teor de 22,0 mg.L$^{-1}$.

Com base nestes resultados, verifica-se que os sólidos presentes na água do rio Guanhães no local de coleta se apresentavam na data analisada na sua maior parte, em sua forma dissolvida. O valor reduzido detectado para os sólidos dissolvidos está coerente com baixo valor encontrado para condutividade elétrica.

Como consequência do valor bastante reduzido encontrado para os sólidos suspensos (<20,0 mg.L$^{-1}$), a turbidez também acusou um índice baixo de 6,36 UNT, sendo muito inferior ao limite máximo permitido de 100 UNT. Estes resultados corroboram as observações visuais da qualidade da água no momento da coleta, onde verificou-se que não havia turbidez aparente e nem presença de sólidos em suspensão.

A cor apresentou um valor de 38,29 mgPt.$L^{-1}$, sendo inferior ao LMP de 75 mgPt.$L^{-1}$. Este resultado está de acordo com o observado no momento da coleta, onde a água apresentava-se com leve cor aparente.

O baixo teor de sólidos dissolvidos e a baixa presença de manganês contribuíram para um baixo valor de cor. Os ácidos húmicos e fúlvicos oriundos da decomposição de vegetais, matéria orgânica quando presentes também contribuem para a presença de cor.

Em termos dos metais ferro e manganês, verifica-se que estes elementos apresentaram concentrações inferiores aos limites de detecção dos métodos de análise, com exceção de ferro solúvel. O ferro solúvel acusou uma concentração de 0,49 mg.$L^{-1}$, sendo superior ao LMP de 0,3 mg.$L^{-1}$ e o ferro total uma concentração 1,29 mg.$L^{-1}$. Comparando-se as duas formas, verifica-se que o ferro se encontra na água na sua maior parte na forma precipitada ($Fe^{3+}$).

A presença de ferro acima do LMP se deve provavelmente às características geoquímicas locais. Lembrando que o empreendimento ainda não entrou em operação.

O manganês nas suas formas solúvel e total acusou um valor inferior ao limite de detecção do método analítico utilizado (<0,05 mg.$L^{-1}$), ou seja, inferior ao LMP de 0,1 mg.$L^{-1}$.

A matéria orgânica carbonácea representada pela demanda bioquímica de oxigênio – DBO, apresentou um valor reduzido de <2,0 mg.$L^{-1}$, sendo inferior ao LMP de 5 mg.$L^{-1}$.

O oxigênio dissolvido – OD apresentou uma concentração de 7,3 mg.$L^{-1}$, sendo superior ao mínimo exigido de 5 mg.$L^{-1}$, indicando água com boa oxigenação.

Em termos dos nutrientes fósforo total e nitrogênio total, observa-se que o fósforo total acusou um teor inferior ao LMP de 0,1 mg.$L^{-1}$ (0,027 mg.$L^{-1}$) e o nitrogênio um teor inferior ao limite de detecção do método utilizado (<1,0 mg.$L^{-1}$).

A temperatura da água na data 19/10/18 foi de 24,9ºC. Para este parâmetro não há LMP.

No que se refere à qualidade sanitária das águas amostradas no ponto 03 (HercS-HA-03) atestou-se a presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. A presença destas bactérias na água indica uma contaminação fecal devido a lançamento de esgoto, o que impossibilita um uso da água para consumo humano sem tratamento convencional.

Estes indicadores de contaminação fecal representam o potencial do corpo hídrico na transmissão de doenças. O parâmetro *E. coli* apresentou um valor de 20,0 NMP.100 $mL^{-1}$, sendo inferior ao LMP de 1000 NMP.100 $mL^{-1}$. Já os coliformes totais acusaram um valor de 24196 NMP.100 $mL^{-1}$.

Uma possível explicação para as bactérias supracitadas é a presença de animais da fauna do local e fazendas na região. Além destes, o ponto está localizado a jusante da cidade de Santo Antônio de Itambé.

Tabela 9.64 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto 03 (HercS-HA-03), Rio Guanhães, a jusante do futuro empreendimento.

| PONTO 03 (HercS-HA-03) – RIO GUANHÃES, A JUSANTE DO FUTURO EMPREENDIMENTO | | | |
|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** rio | **Tipo de amostra:** água superficial | **Classe:** Classe 2 | **Hora da coleta:** 16:50 horas |
| Parâmetros | **Unidades** | **Data da coleta** 19/10/18 | **Limites Máximos Permitidos - LMP** |
| pH in loco | - | 5,89 | 6 - 9 |
| Cor verdadeira | mgPt.L$^{-1}$ | 38,29 | 75 |
| Turbidez | UNT | 6,36 | 100 |
| Condutividade elétrica | µS.cm-1 | 40,8 | N.A. |
| Oxigênio dissolvido | mg.L$^{-1}$ | 7,3 | >5 |
| DBO (5) | mg.L$^{-1}$ | <2,0 | 5 |
| Sólidos totais | mg.L$^{-1}$ | 22,0 | N.A. |
| Sólidos em suspensão | mg.L$^{-1}$ | <20,0 | 100 |
| Sólidos dissolvidos | mg.L$^{-1}$ | <20,0 | 500 |
| Sólidos sedimentáveis | mg.L$^{-1}$ | <0,5 | N.A. |
| Ferro solúvel | mg.L$^{-1}$ | 0,49 | 0,3 |
| Ferro Total | mg.L$^{-1}$ | 1,12 | N.A. |
| Manganês solúvel | mg.L$^{-1}$ | <0,05 | N.A. |
| Manganês total | mg.L$^{-1}$ | <0,05 | 0,1 |
| Fósforo total | mg.L$^{-1}$ | 0,027 | 0,1 (Lótico) |
| Nitrogênio total | mg.L$^{-1}$ | <1,0 | N.A. |
| Temperatura da água in loco | ºC | 24,9 | N.A. |
| Coliformes totais | NMP.100 mL$^{-1}$ | 24196 | N.A. |
| Escherichia coli | NMP.100 mL$^{-1}$ | 20 | 1000 |
| Vazão | m$^3$.s$^{-1}$ | 1,148 | N.A. |
| IQA | - | 79 | Excelente 90<IQA≤100;<br>Boa 70<IQA≤90<br>Média 50<IQA≤70<br>Ruim 25<IQA≤50<br>Muito ruim 0<IQA≤25 |
| **Responsáveis Técnicos:** Rodrigo Antônio de Pontes – CRQ 02301056 2ª Região **Laboratório:** Visão Ambiental. **Obs.:** Altitude: 652 m $T_{Ar}$ = 27ºC Tempo: sem chuva e temperatura amena. Não se aplica. | | | |

### 9.9.6.6 Ponto 04 (HercS-HA-04) – Nascente W Serra Condado, a jusante do futuro empreendimento

O ponto P04 (HercS-HA-04) está localizado na Nascente W Serra Condado, a jusante do futuro empreendimento, cuja coordenada UTM é: 668487 (Leste) / 7947300 (Norte).

Este ponto fica a jusante do empreendimento, mais precisamente na vertente oeste do empreendimento (Figura 9-156). O córrego é afluente do rio do Peixe e está a aproximadamente 140 m do ponto onde o córrego deságua no rio do Peixe e cerca de 1,4 km a montante da ponte da LMG – 735 que corta o rio do Peixe. Está cerca de 1,8 km noroeste do limite da ADA e a 750 m a norte (montante) da Fazenda Guilis. Neste ponto o volume de água é muito baixo.

Figura 9-156 - Imagem satélite contendo a localização do ponto 04 (HercS-HA-04).

A vazão neste ponto da nascente do Condado medida em 19/10/18 foi de 2,02 m³/h e na data 21/07/21 foi de 8,84 m³/h.

**Características visuais da água**

Em termos de qualidade visual da água no ponto P04 (HercS-HA-04) nas datas 19/10/18, 31/05/19 e 21/07/21, a mesma acusava uma cor aparente ligeiramente amarelada e apresentava transparência. Em torno do ponto de coleta há presença de muita vegetação herbácea ("capim").

O volume de água neste ponto nos dias das coletas era muito baixo, como pode ser observado através da Figura 9-157. A coleta foi efetuada no "olho d'água".

19/10/18 31/05/19

Figura 9-157 - Detalhe da quantidade de água em local próximo ao ponto 04 (HercS-HA-04) nas datas 19/10/18 e 31/05/19.

As figuras a seguir apresenta uma foto da coleta no ponto P04 - HercS-HA-04 na data 21/07/21, onde é possível verificar que o volume neste ponto continua baixo, com uma vazão baixa de 8,84 m³/h se comparado, por exemplo, com a vazão do rio do Peixe.

Figura 9-158 - Detalhe da quantidade de água em local próximo ao ponto P04 (HercS-HA-04) na data 21/07/21.

Figura 9-159 - Fotos dos locais próximos aos coleta de 19/10/18 na Nascente W Serra Condado (P04 - HercS-HA-04).

Figura 9-160 - Fotos dos locais próximos aos coleta de 19/10/18 na Nascente w Serra Condado (P04 - HercS-HA-04).

A figura a seguir mostra detalhe da vegetação fechada do tipo herbácea (“capim”) no local do ponto de coleta Ponto 04 - HercS-HA – 04 em 31/05/19 e do local de coleta.

Detalhe da vegetação - 31/05/19

Local da coleta – 31/05/19

Local da coleta – 31/05/19

Local da coleta – 31/05/19

Figura 9-161 - Fotos do local de coleta na Nascente w Serra Condado (Ponto 04 - HercS-HA-04) em 31/05/19.

As fotos a seguir ilustram a coleta efetuada no Ponto 04 (HercS-HA-04) em 31/05/19, onde é possível verificar o baixo volume de água neste ponto, o entorno, assim como a qualidade visual da água.

Local da coleta.

Coleta do hidrobiológico.

Leitura de alguns parâmetros *in loco.*

Detalhe visual da qualidade visual da água.

Figura 9-162 - Fotos do local de coleta na Nascente W Serra Condado (P04 - HercS-HA-04) em 21/07/21.

**Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas**

As águas do ponto 04 - HercS-HA-04 foram enquadradas como classe 2, ou seja, "Águas destinadas: a - ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b - à proteção das comunidades aquáticas; c - à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d - à 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; e - à aquicultura e à atividade de pesca", conforme o Art. 4º da Seção I – das águas doces da DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008.

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas para as amostras de águas superficiais no ponto 04 (HercS-HA-04), coletadas nas datas 19/10/18, 31/05/19 e 21/07/21, estão apresentados através da Tabela 9.65.

Em termos de qualidade das águas superficiais verificada nas datas citadas acima no ponto 04 (HercS-HA-04), verifica-se através dos resultados que todos os parâmetros acusaram valores em conformidade com os padrões estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 para as águas de Classe 2, com exceção de ferro solúvel nas três datas, fósforo total em 31/05/19 e oxigênio dissolvido em 21/07/21.

Em termos do índice de Qualidade da Água – IQA, para este ponto foram encontrados valores oscilando de 67 (estação seca) a 77 (estação chuvosa). De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM estes resultados indicam águas de boa qualidade. Estes resultados são corroborados pelos valores detectados para todos os parâmetros avaliados, que estiveram abaixo dos seus limites máximos permitidos, com exceção do ferro solúvel, fósforo e oxigênio dissolvido.

Os valores de pH medidos in loco oscilaram de 5,77 a 6,73, quando a faixa limite é de 6 a 9, indicando que as águas amostradas apresentavam características oscilando de ácidas a ligeiramente ácidas. A acidez detectada na data 31/05/19 provavelmente se deve a presença de ácidos orgânicos como os húmicos e fúlvicos oriundos da decomposição de matéria orgânica vegetal de origem alóctone e autóctone. No local da coleta há pouca água e muita vegetação no entorno do ponto.

A presença de poucos sais minerais na água diminui o efeito tampão, com isso qualquer concentração de $CO_2$ livre na água leva a formação de ácido carbônico ($CO_2 + H_2O \leftrightarrow H_2CO_3$), diminuindo o pH da mesma.

A condutividade elétrica da água acusou valores muito reduzidos oscilando de 17,87 e 33,80 $\mu S.cm^{-1}$, indicando presença de poucos íons dissolvidos nas águas amostradas, ou seja, baixa mineralização. Estes valores estão coerentes com as reduzidas concentrações detectadas para os sólidos dissolvidos (máximo de 61 $mg.L^{-1}$).

Em relação aos parâmetros indicadores dos teores de sólidos e compostos dissolvidos nas águas, foram registrados baixos teores de sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis e turbidez, o que está de acordo com as características visuais da água no momento das coletas.

Os sólidos suspensos apresentaram teores reduzidos oscilando <20 a 36 $mg.L^{-1}$, ou seja, inferiores ao Limite Máximo Permitido – LMP de 100 $mg.L^{-1}$. Os sólidos dissolvidos acusaram teores de 35 a 61 $mg.L^{-1}$, sendo considerados valores bem reduzidos se comparados com o LMP de 500 $mg.L^{-1}$, corroborando o verificado in loco, águas com boa aparência, transparentes.

Os sólidos sedimentáveis apresentaram teores oscilando de inferior ao limite de detecção do método utilizado (<0,5 $mL.L^{-1}$) a 7,5 $mL.L^{-1}$. O valor mais elevado detectado em 31/05/19 provavelmente se deve ao baixo volume de água.

Os sólidos totais acusaram teores variando de 70 a 76 $mg.L^{-1}$. Fazendo um comparativo com os dados de sólidos suspensos e dissolvidos, tem-se que os sólidos presentes nas águas amostradas estão em proporções muito próximas de suspensos e dissolvidos.

Os teores reduzidos detectados para os sólidos dissolvidos estão coerentes com os baixos valores encontrados para condutividade elétrica.
Como consequência dos valores reduzidos encontrados para os sólidos suspensos (máximo de 36 $mg.L^{-1}$), a turbidez também acusou índices reduzidos oscilando de 7,19 a 32,7 UNT, sendo muito inferiores ao limite máximo permitido de 100 UNT. Estes resultados corroboram as observações visuais da qualidade da água no momento das coletas, onde se verificou que não havia turbidez aparente e nem presença de sólidos em suspensão.

A cor verdadeira apresentou índices variando de 37,20 a 82,91 $mgPt.L^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 75 $mgPt.L^{-1,}$ com exceção da data 21/07/21. Estes resultados estão de acordo com o observado no momento da coleta, onde a água apresentava-se com leve cor aparente.

A presença de ferro mais elevado em 21/07/21, maior concentração de sólidos dissolvidos e sólidos dissolvidos nesta data contribuíram para a presença de cor nas águas amostradas acima do LMP, além da presença de substâncias húmicas.

A presença da cor na água pode ser de origem natural inorgânica, devida a presença de compostos metálicos, principalmente de ferro e manganês, assim como de origem orgânica, animal ou vegetal, além da origem industrial devida à descarga de efluentes industriais (têxteis, pasta de papel, refinarias, indústrias químicas, etc.).

Em termos dos metais ferro e manganês, verifica-se que o manganês total e o manganês solúvel acusaram teores inferiores ao limite de quantificação do método de análise, com exceção de manganês total em 21/07/21 quando acusou um teor de 0,08 $mg.L^{-1}$, sendo todos inferiores ao LMP de 0,1 $mg.L^{-1}$.

Já o ferro solúvel acusou teores acima do LMP nas três datas de coleta. O ferro solúvel acusou teores oscilando de 0,39 a 2,47 $mg.L^{-1}$, sendo superiores ao LMP de 0,3 $mg.L^{-1}$ e o ferro total concentrações variando de 2,25 a 6,90 $mg.L^{-1.}$ Comparando-se as duas formas, verifica-se que o ferro se encontra na água na sua maior parte na forma precipitada (Fe3+). O ferro esteve mais elevado na estação seca, isto porque o volume de água sendo menor, há uma maior concentração dos metais presentes.

Os altos teores de ferro detectados no ponto P04 (HercS-HA-04) devem estar relacionados à composição da matriz geológica local, uma vez que a área próxima ao ponto de coleta é predominantemente rural e não existem fontes que poderiam estar contribuindo para o aumento deste metal na água.

O potencial redox (Eh) no ponto P04 (HercS-HA-04) acusou um valor positivo de 39,8, indicando um ambiente mais oxidante. Comparando-se os resultados de Eh x pH x Ferro verifica-se que o ferro na sua maior parte está sob a forma oxidada +3.

A matéria orgânica carbonácea representada pela demanda bioquímica de oxigênio – DBO, apresentou valores oscilando de <2,0 a 3,39 $mg.L^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 5 $mg.L^{-1}$.

Segundo ESTEVES (1988), dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio dissolvido – OD ($O_2$) é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas são o consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como, por exemplo, o ferro e o manganês.

O oxigênio dissolvido, um dos parâmetros mais importantes no estudo da qualidade das águas, apresentou nas três amostragens concentrações oscilando de 4,3 a 7,4 $mg.L^{-1}$, sendo superiores ao mínimo exigido de 5 $mg.L^{-1}$, indicando águas com boa oxigenação, com exceção da data 21/07/21.

O teor mais reduzido de oxigênio no ponto P4 (HercS-HA-04), provavelmente se deve ao fato de ser um ambiente lêntico, com muita vegetação no entorno do local de coleta e também em parte do espelho d'água e ao pouco volume de água. A quantidade de vegetação no local dificulta a penetração dos raios solares que são importantes no processo de fotossíntese, que é uma das entradas de oxigênio na água. Além disso, a oxidação do ferro solúvel também consome o oxigênio da água. Também devido ao ambiente ser mais lêntico, a entrada de oxigênio através da difusão direta do oxigênio atmosférico diminui. Esse processo se deve, especialmente, à ação mecânica dos ventos, que provoca uma mistura, permitindo a transferência do oxigênio ($O_2$) da atmosfera para a água.

Figura 9-163 - Detalhe visual do local de coleta na Nascente W Serra Condado (Ponto 04 - HercS-HA-04) em 21/07/21.

O estudo dos nutrientes é importante na avaliação das tendências de eutrofização na área em estudo. De acordo com ESTEVES (1988) a eutrofização pode ser definida como: "(...) o aumento da concentração de nutrientes especialmente nitrogênio e fósforo, nos ecossistemas aquáticos, que têm como consequência o aumento de suas produtividades (...)".

Na maioria das águas continentais o fósforo é o principal fator limitante de sua produtividade. Além disso, tem sido apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial destes ecossistemas (ESTEVES, 1988).

No meio aquático, as diversas formas de nitrogênio podem ser de origem natural (proteínas, clorofila e outros compostos biológicos) e/ou de origem das atividades humanas e animais (despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes). Nos esgotos domésticos frescos, predominam o nitrogênio em forma de amônia e o orgânico.

Em termos dos nutrientes fósforo total e nitrogênio total, observa-se que o fósforo total acusou teores oscilando de 0,017 a 0,345 mg.L$^{-1}$, quando o LMP é de 0,1 mg.L$^{-1}$. O valor que superou o LMP ocorreu em 31/05/19. Já o nitrogênio acusou teores inferiores aos limites de detecção do método utilizado (<1,0 e <11 mg.L$^{-1}$). O nitrato acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método analítico utilizado (<0,113 mg.L$^{-1}$) nas duas datas analisadas. O nitrito também acusou um teor inferior ao limite de quantificação (<0,030 mg.L$^{-1}$).

De acordo com a literatura a presença de fósforo na água está relacionada a processos naturais (dissolução de rochas, carreamento do solo, decomposição de matéria orgânica, chuva) ou antropogênicos (lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes, excrementos de animais, despejos industriais, pesticidas). Em águas naturais não poluídas as concentrações de fósforo situam-se na faixa de 0,01 a 0,05 mg.L$^{-1}$.

Uma possível contribuição para a presença de fósforo no ponto 4 (HercS-HA-04) é a decomposição de matéria orgânica, uma vez que há presença de vegetação no entorno do ponto. As plantas obtêm fósforo do ambiente absorvendo os fosfatos dissolvidos na água e no solo. A decomposição devolve o fósforo que fazia parte da matéria orgânica ao solo ou à água.

As variações de temperatura dos cursos d'água são sazonais e acompanham as flutuações do clima durante o ano. A faixa de temperatura usual em nossas águas superficiais é de 4 a 30ºC. Um aumento de temperatura da água segundo BRANCO (1986), em geral têm como efeito: redução da solubilidade dos gases na água, entre eles o oxigênio, o $CO_2$ e a amônia; diminuição da densidade e da viscosidade da água para temperaturas maiores que 4ºC, facilitando a sedimentação de materiais em suspensão e aumento da velocidade das reações bioquímicas, aeróbias e anaeróbias, de degradação da matéria orgânica.

A temperatura da água oscilou de 16,2 a 22,0ºC, valores estes que contribuíram para uma boa oxigenação das águas.

Os óleos e graxas, surfactantes e fenóis acusaram teores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação dos métodos de análise (<10; <0,10 e <0,003 mg.L$^{-1}$), sendo também inferiores aos seus respectivos limites máximos permitidos (virtualmente ausentes, 0,5 mg.L$^{-1}$ e 0,003 mg.L$^{-1}$).

Em termos de indicadores da qualidade sanitária das águas, tem-se as bactérias. Os rios, os córregos, são habitados por muitos tipos de bactérias, assim como várias espécies de peixes e algas. Essas bactérias são de grande importância, porque ao se alimentarem de matéria orgânica, elas consomem toda a carga poluidora que lhe é lançada, sendo assim as principais responsáveis pela autodepuração dos rios.

Os organismos mais comumente utilizados para esta finalidade, são as bactérias do grupo coliformes. A presença destas bactérias nas águas de um rio significa que este recebeu matérias fecais, ou esgotos. As bactérias do grupo coliformes não causam doenças. Elas servem para indicar se ocorreu um lançamento de esgoto no curso d'água.

No que se refere à qualidade sanitária das águas amostradas no ponto 04 (HercS-HA-04) atestou-se a presença de coliformes totais e *Escherichia coli.* A presença destas bactérias na água indica uma contaminação fecal o que impossibilita um uso da água para consumo humano sem desinfecção.

Estes indicadores de contaminação fecal representam o potencial do corpo hídrico na transmissão de doenças. O parâmetro *E. coli* apresentou valores oscilando de 13,4 a 328 NMP.100 $mL^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 1000 NMP.100 $mL^{-1}$. Já os coliformes totais acusaram valores oscilando de >2419,6 a 5475,0 NMP.100 $mL^{-1}$.

Uma possível explicação para as bactérias supracitadas é a presença de animais da fauna do local e fazendas na região.

Este ponto está localizado a jusante do futuro empreendimento.

Tabela 9.65 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P04 (HercS-HA-04), Nascente W Serra Condado, a jusante do futuro empreendimento.

| PONTO 04 (HercS-HA-04) – NASCENTE W SERRA CONDADO, A JUSANTE DO FUTURO EMPREENDIMENTO | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** rio | **Tipo de amostra:** água superficial | | | **Classe:** Classe 2 | | **Hora da coleta:** 10:50; 10:10 e 10:05 horas | | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos LMP** |
| | | **18/10/18** | **31/05/19** | **21/07/21** | | | | |
| pH *in loco* | - | 6,73 | 5,77 | 6,15 | 5,77 | **6,22** | 6,73 | 6 - 9 |
| Cor verdadeira | $mgPt.L^{-1}$ | 63,71 | 37,20 | 82,91 | 37,20 | **61,3** | 82,91 | 75 |
| Turbidez | UNT | 10,8 | 32,7 | 7,19 | 7,19 | **16,9** | 32,7 | 100 |
| Condutividade elétrica | $\mu S.cm^{-1}$ | 17,87 | 20,2 | 33,80 | 17,87 | **24,0** | 33,8 | N.A. |
| Oxigênio dissolvido | $mg.L^{-1}$ | 6,8 | 7,4 | 4,3 | 4,3 | **6,2** | 7,4 | >5 |
| DBO (5) | $mg.L^{-1}$ | <2,0 | 3,39 | <2,0 | <2,0 | **2,5** | 3,39 | 5 |
| Sólidos totais | $mg.L^{-1}$ | 70 | 71 | 76 | 70,0 | **72,3** | 76,0 | N.A. |
| Sólidos em suspensão | $mg.L^{-1}$ | 32 | 36 | <20 | <20 | **29,3** | 36 | 100 |
| Sólidos dissolvidos | $mg.L^{-1}$ | 38 | 35 | 61 | 35 | **44,7** | 61 | 500 |
| Sólidos sedimentáveis | $mg.L^{-1}$ | <0,5 | 7,5 | <0,5 | <0,5 | **2,8** | 7,5 | N.A. |
| Ferro solúvel | $mg.L^{-1}$ | 0,39 | 1,07 | 2,47 | 0,39 | **1,31** | 2,47 | 0,3 |
| Ferro Total | $mg.L^{-1}$ | 2,25 | 6,90 | 5,04 | 2,25 | **4,73** | 6,9 | N.A. |
| Manganês solúvel | mg.L-1 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | N.A. |
| Manganês total | mg.L-1 | <0,05 | <0,05 | 0,08 | <0,05 | **0,06** | 0,08 | 0,1 |
| Fósforo total | mg.L-1 | 0,049 | 0,345 | 0,017 | 0,017 | **0,137** | 0,345 | 0,1 (Lótico) |
| Nitrogênio total | mg.L-1 | <1,0 | <11,0 | <11,0 | <1,0 | **8,0** | <11,0 | N.A. |
| Fósforo total | mg.L-1 | 0,049 | 0,345 | 0,017 | 0,017 | **0,137** | 0,345 | 0,1 (Lótico) |
| Nitrogênio total | mg.L-1 | <1,0 | <11,0 | <11,0 | <1,0 | **8,0** | <11,0 | N.A. |
| Nitrato | mg.L-1 | ND | <0,113 | <0,113 | <0,113 | **<0,113** | <0,113 | 10 |
| Nitrito | mg.L-1 | ND | ND | <0,030 | <0,030 | **<0,030** | <0,030 | 1 |
| Sulfato | mg.L-1 | ND | ND | 4,51 | 4,51 | **4,51** | 4,51 | 250 |
| Temperatura da água in loco | ºC | 22,0 | 18,1 | 16,2 | 16,2 | **18,8** | 22,0 | N.A. |
| Alumínio solúvel | mg.L-1 | ND | ND | 0,181 | 0,181 | **0,181** | 0,181 | 0,100 |
| Cádmio total | mg.L-1 | ND | ND | <0,001 | <0,001 | **<0,001** | <0,001 | 0,010 |
| Chumbo total | mg.L-1 | ND | ND | <0,010 | <0,010 | **<0,010** | <0,010 | 0,010 |
| Cobre solúvel | mg.L-1 | ND | ND | <0,005 | <0,005 | **<0,005** | <0,005 | 0,009 |
| Cromo total | mg.L-1 | ND | ND | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,05 |
| Mercúrio total | mg.L-1 | ND | ND | <0,0002 | <0,0002 | **<0,000** | <0,0002 | 0,0002 |
| Zinco total | mg.L-1 | ND | ND | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,18 |
| Fenol | mg.L-1 | ND | ND | <0,003 | <0,003 | **<0,003** | <0,003 | 0,003 |
| Surfactantes Aniônicos | mg.L-1 | ND | ND | <0,10 | <0,10 | **<0,10** | <0,10 | 0,10 |
| Óleos e graxas | mg.L-1 | ND | ND | <10 | <10 | **<10** | <10 | Virtualmente |

| PONTO 04 (HercS-HA-04) – NASCENTE W SERRA CONDADO, A JUSANTE DO FUTURO EMPREENDIMENTO | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** rio | **Tipo de amostra:** água superficial | | | **Classe:** Classe 2 | | **Hora da coleta:** 10:50; 10:10 e 10:05 horas | | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos LMP** |
| | | **18/10/18** | **31/05/19** | **21/07/21** | | | | |
| Coliformes totais | NMP.100 mL-1 | 4352 | >2419,6 | 5475,0 | >2419,6 | **4082,2** | 5475,0 | N.A. |
| Escherichia coli | NMP.100 mL-1 | 110 | 13,4 | 328 | 13,4 | **150,5** | 328 | 1000 |
| Enterococcus faecalis e | NMP.100 mL-1 | ND | ND | 71,2 | 71,2 | **71,2** | 71,2 | N.A. |
| Eh | mV | ND | ND | 39,8 | 39,8 | **39,8** | 39,8 | N.A. |
| Vazão | m3/h | 2,02 | * | 8,84 | 2,02 | **5,43** | 8,84 | N.A. |
| IQA | - | 77 | 67 | 69 | 67 | **71** | 77 | Excelente 90<IQA≤100 Boa 70<IQA≤90 Média 50<IQA≤70 Ruim 25<IQA≤50 Muito ruim 0<IQA≤25 |
| **Responsáveis Técnicos:** Rodrigo Antônio de Pontes – CRQ 02301056 2ª Região **Laboratório**: Visão Ambiental. **Obs**.: Altitude: 738 m TAr = 32ºC Tempo: quente e com sol. Ocorrência de chuva antes da coleta. Na data 31/05/19 o dia estava com sol e sem chuvas. Na data 21/07/21 tempo estava nublado com chuva fina. Sem chuva nas 24 e 48 h antes da coleta. N.A. Não se aplica. * Não foi possível fazer a medição. | | | | | | | | |

### 9.9.6.7 Ponto 05 (HercS-HA-05) – Rio do Peixe, a jusante do futuro empreendimento

O ponto P05 (HercS-HA-05) está localizado no Rio do Peixe, a jusante do futuro empreendimento, cuja coordenada UTM é: 668221 (Leste) / 7946964 (Norte).

Este ponto fica no rio do Peixe, a jusante do empreendimento e cerca de 350 m a jusante do ponto 04 (HercS-HA-04) (figura a seguir). Também está cerca de 400 m a montante do ponto de coleta da Fazenda Guilis. Este ponto também está muito próximo do ponto P3 – Rio do Peixe avaliado pela Arcadis em 2014.

Figura 9-164 - Imagem satélite contendo a localização do ponto 05 (HercS-HA-05).

Figura 9-165 - Imagem satélite contendo a localização do ponto P05 (HercS-HA-05) e o Ponto P03 analisado pela ARCADIS, 2014.

Cabe ressaltar que o ponto P3 (Rio do Peixe) avaliado pela Arcadis em 2014 coincide com o ponto P05 (HercS-HA-05 - Rio do Peixe, a jusante do futuro empreendimento) avaliado no presente estudo.

O rio do Peixe, um dos principais rios da sub-bacia do rio Santo Antônio, está localizado a oeste do compartimento Serrania, onde será menor a interferência do futuro empreendimento sobre a rede hidrográfica. Este rio abastece o município de Serro. Mais a jusante a COPASA capta água para o município.

A vegetação nas margens do rio é composta por gramíneas, tendo em vista as áreas de pastagem no entorno.

Ressalta-se que além dos resultados obtidos para uma série de parâmetros nas coletas efetuadas nas datas 18/10/18, 31/05/19 e 21/07/21, também serão apresentados resultados obtidos nas duas campanhas efetuadas pela ARCADIS em 2014.

A vazão neste ponto do rio do Peixe medida em 19/10/18 foi de 1226,3 $m^3/h$ (0,341 m3/s), 485,4 $m^3/h$ (0,135 $m^3/s$) na data 31/05/19 e 806,3 $m^3/h$ (0,224 $m^3/s$) em 21/07/21. A maior vazão ocorreu na estação chuvosa, o que era esperado.

**Características visuais da água**

Em termos de qualidade visual da água no ponto 05 (HercS-HA-05) nas datas 19/10/18, 31/05/19 e 21/07/21, é possível verificar através das fotos a seguir que a água apresentava transparência, uma cor aparente marrom e sem turbidez aparente. Nas duas margens do rio e também em alguns pontos no interior do mesmo há presença de vegetação. Observa-se na margem direita do rio que há solo desprotegido de vegetação, o que em época de chuva pode ocorrer carreamento de sólidos para dentro do mesmo, o que elevaria a quantidade de sólidos e turbidez. Em uma das fotos pode-se observar que parte do solo está desprotegido de vegetação, talvez provocado pela linha de drenagem (foto da Figura 9-167, seta laranja).

19/10/18

31/05/19

21/07/21

Figura 9-166 - Detalhe visual da água no ponto 05 (HercS-HA-05) em 19/10/18, 31/05/19 e 21/07/21.

As fotos a seguir apresentam uma sequência de fotos detalhando o local da amostragem efetuada no ponto de coleta Ponto 05 (HercS-HA-05) – Rio do Peixe, a jusante do futuro empreendimento.

Vista do local de coleta.

Montante do local de coleta

Jusante do local de coleta do ponto de coleta

Detalhe da vegetação no entorno do ponto de coleta

Figura 9-167 - Fotos do local da coleta de 19/10/18 e 31/05/19 no rio do Peixe.

As figuras a seguir apresentam fotos das coletas realizadas no Ponto 05 (HercS-HA-05) – Rio do Peixe, a jusante do futuro empreendimento nas datas de coleta 19/10/18, 31/05/19 e 21/07/21.

31/05/19

Montante do ponto

Figura 9-168 - Fotos das coletas no ponto 05 (HercS-HA-05) nas datas 19/10/18, 31/05/19 e 21/07/21. Continua.

Jusante

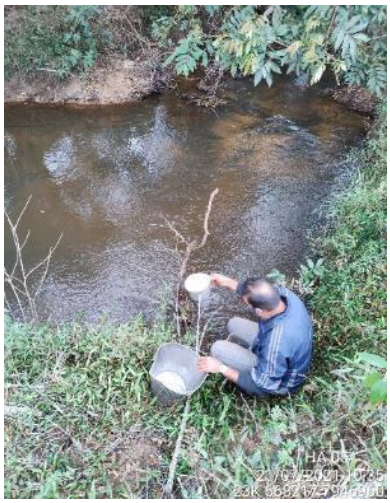
Local de coleta

Local de coleta

Local de coleta

Local de coleta

Local de coleta



Coleta de água em 21/07/21

Figura 9-169 - Fotos das coletas no ponto 05 (HercS-HA-05) nas datas 19/10/18, 31/05/19 e 21/07/21.

Fazendo medições in loco de alguns parâmetros

Transferindo as amostras para os frascos

Coleta do hidrobiológico (fitoplâncton)

Medição de vazão

Figura 9-170 - Fotos das coletas no ponto 05 (HercS-HA-05) nas datas 19/10/18, 31/05/19 e 21/07/21.

A figura a seguir ilustra o local da coleta do ponto P3 (Rio do Peixe) avaliado pela Arcadis logos em 2014, o qual equivale ao ponto P05 (HercS-HA-05) do presente estudo.

Figura 9.121 – Local da coleta do ponto P03 (P05) em 24/01/14 realizada pela ARCADIS logos, 2014.

**Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas**

As águas do ponto 05 (HercS-HA-05) foram enquadradas como classe 2, ou seja, "Águas destinadas: a - ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b - à proteção das comunidades aquáticas; c - à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d - à 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; e - à aquicultura e à atividade de pesca", conforme o Art. 4º da Seção I – das águas doces da DN CONJUNTA COPAM/CERH n.º 001/2008.

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas para as amostras de águas superficiais no ponto 05 (HercS-HA-05), realizadas nas datas 19/10/18, 31/05/19 e 21/07/21, estão apresentados através da Tabela 9.42.

A ARCADIS logos em 2014 analisou uma série de outros parâmetros orgânicos e inorgânicos, sendo que estiveram em conformidade com os limites máximos permitidos estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH 1/2008. Os resultados dos demais parâmetros podem ser observados através da Tabela 9.66.

Em termos de qualidade das águas superficiais verificada nas três datas no ponto 05 (HercS-HA-05), verifica-se através dos resultados que todos os parâmetros acusaram valores em conformidade com os padrões estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 para as águas de Classe 2, com exceção de ferro solúvel e fósforo total.

Em termos do índice de Qualidade da Água – IQA, para este ponto foram encontrados valores oscilando 67 (31/05/19) a 76 (18/10/18). De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM estes resultados indicam águas de boa qualidade. Estes resultados são corroborados pelos valores detectados para todos os parâmetros avaliados, que estiveram abaixo dos seus limites máximos permitidos, com exceção do ferro solúvel.

O IQA obtido pela Arcadis nas datas 21/01/14 e 06/05/14 oscilou de 56 a 72, variando, portanto, de média a boa.

Observa-se uma melhora na qualidade das águas de 2014 a 2021.

Os valores de pH medidos *in loco* nas datas 19/10/18, 31/05/19 e 21/07/21, oscilaram de 6,11 a 6,97, quando a faixa limite é de 6 a 9, ou seja, dentro da faixa limite, indicando que as águas amostradas apresentavam uma característica ligeiramente ácida. Em 2014, o pH também esteve na condição de ligeiramente ácido, onde variou de 6,61 a 6,63.

A condutividade elétrica da água que é a medida indireta do teor de sais na água, acusou valores muito reduzidos oscilando de 14,97 a 21,5 $\mu S.cm^{-1}$, indicando presença de poucos íons dissolvidos nas águas amostradas, ou seja, baixa mineralização. Estes valores estão coerentes com as baixas concentrações detectadas para os sólidos dissolvidos (máximo de 31 $mg.L^{-1}$). Em 2014, a condutividade também acusou valores bastante reduzidos, variando de 8,5 a 15,0 $\mu S.cm^{-1}$, águas com baixa mineralização.

Em relação aos parâmetros indicadores dos teores de sólidos e compostos dissolvidos nas águas, foram registrados baixos teores de sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis e turbidez, o que

está de acordo com as características visuais da água que no momento das coletas, encontrava-se transparente, com cor ligeiramente amarelada e sem turbidez aparente.

Os sólidos suspensos apresentaram um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<20 $mg.L^{-1}$) nas três datas de coleta, ou seja, inferior ao Limite Máximo Permitido – LMP de 100 $mg.L^{-1}$. Mesmo comportamento foi observado em 2014, quando os sólidos suspensos estiveram abaixo do limite de quantificação do método de análise (<5 $mg.L^{-1}$).

Os sólidos dissolvidos correspondem à matéria em solução resultado da filtragem dos sólidos totais da amostra. Estes sólidos acusaram teores oscilando de <20 a 31 $mg.L^{-1}$, sendo considerados bem reduzidos se comparados com o LMP de 500 $mg.L^{-1}$ estabelecido pela DN Conjunta COPAM/CERH 1/2008, corroborando o verificado *in loco*, águas com boa aparência, transparentes. Em 2014, também foram reduzidos, tendo variado de 9 a 11 $mg.L^{-1}$.

Os sólidos sedimentáveis que representam a porção de sólidos que se sedimenta sob a ação da gravidade, apresentaram um valor inferior ao limite de quantificação do método utilizado (<0,5 $mL.L^{-1}$) nas três datas de coleta e os sólidos totais acusaram teores variando de <20 a 37,0 $mg.L^{-1}$. As análises de 2014 também acusaram um teor inferior ao limite de quantificação (<0,3 $mL.L^{-1}$).

Os teores reduzidos detectados para os sólidos dissolvidos estão coerentes com os baixos valores encontrados para condutividade elétrica.

Como consequência do valor reduzido encontrado para os sólidos suspensos (<20 $mg.L^{-1}$) nas três datas de coleta, a turbidez também acusou índices reduzidos de 3,78 a 6,06 UNT, sendo muito inferiores ao limite máximo permitido de 100 UNT. Estes resultados corroboram as observações visuais da qualidade da água no momento da coleta, onde se verificou que não havia turbidez aparente e nem presença de sólidos em suspensão.

Valores elevado de turbidez interferem no processo de fotossíntese de um corpo d'água. A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A alteração à penetração da luz na água decorre na suspensão. A turbidez dos corpos d'água é particularmente alta em regiões com solos erosivos, onde a precipitação pluviométrica pode carrear partículas de argila, silte, areia, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo.

A cor verdadeira apresentou índices oscilando de 29,60 a 65,53 $mgPt.L^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 75 $mgPt.L^{-1}$. Estes resultados estão de acordo com o observado no momento da coleta, onde as águas apresentavam uma leve cor marrom. O valo mais alto ocorreu na data 18/10/18. A cor se deve a presença de ácidos húmicos e fúlvicos, resultantes da decomposição de restos de vegetais, a presença de ferro e sólidos dissolvidos.

Em 2014, os valores de cor oscilaram de 23 a 102 $mgPt.L^{-1}$, sendo superior ao LMP na data 24/01/14. Este valor provavelmente foi em decorrências das chuvas no dia da coleta e nos dias que antecederam à mesma. As águas pluviais carreiam material presente nos solos adjacentes para dentro do rio.

Em termos dos metais ferro e manganês, verifica-se que o manganês solúvel e o manganês total acusaram concentrações inferiores ao limite de quantificação do método de análise (<0,05 $mg.L^{-1}$). Já em 2014, o manganês total oscilou de 0,0329 a 0,041 $mg.L^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 0,1 $mg.L^{-1}$.

O ferro solúvel acusou teores oscilando de 0,52 a 1,27 $mg.L^{-1}$, sendo superiores ao LMP de 0,3 $mg.L^{-1}$ e o ferro total acusou teores variando de 1,40 a 1,64 $mg.L^{-1}$ nas três datas de coleta. Comparando-se

as duas formas, verifica-se que o ferro se encontra nas águas na sua maior parte na forma precipitada ($Fe^{3+}$). Em 2014, os teores de ferro oscilaram de 0,0495 a 0,0981 mg.L$^{-1}$. A presença de ferro e acima do LMP provavelmente se deve à geoquímica local, uma vez que o uso do solo na região é predominantemente rural.

O potencial redox (Eh) no ponto P05 (HercS-HA-05) acusou um valor positivo e reduzido de 1,1 mV, indicando um ambiente pouco oxidante. Comparando-se os resultados de Eh, pH e consultando o diagrama do ferro verifica-se que o ferro na sua maior parte está sob a forma +2.

Os demais metais analisados Al, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg e zinco acusaram teores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação do método analítico utilizado, sendo respectivamente: <0,100; <0,010; <0,010; <0,009; <0,05; <0,0002 e <0,18 mg.L$^{-1}$ e inferiores aos seus respectivos limites máximos permitidos, conforme pode ser observado através da Tabela 9.44. Em 2014, estes metais também estiveram abaixo dos seus limites de quantificação, com exceção do alumínio dissolvido que variou de 0,0155 a 0,0164 mg.L$^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 0,1 mg.L$^{-1}$.

A matéria orgânica carbonácea representada pela demanda bioquímica de oxigênio – DBO, apresentou nas três datas de coleta um valor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<2,0 mg.L$^{-1}$), sendo inferior ao LMP de 5 mg.L$^{-1}$. Em 2014, oscilou de <2 a 9,5 mg.L$^{-1}$, sendo que o valor mais elevado ocorreu em janeiro de 2014 e, provavelmente, devido às chuvas que ocorreram no dia da coleta e nos dias anteriores a mesma.

De acordo com ESTEVES (1998), dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio ($O_2$), é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. O oxigênio dissolvido – OD apresentou teores oscilando de 6,7 a 8,1 mg.L$^{-1}$, sendo superiores ao mínimo exigido de 5 mg.L$^{-1}$, indicando águas com boa oxigenação. As análises de 2014 acusaram teores oscilando de 5,8 a 7,8 mg.L$^{-1}$, indicando águas com boa oxigenação.

Sob o ponto de vista sanitário, o oxigênio dissolvido é um parâmetro de grande importância, pois está relacionado à sobrevivência de organismos aeróbios.

Em termos dos nutrientes fósforo total e nitrogênio total, observa-se que o fósforo total acusou teores oscilando de 0,020 a 0,269 mg.L$^{-1}$, sendo superior ao LMP de 0,1 mg.L$^{-1}$ na data 31/05/19. Em 2014, acusou teores oscilando de 0,11 a 0,23 mg.L$^{-1}$, sendo superiores ao LMP.

O nitrogênio total acusou teores inferiores aos limites de detecção do método utilizado (<1,0 e <11,0 mg.L$^{-1}$) nas três datas de coleta. O nitrato que é a forma oxidada do nitrogênio acusou um valor <0,113 mg.L$^{-1}$, sendo significativamente inferior ao LMP de 10 mg.L$^{-1}$. O mesmo aconteceu em 2014, quando o nitrato acusou um teor <0,3 mg.L$^{-1}$. O nitrito, forma reduzida do nitrogênio, acusou um teor <0,03 mg.L$^{-1}$, sendo inferior ao LMP de 1 mg.L$^{-1}$. Em 2014, também acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,02 mg.L$^{-1}$).

A temperatura influencia na maioria dos processos físicos, químicos e biológicos na água. Além disso, influencia na solubilidade dos gases, entre eles o oxigênio dissolvido, que diminui com o aumento da temperatura.

A temperatura da água oscilou de 17,1 a 24,1ºC, valores estes que contribuíram para uma boa oxigenação das águas. Em 2014, a temperatura oscilou de 18,4 a 21°C.

Os óleos e graxas, surfactantes e fenóis acusaram teores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação dos métodos de análise (<10; <0,10 e <0,003 mg.L$^{-1}$), sendo também inferiores aos seus respectivos limites máximos permitidos (virtualmente ausentes, 0,5 mg.L$^{-1}$ e 0,003 mg.L$^{-1}$).

O sulfato apresentou um teor de 4,43 mg.L$^{-1}$, sendo muito inferior ao LMP de 250 mg.L$^{-1}$.

No que se refere à qualidade sanitária das águas amostradas no ponto 05 (HercS-HA-05) atestou-se a presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. A presença destas bactérias na água indica uma contaminação fecal, o que impossibilita um uso da água para consumo humano tratamento.

Estes indicadores de contaminação fecal representam o potencial do corpo hídrico na transmissão de doenças. O parâmetro *E. coli* apresentou valores oscilando de 19,7 a 341,0 NMP.100 mL$^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 1000 NMP.100 mL$^{-1}$. Já os coliformes totais acusaram valores variando de 10 a 14136 NMP.100 mL$^{-1}$. Os *Enterococcus faecium* e *faecalis* acusaram um valor de 131,4 NMP.100 mL$^{-1}$. Em 2014, a *E. coli* acusou valores oscilando de 435 a 17330 NMP.100 mL$^{-1}$, sendo que o valor mais elevado que ultrapassou o LMP de 1000 NMP.100 mL$^{-1}$ ocorreu em janeiro de 2014. O resultado se deve provavelmente devido a fezes de animais da região. Não foi constatado pela ARCADIS lançamento de esgoto a montante do ponto de coleta.

A presença de bactérias se deve provavelmente à criação de gado na área de entorno do rio.

Os parâmetros orgânicos analisados pela Arcadis em 2014 acusaram todos os resultados dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente. Todos acusaram teores inferiores aos seus limites de quantificação dos métodos de análise.

Tabela 9.66 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P05 (HercS-HA-05), Rio do Peixe, a jusante do futuro empreendimento.

| PONTO 05 (HercS-HA-05) – RIO DO PEIXE, A JUSANTE DO FUTURO EMPREENDIMENTO | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** rio | **Tipo de amostra:** água superficial | | | **Classe:** Classe 2 | | **Hora da coleta:** 10:00; 10:40 e 10:41 horas | | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos LMP** |
| | | **18/10/18** | **31/05/19** | **21/07/21** | | | | |
| pH *in loco* | - | 6,97 | 6,11 | 6,81 | 6,11 | **6,63** | 6,97 | 6 - 9 |
| Cor verdadeira | mgPt.L$^{-1}$ | 65,53 | 36,39 | 29,60 | 29,60 | **43,84** | 65,53 | 75 |
| Turbidez | UNT | 6,06 | 4,31 | 3,78 | 3,78 | **4,72** | 6,06 | 100 |
| Condutividade elétrica | µS.cm$^{-1}$ | 21,5 | 19,58 | 14,97 | 14,97 | **18,68** | 21,5 | N.A. |
| Oxigênio dissolvido | mg.L$^{-1}$ | 6,7 | 7,9 | 8,1 | 6,7 | **7,57** | 8,1 | >5 |
| DBO (5) | mg.L$^{-1}$ | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | **<2,0** | <2,0 | 5 |
| Sólidos totais | mg.L$^{-1}$ | 31 | <20 | 37 | <20 | **29** | 37 | N.A. |
| Sólidos em suspensão | mg.L$^{-1}$ | <20 | <20 | <20 | <20 | **<20** | <20 | 100 |
| Sólidos dissolvidos | mg.L$^{-1}$ | 26 | <20 | 31 | <20 | **26** | 31 | 500 |
| Sólidos sedimentáveis | mg.L$^{-1}$ | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | **<0,5** | <0,5 | N.A. |
| Ferro solúvel | mg.L$^{-1}$ | 0,68 | 0,52 | 1,27 | 0,52 | **0,82** | 1,27 | 0,3 |
| Ferro Total | mg.L$^{-1}$ | 1,64 | 1,64 | 1,40 | 1,40 | **1,56** | 1,64 | N.A. |
| Manganês solúvel | mg.L$^{-1}$ | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | N.A. |
| Manganês total | mg.L$^{-1}$ | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,1 |
| Fósforo total | mg.L$^{-1}$ | 0,025 | 0,269 | 0,020 | ,0,020 | **0,10** | 0,269 | 0,1 (Lótico) |
| Nitrogênio total | mg.L$^{-1}$ | <1,0 | <11,0 | <11,0 | <1,0 | **<7,7** | <11,0 | N.A. |
| Nitrato | mg.L$^{-1}$ | - | <0,113 | <0,113 | <0,113 | **<0,113** | <0,113 | 10 |

| PONTO 05 (HercS-HA-05) – RIO DO PEIXE, A JUSANTE DO FUTURO EMPREENDIMENTO | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** rio | **Tipo de amostra:** água superficial | | | **Classe:** Classe 2 | | | **Hora da coleta:** 10:00; 10:40 e 10:41 horas | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos LMP** |
| | | **18/10/18** | **31/05/19** | **21/07/21** | | | | |
| Nitrito | $mg.L^{-1}$ | - | - | <0,030 | <0,030 | **<0,030** | <0,030 | 1 |
| Sulfato | $mg.L^{-1}$ | - | - | 4,43 | 4,43 | **4,43** | 4,43 | 250 |
| Temperatura da água *in loco* | ºC | 23,3 | 19,7 | 17,1 | 17,1 | **20,0** | 23,3 | N.A. |
| Alumínio solúvel | $mg.L^{-1}$ | - | - | <0,100 | <0,100 | **<0,100** | <0,100 | 0,100 |
| Cádmio total | $mg.L^{-1}$ | - | - | <0,001 | <0,001 | **<0,001** | <0,001 | 0,010 |
| Chumbo total | $mg.L^{-1}$ | - | - | <0,010 | <0,010 | **<0,010** | <0,010 | 0,010 |
| Cobre solúvel | $mg.L^{-1}$ | - | - | <0,005 | <0,005 | **<0,005** | <0,005 | 0,009 |
| Cromo total | $mg.L^{-1}$ | - | - | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,05 |
| Mercúrio total | $mg.L^{-1}$ | - | - | <0,0002 | <0,0002 | **<0,0002** | <0,0002 | 0,0002 |
| Zinco total | $mg.L^{-1}$ | - | - | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,18 |
| Coliformes totais | NMP.100 $mL^{-1}$ | 14136 | 10 | 5794,0 | 10 | **6646,7** | 5794,0 | N.A. |
| *Escherichia coli* | NMP.100 $mL^{-1}$ | 231,0 | 19,7 | 341,0 | 19,7 | **197,2** | 341,0 | 1000 |
| *Enterococcus faecalis e faecium* | NMP.100 $mL^{-1}$ | - | - | 131,4 | 131,4 | **131,4** | 131,4 | N.A. |
| *Vazão* | $m^3.h^{-1}$ | 1226,3 | 485,4 | 806,3 | 485,4 | **839,3** | 1226,3 | N.A. |
| *IQA* | - | 76 | 67 | 74 | 67 | **72** | 76 | Excelente 90<IQA≤100<br>Boa 70<IQA≤90<br>Média 50<IQA≤70<br>Ruim 25<IQA≤50<br>Muito ruim 0<IQA≤25 |
| **Responsáveis Técnicos:** Rodrigo Antônio de Pontes – CRQ 02301056 2ª Região **Laboratório**: Visão Ambiental. **Obs**.: Altitude: 739 m $T_{Ar}$ = 35ºC Tempo: sol e quente. Ocorrência de chuva antes da coleta. Na data 31/05/19 o dia estava com sol e sem chuvas. 21/07/21 –Chuva fina na coleta. Ausência de chuva nas 24 e 48 h antes da coleta. N.A. Não se aplica. | | | | | | | | |

Tabela 9.67 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P03, Rio do Peixe (668118 / 7946552). Ponto este monitorado e discutido no EIA elaborado pela ARCADIS logos em 2014.

| Parâmetros | Unidades | VMP | Ponto 3 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 1ª camp. | 2ª camp. |
| Condutividade | µS/cm | - | 8,5 | 15 |
| Cor Verdadeira | Pt/Co | 75 | 102 | 23 |
| Criseno | µg/L | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 |
| Cromo | mg/L | 0,05 | < 0,001 | < 0,001 |
| DBO | mg/L | 5 | 9,5 | < 2 |
| Dibenzo(a,h)antraceno | µg/L | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 |
| Diclorometano | mg/L | 0,02 | < 0,001 | < 0,001 |
| DQO | mg/L | - | 21 | < 5 |
| Escherichia coli | NMP/100 mL | 1000 | 17330 | 435 |
| Estireno | mg/L | 0,02 | < 0,001 | < 0,001 |
| Etilbenzeno | µg/L | 90 | < 1 | < 1 |
| Ferro | mg/L | - | 1,63 | 1,42 |
| Ferro Dissolvido | mg/L | 0,3 | 0,0495 | 0,0981 |
| Fluoreto | mg/L | 1,4 | < 0,05 | < 0,05 |
| Fósforo Total | mg/L | 0,1 | 0,11 | 0,23 |
| Hexaclorobenzeno | µg/L | 0,0065 | < 0,005 | < 0,005 |
| Indeno(1,2,3,cd)pireno | µg/L | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 |
| Índice de Fenóis | mg/L | 0,003 | < 0,001 | < 0,001 |
| Lítio | mg/L | 2,5 | < 0,001 | < 0,001 |
| Manganês | mg/L | 0,1 | 0,041 | 0,0329 |
| Mercúrio | mg/L | 0,0002 | < 0,0001 | < 0,0001 |
| Níquel | mg/L | 0,025 | < 0,001 | < 0,001 |
| Nitrato (como N) | mg/L | 10 | < 0,3 | < 0,3 |
| Nitrito (como N) | mg/L | 1 | < 0,02 | < 0,02 |
| Nitrogênio Amoniacal | mg/L | * | < 0,1 | < 0,1 |
| Óleos e Graxas Totais | mg/L | Virtualmente ausente | < 5 | < 5 |
| Oxigênio Dissolvido | mg/L | > 5 | 5,8 | 7,8 |
| PCB´s - Bifenilas Policloradas | µg/L | 0,001 | < 0,001 | < 0,001 |

| Parâmetros | Unidades | VMP | Ponto 3 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 1ª camp. | 2ª camp. |
| 1,1-Dicloroeteno | mg/L | 0,003 | < 0,001 | < 0,001 |
| 1,2-Dicloroetano | mg/L | 0,01 | < 0,001 | < 0,001 |
| 2,4,6-Triclorofenol | mg/L | 0,01 | <0,00005 | <0,00005 |
| 2,4-Diclorofenol | µg/L | 0,3 | < 0,1 | < 0,1 |
| 2-Clorofenol | µg/L | 0,1 | < 0,005 | < 0,005 |
| Acrilamida | µg/L | 0,5 | < 0,1 | < 0,1 |
| Aldrin + Dieldrin | µg/L | 0,005 | < 0,005 | < 0,005 |
| Alumínio | mg/L | - | 0,5245 | 0,1362 |
| Alumínio Dissolvido | mg/L | 0,1 | 0,0155 | 0,0164 |
| Antimônio | mg/L | 0,005 | < 0,001 | < 0,001 |
| Arsênio | mg/L | 0,01 | < 0,001 | < 0,001 |
| Bário | mg/L | 0,7 | 0,0057 | 0,004 |
| Benzeno | mg/L | 0,005 | < 0,001 | < 0,001 |
| Benzidina | µg/L | 0,001 | < 0,0001 | < 0,0001 |
| Benzo(a)antraceno | µg/L | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 |
| Benzo(a)pireno | µg/L | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 |
| Benzo(b)fluoranteno | µg/L | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 |
| Benzo(k)fluoranteno | µg/L | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 |
| Berílio | mg/L | 0,04 | < 0,001 | < 0,001 |
| Boro | mg/L | 0,5 | < 0,001 | < 0,001 |
| Cádmio | mg/L | 0,001 | < 0,001 | < 0,001 |
| Chumbo | mg/L | 0,01 | < 0,001 | < 0,001 |
| Cianeto Livre | mg/L | 0,005 | < 0,001 | < 0,001 |
| Cloreto | mg/L | 250 | < 0,5 | < 0,5 |
| Cloro Residual | mg/L | 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Clorofila A | µg/L | 30 | < 3 | < 3 |
| Cobalto | mg/L | 0,05 | < 0,001 | < 0,001 |
| Cobre Dissolvido | mg/L | 0,009 | < 0,001 | < 0,001 |

| Parâmetros | Unidades | VMP | Ponto 3 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 1ª camp. | 2ª camp. |
| pH | - | 6 a 9 | 6,61 | 6,63 |
| Prata | mg/L | 0,01 | < 0,001 | < 0,001 |
| Selênio | mg/L | 0,01 | < 0,001 | < 0,001 |
| Sólidos Dissolvidos Totais | mg/L | 500 | 9 | 11 |
| Sólidos Sedimentáveis | mL/L.h | Virtualmente ausentes | < 0,3 | < 0,3 |
| Sólidos Suspensos Totais | mg/L | - | < 5 | < 5 |
| Sulfato | mg/L | 250 | < 0,5 | < 0,5 |
| Sulfetos (como H2S não dissociado) | mg/L | 0,002 | < 0,002 | < 0,002 |
| Surfactantes | mg/L | 0,5 | 0,1 | < 0,1 |
| Temperatura da Água | °C | - | 21 | 18,4 |
| Temperatura do Ar | °C | - | 19 | 22 |
| Tetracloreto de Carbono | mg/L | 0,002 | < 0,001 | < 0,001 |
| Tetracloroeteno | mg/L | 0,01 | < 0,001 | < 0,001 |
| Tolueno | µg/L | 2 | < 1 | < 1 |
| Tributilestanho | µg/L | 0,063 | < 0,01 | < 0,01 |
| Triclorobenzenos | mg/L | 0,02 | < 0,003 | < 0,003 |
| Tricloroeteno | mg/L | 0,03 | < 0,001 | < 0,001 |
| Turbidez | NTU | 100 | 28 | 5 |
| Urânio | mg/L | 0,02 | < 0,001 | < 0,001 |
| Vanádio | mg/L | 0,1 | < 0,001 | < 0,001 |
| Xilenos | µg/L | 300 | < 3 | < 3 |
| Zinco | mg/L | 0,18 | 0,0256 | 0,0339 |

Fonte: Arcadis, logos, 2014.

### 9.9.6.8 Ponto 06 (HercS-HA-06) – Rio do Peixe, no ponto de captação da COPASA

O ponto 06 (HercS-HA-06) está localizado no Rio do Peixe, no ponto de captação da COPASA, para abastecimento do município, cuja coordenada UTM é: 666999 (Leste) / 7943508 (Norte).

Este ponto fica no rio do Peixe, na captação da COPASA, na ponte onde passa a BR-259. Também está a 250 m a leste da comunidade de Limoeiro, seguindo pela BR-259. O uso do solo próximo ao ponto é para pastagem.

Figura 9-171 - Local do ponto de coleta, na captação da Copasa (BR – 259).

Figura 9-172 - Local do ponto de coleta, na captação da Copasa (BR – 259).

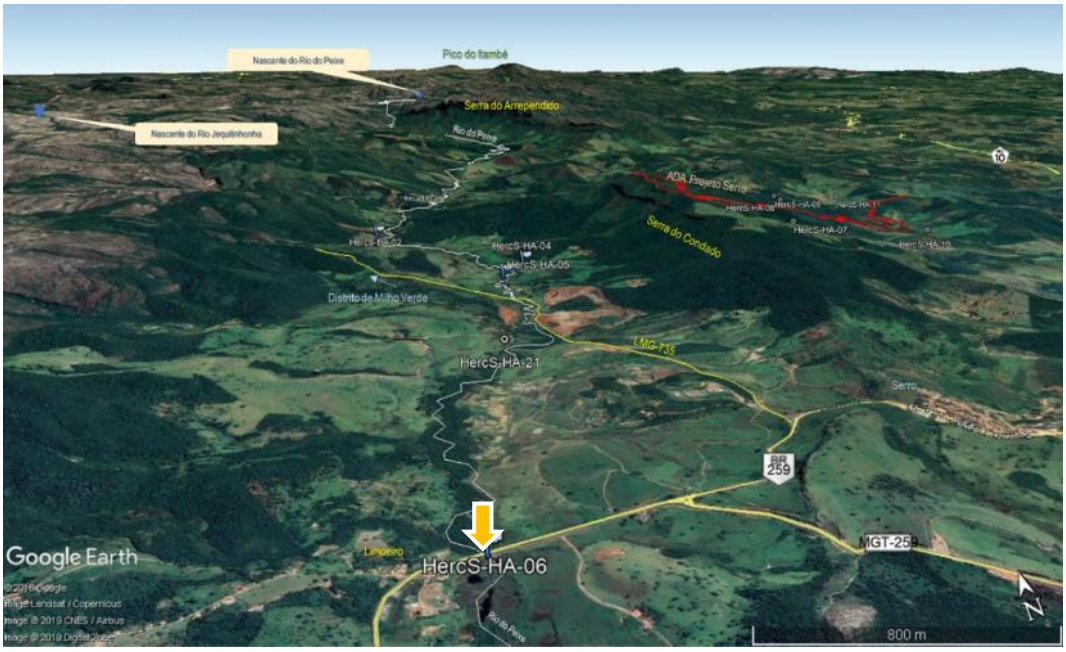



Figura 9-173 - Imagem satélite contendo a localização do ponto P06 (HercS-HA-06).

A vazão neste ponto do rio do Peixe medida em 18/10/18 foi de 968,5 m³/h (0,269 m³/s), 591,2 m³/h (0,164 m³/s). em 31/05/20 e 972,2 m³/h (0,270 m³/s) na data 19/07/21.

**Características visuais da água**

Em termos de qualidade visual da água no ponto 06 (HercS-HA-06) nas datas 18/10/18, 30/05/19 e 19/07/21, é possível verificar através da Figura 9-174 que a água apresentava transparência, uma cor aparente levemente marrom e sem turbidez aparente. Nas duas margens do rio e também em alguns pontos no interior do mesmo há presença de vegetação (capim).

18/10/18

30/05/19

Figura 9-174 - Detalhe visual da água no ponto P06 (HercS-HA-06).

As fotos a seguir apresenta uma sequência de fotos detalhando o local da amostragem efetuada no ponto de coleta Ponto 06 - HercS-HA-06 – Captação da COPASA.

Vista da BR-259.

Vista da COPASA – Captação de água.

Vista mais de perto da captação de água.

Detalhe da vegetação nas duas margens do rio.

Detalhe do local de coleta – 18/10/18.

Detalhe da medição de vazão do rio - 18/10/18.

Figura 9-175 - Fotos do local da coleta de 18/10/18 e 30/05/19 no rio do Peixe.

Vista de montante do ponto de coleta – 30/05/19.

Vista de jusante do ponto de coleta – 30/05/19.

30/05/19.

Vista mais de perto da captação de água.

Figura 9-176 - Fotos do local da coleta de 18/10/18 e 30/05/19 no rio do Peixe.

A figura a seguir apresenta um registro fotográfico da coleta no rio do Peixe em 19/07/21.

Vista de montante do ponto de coleta P06.

Vista de jusante do ponto de coleta P06.

Local da coleta.

Medição de vazão.

Detalhe da vegetação do entorno do ponto.

Coleta de amostra de fitoplâncton.

Figura 9-177 - Fotos do local da coleta de 19/07/21 no rio do Peixe.

## Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas

As águas do ponto P06 (HercS-HA-06) foram enquadradas como classe 2, ou seja, "Águas destinadas: a - ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b - à proteção das comunidades aquáticas; c - à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d - à 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; e - à aquicultura e à atividade de pesca", conforme o Art. 4º da Seção I – das águas doces da DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008.

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas para as amostras de águas superficiais no ponto 06 (HercS-HA-06), realizadas nas datas 18/10/18, 30/05/19 e 19/07/21, estão apresentados através da Tabela 9.68.

Em termos de qualidade das águas superficiais verificada nas três datas citadas acima no ponto P06 (HercS-HA-06), verifica-se através dos resultados que todos os parâmetros acusaram valores em conformidade com os padrões estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 para as águas de Classe 2, com exceção de pH, ferro solúvel e fósforo total.

Em termos do Índice de Qualidade da Água – IQA, para este ponto foram encontrados valores oscilando de 66 (31/05/19) a 80 (18/10/18). De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, estes resultados indicam águas de média a boa qualidade. A média foi de 73 o que classifica as águas como de qualidade boa. Estes resultados são corroborados pelos valores detectados para todos os parâmetros avaliados, que estiveram abaixo dos seus limites máximos permitidos, com exceção do ferro solúvel, fósforo e fora da faixa limite de pH.

Os valores de pH medidos *in loco* variaram de 5,81 a 7,37, quando a faixa limite é de 6 a 9, indicando que as águas amostradas apresentaram características oscilando de ácidas a ligeiramente alcalinas no período analisado. O valor ácido ocorrido na data 30/05/19 provavelmente se deve a concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos de origem alóctone e autóctone, como os ácidos húmicos e fúlvicos oriundos da decomposição de matéria orgânica.

Outra possibilidade é que a água esteja sendo influenciada pela concentração de íons $H^+$ originados da dissociação do ácido carbônico ($H_2CO_3 \Leftrightarrow 2\ H^+ + CO_3^{2-}$), que gera valores baixos de pH. Os sólidos dissolvidos na água servem como tampão às alterações do pH, o que mantém seu valor estável. O valor ácido detectado na data 30/05/19, pode ter ocorrido devido à baixa concentração de sólidos dissolvidos na água. Outra possibilidade é erro de medida.

A condutividade elétrica da água acusou valores muito reduzidos oscilando de 21,7 a 25,4 $\mu S.cm^{-1}$, indicando presença de poucos íons dissolvidos nas águas amostradas, ou seja, baixa mineralização. Estes valores estão coerentes com as baixas concentrações detectadas para os sólidos dissolvidos (máximo de 50 $mg.L^{-1}$).

Em relação aos parâmetros indicadores dos teores de sólidos e compostos dissolvidos nas águas, foram registrados baixos teores de sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis e turbidez, o que está de acordo com as características visuais das águas que no momento das coletas, encontravam-se transparentes, com cor ligeiramente marrom e sem turbidez aparente.

Os sólidos suspensos apresentaram um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<20 $mg.L^{-1}$), ou seja, inferior ao Limite Máximo Permitido – LMP de 100 $mg.L^{-1}$ nas três datas de coleta. Os sólidos dissolvidos acusaram teores bastante reduzidos oscilando de <20 a 50 $mg.L^{-1}$ nas três datas de coleta, sendo considerados teores bem reduzidos se comparados com o LMP de 500 $mg.L^{-1}$, corroborando o verificado *in loco,* águas com boa aparência, transparentes.

Os sólidos sedimentáveis apresentaram um valor inferior ao limite de quantificação do método utilizado (<0,5 $mL.L^{-1}$) nas três datas de coleta e os sólidos totais acusaram teores variando de <20 a 57 $mg.L^{-1}$.

Os valores reduzidos detectados para os sólidos dissolvidos estão coerentes com os baixos valores encontrados para condutividade elétrica.

Como consequência dos valores reduzidos detectados para os sólidos suspensos (<20 mg.L$^{-1}$) nas três coletas, a turbidez também acusou índices muito reduzidos, onde oscilou de 5,11 a 5,46 UNT, sendo significativamente inferiores ao limite máximo permitido de 100 UNT. Estes resultados corroboram as observações visuais da qualidade das águas no momento das coletas, onde verificou-se que não havia turbidez aparente e nem presença de sólidos em suspensão.

A cor verdadeira apresentou resultados oscilando de 22,60 a 58,26 mgPt.L$^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 75 mgPt.L$^{-1}$. Estes resultados estão de acordo com o observado no momento da coleta, onde a água apresentava uma leve cor marrom.
A presença de ferro e de ácidos húmicos e fúlvicos presentes na água contribuíram para a cor da mesma.

Em termos dos metais ferro e manganês, verifica-se que o manganês solúvel acusou um teor inferior ao limite de detecção do método de análise (<0,05 mg.L$^{-1}$) nas três coletas. O manganês na sua forma total também acusou um teor <0,05 mg.L$^{-1}$ nas três datas de coleta, sendo inferiores ao LMP de 0,1 mg.L$^{-1}$.

O ferro solúvel acusou teores oscilando de 0,68 a 1,41 mg.L$^{-1}$, sendo superiores ao LMP de 0,3 mg.L$^{-1}$ e o ferro total variou de 1,35 a 2,38 mg.L$^{-1}$. Comparando-se as duas formas, verifica-se que o ferro se encontra na água na sua maior parte na forma solúvel ($Fe^{2+}$). A presença de ferro solúvel acima do LMP em todas as coletas também foi observada no ponto P05 (HercS-HA-05) localizado também no rio do Peixe a montante do P06 (HercS-HA-06). Estes resultados acima do LMP se devem provavelmente a geoquímica local. O uso do solo na região é predominantemente rural, sendo que próximo ao ponto de coleta há área de pastagem. Outra possibilidade seria a contribuição da BR-259 onde trafegam caminhões e carretas carregando minério.

O potencial redox (Eh) no ponto P06 (HercS-HA-06) acusou um valor positivo de 85,5, indicando um ambiente mais oxidante. Comparando-se os resultados detectados para Eh, pH e Ferro e consultando o diagrama de Eh x pH do ferro, verifica-se que a espécie de ferro que predomina na água coletada em 19/07/21 é o $Fe^{+2}$.

Quanto aos demais metais analisados como: Al dissolvido (<0,100 mg.L$^{-1}$), cádmio total (<0,001 mg.L$^{-1}$), chumbo total (<0,010 mg.L$^{-1}$), cobre solúvel (<0,005 mg.L$^{-1}$), cromo total (<0,05 mg.L$^{-1}$), mercúrio total (<0,0002 mg.L$^{-1}$) e zinco (<0,05 mg.L$^{-1}$), todos estiveram abaixo dos seus respectivos limites de quantificação do método analítico utilizados e inferiores aos seus limites máximos permitidos (0,100; 0,010; 0,010; 0,009; 0,05; 0,0002 e 0,18 mg.L$^{-1}$).

A matéria orgânica carbonácea representada pela demanda bioquímica de oxigênio – DBO, apresentou um valor reduzido de <2,0 mg.L$^{-1}$ nas três campanhas de amostragem, sendo inferior ao LMP de 5 mg.L$^{-1}$. Este valor reduzido de DBO favoreceu a boa oxigenação das águas.

O oxigênio dissolvido – OD, um dos parâmetros mais importantes no estudo da qualidade das águas, apresentou concentrações oscilando de 6,8 a 7,8 mg.L$^{-1}$, sendo superiores ao mínimo exigido de 5 mg.L$^{-1}$, indicando águas com boa oxigenação.

Em termos dos nutrientes fósforo total e nitrogênio total, observa-se que o fósforo total acusou teores variando de 0,015 a 0,221 mg.L$^{-1}$, sendo inferior ao LMP de 0,1 mg.L$^{-1}$ nas datas 18/10/18 e 19/07/21.

O teor que superou o LMP ocorreu na estação seca. Nesta estação como o volume de água é menor, há uma concentração do fósforo. Mesmo comportamento foi observado no ponto P05 também localizado no rio do Peixe a montante do P06, onde também acusou um teor acima do LMP na data 31/05/19 (0,269 $mg.L^{-1}$).

A presença de fósforo no local da coleta, se deve provavelmente a composição das rochas da bacia de drenagem, com organismos em decomposição e compostos voláteis liberados de plantas e queimadas naturais e com dejetos de bovinos e algum esgoto doméstico, tendo em vista que trata-se de uma região onde o uso do solo é predominantemente rural.

Segundo ESTEVES (1998), há muito é conhecida a importância do fósforo nos sistemas biológicos. Esta importância deve-se à participação deste elemento em processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos tais como: armazenamento de energia (forma uma fração essencial da molécula de ATP) e a estruturação da membrana celular (através dos fosfolipídios).

Na maioria das águas continentais o fósforo é o principal fator limitante de sua produtividade. Além disso, tem sido apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial destes ecossistemas.

Já o nitrogênio total acusou teores inferiores aos limites de quantificação do método utilizado (<1,0 e <11,0 $mg.L^{-1}$). O nitrato que é a forma oxidada do nitrogênio também não foi detectado (<0,113 $mg.L^{-1}$) e o nitrito que é a forma reduzida acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise.
Quanto ao sulfato, um dos mais abundantes íons na natureza, é fortemente influenciado pela formação geológica da bacia de drenagem do sistema. Os sulfatos e sulfetos são originados a partir dos processos de oxidação e redução do enxofre.

Nas águas superficiais a formação de sulfatos ocorre através das descargas de esgotos domésticos (por exemplo, através da degradação de proteínas) e efluentes industriais (exemplos: efluentes de indústrias de celulose e papel, química e farmacêutica, etc)[34].

Na data em que foi analisado, o sulfato acusou um teor bastante reduzido de 5,57 $mg.L^{-1}$, sendo muito inferior ao LMP de 250 $mg.L^{-1}$.

A temperatura da água oscilou de 21,6 a 23,7ºC, valores estes que contribuíram para uma boa oxigenação das águas, juntamente com a reduzida quantidade de matéria orgânica medida através da DBO.

Os óleos e graxas, surfactantes e fenóis acusaram teores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação dos métodos de análise (<10; <0,10 e <0,003 mg.L-1), sendo também inferiores aos seus respectivos limites máximos permitidos (virtualmente ausentes, 0,5 $mg.L^{-1}$ e 0,003 $mg.L^{-1}$).

No que se refere à qualidade sanitária das águas amostradas no ponto 06 (HercS-HA-06) atestou-se a presença de coliformes totais, *Escherichia coli e Enterococcus faecium e faecalis*. A presença destas bactérias na água indica uma contaminação fecal o que impossibilita um uso da água para consumo humano sem desinfecção.

[34] Fonte: https://www.senairs.org.br/sites/default/files/documents/artigo_monitoramento_do_anion_sulfato_nas_etapas_de_ribeira.pdf

Estes indicadores de contaminação fecal representam o potencial do corpo hídrico na transmissão de doenças. O parâmetro *E. coli* apresentou valores oscilando de 63 a 461,1 NMP.100 mL$^{-1}$, sendo muito inferiores ao LMP de 1000 NMP.100 mL$^{-1}$. Já os coliformes totais acusaram valores oscilando de 2419,6 a 8164,0 NMP.100 mL$^{-1}$. Estes resultados provavelmente se devem a presença de animais, uma vez que o uso do solo próximo ao ponto é para pastagem. O ponto também está próximo a uma cidade.

O ponto 06 (Herc-HA-06) está localizado no rio do Peixe na captação da COPASA. A COPASA abastece o município de Serro.

Tabela 9.68 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P06 (HercS-HA-06), Rio do Peixe, Captação da COPASA.

| PONTO 06 (HercS-HA-06) – RIO DO PEIXE, CAPTAÇÃO DA COPASA | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** rio | **Tipo de amostra:** água superficial | | **Classe:** Classe 2 | | **Hora da coleta:** 10:00; 10:40 e 10:41 horas | | | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos LMP** |
| | | **18/10/18** | **31/05/19** | **19/07/21** | | | | |
| pH *in loco* | - | 7,37 | 5,81 | 6,74 | 6,74 | **6,64** | 7,37 | 6 - 9 |
| Cor verdadeira | mgPt.L$^{-1}$ | 58,26 | 22,60 | 29,60 | 22,60 | **36,82** | 58,26 | 75 |
| Turbidez | UNT | 5,46 | 5,27 | 5,11 | 5,11 | **5,28** | 5,46 | 100 |
| Condutividade elétrica | µS.cm$^{-1}$ | 24,7 | 25,4 | 21,70 | 21,70 | **23,9** | 25,4 | N.A. |
| Oxigênio dissolvido | mg.L$^{-1}$ | 6,8 | 7,8 | 7,5 | 6,8 | **7,37** | 7,8 | >5 |
| DBO (5) | mg.L$^{-1}$ | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | **<2,0** | <2,0 | 5 |
| Sólidos totais | mg.L$^{-1}$ | <20 | 22 | 57 | <20 | **33** | 57 | N.A. |
| Sólidos em suspensão | mg.L$^{-1}$ | <20 | <20 | <20 | <20 | **<20** | <20 | 100 |
| Sólidos dissolvidos | mg.L$^{-1}$ | <20 | <20 | 50 | <20 | **30** | 50 | 500 |
| Sólidos sedimentáveis | mg.L$^{-1}$ | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | **<0,5** | <0,5 | N.A. |
| Ferro solúvel | mg.L$^{-1}$ | 0,68 | 1,41 | 1,34 | 0,68 | **1,14** | 1,41 | 0,3 |
| Ferro Total | mg.L$^{-1}$ | 1,46 | 2,38 | 1,35 | 1,35 | **1,73** | 2,38 | N.A. |
| Manganês solúvel | mg.L$^{-1}$ | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | N.A. |
| Manganês total | mg.L$^{-1}$ | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,1 |
| Fósforo total | mg.L$^{-1}$ | 0,033 | 0,221 | 0,015 | 0,015 | **0,090** | 0,221 | 0,1 (Lótico) |
| Nitrogênio total | mg.L$^{-1}$ | <1,0 | <11,0 | <11,0 | <1,0 | **7,7** | <11,0 | N.A. |
| Nitrato | mg.L$^{-1}$ | ND | <0,113 | <0,113 | <0,113 | **<0,113** | <0,113 | 10 |
| Nitrito | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,030 | <0,030 | **<0,030** | <0,030 | 1 |
| Sulfato | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | 5,57 | 5,57 | **5,57** | 5,57 | 250 |
| Surfactantes aniônicos | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | 0,5 |
| Óleos e graxas | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <10 | <10 | **<10** | <10 | Virtualmente |
| Fenol | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,003 | <0,003 | **<0,003** | <0,003 | 0,003 |
| Temperatura da água *in* | ºC | 23,7 | 21,6 | 23,3 | 21,6 | **22,9** | 23,7 | N.A. |
| Alumínio solúvel | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,100 | <0,100 | **<0,100** | <0,100 | 0,1 |
| Cádmio total | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,001 | <0,001 | **<0,001** | <0,001 | 0,01 |
| Chumbo total | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,010 | <0,010 | **<0,010** | <0,010 | 0,01 |
| Cobre solúvel | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,005 | <0,005 | **<0,005** | <0,005 | 0,009 |
| Cromo total | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,05 |
| Mercúrio total | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,0002 | <0,0002 | **<0,0002** | <0,0002 | 0,0002 |
| Zinco total | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,18 |
| Coliformes totais | NMP.100 mL-1 | 6131 | 2419,6 | 8164,0 | 2419,6 | **5571,5** | 8164,0 | N.A. |
| Escherichia coli | NMP.100 mL-1 | 63 | 461,1 | 399,0 | 63 | **307,7** | 461,1 | 1000 |
| Enterococcus faecalis e | NMP.100 mL-1 | ND | ND | 178,0 | 178,0 | **178,0** | 178,0 | N.A. |

| PONTO 06 (HercS-HA-06) – RIO DO PEIXE, CAPTAÇÃO DA COPASA | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** rio | **Tipo de amostra:** água superficial | | | **Classe:** Classe 2 | | **Hora da coleta:** 10:00; 10:40 e 10:41 horas | | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos LMP** |
| | | **18/10/18** | **31/05/19** | **19/07/21** | | | | |
| Vazão | m3.h-1 | 968,5 | 591,2 | 972,2 | 591,2 | **844,0** | 972,2 | N.A. |
| IQA | - | 80 | 66 | 74 | 66 | **73** | 80 | Excelente 90<IQA≤100<br>Boa 70<IQA≤90<br>Média 50<IQA≤70<br>Ruim 25<IQA≤50<br>Muito ruim 0<IQA≤25 |
| **Responsáveis Técnicos:** Rodrigo Antônio de Pontes – CRQ 02301056 2ª Região **Laboratório**: Visão Ambiental. **Obs**.: Altitude: 730 m TAr = 27ºC Tempo: nublado e quente. Sem ocorrência de chuva antes da coleta. Na data 31/05/19 o dia estava com sol e sem chuvas. 19/07/21 - TAr = 18°C ND – Não determinado N.A. – Não se aplica | | | | | | | | |

### 9.9.6.9 Ponto 07 (HercS-HA-07) – Afluente do Córrego Siqueira, a jusante da futura Pilha de Estéril Franco

O ponto 07 (HercS-HA-07) está localizado no afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura Pilha de Estéril Franco, cuja coordenada UTM é: 670809 (Leste) / 7947255 (Norte).

Este ponto fica no ponto localizado em um afluente de primeira ordem do córrego Siqueira, aproximadamente 1,4 km a oeste do ponto onde esse afluente sem toponímia deságua no córrego Siqueira. Este ponto está dentro da área de estudo local (AEL) (Figura 9-178).

Também está a jusante da futura pilha de estéril Franco, cerca de 550 m a sudeste. A drenagem da pilha de estéril contribui para esse ponto de coleta.

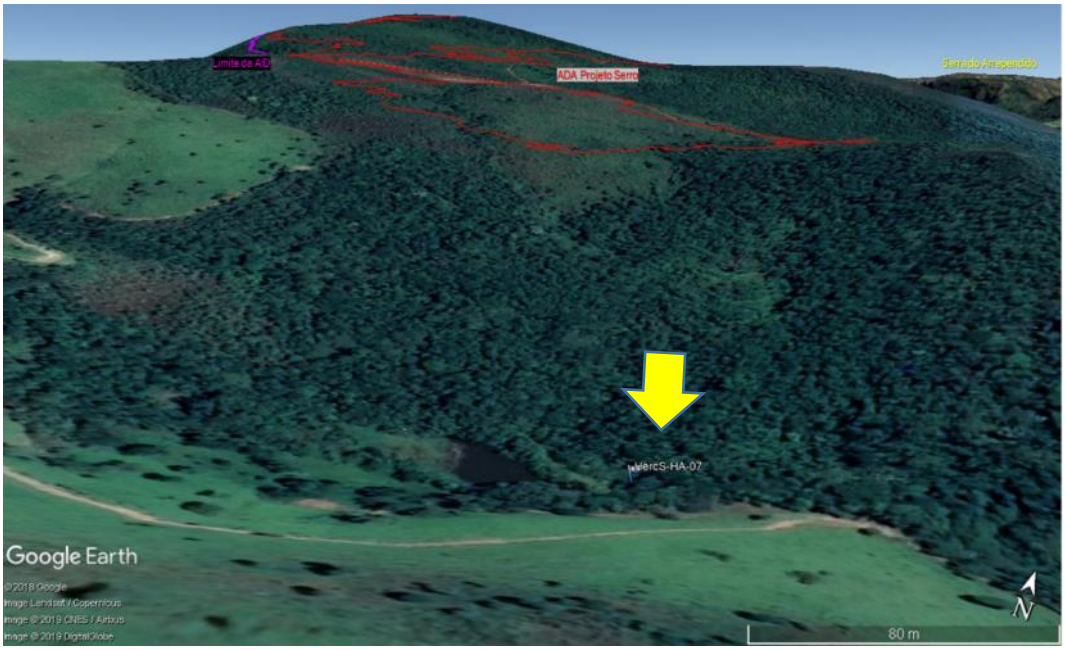



Figura 9-178 - Imagem satélite contendo a localização do ponto 07 (HercS-HA-07).

A vazão neste ponto do afluente do córrego Siqueira medida em 19/10/18 foi de 24,1 $m^3/h$, 43,4 $m^3/h$ em 31/05/20 e de 172,1 $m^3/h$ na data 21/07/21.

Características visuais da água

Em termos de qualidade visual da água no ponto 07 (HercS-HA-07) nas datas 19/10/18 e 30/05/19 e 21/07/21, é possível verificar através das figuras a seguir que a água apresentava transparência, uma cor aparente levemente marrom e sem turbidez aparente. Nas duas margens do rio e também em alguns pontos no interior do mesmo há presença de vegetação e gramíneas.

19/10/18

31/05/19

21/07/21.

Figura 9-179 - Detalhe visual da água do ponto 07 (HercS-HA-07) nas datas 19/10/18, 30/05/19 e 21/07/21.

As fotos a seguir apresentam uma sequência de fotos detalhando o local da amostragem efetuada no ponto de coleta ponto P07 (HercS-HA-07) – Afluente do córrego Siqueira, a jusante da pilha de estéril franco.

Vista do entorno do local de coleta.

Detalhe da vegetação nas duas margens do rio.

Vista do entorno do local de coleta.

Detalhe da vegetação nas duas margens do rio.

Detalhe do local de coleta.

Detalhe das proximidades do ponto.

Coleta de água – 30/05/19

Detalhe das proximidades do ponto.

Figura 9-180 - Fotos do local da coleta em 19/10/18 e em 30/05/19 no afluente do córrego Siqueira (Ponto P07 - HercS-HA – 07).

A seguir será apresentado um registro fotográfico da coleta de 21/07/21.

Vista da medição volumétrica em 21/07/21.

Vista de Montante do local de coleta.

Nascente do córrego Siqueira – Vista de jusante.

Coleta de água no ponto P07.

Coleta do hidrobiológico.

Detalhe visual da água.

Figura 9.132 - Fotos do local da coleta em 21/07/21 no afluente do córrego Sigueira (Ponto 07 - HercS-HA – 07).

**Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas**

As águas do ponto 07 (HercS-HA-07) foram enquadradas como classe 2, ou seja, "Águas destinadas: a - ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b - à proteção das comunidades aquáticas; c - à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d - à 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; e - à aquicultura e à atividade de pesca", conforme o Art. 4º da Seção I – das águas doces da DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008.

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas para as amostras de águas superficiais no ponto P07 (HercS-HA-07), realizadas na data 19/10/18, 30/05/19 e 21/07/21, estão apresentados através da Tabela 9.69.

Em termos de qualidade das águas superficiais verificada nas três datas avaliadas no ponto 07 (HercS-HA-07), verifica-se através dos resultados que todos os parâmetros acusaram valores em conformidade com os padrões estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 para as águas de Classe 2, com exceção de ferro solúvel e fósforo total.

Em termos do Índice de Qualidade da Água – IQA, para este ponto foram encontrados valores de IQA oscilando de 64 (31/05/19) a 79 (18/10/18). De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM, estes resultados indicam águas de qualidade média a boa. A média dos três resultados de IQA foi de 73, qualificando as águas como boas no período analisado. Estes resultados são corroborados pelos valores detectados para todos os parâmetros avaliados, que estiveram abaixo dos seus limites máximos permitidos, com exceção do ferro solúvel e fósforo total.

Os valores de pH medidos *in loco* oscilaram de 6,71 a 7,22, quando a faixa limite é de 6 a 9, ou seja, dentro da faixa limite, indicando que as águas amostradas apresentavam características ligeiramente ácidas a ligeiramente alcalinas nas três datas de coleta.

A condutividade elétrica da água acusou valores muito reduzidos variando de 35,90 a 51,2 µS.cm$^{-1}$, indicando presença de poucos íons dissolvidos nas águas amostradas, ou seja, baixa mineralização.

Estes valores estão coerentes com as baixas concentrações detectadas para os sólidos dissolvidos (máximo de 25 $mg.L^{-1}$).

Em relação aos parâmetros indicadores dos teores de sólidos e compostos dissolvidos nas águas, foram registrados baixos teores de sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis e turbidez, o que está de acordo com as características visuais da água que no momento da coleta, encontrava-se transparente, com cor ligeiramente marrom e sem turbidez aparente.

Os sólidos suspensos apresentaram um teor reduzido de <20 $mg.L^{-1}$, ou seja, inferior ao Limite Máximo Permitido – LMP de 100 $mg.L^{-1}$ nas três datas de coleta. Os sólidos dissolvidos acusaram teores oscilando de <20 a 25 $mg.L^{-1}$, sendo considerados valores bem reduzidos se comparados com o LMP de 500 $mg.L^{-1}$, corroborando o verificado *in loco*, águas com boa aparência, transparentes.

Os sólidos sedimentáveis apresentaram um valor inferior ao limite de quantificação do método utilizado (<0,5 $mL.L^{-1}$) nas três datas de coleta e os sólidos totais acusaram teores oscilando de <20 a 26 $mg.L^{-1}$.

Os teores reduzidos detectados para os sólidos dissolvidos estão coerentes com os baixos valores encontrados para a condutividade elétrica.

Como consequência do teor reduzido detectado para os sólidos suspensos (<20 $mg.L^{-1}$) detectado nas três datas analisadas, a turbidez também acusou índices reduzidos oscilando de 4,39 a 6,62 UNT, sendo muito inferiores ao limite máximo permitido de 100 UNT. Estes resultados corroboram as observações visuais da qualidade da água no momento das coletas, onde verificou-se que não havia turbidez aparente e nem presença de sólidos em suspensão, indicando que não está havendo interferência significativa na penetração de luz no sistema aquático, o que favorece o processo de fotossíntese.

A cor verdadeira apresentou índices oscilando de 15,06 a 23,41 $mgPt.L^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 75 $mgPt.L^{-1}$. Estes resultados estão de acordo com o observado no momento das coletas, onde as águas apresentavam uma leve cor.

A presença de sólidos dissolvidos, ferro, ácidos húmicos e fúlvicos contribuíram para a presença de cor nas amostras de água coletadas no ponto P07.

Em termos dos metais ferro e manganês, verifica-se que o manganês total e o manganês solúvel acusaram teores inferiores ao limite de quantificação do método de análise, com exceção de manganês total na data 30/05/2019. O manganês na sua forma total acusou teores inferiores ao LMP de 0,1 $mg.L^{-1}$ e oscilou de <0,05 a 0,06 $mg.L^{-1}$.

O ferro solúvel acusou teores oscilando de 0,33 a 0,93 $mg.L^{-1}$ nas três datas de coleta, sendo superiores ao LMP de 0,3 $mg.L^{-1}$ e o ferro total variou de 1,23 a 1,47 $mg.L^{-1}$. Comparando-se as duas formas, verifica-se que o ferro se encontra na água na sua maior parte na forma precipitada ($Fe^{2+}$).

O potencial redox (Eh) no ponto P07 (HercS-HA-07) acusou um valor positivo de 8,9 mV na data 19/07/21, indicando um ambiente pouco oxidante. Comparando-se os resultados detectados para Eh, pH e ferro e consultando o diagrama de Eh x pH do ferro, verifica-se que as espécies de ferro na água coletada em 19/07/21 são o $Fe^{+2}$ e o hidróxido férrico sólido ($Fe(OH)_3$).

A presença de ferro observada no ponto P07 (HercS-HA-07), assim como nos pontos anteriores, provavelmente se deve a composição geoquímica local, tendo em vista que o uso do solo na região é predominantemente rural.

Quanto aos demais metais analisados como: Al dissolvido (<0,100 mg.L$^{-1}$), cádmio total (<0,001 mg.L$^{-1}$), chumbo total (<0,010 mg.L$^{-1}$), cobre solúvel (<0,005 mg.L$^{-1}$), cromo total (<0,05 mg.L$^{-1}$), mercúrio total (<0,0002 mg.L$^{-1}$) e zinco (<0,05 mg.L$^{-1}$), todos estiveram abaixo dos seus respectivos limites de quantificação do método analítico utilizados e inferiores aos seus limites máximos permitidos (0,100; 0,010; 0,010; 0,009; 0,05; 0,0002 e 0,18 mg.L$^{-1}$).

A matéria orgânica carbonácea representada pela demanda bioquímica de oxigênio – DBO, apresentou teores oscilando de reduzido de <2,0 mg.L$^{-1}$ a um valor mais elevado de 6,78 mg.L$^{-1}$, sendo inferior ao LMP de 5 mg.L$^{-1}$ nas datas 19/10/18 e 21/07/21. A DBO é a medida indireta da matéria orgânica biodegradável presente nas águas. Quanto mais matéria orgânica, maior o consumo de oxigênio pelos microrganismos que a degradam.

O oxigênio dissolvido – OD apresentou teores oscilando de 6,6 a 7,6 mg.L$^{-1}$, sendo superiores ao mínimo exigido de 5 mg.L$^{-1}$, indicando águas com boa oxigenação.
Em termos dos nutrientes fósforo total e nitrogênio total, observa-se que o fósforo total acusou teores oscilando de 0,011 a 0,289 mg.L$^{-1}$, quando o LMP é de 0,1 mg.L$^{-1}$. O fósforo esteve acima do LMP somente na data 31/05/19. Mesmo comportamento foi observado nos pontos anteriores e provavelmente se deve a composição das rochas da bacia de drenagem, com organismos em decomposição e compostos voláteis liberado de plantas e queimadas naturais e com dejetos de animais.

O nitrogênio total apresentou teores inferiores aos limites de quantificação do método utilizado (<1,0 e <11,0 mg.L$^{-1}$) nas três datas de coleta. O nitrogênio na sua forma oxidada (nitrato) acusou um valor <0,113 mg.L$^{-1}$, sendo significativamente inferior ao LMP de 10 mg.L$^{-1}$. Já a forma reduzida nitrito também não foi detectada, tendo acusado um teor <0,030 mg.L$^{-1}$.

O sulfato acusou um teor bastante reduzido de 4,28 mg.L$^{-1}$ sendo significativamente inferior ao LMP de 250 mg.L$^{-1}$.

A temperatura da água variou de 20,6 a 24,7ºC, valores estes que contribuíram para uma boa oxigenação das águas, juntamente com baixa quantidade de matéria orgânica determinada através da DBO.

Os óleos e graxas, surfactantes e fenóis acusaram teores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação dos métodos de análise (<10; <0,10 e <0,003 mg.L-1), sendo também inferiores aos seus respectivos limites máximos permitidos (virtualmente ausentes, 0,5 mg.L$^{-1}$ e 0,003 mg.L$^{-1}$).

No que se refere à qualidade sanitária das águas amostradas no ponto 07 (HercS-HA-07) atestou-se a presença de coliformes totais, *Enterococcus faecium* e *faecalis* e *Escherichia coli*. A presença destas bactérias na água indica uma contaminação fecal o que impossibilita um uso da água para consumo humano sem desinfecção.

Estes indicadores de contaminação fecal representam o potencial do corpo hídrico na transmissão de doenças. O parâmetro *E. coli* apresentou valores oscilando de 81,3 a 175 NMP.100 mL$^{-1}$, sendo muito inferiores ao LMP de 1000 NMP.100 mL$^{-1}$. Os *Enterococcus faecium* e *faecalis* acusaram um valor de

461,1 NMP.100 mL$^{-1}$. Já os coliformes totais acusaram valores variando de >2419,6 a 6867,0 NMP.100 mL$^{-1}$.

Tabela 9.69 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P07 (HercS-HA-07) - Nascente Córrego Siqueira, a jusante da pilha de estéril Franco.

| **PONTO 07 (HERCS-HA-07) – AFLUENTE DO CÓRREGO SIQUEIRA, A JUSANTE DA FUTURA PILHA DE ESTÉRIL FRANCO** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** rio | **Tipo de amostra:** água superficial | | **Classe:** Classe 2 | | **Hora da coleta:** 14:59; 16:02 e 17:08 horas | | | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos LMP** |
| | | **18/10/18** | **31/05/19** | **19/07/21** | | | | |
| pH *in loco* | - | 7,22 | 6,71 | 7,11 | 6,71 | **7,01** | 7,22 | 6 - 9 |
| Cor verdadeira | mgPt.L$^{-1}$ | 21,95 | 23,41 | 15,06 | 15,06 | **20,14** | 23,41 | 75 |
| Turbidez | UNT | 5,18 | 6,62 | 4,39 | 4,39 | **5,40** | 6,62 | 100 |
| Condutividade elétrica | µS.cm$^{-1}$ | 51,2 | 44,2 | 35,90 | 35,90 | **43,77** | 51,2 | N.A. |
| Oxigênio dissolvido | mg.L$^{-1}$ | 6,6 | 7,6 | 7,9 | 6,6 | **7,4** | 7,9 | >5 |
| DBO (5) | mg.L$^{-1}$ | <2,0 | 6,78 | <2,0 | <2,0 | **3,59** | 6,78 | 5 |
| Sólidos totais | mg.L$^{-1}$ | 26 | 25 | <20 | <20 | **22** | 26 | N.A. |
| Sólidos em suspensão | mg.L$^{-1}$ | <20 | <20 | <20 | <20 | **<20** | <20 | 100 |
| Sólidos dissolvidos | mg.L$^{-1}$ | 25 | 22 | <20 | <20 | **22** | 25 | 500 |
| Sólidos sedimentáveis | mg.L$^{-1}$ | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | **<0,5** | <0,5 | N.A. |
| Ferro solúvel | mg.L$^{-1}$ | 0,33 | 0,33 | 0,93 | 0,33 | **0,53** | 0,93 | 0,3 |
| Ferro Total | mg.L$^{-1}$ | 1,31 | 1,47 | 1,23 | 1,23 | **1,34** | 1,47 | N.A. |
| Manganês solúvel | mg.L$^{-1}$ | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | N.A. |
| Manganês total | mg.L-1 | <0,05 | 0,06 | <0,05 | <0,05 | **0,055** | 0,06 | 0,1 |
| Fósforo total | mg.L-1 | 0,011 | 0,289 | 0,017 | 0,011 | **0,11** | 0,289 | 0,1 (Lótico) |
| Nitrogênio total | mg.L$^{-1}$ | <1 | <11 | <11,0 | <1 | **<7,7** | <11 | N.A. |
| Nitrato | mg.L$^{-1}$ | ND | <0,113 | <0,113 | <0,113 | **<0,113** | <0,113 | 10 |
| Nitrito | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,030 | <0,030 | **<0,030** | <0,030 | 1 |
| Sulfato | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | 4,28 | 4,28 | **4,28** | 4,28 | 250 |
| Surfactantes aniônicos (MBAS) | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,10 | <0,10 | **<0,10** | <0,10 | 0,5 |
| Óleos e graxas | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <10 | <10 | **<10** | <10 | Virtualmente ausentes |
| Fenol | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,003 | <0,003 | **<0,003** | <0,003 | 0,003 |
| Temperatura da água *in loco* | ºC | 24,7 | 24,0 | 20,6 | 20,6 | **23,1** | 24,7 | NA |
| Alumínio solúvel | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,100 | <0,100 | **<0,100** | <0,100 | 0,100 |
| Cádmio total | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,001 | <0,001 | **<0,001** | <0,001 | 0,010 |
| Chumbo total | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,010 | <0,010 | **<0,010** | <0,010 | 0,010 |
| Cobre solúvel | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,005 | <0,005 | **<0,005** | <0,005 | 0,009 |
| Cromo total | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,05 |
| Mercúrio total | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,0002 | <0,0002 | **<0,0002** | <0,0002 | 0,0002 |
| Zinco total | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,18 |
| Coliformes totais | NMP.100 mL$^{-1}$ | 4884 | >2419,6 | 6867,0 | >2419,6 | **4723,5** | 6867,0 | N.A. |
| *Escherichia coli* | NMP.100 mL$^{-1}$ | 109 | 81,3 | 175,0 | 81,3 | **121,8** | 175,0 | 1000 |
| *Enterococcus faecium e faecalis* | NMP.100 mL$^{-1}$ | ND | ND | 461,1 | 461,1 | **461,1** | 461,1 | N.A. |
| *Vazão* | m$^3$.h$^{-1}$ | 24,1 | 43,4 | 172,1 | 24,1 | **79,9** | 172,1 | N.A. |

| PONTO 07 (HERCS-HA-07) – AFLUENTE DO CÓRREGO SIQUEIRA, A JUSANTE DA FUTURA PILHA DE ESTÉRIL FRANCO | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** rio | **Tipo de amostra:** água superficial | | | **Classe:** Classe 2 | | | **Hora da coleta:** 14:59; 16:02 e 17:08 horas | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos LMP** |
| | | **18/10/18** | **31/05/19** | **19/07/21** | | | | |
| *IQA* | - | 79 | 64 | 77 | 64 | **73** | 79 | Excelente 90<IQA≤100<br>Boa 70<IQA≤90<br>Média 50<IQA≤70<br>Ruim 25<IQA≤50<br>Muito ruim 0<IQA≤25 |
| **Responsáveis Técnicos:** Rodrigo Antônio de Pontes – CRQ 02301056 2ª Região **Laboratório**: Visão Ambiental. **Obs**.: Altitude: 901 m $T_{Ar}$ = 28ºC Tempo: nublado e quente. Ocorrência de chuva antes da coleta. Na data 30/05/19 o dia estava com sol e sem chuvas. 21/07/21 - $T_{Ar}$ = 18,00°C Sem chuva | | | | | | | | |

### 9.9.6.10 Ponto 08 (HercS-HA-08) – Afluente do Córrego Siqueira, a jusante da cava grande de cava menor

O ponto 08 (HercS-HA-08) está localizado no afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava grande e da cava menor, cuja coordenada UTM é: 671218 (Leste) / 7948030 (Norte).

Este ponto está localizado em um afluente de primeira ordem do córrego Siqueira, aproximadamente 0,6 km a oeste do ponto onde esse afluente sem toponímia deságua no córrego Siqueira. Este ponto está dentro da área de estudo local (AEL) (Figura 9-181). A drenagem da cava maior e do acesso são áreas de contribuição para esse ponto de coleta.

A área da cava menor terá sua drenagem direcionada para um *sump* interno, porém, até o ano 06 a drenagem dessa cava também contribuirá para água que passa por esse ponto de coleta.

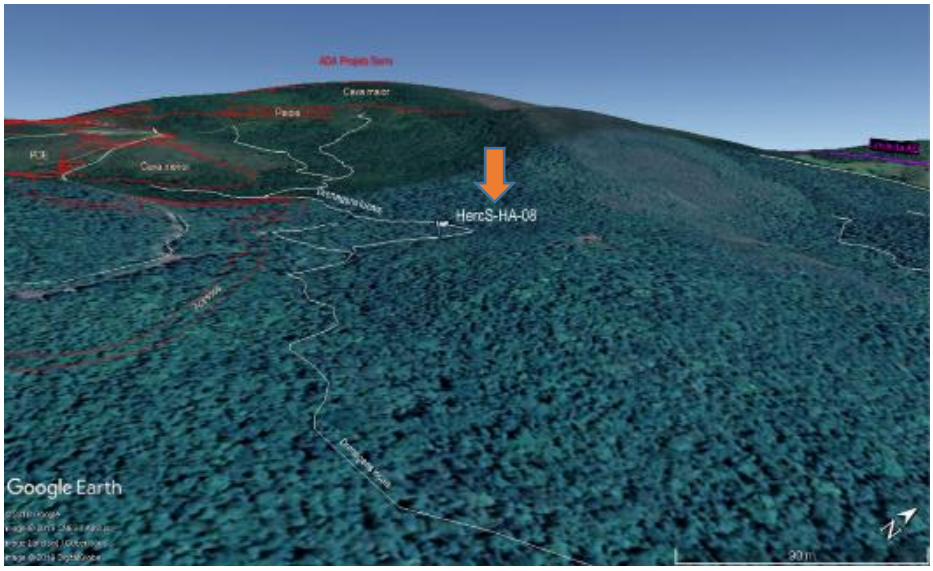


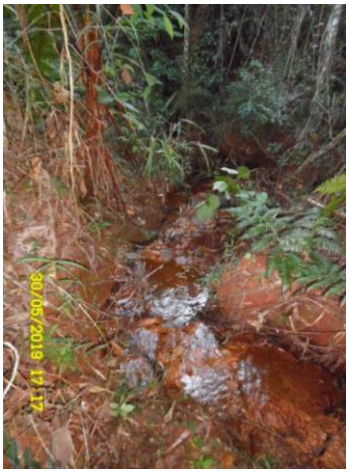

Figura 9-181 – Imagem do ponto de coleta HercS-HA-08 (Ponto 08).

A vazão neste ponto do afluente do córrego Siqueira medida em 19/10/18 foi de 42,2 m³/h, 81,6 m³/h em 30/05/20 e de 12,4 m³/h em 19/07/21.

Características visuais da água

Em termos de qualidade visual da água no ponto P08 (HercS-HA-08) nas datas 19/10/18, 30/05/19 e 19/07/21, é possível verificar através das fotos a seguir que a água apresentava transparência, sem cor aparente e sem turbidez aparente. Nas duas margens do rio e também em alguns pontos no interior do mesmo há presença de vegetação.

19/10/18



30/05/19

Figura 9-182 - Detalhe visual da água do ponto P08 (HercS-HA-08).

As fotos a seguir apresentam uma sequência de fotos detalhando o local da amostragem efetuada no ponto de coleta ponto P08 (HercS-HA-08) – Afluente do córrego Siqueira, a jusante das áreas da cava grande e cava menor.

Vista de montante do ponto.

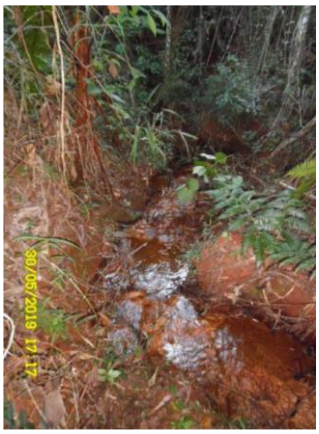
Vista de montante do ponto.

Jusante – 19/10/18.

Local de coleta.

Local da coleta.

Vista de Montante do ponto de coleta – 30/05/19.




Vista de jusante do ponto de coleta - 30/05/19.

Vista de montante do ponto de coleta em 19/07/21.

Medição de vazão em 19/07/21

Local da coleta do P08 (HERC-HA-08) em 19/07/21

Coleta de água em 19/07/21

Figura 9-183 - Sequência de fotos do local de coleta e montante e jusante do mesmo.

**Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas**

As águas do ponto 08 (HercS-HA-08) foram enquadradas como classe 2, ou seja, "Águas destinadas: a - ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b - à proteção das comunidades aquáticas; c - à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d - à 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; e - à aquicultura e à atividade de pesca", conforme o Art. 4º da Seção I – das águas doces da DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008.

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas para as amostras de águas superficiais no ponto P08 (HercS-HA-08), realizadas nas datas 19/10/18, 30/05/19 e 19/07/21, estão apresentados através da Tabela 9.70.

Em termos de qualidade das águas superficiais verificada nas três datas citadas acima no ponto 08 (HercS-HA-08), verifica-se através dos resultados que todos os parâmetros acusaram valores em conformidade com os padrões estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 para as águas de Classe 2, com exceção de ferro solúvel e fósforo total.

Em termos do índice de Qualidade da Água – IQA, para este ponto foi encontrado valores oscilando de 64 930/05/19) a 79 (19/10/18). De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM estes resultados indicam águas de média a boa qualidade. A média das três datas indicam um valor de 74, indicando águas com boa qualidade. Estes resultados são corroborados pelos valores detectados para todos os parâmetros avaliados, que estiveram abaixo dos seus limites máximos permitidos, com exceção do ferro solúvel e fósforo.

Os valores de pH oscilaram de 6,41 a 6,82, ou seja, dentro da faixa limite de 6 a 9, indicando que as águas amostradas apresentavam características ligeiramente ácidas nas três datas de coleta.

A condutividade elétrica das águas acusou valores muito reduzidos e variou de 22,9 a 26,9 $\mu S.cm^{-1}$, indicando presença de poucos íons dissolvidos nas águas amostradas, ou seja, baixa mineralização. Estes valores estão coerentes com as baixas concentrações detectadas para os sólidos dissolvidos (máximo de 43 $mg.L^{-1}$).

Em relação aos parâmetros indicadores dos teores de sólidos e compostos dissolvidos nas águas, foram registrados baixos teores de sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis e turbidez, o que está de acordo com as características visuais da água que no momento das coletas, encontravam-se transparentes, com cor ligeiramente marrom e sem turbidez aparente.

Os sólidos suspensos apresentaram um teor reduzido de <20 $mg.L^{-1}$ nas três coletas, ou seja, inferior ao Limite Máximo Permitido – LMP de 100 $mg.L^{-1}$. Os sólidos dissolvidos acusaram teores oscilando de <20 a 43 $mg.L^{-1}$, sendo considerados valores bem reduzidos se comparados com o LMP de 500 $mg.L^{-1}$, corroborando o verificado *in loco*, águas com boa aparência e transparentes.

Os sólidos sedimentáveis apresentaram teores oscilando de inferior ao limite de quantificação do método utilizado (<0,5 $mL.L^{-1}$) nas duas datas coletadas e os sólidos totais acusaram teores reduzidos oscilando de <20 a 39 $mg.L^{-1}$.

Os teores reduzidos detectados para os sólidos dissolvidos estão coerentes com os baixos valores encontrados para condutividade elétrica.

Como consequência do valor reduzido encontrado para os sólidos suspensos (<20 $mg.L^{-1}$) nas duas datas de coleta, a turbidez também acusou índices reduzidos variando de 2,9 a 26,4 UNT, sendo muito inferiores ao limite máximo permitido de 100 UNT. Estes resultados corroboram as observações visuais da qualidade das águas no momento das coletas, onde verificou-se que não havia turbidez aparente e nem presença de sólidos em suspensão. O valor mais alto ocorreu na estação chuvosa.

A cor verdadeira apresentou índices oscilando de 22,47 a 43,74 $mgPt.L^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 75 $mgPt.L^{-1}$. Estes resultados estão de acordo com o observado no momento da coleta, onde as águas apresentavam uma leve cor.

Os baixos teores de sólidos dissolvidos e a ausência de manganês contribuíram para um baixo valor de cor.

Outra possível causa para a cor da água é a presença de ácidos húmicos e fúlvicos provenientes da decomposição biológica e enzimática de vegetais no solo. São transportadas às águas naturais por processos de lixiviação, e/ou podem também ser formadas diretamente no meio aquático por decomposição de plantas e organismos aquáticos.

Em termos dos metais ferro e manganês, verifica-se que o manganês total e o manganês solúvel acusaram teores inferiores ao limite de quantificação do método de análise (<0,05 mg.L$^{-1}$). O manganês na sua forma total esteve abaixo do LMP de 0,1 mg.L$^{-1}$.

O ferro solúvel acusou teores variando de 0,66 a 1,19 mg.L$^{-1}$, sendo superiores ao LMP de 0,3 mg.L$^{-1}$ e o ferro total variou de 1,11 a 1,94 mg.L$^{-1}$. Comparando-se as duas formas, verifica-se que o ferro se encontra na água na sua maior parte na forma solúvel ($Fe^{2+}$).

O potencial redox (Eh) no ponto P08 (HercS-HA-08) acusou um valor positivo de 12,7, indicando um ambiente pouco oxidante. Comparando-se os resultados de Eh, pH e ferro e consultando o diagrama de Eh x pH para o ferro, verifica-se que o ferro na sua maior parte está sob a forma $Fe^{+2}$.

Quanto aos demais metais analisados como: Al dissolvido (<0,100 mg.L$^{-1}$), cádmio total (<0,001 mg.L$^{-1}$), chumbo total (<0,010 mg.L$^{-1}$), cobre solúvel (<0,005 mg.L$^{-1}$), cromo total (<0,05 mg.L$^{-1}$), mercúrio total (<0,0002 mg.L$^{-1}$) e zinco (<0,05 mg.L$^{-1}$), todos estiveram abaixo dos seus respectivos limites de quantificação dos métodos analíticos utilizados e inferiores aos seus limites máximos permitidos (0,100; 0,010; 0,010; 0,009; 0,05; 0,0002 e 0,18 mg.L$^{-1}$).

A matéria orgânica carbonácea representada pela demanda bioquímica de oxigênio – DBO, apresentou um valor reduzido de <2,0 mg.L$^{-1}$, sendo inferior ao LMP de 5 mg.L$^{-1}$ no período analisado.

O oxigênio dissolvido – OD um dos parâmetros mais importantes no estudo da qualidade das águas, apresentou teores oscilando de 6,2 a 7,8 mg.L$^{-1}$, sendo superiores ao mínimo exigido de 5 mg.L$^{-1}$, indicando águas com boa oxigenação. A ausência de matéria orgânica contribuiu para boa oxigenação da água.

Em termos dos nutrientes fósforo total e nitrogênio total, observa-se que o fósforo total acusou teores oscilando de <0,010 a 0,232 mg.L$^{-1}$, quando o LMP é de 0,1 mg.L$^{-1}$. O valor que superou o LMP ocorreu em 30/05/19. Com o menor volume de água há uma concentração maior do fósforo. Mesmo comportamento foi observado nos pontos anteriores. Tendo em vista que o uso do solo na região é, predominantemente, rural, a ocorrência deste nutriente se deve provavelmente a composição das rochas da bacia de drenagem, com organismos em decomposição e compostos voláteis liberado de plantas e queimadas naturais e com dejetos de animais da fauna local e gado.

O nitrogênio total acusou teores inferiores aos limites de quantificação do método utilizado (<1,0 e <11 mg.L$^{-1}$).

O nitrogênio na sua forma oxidada (nitrato) acusou um teor de <0,113 mg.L$^{-1}$, sendo inferior ao LMP de 10 mg.L$^{-1}$. O nitrito forma reduzida do nitrogênio também esteve inferior ao seu limite de quantificação do método analítico utilizado (<0,030 mg.L$^{-1}$).

Os resultados de fósforo e nitrogênio indicam que o ambiente não está em processo de eutrofização.

O sulfato acusou um teor bem inferior ao LMP de 250 mg.L$^{-1}$, tendo acusado um valor de 4,64 mg.L$^{-1}$.

O fenol acusou um teor inferior ao seu limite de quantificação do método de análise (<0,003 mg.L$^{-1}$) e foi inferior ao LMP de 0,003 mg.L$^{-1}$.

Os óleos e graxas estiveram virtualmente ausentes, sendo o LMP de virtualmente ausentes.

No que se refere à qualidade sanitária das águas amostradas no ponto 08 (HercS-HA-08) atestou-se a presença de coliformes totais, *Enterococcus faecium* e *faecalis* e *Escherichia coli.* A presença destas bactérias na água indica uma contaminação fecal o que impossibilita um uso da água para consumo humano sem desinfecção.

Estes indicadores de contaminação fecal representam o potencial do corpo hídrico na transmissão de doenças. O parâmetro *E. coli* apresentou valores oscilando de 86 a 187 NMP.100 $mL^{-1}$, sendo muito inferiores ao LMP de 1000 NMP.100 $mL^{-1}$. Já os coliformes totais variaram de 1046,2 a 6867,0 NMP.100 $mL^{-1}$ e os *Enterococcus faecium* e *faecalis* acusaram um valor de 365,4 NMP.100 $mL^{-1}$.

Tabela 9.70 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P08 (HercS-HA-08) - Nascente Córrego Siqueira, a jusante das áreas da cava grande e da cava menor.

| **PONTO 08 (HERCS-HA-08) – NASCENTE CÓRREGO SIQUEIRA, A JUSANTE DAS ÁREAS DA CAVA GRANDE E DA CAVA MENOR** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** córrego | **Tipo de amostra:** água superficial | | **Classe:** Classe 2 | | **Hora da coleta:** 14:30/16:15/16:27 horas | | | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos LMP** |
| | | **19/10/18** | **30/05/19** | **19/07/21** | | | | |
| pH *in loco* | - | 6,74 | 6,41 | 6,82 | 6,41 | **6,66** | 6,82 | 6 - 9 |
| Cor verdadeira | $mgPt.L^{-1}$ | 43,74 | 22,47 | 21,52 | 21,52 | **29,24** | 43,74 | 75 |
| Turbidez | UNT | 26,4 | 2,9 | 2,89 | 2,89 | **10,73** | 26,4 | 100 |
| Condutividade elétrica | $\mu S.cm^{-1}$ | 26,9 | 22,9 | 23,01 | 22,9 | **24,27** | 26,9 | - |
| Oxigênio dissolvido | $mg.L^{-1}$ | 6,2 | 7,8 | 7,7 | 6,2 | **7,23** | 7,8 | >5 |
| DBO (5) | $mg.L^{-1}$ | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | **<2,0** | <2,0 | 5 |
| Sólidos totais | $mg.L^{-1}$ | 39 | <20 | 54 | <20 | **38** | 54 | - |
| Sólidos em suspensão | $mg.L^{-1}$ | <20 | <20 | <20 | <20 | **<20** | <20 | 100 |
| Sólidos dissolvidos | $mg.L^{-1}$ | 31 | <20 | 43 | <20 | **31** | 43 | 500 |
| Sólidos sedimentáveis | $mg.L^{-1}$ | <0,5 | <0,5 | 0,5 | <0,5 | **0,5** | 0,5 | - |
| Ferro solúvel | $mg.L^{-1}$ | 0,66 | 0,98 | 1,19 | 0,66 | **0,94** | 1,19 | 0,3 |
| Ferro Total | $mg.L^{-1}$ | 1,94 | 1,11 | 1,80 | 1,11 | **1,62** | 1,94 | - |
| Manganês solúvel | $mg.L^{-1}$ | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | - |
| Manganês total | $mg.L^{-1}$ | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,1 |
| Fósforo total | $mg.L^{-1}$ | <0,010 | 0,232 | 0,018 | <0,010 | **0,087** | 0,232 | 0,1 (Lótico) |
| Nitrogênio total | $mg.L^{-1}$ | <1 | <11 | <11 | <1 | **7,7** | <11 | - |
| Nitrato | $mg.L^{-1}$ | ND | <0,113 | <0,113 | <0,113 | **<0,113** | <0,113 | 10 |
| Nitrito | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,030 | <0,030 | **<0,030** | <0,030 | 1 |
| Sulfato | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | 4,64 | 4,64 | **4,64** | 4,64 | 250 |
| Surfactantes aniônicos (MBAS) | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,10 | <0,10 | **<0,10** | <0,10 | 0,5 |
| Fenol | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,003 | <0,003 | **<0,003** | <0,003 | 0,003 |
| Óleos e graxas | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <10 | <10 | **<10** | <10 | Virtualmente Ausentes |
| Temperatura da água *in loco* | ºC | 23,7 | 19,7 | 19,9 | 19,7 | **21,1** | 23,7 | NA |
| Alumínio solúvel | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,100 | <0,100 | **<0,100** | <0,100 | 0,100 |
| Cádmio total | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,001 | <0,001 | **<0,001** | <0,001 | 0,010 |
| Chumbo total | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,010 | <0,010 | **<0,010** | <0,010 | 0,010 |
| Cobre solúvel | mg.L-1 | ND | ND | <0,005 | <0,005 | **<0,005** | <0,005 | 0,009 |
| Cromo total | mg.L-1 | ND | ND | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,05 |

| PONTO 08 (HERCS-HA-08) – NASCENTE CÓRREGO SIQUEIRA, A JUSANTE DAS ÁREAS DA CAVA GRANDE E DA CAVA MENOR | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** córrego | **Tipo de amostra:** água superficial | | | **Classe:** Classe 2 | | **Hora da coleta:** 14:30/16:15/16:27 horas | | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos LMP** |
| | | **19/10/18** | **30/05/19** | **19/07/21** | | | | |
| Mercúrio total | mg.L-1 | ND | ND | <0,0002 | <0,0002 | **<0,000** | <0,0002 | 0,0002 |
| Zinco total | mg.L-1 | ND | ND | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,18 |
| Coliformes totais | NMP.100 mL-1 | 3578 | 1046,2 | 6867,0 | 1046,2 | **3830,4** | 6867,0 | NA |
| Enterococcus faecium e | NMP.100 mL-1 | ND | ND | 365,4 | 365,4 | **365,4** | 365,4 | NA |
| Escherichia coli | NMP.100 mL-1 | 187 | 86 | 122 | 86 | **131,7** | 187 | 1000 |
| Vazão | m3.h-1 | 42,2 | 81,6 | 12,4 | 12,4 | **45,4** | 81,6 | NA |
| IQA | - | 79 | 64 | 78 | 64 | **74** | 79 | Excelente 90<IQA≤100 Boa 70<IQA≤90 Média 50<IQA≤70 Ruim 25<IQA≤50 Muito ruim 0<IQA≤25 |
| **Responsáveis Técnicos:** Rodrigo Antônio de Pontes – CRQ 02301056 2ª Região **Laboratório**: Visão Ambiental. **Obs**.: Altitude: 901 m $T_{Ar}$ = 28ºC Tempo: nublado e quente. Ocorrência de chuva antes da coleta. Na data 30/05/19 o dia estava com sol e sem chuvas; 19/07/21 - T=18°C Sem chuva ND – Não determinado NA – Não aplicável | | | | | | | | |

### 9.9.6.11 Ponto 09 (HercS-HA-09) – Afluente do Córrego Siqueira, a jusante da cava grande e disposição de itabiritos

O ponto P09 (HercS-HA-09) está localizado no afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava grande e disposição de Itabiritos, cuja coordenada UTM é: 671396 (Leste) / 7948382 (Norte).

Este ponto está localizado em um afluente de primeira ordem do córrego Siqueira, aproximadamente 0,7 km a oeste do ponto onde esse afluente sem toponímia deságua no córrego Siqueira. Este ponto está dentro da área de estudo local (AEL) (Figura 9-184). A jusante das áreas da cava grande e onde será realizada a disposição de itabiritos (na cava).

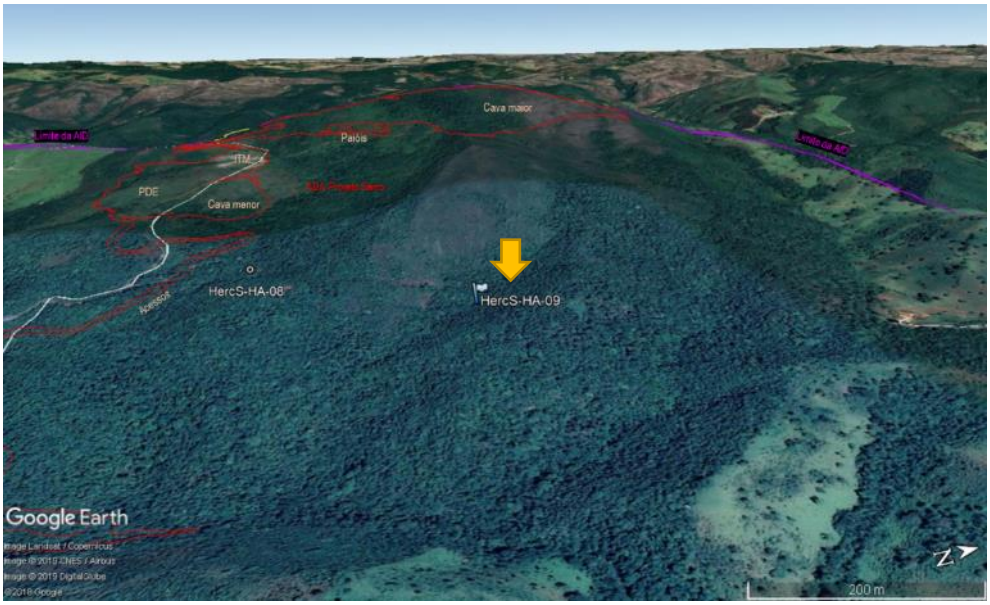



Figura 9-184 - Imagem satélite contendo a localização do ponto P09 (HercS-HA-09).

A vazão neste ponto do afluente do córrego Siqueira medida em 19/10/18 foi de 30,6 m³/h, em 30/05/19 não foi possível realizar a medição da vazão e em 19/07/21 foi de 2,3 m³/h. Observa-se através dos valores obtidos para vazão, que neste ponto é baixa.

**Características visuais da água**

Em termos de qualidade visual da água no ponto P09 (HercS-HA-09) na data 30/05/19, é possível verificar através das fotos a seguir que a água apresentava transparência, uma cor aparente levemente amarelada e sem turbidez aparente. Nas duas margens do rio e também em alguns pontos no interior do mesmo há presença de vegetação.

Na data 19/10/18 não foi fotografado o local de coleta.

As fotos a seguir apresentam a qualidade visual da água no ponto P09 nas datas nas datas 30/05/19 e 19/07/21.

30/05/19

19/07/21

Figura 9-185 - Detalhe visual da qualidade da água no ponto 09 (HercS-HA-09).

A figura a seguir apresenta um registro fotográfico das coletas de água realizadas nas datas 30/05/19 e 19/07/21.

Local de coleta.

Local de coleta.

Medição da vazão no local da coleta em 19/07/21

Vista de montante do ponto de coleta em 19/07/21.

Vista de jusante do ponto em 19/07/21

Coleta do hidrobiológico em 19/07/21.

Figura 9-186 - Detalhe da coleta no ponto 09 (HercS-HA-09) em 30/05/19 e 19/07/21.

**Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas**

As águas do ponto 09 (HercS-HA-09) foram enquadradas como classe 2, ou seja, "Águas destinadas: a - ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b - à proteção das comunidades aquáticas; c - à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d - à 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; e - à aquicultura e à atividade de pesca", conforme o Art. 4º da Seção I – das águas doces da DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008.

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas para as amostras de águas superficiais no ponto 09 (HercS-HA-09), realizadas nas datas 19/10/18, 30/05/19 e 19/07/21, estão apresentados através da Tabela 9.71.

Em termos de qualidade das águas superficiais verificada nas datas citadas acima no ponto 09 (HercS-HA-09), verifica-se através dos resultados que todos os parâmetros acusaram valores em conformidade com os padrões estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 para as águas de Classe 2, com exceção de ferro solúvel nas datas 30/05/19 e 19/07/21.

Em termos do Índice de Qualidade da Água – IQA, para este ponto foram encontrados valores oscilando de 71 (19/07/21) a 85 (30/05/19). De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM estes resultados indicam águas com boa qualidade. Estes resultados são corroborados pelos valores detectados para todos os parâmetros avaliados que estiveram abaixo dos seus limites máximos permitidos, com exceção do ferro solúvel em 30/05/19.

Os valores de pH medidos *in loco* variaram de 6,21 a 7,55, quando a faixa limite é de 6 a 9, ou seja, dentro da faixa limite, indicando que as águas amostradas apresentavam características variando de ligeiramente ácidas a ligeiramente alcalinas nas datas de coleta avaliadas.

A condutividade elétrica da água acusou valores muito reduzidos oscilando de 5,24 a 9,64 $\mu S.cm^{-1}$, indicando presença de poucos íons dissolvidos nas águas amostradas, ou seja, baixa mineralização. Estes valores estão coerentes com a baixa concentração detectada para os sólidos dissolvidos (máximo de 56 $mg.L^{-1}$).

Em relação aos parâmetros indicadores dos teores de sólidos e compostos dissolvidos nas águas, foram registrados baixos teores de sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis e turbidez, o que está de acordo com as características visuais da água que no momento das coletas, encontravam-se transparentes, sem cor aparente e sem turbidez aparente.

Os sólidos suspensos apresentaram teores reduzidos oscilando de <20 a 24 $mg.L^{-1}$, ou seja, inferiores ao Limite Máximo Permitido – LMP de 100 $mg.L^{-1}$ nas três datas de coleta. Observa-se que mesmo na estação chuvosa o valor de sólidos foi reduzido.

Os sólidos dissolvidos também acusaram teores oscilando de <20 a 56 $mg.L^{-1}$ nas três campanhas de amostragem, sendo considerados valores bem reduzidos se comparados com o LMP de 500 $mg.L^{-1}$, corroborando o verificado *in loco*, águas com boa aparência, transparentes. Estes resultados contribuíram para a baixa condutividade elétrica das águas amostradas.

Os sólidos sedimentáveis apresentaram teores oscilando de inferior ao limite de detecção do método utilizado (<0,5 $mL.L^{-1}$) a 1,0 $mL.L^{-1}$ e os sólidos totais acusaram valores variando de <20 a 80 $mg.L^{-1}$ nas três coletas. Comparando-se os sólidos totais com os sólidos dissolvidos e suspensos, verifica-se que na data 21/07/21, onde foram detectados, a maior parte dos sólidos contidos na água foi de sólidos dissolvidos.

Os valores reduzidos detectados para os sólidos dissolvidos estão coerentes com os baixos valores encontrados para condutividade elétrica.

Como consequência dos teores reduzidos encontrados para os sólidos suspensos (<20 a 24 $mg.L^{-1}$) nas três datas de coleta, a turbidez também acusou valores reduzidos variando de 1,91 a 23,40 UNT, sendo muito inferiores ao limite máximo permitido de 100 UNT. Estes resultados corroboram as observações visuais da qualidade das águas no momento das coletas, onde se verificou que não havia turbidez aparente e nem presença de sólidos em suspensão.

A cor verdadeira apresentou valores muito reduzidos oscilando de 5,60 a 48,18 $mgPt.L^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 75 $mgPt.L^{-1}$. Estes resultados estão de acordo com o observado no momento das coletas, onde as águas não apresentavam cor. O valor mais alto, mas abaixo do LMP ocorreu em 19/07/21, o que está de acordo com o resultado de sólidos dissolvidos que também esteve mais alto, se comparado com as datas anteriores, onde não foram detectados.

Os baixos teores de sólidos dissolvidos e a baixa presença de manganês contribuíram para valores reduzidos de cor.

Em termos dos metais ferro e manganês, verifica-se que o manganês total e o manganês solúvel acusaram teores inferiores ao limite de quantificação do método de análise (<0,05 $mg.L^{-1}$). O manganês na sua forma total acusou um teor inferior ao LMP de 0,1 $mg.L^{-1}$.

O ferro solúvel acusou teores oscilando de 0,13 a 0,47 $mg.L^{-1}$, sendo superiores ao LMP de 0,3 $mg.L^{-1}$ nas datas 30/05/19 e 19/07/21 e o ferro total variou de 0,74 a 2,94 $mg.L^{-1}$. Comparando-se as duas formas, verifica-se que o ferro se encontra na água na sua maior parte na forma precipitada ($Fe^{3+}$) nas datas 19/10/18 e 19/07/21 e na maior parte na forma solúvel em 30/05/19. O ferro solúvel esteve mais elevado na estação seca, pois sendo o volume de água menor ocorre uma maior concentração do metal.

O potencial redox (Eh) no ponto P09 (HercS-HA-09) acusou um valor positivo de 63 mV na data 19/07/21, indicando um ambiente pouco oxidante. Comparando-se os resultados de Eh, pH e ferro e consultando o diagrama de Eh x pH para o ferro, verifica-se que a espécie predominante do ferro na água coletada em 19/07/21 é o $Fe^{+2}$.

Os demais metais analisados Al, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg e Zn acusaram teores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação do método analítico utilizado, sendo respectivamente: <0,100; <0,001; <0,010; <0,005; <0,05; <0,0002 e <0,05 $mg.L^{-1}$ e inferiores aos seus respectivos limites máximos permitidos (0,1; 0,010; 0,010; 0,009; 0,05; 0,0002 e 0,18 $mg.L^{-1}$), conforme pode ser observado através da Tabela 9.44. Em 2014, estes metais também estiveram abaixo dos seus limites de quantificação, com exceção do alumínio dissolvido que variou de 0,0155 a 0,0164 $mg.L^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 0,1 $mg.L^{-1}$.

A matéria orgânica carbonácea representada pela demanda bioquímica de oxigênio – DBO, apresentou um valor reduzido de <2,0 $mg.L^{-1}$ nas três datas de coleta, sendo inferior ao LMP de 5 $mg.L^{-1}$.

A DBO constitui-se um importante parâmetro na composição dos índices de qualidade das águas. Trata-se de um indicador que determina indiretamente a concentração de matéria orgânica biodegradável através da demanda de oxigênio exercida por microrganismos através da respiração.

O sulfato acusou um teor bastante reduzido de 5,65 $mg.L^{-1}$, sendo inferior ao LMP de 250 $mg.L^{-1}$.

O oxigênio dissolvido – OD apresentou concentrações oscilando de 6,3 a 8,0 $mg.L^{-1}$, sendo superiores ao mínimo exigido de 5 $mg.L^{-1}$, indicando águas com boa oxigenação.

A concentração de oxigênio presente na água vai variar de acordo com a pressão atmosférica (altitude) e com a temperatura do meio. Águas com temperaturas mais baixas têm maior capacidade de dissolver oxigênio; já em maiores altitudes, onde é menor a pressão atmosférica, o oxigênio dissolvido apresenta menor solubilidade.

O oxigênio proveniente da atmosfera dissolve-se nas águas naturais, devido à diferença de pressão parcial. Este mecanismo é regido pela Lei de Henry, que define a concentração de saturação de um gás na água, em função da temperatura: $CSAT = \alpha.pgás$ onde $\alpha$ é uma constante que varia inversamente proporcional à temperatura e pgás é a pressão exercida pelo gás sobre a superfície do líquido. No caso do oxigênio, ele é constituinte de 21% da atmosfera e, pela lei de Dalton, exerce uma

pressão de 0,21 atm. Para 20°C, por exemplo, $\alpha$ é igual a 43,9 e, portanto, a concentração de saturação de oxigênio em uma água superficial é igual a 43,9 x 0,21 = 9,2 mg.L$^{-1}$.

Em termos dos nutrientes fósforo total e nitrogênio total, observa-se que o fósforo total acusou teores inferiores ao LMP de 0,1 mg.L$^{-1}$, onde acusou valores oscilando de <0,010 a 0,061 mg.L$^{-1}$ e o nitrogênio total teores inferiores aos limites de quantificação do método utilizado (<1,0 e <11,0 mg.L$^{-1}$). O nitrato acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método utilizado (<0,113 mg.L$^{-1}$) nas duas datas de coleta. O nitrito também acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,030 mg.L$^{-1}$) na data analisada. O nitrogênio amoniacal acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,16 mg.L$^{-1}$). Estes resultados indicam que o córrego não se encontra em processo de eutrofização.

Os óleos e graxas, surfactantes e fenóis acusaram teores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação dos métodos de análise (<10; <0,10 e <0,003 mg.L-1), sendo também inferiores aos seus respectivos limites máximos permitidos (virtualmente ausentes, 0,5 mg.L$^{-1}$ e 0,003 mg.L$^{-1}$).

No que se refere à qualidade sanitária das águas amostradas no ponto 09 (HercS-HA-09) atestou-se a presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. A presença destas bactérias na água indica uma contaminação fecal o que impossibilita um uso da água para consumo humano sem desinfecção.

Estes indicadores de contaminação fecal representam o potencial do corpo hídrico na transmissão de doenças. O parâmetro *E. coli* apresentou valores variando de 3,0 a 241 NMP.100 mL$^{-1}$, sendo muito inferiores ao LMP de 1000 NMP.100 mL$^{-1}$. Já os coliformes totais acusaram valores oscilando de 1732,9 a 9804 NMP.100 mL$^{-1}$.

Tabela 9.71 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P09 (HercS-HA-09) - Afluente do córrego Siqueira, a jusante das áreas da cava grande e da disposição de itabiritos.

| **PONTO 09 (HERCS-HA-09) – NASCENTE CÓRREGO SIQUEIRA, A JUSANTE DAS ÁREAS DA CAVA GRANDE E DA FUTURA DISPOSIÇÃO DE ITABIRITOS** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** nascente | **Tipo de amostra:** água superficial | | | **Classe:** Classe 2 | | **Hora da coleta:** 14:00/16:00 e 16:12 horas | | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos LMP** |
| | | **19/10/18** | **30/05/19** | **19/07/21** | | | | |
| pH *in loco* | - | 7,55 | 6,21 | 6,17 | 6,17 | **6,64** | 7,55 | 6 - 9 |
| Cor verdadeira | mgPt.L$^{-1}$ | 5,60 | 13,68 | 48,18 | 5,60 | **22,49** | 48,18 | 75 |
| Turbidez | UNT | 1,91 | 2,93 | 23,40 | 1,91 | **9,41** | 23,40 | 100 |
| Condutividade elétrica | µS.cm$^{-1}$ | 9,64 | 7,14 | 5,24 | 5,24 | **7,34** | 9,64 | NA |
| Oxigênio dissolvido | mg.L$^{-1}$ | 6,3 | 8,0 | 8,0 | 6,3 | **7,43** | 8,0 | >5 |
| DBO (5) | mg.L$^{-1}$ | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | **<2,0** | <2,0 | 5 |
| Sólidos totais | mg.L$^{-1}$ | <20 | <20 | 80 | <20 | **40** | 80 | NA |
| Sólidos em suspensão | mg.L$^{-1}$ | <20 | <20 | 24 | <20 | **21,3** | 24 | 100 |
| Sólidos dissolvidos | mg.L$^{-1}$ | <20 | <20 | 56 | <20 | **32** | 56 | 500 |
| Sólidos sedimentáveis | mg.L$^{-1}$ | <0,5 | <0,5 | 1,0 | <0,5 | **0,7** | 1,0 | NA |
| Ferro solúvel | mg.L$^{-1}$ | 0,13 | 0,47 | 1,08 | 0,13 | **0,56** | 1,08 | 0,3 |
| Ferro Total | mg.L$^{-1}$ | 1,0 | 0,74 | 2,94 | 0,74 | **1,56** | 2,94 | NA |
| Manganês solúvel | mg.L$^{-1}$ | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | NA |
| Manganês total | mg.L$^{-1}$ | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,1 |
| Fósforo total | mg.L$^{-1}$ | <0,010 | 0,061 | 0,018 | <0,010 | **0,030** | 0,061 | 0,1 (Lótico) |
| Nitrogênio total | mg.L$^{-1}$ | <1 | <11 | <11 | <1 | **7,7** | <11 | NA |

| PONTO 09 (HERCS-HA-09) – NASCENTE CÓRREGO SIQUEIRA, A JUSANTE DAS ÁREAS DA CAVA GRANDE E DA FUTURA DISPOSIÇÃO DE ITABIRITOS | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** nascente | **Tipo de amostra:** água superficial | | | **Classe:** Classe 2 | | **Hora da coleta:** 14:00/16:00 e 16:12 horas | | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos LMP** |
| | | **19/10/18** | **30/05/19** | **19/07/21** | | | | |
| Nitrogênio amoniacal | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,16 | <0,16 | **<0,16** | <0,16 | 3,70 |
| Nitrato | $mg.L^{-1}$ | ND | <0,113 | <0,113 | <0,113 | **<0,113** | <0,113 | 10 |
| Nitrito | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,030 | <0,030 | **<0,030** | <0,030 | 1 |
| Sulfato | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | 5,65 | 5,65 | **5,65** | 5,65 | 250 |
| Surfactantes aniônicos (MBAS) | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,10 | <0,10 | **<0,10** | <0,10 | 0,5 |
| Fenol | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,003 | <0,003 | **<0,003** | <0,003 | 0,003 |
| Óleos e graxas | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <10 | <10 | **<10** | <10 | Virtualmente ausentes |
| Temperatura da água *in loco* | ºC | 21,9 | 20,7 | 19,5 | 19,5 | **20,7** | 21,9 | NA |
| Alumínio solúvel | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,100 | <0,100 | **<0,100** | <0,100 | 0,100 |
| Cádmio total | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,001 | <0,001 | **<0,001** | <0,001 | 0,010 |
| Chumbo total | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,010 | <0,010 | **<0,010** | <0,010 | 0,010 |
| Cobre solúvel | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,005 | <0,005 | **<0,005** | <0,005 | 0,009 |
| Cromo total | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,05 |
| Mercúrio total | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,0002 | <0,0002 | **<0,0002** | <0,0002 | 0,0002 |
| Zinco total | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,18 |
| Coliformes totais | $NMP.100\ mL^{-1}$ | 9804 | 1732,9 | 2495,0 | 1732,9 | **4677** | 9804 | NA |
| *Escherichia coli* | $NMP.100\ mL^{-1}$ | 74,0 | 3,0 | 241 | 3,0 | **106** | 241 | 1000 |
| *Enterococcus faecium e faecalis* | NMP.100 mL-1 | ND | ND | 95,8 | 95,8 | **95,8** | 95,8 | NA |
| *Vazão* | m3.h-1 | 30,6 | ND | 2,3 | 2,3 | **16,5** | 30,6 | NA |
| *IQA* | - | 80 | 85 | 71 | 71 | **79** | 85 | Excelente 90<IQA≤100<br>Boa 70<IQA≤90<br>Média 50<IQA≤70<br>Ruim 25<IQA≤50<br>Muito ruim 0<IQA≤25 |
| **Responsáveis Técnicos:** Rodrigo Antônio de Pontes – CRQ 02301056 2ª Região; **Laboratório**: Visão Ambiental. **Obs**.: Altitude: 898 m $T_{Ar}$ = 27ºC Tempo: nublado e quente. Ocorrência de chuva antes da coleta. Na data 30/05/19 o dia estava com sol e sem chuvas. 19/07/21: $T_{Ar}$ = 18ºC ND – Não determinada. Não foi possível fazer a medição. NA – Não se aplica. | | | | | | | | |

### 9.9.6.12 Ponto 10 (HercS-HA-10) – Afluente do Córrego Siqueira, a jusante do *Sump* de contenção de sedimentos e da área de apoio e pátio de produtos

O ponto 10 (HercS-HA-10) está localizado num afluente do Córrego Siqueira, a jusante do *sump* de contenção de sedimentos e da área de apoio e pátio de produtos, cuja coordenada UTM é: 672049 (Leste) / 7947081 (Norte).

Este ponto está localizado no córrego Siqueira, a montante da descarga do ponto 07 (HercS-HA-07), a aproximadamente 85 m antes da confluência dos dois cursos d'águas. Está a jusante do maciço do *sump* de contenção de sedimentos e da área de apoio e pátio de produtos (minério). Cerca de 300 metros. (Figura 9-187).

A vazão neste ponto do afluente do córrego Siqueira medida em 18/10/18 foi de 98,6 $m^3/h$ (0,029 $m^3/s$), 52,2 $m^3/h$ (0,014 $m^3/s$) em 30/05/20 e 105,1 $m^3/h$ (0,029 $m^3/s$) em 19/07/21. A maior vazão em $m^3/h$ foi detectada na data 19/07/21.

O córrego Siqueira será o principal curso d'água a sofrer possíveis impactos pelas estruturas do Projeto Serro. Ele receberá contribuições da pit de lavra, pilha de estéril, pilha de estoque, área de apoio e pátio de produtos.

Quanto aos usos, a área no entorno do córrego Siqueira é utilizada, principalmente, para a pecuária e, consequentemente para dessedentação animal.

Figura 9-187 - Imagem satélite contendo a localização do ponto 10 (HercS-HA-10).

## Características visuais da água

Em termos de qualidade visual da água no ponto P10 (HercS-HA-10) nas datas 18/10/18 e 30/05/19, é possível verificar através das fotos a seguir que a água apresentava transparência, uma cor aparente levemente marrom e sem turbidez aparente. Nas duas margens do rio e também em alguns pontos no interior do mesmo há presença de vegetação herbácea.

18/10/18 (medida de vazão)

30/05/19

19/07/21

Figura 9-188 - Qualidade visual da água no local de coleta do ponto 10 (HercS-HA-10) nas datas 18/10/18, 30/05/19 e 19/07/21.

Coleta 30/05/19

Coleta 30/05/19

19/07/21 – Medição de vazão.

19/07/21 – Vista de montante do ponto.

19/07/21 – Vista de montante.

19/07/21 – Vista de jusante.

Figura 9-189 - Detalhe da coleta de água no ponto P10 (HercS-HA-10) na data 30/05/19 e 19/07/21.

19/07/21.

19/07/21 – Local da coleta.

Figura 9-190 - Detalhe do local de coleta de água no ponto 10 (HercS-HA-10) na data 30/05/19 e 19/07/21. Continuação.

## Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas

As águas do ponto 10 (HercS-HA-10) foram enquadradas como classe 2, ou seja, "Águas destinadas: a - ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b - à proteção das comunidades aquáticas; c - à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d - à 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; e - à aquicultura e à atividade de pesca", conforme o Art. 4º da Seção I – das águas doces da DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008.

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas para as amostras de águas superficiais no ponto 10 (HercS-HA-10), realizadas nas datas 18/10/18, 30/05/19 e 19/07/21, estão apresentados através da Tabela 9.72.

Em termos de qualidade das águas superficiais verificada nas datas citadas acima no ponto 10 (HercS-HA-10), verifica-se através dos resultados que todos os parâmetros acusaram valores em conformidade com os padrões estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 para as águas de Classe 2, com exceção de ferro solúvel nas três datas de coleta.

Em termos do Índice de Qualidade da Água – IQA, para este ponto foi encontrado um valor de 75 nas datas 18/10/18 e 30/05/19 e 71 na data 19/07/21. De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM estes resultados indicam águas de boa qualidade. Estes resultados são corroborados

pelos valores detectados para todos os parâmetros avaliados, que estiveram abaixo dos seus limites máximos permitidos, com exceção do ferro solúvel.

Os valores de pH medidos in loco variaram de 6,71 a 7,47, quando a faixa limite é de 6 a 9, ou seja, dentro da faixa limite, indicando que as águas amostradas apresentavam características variando de ligeiramente ácidas a ligeiramente alcalinas nas datas de coleta analisadas.

A condutividade elétrica da água acusou valores muito reduzidos variando de 20,40 a 38,2 $\mu S.cm^{-1}$, indicando presença de poucos íons dissolvidos nas águas amostradas, ou seja, baixa mineralização. Estes valores estão coerentes com as baixas concentrações detectadas para os sólidos dissolvidos (máximo de 22 $mg.L^{-1}$).

Em relação aos parâmetros indicadores dos teores de sólidos e compostos dissolvidos nas águas, foram registrados baixos teores de sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis e turbidez, o que está de acordo com as características visuais da água que no momento das coletas, encontravam-se transparentes, sem cor aparente e sem turbidez aparente.

Os sólidos suspensos apresentaram um teor reduzido de <20 $mg.L^{-1}$, ou seja, inferior ao Limite Máximo Permitido – LMP de 100 $mg.L^{-1}$ nas três datas de coleta. Os sólidos dissolvidos acusaram teores oscilando de <20 a 22 $mg.L^{-1}$, sendo considerados valores bem reduzidos se comparados com o LMP de 500 $mg.L^{-1}$, corroborando o verificado *in loco*, águas com boa aparência, transparentes. Observa-se que mesmo no período chuvoso o valor encontrado foi muito reduzido de sólidos.

Os sólidos sedimentáveis apresentaram nas três datas de coleta um valor inferior ao limite de detecção do método utilizado (<0,5 $mL.L^{-1}$) e os sólidos totais acusaram valores oscilando de <20 a 22 $mg.L^{-1}$ nas três datas avaliadas.

Os teores reduzidos detectados para os sólidos dissolvidos estão coerentes com os baixos valores encontrados para condutividade elétrica.

Como consequência do valor reduzido encontrado para os sólidos suspensos (<20 $mg.L^{-1}$), a turbidez também acusou índices reduzidos nas três datas de coleta, variando de 2,96 a 6,08 UNT, sendo muito inferiores ao limite máximo permitido de 100 UNT. Estes resultados corroboram as observações visuais da qualidade das águas no momento das coletas, onde verificou-se que não havia turbidez aparente e nem presença de sólidos em suspensão.

A cor verdadeira apresentou índices reduzidos oscilando de 21,95 e 38,01 $mgPt.L^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 75 $mgPt.L^{-1}$. Estes resultados estão de acordo com o observado no momento das coletas, onde as águas não apresentavam cor.

Os baixos teores de sólidos dissolvidos e a ausência de manganês contribuíram para valores reduzidos de cor.

Em termos dos metais ferro e manganês, verifica-se que o manganês total e o manganês solúvel acusaram um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,05 $mg.L^{-1}$) nas três datas de coleta. O manganês na sua forma total esteve abaixo do LMP de 0,1 $mg.L^{-1}$.

O ferro solúvel acusou concentrações variando de 0,40 a 1,13 $mg.L^{-1}$, sendo superiores ao LMP de 0,3 $mg.L^{-1}$ e o ferro total variou 0,96 a 1,35 $mg.L^{-1}$. Comparando-se as duas formas, verifica-se que o ferro se encontra nas águas na sua maior parte na forma precipitada ($Fe^{3+}$).

O potencial redox (Eh) no ponto P10 (HercS-HA-10) acusou um valor negativo de -26,1 mV na data 19/07/21, indicando um ambiente redutor. Comparando-se os resultados de Eh, pH e ferro e consultando o diagrama de Eh x pH do ferro verifica-se que a espécie de ferro predominante está sob a forma $Fe^{+2}$.

A presença de ferro nas águas amostradas, provavelmente se deve à composição geoquímica local, uma vez que o uso do solo na região em estudo é predominantemente rural.

Quanto aos demais metais analisados Al, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg e Zn, todos acusaram teores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação do método analítico utilizado, sendo respectivamente: <0,100; <0,001; <0,010; <0,005; <0,05; <0,0002 e <0,05 $mg.L^{-1}$ e inferiores aos seus respectivos limites máximos permitidos (0,1; 0,010; 0,010; 0,009; 0,05; 0,0002 e 0,18 $mg.L^{-1}$).

A matéria orgânica carbonácea representada pela demanda bioquímica de oxigênio – DBO, apresentou um valor reduzido de <2,0 $mg.L^{-1}$ nas três datas de coleta, sendo inferior ao LMP de 5 $mg.L^{-1}$.

O oxigênio dissolvido – OD apresentou concentrações oscilando de 6,2 a 9,3 $mg.L^{-1}$, sendo superiores ao mínimo exigido de 5 $mg.L^{-1}$, indicando águas com boa oxigenação.

Em termos dos nutrientes fósforo total e nitrogênio total, observa-se que o fósforo total acusou teores oscilando de inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,010 $mg.L^{-1}$) a 0,091 $mg.L^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 0,1 $mg.L^{-1}$ e o nitrogênio total teores inferiores aos seus limites de quantificação do método utilizado (<1,0 e <11 $mg.L^{-1}$).

O nitrogênio amoniacal na data em que foi analisado (19/07/21) acusou um valor de 0,28 $mg.L^{-1}$, sendo muito inferior ao LMP de 3,70 $mg.L^{-1}$ para pH ≤7,5.

As formas oxidadas do nitrogênio (nitrito e nitrato) acusaram teores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação dos métodos de análise (<0,030 e <0,113 $mg.L^{-1}$), sendo também inferiores aos seus limites máximos permitidos (1 e 10 $mg.L^{-1}$).

O sulfato acusou um teor de 4,16 $mg.L^{-1}$, sendo significativamente inferior ao LMP de 250 $mg.L^{-1}$.

Os surfactantes aniônicos acusaram um teor <0,10 $mg.L^{-1}$, sendo inferior ao LMP de 0,5 $mg.L^{-1}$.

O fenol acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,003 $mg.L^{-1}$), sendo inferior também ao LMP de 0,003 $mg.L^{-1}$.

Os óleos e graxas na data 19/07/21 acusaram um valor <10,0 $mg.L^{-1}$, sendo o LMP virtualmente ausentes.

No que se refere à qualidade sanitária das águas amostradas no ponto 10 (HercS-HA-10) atestou-se a presença de coliformes totais, *Escherichia coli* e *Enterococcus faecium* e *faecalis.* A presença destas bactérias na água indica uma contaminação fecal o que impossibilita um uso da água para consumo humano sem desinfecção.

Estes indicadores de contaminação fecal representam o potencial do corpo hídrico na transmissão de doenças. O parâmetro *E. coli* apresentou valores oscilando de 158 a 318 NMP.100 $mL^{-1}$, sendo muito inferiores ao LMP de 1000 NMP.100 $mL^{-1}$. Já os coliformes totais acusaram valores variando de 1986,3

a 6867 NMP.100 mL$^{-1}$. Os *Enterococcus faecium* e *faecalis* acusaram um valor de 172,3 NMP.100 mL$^{-1}$.

Tabela 9.72 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P10 (HercS-HA-10) - Córrego Siqueira, a jusante do *sump* de contenção de sedimentos e da área de apoio e pátio de produtos.

| **PONTO 10 (HERCS-HA-10) – CÓRREGO SIQUEIRA, A JUSANTE DO SUMP DE CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS E DA ÁREA DE APOIO E PÁTIO DE PRODUTOS** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** Córrego | **Tipo de amostra:** água superficial | | | **Classe:** Classe 2 | | **Hora da coleta:** 15:20/14:20/15:30 horas | | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos LMP** |
| | | **18/10/18** | **30/05/19** | **19/07/21** | | | | |
| pH *in loco* | - | 7,43 | 6,71 | 7,47 | 6,71 | **7,20** | 7,47 | 6 - 9 |
| Cor verdadeira | mgPt.L$^{-1}$ | 21,95 | 38,01 | 28,79 | 21,95 | **29,58** | 38,01 | 75 |
| Turbidez | UNT | 2,96 | 6,08 | 3,20 | 2,96 | **4,08** | 6,08 | 100 |
| Condutividade elétrica | µS.cm$^{-1}$ | 38,2 | 28,4 | 20,40 | 20,40 | **29,0** | 38,2 | NA |
| Oxigênio dissolvido | mg.L$^{-1}$ | 6,2 | 9,3 | 8,1 | 6,2 | **7,87** | 9,3 | >5 |
| DBO (5) | mg.L$^{-1}$ | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | **<2,0** | <2,0 | 5 |
| Sólidos totais | mg.L$^{-1}$ | <20 | <20 | <20 | <20 | **<20** | <20 | NA |
| Sólidos em suspensão | mg.L$^{-1}$ | <20 | <20 | <20 | <20 | **<20** | <20 | 100 |
| Sólidos dissolvidos | mg.L$^{-1}$ | <20 | <20 | 22 | <20 | **20,7** | 22 | 500 |
| Sólidos sedimentáveis | mg.L$^{-1}$ | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | **<0,5** | <0,5 | NA |
| Ferro solúvel | mg.L$^{-1}$ | 0,40 | 0,58 | 1,13 | 0,40 | **0,70** | 1,13 | 0,3 |
| Ferro Total | mg.L$^{-1}$ | 0,96 | 1,30 | 1,35 | 0,96 | **1,20** | 1,35 | NA |
| Fenol | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,003 | <0,003 | <0,003 | <0,003 | 0,003 |
| Manganês solúvel | mg.L$^{-1}$ | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | NA |
| Manganês total | mg.L$^{-1}$ | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,1 |
| Fósforo total | mg.L$^{-1}$ | <0,010 | 0,091 | <0,010 | <0,010 | **0,037** | 0,091 | 0,1 (Lótico) |
| Nitrogênio total | mg.L$^{-1}$ | <1,0 | <11,0 | <11,0 | <1,0 | **<7,7** | <11,0 | NA |
| Nitrogênio amoniacal | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | 0,28 | 0,28 | **0,28** | 0,28 | 3,7 para pH ≤ 7,5 |
| Nitrato | mg.L-1 | ND | <0,113 | <0,113 | <0,113 | **<0,113** | <0,113 | 10 |
| Nitrito | mg.L-1 | ND | ND | <0,030 | <0,030 | **<0,030** | <0,030 | 1 |
| Óleos e graxas | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | Virtualmente ausentes |
| Sulfato | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | 4,16 | 4,16 | **4,16** | 4,16 | 250 |
| Surfactantes aniônicos (MBAS) | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,10 | <0,10 | **<0,10** | <0,10 | 0,5 |
| Temperatura da água *in loco* | ºC | 22,0 | 19,5 | 25,7 | 19,5 | **22,4** | 25,7 | NA |
| Alumínio solúvel | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,100 | <0,100 | **<0,100** | <0,100 | 0,100 |
| Cádmio total | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,001 | <0,001 | **<0,001** | <0,001 | 0,010 |
| Chumbo total | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,010 | <0,010 | **<0,010** | <0,010 | 0,010 |
| Cobre solúvel | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,005 | <0,005 | **<0,005** | <0,005 | 0,009 |
| Cromo total | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,05 |
| Mercúrio Total | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,0002 | <0,0002 | **<0,000** | <0,0002 | 0,0002 |
| Zinco total | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,18 |
| Coliformes totais | NMP.100 mL$^{-1}$ | 6867 | 1986,3 | 2333,0 | 1986,3 | **3728,8** | 6867 | NA |
| *Escherichia coli* | NMP.100 mL$^{-1}$ | 318 | 238,2 | 158,0 | 158,0 | **238,1** | 318,0 | 1000 |
| *Enterococcus faecium e faecalis* | NMP.100 mL$^{-1}$ | ND | ND | 172,3 | 172,3 | **172,3** | 172,3 | NA |
| *Vazão* | m$^3$.h$^{-1}$ | 98,6 | 52,2 | 105,1 | 52,2 | **85,3** | 105,1 | NA |

| PONTO 10 (HERCS-HA-10) – CÓRREGO SIQUEIRA, A JUSANTE DO SUMP DE CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS E DA ÁREA DE APOIO E PÁTIO DE PRODUTOS | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** Córrego | **Tipo de amostra:** água superficial | | **Classe:** Classe 2 | | **Hora da coleta:** 15:20/14:20/15:30 horas | | | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos LMP** |
| | | **18/10/18** | **30/05/19** | **19/07/21** | | | | |
| *IQA* | - | 75 | 75 | 71 | 71 | **74** | 75 | Excelente 90<IQA≤100<br>Boa 70<IQA≤90<br>Média 50<IQA≤70<br>Ruim 25<IQA≤50<br>Muito ruim 0<IQA≤25 |
| **Responsáveis Técnicos:** Rodrigo Antônio de Pontes – CRQ 02301056 2ª Região. **Laboratório**: Visão Ambiental. **Obs**.: Altitude: 786 m; $T_{Ar}$ = 22ºC; Tempo: nublado e chuvoso. Ocorrência de chuva antes da coleta. Na data 30/05/19 o dia estava com sol e sem chuvas.<br>NA – Não se aplica. ND – Não determinado. | | | | | | | | |

### 9.9.6.13 Ponto 11 (HercS-HA-11) – Córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento

O ponto 11 (HercS-HA-11) está localizado no Córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento, cuja coordenadas UTM são: 672316 (Leste); 7948630 (Norte).

Este ponto fica no córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento, dentro dos limites da área indiretamente afetada. Está cerca de 250 m a jusante da sede da Fazenda São Romão e cerca de 300 m a montante da sede da Fazenda São José. Este ponto não sofrerá contribuição das áreas do projeto, sendo um ponto controle (Figura 9-191).

Figura 9-191 - Imagem satélite contendo a localização do ponto P11 (HercS-HA-11).

Nas duas margens do rio e também em alguns pontos no interior do mesmo há presença de gramíneas (“capim”). O local de coleta apresenta um ambiente mais lêntico, com pouca profundidade, como pode ser verificado através das próximas fotos. Próximo ao local do ponto foi verificada presença de gado.

A área do entorno do córrego Siqueira é utilizada, principalmente, para a pecuária e, consequentemente para dessedentação animal. Foi observada a presença de gado na coleta de 30/05/19.

A vazão neste ponto do córrego Siqueira foi medida em 18/10/18 foi de 21,0 $m^3/h$ e 47,9 $m^3$ em 19/07/21. Na data 30/05/19 não foi possível realizar a medição de vazão.

Ressalta-se que em 2014, a Arcadis logos realizou duas campanhas para a avaliação da qualidade das águas do córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento, sendo a primeira campanha realizada no período chuvoso (janeiro de 2014) e a segunda no período de seca (maio de 2014). Os resultados obtidos para os vários parâmetros analisados também serão apresentados neste item do estudo.

Ressalta-se que o ponto P01 – Córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento avaliado pela Arcadis logos em 2014, é coincidente com o ponto P11 (HercS-HA-11 - Córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento) avaliado no presente estudo.

**Características visuais da água**

Em termos de qualidade visual da água no ponto P11 (HercS-HA-11) nas datas 18/10/18, 30/05/19 e 19/07/21, é possível verificar através das fotos a seguir que a água apresentava transparência, uma cor aparente levemente marrom e sem turbidez aparente. O local de coleta apresenta um ambiente mais lêntico, com pouca profundidade, como pode ser verificado através das próximas fotos. O substrato predominante argiloso e presença de matéria orgânica.

18/10/18.

30/05/19.

Detalhe visual da água em 19/07/21.

Figura 9-192 - Qualidade visual da água no local de coleta do ponto 11 (HercS-HA-11).

As figuras a seguir são um registro fotográfico das coletas efetuadas nas datas 18/10/18, 31/05/19 e 19/07/21 no córrego Siqueira a montante do futuro empreendimento.

Vista de montante do ponto P11 em 18/10/18.

Coleta de água em 18/10/18

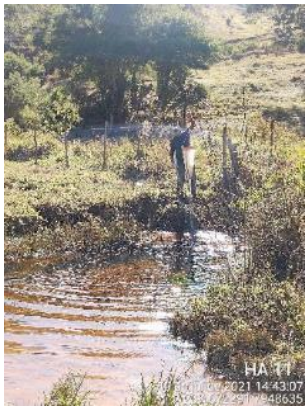
Coleta de água em 30/05/19.

Coleta em 30/05/19

Detalhe do tipo de vegetação do entorno e dentro do córrego em 30/05/19.

Coleta de água em 19/07/21.

Medindo a vazão do córrego.



Coleta de água para hidrobiológico.

Figura 9-193 - Qualidade visual da água no local de coleta do ponto 11 (HercS-HA-11).

A seguir são apresentadas as fotos e coordenadas do ponto localizado no córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento monitorado pela Arcadis, logos em 2014 em 22/01/14 e 07/05/14. Este ponto equivale ao ponto P11 (HercS-HA-11) avaliado no presente estudo.

O ponto P01 – Córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento está localizado nas coordenadas UTM (Fuso 23K): 672319; 7948689.

Coleta no ponto **P01** em 22/01/14.

Coleta no ponto **P01** em 07/05/14.

**Fonte:** Arcadis logos, 2014.

Figura 9.146 - Qualidade visual da água no local de coleta do ponto P01 em 22/01/14 e 07/05/14.

**Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas**

As águas do ponto P11 (HercS-HA-11) foram enquadradas como classe 2, ou seja, "Águas destinadas: a - ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b - à proteção das comunidades aquáticas; c - à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d - à 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; e - à aquicultura e à atividade de pesca", conforme o Art. 4º da Seção I – das águas doces da DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008.

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas para as amostras de águas superficiais coletadas no ponto 11 (HercS-HA-11) nas datas 18/10/18, 30/05/19 e 19/07/21, estão apresentados através da Tabela 9.73 e os resultados das análises efetuadas pela Arcadis, logos em 2014 constam na Tabela 9.74.

Em termos de qualidade das águas superficiais verificada nas datas citadas acima no ponto 11 (HercS-HA-11), verifica-se através dos resultados que todos os parâmetros acusaram valores em conformidade com os padrões estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 para as águas de Classe 2, com exceção de fósforo total em 30/05/19, ferro solúvel em 30/05/19 e 19/07/21 e pH em 19/07/21. Em 2014, todos os parâmetros analisados estiveram dentro dos limites máximos permitidos nas duas campanhas.

Em termos do índice de Qualidade da Água – IQA, para este ponto foram encontrados valores oscilando de 73 (18/10/18) a 83 (30/05/19). De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM os índices indicam águas de boa qualidade. Estes resultados são corroborados pelos valores

detectados para todos os parâmetros avaliados, que estiveram abaixo dos seus limites máximos permitidos, com exceção de fósforo (30/05/19), ferro (30/05/19 e 19/07/21) e pH (19/07/21).

Nas duas campanhas de 2014 (22/01/14 e 07/05/14) o IQA oscilou de 77 a 78, indicando águas de boa qualidade. Mesma condição observada nas três campanhas realizadas em 2018, 2019 e 2021.

O pH medido in loco nas datas 18/10/18, 30/05/19 e 19/07/21 oscilou de 5,87 a 7,17, ou seja, dentro da faixa limite de 6 a 9, com exceção da data 19/07/21, indicando que as águas amostradas apresentavam características ácidas a ligeiramente alcalinas. Este resultado ácido se deve provavelmente à presença de ácidos húmicos e fúlvicos presentes na água provenientes da decomposição de folhas e matéria orgânica existentes na água.

Em 2014, o pH oscilou de 6,12 a 6,81 estando dentro da faixa limite de 6 a 9, indicando que as águas apresentavam características ligeiramente ácidas.

A condutividade elétrica da água acusou valores muito reduzidos variando de 13,80 a 29,5 µS.cm$^{-1}$, indicando presença de poucos íons dissolvidos nas águas amostradas, ou seja, baixa mineralização. Estes valores estão coerentes com os baixos teores detectados para os sólidos dissolvidos (máximo de 38 mg.L$^{-1}$). Em 2014, os valores oscilaram de 10 a 18 µS.cm$^{-1}$, indicando também baixa mineralização.

Em relação aos parâmetros indicadores dos teores de sólidos e compostos dissolvidos nas águas, foram registrados baixos teores de sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis e turbidez, o que está de acordo com as características visuais da água que no momento das coletas, encontrava-se transparente, sem cor aparente e sem turbidez aparente. Observa-se através dos resultados para os sólidos, que mesmo na estação chuvosa os valores foram reduzidos. O mesmo foi observado nas datas avaliadas em 2014.

Os sólidos suspensos apresentaram teores reduzidos oscilando de <20 a 26 mg.L$^{-1}$, ou seja, inferiores ao Limite Máximo Permitido – LMP de 100 mg.L$^{-1}$. Nas datas 30/05/19 e 19/07/21 não foram detectados. Em 2014, os sólidos suspensos estiveram abaixo do limite de quantificação do método de análise (<5 mg.L$^{-1}$).

Os sólidos dissolvidos acusaram teores oscilando de <20 a 38 mg.L$^{-1}$ nas três coletas, sendo considerados valores bem reduzidos se comparados com o LMP de 500 mg.L$^{-1}$, corroborando o verificado in loco, águas com boa aparência, transparentes. Mesmo comportamento foi observado em 2014, quando os teores oscilaram de 10 a 15 mg.L$^{-1}$.

Os sólidos sedimentáveis apresentaram valores oscilando de 0,5 a 1,4 mL.L$^{-1}$, enquanto em 2014 acusaram um teor inferior ao limite de quantificação (<0,3 mL.L$^{-1}$). Já os sólidos totais variaram de <20 a 57 mg.L$^{-1}$.

Os teores reduzidos detectados para os sólidos dissolvidos estão coerentes com os baixos valores encontrados para condutividade elétrica.

Como consequência dos valores reduzidos encontrados para os sólidos suspensos (<20 a 26 mg.L$^{-1}$), a turbidez também acusou índices reduzidos variando de 14,4 a 21,7 UNT, sendo muito inferiores ao limite máximo permitido de 100 UNT. Estes resultados corroboram as observações visuais da qualidade da água no momento da coleta, onde verificou-se que não havia turbidez aparente e nem presença de sólidos em suspensão. Em 2014, a turbidez também esteve reduzida e oscilou de 10 a 13 UNT.

A cor verdadeira apresentou índices muito reduzidos oscilando de <5,0 a 40,10 mgPt.L$^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 75 mgPt.L$^{-1}$. Estes resultados estão de acordo com o observado no momento das coletas, onde as águas apresentavam uma cor levemente marrom. Nas datas 22/01/14 e 07/05/14, a cor oscilou de 22 a 47 mgPt.L$^{-1}$, sendo também inferiores ao LMP de 75 mgPt.L$^{-1}$.

Os baixos teores de sólidos dissolvidos e a ausência de manganês contribuíram para reduzidos índices de cor.

Em termos dos metais ferro e manganês, verifica-se que o manganês total acusou teores oscilando 0,05 a 0,06 mg.L$^{-1}$ sendo inferiores ao LMP de 0,1 mg.L$^{-1}$ e o manganês solúvel acusou um teor inferior ao limite de detecção do método de análise (<0,05 mg.L$^{-1}$) nas duas datas de coleta. O manganês total nas datas 22/01/14 e 07/05/14 oscilou de 0,0231 a 0,0678 mg.L$^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 0,1 mg.L$^{-1}$.

O ferro solúvel acusou teores oscilando de 0,21 a 3,15 mg.L$^{-1}$, sendo o LMP é de 0,3 mg.L$^{-1}$ e o ferro total variou de 6,20 a 7,0 mg.L$^{-1}$. O teor mais elevado foi detectado na estação seca. Comparando-se as duas formas, verifica-se que o ferro encontra-se na água na sua maior parte na forma precipitada ($Fe^{3+}$). O ferro solúvel em 2014, oscilou de 0,296 a 0,23 mg.L$^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 0,3 mg.L$^{-1}$ e o ferro total oscilou de 3,84 a 2,96 mg.L$^{-1}$. Comparando-se as duas espécies verifica-se que a o ferro na água apresentava-se na sua maior proporção sob a forma $Fe^{+3}$.

O potencial redox (Eh) no ponto P11 (HercS-HA-11) acusou um valor positivo de 56,7 mV na data 19/07/21. Comparando-se os resultados do Eh, pH e Ferro e consultando o diagrama do Eh x pH para o ferro, verifica-se que a espécie de ferro predominante na água coletada em 19/07/21 é o $Fe^{+2}$.

Quanto aos demais metais analisados Al, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg e Zn, todos acusaram teores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação do método analítico utilizado, sendo respectivamente: <0,100; <0,001; <0,010; <0,005; <0,05; <0,0002 e <0,05 mg.L$^{-1}$ e inferiores aos seus respectivos limites máximos permitidos (0,1; 0,010; 0,010; 0,009; 0,05; 0,0002 e 0,18 mg.L$^{-1}$), conforme pode ser observado através da Tabela 9.51. Em 2014, estes mesmos metais estiveram abaixo dos seus limites máximos permitidos, sendo que os elementos Cd, Pb, Cu, Cr e Hg foram inferiores aos seus respectivos limites de quantificação do método de análise.

A matéria orgânica carbonácea representada pela demanda bioquímica de oxigênio – DBO, apresentou um valor reduzido de <2,0 mg.L$^{-1}$, sendo inferior ao LMP de 5 mg.L$^{-1}$ nas três datas de coleta. Em 2014, acusou teores oscilando de <2 a 3,4 mg.L$^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 5 mg.L$^{-1}$.

O oxigênio dissolvido – OD apresentou teores oscilando de 5,9 a 7,9 mg.L$^{-1}$, sendo superiores ao mínimo exigido de 5 mg.L$^{-1}$, indicando águas com boa oxigenação, sendo o maior valor detectado em 30/05/19. Mesma condição foi observada em 2014, quando acusou teores variando de 5,2 a 7,3 mg.L$^{-1}$, indicando águas com boa oxigenação.

Em termos dos nutrientes fósforo total e nitrogênio total, observa-se que o fósforo total acusou teores oscilando de 0,020 a 0,129 mg.L$^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 0,1 mg.L$^{-1}$ nas datas 18/10/18 e 19/07/21. Nas datas 22/01/14 e 07/05/14 o fósforo acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método analítico utilizado. Tendo em vista que o uso do solo na região é predominantemente rural, a ocorrência deste nutriente na água deve ter relação com a composição das rochas da bacia de drenagem, com organismos em decomposição e compostos voláteis liberados de plantas e queimadas naturais e com dejetos de bovinos.

O nitrogênio total acusou teores inferiores aos seus limites de quantificação do método utilizado (<1,0 e <11 $mg.L^{-1}$) nas três datas de coleta.

O nitrogênio amoniacal na data em que foi analisado (19/07/21) acusou um valor de 0,23 $mg.L^{-1}$, sendo muito inferior ao LMP de 3,70 $mg.L^{-1}$ para pH ≤7,5. Em 2014, acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,1 $mg.L^{-1}$).

As formas oxidadas do nitrogênio (nitrito e nitrato) acusaram teores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação dos métodos de análise (<0,030 e <0,113 $mg.L^{-1}$), sendo também inferiores aos seus limites máximos permitidos (1 e 10 $mg.L^{-1}$). Em 2014, também acusaram teores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação dos métodos de análise (<0,002 e <0,3 $mg.L^{-1}$).

O sulfato acusou um teor de 5,22 $mg.L^{-1}$, sendo significativamente inferior ao LMP de 250 $mg.L^{-1}$. Em 2014, acusou teores oscilando de <0,5 a 1,2 $mg.L^{-1}$).

Os surfactantes aniônicos acusaram um teor <0,10 $mg.L^{-1}$, sendo inferior ao LMP de 0,5 $mg.L^{-1}$. Também acusaram um teor <0,1 $mg.L^{-1}$ nas datas 22/01/14 e 07/05/14.

O fenol acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,003 $mg.L^{-1}$), sendo inferior também ao LMP de 0,003 $mg.L^{-1}$. Também acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,001 $mg.L^{-1}$) em 2014.

Os óleos e graxas na data 19/07/21 acusaram um valor <10,0 $mg.L^{-1}$, sendo o LMP virtualmente ausentes. Em 2014, acusaram um teor <5 $mg.L^{-1}$.

No que se refere à qualidade sanitária das águas amostradas no ponto 11 (HercS-HA-11) atestou-se a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* e *Enterococcus faecium* e *faecalis*. A presença destas bactérias nas águas indica uma contaminação fecal o que impossibilita um uso da água para consumo humano sem desinfecção. A *E. coli* também foi detectada em 2014 (14 a 113 $NMP.100\ mL^{-1}$).

Estes indicadores de contaminação fecal representam o potencial do corpo hídrico na transmissão de doenças. O parâmetro *E. coli* apresentou valores oscilando de 5,2 a 173 $NMP.100\ mL^{-1}$, sendo muito inferiores ao LMP de 1000 $NMP.100\ mL^{-1}$. Já os coliformes totais acusaram valores variando de 404,0 a 2595 $NMP.100\ mL^{-1}$. Os Enterococcus faecim e faecalis acusaram um valor de 1,0 $NMP.100\ mL^{-1}$. A presença de bactérias provavelmente se deve a presença de gado (área de pastagem) e outros animais da fauna local.

O ponto de coleta HercS-HA -11 está a montante do futuro empreendimento servindo como ponto controle e está a jusante de uma fazenda, o justifica pelo menos em parte a presença de bactérias.

Os demais parâmetros orgânicos e inorgânicos analisados pela Arcadis e que constam na Tabela 9.52 acusaram valores inferiores aos limites máximos permitidos estabelecidos pela DN Conjunta COPAM / CERH 1/2008 nas duas datas coletadas em 2014.

Tabela 9.73 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P11 (HercS-HA-11) - Córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento.

| PONTO 11 (HERCS-HA-11) – CÓRREGO SIQUEIRA, A MONTANTE DO FUTURO EMPREENDIMENTO | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** Córrego | **Tipo de amostra:** água superficial | | **Classe:** Classe 2 | | **Hora da coleta:** 14:50/16:50/ 15:00 horas | | | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos LMP** |
| | | **18/10/18** | **30/05/19** | **19/07/21** | | | | |
| pH *in loco* | - | 6,38 | 7,17 | 5,87 | 5,87 | **6,47** | 7,17 | 6 - 9 |
| Cor verdadeira | $mgPt.L^{-1}$ | <5,0 | 4,76 | 40,10 | 4,76 | **16,62** | 40,10 | 75 |
| Turbidez | UNT | 17,4 | 14,4 | 21,70 | 14,4 | **17,8** | 21,70 | 100 |
| Condutividade elétrica | $\mu S.cm^{-1}$ | 29,5 | 15,98 | 13,80 | 13,80 | **19,76** | 29,5 | NA |
| Oxigênio dissolvido | $mg.L^{-1}$ | 5,9 | 7,9 | 6,8 | 5,9 | **6,87** | 7,9 | >5 |
| DBO (5) | $mg.L^{-1}$ | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | **<2,0** | <2,0 | 5 |
| Sólidos totais | $mg.L^{-1}$ | 27 | <20 | 57 | <20 | **34,7** | 57 | NA |
| Sólidos em suspensão | $mg.L^{-1}$ | 26 | <20 | <20 | <20 | **22** | 26 | 100 |
| Sólidos dissolvidos | $mg.L^{-1}$ | <20 | <20 | 38 | <20 | **26** | 38 | 500 |
| Sólidos sedimentáveis | $mg.L^{-1}$ | 0,5 | 1,4 | <0,5 | <0,5 | **0,8** | 1,4 | NA |
| Ferro solúvel | $mg.L^{-1}$ | 0,21 | 3,15 | 1,21 | 0,21 | **1,52** | 3,15 | 0,3 |
| Ferro Total | $mg.L^{-1}$ | 6,20 | 7,0 | 2,16 | 2,16 | **5,12** | 7,0 | NA |
| Manganês solúvel | $mg.L^{-1}$ | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | NA |
| Manganês total | $mg.L^{-1}$ | 0,06 | 0,05 | <0,05 | <0,05 | **0,05** | 0,06 | 0,1 |
| Fósforo total | $mg.L^{-1}$ | 0,020 | 0,129 | 0,027 | 0,020 | **0,059** | 0,129 | 0,1 (Lótico) |
| Nitrogênio total | $mg.L^{-1}$ | <1 | <11 | <11 | <1 | **7,7** | <11 | NA |
| Nitrogênio amoniacal | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | 0,23 | 0,23 | **0,23** | 0,23 | 3,70 para pH ≤7,5 |
| Nitrato | $mg.L^{-1}$ | ND | <0,113 | <0,113 | <0,113 | **<0,113** | <0,113 | 10 |
| Nitrito | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,030 | <0,030 | **<0,030** | <0,030 | 1 |
| Sulfato | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | 5,22 | 5,22 | **5,22** | 5,22 | 250 |
| Surfactantes aniônicos (MBAS) | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,10 | <0,10 | **<0,10** | <0,10 | 0,5 |
| Óleos e graxas | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <10 | <10 | **<10** | <10 | Virtualmente ausentes |
| Temperatura da água *in loco* | ºC | 22,4 | 19,2 | 18,5 | 18,5 | **20,0** | 22,4 | NA |
| Alumínio solúvel | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,100 | <0,100 | **<0,100** | <0,100 | 0,1 |
| Cádmio Total | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,001 | <0,001 | **<0,001** | <0,001 | 0,010 |
| Chumbo total | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,010 | <0,010 | **<0,010** | <0,010 | 0,010 |
| Cobre solúvel | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,005 | <0,005 | **<0,005** | <0,005 | 0,009 |
| Cromo total | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,05 |
| Mercúrio total | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,0002 | <0,0002 | **<0,0002** | <0,0002 | 0,0002 |
| Zinco total | $mg.L^{-1}$ | ND | ND | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,18 |
| Coliformes totais | NMP.100 | 2595 | 648,8 | 404,0 | 404,0 | **1215,9** | 2595 | NA |
| *Escherichia coli* | NMP.100 | 173 | 5,2 | 10,0 | 5,2 | **62,7** | 173 | 1000 |
| *Enterococcus faecium e faecalis* | NMP.100 $mL^{-1}$ | ND | ND | 1,0 | 1,0 | **1,0** | 1,0 | NA |
| *Eh* | mV | ND | ND | 56,7 | 56,7 | **56,7** | 56,7 | NA |
| *Vazão* | m3.h-1 | 21,0 | ND | 47,9 | 21,0 | **34,5** | 47,9 | NA |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *IQA* | - | 73 | 83 | 76 | 73 | **77** | 83 | Excelente 90<IQA≤100 Boa 70<IQA≤90 Média 50<IQA≤70 Ruim 25<IQA≤50 Muito ruim 0<IQA≤25 |

**Responsáveis Técnicos:** Rodrigo Antônio de Pontes – CRQ 02301056 2ª Região **Laboratório**: Visão Ambiental. **Obs**.: Altitude: 825 m $T_{Ar}$ = 33ºC Tempo: nublado e quente. Não ocorreu chuva antes e nem no dia da coleta. Na data 30/05/19 o dia estava com sol e sem chuvas. $T_{Ar}$ em 19/07/21 = 18°C

A tabela a seguir apresenta os resultados do monitoramento do ponto P01 localizado no Córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento para a elaboração do EIA pela ARCADIS logos em 2014.

Tabela 9.74 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P01 – Córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento (0668899 / 7951059).

| Parâmetros | Unidades | VMP | Ponto 1 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 1ª camp. | 2ª camp. |
| pH | - | 6 a 9 | 6,81 | 6,12 |
| Prata | mg/L | 0,01 | < 0,001 | < 0,001 |
| Selênio | mg/L | 0,01 | < 0,001 | < 0,001 |
| Sólidos Dissolvidos Totais | mg/L | 500 | 15 | 10 |
| Sólidos Sedimentáveis | mL/L.h | Virtualmente ausentes | < 0,3 | < 0,3 |
| Sólidos Suspensos Totais | mg/L | - | < 5 | < 5 |
| Sulfato | mg/L | 250 | < 0,5 | 1,2 |
| Sulfetos (como H2S não dissociado) | mg/L | 0,002 | < 0,002 | < 0,002 |
| Surfactantes | mg/L | 0,5 | < 0,1 | < 0,1 |
| Temperatura da Água | °C | - | 21 | 19,6 |
| Temperatura do Ar | °C | - | 26 | 23 |
| Tetracloreto de Carbono | mg/L | 0,002 | < 0,001 | < 0,001 |
| Tetracloroeteno | mg/L | 0,01 | < 0,001 | < 0,001 |
| Tolueno | µg/L | 2 | < 1 | < 1 |
| Tributilestanho | µg/L | 0,063 | < 0,01 | < 0,01 |
| Triclorobenzenos | mg/L | 0,02 | < 0,003 | < 0,003 |
| Tricloroeteno | mg/L | 0,03 | < 0,001 | < 0,001 |
| Turbidez | NTU | 100 | 13 | 10 |
| Urânio | mg/L | 0,02 | < 0,001 | < 0,001 |
| Vanádio | mg/L | 0,1 | < 0,001 | < 0,001 |
| Xilenos | µg/L | 300 | < 3 | < 3 |
| Zinco | mg/L | 0,18 | 0,0235 | 0,0291 |

| Parâmetros | Unidades | VMP | Ponto 1 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 1ª camp. | 2ª camp. |
| Condutividade | µS/cm | - | 18 | 10 |
| Cor Verdadeira | Pt/Co | 75 | 47 | 22 |
| Criseno | µg/L | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 |
| Cromo | mg/L | 0,05 | < 0,001 | < 0,001 |
| DBO | mg/L | 5 | 3,4 | < 2 |
| Dibenzo(a,h)antraceno | µg/L | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 |
| Diclorometano | mg/L | 0,02 | < 0,001 | < 0,001 |
| DQO | mg/L | - | 12 | < 5 |
| Escherichia coli | NMP/100 mL | 1000 | 113 | 14 |
| Estireno | mg/L | 0,02 | < 0,001 | < 0,001 |
| Etilbenzeno | µg/L | 90 | < 1 | < 1 |
| Ferro | mg/L | - | 3,84 | 2,96 |
| Ferro Dissolvido | mg/L | 0,3 | 0,296 | 0,253 |
| Fluoreto | mg/L | 1,4 | < 0,05 | < 0,05 |
| Fósforo Total | mg/L | 0,1 | < 0,01 | < 0,01 |
| Hexaclorobenzeno | µg/L | 0,0065 | < 0,005 | < 0,005 |
| Indeno(1,2,3,cd)pireno | µg/L | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 |
| Índice de Fenóis | mg/L | 0,003 | < 0,001 | < 0,001 |
| Lítio | mg/L | 2,5 | < 0,001 | < 0,001 |
| Manganês | mg/L | 0,1 | 0,0678 | 0,0231 |
| Mercúrio | mg/L | 0,0002 | < 0,0001 | < 0,0001 |
| Níquel | mg/L | 0,025 | < 0,001 | < 0,001 |
| Nitrato (como N) | mg/L | 10 | < 0,3 | < 0,3 |
| Nitrito (como N) | mg/L | 1 | < 0,02 | < 0,02 |
| Nitrogênio Amoniacal | mg/L | * | < 0,1 | < 0,1 |
| Óleos e Graxas Totais | mg/L | Virtualmente ausente | < 5 | < 5 |
| Oxigênio Dissolvido | mg/L | > 5 | 7,3 | 5,2 |
| PCB's - Bifenilas Policloradas | µg/L | 0,001 | < 0,001 | < 0,001 |

| Parâmetros | Unidades | VMP | Ponto 1 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 1ª camp. | 2ª camp. |
| 1,1-Dicloroeteno | mg/L | 0,003 | < 0,001 | < 0,001 |
| 1,2-Dicloroetano | mg/L | 0,01 | < 0,001 | < 0,001 |
| 2,4,6-Triclorofenol | mg/L | 0,01 | <0,00005 | <0,00005 |
| 2,4-Diclorofenol | µg/L | 0,3 | < 0,1 | < 0,1 |
| 2-Clorofenol | µg/L | 0,1 | < 0,005 | < 0,005 |
| Acrilamida | µg/L | 0,5 | < 0,1 | < 0,1 |
| Aldrin + Dieldrin | µg/L | 0,005 | < 0,005 | < 0,005 |
| Alumínio | mg/L | - | 0,1163 | 0,1211 |
| Alumínio Dissolvido | mg/L | 0,1 | 0,0113 | 0,0112 |
| Antimônio | mg/L | 0,005 | < 0,001 | < 0,001 |
| Arsênio | mg/L | 0,01 | < 0,001 | < 0,001 |
| Bário | mg/L | 0,7 | 0,008 | 0,0065 |
| Benzeno | mg/L | 0,005 | < 0,001 | < 0,001 |
| Benzidina | µg/L | 0,001 | < 0,0001 | < 0,0001 |
| Benzo(a)antraceno | µg/L | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 |
| Benzo(a)pireno | µg/L | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 |
| Benzo(b)fluoranteno | µg/L | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 |
| Benzo(k)fluoranteno | µg/L | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 |
| Berílio | mg/L | 0,04 | < 0,001 | < 0,001 |
| Boro | mg/L | 0,5 | < 0,001 | < 0,001 |
| Cádmio | mg/L | 0,001 | < 0,001 | < 0,001 |
| Chumbo | mg/L | 0,01 | < 0,001 | < 0,001 |
| Cianeto Livre | mg/L | 0,005 | < 0,001 | < 0,001 |
| Cloreto | mg/L | 250 | 0,6 | < 0,5 |
| Cloro Residual | mg/L | 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Clorofila A | µg/L | 30 | 5 | < 3 |
| Cobalto | mg/L | 0,05 | < 0,001 | < 0,001 |
| Cobre Dissolvido | mg/L | 0,009 | < 0,001 | < 0,001 |

**Fonte:** Arcadis logos, 2014.

### 9.9.6.14 Ponto 12 (HercS-HA-12) – Córrego Siqueira, a ajusante do futuro empreendimento

O ponto 12 (HercS-HA-12) está localizado Córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento, cuja coordenada UTM é: 675245 (Leste) / 7943474 (Norte).

Este ponto fica em um ponto no córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento, dentro dos limites da área indiretamente afetada. Está cerca de 7,7 km a jusante da ADA, mais precisamente do sump de contenção de sedimentos e área de apoio (Figura 9-195). O ponto encontra-se abaixo da ponte da MG-010, partindo do Serro em direção a nordeste e está cerca de 5 km da sede do município.

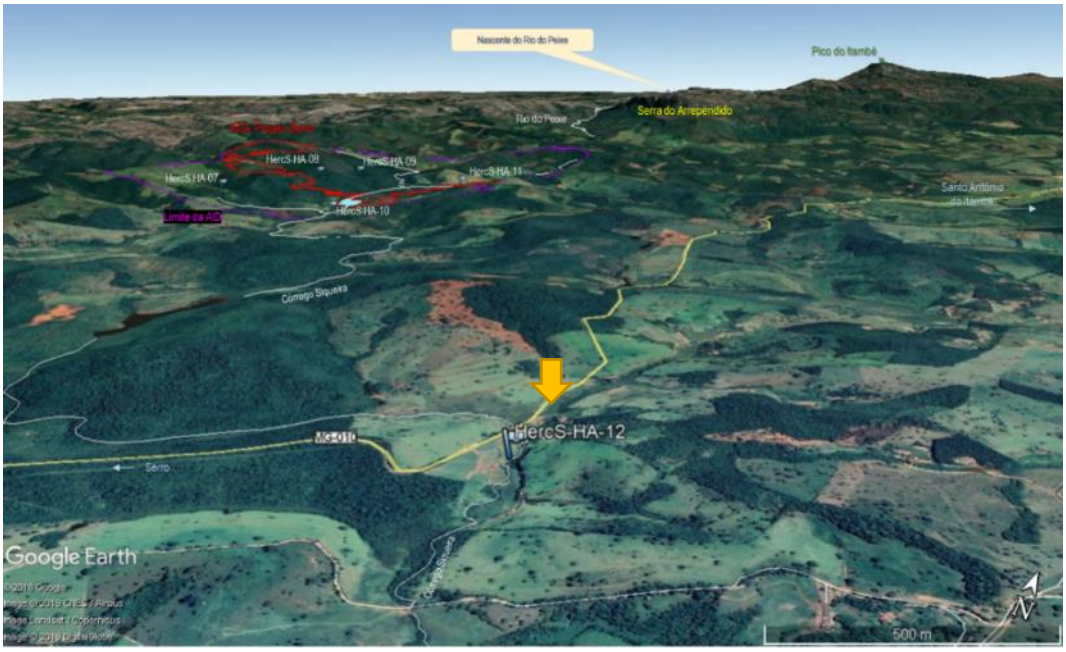



Figura 9-194 - Imagem satélite contendo a localização do ponto 12 (HercS-HA-12).

Figura 9-195 - Imagem de montante do ponto 12 (HercS-HA-12) (Ponte).

A vazão neste ponto do córrego Siqueira medida em 18/10/18 foi de 141,5 m3/h (0,39 m3/s) e em 30/05/19 foi de 133,8 m3/h (0,037 m3/s).

Ressalta-se que em 2014, a Arcadis logos realizou duas campanhas para a avaliação da qualidade das águas do córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento, sendo a primeira campanha realizada no período chuvoso (22/01/2014) e a segunda no período de seca (07/05/14). Os resultados obtidos para os vários parâmetros analisados também serão apresentados neste item do estudo.

Cabe ressaltar que o ponto P02 – Córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento avaliado pela Arcadis em 2014 equivale ao ponto P12 (HercS-HA-12 - Córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento) avaliado no presente estudo.

**Características visuais da água**

Em termos de qualidade visual da água no ponto 12 (HercS-HA-12) nas datas 18/10/18, 30/05/19 e 19/07/21, é possível verificar através das fotos a seguir que a água apresentava transparência, sem cor aparente e sem turbidez aparente. Nas duas margens do rio e também em alguns pontos no interior do mesmo há presença de vegetação.

18/10/18

30/05/19 (medida de vazão)

19/07/21.

Figura 9-196 - Qualidade visual da água no local de coleta do ponto P12 (HercS-HA-12) em 18/10/18, 30/05/19 e 19/07/21.

Montante do ponto

Jusante do ponto

Figura 9-197 - Coleta de água no ponto P12 (HercS-HA-12) em 18/10/18, 30/05/19 e 19/07/21.

Vista de montante em 19/07/21.

Vista de jusante em 19/07/21.

Medição de vazão em 19/07/21.

Coleta de água em 19/07/21.

Coleta de água para análise de fitoplâncton.

Coleta de água em 19/07/21.

Coleta em 19/07/21.

Figura 9-198 - Coleta de água no ponto P12 (HercS-HA-12) em 18/10/18, 30/05/19 e 19/07/21.

A seguir são apresentadas as fotos e coordenadas do ponto localizado no córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento monitorado pela Arcadis, logos em 2014 em 22/01/14 e 07/05/14. Este ponto é equivalente ao ponto P12 (HercS-HA-12- Córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento) avaliado no presente estudo.

O ponto P02 – Córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento está localizado nas coordenadas UTM (Fuso 23K): 672080; 7947129.

Coleta no ponto **P02** em 22/01/14.

Coleta no ponto **P02** em 07/05/14.

**Fonte:** Arcadis logos, 2014.

Figura 9-199 - Qualidade visual da água no local de coleta do ponto P02 em 22/01/14 e 07/05/14.

O substrato predominante na primeira e segunda campanhas era argiloso e pedregoso. No entorno do ponto o uso do solo é rural (pecuária). Há uma estrada de terra passando próxima ao local de coleta. Em termos de vegetação, a marginal predominante é do tipo gramíneas e mata densa a jusante.

## Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas

As águas do ponto 12 (HercS-HA-12) foram enquadradas como classe 2, ou seja, "Águas destinadas: a - ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b - à proteção das comunidades aquáticas; c - à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d - à 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; e - à aquicultura e à atividade de pesca", conforme o Art. 4º da Seção I – das águas doces da DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008.

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas para as amostras de águas superficiais no ponto 12 (HercS-HA-12), realizadas nas datas 18/10/18 e 30/05/19 e 19/07/21, estão apresentados através da Tabela 9.75 e os resultados das análises efetuadas pela Arcadis, logos em 2014 constam na Tabela 9.76.

Em termos de qualidade das águas superficiais verificada nas datas 18/10/18, 30/05/19 e 19/07/21 no ponto 12 (HercS-HA-12), verifica-se através dos resultados que todos os parâmetros acusaram valores em conformidade com os padrões estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 para as águas de Classe 2, com exceção de ferro solúvel (30/05/19 e 19/07/21), cor (19/07/21 e fósforo (18/10/18). Em 2014, todos os parâmetros analisados estiveram dentro dos limites máximos permitidos nas duas campanhas, com exceção de ferro solúvel nas duas datas de coleta e fósforo na data 22/01/14.

Em termos do Índice de Qualidade da Água – IQA, para este ponto foram encontrados valores de IQA oscilando de 74 a 76. De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM estes resultados indicam águas de boa qualidade. Estes resultados são corroborados pelos valores detectados para todos os parâmetros avaliados, que estiveram abaixo dos seus limites máximos permitidos, com exceção de ferro solúvel e fósforo que acusaram inconformidades. Esta mesma condição de qualidade boa da água também foi observada a montante (Ponto 11 - HercS-HA-11).

Nas duas campanhas de 2014 (22/01/14 e 07/05/14) o IQA oscilou de 74 a 80, indicando águas de boa qualidade. Mesma condição observada nas três campanhas realizadas em 2018, 2019 e 2021. Também foram próximos dos valores de IQA obtidos a montante.

Os valores de pH medidos *in loco* oscilaram de 6,89 a 7,36, quando a faixa limite é de 6 a 9, ou seja, dentro da faixa, indicando que as águas amostradas apresentavam características ligeiramente ácidas a ligeiramente alcalinas nas datas das coletas.

Em 2014, o pH oscilou de 6,23 a 7,5 estando dentro da faixa limite de 6 a 9, indicando que as águas apresentavam características ligeiramente ácidas a ligeiramente alcalinas. Mesma condição foi observada nos anos de 2018 a 2021.

A condutividade elétrica da água acusou valores reduzidos oscilando de 19,80 a 72,0 µS.cm$^{-1}$, indicando presença de poucos íons dissolvidos nas águas amostradas, ou seja, baixa mineralização. Estes valores estão coerentes com os teores reduzidos detectados para os sólidos dissolvidos (<20 a 24 mg.L$^{-1}$). Em 2014, os valores oscilaram de 16 a 19 µS.cm$^{-1}$, indicando também baixa mineralização.

Em relação aos parâmetros indicadores dos teores de sólidos e compostos dissolvidos nas águas amostradas, foram registrados baixos teores de sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis e turbidez, o que está de acordo com as características visuais das águas que no momento das coletas, encontravam-se transparentes, sem cor aparente e sem turbidez aparente. Observa-se através dos resultados para os sólidos, que mesmo na estação chuvosa os valores foram reduzidos. O mesmo foi observado nas datas avaliadas em 2014.

Os sólidos suspensos apresentaram teores reduzidos oscilando de <20 a 26 mg.L$^{-1}$, ou seja, inferiores ao Limite Máximo Permitido – LMP de 100 mg.L$^{-1}$. Nas datas 30/05/19 e 19/07/21 não foram detectados. Mesma condição foi observada no ponto a montante. Em 2014, os sólidos suspensos estiveram abaixo do limite de quantificação do método de análise (<5 mg.L$^{-1}$).

Os sólidos dissolvidos acusaram teores variando de <20 a 24 mg.L$^{-1}$, sendo considerados valores bem reduzidos se comparados com o LMP de 500 mg.L$^{-1}$, corroborando o verificado in loco, águas com boa aparência, transparentes. Mesmo comportamento foi observado em 2014, quando os teores oscilaram de 14 a 16 mg.L$^{-1}$.

Os valores reduzidos detectados para os sólidos dissolvidos estão coerentes com baixos valores encontrados para a condutividade elétrica.

Os sólidos sedimentáveis apresentaram um valor reduzido de <0,5 mL.L$^{-1}$ nas três campanhas de coleta e os sólidos totais acusaram valores oscilando de <20 a 26 mg.L$^{-1}$. Em 2014, os sólidos sedimentáveis também acusaram um valor inferior ao limite de quantificação (<0,3 mL.L$^{-1}$).

Como consequência dos teores reduzidos encontrados para os sólidos suspensos (máximo de 26 mg.L$^{-1}$), a turbidez também acusou índices reduzidos variando de 3,15 a 4,12 UNT, sendo muito

inferiores ao limite máximo permitido de 100 UNT. Estes resultados corroboram as observações visuais da qualidade da água no momento das coletas, onde verificou-se que não havia turbidez aparente e nem presença de sólidos em suspensão. Em 2014, a turbidez também esteve reduzida e oscilou de 7,8 a 8 UNT.

Nota-se pelos resultados de sólidos e turbidez que mesmo na estação chuvosa os resultados foram bem reduzidos. Mesmo comportamento foi observado no ponto a montante.

A cor verdadeira apresentou valores oscilando de 8,81 a 87,76 mgPt.$L^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 75 mgPt.$L^{-1}$, com exceção da data 19/07/21. Estes resultados estão de acordo com o observado no momento das coletas, onde as águas não apresentavam cor e uma cor marrom em 19/07/21.

Os baixos teores de sólidos dissolvidos, de ferro solúvel e a ausência de manganês contribuíram para índices reduzidos de cor nas datas 18/10/18 e 30/05/19. Na data 19/07/21 o ferro esteve mais elevado, o que pode ter contribuído para um aumento da cor dentre outros fatores. Em 2014, a cor foi reduzida e oscilou de 22 a 27 mgPt.$L^{-1}$.

Em termos dos metais ferro e manganês, verifica-se que o manganês total acusou um teor <0,05 mg.$L^{-1}$ nas três coletas sendo inferior ao LMP de 0,1 mg.$L^{-1}$ e o manganês solúvel também acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,05 mg.$L^{-1}$) nas três datas de coleta. Em 2014, o manganês total oscilou de 0,0493 a 0,0945 mg.$L^{-1}$, sendo inferiores ao LMP.

O ferro solúvel acusou teores oscilando de 0,22 a 0,82 mg.$L^{-1}$, sendo o LMP de 0,3 mg.$L^{-1}$ e o ferro total variou de 0,57 a 1,41 mg.$L^{-1}$. O teor mais elevado foi detectado em 19/07/21. Comparando-se as duas formas, verifica-se que o ferro encontrava-se na água na sua maior parte na forma $Fe^{2+}$. O ferro solúvel em 2014, oscilou de 0,4135 a 0,8354 mg.$L^{-1}$, sendo superiores ao LMP de 0,3 mg.$L^{-1}$ e o ferro total oscilou de 1,72 a 2,09 mg.$L^{-1}$. Comparando-se as duas espécies verifica-se que a o ferro na água apresentava-se na sua maior proporção sob a forma $Fe^{+3}$.

O potencial redox (Eh) no ponto P12 (HercS-HA-12) acusou um valor positivo de 11,9 mV na data 19/07/21. Comparando-se os resultados do Eh, pH e Ferro e consultando o diagrama do Eh x pH para o ferro, verifica-se que a espécie de ferro predominante na água coletada em 19/07/21 é o $Fe^{+2}$.

Quanto aos demais metais analisados Al, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg e Zn, todos acusaram teores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação do método analítico utilizado, sendo respectivamente: <0,100; <0,001; <0,010; <0,005; <0,05; <0,0002 e <0,05 mg.$L^{-1}$ e inferiores aos seus respectivos limites máximos permitidos (0,1; 0,010; 0,010; 0,009; 0,05; 0,0002 e 0,18 mg.$L^{-1}$). Em 2014, estes mesmos metais estiveram abaixo dos seus limites máximos permitidos, sendo que os elementos Cd, Pb, Cu, Cr e Hg foram inferiores aos seus respectivos limites de quantificação do método de análise. O alumínio oscilou de 0,1031 a 0,0722 mg.$L^{-1}$, sendo inferior ao LMP de 0,1 mg.$L^{-1}$.

A matéria orgânica carbonácea representada pela demanda bioquímica de oxigênio – DBO, apresentou um valor reduzido de <2,0 mg.$L^{-1}$, sendo inferior ao LMP de 5 mg.$L^{-1}$ nas três datas de coleta. Mesmo valor foi detectado para as amostras coletadas em 2014.

O oxigênio dissolvido – OD apresentou concentrações variando de 7,6 a 9,0 mg.$L^{-1}$, sendo superiores ao mínimo exigido de 5 mg.$L^{-1}$, indicando águas com boa oxigenação. As amostras coletadas em 2014 acusaram teores oscilando de 6,2 a 7,9 mg.$L^{-1}$, indicando também águas com boa oxigenação.

Em termos dos nutrientes fósforo total e nitrogênio total, observa-se que o fósforo total acusou teores oscilando de <0,010 a 0,14 mg.L$^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 0,1 mg.L$^{-1}$, com exceção da data 18/10/18, quando acusou um teor ligeiramente acima do LMP. Comportamento semelhante ocorreu em 2014, quando o fósforo total variou de 0,03 a 0,14 mg.L$^{-1}$. O valor que ultrapassou ligeiramente o LMP foi detectado em 22/01/14.

O nitrogênio total acusou teores inferiores aos seus limites de quantificação do método utilizado (<1,0 e <11 mg.L$^{-1}$) nas três datas de coleta.

O nitrogênio amoniacal na data em que foi analisado (19/07/21) acusou um valor <0,16 mg.L$^{-1}$, sendo muito inferior ao LMP de 3,70 mg.L$^{-1}$ para pH ≤7,5. Em 2014, acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,1 mg.L$^{-1}$).

As formas oxidadas do nitrogênio (nitrito e nitrato) acusaram teores inferiores aos seus respectivos limites máximos permitidos (1 e 10 mg.L$^{-1}$). O nitrito acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,030 mg.L$^{-1}$). O nitrato oscilou de <0,113 a 1,975 mg.L$^{-1}$). Em 2014, o nitrito também acusou teores inferiores ao seu limite de quantificação do método de análise (<0,002 mg.L$^{-1}$) e o nitrato variou de <0,3 a 1,7 mg.L$^{-1}$).

O sulfato acusou um teor de 3,90 mg.L$^{-1}$, sendo significativamente inferior ao LMP de 250 mg.L$^{-1}$. Em 2014, acusou um teor <0,5 mg.L$^{-1}$ nas duas datas de coleta.

Os surfactantes aniônicos acusaram um teor <0,10 mg.L$^{-1}$, sendo inferior ao LMP de 0,5 mg.L$^{-1}$. As amostras coletadas em 2014 acusaram teores oscilando de <0,1 a 0,1 mg.L$^{-1}$ nas datas 22/01/14 e 07/05/14.

O fenol acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,003 mg.L$^{-1}$), sendo inferior também ao LMP de 0,003 mg.L$^{-1}$. Também acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,001 mg.L$^{-1}$) em 2014.

Os óleos e graxas na data 19/07/21 acusaram um valor <10,0 mg.L$^{-1}$, sendo o LMP virtualmente ausentes. Em 2014, acusaram um teor <5 mg.L$^{-1}$.

No que se refere à qualidade sanitária das águas amostradas no ponto 12 (HercS-HA-12) atestou-se a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* e *Enterococcus faecium* e *faecalis*. A presença destas bactérias nas águas indica uma contaminação fecal o que impossibilita um uso da água para consumo humano sem desinfecção. A *E. coli* também foi detectada em 2014.

Estes indicadores de contaminação fecal representam o potencial do corpo hídrico na transmissão de doenças. O parâmetro *E. coli* apresentou valores oscilando de 173 a 432,0 NMP.100 mL$^{-1}$, sendo muito inferiores ao LMP de 1000 NMP.100 mL$^{-1}$. Já os coliformes totais acusaram valores variando de 1223,0 a 2851 NMP.100 mL$^{-1}$. Os Enterococcus faecim e faecalis acusaram um valor de 110,6 NMP.100 mL$^{-1}$. A presença de bactérias provavelmente se deve a presença de gado (área de pastagem) e outros animais da fauna local.

A *E. coli* também foi detectada em 2014 (88 a 166 NMP.100 mL$^{-1}$).

Os demais parâmetros orgânicos e inorgânicos analisados pela Arcadis e que constam na Tabela 9.54 acusaram valores inferiores aos limites máximos permitidos estabelecidos pela DN Conjunta COPAM / CERH 1/2008 nas duas datas coletadas em 2014.

Tabela 9.75 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P12 (HercS-HA-12) - Córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento.

| PONTO 12 (HERCS-HA-12) – CÓRREGO SIQUEIRA, A JUSANTE DO FUTURO EMPREENDIMENTO | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** Córrego | **Tipo de amostra:** água superficial | | **Classe:** Classe 2 | | **Hora da coleta:** 14:00/13:40/ 14:00 horas | | | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos LMP** |
| | | **18/10/18** | **30/05/19** | **19/07/21** | | | | |
| pH *in loco* | - | 7,36 | 6,89 | 7,17 | 6,89 | **7,14** | 7,36 | 6 - 9 |
| Cor verdadeira | mgPt.L$^{-1}$ | 16,5 | 8,81 | 87,76 | 8,81 | **37,69** | 16,5 | 75 |
| Turbidez | UNT | 3,15 | 3,16 | 4,12 | 3,15 | **3,48** | 3,16 | 100 |
| Condutividade elétrica | µS.cm$^{-1}$ | 36,7 | 72,0 | 19,80 | 36,7 | **42,8** | 72 | N.A. |
| Oxigênio dissolvido | mg.L$^{-1}$ | 7,6 | 9,0 | 8,3 | 7,6 | **8,3** | 9 | >5 |
| DBO (5) | mg.L$^{-1}$ | < 2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | **<2,0** | <2,0 | 5 |
| Sólidos totais | mg.L$^{-1}$ | <20 | 26 | <20 | <20 | **22** | 26 | N.A. |
| Sólidos em suspensão | mg.L$^{-1}$ | 26 | <20 | <20 | <20 | **22** | 26 | 100 |
| Sólidos dissolvidos | mg.L$^{-1}$ | <20 | 24 | <20 | <20 | **21** | 24 | 500 |
| Sólidos sedimentáveis | mg.L$^{-1}$ | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | **<0,5** | <0,5 | N.A. |
| Ferro solúvel | mg.L$^{-1}$ | 0,22 | 0,31 | 0,82 | 0,22 | **0,45** | 0,31 | 0,3 |
| Ferro Total | mg.L$^{-1}$ | 0,57 | 0,85 | 1,41 | 0,57 | **0,94** | 0,85 | N.A. |
| Manganês solúvel | mg.L$^{-1}$ | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | N.A. |
| Manganês total | mg.L$^{-1}$ | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,1 |
| Fósforo total | mg.L$^{-1}$ | 0,14 | 0,071 | <0,010 | 0,071 | **0,074** | 0,14 | 0,1 (Lótico) |
| Nitrogênio total | mg.L$^{-1}$ | <1,0 | <11 | <11,0 | <1,0 | **7,7** | <11,0 | N.A. |
| Nitrogênio Amoniacal | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,16 | <0,16 | **<0,16** | <0,16 | 3,70 para pH≤7 |
| Nitrato | mg.L$^{-1}$ | ND | 1,975 | <0,113 | 1,975 | **1,044** | 1,975 | 10 |
| Nitrito | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,030 | <0,030 | **<0,030** | <0,030 | 1 |
| Sulfato | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | 3,90 | 3,90 | **3,90** | 3,90 | 250 |
| Surfactantes aniônicos (MBAS) | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,10 | <0,10 | **<0,10** | <0,10 | 0,5 |
| Temperatura da água *in loco* | ºC | 24,9 | 22,04 | 19,5 | 22,04 | **22,15** | 24,9 | N.A. |
| Alumínio solúvel | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,100 | <0,100 | **<0,100** | <0,100 | 0,100 |
| Cádmio total | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,001 | <0,001 | **<0,001** | <0,001 | 0,010 |
| Chumbo total | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,010 | <0,010 | **<0,010** | <0,010 | 0,010 |
| Cobre solúvel | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,005 | <0,005 | **<0,005** | <0,005 | 0,009 |
| Cromo total | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,05 |
| Mercúrio total | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,0002 | <0,0002 | **<0,000** | <0,0002 | 0,0002 |
| Zinco total | mg.L$^{-1}$ | ND | ND | <0,05 | <0,05 | **<0,05** | <0,05 | 0,18 |
| Coliformes totais | NMP.100 mL$^{-1}$ | 2851 | >2419,6 | 1223,0 | 2419,6 | **2164,5** | 2851 | N.A. |
| Escherichia coli | NMP.100 mL-1 | 173 | 290,9 | 432,0 | 173 | **298,6** | 290,9 | 1000 |
| Enterococcus faecium e | NMP.100 mL-1 | ND | ND | 110,6 | 110,6 | **110,6** | 110,6 | N.A. |
| Eh | mV | ND | ND | 11,9 | 11,9 | **11,9** | 11,9 | N.A. |
| Vazão | m3.h | 141,5 | 133,8 | 402,9 | 133,8 | **226,1** | 402,9 | N.A. |

| PONTO 12 (HERCS-HA-12) – CÓRREGO SIQUEIRA, A JUSANTE DO FUTURO EMPREENDIMENTO | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** Córrego | **Tipo de amostra:** água superficial | | **Classe:** Classe 2 | | **Hora da coleta:** 14:00/13:40/ 14:00 horas | | | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos LMP** |
| | | **18/10/18** | **30/05/19** | **19/07/21** | | | | |
| IQA | - | 74 | 76 | 74 | 74 | **75** | 76 | Excelente 90<IQA≤100<br>Boa 70<IQA≤90<br>Média 50<IQA≤70<br>Ruim 25<IQA≤50<br>Muito ruim 0<IQA≤25 |

**Responsáveis Técnicos:** Rodrigo Antônio de Pontes – CRQ 02301056 2ª Região. **Laboratório**: Visão Ambiental. **Obs**.: Altitude: 714 m $T_{Ar}$ = 30ºC Tempo: nublado e quente. Não ocorreu chuva antes e nem no dia da coleta. Na data 30/05/19 o dia estava com sol e sem chuvas. $T_{Ar}$ = 18°C em 19/07/21. ND – Não determinado NA – Não se aplica

A tabela a seguir apresenta os resultados do monitoramento do ponto P02 localizado no Córrego Siqueira, jusante do futuro empreendimento para a elaboração do EIA pela ARCADIS logos em 2014.

Tabela 9.76 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P02 – Córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento (672080; 7947129).

| Parâmetros | Unidades | VMP | Ponto 2 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 1ª camp. | 2ª camp. |
| pH | - | 6 a 9 | 7,6 | 6,23 |
| Prata | mg/L | 0,01 | < 0,001 | < 0,001 |
| Selênio | mg/L | 0,01 | < 0,001 | < 0,001 |
| Sólidos Dissolvidos Totais | mg/L | 500 | 14 | 16 |
| Sólidos Sedimentáveis | mL/L.h | Virtualmente ausentes | < 0,3 | < 0,3 |
| Sólidos Suspensos Totais | mg/L | - | < 5 | < 5 |
| Sulfato | mg/L | 250 | < 0,5 | < 0,5 |
| Sulfetos (como H2S não dissociado) | mg/L | 0,002 | < 0,002 | < 0,002 |
| Surfactantes | mg/L | 0,5 | < 0,1 | < 0,1 |
| Temperatura da Água | °C | - | 21 | 18,4 |
| Temperatura do Ar | °C | - | 30 | 24 |
| Tetracloreto de Carbono | mg/L | 0,002 | < 0,001 | < 0,001 |
| Tetracloroeteno | mg/L | 0,01 | < 0,001 | < 0,001 |
| Tolueno | µg/L | 2 | < 1 | < 1 |
| Tributilestanho | µg/L | 0,063 | < 0,01 | < 0,01 |
| Triclorobenzenos | mg/L | 0,02 | < 0,003 | < 0,003 |
| Tricloroeteno | mg/L | 0,03 | < 0,001 | < 0,001 |
| Turbidez | NTU | 100 | 8 | 7,8 |
| Urânio | mg/L | 0,02 | < 0,001 | < 0,001 |
| Vanádio | mg/L | 0,1 | < 0,001 | < 0,001 |
| Xilenos | µg/L | 300 | < 3 | < 3 |
| | | | 0,0123 | 0,0208 |

| Parâmetros | Unidades | VMP | Ponto 2 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 1ª camp. | 2ª camp. |
| Condutividade | µS/cm | - | 19 | 16 |
| Cor Verdadeira | Pt/Co | 75 | 27 | 22 |
| Criseno | µg/L | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 |
| Cromo | mg/L | 0,05 | < 0,001 | < 0,001 |
| DBO | mg/L | 5 | < 2 | < 2 |
| Dibenzo(a,h)antraceno | µg/L | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 |
| Diclorometano | mg/L | 0,02 | < 0,001 | < 0,001 |
| DQO | mg/L | - | < 5 | < 5 |
| Escherichia coli | NMP/100 mL | 1000 | 88 | 166 |
| Estireno | mg/L | 0,02 | < 0,001 | < 0,001 |
| Etilbenzeno | µg/L | 90 | < 1 | < 1 |
| Ferro | mg/L | - | 2,09 | 1,72 |
| Ferro Dissolvido | mg/L | 0,3 | 0,8354 | 0,4135 |
| Fluoreto | mg/L | 1,4 | < 0,05 | < 0,05 |
| Fósforo Total | mg/L | 0,1 | 0,14 | 0,03 |
| Hexaclorobenzeno | µg/L | 0,0065 | < 0,005 | < 0,005 |
| Indeno(1,2,3,cd)pireno | µg/L | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 |
| Índice de Fenóis | mg/L | 0,003 | < 0,001 | < 0,001 |
| Lítio | mg/L | 2,5 | < 0,001 | < 0,001 |
| Manganês | mg/L | 0,1 | 0,0945 | 0,0493 |
| Mercúrio | mg/L | 0,0002 | < 0,0001 | < 0,0001 |
| Níquel | mg/L | 0,025 | < 0,001 | < 0,001 |
| Nitrato (como N) | mg/L | 10 | < 0,3 | 1,7 |
| Nitrito (como N) | mg/L | 1 | < 0,02 | < 0,02 |
| Nitrogênio Amoniacal | mg/L | - | < 0,1 | < 0,1 |
| Óleos e Graxas Totais | mg/L | Virtualmente ausente | < 5 | < 5 |
| Oxigênio Dissolvido | mg/L | > 5 | 7,9 | 6,2 |
| PCB's - Bifenilas Policloradas | µg/L | 0,001 | < 0,001 | < 0,001 |

| Parâmetros | Unidades | VMP | Ponto 2 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 1ª camp. | 2ª camp. |
| 1,1-Dicloroeteno | mg/L | 0,003 | < 0,001 | < 0,001 |
| 1,2-Dicloroetano | mg/L | 0,01 | < 0,001 | < 0,001 |
| 2,4,6-Triclorofenol | mg/L | 0,01 | <0,00005 | <0,00005 |
| 2,4-Diclorofenol | µg/L | 0,3 | < 0,1 | < 0,1 |
| 2-Clorofenol | µg/L | 0,1 | < 0,005 | < 0,005 |
| Acrilamida | µg/L | 0,5 | < 0,1 | < 0,1 |
| Aldrin + Dieldrin | µg/L | 0,005 | < 0,005 | < 0,005 |
| Alumínio | mg/L | - | 0,1031 | 0,0722 |
| Alumínio Dissolvido | mg/L | 0,1 | 0,0297 | 0,0096 |
| Antimônio | mg/L | 0,005 | < 0,001 | < 0,001 |
| Arsênio | mg/L | 0,01 | < 0,001 | < 0,001 |
| Bário | mg/L | 0,7 | 0,0095 | 0,006 |
| Benzeno | mg/L | 0,005 | < 0,001 | < 0,001 |
| Benzidina | µg/L | 0,001 | < 0,0001 | < 0,0001 |
| Benzo(a)antraceno | µg/L | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 |
| Benzo(a)pireno | µg/L | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 |
| Benzo(b)fluoranteno | µg/L | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 |
| Benzo(k)fluoranteno | µg/L | 0,05 | < 0,01 | < 0,01 |
| Berílio | mg/L | 0,04 | < 0,001 | < 0,001 |
| Boro | mg/L | 0,5 | < 0,001 | < 0,001 |
| Cádmio | mg/L | 0,001 | < 0,001 | < 0,001 |
| Chumbo | mg/L | 0,01 | < 0,001 | < 0,001 |
| Cianeto Livre | mg/L | 0,005 | < 0,001 | < 0,001 |
| Cloreto | mg/L | 250 | 0,7 | < 0,5 |
| Cloro Residual | mg/L | 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Clorofila A | µg/L | 30 | < 3 | < 3 |
| Cobalto | mg/L | 0,05 | < 0,001 | < 0,001 |
| Cobre Dissolvido | mg/L | 0,009 | < 0,001 | < 0,001 |

Fonte: ARCADIS logos em 2014.

### 9.9.6.15 Ponto 13 (HercS-HA-16) – Ribeirão do Lucas, a jusante do futuro empreendimento.

O ponto 13 (HercS-HA-16) está localizado Ribeirão do Lucas, a jusante do futuro empreendimento, cuja coordenada UTM é: 672075 (Leste) / 7940373 (Norte).

Este ponto fica localizado no Ribeirão do Lucas e a jusante da sede do município do Serro, ou 1,2 km ao sul (Figura 9-200). Também está cerca de 700 m a sul (jusante) da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE do Serro e a 100 m a leste da Rodovia AMG – 810.

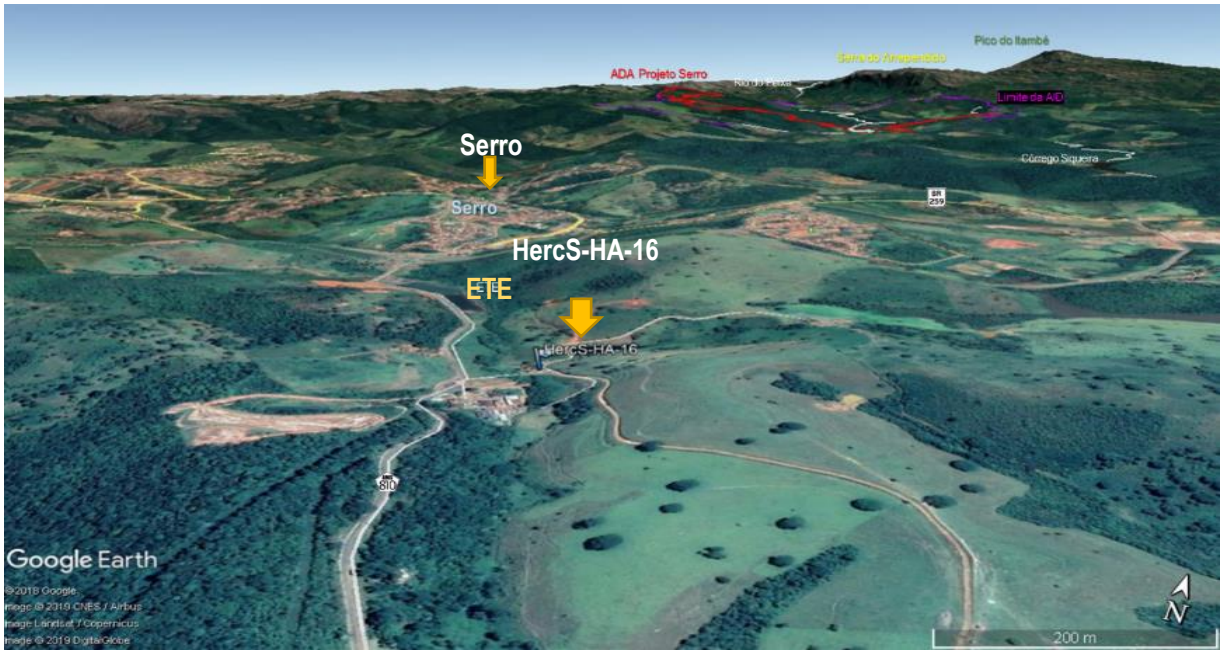



Figura 9-200 - Imagem satélite contendo a localização do ponto 13 (HercS-HA-16).

Figura 9-201 - Imagem satélite contendo a localização da ETE.

Figura 9-202 - Imagem da ETE.

A vazão no ponto do ribeirão do Lucas medida em 19/10/18 foi de 325,7 $m^3/h$ (0,090 $m^3/s$) e em 31/05/19 foi de 186,8 $m^3/h$ (0,052 $m^3/s$).

**Características visuais da água**

Em termos de qualidade visual da água no ponto 13 (HercS-HA-16) nas datas 19/10/18 e 31/05/19, é possível verificar através da Figura 9-203 que a água apresentava transparência, sem cor aparente e sem turbidez aparente. Nas duas margens do rio e também em alguns pontos no interior do mesmo há presença de vegetação.

19/10/18

31/05/19

Figura 9-203 - Qualidade visual da água no local de coleta do ponto 13 (HercS-HA-16).

As fotos a seguir apresentam uma sequência de fotos detalhando o local da amostragem efetuada no ponto de coleta Ponto 13 (HercS-HA-16 – Ribeirão do Lucas, a jusante do futuro empreendimento).

A montante do ponto de coleta.

Estrada de acesso ao ponto.

Jusante – 19/10/18.

Figura 9-204 - Sequência de fotos do local de coleta e montante.

Jusante 31/05/19.

Montante 31/05/19.

Medição de vazão.
Figura 9-205 - Sequência de fotos do local de coleta e montante.

**Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas**

As águas do ponto 13 (HercS-HA-16) foram enquadradas como classe 2, ou seja, "Águas destinadas: a - ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b - à proteção das comunidades aquáticas; c - à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d - à 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; e - à aquicultura e à atividade de pesca", conforme o Art. 4º da Seção I – das águas doces da DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008.

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas para as amostras de águas superficiais no ponto 13 (HercS-HA-16), realizadas nas datas 19/10/18 e 31/05/19, estão apresentados através da Tabela 9.77.

Em termos de qualidade das águas superficiais verificada nas datas 19/10/18 e 31/05/19 no ponto 13 (HercS-HA-16), verifica-se através dos resultados que todos os parâmetros acusaram valores em conformidade com os padrões estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 para as águas de Classe 2, com exceção de manganês total e fósforo total.

Em termos do índice de Qualidade da Água – IQA, para este ponto foram encontrados valores oscilando de 62 (19/10/18) a 65 (31/05/19). De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM estes resultados indicam águas de qualidade média. Estes resultados são corroborados pelos valores detectados para todos os parâmetros avaliados, que estiveram abaixo dos seus limites máximos permitidos, com exceção de ferro, manganês e fósforo.

Os valores de pH medido *in loco* variaram 7,35 a 7,37, quando a faixa limite é de 6 a 9, ou seja, dentro da faixa limite, indicando que as águas amostradas apresentavam uma característica ligeiramente alcalina nas datas de coleta.

A condutividade elétrica da água acusou valores oscilando de 153,6 a 162,0 $\mu S.cm^{-1}$, indicando presença de poucos íons dissolvidos nas águas amostradas, ou seja, baixa mineralização. Estes valores estão coerentes com os teores reduzidos detectados para os sólidos dissolvidos (máximo de 84 $mg.L^{-1}$).

Em relação aos parâmetros indicadores dos teores de sólidos e compostos dissolvidos nas águas, foram registrados baixos teores de sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis e turbidez, o que está de acordo com as características visuais da água que no momento da coleta, encontrava-se transparente, sem cor aparente e sem turbidez aparente.

Os sólidos suspensos apresentaram um teor reduzido de <20 mg.L$^{-1}$ nas duas datas de coleta, ou seja, inferior ao Limite Máximo Permitido – LMP de 100 mg.L$^{-1}$. Os sólidos dissolvidos acusaram teores variando de 49 a 84 mg.L$^{-1}$, sendo considerados valores bem reduzidos se comparados ao LMP de 500 mg.L$^{-1}$, corroborando o verificado in loco, águas com boa aparência, transparentes.

Os sólidos sedimentáveis apresentaram um valor <0,5 mL.L$^{-1}$ e os sólidos totais acusaram valores variando de 80 a 86 mg.L$^{-1}$.

Os valores reduzidos detectados para os sólidos dissolvidos estão coerentes com os valores encontrados para condutividade elétrica.

Como consequência dos valores reduzidos encontrados para os sólidos suspensos (<20 mg.L$^{-1}$), a turbidez também acusou índices reduzidos variando 3,84 a 13,6 UNT, sendo muito inferiores ao limite máximo permitido de 100 UNT. Estes resultados corroboram as observações visuais da qualidade das águas no momento das coletas, onde verificou-se que não havia turbidez aparente e nem presença de sólidos em suspensão.

A cor verdadeira apresentou valores reduzidos variando de 23,76 a 33,14 mgPt.L$^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 75 mgPt.L$^{-1}$. Estes resultados estão de acordo com o observado no momento das coletas, onde as águas não apresentavam cor.

Os baixos teores de sólidos dissolvidos, ferro solúvel e a ausência de manganês na data 19/10/18 contribuíram para baixos índices de cor.

Em termos dos metais ferro e manganês, verifica-se que o manganês total acusou teores oscilando de <0,05 a 0,17 mg.L$^{-1}$ quando o LMP é de 0,1 mg.L$^{-1}$ e o manganês solúvel acusou teores oscilando de inferior ao limite de detecção do método de análise (<0,05 mg.L$^{-1}$) a 0,05 mg.L$^{-1}$.

O ferro solúvel acusou concentrações variando de 0,17 a 0,22 mg.L$^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 0,3 mg.L$^{-1}$ e o ferro total concentrações variando de 0,70 a 1,69 mg.L-1. Comparando-se as duas formas, verifica-se que o ferro se encontra na água na sua maior parte na forma precipitada ($Fe^{3+}$).

A matéria orgânica carbonácea representada pela demanda bioquímica de oxigênio – DBO, apresentou teores oscilando de <2,0 a 3,39 mg.L$^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 5 mg.L$^{-1}$.

O oxigênio dissolvido – OD apresentou concentrações oscilando de 5,8 a 7,8 mg.L$^{-1}$, sendo superiores ao mínimo exigido de 5 mg.L$^{-1}$, indicando águas com boa oxigenação.

Em termos dos nutrientes fósforo total e nitrogênio total, observa-se que o fósforo total acusou teores oscilando de inferior ao limite de detecção (<0,010 mg.L$^{-1}$) a 0,584 mg.L$^{-1}$, quando o LMP é de 0,1 mg.L$^{-1}$. Quanto ao nitrogênio total, este acusou valores inferiores aos limites de detecção do método utilizado (<1,0 e <11 mg.L$^{-1}$). O nitrato acusou um valor inferior ao limite de detecção (<0,113 mg.L$^{-1}$), sendo muito inferior ao LMP de 10 mg.L$^{-1}$.

No que se refere à qualidade sanitária das águas amostradas no ponto 13 (HercS-HA-16) atestou-se a presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. A presença destas bactérias na água indica uma contaminação fecal o que impossibilita um uso da água para consumo humano sem desinfecção.

Estes indicadores de contaminação fecal representam o potencial do corpo hídrico na transmissão de doenças. O parâmetro *E. coli* apresentou valores oscilando de 686,7 a 1017 NMP.100 $mL^{-1}$, sendo superior ao LMP de 1000 NMP.100 $mL^{-1}$ somente na data 19/10/18 (estação chuvosa). Já os coliformes totais acusaram valores oscilando de 24196 a >24196 NMP.100 $mL^{-1}$.

A presença de bactérias nas águas amostras provavelmente se deve a lançamento de esgoto doméstico. Este ponto está inserido a jusante do futuro empreendimento, como também a jusante do município de Serro e da rodovia AMG – 810.

Tabela 9.77 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P13 (HercS-HA-16) – Ribeirão do Lucas, a jusante do futuro empreendimento.

| PONTO 13 (HERCS-HA-16) – RIBEIRÃO DO LUCAS, A JUSANTE DO FUTURO EMPREENDIMENTO | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** Córrego | **Tipo de amostra:** água superficial | | **Classe:** Classe 2 | | **Hora da coleta:** 14:00/13:40/ 14:00 horas | | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos LMP** |
| | | **19/10/18** | **31/05/19** | | | | |
| pH *in loco* | - | 7,37 | 7,35 | 7,35 | **7,36** | 7,37 | 6 - 9 |
| Cor verdadeira | $mgPt.L^{-1}$ | 23,76 | 33,14 | 23,76 | **28,45** | 33,14 | 75 |
| Turbidez | UNT | 13,6 | 3,84 | 3,84 | **8,72** | 13,6 | 100 |
| Condutividade elétrica | $\mu S.cm^{-1}$ | 153,6 | 162,0 | 153,6 | **157,8** | 162,0 | N.A. |
| Oxigênio dissolvido | $mg.L^{-1}$ | 5,8 | 7,8 | 5,8 | **6,8** | 7,8 | >5 |
| DBO (5) | $mg.L^{-1}$ | <2,0 | 3,39 | <2,0 | **2,70** | 3,39 | 5 |
| Sólidos totais | $mg.L^{-1}$ | 80 | 86 | 80 | **83** | 86 | N.A. |
| Sólidos em suspensão | $mg.L^{-1}$ | <20 | <20 | <20 | **<20** | <20 | 100 |
| Sólidos dissolvidos | $mg.L^{-1}$ | 74 | 84 | 74 | **79** | 84 | 500 |
| Sólidos sedimentáveis | $mg.L^{-1}$ | <0,5 | <0,5 | <0,5 | **<0,5** | <0,5 | N.A. |
| Ferro solúvel | $mg.L^{-1}$ | 0,17 | 0,22 | 0,17 | **0,20** | 0,22 | 0,3 |
| Ferro Total | $mg.L^{-1}$ | 1,69 | 0,70 | 0,70 | **1,20** | 1,69 | N.A. |
| Manganês solúvel | $mg.L^{-1}$ | <0,05 | 0,05 | <0,05 | **0,05** | 0,05 | N.A. |
| Manganês total | $mg.L^{-1}$ | <0,05 | 0,17 | <0,05 | **0,11** | 0,17 | 0,1 |
| Fósforo total | $mg.L^{-1}$ | <0,010 | 0,584 | <0,010 | **0,297** | 0,584 | 0,1 (Lótico) |
| Nitrogênio total | $mg.L^{-1}$ | <1,0 | <11,0 | <1 | **<6,0** | <11,0 | N.A. |
| Nitrato | $mg.L^{-1}$ | ND | <0,113 | <0,113 | **<0,113** | <0,113 | 10 |
| Temperatura da água | ºC | 22,0 | 19,6 | 19,6 | **20,8** | 22,0 | 1 |
| Coliformes totais | NMP.100 mL- | 24196 | >2419,6 | 2419,6 | **2419,6** | >2419,6 | N.A. |
| *Escherichia coli* | NMP.100 mL- | 1017 | 686,7 | 686,7 | **851,9** | 1017 | 1000 |
| Vazão | $m^3.h^{-1}$ | 325,7 | 186,8 | 186,8 | **256,3** | 325,7 | N.A. |
| *IQA* | - | 62 | 65 | 62 | **64** | 65 | Excelente 90<IQA≤100 Boa 70<IQA≤90 Média 50<IQA≤70 Ruim 25<IQA≤50 Muito ruim 0<IQA≤25 |
| **Responsáveis Técnicos:** Rodrigo Antônio de Pontes – CRQ 02301056 2ª Região. **Laboratório**: Visão Ambiental. **Obs**.: Altitude: 730 m $T_{Ar}$ = 20ºC Tempo: ameno e sem chuva. Ocorreu chuva antes o dia da coleta. Na data 31/05/19 o dia estava com sol e sem chuvas. | | | | | | | |

### 9.9.6.16 Ponto 14 (HercS-HA-17) – Ribeirão do Lucas, a jusante do futuro empreendimento

O ponto 14 (HercS-HA-17) está localizado no Ribeirão do Lucas, a jusante do futuro empreendimento, cuja coordenada UTM é: 672075 (Leste) / 7940373 (Norte).

Este ponto fico em um ponto no ribeirão do Lucas, a jusante do futuro empreendimento (19,5 km a sudeste) e a jusante da sede do município do Serro, ou 14 km a sudeste (Figura 9-206). A ADA tem a drenagem de contribuição para o córrego Siqueira que deságua no córrego da Prata que deságua no ribeirão do Lucas.

A vazão no ponto do ribeirão do Lucas medida em 19/10/18 foi de 2704,9 m³/h (0,751 m³/s) e em 31/05/19 foi de 685,9 m³/h (0,052 m³/s). Comparando-se a vazão do ponto 14 (HercS-HA-17) com o ponto 13 (HercS-HA-16) (325,7 e 186,8), observa-se um aumento considerável da vazão.

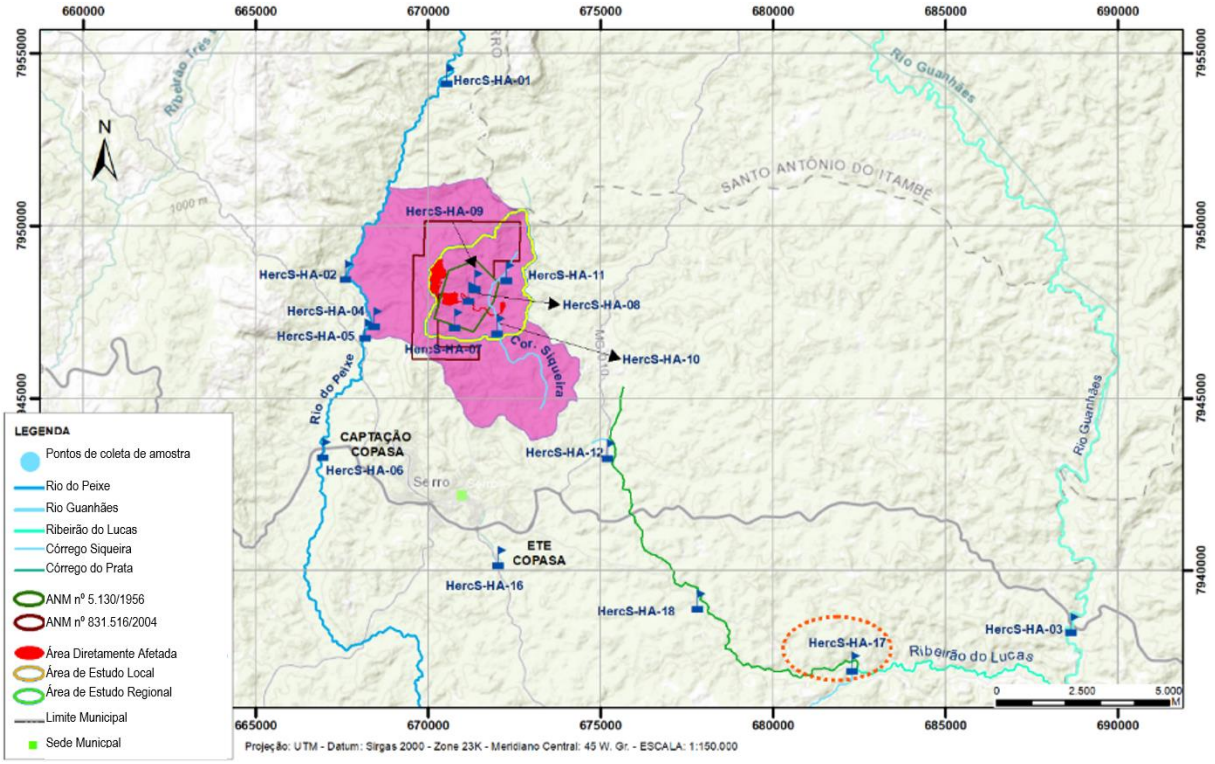



Figura 9-206 - Imagem contendo a localização do ponto P14 (HercS-HA-17).

**Características visuais da água**

Em termos de qualidade visual da água no ponto P14 (HercS-HA-17) nas datas 19/10/18 e 31/05/19, é possível verificar através das fotos a seguir que a água apresentava transparência, com ligeira cor aparente e sem turbidez aparente.

19/10/18

31/05/19

Figura 9-207 - Qualidade visual da água no local de coleta do ponto P14 (HercS-HA-17) nas datas 19/10/18 e 31/05/19.

Em termos de vegetação há uma estreita faixa de mata ciliar com pastagem. Presença de gado no local (fotos a seguir).

Detalhe da vegetação no entorno do local de coleta.

Detalhe da vegetação no entorno do local de coleta.

Detalhe da vegetação no entorno do local de coleta.

Detalhe da vegetação no entorno do local de coleta.

Detalhe da vegetação no entorno do local de coleta.

Presença de boi bebendo água no ribeirão

Local da coleta

Qualidade visual da água

Figura 9-208 - Registro fotográfico da vegetação do entorno do ponto de coleta e local de coleta do ponto 14 (HercS-HA-17).

As fotos a seguir são o registro fotográfico do tipo de vegetação nos locais a montante e jusante do local de coleta de água.

Vista de montante do local de coleta.

Vista de montante do local de coleta.

Vista de jusante do local de coleta.

Vista de jusante do local de coleta.

Figura 9-209 - Registro fotográfico da vegetação do entorno do ponto de coleta e local de coleta do ponto 14 (HercS-HA-17).

A figura a seguir apresenta fotos do local de coleta de água no ponto 14 (HercS-HA-17) em que a água apresentava transparência, com ligeira cor aparente e sem turbidez aparente.

31/05/19

31/05/19

Figura 9-210 - Registro fotográfico da coleta de água no ponto HercS-HA-17 em 31/05/19.

**Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas**

As águas do ponto P14 (HercS-HA-17) foram enquadradas como classe 2, ou seja, "Águas destinadas: a - ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b - à proteção das comunidades aquáticas; c - à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d - à 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; e - à aquicultura e à atividade de pesca", conforme o Art. 4º da Seção I – das águas doces da DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008.

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas para as amostras de águas superficiais coletadas no ponto 14 (HercS-HA-17) nas datas 19/10/18 e 31/05/19, estão apresentados através da Tabela 9.78.

Em termos de qualidade das águas superficiais verificada nas datas citadas acima no ponto 14 (HercS-HA-17), verifica-se através dos resultados que todos os parâmetros acusaram valores em conformidade com os padrões estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 para as águas de Classe 2, com exceção de ferro solúvel e fósforo total.

Em termos do Índice de Qualidade da Água – IQA, para este ponto foram encontrados valores oscilando de 69 (estação seca) a 72 (estação chuvosa). De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas estes resultados indicam águas de média à boa qualidade. Estes resultados são corroborados pelos valores detectados para todos os parâmetros avaliados, que estiveram abaixo dos seus limites máximos permitidos, com exceção de ferro solúvel e fósforo total.

Os valores de pH medido *in loco* variaram de 7,56 a 7,81, quando a faixa limite é de 6 a 9, ou seja, dentro da faixa limite, indicando que as águas amostradas apresentavam características ligeiramente alcalinas.

A condutividade elétrica da água acusou valores oscilando de 70,8 a 75,2 $\mu S.cm^{-1}$, indicando presença de poucos íons dissolvidos nas águas amostradas, ou seja, baixa mineralização. Estes valores estão coerentes com as baixas concentrações detectadas para os sólidos dissolvidos (máximo de 49 $mg.L^{-1}$).

Em relação aos parâmetros indicadores dos teores de sólidos e compostos dissolvidos nas águas, foram registrados baixos teores de sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis e turbidez, o que está de acordo com as características visuais da água que no momento da coleta, encontrava-se transparente, sem cor aparente e sem turbidez aparente.

Os sólidos suspensos apresentaram um teor reduzido de <20 $mg.L^{-1}$, ou seja, inferior ao Limite Máximo Permitido – LMP de 100 $mg.L^{-1}$ nas duas coletas. Os sólidos dissolvidos acusaram teores oscilando de

43 a 49 mg.L$^{-1}$, sendo considerados valores bem reduzidos se comparados ao LMP de 500 mg.L$^{-1}$, corroborando o verificado *in loco*, águas com boa aparência, transparentes.

Os sólidos sedimentáveis apresentaram teores reduzidos oscilando de <0,5 a 0,5 mL.L$^{-1}$ e os sólidos totais acusaram valores oscilando de 43 a 56 mg.L$^{-1}$.

Os valores reduzidos detectados para os sólidos dissolvidos estão coerentes com os valores encontrados para condutividade elétrica.

Como consequência do valor reduzido encontrado para os sólidos suspensos (<20 mg.L$^{-1}$), a turbidez também acusou índices muito reduzidos variando de 6,08 a 13,2 UNT, sendo muito inferiores ao limite máximo permitido de 100 UNT. Estes resultados corroboram as observações visuais da qualidade da água no momento da coleta, onde verificou-se que não havia turbidez aparente e nem presença de sólidos em suspensão.

A cor verdadeira apresentou valores oscilando de 43,69 a 61,9 mgPt.L$^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 75 mgPt.L$^{-1}$. Estes resultados estão de acordo com o observado no momento das coletas, onde a água apresentava ligeira cor.

A presença de sólidos dissolvidos e ferro solúvel contribuíram para presença de cor.

Em termos dos metais ferro e manganês, verifica-se que o manganês total acusou um teor <0,05 mg.L$^{-1}$ nas duas datas de coleta, sendo inferior ao LMP de 0,1 mg.L$^{-1}$ e o manganês solúvel também acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,05 mg.L$^{-1}$).

O ferro solúvel acusou teores variando de 0,56 a 0,87 mg.L$^{-1}$ sendo superiores ao LMP de 0,3 mg.L$^{-1}$ e o ferro total concentrações variando de 1,18 a 1,84 mg.L$^{-1}$. Comparando-se as duas formas, verifica-se que o ferro na água na data 19/10/18 se encontrava na sua maior parte na forma precipitada ($Fe^{3+}$) e na data 31/05/19 na forma $Fe^{+2}$.

A matéria orgânica carbonácea representada pela demanda bioquímica de oxigênio – DBO, apresentou um valor reduzido de <2,0 mg.L$^{-1}$ nas duas datas de coleta, sendo inferior ao LMP de 5 mg.L$^{-1}$.

O oxigênio dissolvido – OD apresentou teores oscilando de 6,8 a 8,1 mg.L$^{-1}$, sendo superiores ao mínimo exigido de 5 mg.L$^{-1}$, indicando águas com boa oxigenação.

Em termos dos nutrientes fósforo total e nitrogênio total, observa-se que o fósforo total acusou teores oscilando de <0,010 a 0,166 mg.L$^{-1}$, sendo inferior ao LMP de 0,1 mg.L$^{-1}$ na data 19/10/18 e o nitrogênio total teores inferiores ao limite de detecção do método utilizado (<1,0 e <11,0 mg.L$^{-1}$). O nitrato acusou um valor de 0,314 mg.L$^{-1}$ significativamente inferior ao LMP de 10 mg.L$^{-1}$.

No que se refere à qualidade sanitária das águas amostradas no ponto 14 (HercS-HA-17) atestou-se a presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. A presença destas bactérias na água indica uma contaminação fecal o que impossibilita um uso da água para consumo humano sem desinfecção.

Estes indicadores de contaminação fecal representam o potencial do corpo hídrico na transmissão de doenças. O parâmetro *E. coli* apresentou valores oscilando de 211 a 920,8 NMP.100 mL$^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 1000 NMP.100 mL$^{-1}$. Já os coliformes totais acusaram valores variando de >2419 a 8664 NMP.100 mL$^{-1}$.

A presença de bactérias pode ser explicada, pelo menos em parte, pela presença de gado que bebe água no ribeirão como pode ser corroborado pelas fotos mostradas anteriormente.

Tabela 9.78 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P14 (HercS-HA-17) – Ribeirão do Lucas, a jusante do futuro empreendimento.

| PONTO 14 (HERCS-HA-17) – RIBEIRÃO DO LUCAS, A JUSANTE DO FUTURO EMPREENDIMENTO | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** Córrego | **Tipo de amostra:** água superficial | | **Classe:** Classe 2 | | **Hora da coleta:** 7:15/15:20 horas | | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos LMP** |
| | | **19/10/18** | **31/05/19** | | | | |
| pH *in loco* | - | 7,56 | 7,81 | 7,56 | **7,69** | 7,81 | 6 - 9 |
| Cor verdadeira | $mgPt.L^{-1}$ | 61,90 | 43,69 | 43,69 | **52,80** | 61,9 | 75 |
| Turbidez | UNT | 13,2 | 6,08 | 6,08 | **9,64** | 13,2 | 100 |
| Condutividade elétrica | $\mu S.cm^{-1}$ | 75,2 | 70,8 | 70,8 | **73** | 75,2 | N.A. |
| Oxigênio dissolvido | $mg.L^{-1}$ | 6,8 | 8,1 | 6,8 | **7,45** | 8,1 | >5 |
| DBO (5) | $mg.L^{-1}$ | <2,0 | <2,0 | <2 | **<2** | <2 | 5 |
| Sólidos totais | $mg.L^{-1}$ | 56 | 43 | 43 | **49,5** | 56 | N.A. |
| Sólidos em suspensão | $mg.L^{-1}$ | <20 | <20 | <20 | **<20** | <20 | 100 |
| Sólidos dissolvidos | $mg.L^{-1}$ | 49 | 43 | 43 | **46** | 49 | 500 |
| Sólidos sedimentáveis | $mg.L^{-1}$ | 0,5 | <0,5 | <0,5 | **0,5** | 0,5 | N.A. |
| Ferro solúvel | $mg.L^{-1}$ | 0,56 | 0,87 | 0,56 | **0,72** | 0,87 | 0,3 |
| Ferro Total | $mg.L^{-1}$ | 1,84 | 1,18 | 1,18 | **1,51** | 1,84 | N.A. |
| Manganês solúvel | $mg.L^{-1}$ | <0,5 | <0,05 | <0,05 | **<0,275** | <0,5 | N.A. |
| Manganês total | $mg.L^{-1}$ | <0,5 | <0,05 | <0,05 | **<0,275** | <0,5 | 0,1 |
| Fósforo total | $mg.L^{-1}$ | <0,010 | 0,166 | <0,01 | **0,088** | 0,166 | 0,1 (Lótico) |
| Nitrogênio total | $mg.L^{-1}$ | <1,0 | <11,0 | <1,0 | **<6,0** | <11,0 | N.A. |
| Nitrato | $mg.L^{-1}$ | ND | 0,314 | 0,314 | **0,314** | 0,314 | 10 |
| Temperatura da água *in loco* | ºC | 22,4 | 21,1 | 21,1 | **21,8** | 22,4 | N.A. |
| Coliformes totais | NMP.100 | 8664 | >2419,6 | 2419,6 | **5541,8** | 8664 | N.A. |
| *Escherichia coli* | NMP.100 | 211 | 920,8 | 211 | **565,9** | 920,8 | 1000 |
| Vazão | $m^3.h^{-1}$ | 2704,9 | 685,9 | 186,8 | **256,3** | 325,7 | N.A. |
| *IQA* | - | 72 | 69 | 69 | **71** | 72 | Excelente 90<IQA≤100<br>Boa 70<IQA≤90<br>Média 50<IQA≤70<br>Ruim 25<IQA≤50<br>Muito ruim 0<IQA≤25 |
| **Responsáveis Técnicos:** Rodrigo Antônio de Pontes – CRQ 02301056 2ª Região. **Laboratório**: Visão Ambiental. **Obs**.: Altitude: 662 m $T_{Ar}$ = 20ºC Tempo: ameno e sem chuva. Ocorreu chuva antes dia da coleta. Na data 31/05/19 o dia estava com sol e sem chuvas. | | | | | | | |

### 9.9.6.17 Ponto 15 (HercS-HA-18) – Córrego da Prata, a jusante do futuro empreendimento

O ponto 15 (HercS-HA-18) está localizado no Córrego da Prata, a jusante do futuro empreendimento, cuja coordenada UTM é: 672075 (Leste) / 7940373 (Norte).

Este ponto fica localizado no córrego da Prata, a jusante do futuro empreendimento (13,2 km a sudeste) e a montante do ponto 14 (HercS-HA-17), cerca de 6 km (Figura 9-211). A ADA tem a drenagem de contribuição para o córrego Siqueira que deságua no córrego da Prata que deságua no ribeirão do Lucas.

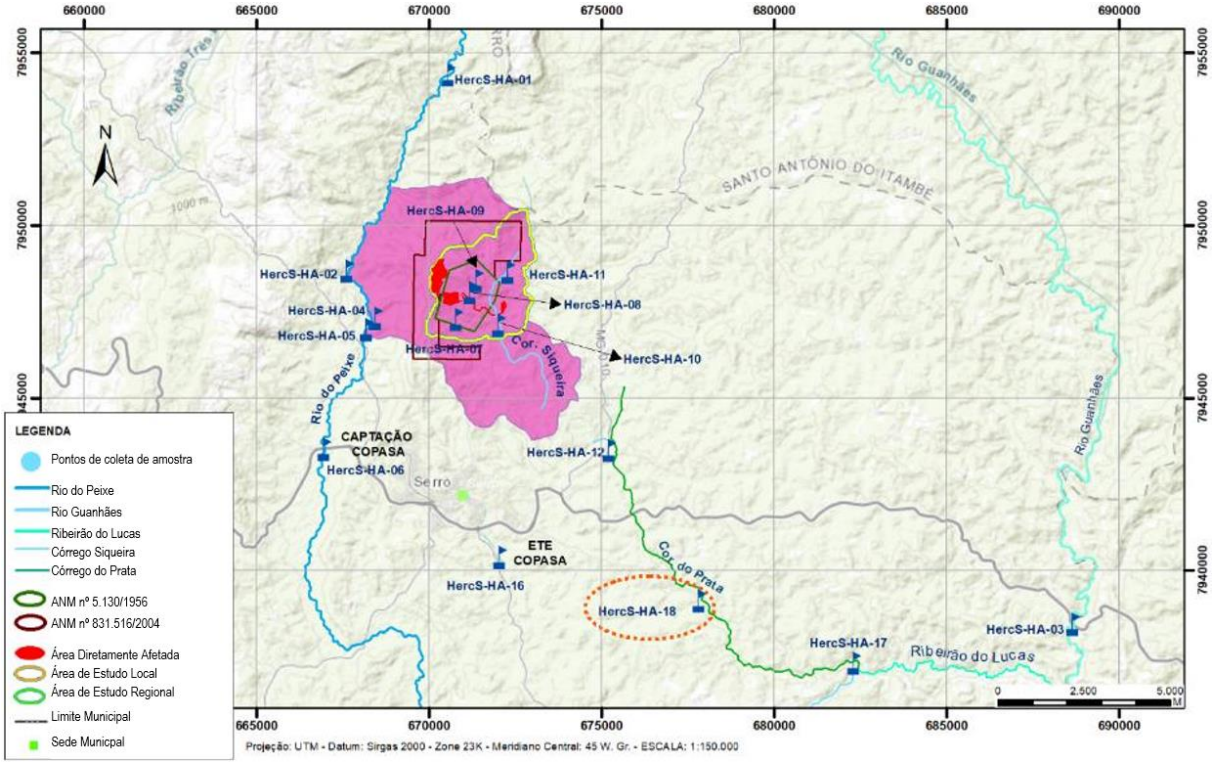



Figura 9-211 - Imagem contendo a localização do ponto P15 (HercS-HA-18).

A vazão no ponto do córrego da Prata medida em 19/10/18 foi de 1238,9 m3/h (0,344 m3/s) e em 31/05/19 foi de 316,1 m3/h (0,088 m3/s).

## Características visuais da água

Em termos de qualidade visual da água no ponto 15 (HercS-HA-18) nas datas 19/10/18 e 31/05/19, é possível verificar através da Figura 9-212 que a água apresentava transparência, com ligeira cor aparente amarelada e sem turbidez aparente.

19/10/18 (medida de vazão).

31/05/19

Figura 9-212 - Qualidade visual da água no local de coleta do ponto 15 (HercS-HA-18).

As figuras a seguir registram a qualidade visual das águas a montante e a jusante do local de coleta do ponto 15 (HercS-HA-18).

Figura 9-213 - Qualidade visual da água a montante do local de coleta do ponto 15 (HercS-HA-18), coleta em 19/10/2018.

Figura 9-214 - Qualidade visual da água a montante do local de coleta do ponto 15 (HercS-HA-18), coleta em 31/05/2019.

19/10/18.

Jusante 31/05/19.

Montante – 31/05/19.

Medição de vazão.

Figura 9-215 - Qualidade visual da água a montante do local de coleta do ponto P15 (HercS-HA-18).

**Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas**

As águas do ponto 15 (HercS-HA-18) foram enquadradas como classe 2, ou seja, "Águas destinadas: a - ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b - à proteção das comunidades aquáticas; c - à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d - à 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; e - à aquicultura e à atividade de pesca", conforme o Art. 4º da Seção I – das águas doces da DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008.

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas para as amostras de águas superficiais coletadas no ponto P15 (HercS-HA-18), realizadas nas datas 19/10/18 e 31/05/19, estão apresentados através da tabela apresentada na sequência..

Em termos de qualidade das águas superficiais verificada nas datas citadas acima no ponto 15 (HercS-HA-18), verifica-se através dos resultados que todos os parâmetros acusaram valores em conformidade com os padrões estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 para as águas de Classe 2, com exceção de ferro solúvel, turbidez, fósforo total e *E. coli.*

Em termos do índice de Qualidade da Água – IQA, para este ponto foram encontrados valores oscilando de 52 (19/10/18) a 71 (31/05/19). De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM estes resultados indicam águas variando de média a boa qualidade. Estes resultados são corroborados pelos valores detectados para todos os parâmetros avaliados, que estiveram abaixo dos seus limites máximos permitidos, com exceção de ferro solúvel, turbidez e *E. coli.*

Os valores de pH medidos *in loco* variaram de 8,03 a 8,14, quando a faixa limite é de 6 a 9, ou seja, dentro da faixa limite, indicando que as águas amostradas apresentavam características alcalinas nas duas datas de coleta.

A condutividade elétrica da água acusou valores reduzidos oscilando de 31,7 a 41,3 $\mu S.cm^{-1}$, indicando presença de poucos íons dissolvidos nas águas amostradas, ou seja, baixa mineralização. Estes valores estão coerentes com a baixa concentração detectada para os sólidos dissolvidos (máximo de 35 $mg.L^{-1}$).

Em relação aos parâmetros indicadores dos teores de sólidos e compostos dissolvidos nas águas, foram registrados baixos teores de sólidos suspensos totais e sólidos sedimentáveis, o que está de

acordo com as características visuais da água que no momento da coleta, encontrava-se transparente, sem cor aparente e sem turbidez aparente.

Os sólidos suspensos apresentaram teores reduzidos de <20 a 24 $mg.L^{-1}$, ou seja, inferiores ao Limite Máximo Permitido – LMP de 100 $mg.L^{-1}$. Os sólidos dissolvidos acusaram teores variando de 28 a 35 $mg.L^{-1}$, sendo considerados valores bem reduzidos se comparados ao LMP de 500 $mg.L^{-1}$, corroborando o verificado *in loco*, águas com boa aparência, transparentes.

Os sólidos sedimentáveis apresentaram um valor reduzido de <0,5 $mL.L^{-1}$ nas duas datas de coleta e os sólidos totais acusaram valores oscilando de 29 a 56 $mg.L^{-1}$.

Os valores reduzidos detectados para os sólidos dissolvidos estão coerentes com os resultados encontrados para condutividade elétrica.

Apesar do valor reduzido detectado para os sólidos suspensos (24 $mg.L^{-1}$) no ponto 15 (HercS-HA-18), a turbidez acusou um valor de 126 UNT, sendo superior ao limite máximo permitido de 100 UNT. Somente este ponto acusou uma inconformidade para turbidez. Provavelmente teve influência do período chuvoso. Observa-se que mesmo na campanha chuvosa, os sólidos suspensos acusaram teores reduzidos.

A cor verdadeira apresentou índices oscilando de 34,66 a 38,82 $mgPt.L^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 75 $mgPt.L^{-1}$. Estes resultados estão de acordo com o observado no momento da coleta, onde a água apresentava ligeira cor.

A presença de sólidos dissolvidos e ferro solúvel contribuíram para presença de cor.

Em termos dos metais ferro e manganês, verifica-se que o manganês total acusou um teor <0,05 $mg.L^{-1}$ nas duas datas de coleta, sendo inferior ao LMP de 0,1 $mg.L^{-1}$ e o manganês solúvel também acusou um teor inferior ao limite de detecção do método de análise (<0,05 $mg.L^{-1}$).

O ferro solúvel acusou concentrações variando de 0,63 a 1,15 $mg.L^{-1}$, sendo superiores ao LMP de 0,3 $mg.L^{-1}$ e o ferro total variou de 1,39 a 4,70 $mg.L^{-1}$. Comparando-se as duas formas, verifica-se que o ferro se encontra na água na sua maior parte na forma precipitada ($Fe^{+3}$) na data 19/10/18 e na forma $Fe^{+2}$ na data 31/05/19.

A matéria orgânica carbonácea representada pela demanda bioquímica de oxigênio – DBO, apresentou um valor reduzido de <2,0 $mg.L^{-1}$ nas duas coletas, sendo inferior ao LMP de 5 $mg.L^{-1}$.

O oxigênio dissolvido – OD apresentou concentrações oscilando de 6,1 a 7,8 $mg.L^{-1}$, sendo superiores ao mínimo exigido de 5 $mg.L^{-1}$, indicando águas com boa oxigenação.

Em termos dos nutrientes fósforo total e nitrogênio total, observa-se que o fósforo total acusou teores variando de <0,010 a 0,113 $mg.L^{-1}$, sendo inferior ao LMP de 0,1 $mg.L^{-1}$ na data 19/10/18. O nitrogênio total acusou teores inferiores aos limites de quantificação do método utilizado (<1,0 e <11 $mg.L^{-1}$) e o nitrato acusou um teor inferior ao limite de detecção do método de análise (<0,113 $mg.L^{-1}$), sendo significativamente inferior ao LMP de 10 $mg.L^{-1}$.

No que se refere à qualidade sanitária das águas amostradas no ponto 15 (HercS-HA-18) atestou-se a presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. A presença destas bactérias na água indica uma contaminação fecal o que impossibilita um uso da água para consumo humano sem desinfecção.

Estes indicadores de contaminação fecal representam o potencial do corpo hídrico na transmissão de doenças. O parâmetro *E. coli* apresentou valores oscilando de 613,1 a 4480 NMP.100 $mL^{-1}$, sendo superior ao LMP de 1000 NMP.100 $mL^{-1}$ somente na data 19/10/18. Já os coliformes totais acusaram valores variando de >2419,6 a 39090 NMP.100 $mL^{-1}$. Os valores mais elevados ocorreram na estação chuvosa através do escoamento superficial.

Tabela 9.79 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto P15 (HercS-HA-18) – Córrego Prata, a jusante do futuro empreendimento.

| PONTO 15 (HERCS-HA-18) – CÓRREGO PRATA, A JUSANTE DO FUTURO EMPREENDIMENTO | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tipo de ponto:** Córrego | **Tipo de amostra:** água superficial | | **Classe:** Classe 2 | | **Hora da coleta:** 6:50/16:00 horas | | |
| **Parâmetros** | **Unidades** | **Data da Coleta** | | **Mínimo** | **Média** | **Máximo** | **Limites Máximos Permitidos LMP** |
| | | **19/10/18** | **31/05/19** | | | | |
| pH *in loco* | - | 8,03 | 8,14 | 8,03 | **8,09** | 8,14 | 6 - 9 |
| Cor verdadeira | $mgPt.L^{-1}$ | 34,66 | 38,82 | 34,66 | **36,74** | 38,82 | 75 |
| Turbidez | UNT | 126 | 6,69 | 6,69 | **66,35** | 126 | 100 |
| Condutividade elétrica | $\mu S.cm^{-1}$ | 41,3 | 31,7 | 31,7 | **36,5** | 41,3 | N.A. |
| Oxigênio dissolvido | $mg.L^{-1}$ | 6,1 | 7,8 | 6,1 | **6,95** | 7,8 | >5 |
| DBO (5) | $mg.L^{-1}$ | <2,0 | <2,0 | <2,0 | **<2,0** | <2,0 | 5 |
| Sólidos totais | $mg.L^{-1}$ | 56 | 29 | 29 | **42,5** | 56 | N.A. |
| Sólidos em suspensão | $mg.L^{-1}$ | 24 | <20 | <20 | **22** | 24 | 100 |
| Sólidos dissolvidos | $mg.L^{-1}$ | 35 | 28 | 28 | **31,5** | 35 | 500 |
| Sólidos sedimentáveis | $mg.L^{-1}$ | <0,5 | <0,5 | <0,5 | **<0,5** | <0,5 | N.A. |
| Ferro solúvel | $mg.L^{-1}$ | 0,63 | 1,15 | 0,63 | **0,89** | 1,15 | 0,3 |
| Ferro Total | $mg.L^{-1}$ | 4,70 | 1,39 | 1,39 | **3,05** | 4,7 | N.A. |
| Manganês solúvel | $mg.L^{-1}$ | <0,5 | <0,05 | <0,05 | **<0,275** | <0,5 | N.A. |
| Manganês total | $mg.L^{-1}$ | <0,5 | <0,05 | <0,05 | **<0,275** | <0,5 | 0,1 |
| Fósforo total | $mg.L^{-1}$ | <0,010 | 0,113 | <0,01 | **0,062** | 0,113 | 0,1 (Lótico) |
| Nitrogênio total | $mg.L^{-1}$ | <1,0 | <11 | <1 | **<6** | <11 | N.A. |
| Nitrato | $mg.L^{-1}$ | ND | <0,113 | <0,113 | **<0,113** | <0,113 | 10 |
| Temperatura da água *in loco* | ºC | 22,3 | 21,1 | 21,1 | **21,7** | 22,3 | N.A. |
| Coliformes totais | NMP.100 $mL^{-1}$ | 39090 | >2419,6 | 2419,6 | **20754,8** | 39090 | N.A. |
| *Escherichia coli* | NMP.100 $mL^{-1}$ | 4480 | 613,1 | 613,1 | **2546,6** | 4480 | 1000 |
| Vazão | $m^3.h^{-1}$ | 1238,9 | 316,1 | 316,1 | **777,5** | 1238,9 | N.A. |
| *IQA* | - | 52 | 71 | 52 | **62** | 71 | Excelente 90<IQA≤100<br>Boa 70<IQA≤90<br>Média 50<IQA≤70<br>Ruim 25<IQA≤50<br>Muito ruim 0<IQA≤25 |

**Responsáveis Técnicos:** Rodrigo Antônio de Pontes – CRQ 02301056 2ª Região. **Laboratório**: Visão Ambiental. **Obs**.: Altitude: 688 m $T_{Ar}$ = 20ºC Tempo: ameno e sem chuva. Ocorreu chuva antes dia da coleta. Na data 31/05/19 o dia estava com sol e sem chuvas. ND – Não determinado N.A. – Não se aplica

### 9.9.7 Resultados de IQA

Com base nos resultados obtidos de IQA para todos os pontos de monitoramento, verifica-se que este acusou valores indicando águas de média a boa qualidade, sendo a na sua maioria de boa qualidade. Os resultados de IQA e das médias de IQA obtidos nos pontos de coleta podem ser observados através dos gráficos apresentados a seguir.

Na Figura 9-216 também são apresentados os resultados do IQA referentes aos pontos P01 – Córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento e P02 – Córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento, ambos avaliados pela Arcadis logos em 2014. Estes pontos são equivalentes aos pontos P11 - Córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento e P12 - Córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento avaliados no presente estudo respectivamente.

O IQA oscilou de 52 (média) no ponto córrego da Prata a jusante do futuro empreendimento a 85 (boa) no afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura cava grande e disposição de itabiritos.

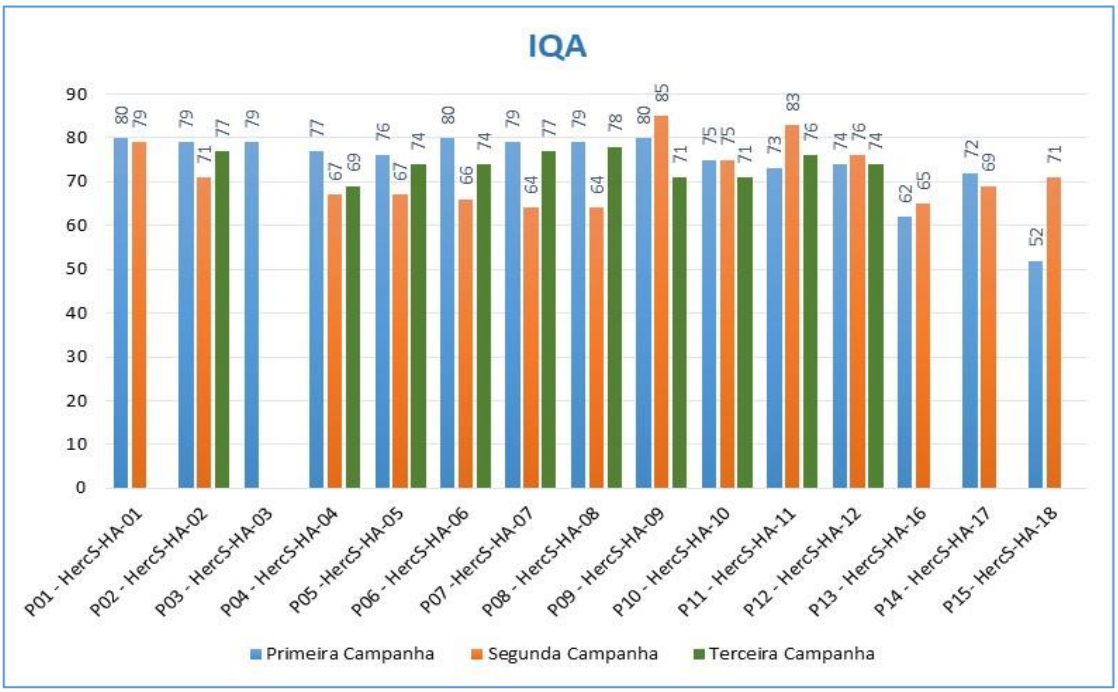



Figura 9-216 - Resultados de IQA dos pontos de coleta avaliados no presente estudo nas três campanhas realizadas (10/2018; 05/2019 e 07/2021).

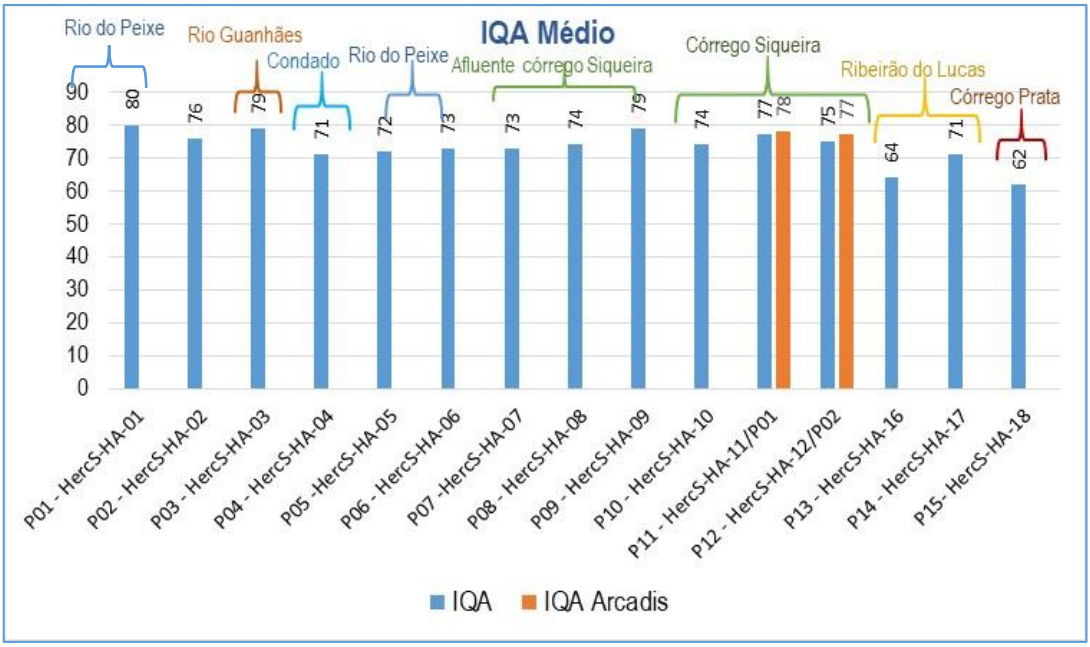



Figura 9-217 - Resultados de IQA Médio dos pontos de coleta nas três campanhas realizadas (10/2018; 05/2019 e 07/2021) e da Arcadis, 2014.

Observa-se através do gráfico de IQA da Figura 9-216 que o córrego da Prata (P15) e o ribeirão do Lucas (P13 e P14) foram os que acusaram os menores valores, oscilando de 52 a 72, indicando águas de média a boa qualidade, segundo as faixas estabelecidas pelo IGAM. Em termos de IQA médio foi o córrego Prata onde apresentou uma qualidade média (IQA = 52). Já os valores mais elevados de IQA ocorreram no afluente do córrego Siqueira (85), cabeceira do rio do Peixe (80) e rio do Peixe, captação da COPASA (80), indicando águas de qualidade boa. Em termos de IQA médio, o maior valor foi detectado na cabeceira do rio do Peixe (IQA = 80) indicando água de boa qualidade.

O IQA encontrado pela Arcadis em 2014 oscilou de 74 (P02 - Córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento) a 78 (P01 - Córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento) indicando águas de boa qualidade.

### 9.9.8 Conclusões

A maioria dos cursos d'água caracterizados no presente estudo são perenes. Também são encontrados alguns cursos intermitentes. Alguns pontos como P04 (HercS-HA-04), P9 (HercS-HA-09) e P11 (HercS-HA-11) não foi possível realizar a medição de vazão.

Foi observado durante as coletas de água que as principais fontes de poluição são de origem difusa e se devem principalmente ao aporte de dejetos de animais, com destaque para presença de gado (pecuária). Foram observadas áreas de pastagem próximas de alguns locais de coleta.

A população rural utiliza os recursos hídricos da região, principalmente para captação de água (nascentes) para consumo próprio. Os cursos d'água com maior vazão são utilizados, principalmente para a dessedentação de animais, embora a água do rio do Peixe seja utilizada também para abastecer o município de Serro.

Com base nos resultados obtidos para o Índice de Qualidade das Águas (IQA) nas campanhas de monitoramento, verificou-se que as águas dos cursos hídricos avaliados se mostraram em geral de boa qualidade, sendo corroborado pelos resultados dos vários parâmetros físico-químicos e microbiológicos que acusaram em sua maioria valores em conformidade com a DN Conjunta COPAM / CERH 1/2008 para águas classe 2. Os resultados das campanhas realizadas pela Anglo American e Arcadis também acusaram na sua maioria resultados dentro dos limites máximos permitidos estabelecidos para DN Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008.

As águas superficiais amostradas em cursos d'água localizados nas áreas diretamente e indiretamente afetadas pelo futuro empreendimento, acusaram valores para uma série de parâmetros físico-químicos e microbiológicos em conformidade com os padrões legais,

O ponto P01 (HercS-HA-01 - Cabeceira do rio do Peixe) acusou todos os parâmetros dentro dos limites máximos permitidos estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008 e Resolução CONAMA nº 357/05 para águas de classe 2.

Os parâmetros que mais acusaram inconformidades foram o ferro solúvel e fósforo total.

Em termos do Índice de Qualidade das Águas – IQA, este variou de 52 (média) a 85 (boa), sendo que a qualidade mais baixa foi detectada no córrego da Prata e o mais alto no afluente do córrego Siqueira.

Considerando todos os pontos e estações de seca e chuva, a qualidade das águas variou de média a boa qualidade de acordo com as faixas estabelecidas pelo IGAM, sendo que a maioria dos resultados indicando boa qualidade.

O pH esteve dentro da faixa limite estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 em todos os pontos de coleta, com exceção dos pontos P3 (HercS-HA-3), P4 (HercS-HA-4), P6 (HercS-HA-6) e P11 (HercS-HA-11), que acusaram um pH ácido.

Em termos de sólidos, todos os pontos de coleta acusaram teores bastante reduzidos, chegando a valores inferiores aos limites de quantificação dos métodos utilizados em alguns deles. Mesmo na estação chuvosa os valores foram bem reduzidos.

Como consequência dos teores reduzidos de sólidos suspensos a turbidez também foi reduzida em todos os pontos de coleta, com exceção do Ponto 15 (HercS-HA-18) localizado no córrego da Prata na estação chuvosa.

A condutividade elétrica da água apresentou valores bem reduzidos em todos os pontos de coleta, indicando a presença de poucos íons em solução, ou seja, baixa mineralização. Estes resultados refletem os baixos índices de sólidos dissolvidos.

De acordo com a literatura, a condutividade para as águas naturais varia de 0,5 a 2,0 $\mu S.cm^{-1}$ para água destilada, 10 a 100 $\mu S.cm^{-1}$ para as águas naturais e acima de 1000 $\mu S.cm^{-1}$ para águas poluídas.

Com base no que foi exposto acima e nos resultados obtidos para a condutividade, as águas amostradas são águas naturais.

A cor em todos os pontos de coleta esteve abaixo do limite máximo permitido, com exceção do ponto P04 (HercS-HA-04) em 21/07/21. Pelas características dos locais de coleta (vegetação no entorno dos

pontos), tudo indica que uma das possíveis contribuições para a presença de cor se deve a substâncias naturais (ácidos húmicos e fúlvicos) resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos, além de contribuição de ferro.

Em termos de oxigênio dissolvido, um dos parâmetros mais importantes no estudo da qualidade das águas e que está relacionado à sobrevivência de organismos aeróbios, esteve acima do mínimo exigido em todos os pontos de coleta, indicando águas com alta oxigenação, com exceção do córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento e o ribeirão do Lucas, a jusante do futuro empreendimento que acusaram os teores mais baixos, mas acima do mínimo permitido.

O sulfato acusou valores bastante reduzidos em todos os pontos de coleta em que foi avaliado.

As águas superficiais amostradas estavam livres de contaminantes como óleos e graxas, surfactantes aniônicos e acusaram valores reduzidos de fenóis.

A DBO que é um parâmetro usado para estimar a carga orgânica dos recursos hídricos e que representa a quantidade de oxigênio do meio que é consumido pelos peixes e outros organismos aeróbicos e gasta na oxidação de matéria orgânica presente na água, acusou em todos os pontos um valor inferior ao limite de quantificação do método de análise, sendo inferiores ao LMP, com exceção do ponto P07(HercS-HA-07) que acusou um teor acima do LMP.

A temperatura que expressa à energia cinética das moléculas de um corpo, sendo seu gradiente o fenômeno responsável pela transferência de calor em um meio, acusou valores considerados normais em todos os pontos de coleta, indicando que nestes locais não há lançamento de despejos industriais, como por exemplo, águas de resfriamento de máquinas com temperaturas elevadas. As alterações nas temperaturas ocorreram da estação chuvosa para seca causada por fontes naturais, principalmente energia solar.

Quanto aos dois nutrientes avaliados, o nitrogênio total esteve ausente em todos os pontos de coleta. O nitrato em praticamente todos os pontos de coleta foi inferior ao limite de quantificação do método de análise. Todos os resultados foram significativamente inferiores ao LMP em todos os pontos. Já o fósforo total esteve presente em todos os pontos e na maioria acima do LMP. Não foi observado em nenhum curso d'água estudado um processo de eutrofização.

Em termos dos metais ferro e manganês, tem-se que o ferro solúvel esteve presente em todos os pontos de coleta e na sua maioria acima do LMP. Já o manganês não foi detectado praticamente em todos os pontos de coleta, sendo inferiores ao LMP, com exceção do ponto P13 (HercS-HA-16), onde acusou um valor de manganês total acima do LMP.

Já os metais traços Al, Cd, Pb, Cu, Hg e Zn acusaram teores inferiores aos seus limites de quantificação em todos os pontos de coleta, com exceção do ponto P12 (HercS-HA-12) que acusou um teor acima do LMP.
Em termos de qualidade sanitária das águas amostradas, foram detectados em todos os pontos de coleta coliformes fecais e *E. coli* e *Enterococcus faecium* e *faecalis*, sendo que a *E. coli* acusou valores acima do LMP no ribeirão do Lucas (Ponto 13 - HercS-HA-16) e no córrego da Prata (Ponto 15 - HercS-HA-18).

A presença destas bactérias na água indica a possibilidade da presença de bactérias patogênicas que podem afetar a saúde humana e de animais, o que impossibilita um uso da água para consumo humano sem tratamento.

Cabe ressaltar que o monitoramento avaliado neste estudo tem como objetivo avaliar a qualidade das águas dos cursos hídricos nas áreas diretamente afetadas pelo futuro empreendimento, assim como as áreas indiretamente afetadas.

As inconformidades detectadas não ocorreram em função do Projeto Serro, uma vez que ainda não entrou em atividade.

Quanto aos resultados elevados detectados para o ferro nas águas da região, parece ter relação com as características geoquímicas locais. O uso do solo na região do projeto é praticamente rural, com áreas de pastagem e presença de gado em alguns locais.

Mesmo comportamento foi observado nos pontos avaliados pela Arcadis no EIA de 2014 e que constam no presente estudo.

### 9.9.9 Medição de vazão

Como mencionado anteriormente, além da avaliação da qualidade das águas em quatorze pontos de coleta, também foram realizadas medição de vazão nos mesmos. Além destes, foram realizadas em outros quatro pontos no rio do Peixe apenas medições de vazão. Este monitoramento de vazão visa caracterizar o comportamento hidrológico dos cursos d'água inseridos no entorno do empreendimento antes do início de qualquer atividade do futuro empreendimento. Este monitoramento continuará sendo realizado durante as operações do mesmo.

Ressalta-se que o futuro empreendimento pretendido está todo localizado na vertente da bacia do rio Guanhães. Portanto, não atinge a bacia do rio do Peixe. Além disso, não haverá rebaixamento do lençol freático. Entretanto, devido a relevância do rio do Peixe em termos de abastecimento da cidade do Serro, foram e deverão continuar sendo realizadas medições de vazão nos quatro pontos citados acima, com o objetivo de contribuir no monitoramento dos dados da bacia hidrográfica, ainda que não inseridos da AEL (área de estudo local) e EAR (área de estudo regional) para meio físico do empreendimento.

Os resultados de vazão medidos antes da instalação e operação do futuro empreendimento servirão como um histórico para comparativo quando a empresa iniciar suas atividades minerárias. A medida de vazão permitirá um controle mais eficaz do regime das águas superficiais, e a avaliação das possíveis interferências geradas pela operação do empreendimento no local.

As figuras a seguir ilustram uma imagem de satélite e uma imagem do IBGE exibindo a área do futuro empreendimento, destacando-se os pontos de medição de vazão.

Cabe ressaltar que nos pontos 16 a 19 (HercS-HA-19 a HercS-HA-22) foram realizadas somente medições de vazão. Nos demais pontos foram avaliadas a qualidade das águas e medição de vazão.

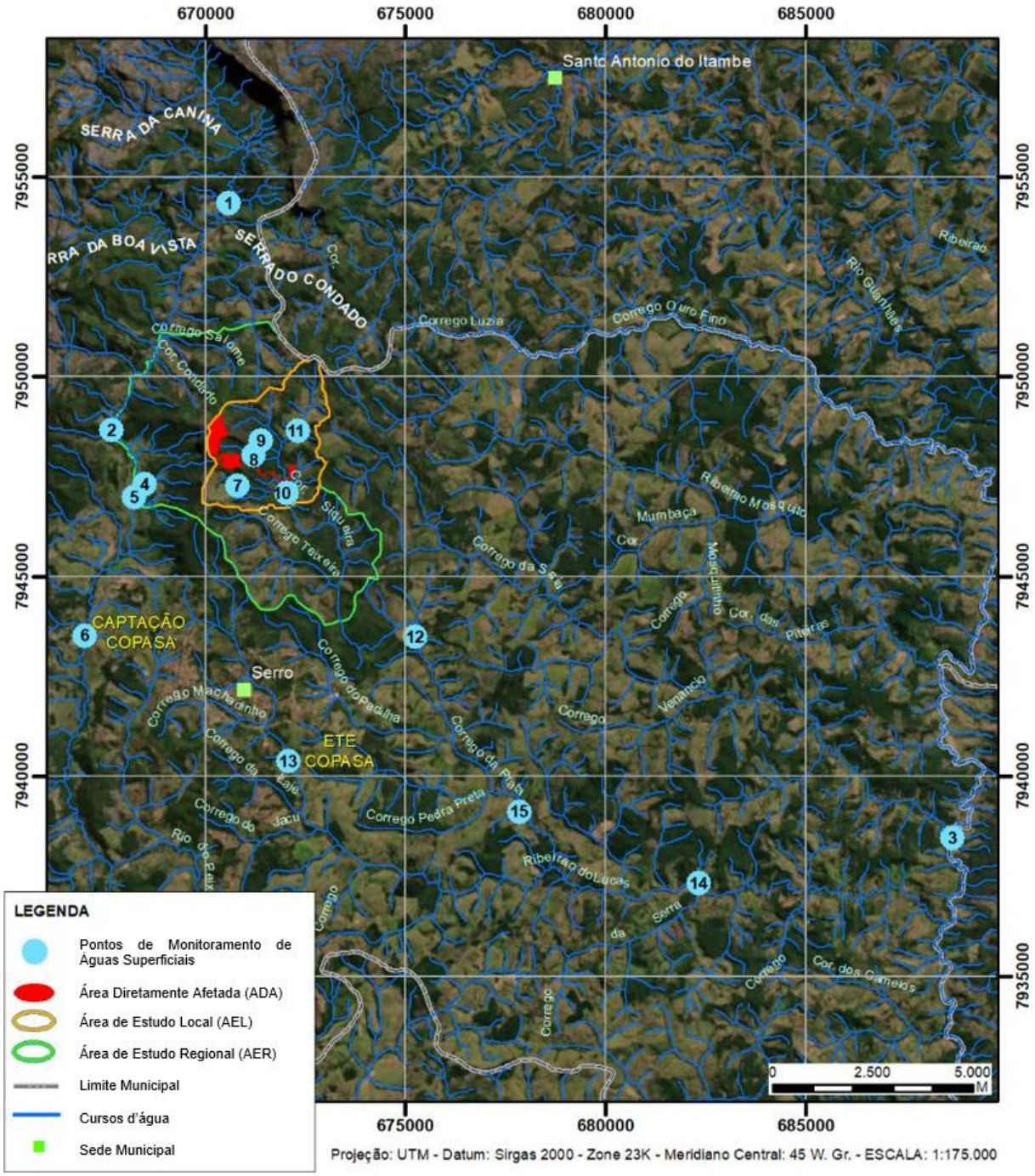



Figura 9-218 - Imagem satélite do empreendimento destacando o local das estruturas do futuro empreendimento e localização dos pontos de medição de vazão.

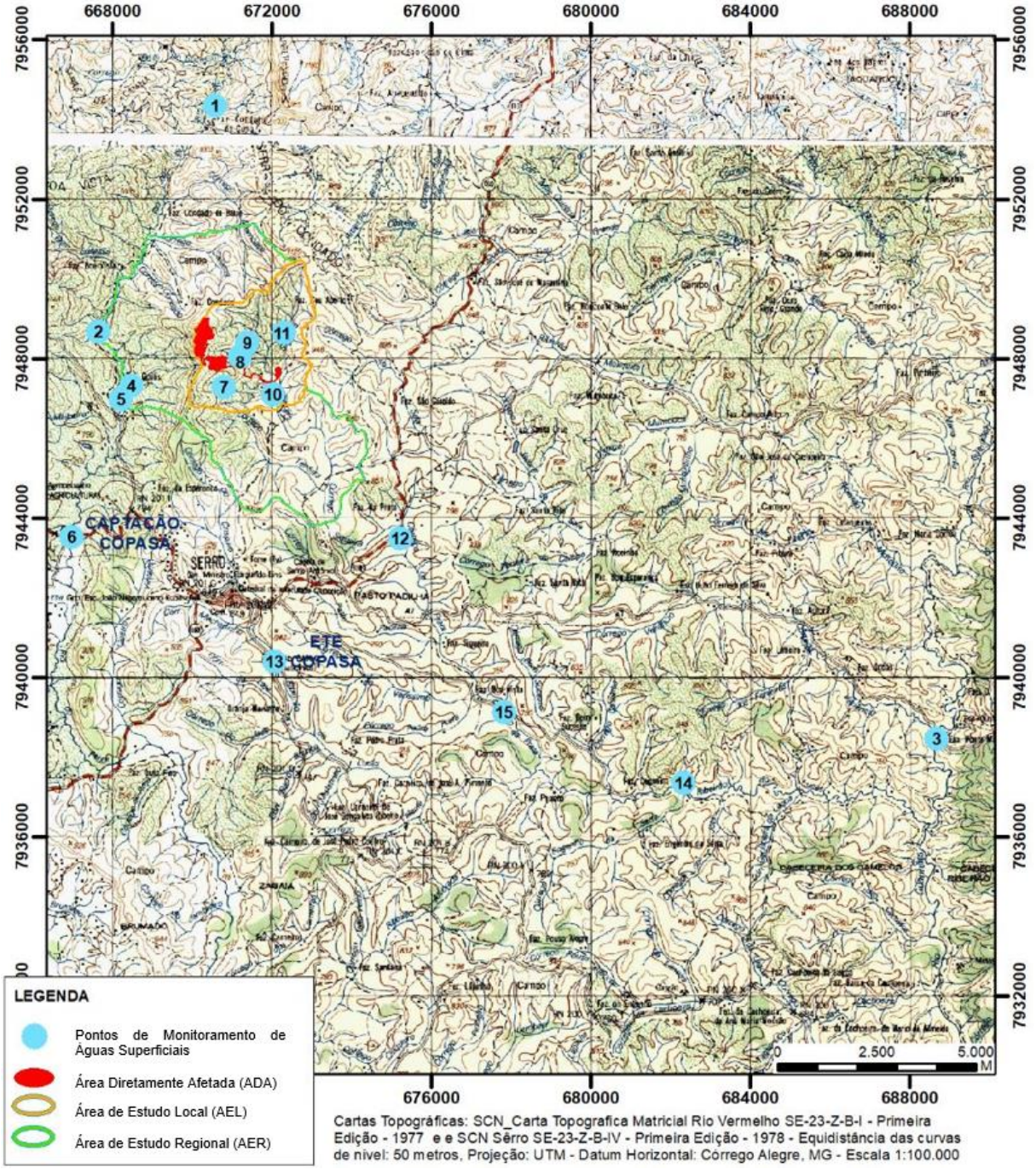



Figura 9-219 - Imagem IBGE do empreendimento destacando o local das estruturas do futuro empreendimento e localização dos pontos de medição de vazão.

### 9.9.9.1 Contextualização dos pontos e resultados de medição de vazão

Neste item serão abordados apenas os (4) quatro pontos em que só foram realizadas medições de vazão. Os demais pontos foram contextualizados no item 9.9.6.2 Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais.

A contextualização será apresentada por ponto de monitoramento. Os tipos de medição utilizados foram os seguintes: Molinete – Price, Volumétrica e Molinete - Pygmy, sendo na maioria o de Molinete – Price. As medições foram realizadas pela HDC Engenharia.

Nos quatro pontos apresentados a seguir, Pontos 16 a 19 (HercS-HA-19 a HercS-HA-22), foram realizadas apenas medições de vazão.

A tabela a seguir apresenta os pontos de medição de vazão dos quatro cursos d'água e suas coordenadas UTM – Sirgas 2000. Fuso: 23 k.

Tabela 9.80 – Pontos de medição de vazão de águas superficiais localizados no rio do Peixe.

| Ponto de Medição | Nomenclatura | Descrição dos pontos | UTM-E | UTM-N |
|---|---|---|---|---|
| P16 | HercS-HA-19 | Rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento e a jusante do ponto P01 HercS-HA-01 | 669284 | 7952383,77 |
| P17 | HercS-HA-20 | HercS-HA-20- Rio do Peixe, a Montante do Futuro empreendimento e a Jusante dos Pontos P01 (HercS-HA-01) e P16 (HercS-HA-19). | 668816 | 7950779,77 |
| P18 | HercS-HA-21 | HercS-HA-21 - Rio do Peixe, a montante do ponto de captação da COPASA) | 667727 | 7945534,73 |
| P19 | HercS-HA-22 | HercS-HA-22 – Rio do Peixe, a Jusante do Ponto de Captação da COPASA | 668813 | 7938227,71 |

**Ponto P16 (HercS-HA-19) – Rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento e a jusante do ponto P01 HercS-HA-01**

O ponto P16 (HercS-HA-19) está localizado no rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento e a jusante do ponto P01 HercS-HA-01.

Lembrando que o empreendimento está todo localizado na vertente da bacia do rio Guanhães. Portanto, não atinge a bacia do rio do Peixe.

Em linha reta está a 3,6km da cava maior, ou 3,6 km a noroeste da ADA. Também está a montante da comunidade de Condado, cerca de 1,7km a norte.

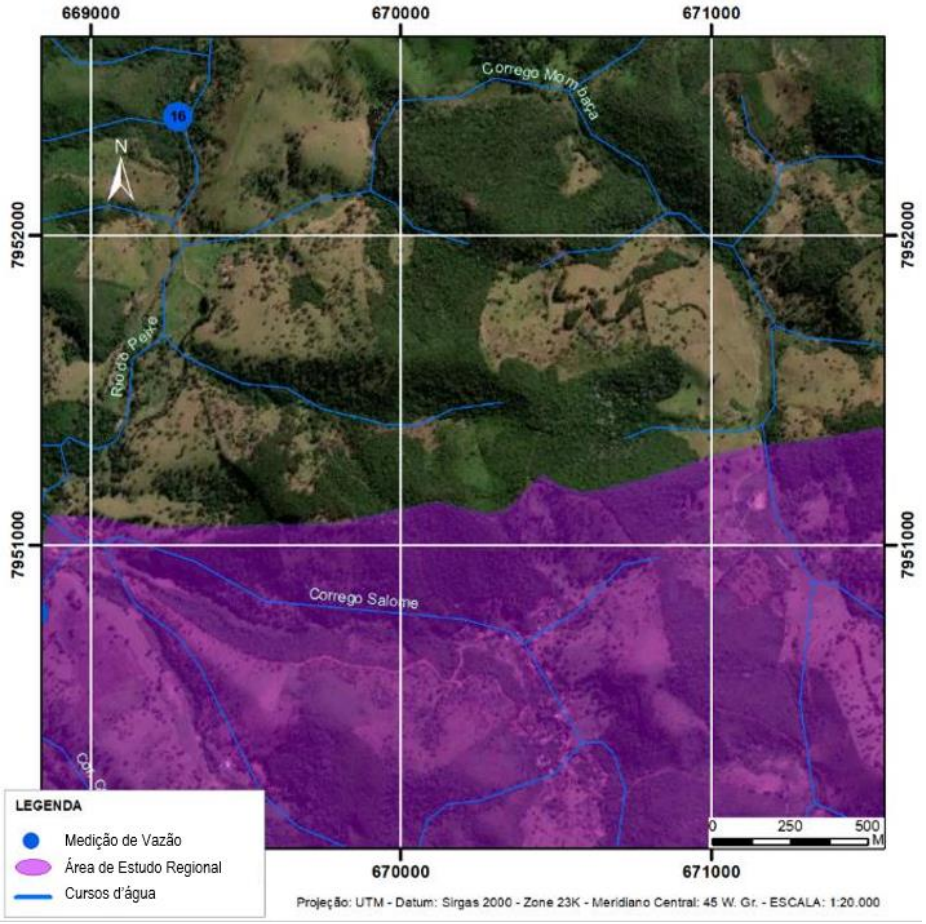



Figura 9-220 – Imagem satélite contendo a localização do ponto P16 (HercS-HA-19).

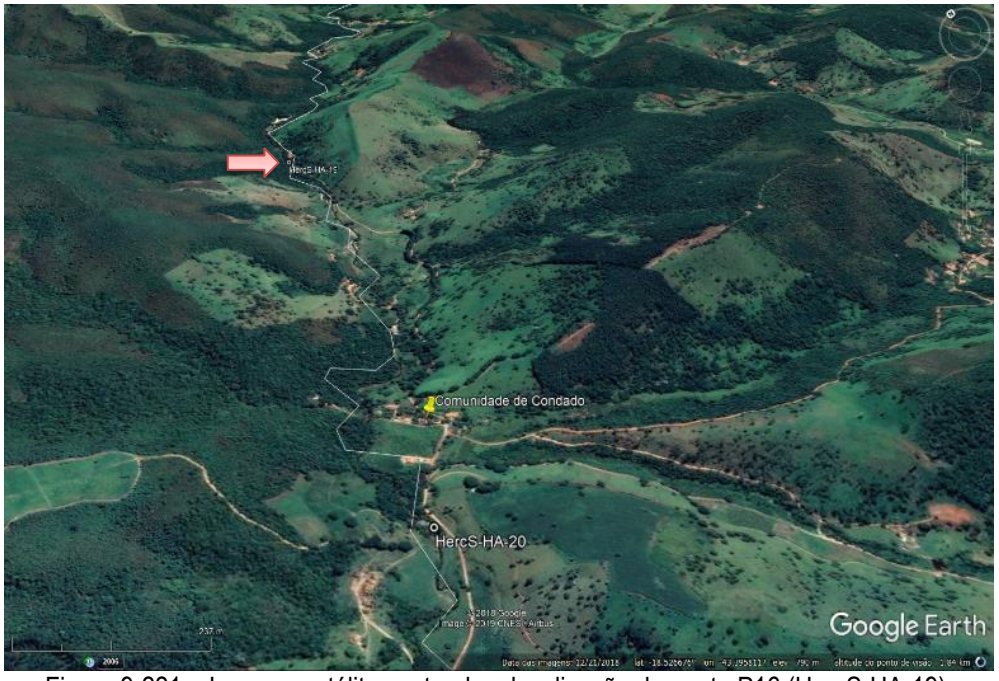



Figura 9-221 – Imagem satélite contendo a localização do ponto P16 (HercS-HA-19).

Os resultados de medição de vazão se encontram na tabela a seguir.

Tabela 9.81 – Resultados das medições de vazão ponto P16 (HercS-HA-19) – Rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento e a jusante do ponto P01 (HercS-HA-01).

| Ponto de Medição | Data | Vazão (L/s) | Vazão ($m^3/s$) | Vazão ($m^3/h$) | Tipo de Medição |
|---|---|---|---|---|---|
| Ponto 16 (HercS-HA-19) | 18/10/2018 | 92,62 | 0,093 | 325,7 | Molinete - Price |
| | 18/01/2019 | 187,88 | 0,188 | 676,4 | Molinete - Price |

A campanha de 18/10/18 representa um momento do regime hidrológico do mês de outubro, que caracteriza um mês de transição entre os períodos de estiagem e úmido regional e a de 18/01/19 representa um momento do regime hidrológico do mês de janeiro, que está inserido no período úmido regional.

A vazão aumentou de outubro de 2018 a janeiro de 2019, sendo que neste último devido às chuvas a vazão foi maior.

**Ponto P17 (HercS-HA-20) – Rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento e a jusante dos pontos P01 (HercS-HA-01) e P16 (HercS-HA-19)**

Este ponto está localizado no rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento e a jusante dos pontos P01 (HercS-HA-01) e P16 (HercS-HA-19).

Em linha reta está a 2,3 km da cava maior, ou 2,3 km a noroeste da ADA.

Lembrando que o empreendimento está todo localizado na vertente da bacia do rio Guanhães. Portanto, não atinge a bacia do rio do Peixe. Também está a jusante da comunidade de Condado, cerca de 300 metros a sul.

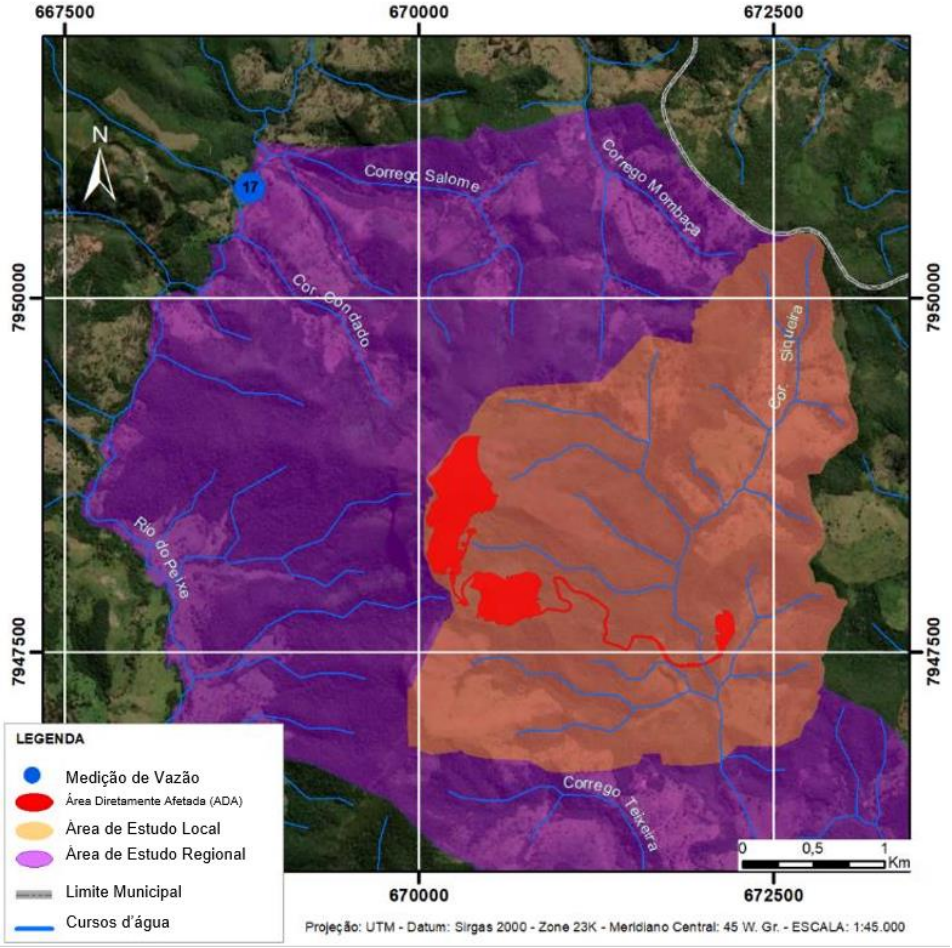



Figura 9-222 – Imagem satélite contendo a localização do ponto P17 (HercS-HA-20).

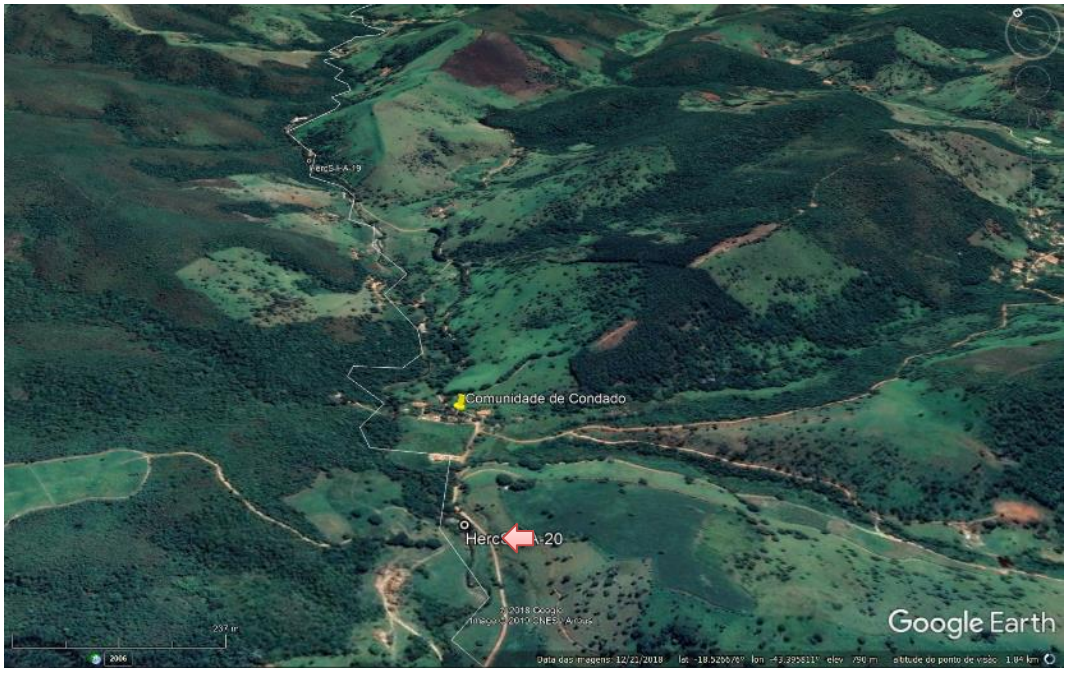



Figura 9-223 – Imagem satélite contendo a localização do ponto P17 (HercS-HA-20).

Os resultados das medições de vazão realizadas nas campanhas de 18/10/18 e 17/01/19 encontram-se na tabela a seguir.

Tabela 9.82 – Resultados das medições de vazão no ponto P17 (HercS-HA-20) – Rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento e a jusante dos pontos P01 (HercS-HA-01) e P16 (HercS-HA-19).

| Ponto de Medição | Data | Vazão (L/s) | Vazão ($m^3/s$) | Vazão ($m^3/h$) | Tipo de Medição |
|---|---|---|---|---|---|
| Ponto 17 (HercS-HA-20) | 18/10/2018 | 71,30 | 0,071 | 256,680 | Molinete - Price |
| | 18/01/2019 | 183,82 | 0,184 | 661,737 | Molinete - Price |

A campanha de 18/10/18 representa um momento do regime hidrológico do mês de outubro, que caracteriza um mês de transição entre os períodos de estiagem e úmido regional e a de 18/01/19 representa um momento do regime hidrológico do mês de janeiro, que está inserido no período úmido regional.

A vazão aumentou de forma significativa (2,6 vezes a mais) de outubro de 2018 a janeiro de 2019, sendo que neste último devido às chuvas a vazão foi maior.

**Ponto P18 (HercS-HA-21) – Rio do Peixe, a montante do ponto de captação da COPASA**

Este ponto está localizado no rio do Peixe, a montante do ponto de captação da COPASA para sede do Município (onde está o Ponto 06 - HercS-HA-06), cerca de 2,5km a norte e a jusante da fazenda Guilis, cerca de 1,8km a sul. Em linha reta está a 3,4 a sudoeste da ADA.

Lembrando que o empreendimento está todo localizado na vertente da bacia do rio Guanhães. Portanto, não atinge a bacia do rio do Peixe.

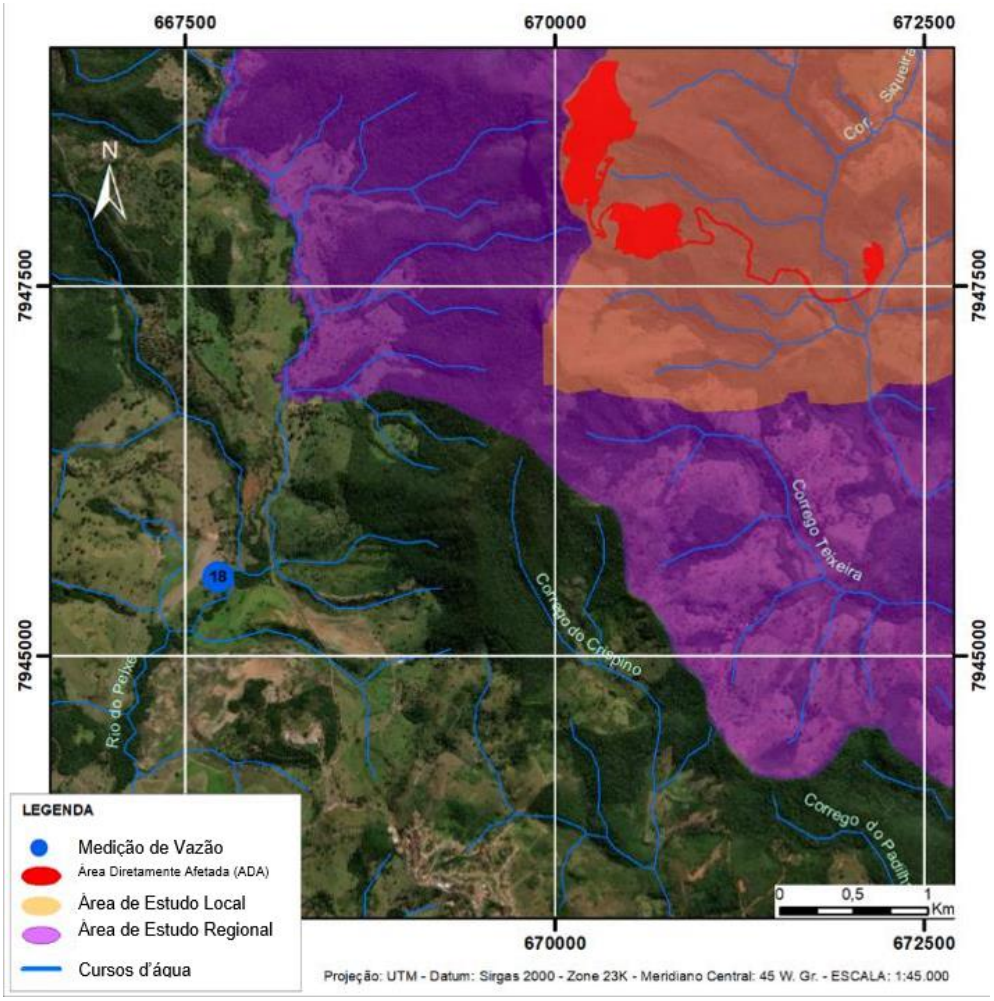



Figura 9-224 – Imagem satélite contendo a localização do ponto P18 (HercS-HA-21).

Os resultados das medições de vazão realizadas nas campanhas de 18/10/18 e 17/01/19 encontram-se na tabela a seguir.

Tabela 9.83 – Resultados das medições de vazão ponto P18 (HercS-HA-21) – Rio do Peixe, a montante do ponto de captação da COPASA.

| Ponto de Medição | Data | Vazão (L/s) | Vazão (m³/s) | Vazão (m³/h) | Tipo de Medição |
|---|---|---|---|---|---|
| Ponto 18 (HercS-HA-21) | 18/10/2018 | 192,22 | 0,192 | 692,0 | Molinete - Price |
| | 17/01/2019 | 263,26 | 0,263 | 947,7 | Molinete - Price |

A campanha de 18/10/18 representa um momento do regime hidrológico do mês de outubro, que caracteriza um mês de transição entre os períodos de estiagem e úmido regional e a de 18/01/19 representa um momento do regime hidrológico do mês de janeiro, que está inserido no período úmido regional.

A vazão aumentou de outubro de 2018 a janeiro de 2019, sendo que neste último devido às chuvas a vazão foi maior.

**Ponto 19 (HercS-HA-22) – Rio do Peixe, a jusante do ponto de captação da COPASA**

O ponto P19 (HercS-HA-22) está localizado a sul da sede do município do Serro, a jusante do ponto de captação da COPASA (cerca de 9 km), que serve o Município, cujas coordenadas UTM são: 668812 (Leste); 7938234 (Norte).

Este ponto fica na bacia do rio do Peixe na vertente leste da Serra do Condado, ou seja, fora da bacia que o empreendimento vai realizar suas atividades minerárias.

Ele está a cerca de 7,0 km ao sul da sede do município seguindo pela MG-010, a esquerda da rodovia, sentido Serro-Conceição do Mato Dentro.

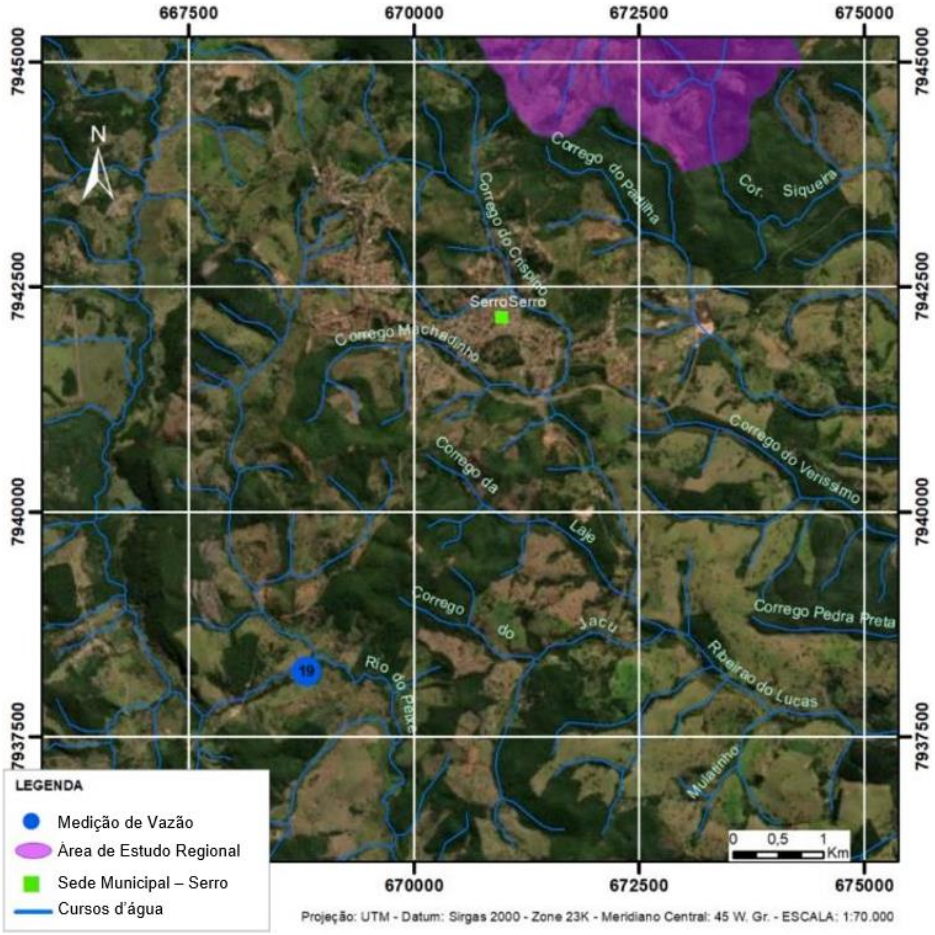



Figura 9-225 – Imagem satélite contendo a localização do ponto P19 (HercS-HA-22).

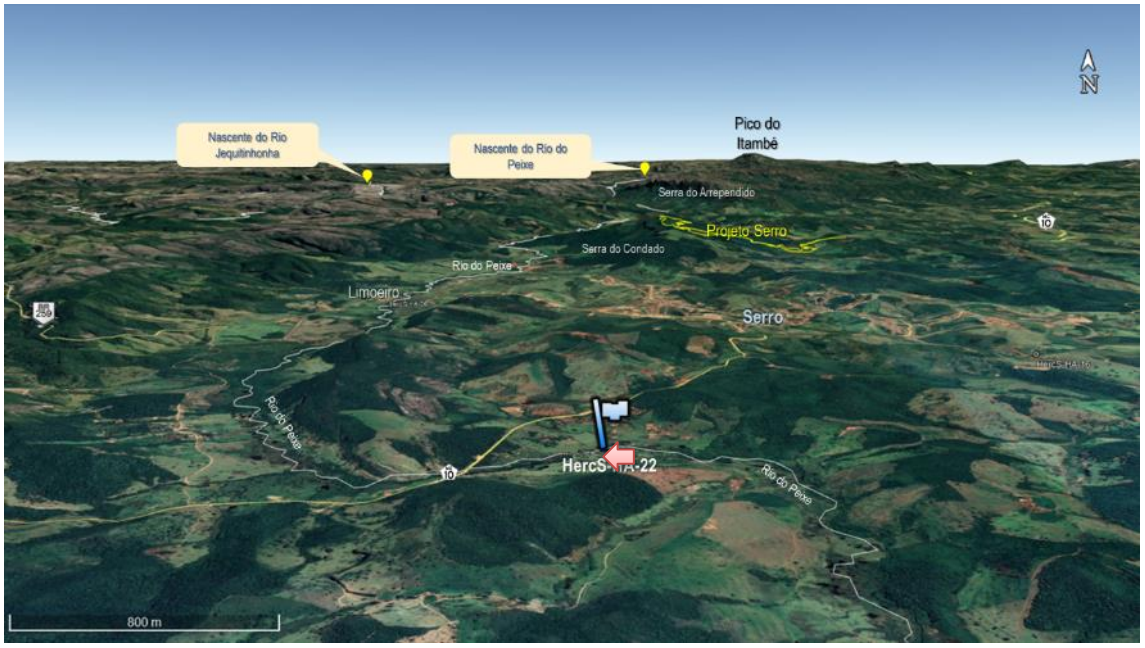



Figura 9-226 – Imagem satélite contendo a localização do ponto P19 (HercS-HA-22).

Os resultados das medições de vazão realizadas nas campanhas de 18/10/18 e 17/01/19 encontram-se na tabela a seguir.

Tabela 9.84 – Resultados das medições de vazão ponto P19 (HercS-HA-22) – Rio do Peixe, a jusante do ponto de captação da COPASA.

| Ponto de Medição | Data | Vazão (L/s) | Vazão (m³/s) | Vazão (m³/h) | Tipo de Medição |
|---|---|---|---|---|---|
| Ponto 19 (HercS-HA-22) | 18/10/2018 | 401,64 | 0,402 | 1445,9 | Molinete - Price |
| | 17/01/2019 | 956,10 | 0,956 | 3441,9 | Molinete - Price |

A campanha de 18/10/18 representa um momento do regime hidrológico do mês de outubro, que caracteriza um mês de transição entre os períodos de estiagem e úmido regional e a de 18/01/19 representa um momento do regime hidrológico do mês de janeiro, que está inserido no período úmido regional.

A vazão aumentou de forma significativa de outubro de 2018 a janeiro de 2019, sendo que neste último devido às chuvas a vazão foi maior. Mesmo comportamento foi observado nos pontos anteriores.

A figura abaixo apresenta os resultados de vazão por data de coleta para os quatro pontos.

Observa-se através dos gráficos a seguir que o ponto P19 (HercS-HA-22) localizado no rio do Peixe, a jusante da captação da COPASA é o que apresentou maior vazão em ambas as datas de coleta, seguido pelo ponto P18 (HercS-HA-21) localizado a montante da captação da COPASA.

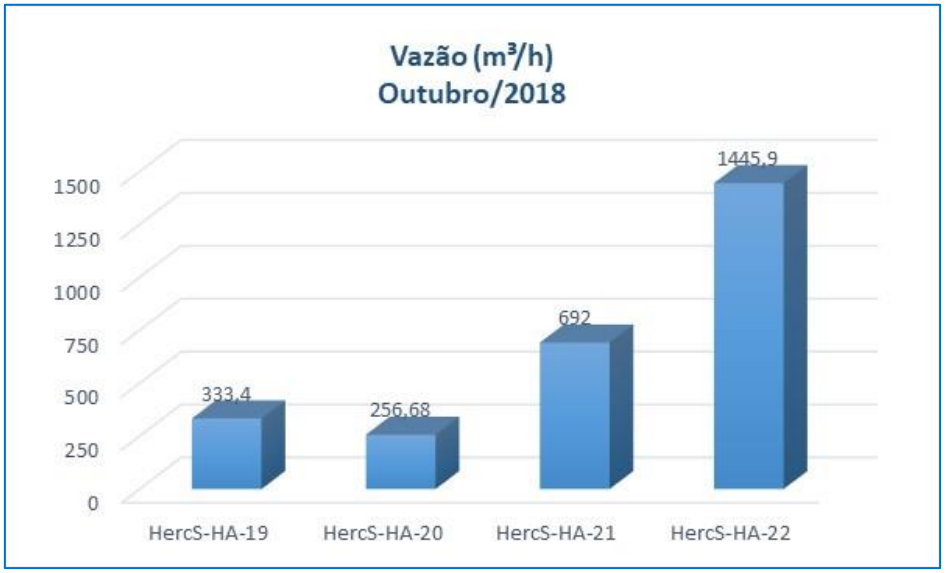



Figura 9-227 – Resultados de vazão em m³/h obtidos no mês de outubro de 2018.

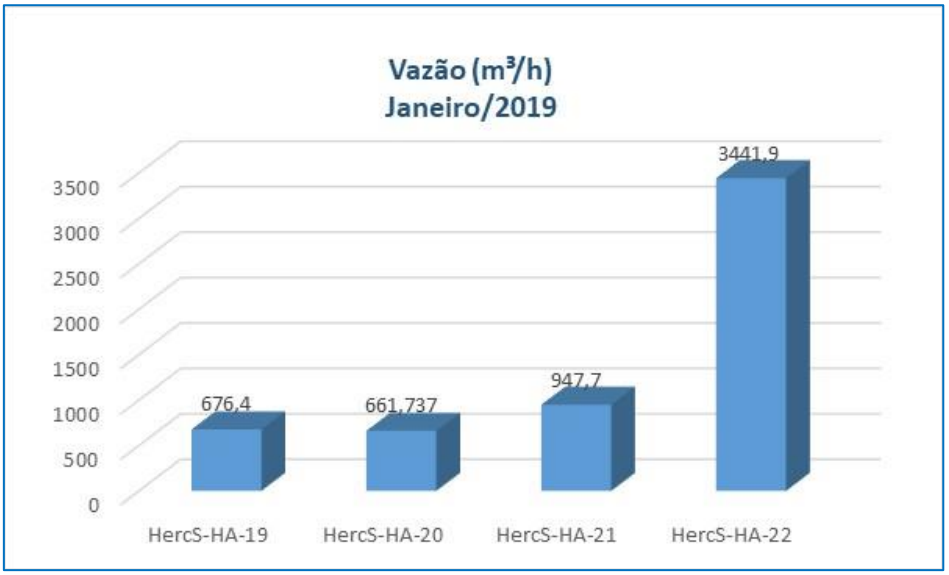



Figura 9-228 – Resultados de vazão em m³/h obtidos no mês de janeiro de 2019.

### 9.9.9.2 Resultados das medições de vazão nos pontos de qualidade das águas superficiais

A seguir serão apresentados os resultados das medições de vazão realizados nos pontos de qualidade das águas. Nestes, foram realizadas nove campanhas, sendo que em alguns pontos em algumas datas não foi possível fazer a medição.

A campanha de 18/10/18 representa um momento do regime hidrológico do mês de outubro, que caracteriza um mês de transição entre os períodos de estiagem e úmido regional e a de 18/01/19 representa um momento do regime hidrológico do mês de janeiro, que está inserido no período úmido regional. Na data

18/10/18 o ponto em que a vazão foi a menor foi o P4 (HercS-HA-04) quando acusou um valor de 2,02 $m^3.h^{-1}$ e o ponto com maior vazão foi o P14 (HercS-HA-17) que acusou um valor de 2704,9 $m^3.h^{-1}$.

As campanhas de maio e agosto de 2019 representam um momento do regime hidrológico que está inserido no início e durante o período seco regional e as de dezembro e março representam um momento do regime hidrológico inserido no período de chuva.

Em 2019, a menor vazão foi observada no ponto P10 (HercS-HA-10) quando acusou um valor de 4,7 $m^3.h^{-1}$ e a maior no ponto 14 (HercS-HA-17) tendo acusado um valor de 6859 $m^3.h^{-1}$.

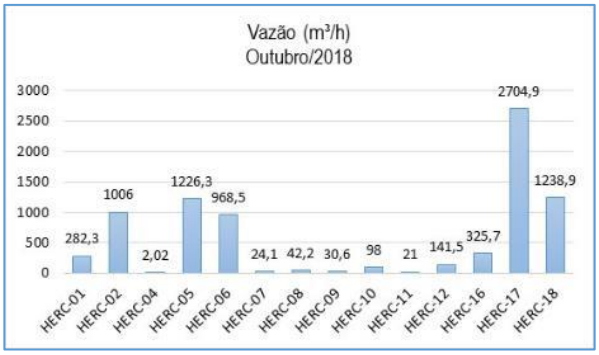
Em 2020, a menor vazão foi observada no ponto P10 (HercS-HA-10) quando acusou um valor de 30,6 $m^3.h^{-1}$ e a maior no ponto 2 (HercS-HA-02) tendo acusado um valor de 4002,1 $m^3.h^{-1}$. Já em 2021, a menor vazão foi observada no ponto P9 (HercS-HA-09) quando acusou um valor de 2,3 $m^3.h^{-1}$ e a maior no ponto P7 (HercS-HA-07) tendo acusado um valor de 4038,7 $m^3.h^{-1}$.

A tabela a seguir apresenta os resultados das medições de vazão em $m^3.h^{-1}$ obtidas para os pontos de águas superficiais nos meses de outubro/2018; janeiro/2019; maio/2019; agosto/2019; dezembro/2019; março/2020, agosto/2020, março/2021 e julho/2021.

Tabela 9.85 – Resultados das medições de vazão em $m^3.h^{-1}$ nos pontos de coleta de qualidade de águas superficiais.

| Número do Ponto | Código do Ponto | Data de Medição de Vazão | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 18/10/18 | 18/01/19 | 31/05/19 | 22/08/19 | 16/12/19 | 16/03/20 | 01/08/20 | 01/03/21 | 19/07/21 |
| 01 | HERC-01 | 282,3 | 454,9 | 316,3 | 180,6 | 560,7 | 2197,2 | 715,8 | 1131,3 | - |
| 02 | HERC-02 | 1006,0 | 472,3 | 462,4 | 434,8 | 890,0 | 4002,1 | 1187,7 | 2245,3 | 580,3 |
| 04 | HERC-04 | 2,02 | - | - | - | - | - | - | - | 8,84 |
| 05 | HERC-05 | 1226,3 | 747,3 | 485,4 | 429,3 | 1018,6 | - | 38,5 | 87,5 | 806,3 |
| 06 | HERC-06 | 968,5 | 1418,2 | 591,2 | 447,9 | 2235,1 | - | 1205,2 | 2226,0 | 972,2 |
| 07 | HERC-07 | 24,1 | - | 43,4 | 43,4 | 30,9 | 331,5 | 1908,0 | 4038,7 | 172,1 |
| 08 | HERC-08 | 42,2 | - | 81,6 | 67,8 | 62,6 | 53,2 | 24,1 | 298,7 | 12,4 |
| 09 | HERC-09 | 30,6 | - | - | 14,6 | 14,5 | - | 42,2 | 27,4 | 2,3 |
| 10 | HERC-10 | 98,0 | 67,6 | 52,2 | 103,8 | 4,7 | 213 | 30,6 | 16,4 | 105,1 |
| 11 | HERC-11 | 21,0 | - | - | - | - | 84,8 | 118,2 | 194,8 | 47,9 |
| 12 | HERC-12 | 141,5 | 184,3 | 133,8 | 101 | 297,1 | 1510,8 | 49,3 | 44,3 | 402,9 |
| 13 | HERC-16 | 325,7 | - | 186,8 | 112 | 224,8 | 1276,5 | 482,4 | 725,2 | - |
| 14 | HERC-17 | 2704,9 | - | 6859 | 469,3 | 2149,9 | - | 407,9 | 333,7 | - |
| 15 | HERC-18 | 1238,9 | 455,6 | 316,1 | 134,8 | 858,1 | - | 2584,0 | 3231,2 | - |

A figura a seguir apresenta os gráficos de medição de vazão por data.



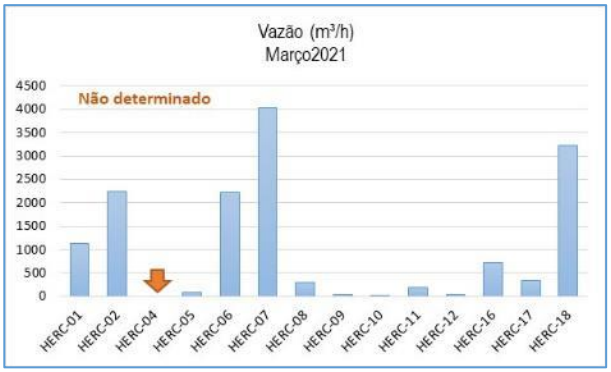



Figura 9-229 – Gráficos dos resultados das medições de vazão nos pontos de coleta para avaliação da qualidade das águas superficiais.

Figura 9-230 – Gráficos dos resultados das medições de vazão nos pontos de coleta para avaliação da qualidade das águas superficiais. Continuação.

#### 9.9.9.3 Conclusões

Os maiores valores de vazão no período analisado e que foram observados com maior frequência foram detectados no rio do Peixe, ribeirão do Lucas e córrego da Prata. Já os menores valores foram observados com maior frequência no córrego Siqueira, a jusante do sump de contenção de sedimentos e da área de apoio e pátio de produtos.

Considerando-se todos os pontos e datas de medição de vazão, verificou-se que no período analisado os pontos com menor vazão foram detectados no P4 (HercS-HA-04 – Nascente W Condado, a jusante do futuro empreendimento) em 18/10/18 e P9 (HercS-HA-09 – Afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava grande e disposição de itabiritos) em 19/07/21. Já os maiores valores foram detectados no P14 (HercS-HA-17 – Ribeirão do Lucas, a jusante do futuro empreendimento) na data 31/05/19 e no P7 (HercS-HA-07 – Afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura pilha de estéril Franco) na data 01/03/21.

### 9.9.10 Avaliação da Qualidade dos Sedimentos de Fundo dos Pontos de Coleta de Águas Superficiais

#### 9.9.10.1 Introdução

O objetivo deste item é apresentar um “retrato” da atual situação da qualidade dos sedimentos amostrados nos cursos d’água, que se encontram nas áreas que poderiam sofrer um impacto adverso em função da atividade minerária. Para isto, avaliou-se os sedimentos coletados nos córregos inseridos na AEL e AER de avaliação do presente Estudo de Impacto Ambiental (EIA).

Sedimentos são camadas de partículas minerais e orgânicas, frequentemente de granulometria fina, que são encontrados no fundo de corpos de águas naturais como lagos, rios e oceanos. A proporção entre minerais e matéria orgânica varia substancialmente, dependendo da localização. Os sedimentos são de muita importância ambiental porque eles são o depósito de muitas substâncias químicas, especialmente metais pesados e compostos orgânicos tais como HPA e pesticidas, a partir dos quais eles podem ser transferidos para os organismos que habitam essa região. Portanto, a proteção da qualidade dos sedimentos é um dos componentes de todo gerenciamento de águas (BAIRD, C. e CANN, M., 2011).

Sedimentos de rios e lagos funcionam como drenos de elementos-traço de diversas origens, refletindo a composição do solo das áreas em torno deles, bem como atividades antropogênicas. Assim, a concentração de elementos-traço em sedimentos constitui-se num indicador mais adequado para estimativas da contaminação das águas por esses elementos. Por esse motivo, para avaliar a extensão da contaminação com metais pesados em águas é essencial que amostras de sedimentos, sejam também analisadas, junto com a análise de água (ZULIANI ET AL., 2017).

A interface sedimento-água é a região do ecossistema aquático onde se observam as maiores intensidades dos processos de oxidação e redução de compostos como nitrogênio, manganês, ferro, enxofre e carbono. Nela, as alterações nos valores de concentração de oxigênio e potencial redox são mais frequentes e mais pronunciadas. Estas alterações, por sua vez, são fortemente influenciadas pelas concentrações de oxigênio na coluna d'água (ESTEVES, 1989).

Segundo ESTEVES (1989), o sedimento pode ser considerado como resultado da integração de todos os processos que ocorrem em um sistema aquático. Nele ocorrem processos biológicos, físicos e / ou químicos, que influenciam o metabolismo de todo o sistema. Além disso, é importante na avaliação da intensidade e formas de impactos a que os ecossistemas aquáticos estão ou estiveram submetidos.

Considerando os três compartimentos mais importantes no que diz respeito a metais pesados (epilímnio, plâncton total e sedimentos) observa-se que o sedimento é o principal reservatório destes elementos, seguido pelo plâncton total.

Uma grande proporção dos metais descarregados em sistemas aquáticos é basicamente incorporada aos sedimentos. Nos últimos anos, esse material tem sido muito utilizado para a avaliação da poluição por metais em águas naturais, uma vez que funciona como compartimento concentrador de poluentes (OBERDÁ apud JORDÃO, 1983).

A presença de metais nos sedimentos de corpos hídricos representa um potencial latente da degradação continuada desses ambientes, mesmo que a coluna d'água e sua biota não representem concentrações desses elementos, acima daquelas previstas na legislação vigente da qualidade da água (MORAES et al apud MOZETO, 2001).

Uma vez no sedimento, os metais podem retornar à coluna d'água através de processos de mudanças nas condições de pH, oxigênio dissolvido, potencial redox e aumento da concentração de ligantes orgânicos na fração dissolvida (Gomes, 2016 apud TAYAB, 1991). Ao retornarem a coluna d'água, os metais podem ser absorvidos por organismos filtradores através da fração solúvel na água e pela retenção de partículas sólidas (GOMES, 2016 apud RAINBOW, 2002). A fração dissolvida pode ainda ser absorvida pelos produtores primários, que são fonte de alimento para uma variedade de herbívoros, além disto, ao morrerem estes organismos podem ser consumidos por organismos detritívoros, levando a incorporação desses metais à cadeia trófica (GOMES, 2016 apud MISHRA et al., 2008).

O sedimento diferente da água cujos dados analisados representam somente o momento da amostragem, uma vez que o ambiente é dinâmico, os dados obtidos por estudos de sedimentos são mais realistas, uma vez que os contaminantes estão muitas vezes retidos no compartimento, sofrendo menos variação ao longo do tempo em comparação com a água. O sedimento fornece um registro histórico do ecossistema aquático, podendo indicar eventos de poluição que ocorreram no passado.

O sedimento pode ser considerado como resultado da integração de todos os processos que ocorrem em um sistema aquático.

Visando caracterizar quimicamente os sedimentos nos córregos inseridos na área de influência do futuro empreendimento, determinou-se a concentração de alguns elementos, os quais foram reunidos em três grupos: elementos traços (Hg, Pb, Cd, As e Ni); macroelementos (Al, Si, K, Na, P, Ca, Ti e Fe) e microelementos (Mn, Mg, Cu, Zn, Co e Cr). Para isto, foi realizada uma campanha de amostragem nas datas 19 e 20/07/21.

Os macro e microelementos foram analisados por Raios X e os elementos traços por Espectrometria de emissão óptica com plasma - ICP OES.

### 9.9.10.2 Estações de Amostragem de Sedimento

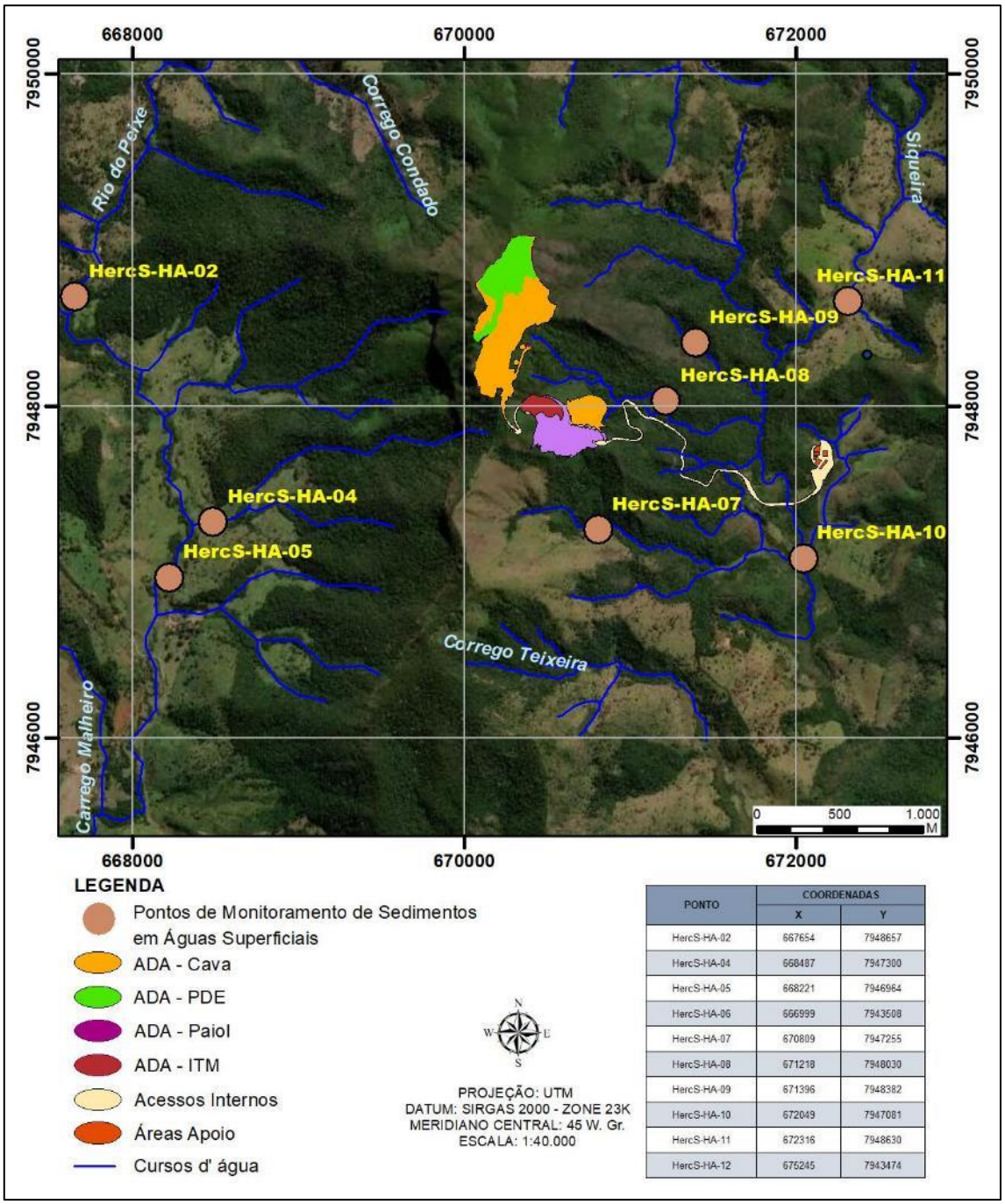
Neste item serão apresentados os locais de coleta de sedimento nos cursos d'agua que estão inseridos nas áreas de estudo local e regional (AEL e AER) do EIA/RIMA, bem como pontos de interesse no entorno do empreendimento, ainda que não inseridos na AER ou AEL do empreendimento. Desta maneira, mesmo pontos localizados fora das áreas de estudo do EIA, foram objeto de análise para conhecimento e definição de *background* do entorno.

As amostras de sedimento de fundo foram coletadas nos mesmos locais em que foram amostradas as águas superficiais nas datas 19 e 21/07/21. A tabela a seguir apresenta os pontos de coleta de sedimentos coletados às margens dos cursos d'água.

Tabela 9.86 – Pontos de coleta de sedimentos de fundo (UTM - SIRGAS 2000).

| Nomenclatura | Descrição do Ponto | UTM-E | UTM-N |
|---|---|---|---|
| HercS-HA-02 | Rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento. | 667654 | 7948657 |
| HercS-HA-04 | Nascente W Serra Condado, a jusante do futuro empreendimento. | 668487 | 7947300 |
| HercS-HA-05 | Rio do Peixe, a jusante do futuro empreendimento. | 668221 | 7946964 |
| HercS-HA-06 | Rio do Peixe, captação da COPASA. | 666999 | 7943508 |
| HercS-HA-07 | Afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura Pilha de Estéril Franco. | 670809 | 7947255 |
| HercS-HA-08 | Afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava grande e da cava menor. | 671218 | 7948030 |
| HercS-HA-09 | Afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava grande e disposição de Itabiritos. | 671396 | 7948382 |
| HercS-HA-10 | Córrego Siqueira, a jusante do sump de contenção de sedimentos e da área de apoio e pátio de produtos. | 672049 | 7947081 |
| HercS-HA-11 | Córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento. | 672316 | 7948630 |
| HercS-HA-12 | Córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento. | 675245 | 7943474 |

A figura a seguir ilustra a localização dos pontos de coleta de sedimentos de fundo de águas superficiais.




| PONTO | COORDENADAS | |
|---|---|---|
| | X | Y |
| HercS-HA-02 | 667654 | 7948657 |
| HercS-HA-04 | 668487 | 7947300 |
| HercS-HA-05 | 668221 | 7946964 |
| HercS-HA-06 | 666999 | 7943508 |
| HercS-HA-07 | 670809 | 7947255 |
| HercS-HA-08 | 671218 | 7948030 |
| HercS-HA-09 | 671396 | 7948382 |
| HercS-HA-10 | 672049 | 7947081 |
| HercS-HA-11 | 672316 | 7948630 |
| HercS-HA-12 | 675245 | 7943474 |

Figura 9-231 – Detalhe visual dos locais dos pontos de sedimento de fundo de águas superficiais.

* Cavidades HercS-HA-06 e HercS-HA-12 não inseridos no traçado em função de sua maior distância para a ADA

A seguir são apresentadas as estações de amostragem onde foram coletadas as amostras de sedimento.

**- Ponto 02 (HercS-HA-02)**

O Ponto 02 (HercS-HA-02) está localizado no rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento, cuja coordenada UTM é: 667654 (Leste) / 7948657 (Norte).

Este ponto fica a montante do empreendimento, ou seja, fora da bacia que o empreendimento vai realizar suas atividades minerárias, servindo como ponto de controle. A bacia que poderá sofrer algum impacto é a do rio Guanhães.

Ele está a 2,4 km a oeste do limite da ADA, mais precisamente da cava e da disposição de itabiritos.

Figura 9-232 – Coleta de sedimento na margem do rio do Peixe em 21/07/21.

**- Ponto 04 (HercS-HA-04)**

O ponto 04 (HercS-HA-04) está localizado na Nascente W Serra Condado, a jusante do futuro empreendimento, cuja coordenada UTM é: 668487 (Leste) / 7947300 (Norte).

Este ponto fica a jusante do futuro empreendimento, mais precisamente na vertente oeste do empreendimento. O córrego é afluente do rio do Peixe e está a aproximadamente 140 m do ponto onde o córrego deságua no rio do Peixe e cerca de 1,4 km a montante da ponte da LMG – 735 que corta o rio do Peixe. Está cerca de 1,8 km noroeste do limite da ADA e a 750 m a norte (montante) da Fazenda Guilis. Neste ponto o volume de água é muito baixo.

As fotos a seguir ilustram a coleta de sedimento no ponto HercS-HA-04 na data 21/07/21.

Figura 9-233 – Coleta de sedimento na nascente W Serra Condado em 21/07/21.

**- Ponto 05 (HercS-HA-05)**

O ponto 05 (HercS-HA-05) está localizado no rio do Peixe, a jusante do futuro empreendimento, cuja coordenada UTM é: 668221 (Leste) / 7946964 (Norte).

Este ponto fica no rio do Peixe, a jusante do empreendimento e cerca de 350 m a jusante do ponto 04 (HercS-HA-04). Também está cerca de 400 m a montante do ponto de coleta da Fazenda Guilis. Este ponto também está muito próximo do ponto P3 – Rio do Peixe avaliado pela Arcadis em 2014.

As fotos a seguir ilustram a coleta de sedimento no ponto HercS-HA-05 na data 21/07/21.

Figura 9-234 – Coleta de sedimento na margem do rio do Peixe em 21/07/21.

**- Ponto 06 (HercS-HA-06)**

O ponto 06 (HercS-HA-06) está localizado no rio do Peixe, no ponto de captação da COPASA, para abastecimento do município, cuja coordenada UTM é: 666999 (Leste) / 7943508 (Norte).

Este ponto fica no rio do Peixe, na captação da COPASA, na ponte onde passa a BR-259. Também está a 250 m a leste da comunidade de Limoeiro, seguindo pela BR-259. O uso do solo próximo ao ponto é para pastagem.

As fotos a seguir ilustram a coleta de sedimento no ponto HercS-HA-06 na data 21/07/21.

Figura 9-235 – Coleta de sedimento na margem do rio do Peixe, na captação da COPASA em 21/07/21.

**- Ponto 07 (HercS-HA-07)**

O ponto 07 (HercS-HA-07) está localizado no afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura Pilha de Estéril Franco, cuja coordenada UTM é: 670809 (Leste) / 7947255 (Norte).

Este ponto fica no ponto localizado em um afluente de primeira ordem do córrego Siqueira, aproximadamente 1,4 km a oeste do ponto onde esse afluente sem toponímia deságua no córrego Siqueira. Este ponto está dentro da AEL- Área de Estudo Local.

Também está a jusante da futura pilha de estéril Franco, cerca de 550 m a sudeste. A drenagem da pilha de estéril contribui para esse ponto de coleta.

As fotos a seguir ilustram a coleta de sedimento no ponto HercS-HA-07 na data 19/07/21.

Figura 9-236 – Coleta de sedimento na margem do afluente do córrego Siqueira em 19/07/21.

**- Ponto 08 (HercS-HA-08)**

O ponto 08 (HercS-HA-08) está localizado no afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava grande e da cava menor, cuja coordenada UTM é: 671218 (Leste) / 7948030 (Norte).

Este ponto está localizado em um afluente de primeira ordem do córrego Siqueira, aproximadamente 0,6 km a oeste do ponto onde esse afluente sem toponímia deságua no córrego Siqueira. Este ponto está dentro da AEL- Área de Estudo Local. A drenagem da cava maior e do acesso são áreas de contribuição para esse ponto de coleta.

A área da cava menor terá sua drenagem direcionada para um *sump* interno, porém, até o ano 06 a drenagem dessa cava também contribuirá para água que passa por esse ponto de coleta.

As fotos a seguir ilustram a coleta de sedimento no ponto HercS-HA-08 na data 19/07/21.

Figura 9-237 – Local da coleta de água e sedimento no afluente do córrego Siqueira em 19/07/21.

**- Ponto 09 (HercS-HA-09)**

O ponto 09 (HercS-HA-09) está localizado no afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava grande e disposição de Itabiritos, cuja coordenada UTM é: 671396 (Leste) / 7948382 (Norte).

Este ponto está localizado em um afluente de primeira ordem do córrego Siqueira, aproximadamente 0,7 km a oeste do ponto onde esse afluente sem toponímia deságua no córrego Siqueira. Este ponto está dentro da área AEL- Área de Estudo Local. A jusante das áreas da cava grande e onde será realizada a disposição de itabiritos (na cava).

A foto a seguir ilustra a coleta de sedimento no ponto HercS-HA-09 na data 19/07/21.

Figura 9-238 – Local de coleta do ponto HercS-HA-09 na data 19/07/21.

**- Ponto 10 (HercS-HA-10)**

O ponto 10 (HercS-HA-10) está localizado em um afluente do córrego Siqueira, a jusante do *sump* de contenção de sedimentos e da área de apoio e pátio de produtos, cuja coordenada UTM é: 672049 (Leste) / 7947081 (Norte).

Este ponto está localizado no córrego Siqueira, a montante da descarga do ponto 07 (HercS-HA-07), a aproximadamente 85 m antes da confluência dos dois cursos d'águas. Está a jusante do maciço do *sump* de contenção de sedimentos e da área de apoio e pátio de produtos (minério). Cerca de 300 metros.

A foto a seguir ilustra a coleta de sedimento no ponto HercS-HA-10 na data 19/07/21.

Figura 9-239 – Local de coleta do ponto HercS-HA10 na data 19/07/21.

**- Ponto 11 (HercS-HA-11)**

O ponto 11 (HercS-HA-11) está localizado no córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento, cuja coordenadas UTM são: 672316 (Leste); 7948630 (Norte).

Este ponto fica no córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento, dentro dos limites da área indiretamente afetada. Está cerca de 250 m a jusante da sede da Fazenda São Romão e cerca de 300 m a montante da sede da Fazenda São José. Este ponto não sofrerá contribuição das áreas do projeto, sendo um ponto controle.

Figura 9-240 – Local de coleta do ponto HercS-HA11 na data 19/07/21.

**- Ponto 12 (HercS-HA-12)**

O ponto 12 (HercS-HA-12) está localizado no córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento, cuja coordenada UTM é: 675245 (Leste) / 7943474 (Norte).

Este ponto fica em um ponto no córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento, dentro dos limites da área indiretamente afetada. Está cerca de 7,7 km a jusante da ADA, mais precisamente do *sump* de contenção de sedimentos e área de apoio. O ponto encontra-se abaixo da ponte da MG-010, partindo do Serro em direção a nordeste e está cerca de 5 km da sede do município.

Figura 9-241 – Local de coleta do ponto HercS-HA12 na data 19/07/21.

### 9.9.10.3 Método de Amostragem e de Análise de Sedimento

Os métodos de amostragem e de análise neste item se referem à matriz sedimento.

Os trabalhos de coleta e análise foram desenvolvidos pelo laboratório **VISÃO AMBIENTAL LTDA.**, tomando-se como referências de análises e amostragens as normas e métodos estabelecidos pelo *"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", em sua 23ª edição de 2017.*

As normas, cuidados e análises empregados na coleta se basearam na NBR 9898, que dispõe sobre a preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Utilizaram-se também as terminologias indicadas pela NBR 9896 e as disposições sobre procedimentos e planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores descritos na NBR 9897.

- Método de Amostragem.

Os sedimentos foram coletados diretamente nas margens dos córregos, nos mesmos locais de amostragem de água superficial, com auxílio de uma pá de aço inoxidável, acondicionados em sacos plásticos e em seguida identificados.

Figura 9-242 – Coleta de sedimento para análise de elementos químicos.

Da mesma forma que para a água, o sedimento foi coletado para a análise de uma série de elementos químicos e para análises qualitativa e quantitativa da comunidade bentônica.

O método utilizado para coleta das comunidades bentônicas foi o método de rede (Kick Net), tendo em vista os locais e tipos de substrato amostrados.

Figura 9-243 – Coleta de sedimento para análise de comunidades bentônicas.

Empregou-se, como instrumento de coleta para as comunidades bentônicas, uma rede (tipo pulsar) adaptada a uma haste metálica de alumínio. O saco da rede possui 40 cm de comprimento e uma abertura triangular de 30 x 30 x 40 cm (aproximadamente 0,05 $m^2$).

A malha da rede utilizada foi de aproximadamente 1 mm. A haste possui um cabo telescópio, cujo comprimento varia de 2 metros a 5 metros de comprimento.

As análises hidrobiológicas incluindo as comunidades bentônicas serão contemplados em outro item do presente estudo.

- Metodologia de Análise.

As análises foram todas desenvolvidos pelo laboratório VISÃO AMBIENTAL LTDA, tomando-se como referências de análises os métodos estabelecidos pelo *"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", em sua 23ª edição de 2017.*

### 9.9.10.4 Discussão dos resultados dos parâmetros químicos avaliados nos pontos de coleta de sedimento.

Para a discussão dos resultados dos parâmetros traços analisados nas amostras de sedimentos coletados nas margens dos cursos d'água inseridos na área de estudo do EIA, serão tomados como referência os valores guias estabelecidos na Resolução CONAMA nº 454, de 01 de novembro de 2012, que estabelece diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas de jurisdição nacional.

Diversos estudos foram desenvolvidos no sentido de mensurar os riscos que a concentração de um determinado elemento estocado em sedimento pode oferecer à biota aquática. Estes estudos visam estabelecer guias que norteassem a qualidade dos sedimentos, os chamados Valores Guias da Qualidade

dos Sedimentos (VGQS) que têm sido largamente utilizados para avaliar o risco de contaminação de sedimentos (OLIVEIRA et al, 2018 apud Mac DONALD et al, 2000).

Como no Brasil não há uma legislação específica para sedimentos, foram utilizados valores guias estipulados na Resolução CONAMA nº 454/2012 citada acima. Os valores guias têm como referência publicações oficiais canadenses, norte-americanas e europeias, as quais encontram-se listadas nesta resolução.

A resolução prevê dois níveis de classificação do material a ser dragado em portos:

- I - nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota;
- II - nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota.

O enquadramento do material dragado em uma das classes obedecerá ao disposto nos valores orientadores da resolução

Os resultados também foram comparados com os valores de prevenção (*Treshold Effects Level* – TEL) do *Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008* (NOAA – SQRT).

A tabela a seguir apresenta os níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012 e os valores de prevenção (TEL) da NOAA – SQRT para inorgânicos em sólido.

Tabela 9.87 – Parâmetros Legais de Referência para Sedimentos de Água Doce.

| Elementos Químicos | Unidade | Níveis de Classificação – Água Doce* | | NOAA - SQRT 2008** |
|---|---|---|---|---|
| | | Nível 1 | Nível 2 | TEL |
| **Arsênio (As)** | $mg.kg^{-1}$ | 5,9 | 17 | 5,9 |
| **Cádmio (Cd)** | $mg.kg^{-1}$ | 0,6 | 3,5 | 0,59 |
| **Chumbo (Pb)** | $mg.kg^{-1}$ | 35 | 91,3 | 35 |
| **Cobre (Cu)** | $mg.kg^{-1}$ | 35,7 | 197 | 35,7 |
| **Cromo (Cr)** | $mg.kg^{-1}$ | 37,3 | 90 | 37,3 |
| **Ferro (Fe)** | % | - | - | 2,00 |
| **Manganês** | $mg.kg^{-1}$ | - | - | 460 |
| **Mercúrio (Hg)** | $mg.kg^{-1}$ | 0,17 | 0,486 | 0,17 |
| **Níquel (Ni)** | $mg.kg^{-1}$ | 18 | 35,9 | 18 |
| **Zinco (Zn)** | $mg.kg^{-1}$ | 123 | 315 | 123 |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

### 9.9.11 Discussão dos resultados por parâmetro químico

Os resultados referentes às concentrações de metais, matéria orgânica e valores de pH nas amostras de sedimentos coletadas nos de coleta P2 - HercS-HA-02 (Rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento), P4 - HercS-HA-04 (Nascente W Serra Condado, a jusante do futuro empreendimento), P5 - HercS-HA-05 (Rio do peixe, a jusante do futuro empreendimento), P6 - HercS-HA-06 (Rio do Peixe, Captação da COPASA), P7 - HercS-HA-07 (Afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura pilha de estéril Franco), P8 - HercS-HA-08 (Afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava grande e da cava menor), P9 - HercS-HA-09 (Afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava grande e disposição de itabiritos), P10 - HercS-HA-10 (Córrego Siqueira, a jusante do sump de contenção de sedimentos e da área de apoio e pátio de produtos), P11 - HercS-HA-11 (Córrego Siqueira, a montante do futuro empreendimento) e P12 - HercS-HA-12 (Córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento). Os resultados dos metais foram expressos em mg.kg-1 de sedimento seco.

- Arsênio (As).

O metaloide arsênio é encontrado em ambiente natural nos estados de oxidação -3, +3 e +5. É um veneno bem conhecido, e não é um elemento essencial para o corpo humano. Na água, esse metaloide é encontrado em dois estados de oxidação: +3 e +5. Ocorre raramente em estado nativo e tem como principais minerais a arsenopirita (FeAsS), loellingita ($FeAs_2$), ouro-pigmento ($As_2S_3$) e o realgar (AsS).

Os resultados das análises de arsênio nos sedimentos coletados nos pontos de coleta nas datas 19/07/21 e 21/07/21 podem ser observados através da tabela e figura a seguir.

Como pode ser verificado através da Tabela 9.65 o arsênio acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<10,0 mg.$Kg^{-1}$) em todos os pontos de coleta, sendo que os valores guias estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 454/2012 e TEL (NOAA SQRT 2008) constam na tabela abaixo.

Tabela 9.88 – Resultados em mg.$kg^{-1}$ (ppb) do metaloide arsênio nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.$kg^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| As (mg.$kg^{-1}$) | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | **5,9** | **17** | **5,9** |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

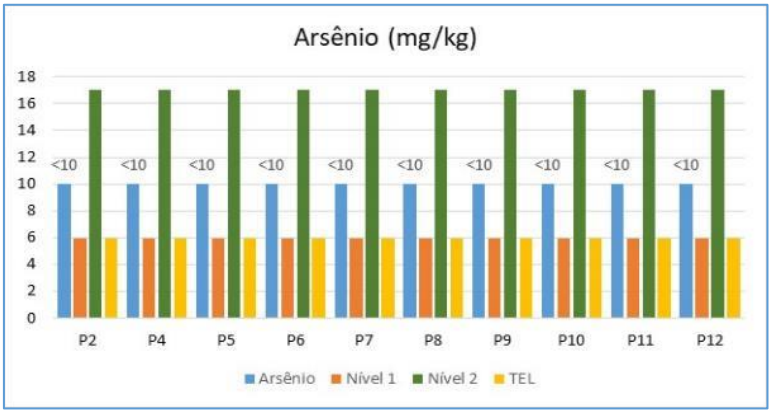



Figura 9-244 – Resultados de arsênio em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021.

- Bário (Ba).

O bário é um metal alcalino-terroso que compõe 0,05% da crosta terrestre. Ocorre naturalmente em depósitos de minério e pode ser liberado no meio ambiente por processos tanto naturais quanto antropogênicos.

Os resultados das análises de bário nos sedimentos coletados nos pontos de coleta nas datas 19/07/21 e 21/07/21 podem ser observados através da tabela e figura a seguir.

Como pode ser verificado através da tabela abaixo o bário acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<10,0 mg.Kg$^{-1}$) em todos os pontos de coleta. A Resolução CONAMA nº 454/2012 e TEL (NOAA SQRT 2008) não estabeleceram valores guias para o bário. Se comparado com limite para solo, de acordo com a Resolução 420, de 28 de dezembro de 2009, o valor de referência de prevenção para bário é de 150 mg.Kg$^{-1}$ de peso seco.

Tabela 9.89 – Resultados em mg.kg$^{-1}$ (ppb) do bário nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| Ba (mg.kg$^{-1}$) | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

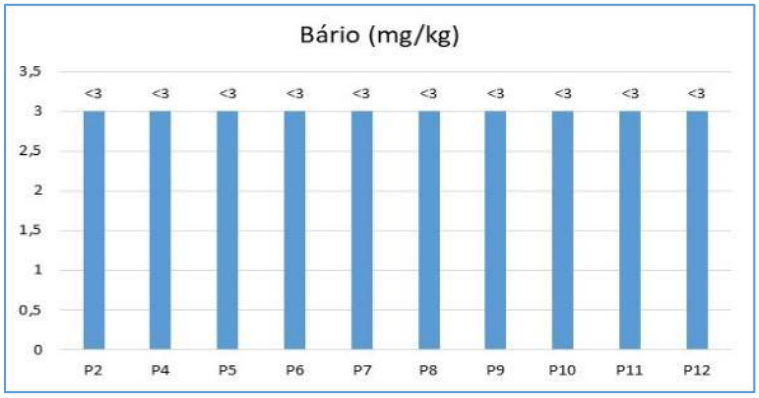



Figura 9-245 – Resultados de bário em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021.

- Berílio (Be)

A principal fonte de compostos de berílio na água parece ser a liberação da queima de carvão e do seu uso industrial. Outras fontes de berílio na água superficial é a deposição de berílio atmosférico e intemperismo de rochas e solos. É mais provável que o berílio esteja presente no sedimento ou adsorvido a matéria suspensa do corpo de água, do que estar presente na solução, uma vez que os sais solúveis de berílio sofrem hidrólise no sedimento em pH neutro.[35]

Os resultados das análises de berílio nos sedimentos coletados nos pontos de coleta nas datas 19/07/21 e 21/07/21 podem ser observados através da tabela e figura a seguir.

Como pode ser verificado através da tabela abaixo o berílio acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<3,0 mg.Kg$^{-1}$) em todos os pontos de coleta. A Resolução CONAMA nº 454/2012 e TEL (NOAA SQRT 2008) não estabeleceram valores guias para o berílio.

Tabela 9.90 – Resultados em mg.kg$^{-1}$ (ppb) do berílio nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| Be (mg.kg$^{-1}$) | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

[35] Fonte: https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2019/01/Ber%C3%ADlio.pdf

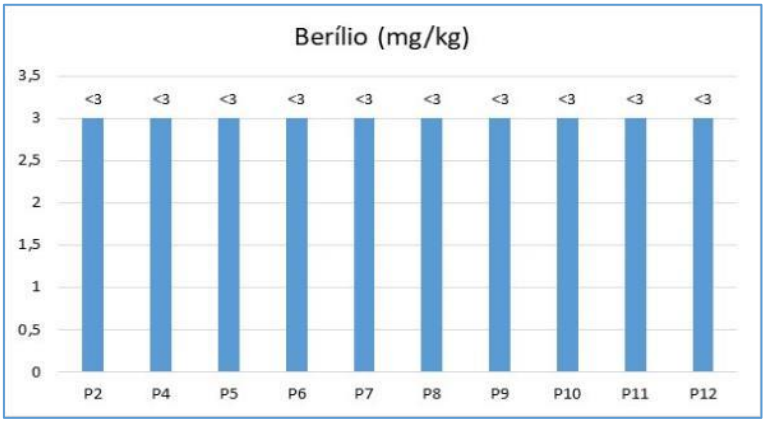



Figura 9-246 – Resultados de berílio em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021.

- Cádmio (Cd)

O cádmio é um metal de transição, com coloração branco acinzentado, podendo se apresentar na cor prata esbranquiçado, azulado ou metálico lustroso.

O cádmio pode adentrar sistemas aquáticos devido a inúmeros fatores, tais como: intemperismo, erosão do solo e da camada de rocha viva, descargas atmosféricas diretas devido a operações industriais, vazamento de aterros e locais contaminados e pelo uso de lodo de esgoto e fertilizantes na agricultura (AZEVEDO & CHASIN, 2003 apud LIU H-M at al, 2002).

O cádmio do ponto de vista biológico, não é nem essencial e nem benéfico. É considerado bioacumulativo, ou seja, tem a capacidade de se acumular ao longo da cadeia alimentar, como o chumbo e o mercúrio.

Os resultados das análises de cádmio nos sedimentos coletados nos pontos de coleta nas datas 19/07/21 e 21/07/21 podem ser observados através da tabela e figura a seguir.

Como pode ser verificado através da tabela abaixo o metal pesado cádmio acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<10,0 mg.Kg$^{-1}$) em todos os pontos de coleta, sendo que os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/2012 e TEL (NOAA SQRT 2008), se encontram na Tabela 9.68.

Os resultados obtidos para cádmio nas duas matrizes água e sedimento, indicam que o sedimento não armazenou este elemento traço, assim como a água, que também apresentou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,001 mg.L$^{-1}$) em todos os pontos de coleta.

Tabela 9.91 – Resultados em mg.kg$^{-1}$ (ppb) do cádmio nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| Cd (mg.kg$^{-1}$) | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | **0,6** | **3,5** | **0,59** |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

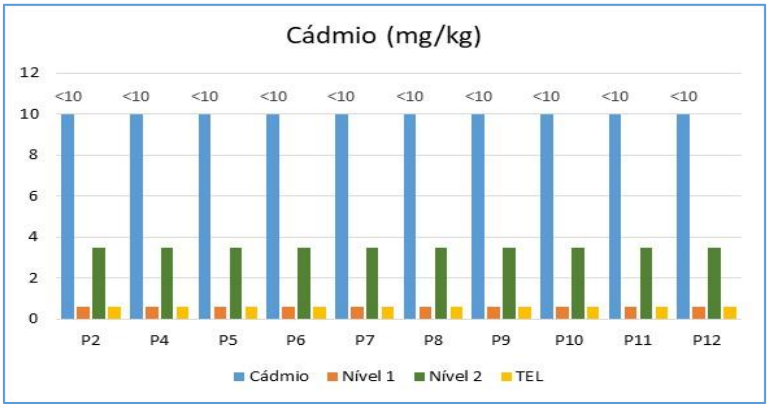



Figura 9-247 – Resultados de cádmio em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021.

- Chumbo (Pb).

O chumbo não possui efeitos benéficos ou nutricionais desejáveis. Ele é um metal tóxico que tende a se acumular nos tecidos do homem e de outros animais produzindo uma toxicidade crônica ou aguda, podendo ser letal. Ele é altamente tóxico para peixes.

Como o cádmio e o mercúrio, tem a propriedade de se acumular na cadeia alimentar (bioacumulativo).

Os resultados das análises de chumbo nos sedimentos coletados nos pontos de coleta nas datas 19/07/21 e 21/07/21 podem ser observados através da tabela e figura a seguir.

Como pode ser verificado através da tabela abaixo o metal pesado chumbo acusou teores oscilando de inferior ao limite de quantificação do método de análise (<8,0 mg.Kg$^{-1}$) a 13,0 mg.Kg$^{-1}$ nos pontos de coleta, sendo inferiores aos valores de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 454/2012 e TEL (NOAA SQRT 2008), os quais se encontram na tabela a seguir. Os pontos P2 a P9 acusaram um teor inferior ao limite de quantificação (<8,0 mg.Kg$^{-1}$).

Em todos os pontos de coleta analisados, o chumbo esteve abaixo dos valores de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 454/2012 e TEL (NOA SQRT 2008), sugerindo que nesses pontos os sedimentos não estão contaminados por ele.

O chumbo não foi detectado nas águas superficiais. Em todos os pontos de coleta de água o chumbo esteve inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,010 mg.L$^{-1}$), mesmo nos pontos onde foi detectada a presença de chumbo no sedimento (P10 a P12), sugerindo que o chumbo não está sendo mobilizado para a coluna d'água.

Somente o sedimento do córrego Siqueira acusou chumbo total.

Tabela 9.92 – Resultados em mg.kg$^{-1}$ (ppb) do chumbo nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| Pb (mg.kg$^{-1}$) | <8,0 | <8,0 | <8,0 | <8,0 | <8,0 | <8,0 | <8,0 | 10,0 | 13,0 | 8,0 | **35** | **91,3** | **35** |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

O chumbo não foi detectado nas amostras de águas coletadas nos pontos onde foram avaliados os sedimentos.

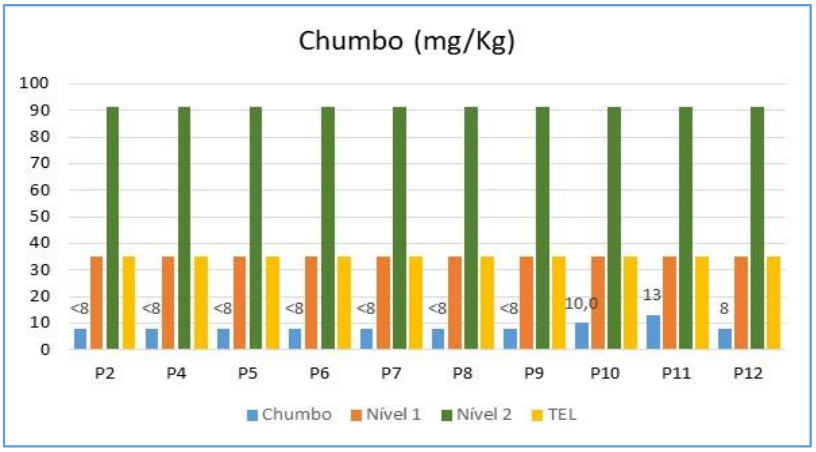



Figura 9-248 – Resultados de chumbo em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021.

- Cobalto (Co).

Os resultados das análises de cobalto nos sedimentos coletados nos pontos de coleta nas datas 19/07/21 e 21/07/21 podem ser observados através da tabela e figura a seguir.

Como pode ser verificado através da tabela a seguir o cobalto acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<3,0 mg.Kg$^{-1}$) em todos os pontos de coleta. A Resolução CONAMA nº 454/2012 e TEL (NOAA SQRT 2008) não estabeleceram valores guias para o cobalto.

Tabela 9.93 – Resultados em mg.kg$^{-1}$ (ppb) do cobalto nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| Co (mg.kg$^{-1}$) | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

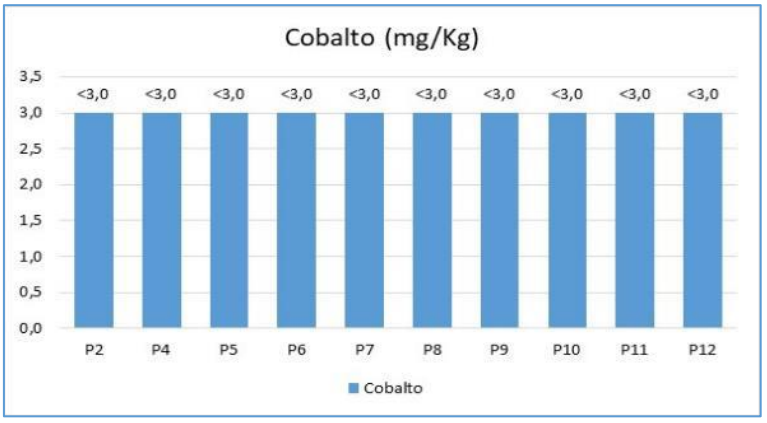



Figura 9-249 – Resultados de cobalto em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021.

- Cobre (Cu).

Apresenta quatro estados de oxidação: metálico ($Cu^0$); íon cuproso ($Cu^+$); íon cúprico ($Cu^{+2}$) e o íon trivalente ($Cu^{+3}$). Assim como o Ni, Zn e Pb, possui forte afinidade com o enxofre, formando minerais sulfetados sob condições redutoras.

Algumas fontes antropogênicas de cobre para o meio ambiente incluem mineração, fundição, queima de carvão como fonte de energia, corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir de usos agrícolas do cobre como fungicida e pesticida no tratamento de solos e efluentes, além de precipitação atmosférica de fontes industriais. Também pela excreção de animais.

Por se tratar de um metal de amplo emprego, é frequentemente encontrado nas águas receptoras de lixo e de esgotos domésticos e industriais.

O cobre é um elemento essencial aos organismos vivos em pequenas quantidades[36].

Os resultados das análises de cobre nos sedimentos coletados nos pontos de coleta nas datas 19/07/21 e 21/07/21 podem ser observados através da tabela e figura a seguir.

Como pode ser verificado através da tabela a seguir, o cobre acusou teores oscilando de inferior ao limite de quantificação do método de análise (<3,0 mg.Kg$^{-1}$) no ponto P2 (HERCS-HA-02 – Rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento) a 62,0 mg.Kg$^{-1}$ (HercS-HA-07 – Afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura pilha de estéril Franco). Os resultados encontrados para todos os pontos estiveram abaixo dos níveis limiares 1 e 2 da Resolução CONAMA nº 454/2012 e do Valor de Prevenção (TEL (NOAA SQRT 2008)), com exceção do ponto P7 que acusou um valor superior ao Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota e do valor de prevenção TEL (NOAA SQRT 2008).

Somente no ponto P2 (HERCS-HA-02 – Rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento) não foi detectado cobre.

Em termos de águas superficiais o cobre esteve inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,005 mg.L$^{-1}$.

Nos sistemas hídricos, o cobre apresenta forte interação com a matéria orgânica, o que reduz sensivelmente sua biodisponibilidade para os organismos aquáticos. O ponto P7 acusou um teor de matéria orgânica no sedimento de 16,5 mg.Kg$^{-1}$.

Tabela 9.94 – Resultados em mg.kg$^{-1}$ (ppb) do cobre nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| Cu (mg.kg$^{-1}$) | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | <3,0 | 17,0 | 5,0 | 7,0 | 62,0 | 9,0 | 21,0 | 14,0 | 18,0 | 19,0 | **35,7** | **197** | **35,7** |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

[36] Fonte: Cobre.pdf (cetesb.sp.gov.br)

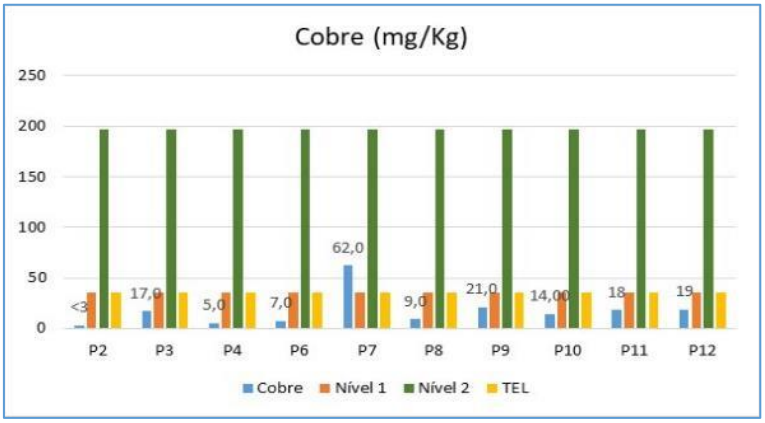



Figura 9-250 – Resultados de cobre em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021.

- Mercúrio total (Hg)

O mercúrio (do latim – hydrargyrum) é um metal de cor prateada, extremamente pesado, líquido à temperatura ambiente e sem odor. Raramente ocorre livre na natureza, é líquido em condições de temperatura ambiente. Seu principal mineral é o cinábrio (HgS). O mercúrio emite vapores perceptíveis mesmo a frio. Começa a evaporar em temperatura em torno de 40º C e o seu vapor não tem cor e nem cheiro.

A principal fonte natural de mercúrio é a própria massa terrestre e seu processo geotérmico. Encontra-se amplamente distribuído no meio ambiente.

O mercúrio tem a propriedade também de bioacumulação e biomagnificação. A bioacumulação é o processo pelo qual os seres vivos absorvem e retêm substâncias químicas no seu organismo quando a taxa de ingestão é maior ou igual à taxa de eliminação. O grau de bioacumulação de um poluente é influenciado por uma série de fatores que dependem do ecossistema. A biomagnificação é a propagação desse efeito resultante do acúmulo do contaminante nos tecidos dos organismos vivos, quando há a passagem por cada nível trófico da cadeia alimentar.

O mercúrio não é considerado essencial para os seres vivos.

Os resultados das análises de mercúrio nos sedimentos coletados nos pontos de coleta nas datas 19/07/21 e 21/07/21 podem ser observados através da tabela e figura a seguir.

Como pode ser verificado através da próxima tabela, o mercúrio total acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<2,0 mg.Kg$^{-1}$) em todos os pontos de coleta analisados, sendo os respectivos níveis limiares 1 e 2 da Resolução CONAMA nº 454/2012 iguais a 0,17 e 0,486 mg.L$^{-1}$ respectivamente e o Valor de Prevenção (TEL (NOAA SQRT 2008)) igual a 0,17 mg.L$^{-1}$.

O mercúrio esteve abaixo do limite de quantificação do método de análise (<0,0002 mg.L$^{-1}$) nas amostras de água coletadas nos mesmos pontos de sedimento.

Os resultados obtidos para mercúrio total nas águas superficiais e sedimentos sugerem que estes compartimentos não estão contaminados pelo metal pesado mercúrio.

Tabela 9.95 – Resultados em mg.kg$^{-1}$ (ppb) do mercúrio nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| Hg (mg.kg$^{-1}$) | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | **0,17** | **0,486** | **0,17** |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

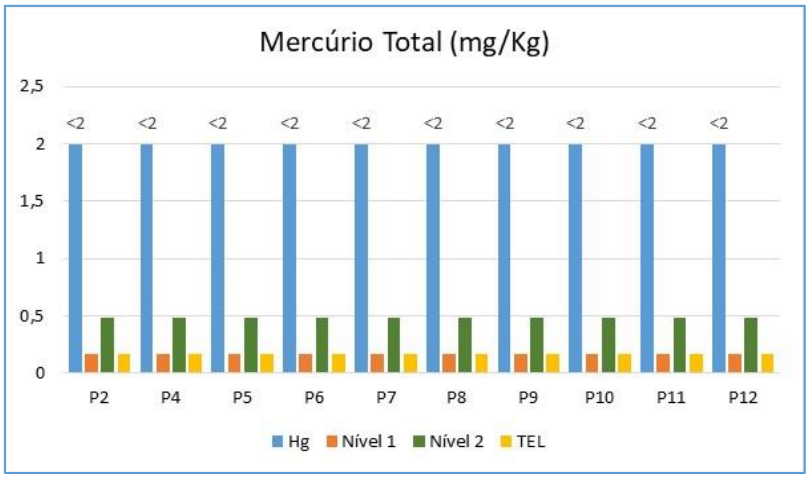



Figura 9-251 – Resultados de mercúrio em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021.

- Níquel total (Ni).

O níquel ocorre naturalmente em vários tipos de rochas e pode entrar para o meio ambiente através dos mecanismos de degradação da rocha.

O níquel também é encontrado em fertilizantes.

A maioria dos compostos de níquel é relativamente solúvel em pH,6,5. Entretanto, o metal existe predominantemente na forma insolúvel, como hidróxido de níquel, em pH>6,7.

Nos rios é transportado como partículas precipitadas com material orgânico; nos lagos, a forma iônica é predominante, associada com material orgânico (AZEVEDO & CHASIN, 2003).

O metal não é acumulado em quantidades significativas por organismos aquáticos.

Os resultados das análises de níquel nos sedimentos coletados nos pontos de coleta nas datas 19/07/21 e 21/07/21 podem ser observados através da tabela e figura a seguir.

Como pode ser verificado através da tabela a seguir, o níquel total acusou nas amostras de sedimento teores que oscilaram de reduzidos (6,0 mg.Kg$^{-1}$) a elevado (100 mg.Kg$^{-1}$). O ponto P12 - HercS-HA-12 localizado no córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento acusou o maior teor (100 mg.Kg$^{-1}$) dos dez pontos analisados. Este valor mais elevado foi superior aos níveis limiares 1 e 2 estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 454/2012, sendo 5,6 vezes superior ao Nível 1 (18 mg.kg$^{-1}$), 2,8 vezes superior ao Nível 2 (35,9 mg.kg$^{-1}$) e 5,6 vezes superior ao valor de prevenção do TEL (18 mg.kg$^{-1}$).

O ponto P7 (HercS-HA-07) localizado no afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura pilha de estéril Franco, também esteve 1,2 vezes acima do nível 1 da Resolução CONAMA nº 454/2012 e do TEL (NOAA SQRT 2008), sendo inferior ao Nível 2 que é a limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota.

O menor teor de 6,0 mg.Kg$^{-1}$ foi detectado nos pontos P5 – HercS-HA-05 e P6 – HercS-HA-06, ambos localizados no rio do Peixe, sendo a jusante do futuro empreendimento e na captação da COPASA respectivamente. Este valor foi inferior aos níveis 1 e 2 da Resolução CONAMA nº 454/2012 e ao valor de prevenção do TEL (NOAA SQRT 2008).

Ressalta-se que o empreendimento ainda não foi instalado, estes resultados servem para se avaliar o compartimento sedimento antes da empresa ser instalada e entrar em operação, ou seja, um retrato da qualidade atual do sedimento dos cursos d'água nas áreas de estudo do futuro empreendimento (AEL e AER).

Em relação aos usos, deve ser considerado que a área no entorno do córrego Siqueira é utilizada principalmente para a pecuária e, consequentemente, para a dessedentação animal.

Tabela 9.96 – Resultados em mg.kg$^{-1}$ (ppb) do níquel nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| Ni (mg.kg$^{-1}$) | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 7,0 | 8,0 | 6,0 | 6,0 | 21,0 | 9,0 | 7,0 | 14,0 | 34,0 | 100,0 | **18** | **35,9** | **18** |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

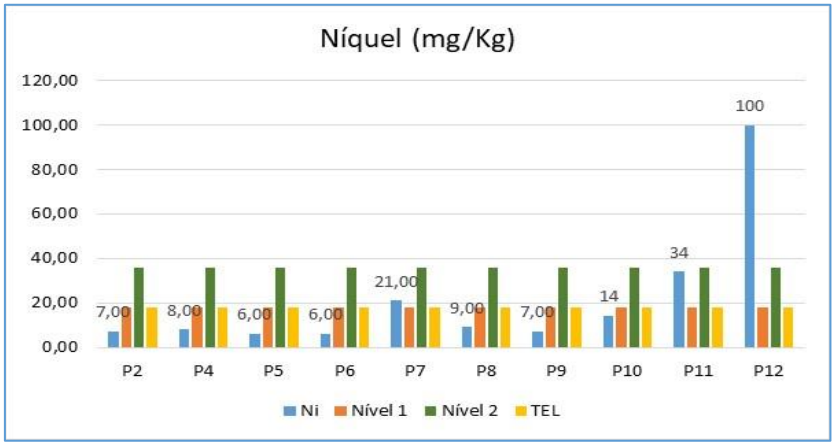



Figura 9-252 – Resultados de níquel em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021.

- Zinco total (Zn)

É um dos elementos mais encontrados na Terra. Pode ser encontrado no ar, no solo, na água e está naturalmente presente nos alimentos. O zinco se distribui pelo ar, pela água e pelo solo como resultado de processos naturais e atividades humanas. Grande quantidade de zinco entra no ambiente como resultado das atividades antropogênicas, como mineração, purificação de zinco, chumbo, cádmio, produção de aço, queima de carvão e de lixo (AZEVEDO & CHASIN, 2003).

Embora o zinco seja um requisito essencial para uma boa saúde, o excesso dele pode ser prejudicial. Absorção excessiva de zinco suprime a absorção de cobre e de ferro. O zinco metálico não é considerado tóxico, porém alguns de seus compostos, como o óxido e o sulfeto, são nocivos.

Os resultados de zinco obtidos nas amostras de sedimentos coletadas nos pontos de coleta nas datas 19/07/21 e 21/07/21 podem ser observados através da tabela e figura a seguir.

Como pode ser verificado através da próxima tabela, o zinco total acusou em todas as amostras de sedimento teores inferiores aos valores limiares e de prevenção e oscilou de 4,0 mg.Kg$^{-1}$ (P2 – HercS-HA-02 – Rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento) a 120 mg.Kg$^{-1}$ (P7 – HercS-HA-07 – Afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura pilha de estéril Franco).

Tabela 9.97 – Resultados em mg.kg$^{-1}$ (ppb) do zinco nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| Zn (mg.kg$^{-1}$) | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 4,00 | 15,00 | 9,00 | 14,00 | 120,00 | 21,00 | 11,00 | 21 | 21 | 26 | **123** | **315** | **123** |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

O zinco não foi detectado nas amostras de águas superficiais. Em todos os pontos o zinco acusou um teor inferior ao limite de detecção do método de análise (<0,05 mg.L$^{-1}$). Este resultado indica que o zinco presente nos sedimentos não está sendo mobilizado para a coluna d'água.

Alguns fatores como pH, potencial redox, salinidade, capacidade de troca de cátions, a concentração de zinco, vão influenciar na mobilidade relativa do zinco.

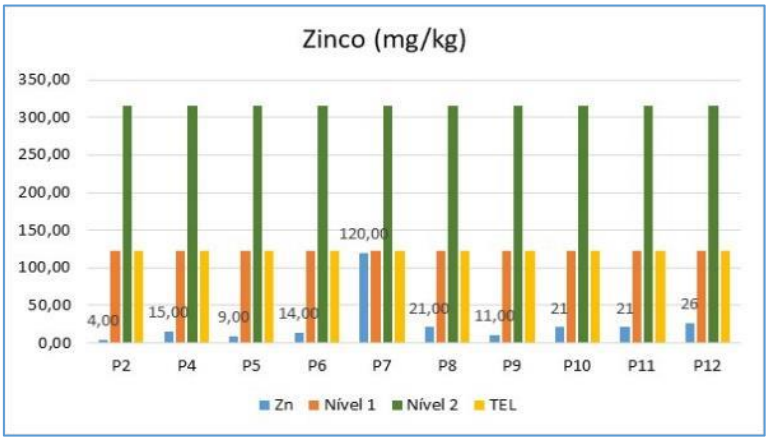



Figura 9-253 – Resultados de zinco em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021.

- pH.

Os resultados de pH medidos nas amostras de sedimento coletadas nos pontos de coleta nas datas 19/07/21 e 21/07/21 podem ser observados através da tabela e figura a seguir.

O pH oscilou de 5,90 (P9 – HercS-HA-09 e P11 – HercS-HA-11) a 7,1 (P12 - HercS-HA-11), caracterizando as águas como ácidas a ligeiramente alcalinas. O pH nas amostras coletadas no rio do peixe acusaram valores ligeiramente ácidos. Já no córrego Siqueira e seu afluente oscilaram de ácido a ligeiramente alcalino.

Tabela 9.98 – Resultados de pH nas amostras de sedimentos nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| pH | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 6,70 | 6,26 | 6,60 | 6,5 | 7,00 | 6,50 | 5,90 | 7,00 | 5,90 | 7,1 | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

O pH ácido favorece a mobilização dos metais contidos no sedimento para a coluna d'água.

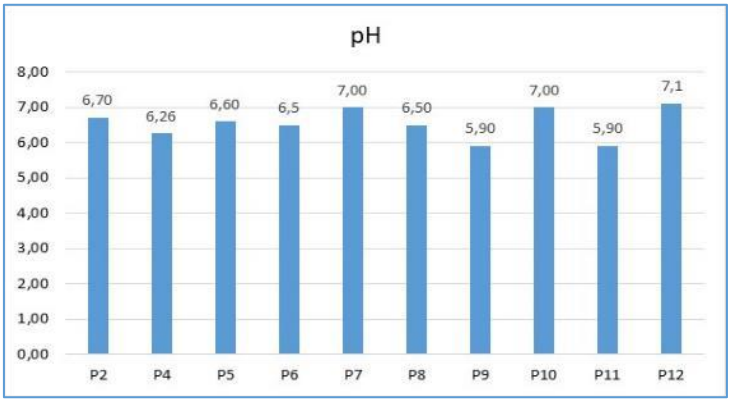



Figura 9-254 – Resultados de pH em sedimentos coletados em 07/2021.

- Óxido de Alumínio (Al2O3).

Os resultados de óxido de alumínio detectados nas amostras de sedimento coletadas nos pontos de coleta nas datas 19/07/21 e 21/07/21 podem ser observados através da tabela e figura a seguir.

O alumínio na forma de óxido ($Al_2O_3$ - Alumina) foi detectado em todas as estações de amostragem, onde variou de 1,72 (P2 - HercS-HA-02) a 16,98 % (P7- HercS-HA-02). O menor teor foi detectado no rio do Peixe, a montante do empreendimento e o maior no afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura pilha de estéril Franco.

O elemento alumínio acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,100 $mg.L^{-1}$) em todos os pontos de coleta de águas superficiais, com exceção do P4 – HercS-HA-04 localizado na nascente W Serra Condado, a jusante do futuro empreendimento.

Tabela 9.99 – Resultados de óxido de alumínio (%) em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais ($mg.kg^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| $Al_2O_3$ (%) | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 1,72 | 7,48 | 3,14 | 4,36 | 16,98 | 9,46 | 4,16 | 8,61 | 15,59 | 9,97 | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

A Resolução CONAMA nº 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o alumínio em sedimento.

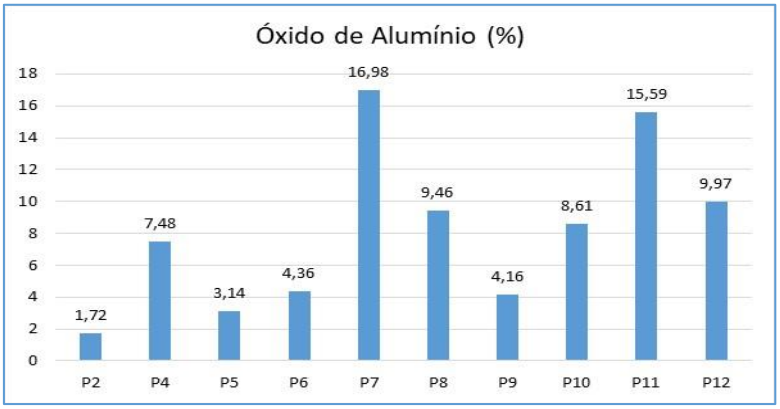



Figura 9-255 – Resultados de óxido de alumínio (%) em sedimentos coletados em 07/2021.

- 9.10.5.12 Óxido de Cálcio (CaO).

Os resultados de óxido de cálcio detectados nas amostras de sedimento coletadas nos pontos de coleta nas datas 19/07/21 e 21/07/21 podem ser observados através da tabela e figura a seguir.

O óxido de cálcio detectado nas amostras de sedimento dos cursos d'água avaliados no presente estudo acusou teores reduzidos que oscilaram de 0,02 (P2 - HercS-HA-02) a 0,42 % (P7- HercS-HA-02).

O rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento acusou o menor valor e o maior no afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura pilha de estéril Franco. Mesmo comportamento foi observado para o óxido de alumínio

A Resolução CONAMA nº 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o cálcio em sedimento.

Tabela 9.100 – Resultados de óxido de cálcio (%) em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| CaO (%) | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 0,02 | 0,07 | 0,05 | 0,07 | 0,42 | 0,29 | 0,04 | 0,06 | 0,25 | 0,18 | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

A Resolução CONAMA nº 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o cálcio em sedimento.

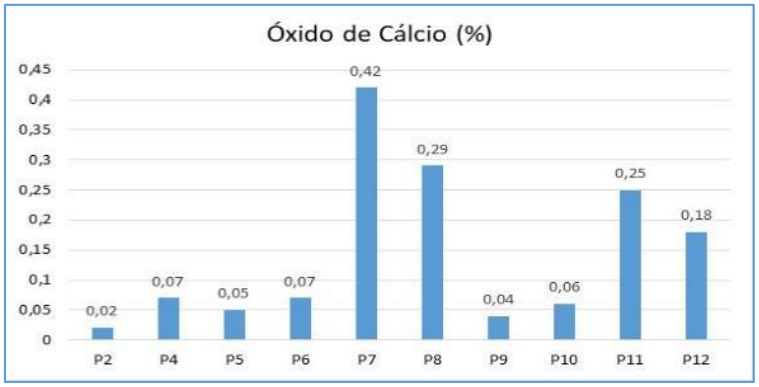



Figura 9-256 – Resultados de óxido de cálcio (%) em sedimentos coletados em 07/2021.

- Óxido de Ferro (Fe2O3) – Hematita.

Os resultados de óxido férrico detectados nas amostras de sedimento coletadas nos pontos de coleta nas datas 19/07/21 e 21/07/21 podem ser observados através da tabela e figura a seguir.

O óxido férrico detectado nas amostras de sedimento dos cursos d'água avaliados no presente estudo acusou teores reduzidos a elevados, onde oscilou de 0,84 (P2 - HercS-HA-02) a 37,45 % (P9 - HercS-HA-09).

O rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento (P2 - HercS-HA-02) acusou o menor valor e o maior valor foi detectado no afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava grande e da cava menor (P9 - HercS-HA-09).

De modo geral, os maiores teores de óxido férrico foram detectados no córrego Siqueira e seu afluente, o que faz sentido, pois estão na área onde há minério de ferro. Como o uso do solo na área do entorno do córrego Siqueira é utilizado principalmente para a pecuária, estes valores provavelmente se devem a geoquímica da região.

A Resolução CONAMA nº 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o ferro em sedimento. O valor de prevenção estabelecido pela NOAA SQRT 2008 para ferro é de 2% (20.000 $mg.Kg^{-1}$). Em termos de ferro, todos os pontos acusaram valores significativamente inferiores ao valor do TEL (NOAA SQRT 2008).

Tabela 9.101 – Resultados de óxido férrico (%) e de ferro em $mg.Kg^{-1}$ em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais ($mg.kg^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| $Fe_2O_3$ (%) | 0,84 | 2,78 | 1,66 | 1,46 | 26,15 | 36,21 | 37,45 | 18,44 | 9,67 | 9,92 | - | - | - |
| Fe ($mg.kg^{-1}$) | 0,59 | 1,94 | 1,16 | 1,02 | 18,29 | 25,32 | 26,19 | 12,90 | 6,76 | 6,94 | - | - | **20.000 ($mg.Kg^{-1}$) (2%)** |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

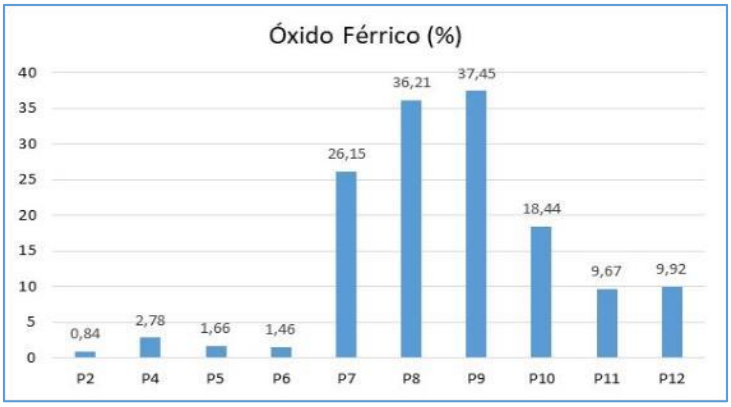



Figura 9-257 – Resultados de óxido férrico (%) em sedimentos coletados em 07/2021.

- Óxido de Magnésio (MgO).

Os resultados de óxido de magnésio detectados nas amostras de sedimento coletadas nos pontos de coleta nas datas 19/07/21 e 21/07/21 podem ser observados através da tabela e figura a seguir.

O óxido de magnésio detectado nas amostras de sedimento dos cursos d'água avaliados no presente estudo acusou teores reduzidos e na maioria dos pontos de coleta esteve inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,10 %). Os resultados oscilaram de <0,10 (P2, P4, P5, P6, P8, P9, P10 e P11) a 0,77 % (P7).

Os únicos pontos que acusaram valores diferentes do limite de quantificação foram o ponto P7 - HercS-HA-07 localizado no afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura pilha de estéril Franco e no ponto P12 - HercS-HA-12 localizado no córrego Siqueira, a jusante do futuro empreendimento.

A Resolução CONAMA nº 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o magnésio em sedimento.

Tabela 9.102 – Resultados de óxido de magnésio (%) em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| MgO (%) | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | 0,77 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | 0,69 | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

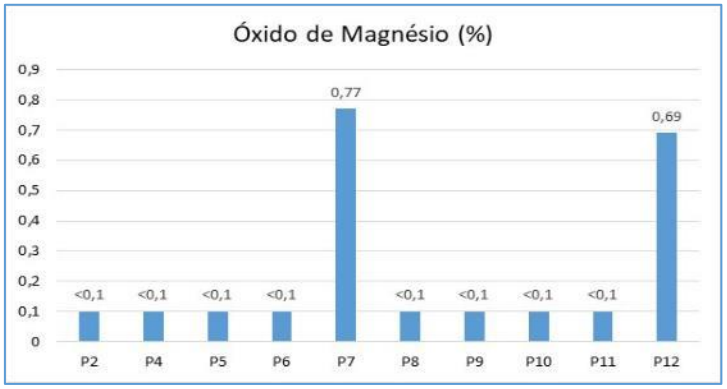



Figura 9-258 – Resultados de óxido de magnésio (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados em 07/2021.

- Óxido de Manganês (MnO).

Os resultados de óxido de manganês detectados nas amostras de sedimento coletadas nos pontos de coleta nas datas 19/07/21 e 21/07/21 podem ser observados através da tabela e figura a seguir.

O óxido de manganês detectado nas amostras de sedimento dos cursos d'água avaliados no presente estudo acusou teores oscilando de 0,01 (P6 – HercS-HA-06 – Rio do Peixe, na captação da COPASA) a 0,22 % (P7 - HercS-HA-07 localizado no afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura pilha de estéril Franco).

A Resolução CONAMA nº 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o manganês em sedimento.

Através de cálculos estequiométricos obteve-se a concentração de manganês em mg.Kg$^{-1}$. Comparando-se os teores de manganês com o valor de prevenção TEL de 460 mg.Kg$^{-1}$, verifica-se que os valores oscilaram de 77,45 a 1703,81 mg.Kg$^{-1}$, sendo que os pontos P7, P9, P10 e P12 acusaram teores acima do valor de prevenção.

Tabela 9.103 – Resultados de óxido de manganês (%) em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| MnO (%) | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,22 | 0,04 | 0,07 | 0,08 | 0,03 | 0,11 | - | - | - |
| Mn (mg.Kg$^{-1}$) | 232,3 | 154,9 | 154,9 | 77,5 | 1703,8 | 309,8 | 542,1 | 619,6 | 232,3 | 851,9 | - | - | 460 |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

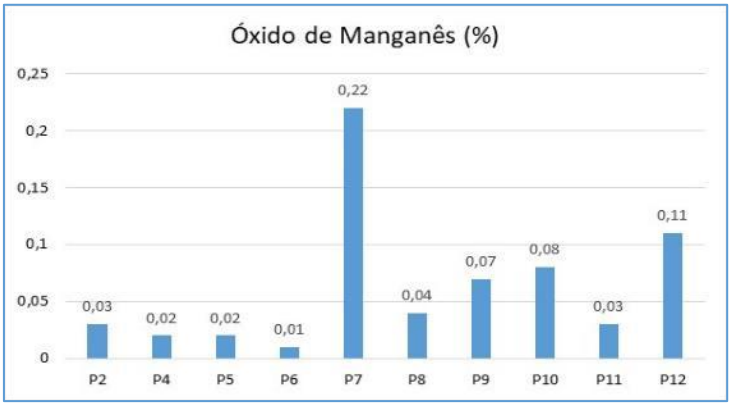



Figura 9-259 – Resultados de óxido de manganês (%) em sedimentos coletados em 07/2021.

- Óxido de Potássio (K2O).

Os resultados de óxido de potássio detectados nas amostras de sedimento coletadas nos pontos de coleta nas datas 19/07/21 e 21/07/21 podem ser observados através da tabela e figura a seguir.

O óxido de potássio detectado nas amostras de sedimento dos cursos d'água avaliados no presente estudo acusou teores reduzidos e oscilou de <0,01 (P2 a P6) a 0,30 % (P7). O valor inferior ao limite de quantificação ocorreu no rio do Peixe e Nascente W Serra Condado e o maior teor no afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura pilha de estéril Franco.

A Resolução CONAMA nº 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o potássio em sedimento.

Tabela 9.104 – Resultados de óxido de potássio (%) em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| $K_2O$ (%) | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | <0,010 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,30 | 0,13 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

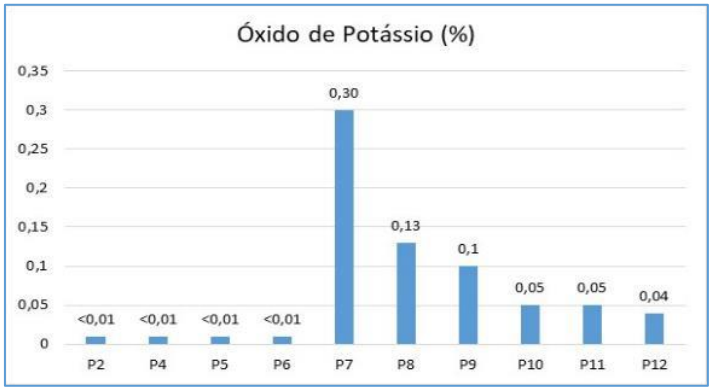



Figura 9-260 – Resultados de óxido de potássio (%) em sedimentos coletados em 07/2021.

- Óxido de Sódio (Na2O).

Os resultados de óxido de sódio detectados nas amostras de sedimento coletadas nos pontos de coleta nas datas 19/07/21 e 21/07/21 podem ser observados através da tabela e figura a seguir.

O óxido de sódio não foi detectado nas amostras de sedimento dos cursos d'água avaliados no presente estudo. Em todos os pontos de coleta foi inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,10 %).

A Resolução CONAMA nº 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o sódio em sedimento.

Tabela 9.105 – Resultados de óxido de sódio (%) em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| $Na_2O$ (%) | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

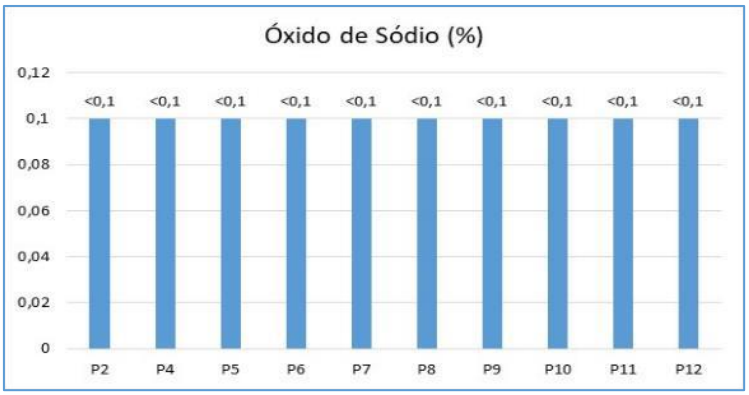



Figura 9-261 – Resultados de óxido de sódio (%) em sedimentos coletados em 07/2021.

- Óxido de silício IV (SiO2 – Sílica).

Os resultados de dióxido de silício detectados nas amostras de sedimento coletadas nos pontos de coleta nas datas 19/07/21 e 21/07/21 podem ser observados através da tabela e figura a seguir.

A sílica foi detectada em todos os pontos de coleta, onde oscilou de 50,19% (P7 - HercS-HA-07 localizado no afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura pilha de estéril Franco) a 96,80% (P2 - HercS-HA-02 localizado no rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento).

Os maiores valores foram observados no rio do Peixe e nascente W Serra Condado e os menores foram detectados no afluente do córrego Siqueira.

A Resolução CONAMA nº 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o silício em sedimento.

Tabela 9.106 – Resultados de dióxido de silício (%) em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| $SiO_2$ (%) | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 96,80 | 88,27 | 94,35 | 93,17 | 50,19 | 51,86 | 57,18 | 71,22 | 73,1 | 77,71 | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

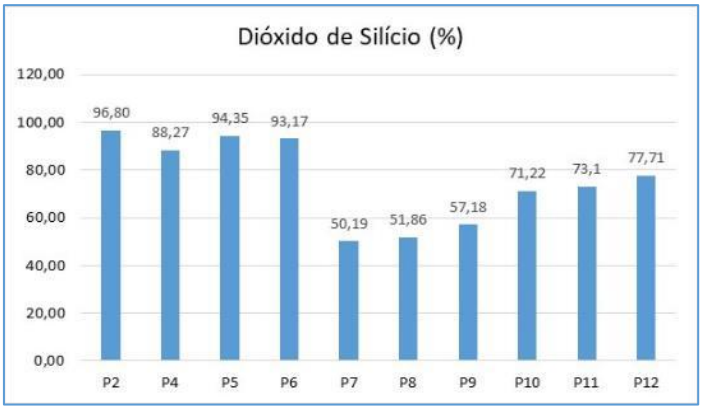



Figura 9-262 – Resultados de óxido de silício (%) em sedimentos coletados em 07/2021.

- Dióxido de Titânio (TiO2).

Os resultados de dióxido de titânio detectados nas amostras de sedimento coletadas nos pontos de coleta nas datas 19/07/21 e 21/07/21 podem ser observados através da tabela e figura a seguir.

O dióxido de titânio foi detectado em todos os pontos de coleta, onde oscilou de 0,11 % (P2 - HercS-HA-02 localizado no rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento) a 4,17 % (P7 - HercS-HA-07 localizado no afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura pilha de estéril Franco).

Os maiores valores foram observados no afluente do córrego Siqueira e no córrego Siqueira e os menores teores no rio do Peixe.
A Resolução CONAMA nº 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o titânio em sedimento.

Tabela 9.107 – Resultados de dióxido de titânio (%) em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| $TiO_2$ (%) | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 0,11 | 0,67 | 0,30 | 0,38 | 4,17 | 1,15 | 0,86 | 0,92 | 0,84 | 0,79 | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

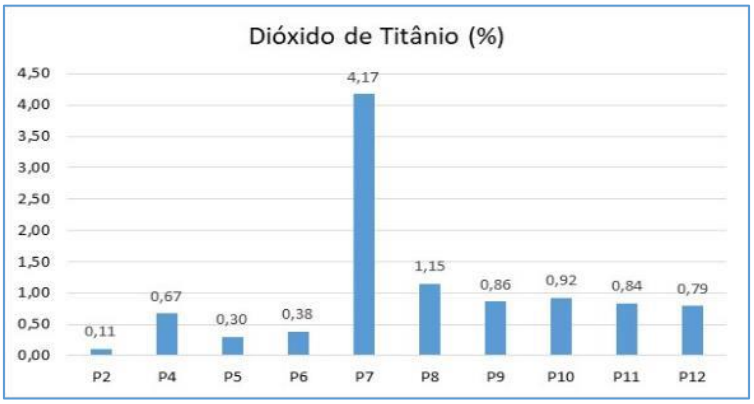



Figura 9-263 – Resultados de dióxido de titânio (%) em sedimentos coletados em 07/2021.

- 9.11.5.19 Pentóxido de Fósforo (P2O5).

O fósforo na forma de óxido ($P_2O_5$) foi detectado em 40% das amostras de sedimento coletadas nos pontos de coleta nas datas 19/07/21 e 21/07/21, como pode ser observado através da tabela e figura a seguir.

Os resultados do pentóxido de fósforo em todos os pontos de coleta oscilaram de <0,010 (P2 a P6) a 0,30 % (P7).

Os maiores valores foram observados no afluente do córrego Siqueira e no córrego Siqueira e os menores teores no rio do Peixe e Nascente W Condado.

O pentóxido de fósforo acusou um teor inferior ao limite de quantificação (<0,010 %) nos pontos P2 a P6.

Observa-se através do gráfico da a seguir que os teores tiveram uma queda significativa do ponto P7 a P2. À medida que vai mais no sentido de jusante o valor vai decrescendo.

A Resolução CONAMA nº 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o fósforo em sedimento.

Tabela 9.108 – Resultados de pentóxido de fósforo (%) em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| $P_2O_5$ (%) | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | <0,010 | <0,010 | <0,01 | <0,01 | 0,30 | 0,13 | 0,10 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

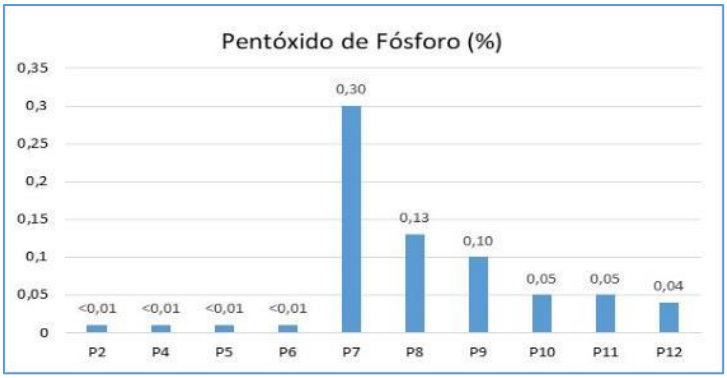



Figura 9-264 – Resultados de pentóxido de fósforo (%) em sedimentos coletados em 07/2021.

- Matéria Orgânica.

Os resultados da matéria orgânica em todos os pontos de coleta oscilaram de 11,0 mg.Kg$^{-1}$ (P8 – HercS-há-08) a 19,3 mg.Kg$^{-1}$ (P1– - HercháHA-12).

Os maiores valores foram observados no córrego Siqueira e os menores teores no rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento e no afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava grande e da cava menor.

Tabela 9.109 – Resultados de matéria orgânica (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas estações de amostragem **P2; P4 a P12**.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| Matéria Orgânica (MO) (mg.kg$^{-1}$) | P2 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 12,0 | 15,0 | 15,00 | 17,00 | 16,5 | 11,00 | 12,4 | 18,9 | 19,3 | 17,5 | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Le–el - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

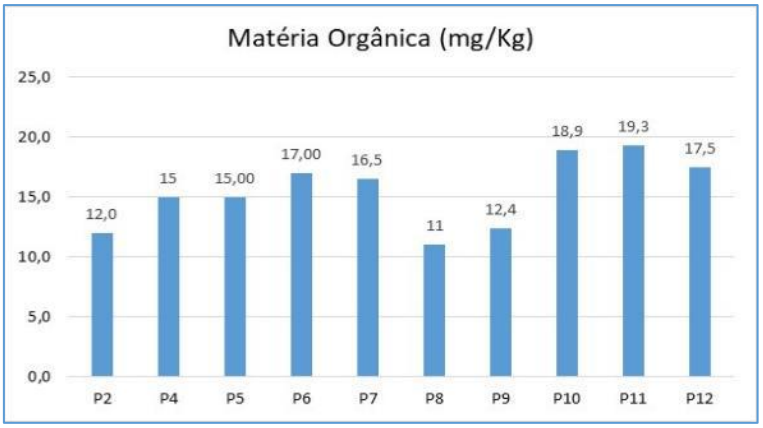



Figura 9-265 – Resultados de matéria orgânica (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados em 07/2021.

## 9.9.12 Conclusões

A contaminação dos ecossistemas aquáticos pode ser confirmada através da análise de água, sedimento e organismos vivos.

Contaminantes que penetram no ambiente aquático podem se associar ao sedimento do fundo, onde permanecem, a não ser que os sedimentos sofram perturbações, o que ocorre normalmente em processos de dragagem, onde os contaminantes voltam para aos corpos d'água e tornam-se biologicamente ativos (AZEVEDO,F. & CHASIN, A.A.M.,2003 apud AVELAR WEP, ROMA F, LONGO LL., 1997).

O presente estudo mostrou que de modo geral, na campanha realizada em julho de 2021 os resultados para todos os parâmetros nas amostras de sedimento foram reduzidos e dentro dos valores limiares estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/2012 e dos valores de prevenção da *NOAA de 2008* (NOAA – SQRT), com exceção de manganês nos pontos– HercS-HA-07, HercS-HA-09, HercS-HA-10 e HercS-HA-12; níquel nos pontos HercS-HA-07, HercS-HA-11 – e HercS-HA-12 e cobre no ponto HercS-HA-07.

Dentre os metais analisados, o bário, berílio, cádmio, mercúrio, cobalto e o metaloide arsênio não foram detectados nos dez pontos de coleta.

A partir da análise e interpretação dos resultados obtidos para todos os parâmetros avaliados, o rio do Peixe foi o que acusou os menores valores, principalmente o ponto P2 localizado no rio do Peixe, a montante do futuro empreendimento. Já o afluente do córrego Siqueira e o córrego Siqueira foram os que acusaram maiores valores, sendo o P7 localizado no afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura pilha de estéril Franco o que acusou maior quantidade de parâmetros com valores mais elevados.

Quanto ao metal traço chumbo, este não foi detectado na maioria dos pontos de coleta. Somente nos pontos de col–ta P10 - HercS-HA-1– a P12 - HercS-HA-12 o chumbo foi detectado, sendo que os valores foram inferiores aos níveis limiares 1 e 2 da Resolução CONAMA 454/12 e inferiores ao valor de prevenção (*Treshold Effects Level* – TEL) do *Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008* (NOAA – SQRT).

O cobre foi detectado em todos os pontos de coleta, com exceção do P2 – HercS-HA-02. Ele esteve abaixo dos níveis 1 e 2 da Resolução CONAMA e do valor de prevenção TEL em todos os pontos de coleta, com exceçã– do P7 - HercS-HA-07 (afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura pilha de estéril Franco) que acusou um valor superior ao nível 1 da Resolução CONAMA nº 454/12 que é a limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota e do valor de prevenção (*Treshold Effects Level* – TEL) do *Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008* (NOAA – SQRT).

O níquel esteve presente em todos os pontos de coleta, sendo inferior aos valores guias, com exceção dos pontos P7, P11 e P12, localizados respectivamente no afluente do córrego Siqueira e no córrego Siqueira, a montante e jusante do futuro empreendimento, que acusaram resultados superiores ao Nível 1 da Resolução CONAMA nº 454/12 e do valor de prevenção TEL no caso do P7 e P11 e o P12 que acusou um valor superior a todas as guias de referência.

Dentre os macro e microelementos nas formas de seus óxidos, o óxido de sódio não foi detectado em nenhum dos pontos de coleta e o óxido de magnésio só foi detectado nos pontos P7 – HerS-HA-07 e no ponto P12 – HerS-HA-12. Já o óxido de potássio e o pentóxido de fósforo não foram detectados nos pontos P2 – HerS-HA-02; P4 – HerS-HA-04; P5 – HerS-HA-05 e P6 – HerS-HA-06.

O óxido férrico esteve presente em todos os pontos de coleta, sendo os menores valores detectados no rio do Peixe e os maiores ocorreram no afluente do córrego Siqueira e no córrego Siqueira. No córrego Siqueira os maiores valores foram encontrados na área das futuras cavas grande e menor, o que faz sentido, pois o futuro empreendimento está inserido no Quadrilátero ferrífero.

Comparando-se os resultados dos metais traços detectados nas águas superficiais avaliadas em dez pontos de coleta, com os resultados obtidos em sedimento nos mesmos dez pontos, verifica-se que estes não foram detectados nas águas, sugerindo que os metais que foram encontrados nos sedimentos não estão sendo mobilizados para a coluna d'água e que as águas e sedimentos não estão contaminados pelos metais traços. Quanto ao chumbo, é importante que continue sendo avaliado nos pontos do córrego Siqueira, onde foi detectado.

Cabe ressaltar que o empreendimento ainda não foi instalado e nem entrou em operação. Os resultados apresentados no presente estudo servem para avaliar a qualidade atual do compartimento sedimento, ou seja, um "retrato" da atual situação dele nos cursos d'água inseridos nas áreas diretamente e indiretamente afetadas pelo futuro empreendimento.

## 9.10 RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

### 9.10.1 Introdução

A definição de aquífero: é um estrato ou formação geológica que permite a circulação de água através de seus poros ou fraturas e de onde a água subterrânea pode ser extraída em quantidades economicamente viáveis (para um determinado uso) por meio de poços. Pode ser considerado como um reservatório de água subterrânea.

Os aquíferos podem ser constituídos de camadas de solo ou rocha. A água subterrânea se move por poros dos solos e fraturas de rochas, como em uma esponja. Apenas em regiões cársticas, de calcário erodido, a água pode correr livremente em cavernas como um rio subterrâneo.

A recarga de um aquífero é o processo natural ou artificial através do qual um aquífero recebe água, ou seja, é a alimentação do aquífero.

Na recarga natural a água é proveniente diretamente da precipitação ou é recebida indiretamente através de outra formação, lago ou rio. A recarga natural resulta do equilíbrio entre a infiltração, o escoamento e a evaporação, sendo fundamentais no processo o regime pluviométrico, a natureza do solo e a cobertura vegetal.

A velocidade de recarga, portanto, não é a mesma para todos os aquíferos, por isso, se faz um estudo prévio para se bombear água de um poço. Se for feita uma captação excessiva, acima dos recursos renováveis, diminui o nível d'água do aquífero, assim o poço fornecerá cada vez menos água e pode eventualmente secar.

A recarga artificial ou induzida é a alimentação do aquífero pela ação do homem, consistindo natransferência de água de outras fontes, por condução direta através de poços ou furos, por infiltração favorecida artificialmente, por inundação ou alteração das condições naturais.

A Hidrogeologia estuda o fluxo dos aquíferos e elabora a classificação deles com base nas suas características físicas.

Um sistema aquífero é o domínio espacial que engloba formações geológicas de diferentes permeabilidades, que definem dois ou mais aquíferos, separados pelo menos localmente por unidades (estruturas geológicas rochosas) impermeáveis, que os individualizam, sem afetar a continuidade hidrogeológica do sistema em escala regional, e que constitui uma unidade prática para o estudo e exploração das águas subterrâneas.

Aquitardo é uma formação geológica que, podendo conter quantidades apreciáveis de água, a transmite muito lentamente, não sendo viável o seu aproveitamento econômico. Em condições especiais, estas formações podem tornar-se muito importantes, por permitirem a recarga vertical de aquíferos.

Aquifugo é uma formação geológica que não apresenta poros ou interstícios interconectados, sendo por isso incapaz de absorver ou transmitir água, por exemplo um maciço granítico não alterado, grande massa rochosa.

Aquicludo é uma formação geológica que, embora porosa e capaz de armazenar água, transmite a água a velocidades bastante reduzidas, não sendo possível a sua exploração em termos econômicos.

### 9.10.2 Hidrogelogia Regional

A compartimentação hidrogeológica também é ponto importante para o entendimento da circulação hídrica da região, bem como subsidiar o entendimento dos possíveis impactos gerados pelas atividades pretendidas pelo empreendimento e medidas prévias que possam ser adotadas para minimizar estes impactos.

A região do Serro é bem servida de águas superficiais, de tal forma que a captação de águassubterrâneas é praticamente nula, refletindo, em parte, a baixa potencialidade hidrogeológicaregional.

A maior parte da sub-bacia do Rio Santo Antônio (99%) situa-se sobre os sistemasaquíferos que, genericamente, podem ser classificados como fissurados, restando apenas 1% da unidade sobre sistemas aquíferos granulares.

Os sistemas aquíferos fissurados distribuem-se conforme as litologias subjacentes: 77 % sobre os sistemas aquíferos em rochas cristalinas, composto de rochas granitoides de composições diversas; 3 % sobre os sistemas aquíferos fissurados xistosos; e 19% sobre sistemas aquíferos fissurados em quartzitos.

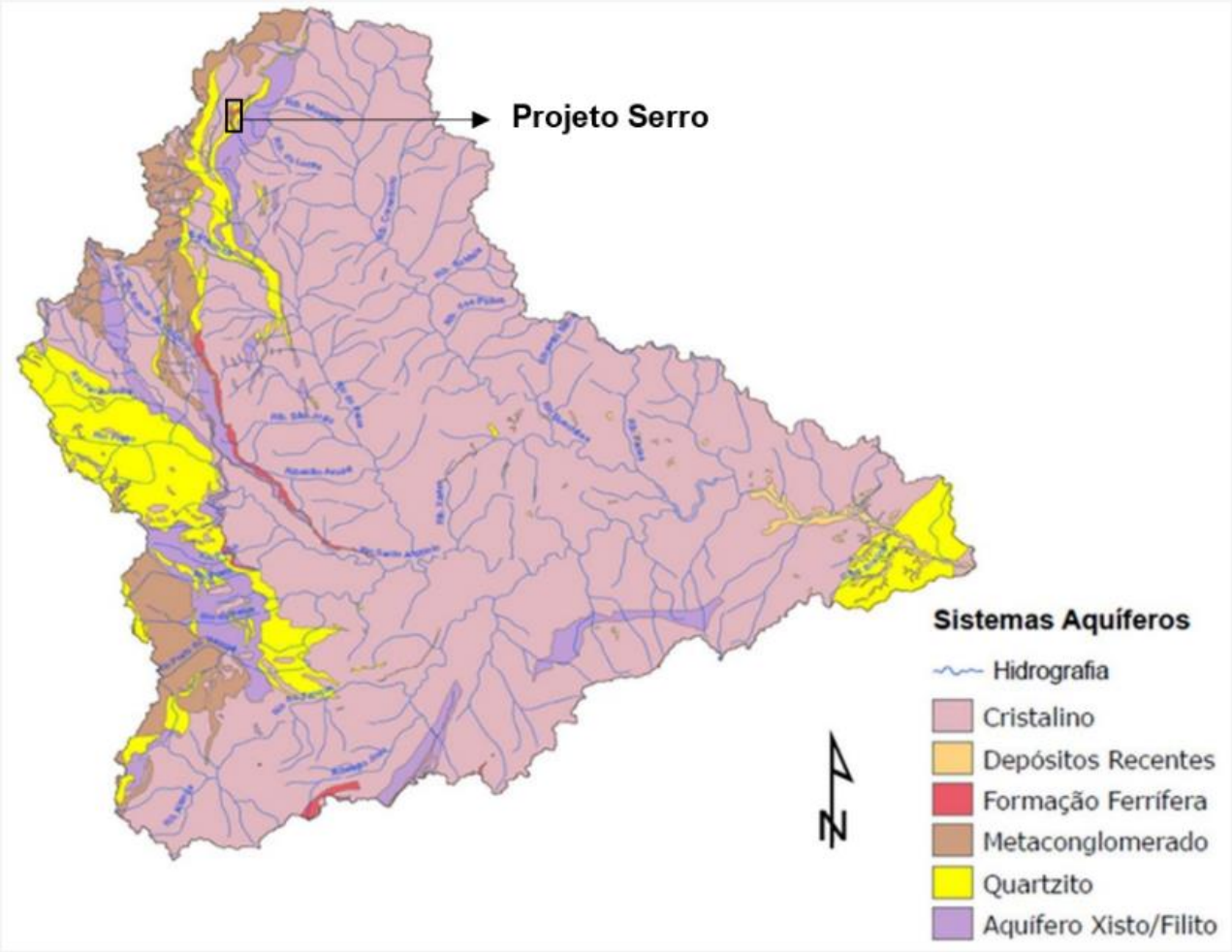



Figura 9-266 – Distribuição das unidades hidrogeológicas na sub-bacia do Rio Santo Antônio (Fonte: EIA-Projeto Serro, 2019, modificado).

Segundo Viana et al. (2005), no município de Serro pode-se distinguir um único domínio hidrogeológico caracterizado por rochas cristalinas e ultramáficas do Arqueano; granitoides e metamorfitos do Proterozoico-Neoproterozoico.

Esse domínio hidrogeológico é enquadrado no sistema aquífero fissurado,onde foram cadastrados um total de 30 (trinta) poços tubulares profundo se 2 (duas) fontes naturais.

O sistema aquífero fissurado é representado por três tipos de aquíferos, associados às rochas granitoides, às rochas xistosas e às rochas quartzíticas. Caracterizam-se por permeabilidade ssecundárias decorrentes de descontinuidades de fraturas, falhas e xistosidades, em geral debaixo potencial hidrogeológico, sem, no entanto, diminuir sua importância como alternativa de abastecimento em casos de pequenas comunidades ou como reserva estratégica em períodos prolongados de estiagem.

O aquífero xistoso é representado principalmente por litotipos da Formação Serra do Catuni pertencente ao Grupo Macaúbas; metamorfitos da Suíte Metamáfica Pedro Lessa e a sequência metavulcanossedimentar do Grupo Serro/AlvoradadeMinas. Esses aquíferos são pouco produtivos e somente em raras situações,verificam-se poços com altas vazões.

Foram cadastrados 9 (nove) poços tubulares profundos, com poucos dados construtivos,sendo:,quatro poços com profundidades variando de 36,0 a 80,0 m e vazões entre 1,4 e 9,3 m³/h; dois poços com dados medidos de profundidades (80 e 102 m) e vazões de 5,04 e 10,51 m³/h; em sete poços foi possível coletar amostras de água para determinação de condutividade elétrica com valores de sólidos totais dissolvidos - STD variando de 61,25 a 121,50mg/L, classificando-os como água doce.

O aquífero quartzítico, com 10 (dez) poços tubulares profundos cadastrados é representado no município pelo Supergrupo Espinhaço, constituído das formações: Galho do Miguel (0), Sopa-Brumadinho (9) e Itapanhoacanga (1), para os quais dados construtivos são raros ou inexistentes. Apenas três poços apresentam dados medidos de profundidades, que variam de 66 a 118,0 m e dois com vazões de 3,6 e 4,97m³/h; um poço com profundidade informada de 75m; em oito poços foi possível coletar amostras de água para determinação de condutividade elétrica revelando valores de STD variando de 6,75 a 99,07mg/L, classificando todos como água doce.

O aquífero granito-gnáissico é representado na área pelos Complexos Gouveia e Guanhães.São aquíferos de baixa potencialidade hidrogeológica, aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. O fato de não apresentarem boa circulação facilita a salinização das águas. Foram cadastrados 11 (onze) poços tubulares profundos, para os quais dados construtivos são raros ou praticamente inexistentes. São informados sete poços com profundidades variando de 36,0 a 113,0 m; quatro poços com vazões variando 1,0 a 5,0 m³/h; em nove poços foi possível coletar água para determinação de condutividade elétrica revelando valores de STD variando de 62,25 a 151,50mg/L,classificando todos como água doce.

As unidades hidrogeológicas que ocorrem na região do Quadrilátero Ferrífero – QF, têm correspondência com os termos litológicos da região do Serro,que sob condições geomorfológicas e climáticas semelhantes, podem ser adotados, a priori, para os aquíferos da Serra do Condado.

Os aquíferos quartzíticos (Moeda e Cercadinho) são caracterizados pelas porosidades fissurais,de comportamento livre a semi confinado,com predomínio dos quartzitos com frequente intercalação de metapelitos, que os tornam muito heterogêneos e anisotrópicos, determinando um comportamento pouco regular dado a variabilidade litológica.

Segundo Beato et al. (2005), as vazões das nascentes comumente são abaixo de 5 m³/h (1,39 l/s), mas com poços podendo exibir capacidade específica de até 5 m³/h/m. Para o aquífero Moeda são citados valores de porosidade efetiva de 5%, transmissividade de 600 m²/dia e vazões médias de 18 m³/h; no entanto,

localmente, sob condições morfoestruturais propícias, podem vir a produzir maiores vazões, iguais ou superiores a 30m³/h.

O aquífero relativo à Formação Cauê do Supergrupo Minas, considerado o principal aquífero doQF, é altamente produtivo, podendo ter vazões superiores a 100 m³/h, desenvolvido sob um extenso range de porosidades fissural a granular. Análises de seus parâmetros hidrodinâmicos, nível d'água e coeficiente de armazenamento sugerem na maioria das vezes que o aquífero se encontra sob a condição livre, eventualmente podendo manifestar a condição de confinamento, em especial em área não aflorante, sob contatos litológico e estratigráfico com metassedimentos semipermeáveis ou aquitardos.

A diversidade litológica,complexidade estrutural e grau de intemperismo induz a elevada anisotropia e heterogeneidade deste aquífero, refletido na ampla variação da transmissividadeque, conforme Beato et at. (2005), varia entre 2 e 2.529 m²/dia.

Considerando as rochas dominantes na região do QF, Copasa (2016) chegou a valores de recarga de 38% para os itabiritos Cauê, 28% para os xistos e metapelitos (Supergrupo Rio dasVelhas, Formação Batatal, Fecho do Funil, Barreiro e o Grupo Sabará) e a menor taxa de recarga, inferior a 28% em relação a precipitação anual, foram encontradas nas coberturas argilosas,nos terrenos granito-gnáissicos e nos quartzitos Moeda.

De modo geral, as águas do aquífero Cauê apresentam-se pouco mineralizadas, com condutividade elétrica baixa,13,2µS/cm,e pH ácido com valores entre 5,6-5,7 (Mourão,2007). As águas do aquífero Moeda são levemente ácidas (pH médio de 6,3) e exibem condutividade elétrica variável de 6,4 a 75,8µS/cm, com média de 36,9 µS/cm.

Na Tabela 9-110 apresenta-se um resumo das características hidrogeológicas das unidades hidrogeológicas no Quadrilátero Ferrífero.

Tabela 9-110 - Parâmetros dos aquíferos no Quadrilátero Ferrífero.

| Unidade Hidrogeológica | Porosidade Efetiva (%) | Condutividade Hidráulica (cm/s) | Recarga (%da precipitação) | Contribuição Específica (l/s.km²) |
|---|---|---|---|---|
| AquíferosGranulares – CoberturasTQ | 1,0a10* | 5,0 x10$^{-04}$ a5,0x10$^{-02}$ | 10<R< 40 | 12,5a16,5 |
| Aquíferos Quartzíticos | 2,0a3,5** | 1,0x10$^{-05}$ a1,0 x10$^{-03}$ | 10<R< 20 | 11,8a15,8 |
| Aquíferos Formação Ferrífera | 2a10* | 1,0x10$^{-05}$ a1,0 x10$^{-02}$ | 15<R< 40 | 16,3a25,6 |
| Aquíferos Carbonáticos | 1,5a2,5* | 1,0x 10$^{-06}$ a1,0 x10$^{-04}$ | 15<R< 25 | 6,3a10,3 |
| Aquíferos Xistosos | 1,0a2,5** | 1,0x10$^{-08}$ a1,0 x10$^{-06}$ | 5< R<10 | 8,4a12,4 |
| Aquíferos Granítico-Gnáissico | 0,75a2,0** | 5,0x10$^{-07}$ a5,0 x10$^{-03}$ | R<10 | 7,9a11,9 |
| Aquiclude/Aquitardo | 0,25a0,75 | 5,0x10$^{-08}$ a5,0 x10$^{-06}$ | R<5 | 1,0a3,0 |

*(Mourão2007)** (Beato*et al.*2005)

## 9.10.3 Hidrogelogia da Área do Projeto

### 9.10.3.1 Unidades Hidroestratigráficas

O comportamento dos aquíferos, percolação e armazenamento da água em níveis subterrâneos, na área do Projeto, se dá em contexto de grande complexidade estrutural com diferentes arranjos estratigráficos, dependentes da porosidade primária intersticial e secundárias fissural, podendo apresentar oscilações sazonais de seus níveis e das vazões de descarga no período chuvoso, bem como apresentar capacidade de manter sua estabilidade hidrodinâmica.

Os aquíferos são considerados uma unidade geológica, um grupo de formações geológicas ou parte de uma formação suficientemente permeável, com facilidades de armazenar e transmitir água em quantidades economicamente viáveis (CPRM, 2014), de modo a permitir a produçãosignificativa de água em poços e nascentes em consonância com os conceitos adotados pelo“Atlas de Água Subterrâneas dos Estados Unidos” (Miller,1999), que definiu também unidade confinante como rochas ou depósitos sedimentares com permeabilidade significativamente menor com relação aos aquíferos.

A individualização das unidades hidrogeológicas que ocorrem na área do Projeto Serro teve por base as relações entre a composição litológica, as feições estruturais e a geometria das unidades litoestratigráficas, que, por sua vez,se diferenciam quanto ao modo de ocorrência e às condições de circulação da água subterrânea.

Na área em apreço, distinguem-se cinco unidades aquíferas e duas com características de aquitarde ou mesmo aquífugo, com propriedades distintas de armazenamento e transmissão das águas,conforme apresentado nos itens e figuras subsequentes.

### 9.10.3.2 Unidades Aquíferas

**Coberturas Cenozóicas**

Correspondem às formações superficiais cenozoicas que abrangem depósitos sedimentares aluviais e coberturas detrito-lateríticas, elúvio-coluviais e os saprólitos. Separados em dois grupos de aquíferos, os depósitos eluviais, coluviais, aluviais e os saprólitos, com uma grande variedade de materiais, de diferentes espessuras, possuem boa capacidade de armazenamento; o segundo grupo, associado a cangas, apresenta elevada porosidade e condutividade hidráulica. Ambos revelam-se como importantes meios de recarga dos aquíferos sotopostos e estão diretamente associados com as nascentes situadas na porção superior do perfil topográfico.

Constituem aquíferos livres, descontínuos e muito heterogêneos e anisotrópicos. A porosidade varia de intersticial nos sedimentos inconsolidados, a porosidade secundária, desenvolvida em planos de descontinuidades nos saprólitos menos decompostos e canga dura.

Destacam-se as coberturas lateríticas, formando depósitos de canga mineralizada em ferro, com fragmentos de itabiritos e hematita cimentados com óxido de ferro, que sustentam a crista da Serra do Condado, na porção noroeste da área, com espessuras médias de 5 m.

Em função da geomorfologia dessa serra, em hogback com caimento para leste, as coberturas atribuídas ao intemperismo das rochas são mais desenvolvidas nas encostas da vertente leste e nas porções mais deprimidas do terreno. Nas encostas da vertente oeste, em perfil predominantemente verticalizado, estes depósitos são pouco desenvolvidos, à exceção dos colúvios ou tálus com blocos de quartzitos e itabiritos, mesmo assim restritos aos fundos dos vales nas cabeceiras da rede de drenagem. Parte destes aquíferos não estão representados em planta (Figura 9-279), diante da escala regional de mapeamento dos domínios hidrogeológicos.

**Formação Ferrífera Canjica**

O Aquífero Canjica é formado pela unidade ferrífera homônima composta de itabiritos, hematitas e quartzitos ferruginosos, com porosidades variando de fissural a granular, dependendo do processo de intemperismo, com dissolução e lixiviação do quartzo e carbonato das rochas.

Em sua área de ocorrência aflorante, este aquífero se encontra livre, passando à condição deconfinamento à medida que mergulha dentro da estrutura em *hogback*, compartimentada pelas inúmeras falhas de empurrão e intercalações de rochas metapelíticas e intrusivas.A diversidade litológica, complexidade estrutural e grau de intemperismo induz a uma elevada anisotropia e heterogeneidade do aquífero, podendo refletir numa ampla variação da transmissividade e armazenamento.

A cota da superfície potenciométrica de 1080 m é sugerida a partir da cota da nascente NA3(1078 m, medida com GPS), atribuída exclusivamente a esta unidade (vazão de 1,12 L/s) e da cota da boca do medidor de nível PZ87(1083 m, medida com GPS),que apresenta artesianismo com baixa vazão (0,016L/s). Estas surgências possivelmente refletem a percolação ao longo de planos de falha e de descontinuidades, sob fluxo ascendente.

**Quartzíticos Itapanhoacanga**

Corresponde aos quartzitos brancos a sericíticos da Formação Itapanhoacanga, que compõem aquíferos com porosidades predominantemente fissurais, mas que tem nas suas porções mais decompostas características de aquífero granular.Analogamente,onde se apresenta aflorante é do tipo livre, passando a semiconfinado à medida que mergulha para leste sob camadas confinantes, de baixa permeabilidade. Na base desta sequência, à medida que se aproxima do contato basal com os gnaisses do Complexo Guanhães, são descritas intercalações de sedimentos grosseiros (Silveira,2016),que podem induzir fluxos locais preferenciais.

A descarga do aquífero Itapanhoacanga parece controlar as nascentes NA1 e NA8. Na área danascente NA1, em cota 972 m da vertente leste, o quartzito ocorre sustentando pequena crista,encaixado em rochas xistosas, cujo contato deve estar controlando a descarga. Não foi possível definir o verdadeiro ponto de descarga,pois na época da visita, bastante chuvosa, identificaram-se inúmeros pontos de surgências, muitos deles associados à cobertura de solos. No entanto, este ponto se destaca por registrar a maior vazão medida

na área (3,46L/s).Na vertente oposta,o ponto da nascente NA8, pode estar refletindo a descarga dos quartzitos e/ou da formação ferrífera no contato com os metapelitos,com vazão medida de 0,68L/s em cota de1.046 m.

**Suíte Alvorada de Minas**

Aquífero presente na sequência ultramáfica da Suíte Alvorada de Minas não decomposta, incluindo as lentes tectônicas de quartzitos descritas por Knauer e Grossi-Sad (1997), com ocorrência a leste e sul da área do projeto. Em geral, trata-se de aquíferos fraturados de baixo potencial hidrogeológico, mas que podem apresentar descargas elevadas, onde subjacente a coberturas espessas ou a grandes lentes de quartzito.

**Gnaisses Guanhães**

Aquífero associado aos gnaisses migmatíticos do Complexo Guanhães, essencialmente fraturado quando a rocha é sã a pouco decomposta, podendo apresentar-se como aquífero livre nas áreas de afloramento da unidade ou como aquífero confinado quando sobreposto pelas unidades metassedimentares,a exemplo da área da Serra do Condado.

No extremo oeste da área do Projeto, esta unidade aquífera é caracterizada pela presença de espesso saprólito, que em condições de alta declividade, como na encosta oeste da Serra do Condado, propicia a surgência temporária de águas subterrâneas de fluxo raso, epidérmico, associado ao período de maior concentração das chuvas.As nascentes NA9 e NA10,cadastradas em março/20, assim como a NA7 (Geomil, 2019), com vazões na recessão abaixo de 1L/s ,representam as descargas típicas do freático desta unidade.

### 9.10.3.3 Unidades Confinantes

As unidades confinantes que ocorrem na área do Projeto Serro correspondem aos aquitardes ou aquífugos formados pelas unidades litológicas compostas por filitos, xistos e as rochas básicas intrusivas atribuídas à Suíte Pedro Lessa.

**Xistos Indiferenciados**

Esta unidade corresponde em parte à Formação Jacém, representada por filitos e xistos e a xistos diversos associados à outras litologias que são gerados nas diversas zonas de cisalhamento que recortam a sequência do Grupo Serra de São José. Corresponde a mais importante unidade confinante no contexto hidrogeológico da área, pois tende a ocorrer,de forma geral,na base da formação ferrífera Canjica e acima dos quartzitos Itapanhoacanga.Sobreposições de origem tectônica, por sua vez, permitem a interconexão entre as unidadesaquíferas, como apresentado nos perfis hidrogeológicos esquemáticos na Figura 9-280.

**Básicas Pedro Lessa**

Os diques básicos são mal descritos na área, mas em geral cortam indiscriminadamente todo o pacote rochoso, podendo formar importantes barreiras hidráulicas, promovendo condições de compartimentação das unidades aquíferas. Quando se apresentam muito tectonizados, podem apresentar alguma conexão hidráulica entre os blocos compartimentados, em domínio aquífero fissural.

**Inventário Hidrogeológico**

Os pontos inventariados em março/20 estão listados na Tabela 9-111 e representados no mapa de domínios hidrogeológicos (Figura 9-279), com os resultados das medidas in loco relacionados na Tabela 9-112.

No levantamento, foram utilizados: GPS de mão marca Garmin modelo GPS MAP64SC, condutivímetro portátil e pHmetro microprocessado da PHTEK, ambos com compensação automática de temperatura, e termômetro digital marca Taylor.

O inventário de março/20 procurou localizar as nascentes cadastradas pela Geomil (2018 – vide Tabela 9-111) para a amostragem visando às análises hidroquímicas convencionais e análises de isótopos estáveis.

A área coberta pelo levantamento ficou restrita à área do empreendimento, no entorno do pico da Serra do Condado. Realizado no período de muita chuva, constatou-se a presença de várias outras nascentes anteriormente não cadastradas em 2018 e dentre aquelas comuns, observou-se o deslocamento do ponto de surgência no talvegue. Estes dados foram objeto de recadastramento e encontra-se integrados ao modelo atualizado.

Na nomenclatura dos pontos procurou-se manter a correspondência entre os dois levantamentos.

Tabela 9-111- Inventário hidrogeológico.

| Ponto | Tipo | UTME | UTMN | Cota | NA | Prof. | Descrição *inloco* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PZ87 | MNA | 670348 | 7948173 | 1083 | 0,0 | 50,42 | Artesianismo, perene, saliência de 40 cm.Canga e xisto grafitoso.Captando de provável zona de falha. |
| PZ25 | MNA | 670751 | 7948512 | 1130 | Seco | 7,30 | Furo de sondagem; seco até a profundidade desobstruída. |
| PZ154 | MNA | 671145 | 7947873 | 949 | 0,7 | > 100 | Afloramento de FF.Mantém o nível d'água durante o ano hidrológico. |
| PZ153 | MNA | 670831 | 7947632 | 974 | 10 | 13,80 | Água turva; seca na estiagem.Saprólitos de xisto. |
| NA1 | NASC. | 670310 | 7947311 | 972 | 0 | | Ponto de coleta representativo do conjunto de diversas nascentes de contato solo/xistos, dentre elas a NA27. |
| NA3 | NASC. | 670480 | 7948317 | 1078 | 0 | | Nascente em fenda de FF, provável circulação profunda em plano de falha. |
| NA4 | NASC. | 671377 | 7948383 | 904 | 0 | | Colúvio com várias nascentes difusas, em área de FF. |
| NA5 | NASC. | 670712 | 7948715 | 1054 | 0 | | Nascente perene na canga. Possível contato inferior com FF. |
| NA8 | NASC. | 670100 | 7947878 | 1046 | 0 | | Tálus com blocos de FF. Zona de contato itabirito/filito em quebra de relevo. |
| NA9 | NASC. | 669403 | 7948016 | 830 | 0 | | Saprólito de gnaisses com tálus de quartzitos. Nascente intermitente na baixada em quebra de relevo. |
| NA10 | NASC. | 669185 | 7948060 | 786 | 0 | | Saprólito de gnaisses com tálus de quartzitos.Nascente intermitente na baixada em quebra de relevo. |
| NA22 | NASC. | 670572 | 7948907 | 1100 | 0 | | Nascente perene no contato canga/FF. Ocorrência similar à NA5. |
| NA23 | NASC. | 670660 | 7948691 | 1069 | 0 | | Nascente intermitente no contato solo/canga. |
| NA25 | NASC. | 670424 | 7948390 | 1098 | 0 | | Área alagada próxima da estrada da ITM. |
| NA27 | NASC. | 670075 | 7947296 | 1056 | 0 | | Nascente associada ao contato solo/rocha xistoa em lajedo. |

FF:formaçãoferrífera;NASC:nascente;MNA:medidordenível d'água.MedidasemmetroscomGPSetrena.

Tabela 9-112 - Resultados de medidas *in oco*.

| Ponto | CE(µS/cm) | pH | Tágua(°C) | Q(L/s) |
|---|---|---|---|---|
| NA1 | 6 | 5,8 | 21,0 | 3,463 |
| NA10 | 22 | 6,1 | 20,6 | 0,268 |
| NA22 | 12 | 4,8 | 22,9 | 0,720 |
| NA3 | 7 | 6,2 | 18,1 | 1,124 |
| NA4 | 11 | 5,6 | 20,1 | 0,467 |
| NA5 | 9 | 5,5 | 21,5 | 0,335 |
| NA8 | 14 | 5,3 | 20,4 | 0,681 |
| NA9 | 22 | 5,7 | 19,8 | 0,992 |
| PZ87 | 30 | 6,0 | 20,2 | 0,016 |

Os instrumentos medidores de nível d'água correspondem ao aproveitamento de furos de sondagem onde se constatou a presença de água. A numeração adotada repete a do furo executado. O prefixo "PZ" foi incorporado, mas admite-se tratar de uma tubulação em pvc perfurado, sem câmara definida de entrada d'água, em que não se conhece os trechos de entradas d'água subterrânea.

Dentre estes (Figura 9-267), o PZ87 apresenta artesianismo, com pequena vazão observada à superfície, na caixa de proteção; o PZ154 apresentou nível d'água muito próximo da superfície;o PZ153 é raso e suas águas possivelmente associadas à percolação subsuperficial no solo, pois vem a secar no período de recessão pluviométrica, e, o PZ25, também muito raso mostrou-se seco.

Figura 9-267 - Medidores de nível cadastrados.(a-PZ87; b-PZ153; c-PZ25 e d-PZ154)

À exceção das nascentes NA3 e NA22, as demais estão associadas a um fluxo de circulação rasa no perfil do solo, indicando que o ponto de surgência a partir da rocha esteja a montante do local registrado. A nascente NA3 foi amostrada na fratura da rocha itabirítica aflorante em uma escarpa vertical e a NA22 ocorre numa pequena toca formada na canga, com possível contribuição do substrato (Figura 9-268).

Figura 9-268 - Nascentes cadastradas em mar/20.(a-A22; b-NA5; c-NA8 e d-NA3)

### 9.10.4 Levantamento Geofísico

Na área onde será implantada a principal frente de lavra, foram realizados pela Geophysical, em junho de 2019, sete caminhamentos geoelétricos.

Das sete seções, as quatro primeiras (1, 2, 3 e 4) têm direções subparalelas entre si segundo NNW-SSE, interceptando a direção NW das falhas de cisalhamento e fraturas de tração e subparalelas à direção geral da xistosidade NS. As seções 5 e 7, orientadas segundo NE-SW, e a seção 6 de direção NW-SE, interceptam a direção geral dos contatos entre os estratos, sendo mais favoráveis para refletirem as diferenças entre as unidades hidrogeológicas.

Em geral, as seções geofísicas mostram uma faixa subparalela e próxima da superfície do terreno com os valores mais baixos de resistividade, onde se delimitam faixas denominadas zonas de baixa resistividade – ZBR, interpretadas como zonas aquíferas de maior potencial hidrogeológico, potencialmente associadas ao manto de intemperismo das rochas. Estas zonas

atingem profundidades de 50 a 100 m e estão localizadas nas porções NW e central da área investigada (Figura 9-269).

A maior parte das seções mostra um substrato com assinaturas de alta resistividade compatível com rochas não armazenadoras de água, denominadas Zonas de Alta Resistividades – ZAR.

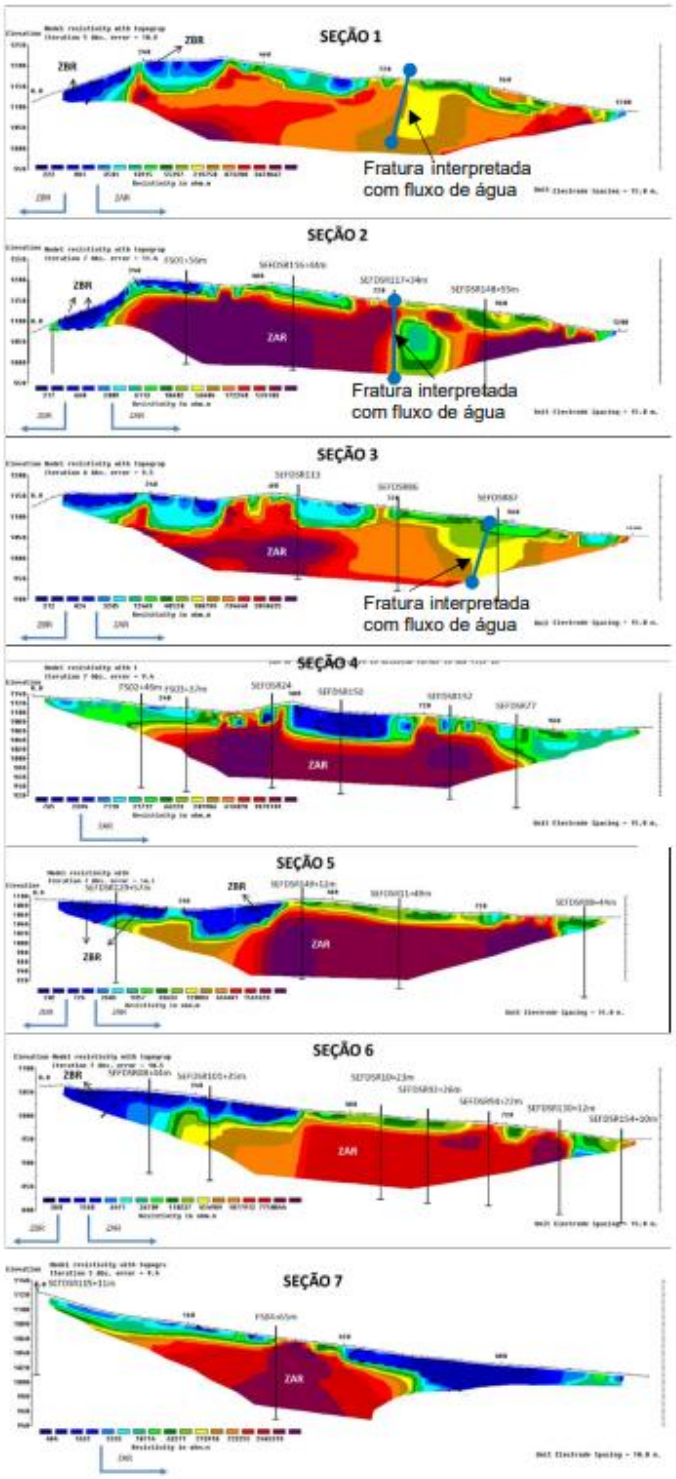



Figura 9-269 - Seções interpretadas de resistividade do levantamento geoelétrico.(Fonte:Geophysical2019,modificado)

Uma interpolação das ZBR's no plano da superfície topográfica (Figura 9-270) permite identificar três faixas que possivelmente podem estar associadas às diversas das nascentes cadastradas no flanco leste da serra,em sua maioria associadas à cobertura laterítica. É possível interpretar ainda uma zona subvertical de falhamentos/fraturamentos, com 80 m de largura, passando pelas seções 1, 2 e 3 (Figura 9-269) com valores medianos de resistividade, indicativos de zona favorável à percolação de águas subterrâneas.

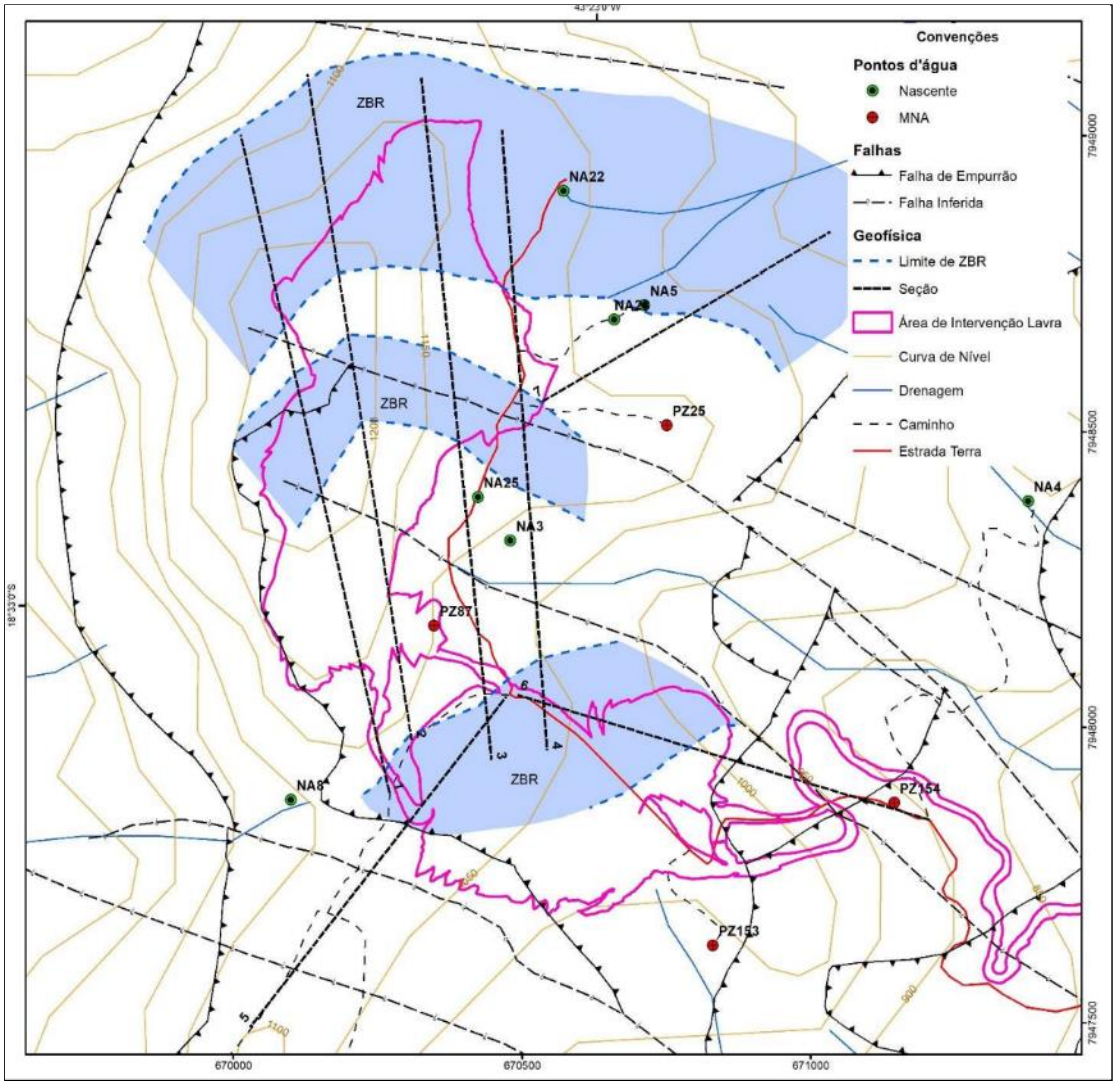



Figura 9-270 - Mapa das zonas de baixa resistividade.

## 9.10.5 Hidroquímica Convencional e Isotópica

Dentre os pontos d'água inventariados na campanha de março/20, nove foram amostrados incluindo uma amostra replicata, totalizando dez (10) amostras de águas subterrâneas, acondicionadas em frascos apropriados e esterilizados (galão de 2 litros para cátions/ânions e frasco de vidro de 10 ml para isótopos) e devidamente protegidos, para seu encaminhamento aos laboratórios especializados de análises, tais sejam: (i) Centro de Sedimentometria e de Qualidade das Águas (CSQA) – hidroquímica convencional de cátions e ânions e (ii) Beta

Analytics – isótopos estáveis ($^{18}O$ e Deutério). A localização destes pontos está apresentada na Tabela 9.113 e os respectivos resultados analíticos na Tabela 9.113.

Tabela 9.113- Dados de amostragem das águas subterrâneas.

| Ponto(1) | UTME | UTMN | Cota | Amostra | | CSQA | BetaAnalytics |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | (m) | Nº | Data coleta | Data entrega | Data entrega |
| PZ87 | 670348 | 7948173 | 1083 | PZ87 | 18/03/2020 | 23/03/2020 | 08/04/2020 |
| PZ153(2) | 670831 | 7947632 | 974 | PZ20(2) | 19/03/2020 | 23/03/2020 | 08/04/2020 |
| PZ154 | 671145 | 7947873 | 949 | PZ154 | 19/03/2020 | 23/03/2020 | 08/04/2020 |
| NA5 | 670712 | 7948715 | 1054 | NA05 | 18/03/2020 | 23/03/2020 | 08/04/2020 |
| NA8 | 670100 | 7947878 | 1046 | NA08 | 18/03/2020 | 23/03/2020 | 08/04/2020 |
| NA3 | 670480 | 7948317 | 1078 | NA03e NA3D | 19/03/2020 | 23/03/2020 | 08/04/2020 |
| NA4 | 671377 | 7948383 | 904 | NA04 | 19/03/2020 | 23/03/2020 | 08/04/2020 |
| NA9 | 669403 | 7948016 | 830 | NA09 | 20/03/2020 | 23/03/2020 | 08/04/2020 |
| NA10 | 669185 | 7948060 | 786 | NA10 | 20/03/2020 | 23/03/2020 | 08/04/2020 |

(1) videTabela 4.1 do Inventário,com informações sobre arespectiva ocorrência e domínios aquíferos.
(2)amostra PZ153 corresponde à nomenclatura de campo PZ20, nos boletins da Beta Analytics.

Na Tabela 9.114 apresentam-se os principais resultados analíticos obtidos pelas análises físico-químicas quantitativas realizadas pelo CSQA.

Tabela 9.114 - Principais resultados das análises hidroquímicas.

| Parâmetro | Unidade | PZ-154 | PZ-153 | PZ-87 | NA-03 | NA-3D | NA-04 | NA-05 | NA-08 | NA-09 | NA-10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datacoleta | | 19/03/20 | 19/03/20 | 18/03/20 | 19/03/20 | 19/03/20 | 19/03/20 | 18/03/20 | 18/03/20 | 20/03/20 | 20/03/20 |
| Cloreto | mg/L | 3,58 | 16,24 | 2,39 | 1,69 | 0,48 | 1,91 | 1,67 | 1,91 | 0,96 | 0,95 |
| Cálcio | mg/L | 27,21 | 43,21 | 3,2 | 0,8 | 0,4 | 0,4 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
| Magnésio | mg/L | 2,42 | 5,09 | 2,18 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,49 | 0,24 | 0,73 | 0,97 |
| Sódio | mg/L | 5,54 | 51,4 | 2,04 | 0,46 | 0,38 | 1,04 | 0,76 | 1,77 | 3,03 | 2,98 |
| Potássio | mg/L | 5,54 | 14,16 | 0,73 | 0,08 | 0,05 | 0,28 | 0,16 | 0,4 | 1,07 | 1,13 |
| BicarbonatosemCaCO3 | mg/L | 109,45 | 281,6 | 21,39 | 0,73 | 1,54 | 0,79 | 4,48 | 5,2 | 14,45 | 14,09 |
| OrtofosfatoemHPO4$^{2-}$ | mg/L | 0,04 | 0,15 | 0,2 | <0,06 | <0,06 | <0,06 | <0,06 | <0,06 | <0,06 | <0,06 |
| SulfatoemSO4$^{2-}$ | mg/L | 1,1 | 2,7 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 3,1 | 1 | 1,3 |
| NitratoemNO3$^{-}$ | mg/L | 0,15 | 3,88 | 0,82 | 0,65 | 0,48 | 0,48 | 0,82 | 0,65 | 0,99 | 0,48 |
| FluoretoemF$^{-}$ | mg/L | 0,06 | 0,16 | 0,03 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0,02 | 0,03 |
| Eh | mV | 390,2 | 374 | 414,4 | 472,8 | 505,2 | 526,7 | 521,8 | 505,7 | 523,5 | 504,1 |
| pH | | 7,2 | 7,29 | 7,35 | 7,39 | 7,34 | 6,4 | 6,54 | 6,6 | 6,31 | 6,41 |
| Condutividadeelétrica | µS/cm | 188,4 | 500 | 45,3 | 9,3 | 9,52 | 9,5 | 13,05 | 17,81 | 25,5 | 24 |

(1)*pH de laboratório;unidade em log10[1/H+]. Condutividade elétrica de laboratório.*

Os resultados químicos-quantitativos foram devidamente tratados, e a sua consistência balizada no balanço iônico (Logan, 1965; Custódio & Llamas, 1976) para cada ponto amostral, cuja magnitude das concentrações iônicas (em meq/L) revelaram-se fidedignas, em sua maioria com erros de análise dentro do admissível.

Apresenta-se na Tabela 9.115, a seguir, alguns índices hidroquímicos de interesse à interpretação dos dados obtidos, como subsídio à análise de agrupamento (cluster analysis), com vista à associação dos pontos amostrais com seus respectivos domínios aquíferos.

Tabela 9.115 - Índices hidroquímicos e parâmetros físico-químicos.

| Amostra | Cl/$HCO_3$ | $SO_4$/Cl | Na/Ca | Ca/Cl | $CO_2$(livre) | Eh | ITB | ITB(-) | Kr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PZ 154 | 0,06 | 0,23 | 0,177 | 13,445 | 11,508 | 390,2 | -2,79 | -0,155 | 1,63 |
| PZ 153 | 0,10 | 0,12 | 1,04 | 4,71 | 29,61 | 374 | -4,67 | -0,46 | 3,58 |
| PZ 87 | 0,19 | 0,19 | 0,56 | 2,37 | 2,25 | 414,5 | -0,59 | -0,110 | 0,27 |
| NA 03 | 3,98 | 0,26 | 0,50 | 0,84 | 0,08 | 472,8 | 0,54 | 1,048 | 0,02 |
| NA3D | 0,54 | 0,77 | 0,83 | 1,47 | 0,16 | 505,2 | -0,32 | -0,120 | 0,02 |
| NA 04 | 4,16 | 0,31 | 2,27 | 0,37 | 0,08 | 526,7 | 0,03 | 0,050 | 0,01 |
| NA 05 | 0,64 | 0,53 | 0,41 | 1,69 | 0,47 | 521,8 | 0,21 | 0,101 | 0,08 |
| NA 08 | 0,63 | 1,20 | 0,96 | 1,48 | 0,55 | 505,7 | -0,62 | -0,223 | 0,08 |
| NA 09 | 0,11 | 0,77 | 1,65 | 2,95 | 1,52 | 523,5 | -4,88 | -0,513 | 0,16 |
| NA 10 | 0,12 | 1,01 | 1,62 | 2,98 | 1,48 | 504,1 | -4,92 | -0,511 | 0,16 |

$CO_2$ *Livre*=$(10)^{7-pH}$.(0,61/3).(alcalinidade total),em ppm(Tillmans,1931*in*:Custódio&Llamas,1976)
*ITB*=[Cl–(Na+K)]/Cl;*ITB(-)*=[Cl–(Na+K)]/($SO_4$+$HCO_3$+$NO_3$);$K_r$=[rCa.(r$HCO_3^-$)$^2$]$^{1/3}$.

No diagrama Eh x pH da Figura 9-271, verifica-se que as águas coletadas nas nascente são provenientes de um ambiente associado a uma zona de circulação rasa em meio oxidante, em contato com a atmosfera, enquanto que em relação aos instrumentos medidores de nível d´água– MNA's PZ-87, PZ-153, PZ154, pelo seu posicionamento no diagrama, revela condições de circulação algo mais profunda.

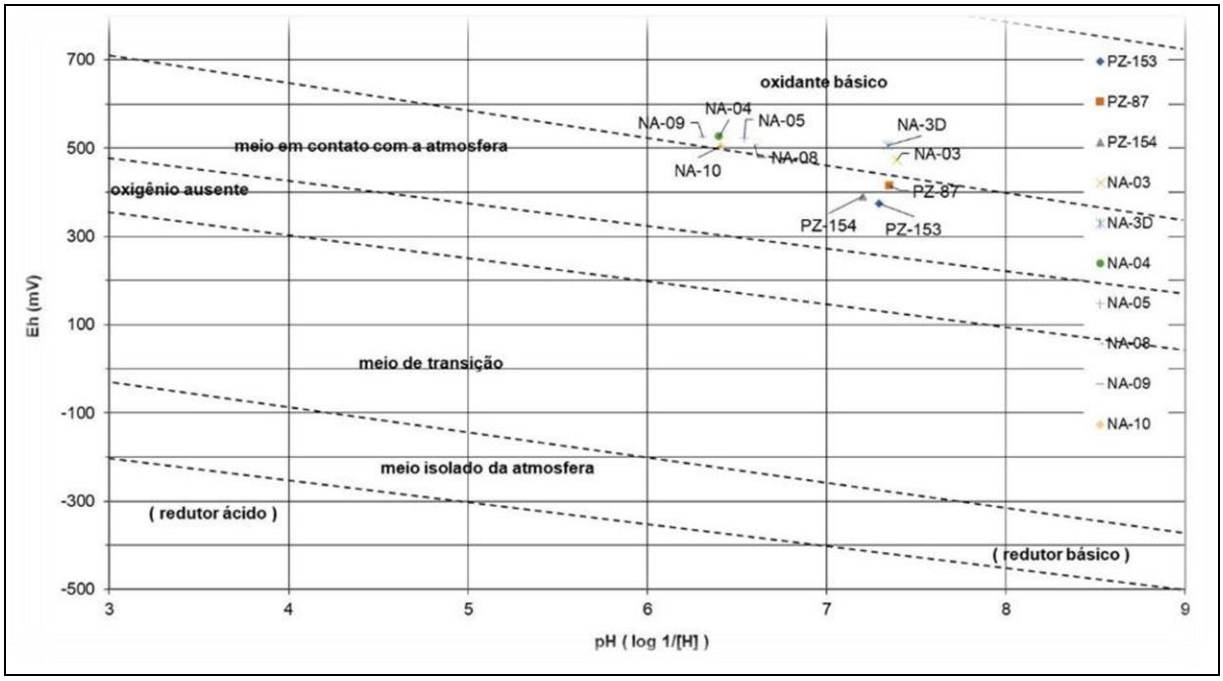



Figura 9-271 - Diagrama Eh-pH para as águas coletadas na campanha de mar/20.

A assinatura das amostras dos pontos PZ87, PZ153, PZ154, NA9 e NA10 em relação aos bicarbonatos, fosfatos, fluoretos e condutividade elétrica mostra um fluxo em meio relativamente mais reativo, com pouca ou nenhuma influência das rochas da formação ferrífera, que por sua vez mostram baixos teores em bicarbonatos e condutividade elétrica - CE, e valores de ortofosfatos e flúor abaixo do limite de detecção (Figura 9-272).

A presença de fluoretos nas amostras NA9 e NA10 indica percolação no meio aquífero fissural associado ao embasamento granito-gnáissico Guanhães, enquanto ortofosfatos sob concentrações relativamente maiores, a exemplo dos pontos PZ87, PZ153 e PZ154, está associada à percolação em meio fissural de rochas clásticas metassedimentares, localmente associadas à formação ferrífera – FF.

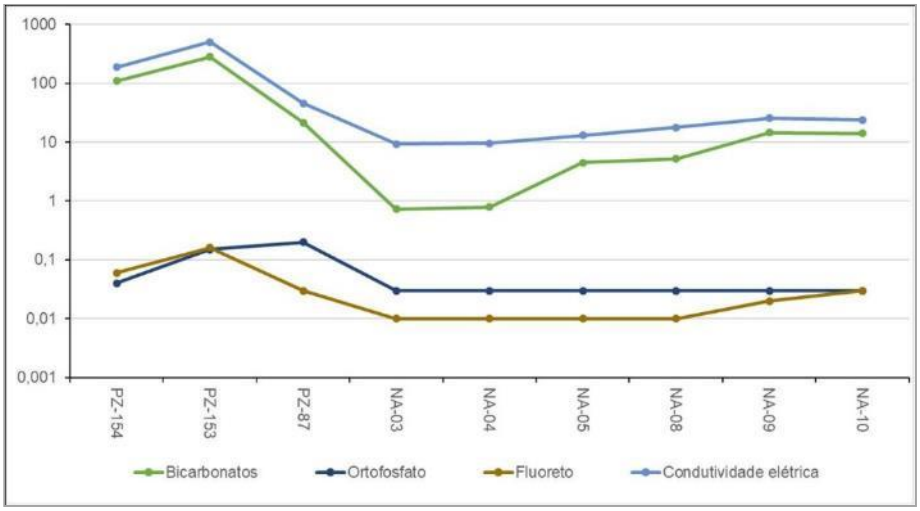



Figura 9-272 - Assinaturas hidroquímicas das águas subterrâneas. (Resultados de laboratório)

Os resultados obtidos na análise de agrupamento considerando-se como parâmetros de correlação os índices hidroquímicos ITB, ITB(-) e Kr (vide Tabela 9.115), é ilustrado na Figura 9-273 a seguir.

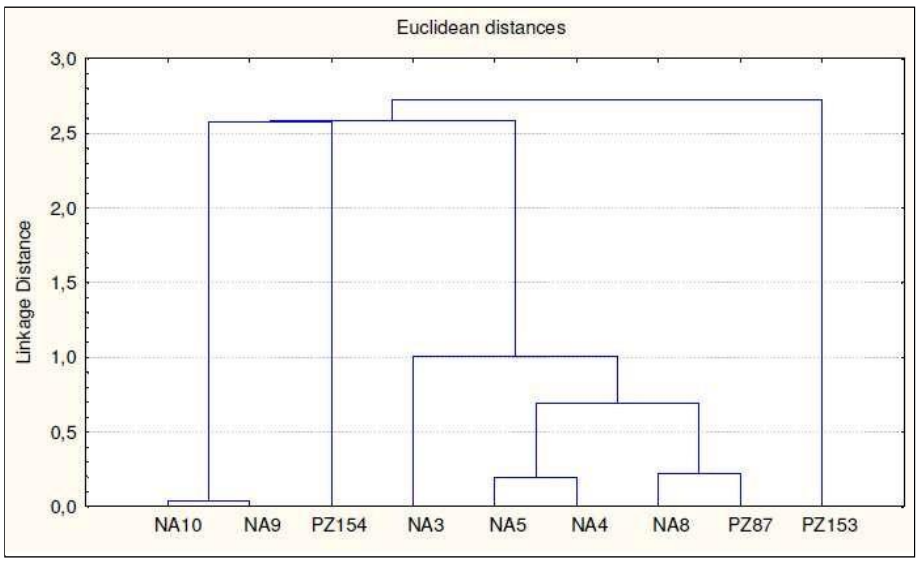



Figura 9-273 - Dendograma da análise de agrupamento – índices ITB, ITB(-), Kr.

Os resultados obtidos para os isótopos estáveis Oxigênio-18 e Deutério ($^{2}H$) são discriminados na Tabela 9.116, incluindo o Excesso de Deutério, que diminui nas águas tanto

quanto maior a sua evaporação, o que reflete em algumas amostras, o seu contato com a superfície e sujeitas à evaporação.

Tabela 9.116 - Resultados de isótopos estáveis.

| Amostra | $\delta^{18}O \pm 1RSD$(o/oo) | 1RSD | $\delta^{2}H \pm 1RSD$(o/oo) | 1RSD | ΔDeutério |
|---|---|---|---|---|---|
| NA3 | -6,18 | 0,01 | -34,89 | 0,07 | 14,55 |
| NA8 | -5,95 | 0,02 | -33,12 | 0,11 | 14,48 |
| NA3D | -6,18 | 0,03 | -35,04 | 0,16 | 14,4 |
| NA10 | -5,73 | 0,01 | -32,1 | 0,06 | 13,74 |
| NA4 | -6,38 | 0,04 | -37,37 | 0,36 | 13,67 |
| PZ-87 | -6,38 | 0 | -37,85 | 0,04 | 13,19 |
| PZ-154 | -5,87 | 0,03 | -33,82 | 0,23 | 13,14 |
| NA5 | -6,11 | 0,07 | -35,89 | 0,56 | 12,99 |
| NA9 | -5,35 | 0 | -29,88 | 0,08 | 12,92 |
| PZ-153 | -5,88 | 0,02 | -34,33 | 0,09 | 12,71 |

Na distribuição de $^{18}O$ e $^{2}H$ (Figura 9-274), identificam-se também, dois conjuntos de águas, em função da variabilidade do Oxigênio-18. O Grupo I corresponde às amostras NA-3, NA-3D, NA4, NA5, NA8, PZ-87, PZ-153 (PZ-20) e PZ-154; enquanto que o Grupo II, pelas nascentes NA-09 e NA-10, com valores de Oxigênio-18 mais diferenciados.

Do exposto, observa-se a compatibilidade entre as características químicas das águas com os dados isotópicos, que se agrupam de modo similar em correlação com os pontos amostrais anteriormente discriminados segundo os grupos I e II.

Por sua vez, conforme exemplificado no dendograma da análise de agrupamento para os resultados do traçador isotópico $^{18}O$ e o índice ITB (Figura 9-275), mostra-se a compatibilidade desses grupos (I e II), anteriormente identificados no gráfico de distribuição $^{18}O$ versus $^{2}H$, em relação às retas meteóricas da América do Sul (Plata, 1972; Salati et al. 1974) e de Brasília (Scudino et al., 1983; Scudino 1992).

Verifica-se também a correlação entre os pontos NA9 e NA10, enquanto que a água do ponto PZ153, incluso neste agrupamento, reflete a influência do parâmetro ITB associado à sua maior salinidade relativa aos seus constituintes iônicos.

Tal integração entre os dados hidroquímicos convencionais e isotópicos, demonstram compatibilidade entre si.

É pertinente comentar que os pontos PZ-153 (PZ-20) e PZ-154, correspondentes aos instrumentos de monitoramento piezométrico (MNA) disponíveis na área de estudo, revestidos em pvc com pequeno diâmetro (25 mm) e aproveitados para a amostragem hidroquímica, revelaram valores anômalos altos de CE, o que indica que estejam influenciados pelos insumos de perfuração/sondagem, já que estes valores diferenciam-se em escala logarítmica.

A dificuldade de purga em tal diâmetro dificultou sobremodo, uma amostragem hidroquímica convencional mais representativa; no entanto, os dados isotópicos obtidos nestes pontos amostrais, conforme anteriormente mostrado, apresentam-se compatíveis e subsidiam a concepção do modelo hidrogeológico conceitual para a área do empreendimento e suas adjacências.

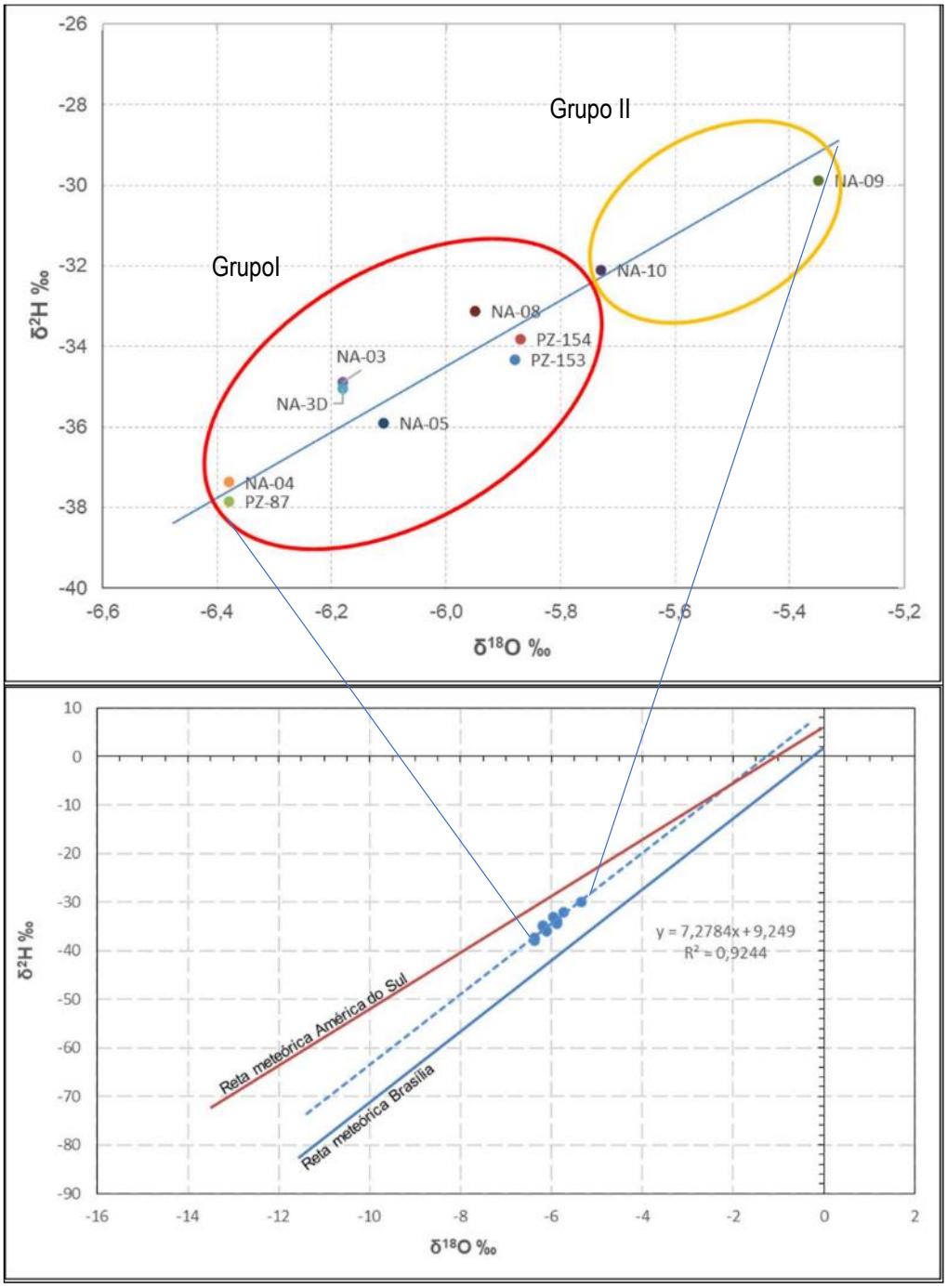



Figura 9-274 - Distribuição de Oxigênio-18 e Deutério nas águas subterrâneas.

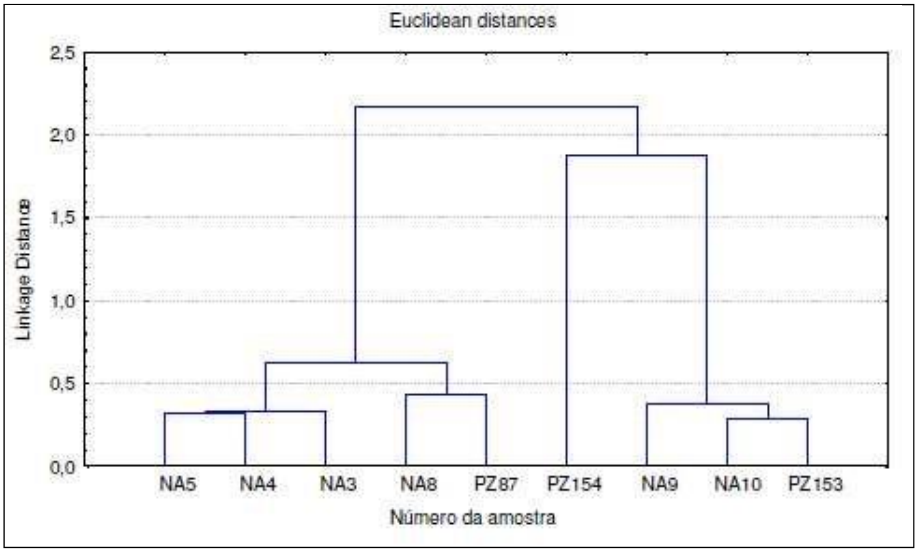



Figura 9-275 - Dendograma da análise de agrupamento–correlação entre $^{18}O$ e ITB.

Analogamente, apresenta-se na Figura 9-276, a seguir, o resultado da análise de agrupamento considerando-se as 6 (seis) variáveis, tais sejam: CE, $^{18}O$ e Deutério, ITB, ITB(-) e Kr.

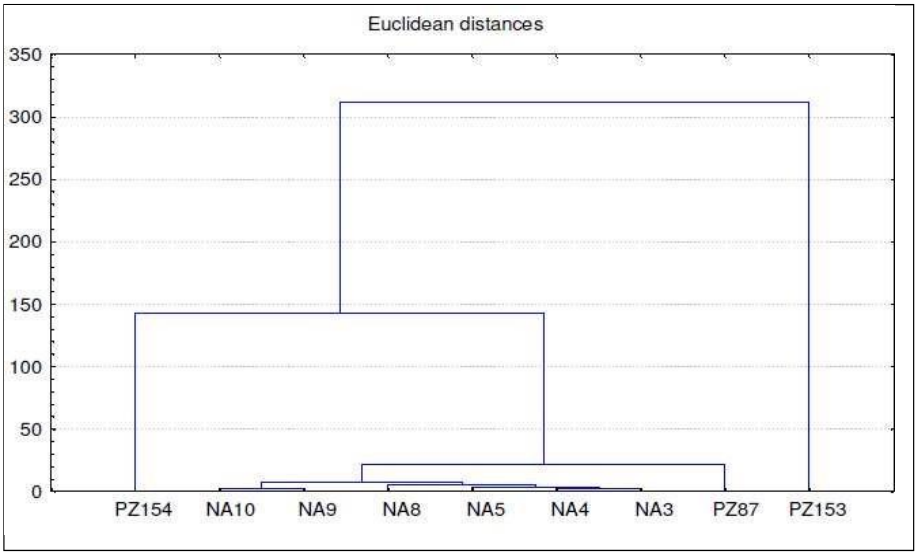



Figura 9-276 - Análise de agrupamento – CE, $^{18}O$e$^{2}H$ e índices ITB, ITB(-) e Kr.

Conforme anteriormente comentado, os citados MNA's PZ-153 (PZ-20) e PZ-154, apresentam águas com diferenciação influenciada pela CE e sólidos totais dissolvidos, razão pela qual se enquadram em subgrupos diferentes, em relação às águas das nascentes. No entanto, observações de campo e cartografia geológica aqui apresentadas (vide Tabela 9-111- Inventário hidrogeológico.), indicam pertencerem ao domínio aquífero associado à formação ferrífera - FF. Os subgrupos NA-09 e NA-10 configuram-se como bastante correlatos entre si, e representam águas oriundas de nascentes no domínio aquífero granito-gnaisse Guanhães; analogamente, os pontos NA-3, NA-5, NA-7 e NA-8, correlacionam-se ao domínio aquífero FF.

A corroborar com tal resultado, a ilustração da Figura 9-277, a qual mostra os resultados da análise de agrupamento, revela de modo inequívoco, um agrupamento bastante compatível com os seus respectivos domínios aquíferos, conforme anteriormente demonstrado; o que vem subsidiar sobremodo, a concepção do modelo hidrogeológico conceitual para a área do empreendimento e suas adjacências.

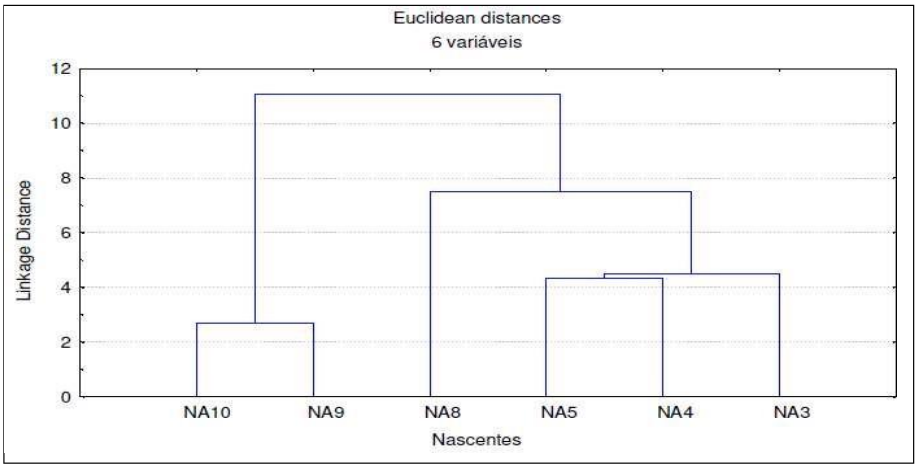



Figura 9-277- Agrupamento das nascentes - CE,18O e 2H e índices ITB, ITB(-), Kr.

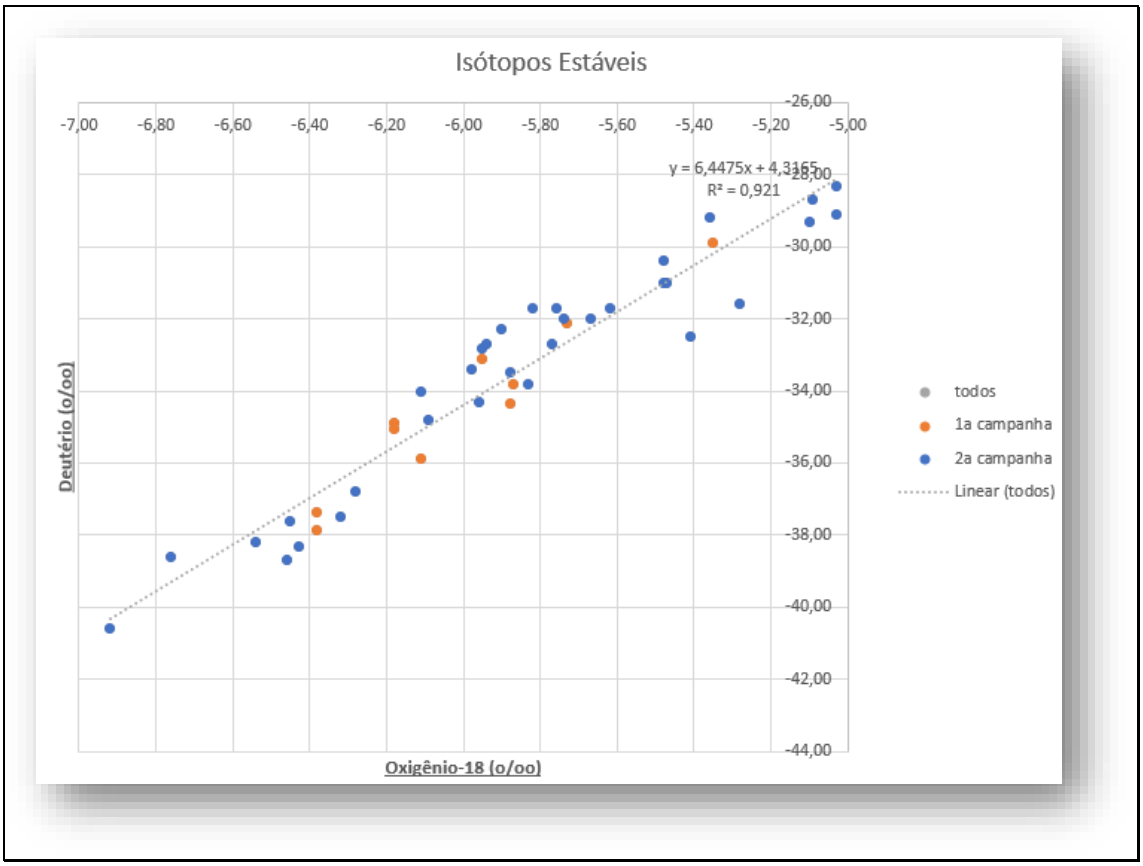



Figura 9-278 - Distribuição dos isótopos estáveis das amostras de água analisadas nas duas campanhas, corroborando a existência de dois grupos genéticos (águas profundas x águas rasas).

### 9.10.6 Modelo Hidrogeológico

A concepção do modelo hidrogeológico para a área do empreendimento e suas adjacências, ora apresentado, teve por base subsidiária a cartografia geológica e geofísica disponível, bem como os dados de levantamentos e observações in loco levadas a cabo na atividade de Inventário hidrogeológico e dados hidrológicos de fluviometria disponíveis, além da apropriação de dados primários de hidroquímica convencional e emprego de traçadores naturais da água mediante análises do conteúdo isotópico de Oxigênio-18 e Deutério.

O mapa de domínios aquíferos ilustrado na Figura 9-279 apresenta a ocorrência e distribuição em superfície, dos domínios aquíferos da região de estudo. Por sua vez, os perfis hidrogeológicos esquemáticos mostrados na Figura 9-280, ilustram em subsuperfície o comportamento dos fluxos regionais consoantes à geometria de um sistema aquífero de tipo "multicamadas", correspondentes à sequência metassedimentar, com feição em hogback, no divisor de águas subterrâneas, associados a esta sequência metassedimentar descrita com pormenor, em capítulos anteriores.

A geometria dos domínios aquíferos reflete o forte tectonismo de rupturas regionais de falhas de cavalgamento, o que enseja a compartimentação de domínios hidrogeológicos permeáveis, ora hidraulicamente interconectados entre si, ora trapeados por rochas de baixa ou nenhuma permeabilidade, associadas respectivamente, a aquitardes e aquífugos.

As zonas aquíferas de circulação mais rasa, de tipologia "livre" (água subterrânea sob pressão atmosférica) e granular, estão associadas ao manto de intemperismo, conforme mostrado nos perfis geofísicos de eletrorresistividade (Figura 9-269), providos por caminhamento geoelétrico, e, em especial, nos metassedimentos que originam um solo mais poroso e permeável, associados à formação ferrífera - FF e quartzitos sobrejacentes ao embasamento granito-gnáissico Guanhães, em zona de divisor de água subterrânea que se estende em continuidade para a faixa oriental da área.

Na faixa imediatamente ocidental ao empreendimento, o domínio aquífero granito-gnáissico Guanhães, associado ao manto decomposto saturado, de tipo livre e granular, tem baixo potencial, revelado por restituições subterrâneas da ordem de 0,05 L/s.km2, a exemplo do ponto hidrométrico HA-04, anteriormente mostrado. Tal característica hidrológica reflete pouca ou nenhuma interconexão hidráulica com o sistema aquífero "multicamadas" supra referido, onde está inserida a área do empreendimento em pauta.

A recarga se processa à superfície, mediante solos de cobertura de canga e demais coberturas detríticas e manto decomposto; o escoamento subterrâneo e descarga natural se dá ao longo das drenagens, sob condições hidráulicas rio-aquífero "efluente". Sob maiores profundidades, predominam características de meio aquífero fissural, onde os estratos metassedimentares permeáveis encontram-se encobertos, apresentam condições de confinamento sob fluxos preferenciais ao longo dos planos de foliação/xistosidade e de rupturas de falha, sob fluxos ascendentes, associados aos supracitados meios aquíferos FF e quartzitos, de maior permeabilidade.

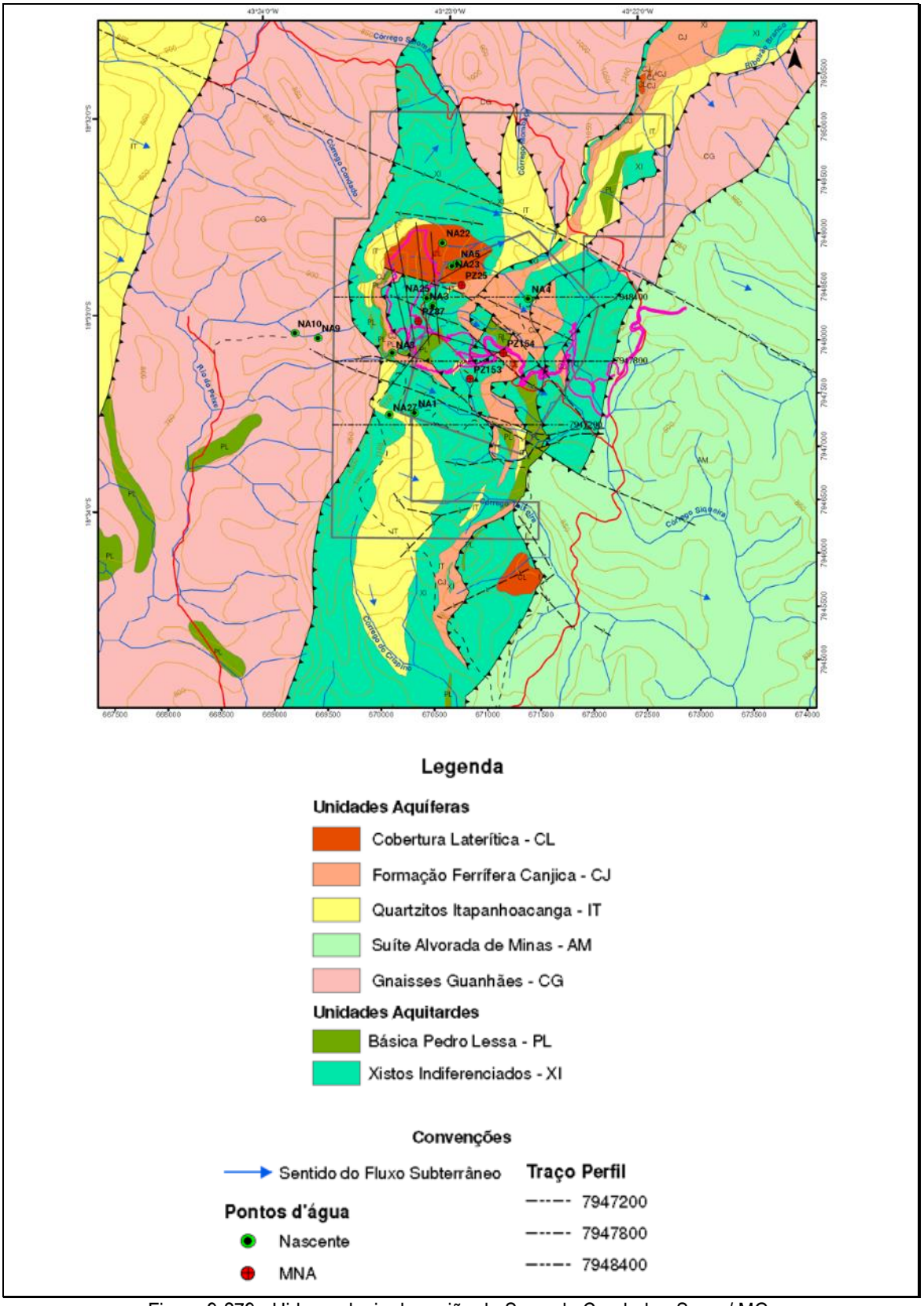



Figura 9-279 - Hidrogeologia da região da Serra do Condado - Serro / MG.

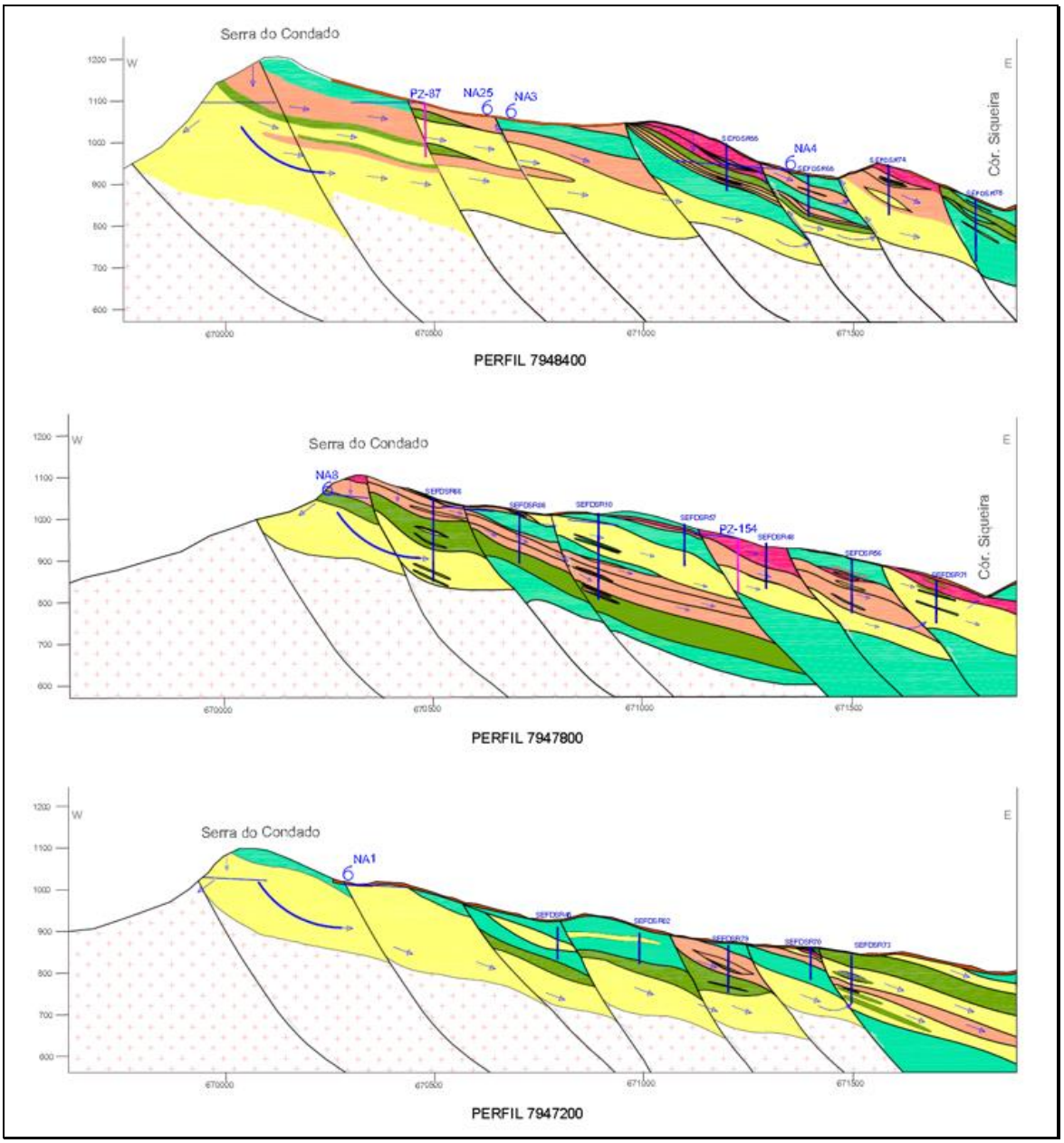



Figura 9-280 – Hidrogeologia da Serra do Condado – Seções Esquemáticas.

### 9.10.6.1 Avaliação de Piezometria em Relação às Cavas

Um dos aspectos mais importantes no diagnóstico da hidrogeologia nas áreas de estudo do presente EIA diz respeito à compreensão do comportamento da água subterrânea relativamente ao posicionamento das estruturas minerárias, notadamente, as frentes de lavra a céu aberto do minério de ferro.

Com esse propósito, foram realizados vários trabalhos visando elaborar um modelo hidrogeológico fidedigno às condições reinantes nos locais de interesse, que permitissem o

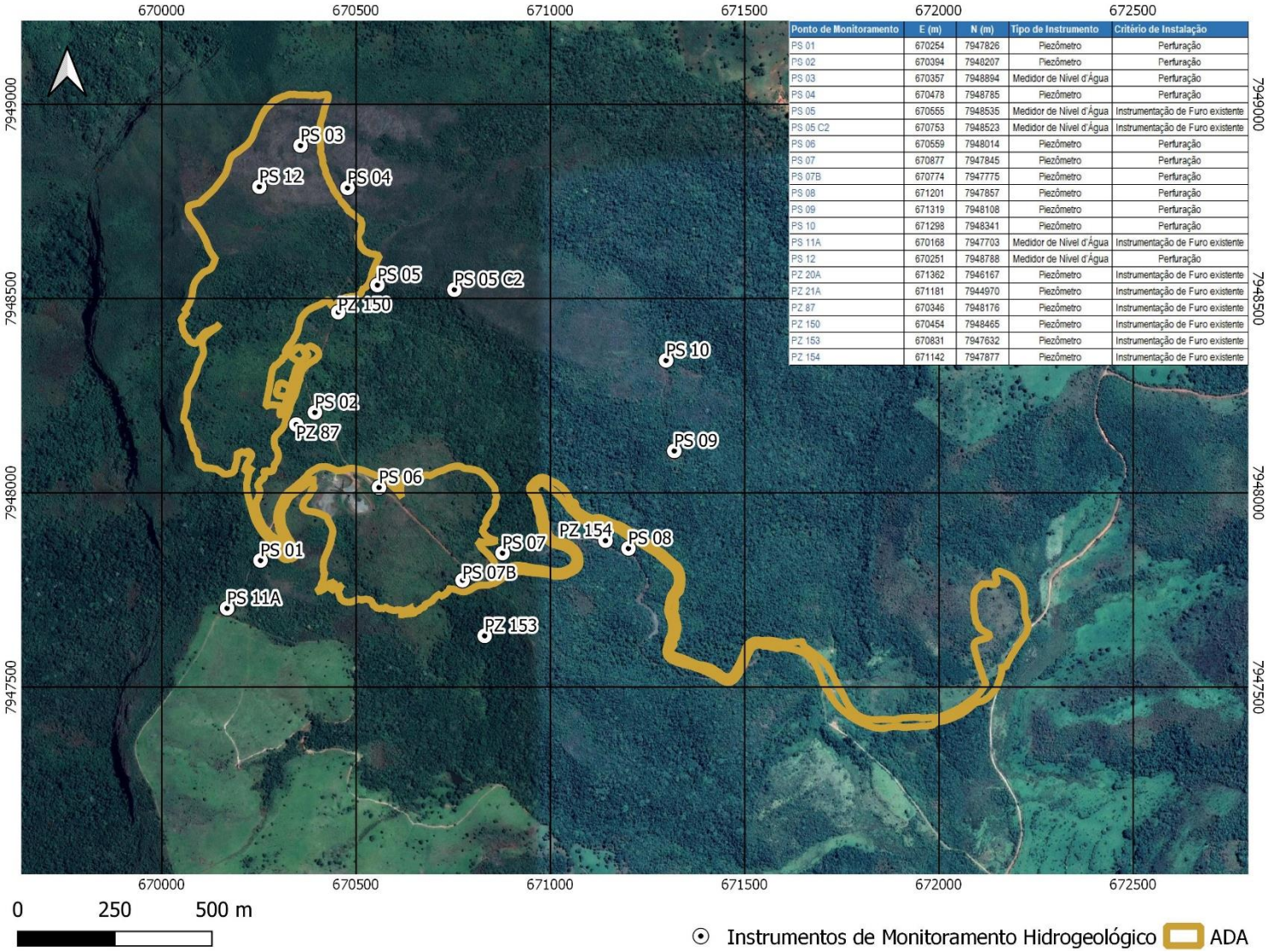
mapeamento em subsuperfície dos níveis potenciométricos e a confrontação desta superfície de saturação com as escavações de lavra, para propiciar a projeção das cavas de modo a não interferir com os mananciais subterrâneos, ou seja, para garantir que os trabalhos minerários se desenvolveriam sem a necessidade de rebaixamento do lençol freático.

Para o mapeamento da superfície freática, contou-se com as informações provenientes do levantamento das nascentes do entorno da futura mina, bem como das informações fornecidas por piezômetros implantados com o propósito de complementar o acervo de dados piezométricos (**Erro! Fonte de referência não encontrada.** e Tabela 9.118 ).

Além dos instrumentos já existentes, foi realizada campanha de sondagem para a instalação 11 novos instrumentos, bem como o esforço para recuperação de furos já existentes no local, incrementando, ao máximo, a instrumentação disponível. Considerando esta campanha complementar a região estudada passou a contar com um total de 20 instrumentos, 11 novos e 9 instalados em furos executados nas campanhas de investigação hidrogeológica.

Tabela 9.117 – Conjunto de piezômetros monitorados no entorno da futura mina.

| Ponto de Monitoramento | E (m) | N (m) | Tipo de Instrumento | Critério de Instalação |
|---|---|---|---|---|
| PS 01 | 670254 | 7947826 | Piezômetro | Perfuração |
| PS 02 | 670394 | 7948207 | Piezômetro | Perfuração |
| PS 03 | 670357 | 7948894 | Medidor de Nível d'Água | Perfuração |
| PS 04 | 670478 | 7948785 | Piezômetro | Perfuração |
| PS 05 | 670555 | 7948535 | Medidor de Nível d'Água | Instrumentação de Furo existente |
| PS 05 C2 | 670753 | 7948523 | Medidor de Nível d'Água | Instrumentação de Furo existente |
| PS 06 | 670559 | 7948014 | Piezômetro | Perfuração |
| PS 07 | 670877 | 7947845 | Piezômetro | Perfuração |
| PS 07B | 670774 | 7947775 | Piezômetro | Perfuração |
| PS 08 | 671201 | 7947857 | Piezômetro | Perfuração |
| PS 09 | 671319 | 7948108 | Piezômetro | Perfuração |
| PS 10 | 671298 | 7948341 | Piezômetro | Perfuração |
| PS 11A | 670168 | 7947703 | Medidor de Nível d'Água | Instrumentação de Furo existente |
| PS 12 | 670251 | 7948788 | Medidor de Nível d'Água | Perfuração |
| PZ 20A | 671362 | 7946167 | Piezômetro | Instrumentação de Furo existente |
| PZ 21A | 671181 | 7944970 | Piezômetro | Instrumentação de Furo existente |
| PZ 87 | 670346 | 7948176 | Piezômetro | Instrumentação de Furo existente |
| PZ 150 | 670454 | 7948465 | Piezômetro | Instrumentação de Furo existente |
| PZ 153 | 670831 | 7947632 | Piezômetro | Instrumentação de Furo existente |
| PZ 154 | 671142 | 7947877 | Piezômetro | Instrumentação de Furo existente |




| Ponto de Monitoramento | E (m) | N (m) | Tipo de Instrumento | Critério de Instalação |
|---|---|---|---|---|
| PS 01 | 670254 | 7947826 | Piezômetro | Perfuração |
| PS 02 | 670394 | 7948207 | Piezômetro | Perfuração |
| PS 03 | 670357 | 7948894 | Medidor de Nível d'Água | Perfuração |
| PS 04 | 670478 | 7948785 | Piezômetro | Perfuração |
| PS 05 | 670555 | 7948535 | Medidor de Nível d'Água | Instrumentação de Furo existente |
| PS 05 C2 | 670753 | 7948523 | Medidor de Nível d'Água | Instrumentação de Furo existente |
| PS 06 | 670559 | 7948014 | Piezômetro | Perfuração |
| PS 07 | 670877 | 7947845 | Piezômetro | Perfuração |
| PS 07B | 670774 | 7947775 | Piezômetro | Perfuração |
| PS 08 | 671201 | 7947857 | Piezômetro | Perfuração |
| PS 09 | 671319 | 7948108 | Piezômetro | Perfuração |
| PS 10 | 671298 | 7948341 | Piezômetro | Perfuração |
| PS 11A | 670168 | 7947703 | Medidor de Nível d'Água | Instrumentação de Furo existente |
| PS 12 | 670251 | 7948788 | Medidor de Nível d'Água | Perfuração |
| PZ 20A | 671362 | 7946167 | Piezômetro | Instrumentação de Furo existente |
| PZ 21A | 671181 | 7944970 | Piezômetro | Instrumentação de Furo existente |
| PZ 87 | 670346 | 7948176 | Piezômetro | Instrumentação de Furo existente |
| PZ 150 | 670454 | 7948465 | Piezômetro | Instrumentação de Furo existente |
| PZ 153 | 670831 | 7947632 | Piezômetro | Instrumentação de Furo existente |
| PZ 154 | 671142 | 7947877 | Piezômetro | Instrumentação de Furo existente |

Figura 9-281 – Pontos de Monitoramento Hidrogeológico

Estes resultados de instrumentação foram modelados no software Leapfrog, realizando-se a interpolação dos resultados de piezometria para traçado de uma superfície piezométrica. Para instrumentos multicamada considerou-se o resultado daquele instrumento com maior leitura.

Tabela 9.118 – Leituras Consideradas para os Instrumentos Disponíveis.

| INSTRUMENTO | E | N | LEITURA |
|---|---|---|---|
| Ps 01 | 670254,61 | 7947826,85 | 1072,39 |
| Ps 01B1 | 670254,61 | 7947826,85 | 1069,55 |
| Ps 01 B2 | 670254,61 | 7947826,85 | 1069,48 |
| Ps 01_cc | 670381,00 | 7948039,00 | 1058,00 |
| Ps 02 A | 670425,00 | 7948407,00 | 1085,23 |
| Ps 02 c | 670394,96 | 7948207,03 | 1083,00 |
| Ps 03A | 670357,00 | 7948894,00 | 1115,79 |
| Ps04 B | 670478,00 | 7948785,00 | 1062,06 |
| Ps 04 C1 | 670498,00 | 7948646,00 | 1079,01 |
| Ps 04 C2 | 670498,00 | 7948646,00 | 1079,00 |
| Ps 05 A | 670544,00 | 7948542,00 | 1089,86 |
| Ps 05 B1 | 670544,00 | 7948542,00 | 1080,03 |
| Ps05 B2 | 670544,00 | 7948542,00 | 1080,02 |
| Ps05 C2 | 670752,81 | 7948522,66 | 1072,07 |
| Ps06 | 670559,00 | 7948014,00 | 1012,00 |
| Ps07 B | 670877,00 | 7947845,00 | 966,61 |
| PS08 B | 671201,90 | 7947857,00 | 927,59 |
| Ps09 A | 671319,90 | 7948108,30 | 914,35 |
| Ps 10 A | 671298,18 | 7948341,07 | 927,44 |
| Ps11 A | 670168,00 | 7947703,00 | 1030,10 |
| Pz20 A | 671362,00 | 7946174,00 | 800,00 |
| Pz20 B | 671362,00 | 7946174,00 | 794,04 |
| Pz21 A | 670758,80 | 7946367,00 | 875,00 |
| Pz 87 | 670349,00 | 7948172,00 | 1094,00 |
| Pz150 A | 670454,00 | 7948465,00 | 1083,59 |
| Pz150 B | 670454,00 | 7948465,00 | 1079,42 |
| Pz153 | 670831,00 | 7947632,00 | 953,86 |
| Pz 154 | 671145,00 | 7947873,00 | 954,00 |

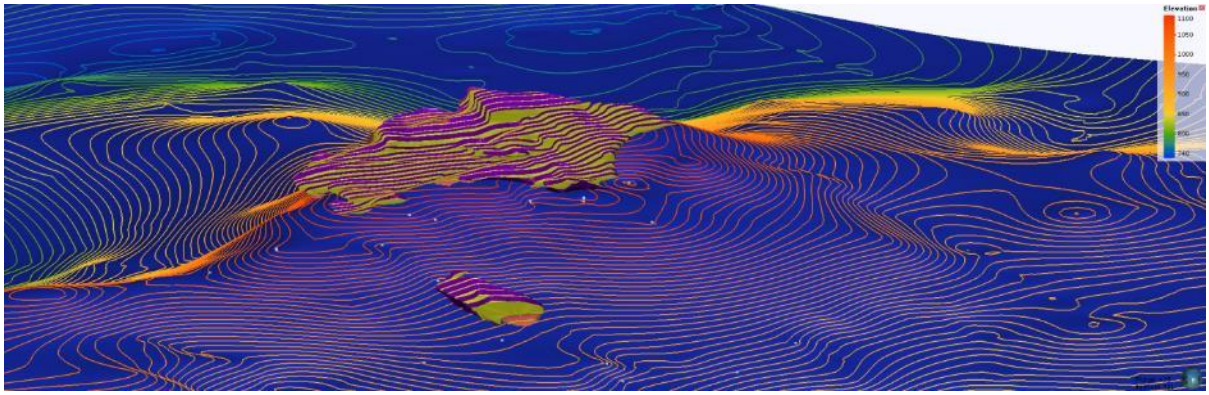


Figura 9-282 – Modelo Digital de Terreno da futura mina evidenciando as duas cavas para explotação de minério de ferro.

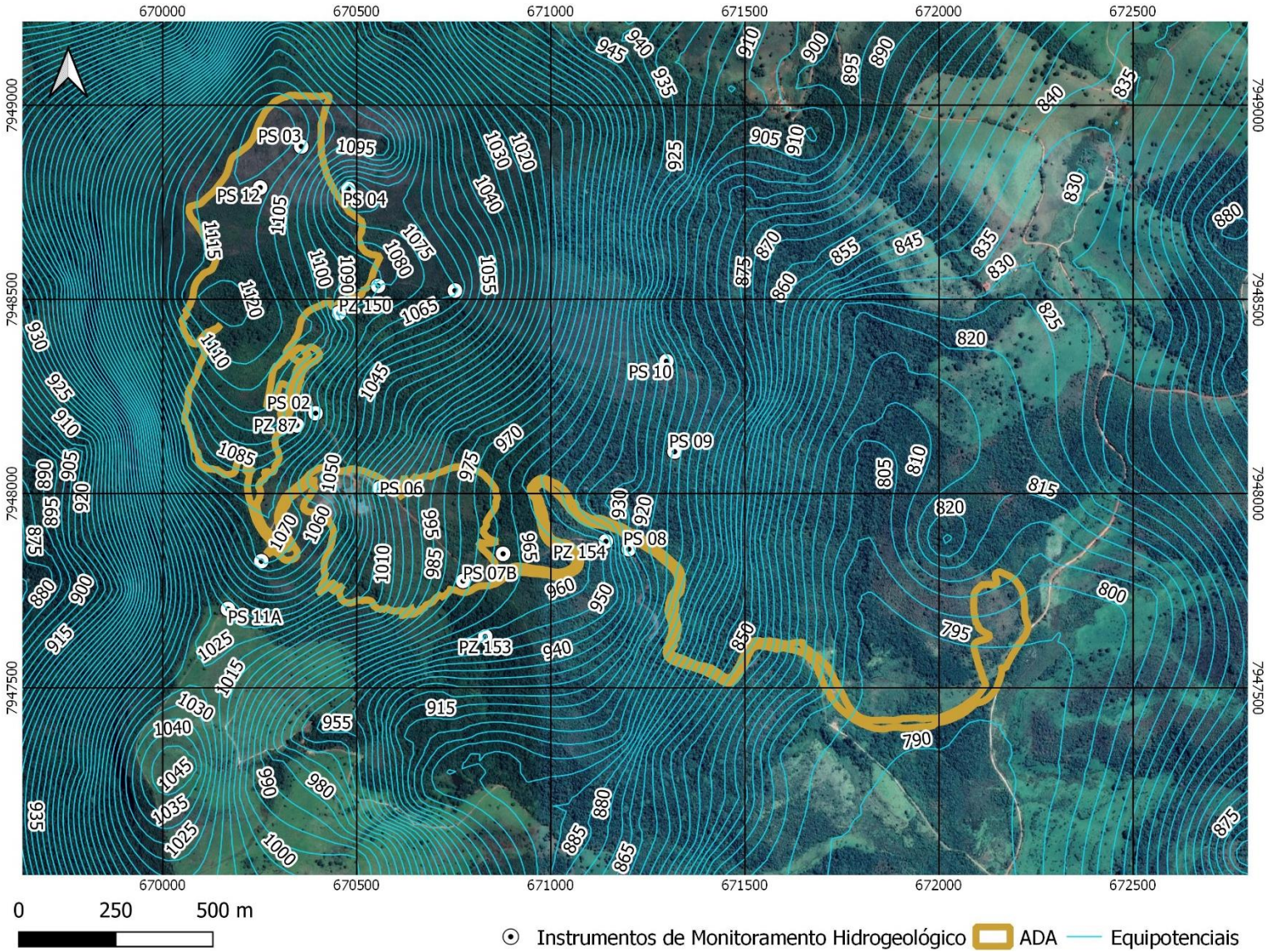



Figura 9-283 – Equipotenciais.

Para a aferição da possível interferência das futuras cavas no lençol freático subjacente, a partir do Modelo Digital de Terreno da região da mina e frentes de lavra projetadas (Figura 9-282), elaborou-se um grid de análise com a avaliação em pontos equidistantes de 50 m em toda a área das cavas (Figura 9-284), e em cada ponto, a partir do modelamento da superfície freática, avaliou-se a distância do fundo das cavas em relação ao nível saturado subterrâneo.

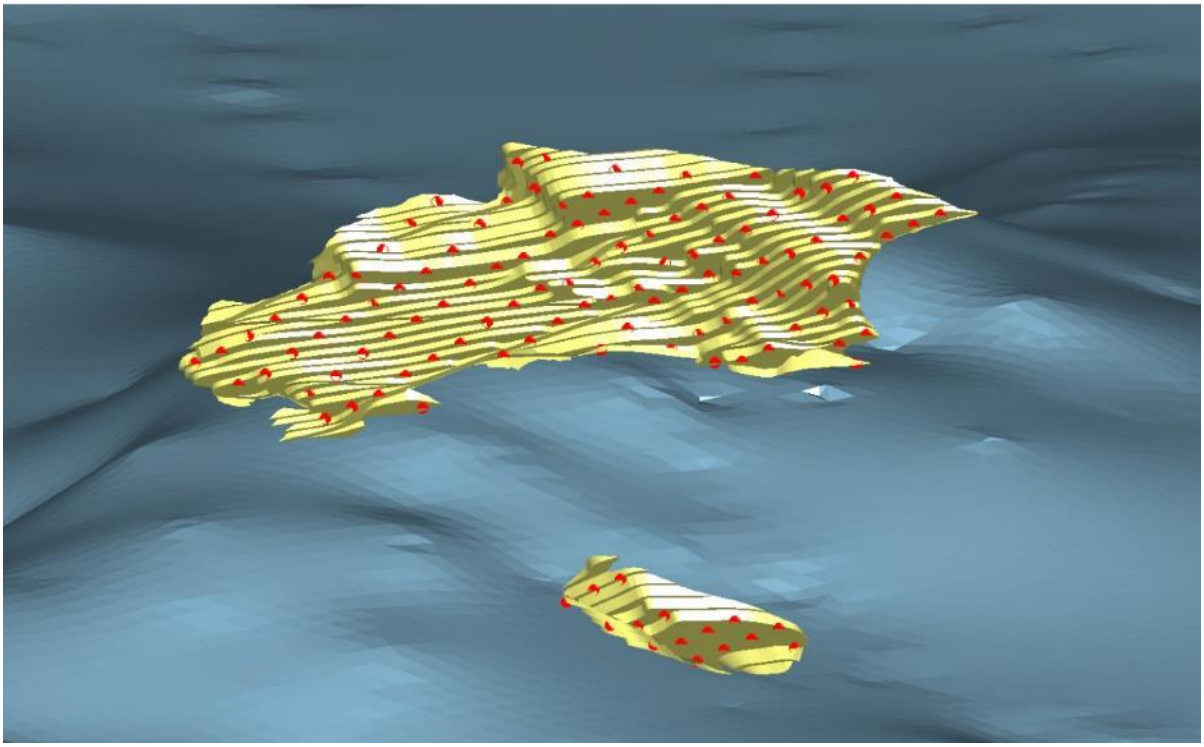


Figura 9-284 - Modelo Digital do Terreno elaborado com o layout das futuras cavas de explotação de minério de ferro com a alocação do grid de avaliação do posicionamento relativo entre o fundo das cavas e o lençol freático.

A Tabela 9.119, a seguir, apresenta o resultado do cotejo entre a cota mínima das cavas em pontos do grid estabelecido e a cota obtida no monitoramento da superfície freática, ressaltando a diferença entre estes dois níveis, o que assegura, com base nesta análise, que não haverá a indesejada interferência, como se pode visualizar, de forma ilustrativa, nas seções típicas (Figura 9-285 e Figura 9-286).

Tabela 9.119 - Avaliação ponto a ponto entre a cota mínima das cavas e os níveis correspondentes do lençol freático (NA).

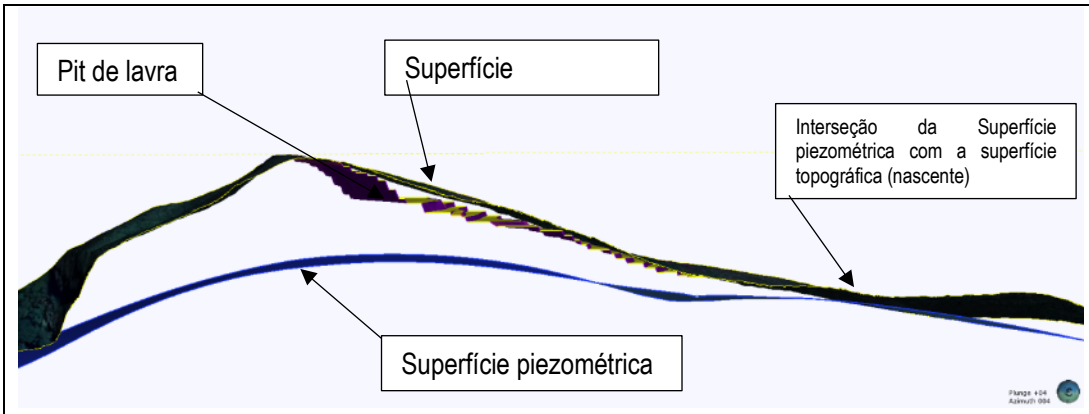
| E | N | Topo | Cava | NA | Profundidade da Cava | Distância NA |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 670700 | 7948000 | 1020,70 | 1000,00 | 988,94 | 20,70 | **11,06** |
| 670750 | 7948000 | 1010,27 | 995,00 | 981,77 | 15,27 | **13,23** |
| 670800 | 7948000 | 1001,45 | 990,00 | 975,35 | 11,45 | **14,65** |
| 670850 | 7948000 | 991,64 | 988,07 | 969,39 | 3,56 | **18,68** |

| E | N | Topo | Cava | NA | Profundidade da Cava | Distância NA |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 670750 | 7948050 | 1007,15 | 995,00 | 982,96 | 12,15 | **12,04** |
| 670650 | 7947900 | 1037,36 | 1030,00 | 997,82 | 7,36 | **32,18** |
| 670700 | 7947900 | 1029,02 | 1012,88 | 989,23 | 16,13 | **23,65** |
| 670750 | 7947900 | 1015,80 | 1000,00 | 982,19 | 15,80 | **17,81** |
| 670800 | 7947900 | 1000,33 | 990,00 | 976,37 | 10,33 | **13,63** |
| 670650 | 7947950 | 1041,21 | 1030,00 | 996,65 | 11,21 | **33,36** |
| 670700 | 7947950 | 1025,78 | 1000,00 | 988,60 | 25,78 | **11,41** |
| 670750 | 7947950 | 1011,22 | 995,00 | 981,78 | 16,22 | **13,22** |
| 670800 | 7947950 | 995,62 | 990,00 | 975,89 | 5,62 | **14,11** |
| 670650 | 7948000 | 1034,11 | 1030,00 | 996,89 | 4,11 | **33,11** |
| 670800 | 7948050 | 997,52 | 990,00 | 976,13 | 7,52 | **13,87** |
| 670250 | 7948150 | 1117,26 | 1115,00 | 1098,20 | 2,26 | **16,81** |
| 670100 | 7948200 | 1164,21 | 1156,14 | 1090,50 | 8,08 | **65,64** |
| 670150 | 7948200 | 1148,09 | 1145,00 | 1099,18 | 3,09 | **45,82** |
| 670200 | 7948200 | 1136,09 | 1129,10 | 1103,42 | 6,99 | **25,68** |
| 670250 | 7948200 | 1125,10 | 1115,49 | 1104,02 | 9,61 | **11,47** |
| 670300 | 7948200 | 1111,38 | 1115,00 | 1101,16 | -3,62 | **13,84** |
| 670100 | 7948250 | 1164,11 | 1160,00 | 1097,27 | 4,11 | **62,73** |
| 670150 | 7948250 | 1155,15 | 1150,00 | 1104,88 | 5,15 | **45,12** |
| 670200 | 7948250 | 1143,04 | 1140,00 | 1108,29 | 3,04 | **31,71** |
| 670250 | 7948250 | 1126,85 | 1125,00 | 1107,86 | 1,85 | **17,14** |
| 670100 | 7948100 | 1158,64 | 1150,00 | 1080,62 | 8,64 | **69,39** |
| 670150 | 7948100 | 1146,08 | 1135,00 | 1087,38 | 11,08 | **47,62** |
| 670250 | 7948100 | 1116,65 | 1115,00 | 1090,39 | 1,65 | **24,61** |
| 670100 | 7948150 | 1160,70 | 1150,00 | 1085,15 | 10,70 | **64,85** |
| 670150 | 7948150 | 1146,57 | 1135,00 | 1093,47 | 11,57 | **41,54** |
| 670200 | 7948150 | 1132,63 | 1120,14 | 1097,66 | 12,49 | **22,48** |
| 670100 | 7948300 | 1173,48 | 1170,00 | 1103,53 | 3,48 | **66,47** |
| 670150 | 7948300 | 1162,66 | 1155,00 | 1109,90 | 7,66 | **45,10** |
| 670200 | 7948300 | 1147,87 | 1145,00 | 1112,48 | 2,87 | **32,52** |
| 670250 | 7948300 | 1133,93 | 1130,00 | 1111,21 | 3,93 | **18,79** |
| 670100 | 7948350 | 1173,83 | 1170,55 | 1108,42 | 3,28 | **62,13** |
| 670150 | 7948350 | 1166,25 | 1160,00 | 1114,10 | 6,25 | **45,90** |
| 670200 | 7948350 | 1153,46 | 1150,00 | 1116,09 | 3,46 | **33,91** |
| 670250 | 7948350 | 1140,31 | 1135,00 | 1114,60 | 5,31 | **20,40** |
| 670300 | 7948350 | 1125,50 | 1123,75 | 1110,37 | 1,74 | **13,38** |
| 670100 | 7948400 | 1178,48 | 1170,00 | 1113,06 | 8,48 | **56,94** |

| E | N | Topo | Cava | NA | Profundidade da Cava | Distância NA |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 670150 | 7948400 | 1171,84 | 1165,11 | 1117,57 | 6,73 | **47,54** |
| 670200 | 7948400 | 1161,82 | 1155,00 | 1118,83 | 6,82 | **36,17** |
| 670250 | 7948400 | 1145,61 | 1144,95 | 1117,36 | 0,66 | **27,59** |
| 670300 | 7948400 | 1134,09 | 1132,37 | 1114,27 | 1,71 | **18,10** |
| 670100 | 7948450 | 1196,10 | 1186,13 | 1117,49 | 9,96 | **68,64** |
| 670150 | 7948450 | 1184,33 | 1170,00 | 1120,15 | 14,33 | **49,85** |
| 670200 | 7948450 | 1169,23 | 1165,00 | 1120,34 | 4,23 | **44,66** |
| 670250 | 7948450 | 1156,47 | 1150,00 | 1118,55 | 6,47 | **31,45** |
| 670300 | 7948450 | 1143,10 | 1140,00 | 1115,40 | 3,10 | **24,60** |
| 670350 | 7948450 | 1128,00 | 1124,47 | 1111,80 | 3,53 | **12,67** |
| 670100 | 7948500 | 1207,64 | 1201,46 | 1120,11 | 6,18 | **81,35** |
| 670150 | 7948500 | 1188,74 | 1180,00 | 1121,09 | 8,74 | **58,91** |
| 670200 | 7948500 | 1177,02 | 1170,00 | 1120,42 | 7,02 | **49,58** |
| 670250 | 7948500 | 1164,38 | 1155,00 | 1118,14 | 9,38 | **36,86** |
| 670300 | 7948500 | 1151,00 | 1145,00 | 1114,24 | 6,00 | **30,76** |
| 670350 | 7948500 | 1134,98 | 1130,00 | 1108,75 | 4,98 | **21,25** |
| 670400 | 7948500 | 1125,24 | 1115,86 | 1099,99 | 9,39 | **15,86** |
| 670450 | 7948500 | 1113,04 | 1110,01 | 1087,43 | 3,03 | **22,58** |
| 670100 | 7948550 | 1219,17 | 1213,05 | 1118,12 | 6,11 | **94,94** |
| 670150 | 7948550 | 1202,50 | 1196,42 | 1119,94 | 6,08 | **76,48** |
| 670200 | 7948550 | 1191,04 | 1170,00 | 1119,32 | 21,04 | **50,68** |
| 670250 | 7948550 | 1173,94 | 1150,96 | 1116,77 | 22,98 | **34,19** |
| 670300 | 7948550 | 1159,88 | 1140,00 | 1112,17 | 19,88 | **27,83** |
| 670350 | 7948550 | 1148,25 | 1145,00 | 1105,86 | 3,25 | **39,14** |
| 670400 | 7948550 | 1136,20 | 1120,00 | 1098,15 | 16,20 | **21,85** |
| 670450 | 7948550 | 1129,63 | 1105,00 | 1090,94 | 24,63 | **14,06** |
| 670500 | 7948550 | 1123,71 | 1100,00 | 1088,11 | 23,71 | **11,89** |
| 670150 | 7948600 | 1213,95 | 1208,11 | 1118,06 | 5,84 | **90,05** |
| 670200 | 7948600 | 1201,67 | 1180,00 | 1117,95 | 21,67 | **62,05** |
| 670250 | 7948600 | 1184,74 | 1160,35 | 1115,25 | 24,39 | **45,11** |
| 670300 | 7948600 | 1173,09 | 1140,00 | 1110,14 | 33,09 | **29,86** |
| 670350 | 7948600 | 1160,06 | 1145,00 | 1103,42 | 15,06 | **41,58** |
| 670400 | 7948600 | 1145,59 | 1120,00 | 1096,21 | 25,59 | **23,79** |
| 670450 | 7948600 | 1128,09 | 1102,00 | 1090,26 | 26,09 | **11,74** |
| 670500 | 7948600 | 1111,10 | 1100,00 | 1086,71 | 11,10 | **13,29** |
| 670550 | 7948600 | 1104,31 | 1100,00 | 1083,68 | 4,31 | **16,33** |
| 670150 | 7948650 | 1214,28 | 1210,00 | 1117,57 | 4,28 | **92,43** |

| E | N | Topo | Cava | NA | Profundidade da Cava | Distância NA |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 670200 | 7948650 | 1197,39 | 1180,00 | 1117,37 | 17,39 | **62,63** |
| 670250 | 7948650 | 1181,80 | 1165,00 | 1114,37 | 16,80 | **50,64** |
| 670300 | 7948650 | 1172,53 | 1155,82 | 1108,69 | 16,72 | **47,13** |
| 670350 | 7948650 | 1154,69 | 1150,00 | 1101,04 | 4,68 | **48,96** |
| 670400 | 7948650 | 1135,36 | 1130,00 | 1092,68 | 5,36 | **37,33** |
| 670450 | 7948650 | 1114,73 | 1110,00 | 1085,79 | 4,73 | **24,21** |
| 670500 | 7948650 | 1101,57 | 1100,00 | 1079,30 | 1,57 | **20,70** |
| 670100 | 7948700 | 1221,99 | 1218,47 | 1115,54 | 3,53 | **102,93** |
| 670150 | 7948700 | 1208,34 | 1180,06 | 1118,11 | 28,28 | **61,95** |
| 670200 | 7948700 | 1194,40 | 1180,00 | 1117,78 | 14,40 | **62,22** |
| 670250 | 7948700 | 1179,35 | 1165,00 | 1114,52 | 14,35 | **50,48** |
| 670350 | 7948750 | 1144,80 | 1140,00 | 1099,90 | 4,80 | **40,10** |
| 670400 | 7948750 | 1128,35 | 1125,00 | 1086,96 | 3,35 | **38,04** |
| 670450 | 7948750 | 1115,64 | 1111,63 | 1072,88 | 4,01 | **38,75** |
| 670150 | 7948800 | 1214,00 | 1195,36 | 1118,46 | 18,64 | **76,90** |
| 670200 | 7948800 | 1204,53 | 1180,00 | 1120,07 | 24,53 | **59,93** |
| 670250 | 7948800 | 1189,75 | 1170,00 | 1118,46 | 19,75 | **51,54** |
| 670300 | 7948700 | 1164,17 | 1152,64 | 1108,36 | 11,53 | **44,27** |
| 670350 | 7948700 | 1147,53 | 1140,00 | 1099,41 | 7,53 | **40,59** |
| 670400 | 7948700 | 1129,11 | 1125,00 | 1088,67 | 4,11 | **36,33** |
| 670450 | 7948700 | 1116,83 | 1115,00 | 1079,11 | 1,83 | **35,89** |
| 670500 | 7948700 | 1105,66 | 1100,00 | 1074,04 | 5,66 | **25,96** |
| 670100 | 7948750 | 1220,76 | 1211,73 | 1116,24 | 9,02 | **95,50** |
| 670150 | 7948750 | 1211,60 | 1180,00 | 1118,78 | 31,60 | **61,22** |
| 670200 | 7948750 | 1198,69 | 1180,00 | 1118,87 | 18,69 | **61,13** |
| 670250 | 7948750 | 1184,74 | 1170,00 | 1115,91 | 14,74 | **54,09** |
| 670300 | 7948750 | 1166,83 | 1155,00 | 1109,80 | 11,83 | **45,20** |
| 670300 | 7948800 | 1171,44 | 1155,00 | 1113,50 | 16,44 | **41,50** |
| 670350 | 7948850 | 1155,87 | 1140,00 | 1111,48 | 15,87 | **28,52** |
| 670400 | 7948850 | 1139,23 | 1130,00 | 1100,67 | 9,23 | **29,33** |
| 670250 | 7948900 | 1185,66 | 1180,00 | 1123,47 | 5,66 | **56,53** |
| 670300 | 7948900 | 1171,80 | 1170,00 | 1122,62 | 1,80 | **47,38** |
| 670350 | 7948900 | 1154,12 | 1150,00 | 1117,37 | 4,12 | **32,63** |
| 670400 | 7948900 | 1142,13 | 1140,00 | 1108,95 | 2,13 | **31,05** |
| 670300 | 7948950 | 1166,73 | 1165,00 | 1123,44 | 1,72 | **41,56** |
| 670350 | 7948950 | 1151,31 | 1150,00 | 1118,54 | 1,31 | **31,46** |
| 670400 | 7948950 | 1139,25 | 1130,01 | 1111,15 | 9,24 | **18,86** |

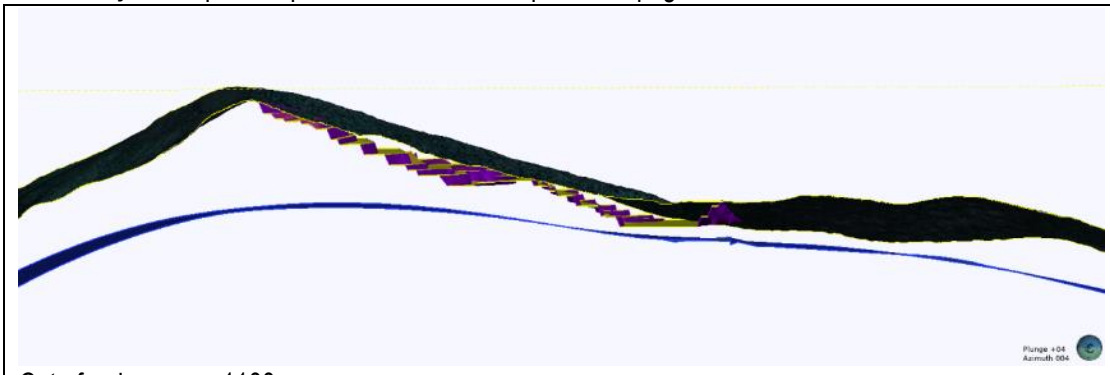
| E | N | Topo | Cava | NA | Profundidade da Cava | Distância NA |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 670350 | 7948800 | 1151,06 | 1137,81 | 1104,40 | 13,26 | **33,40** |
| 670400 | 7948800 | 1134,52 | 1119,12 | 1091,11 | 15,40 | **28,01** |
| 670200 | 7948850 | 1202,29 | 1185,00 | 1120,63 | 17,29 | **64,38** |
| 670250 | 7948850 | 1189,31 | 1170,00 | 1121,37 | 19,31 | **48,63** |
| 670300 | 7948850 | 1174,59 | 1160,00 | 1118,58 | 14,59 | **41,42** |
| 670300 | 7949000 | 1166,84 | 1165,00 | 1119,26 | 1,84 | **45,74** |
| 670350 | 7949000 | 1156,01 | 1150,00 | 1115,00 | 6,01 | **35,00** |
| 670400 | 7949000 | 1146,62 | 1140,00 | 1107,70 | 6,62 | **32,30** |




Cota fundo cava = 1100 m
Cota NA abaixo do fundo da cava = 1077 m

Figura 9-285 – Ilustração de como a superfície freática se posiciona em relação ao fundo da cava na frente alta.

A interseção a superfície piezométrica com a superfície topográfica está localizada fora da cava.



Cota fundo cava = 1100 m
Cota NA abaixo do fundo da cava = 1090 m

Figura 9-286 – Ilustração de como a superfície freática se posiciona em relação ao fundo da cava em outro trecho da frente alta.

## 9.11 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Neste item será avaliada a qualidade das águas subterrâneas na área diretamente afetada pelo Projeto Serro, localizado no município de Serro, com o objetivo de se levantar um histórico das atuais características das águas, como também do nível d'água, ou seja, antes da instalação e operação do futuro empreendimento, possibilitando futuras análises comparativas, além de servirem como referência (*background*) para o monitoramento dos eventuais impactos ambientais identificados no presente estudo, sejam presentes ou futuros. Também servirá para subsidiar a tomada de decisões, visando à implementação de ações preventivas e/ou corretivas, objetivando a melhoria da qualidade ambiental.

Primeiramente, é importante que se faça um breve resumo sobre as águas subterrâneas.

### 9.11.1 Águas subterrâneas

A água é vital para toda a vida do planeta. As águas subterrâneas representam um dos mais importantes recursos naturais, sendo importante para o atendimento atual e futuro de diversas formas de uso tais como industrial, agrícola e, especialmente, o abastecimento público. Elas desempenham um papel importante na manutenção do fluxo das águas superficiais (riachos, rios, etc.), uma vez que, muitos desses mananciais apresentam-se perenes em razão do interfluxo das águas subterrâneas.

Figura 9-287 – Exemplo de Água subterrânea.[37]

Água subterrânea é toda a água que ocorre abaixo da superfície da Terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, e que sendo submetida a duas forças (de adesão e de gravidade) desempenha um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos. As águas

[37] Fonte: https:// https://www.maisconhecer.com/mundo/2953/Monitorando-as-mudancas-nas-aguas-subterraneas-com-mais-precisao

subterrâneas cumprem uma fase do ciclo hidrológico, uma vez que constituem uma parcela da água precipitada.[38]

A água subterrânea forma-se quando as gotas de chuva se infiltram no solo e em outros materiais superficiais não consolidados, penetrando até mesmo em rachaduras e fendas do substrato rochoso.

Figura 9-288 – O Ciclo Hidrológico[39].

Após a precipitação, parte das águas que atinge o solo se infiltra e percola no interior do subsolo, durante períodos de tempo extremamente variáveis, decorrentes de muitos fatores:

- porosidade do subsolo: a presença de argila no solo diminui sua permeabilidade, não permitindo uma grande infiltração;
- cobertura vegetal: um solo coberto por vegetação é mais permeável do que um solo desmatado;
- inclinação do terreno: em declividades acentuadas a água corre mais rapidamente, diminuindo a possibilidade de infiltração e;
- tipo de chuva: chuvas intensas saturam rapidamente o solo, ao passo que chuvas finas e demoradas têm mais tempo para se infiltrarem.

[38] Fonte: https://www.abas.org/aguas-subterraneas-o-que-sao/
[39] Fonte: https://www.coladaweb.com/geografia/ciclo-da-agua

Do ponto de vista hidrológico, a água encontrada na zona saturada do solo é dita subterrânea.[40]

As zonas saturada e não saturada podem estar em material inconsolidado ou no substrato rochoso (Figura 9-289). O limite entre essas duas zonas é a superfície freática, geralmente chamada apenas de "nível d'água" (abreviatura NA).[41]

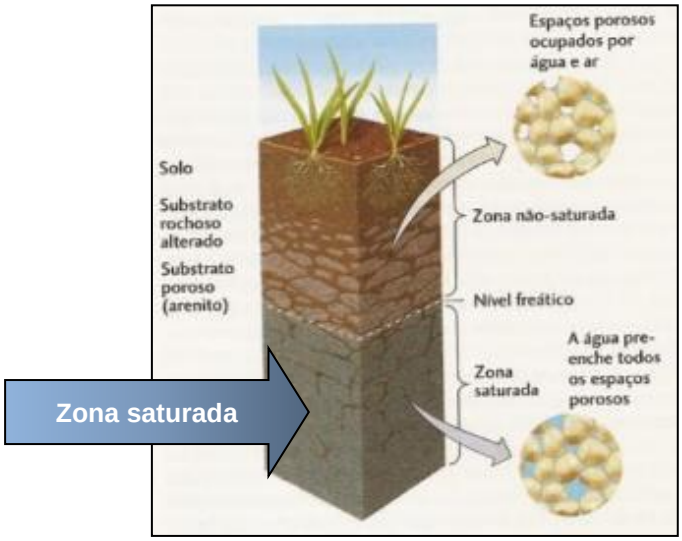



Figura 9-289 – Superfície freática – limite entre as zonas saturada e não-saturada. A água encontrada na zona saturada é dita subterrânea.

A água subterrânea se move por poros dos solos e fraturas de rochas, como numa esponja. Apenas em regiões cársticas, de calcário erodido, a água pode correr livremente em cavernas como um rio subterrâneo.

Figura 9-290 – Rio subterrâneo na mexicana Riviera Maya.[42]

A água entra e sai da zona saturada por meio de recarga e descarga. A recarga é a infiltração da água em qualquer formação subsuperficial, frequentemente pela água da chuva ou do degelo da neve.

[40] Fonte: http://www.ctec.ufal.br/professor/mgn/Aula08AguasSubterraneasParte1.ppt
[41] Fonte: Press,F. et al. 2006
42 Fonte: https://www1.folha.uol.com.br/saopaulo/2017/11/1936187-rio-secreto-guia-passeio-por-cavernas-subterraneas-na-mexicana-riviera-maya.shtml.

Na recarga natural a água é proveniente diretamente da precipitação ou é recebida indiretamente através de outra formação, lago ou rio. A recarga natural resulta do equilíbrio entre a infiltração, o escoamento e a evaporação, sendo fundamentais no processo o regime pluviométrico, a natureza do solo e a cobertura vegetal.

Os rios que recarregam a água subterrânea são chamados de rios influentes, sendo mais característicos em regiões áridas, onde a superfície freática é profunda.

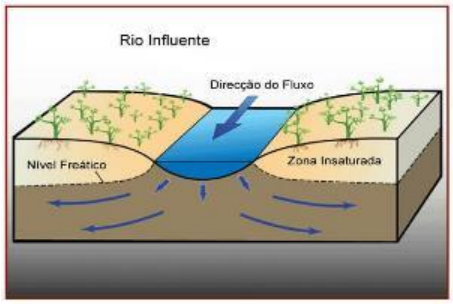



Figura 9-291 – Rio influente (em perda).[43]

A velocidade de recarga, portanto, não é a mesma para todos os aquíferos, por isso, se faz um estudo prévio para se bombear água de um poço. Se for feita uma captação excessiva, acima dos recursos renováveis, diminui o nível d'água do aquífero, assim o poço fornecerá cada vez menos água e pode eventualmente secar.

A recarga artificial ou induzida é a alimentação do aquífero pela ação do Homem, consistindo na transferência de água de outras fontes, por condução direta através de poços ou furos, por infiltração favorecida artificialmente, por inundação ou alteração das condições naturais.

A descarga é a saída da água subterrânea para a superfície, sendo o oposto da recarga. Quando um canal de um rio intercepta a superfície freática, há aí a descarga de água subterrânea. Tal rio efluente é típico de áreas úmidas e continua a fluir por muito tempo após o término do escoamento superficial, pois é alimentado pela água subterrânea.[4]

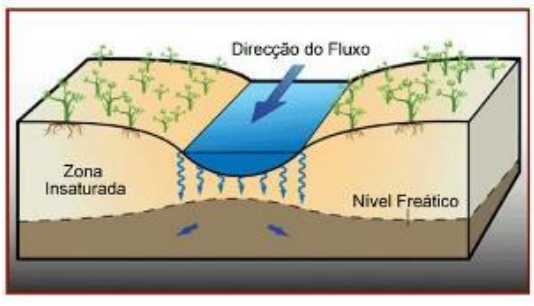



Figura 9-292 – Rio efluente (em alimentação).

[43] Fonte: http://www.limpopo.riverawarenesskit.org/LIMPOPORAK_COM/PT/RIO/HIDROLOGIA/PRINCIPLES_OF_HYDROLOGY/SURFACE_WATER_GROUNDWATER_INTER.HTM

No ciclo hidrológico, a zona não saturada representa um elo de ligação entre as águas das chuvas, subterrâneas e superficiais.

Uma vez infiltrada, a água fica alojada numa formação rochosa denominada de aquífero. Derivado do Latim, a palavra aquífero quer dizer: “carregar água”.

O aquífero pode ser definido como sendo um estrato ou formação geológica que permite a circulação de água através de seus poros ou fraturas e de onde a água subterrânea pode ser extraída em quantidades economicamente viáveis (para um determinado uso) por meio de poços. Ou seja, pode ser considerado como um reservatório de água subterrânea. Os aquíferos podem ser constituídos de camadas de solo ou rocha.

Em oposição ao termo aquífero, utiliza-se o termo Aquiclude para definir unidades geológicas que apesar de saturadas e com grande quantidade de água absorvida lentamente, são incapazes de transmitir um volume significativo de água.

Os aquíferos podem ser classificados em:

- Aquífero poroso ou sedimentar: apresenta espaços vazios e pequenos, denominados poros, por onde a água circula. Esses poros são formados por grãos de areia, silte (fragmento de mineral ou rocha) e argila das rochas sedimentares;

- Aquífero fraturado ou fissural: possuem fraturas abertas que acumulam a água. As rochas que apresentam essas fraturas são: as rochas ígneas e as metamórficas;

- Aquífero cárstico (Karst): as fraturas presentes nestes aquíferos podem ser de grandes dimensões devidas pela dissolução de carbono das rochas carbonáticas. Podendo ocorrer à formação de rios subterrâneos.

A figura a seguir ilustra através de desenhos os tipos de aquíferos.

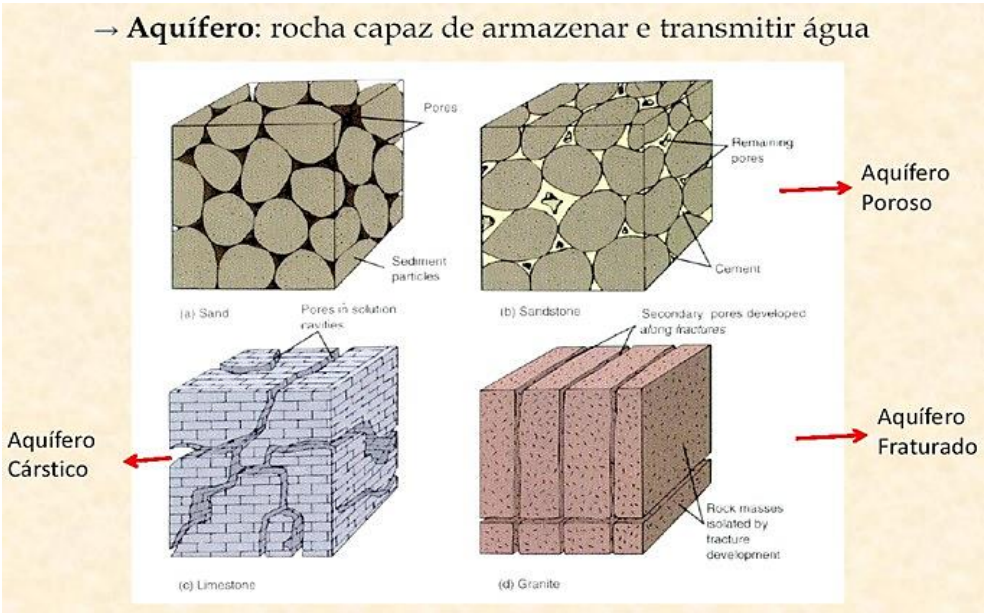
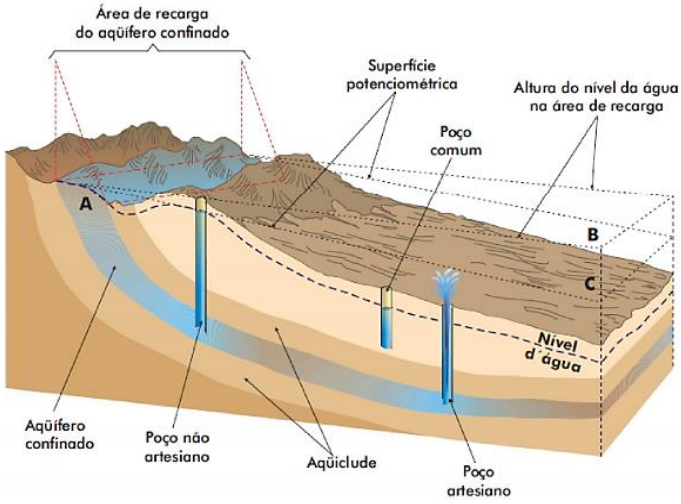



Figura 9-293 - Tipos de aquíferos.[44]

Segundo a pressão da água, os aquíferos também podem ser classificados em:

- **Aquífero Confinado ou Artesiano:** permeável e completamente saturado de água. É situado entre camadas de rochas impermeáveis ou semipermeáveis. A pressão da água no aquífero é superior à pressão atmosférica.

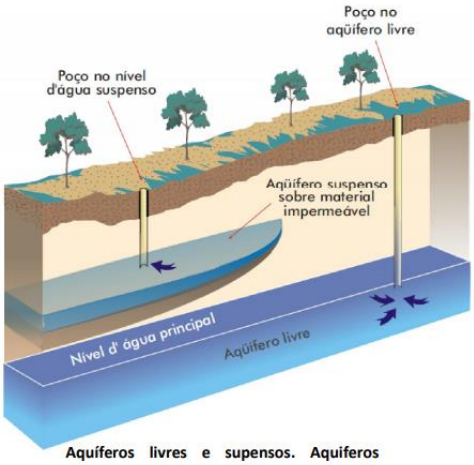



Aquíferos confinados ocorrem quando um estrato permeável (aquifero) está confinado entre duas unidades pouco permeáveis (aquitarde)

Figura 9-294 - Aquífero confinado (situado entre dois aquicludes – camadas impermeáveis).[45]

- **Suspensos:** São acumulações de águas sobre aquicludes, na zona insaturada, formando níveis lentiformes de aquíferos livres acima do nível freático principal.

[44] Fonte: https://slideplayer.com.br/slide/353727/#.XpinzinWe5s.email
[45] Fonte: https://pt.slideshare.net/wendellnml/saneamento-captao?from_action=save




Aquíferos livres e supensos. Aquiferos suspensos ocorre quando uma camada impermeável intercepta a infiltração

Aquíferos livres – são aqueles cujo topo é demarcado pelo nível freático, estando em contato com a atmosfera

Aquíferos suspensos – são acumulações de água sobre aquitardes na zona insaturada

Fonte: Decifrando a Terra/ Teixeira , Toledo, Fairchild e Taioli, - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

Figura 9-295 - Aquífero confinado (situado entre dois aquicludes – camadas impermeáveis).[10]

- **Aquífero Livre ou Freático:** permeável e parcialmente saturado de água. É limitado na base por uma camada impermeável. O nível da água no aquífero está à pressão atmosférica .

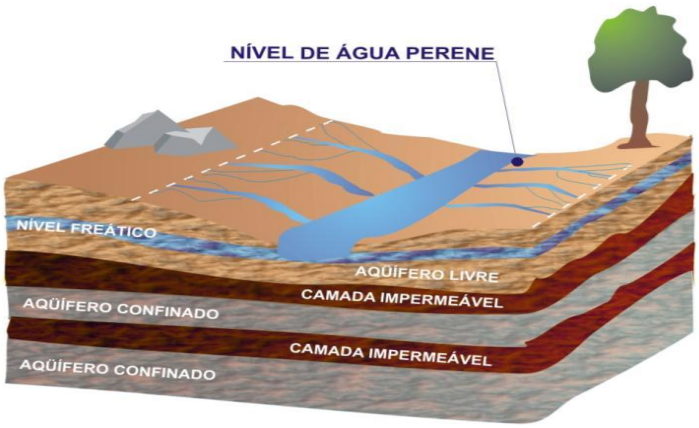



Figura 9-296 - Tipos de Aquíferos quanto à pressão.

A Figura 9-297 ilustra modelos dos aquíferos livres e confinados. [4]

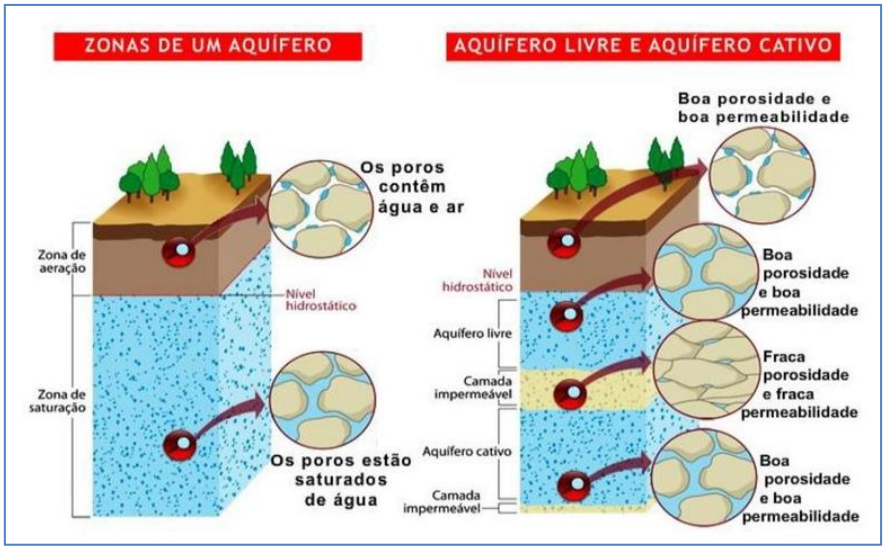



Figura 9-297 - Zonas de um aquífero e tipos de aquíferos.

## 9.11.2 Qualidade das águas subterrâneas

### 9.11.2.1 Introdução

Neste item será avaliada a qualidade das águas subterrâneas na área diretamente afetada (ADA) e áreas de estudo estabelecidas para análise do empreendimento pretendido pela da Mineração Conemp Ltda..

O objetivo de se avaliar a qualidade das águas na área em estudo é de levantar um histórico (*background*) das atuais características das águas, ou seja, antes de novas intervenções na área e possibilitar futuras análises comparativas, além de servirem como referência para o monitoramento dos eventuais impactos ambientais identificados no presente estudo, sejam presentes ou futuros. Também servirá para subsidiar a tomada de decisões, visando à implementação de ações preventivas e/ou corretivas, objetivando a melhoria da qualidade ambiental.

O monitoramento das águas subterrâneas também permite a obtenção de informações sobre a qualidade e dinâmica do aquífero em relação às variações sazonais e possíveis efeitos antrópicos. Além de caracterizar a qualidade natural das águas, permite também avaliar as tendências das concentrações das várias substâncias monitoradas, possibilitando a identificação de áreas com alterações de qualidade.

Pensando desta forma, com o objetivo de se garantir tanto a qualidade como a quantidade das águas na área diretamente afetada pelo futuro empreendimento, foram realizadas amostragens de águas subterrâneas para verificar as características das águas antes do início das atividades, como também foram efetuadas medições de nível d'água.

No presente estudo serão apresentados pontos de coleta de águas subterrâneas avaliados pela Arcadis logos na elaboração do EIA do Projeto do Serro para Anglo American em 2014[46] em poços já instalados anteriormente com esta finalidade, assim como novos pontos perfurados pela CONEMP em 2021.

A escolha dos pontos de amostragem foi primeiramente definida baseando-se no aproveitamento dos poços já existentes na área, na localização das principais estruturas a serem instaladas na área do futuro empreendimento e nas condições de perfuração dos novos poços.

Para avaliação das águas subterrâneas na área de interesse foram monitorados um total de 16 (dezesseis) pontos, sendo 4 (quatro) poços (piezômetros) já existentes e um medidor de nível d'água utilizados pela Arcadis logos em 2014 e 11 (onze) novos piezômetros perfurados pela Conemp.

Os pontos de coleta de águas subterrâneas e de nível d'água a serem discutidos no presente estudo estão listados nas tabelas a seguir.

Tabela 9.120 – Rede de Monitoramento Subterrâneo do Projeto Serro.

| Ponto de Monitoramento | Coordenadas UTM | | Cota (m) | Tipo de Instrumento |
|---|---|---|---|---|
| | E (m) | N (m) | | |
| PZ - SE-154 | 671143,32 | 7947876,00 | 962,12 | Piezômetro |
| PZ - SE - 20 | 671361,48 | 7946173,55 | 1075,07 | Piezômetro |
| PZ - SE - 22 | 671186,50 | 7944972,51 | 1074,44 | Piezômetro |
| PZ - SE - 87 | 670343,65 | 7948172,19 | 1094,11 | Piezômetro |
| MNA - SE - 65 | 671365,51 | 7948363,57 | 858,71 | Medidor de Nível D'água |

Elaboração: ARCADIS logos, 2014. Coordenadas UTM (Fuso 23K)

Tabela 9.121 – Rede de Monitoramento Subterrâneo do Projeto Serro. Pontos Novos e Antigos (Conemp).

| Ponto de Monitoramento | Coordenadas UTM | | Profundidade de coleta (m) | Tipo de Instrumento |
|---|---|---|---|---|
| | E (m) | N (m) | | |
| PS 02 | 670411 | 7948181 | 120 | Piezômetro |
| PS 04B | 670472 | 7948784 | 105 | Piezômetro |
| PS 05B | 670555 | 7948535 | 93 | Piezômetro |
| PS 06 | 670559 | 7948014 | 90 | Piezômetro |
| PS 07 | 670843 | 7947821 | 32 | Piezômetro |
| PS 07B | 670774 | 7947775 | 58 | Piezômetro |
| PS 08C | 671234 | 7947733 | 18 | Piezômetro |
| PS 09B | 671314 | 7948101 | 35 | Piezômetro |
| PS 10B | 671290 | 7948330 | 15 | Piezômetro |
| PZ 20A | 671362 | 7946167 | 20,5 | Piezômetro |
| PZ 21A | 671181 | 7944970 | 36 | Piezômetro |
| PZ 87 | 670346 | 7948176 | 50,4 | Piezômetro |
| PZ 154 | 671142 | 7947877 | Surgente | Piezômetro |
| PZ 150 | 670451 | 7948465 | 75 | Piezômetro |

[46] Fonte: Estudos realizados em 2014 para elaboração do EIA do Projeto do Serro para Anglo American, documento finalizado em novembro de 2014.

Cabe ressaltar que os pontos PZ-SE-154 e o PZ150 se referem ao mesmo poço, somente as nomenclaturas são diferentes por se tratarem de pontos avaliados pela Arcadis e Conemp. Assim, como os pontos PZ-SE-20 é o mesmo PZ20A e o PZ-SE-87 é igual ao PZ87.

Para o ponto PZ 154 não foi anotada a profundidade de coleta, pois trata-se de um poço em que a água é surgente (poço artesiano). Nestes, a água ascende até atingir o nível da linha piezométrica. Se a piezométrica estiver acima do terreno, a água jorrará (poço jorrante, surgente).

A seguir ilustra uma imagem de satélite e uma imagem do IBGE exibindo a área do futuro empreendimento, destacando-se os pontos de água subterrânea (piezômetros) e de nível d'água a serem avaliados no presente estudo.

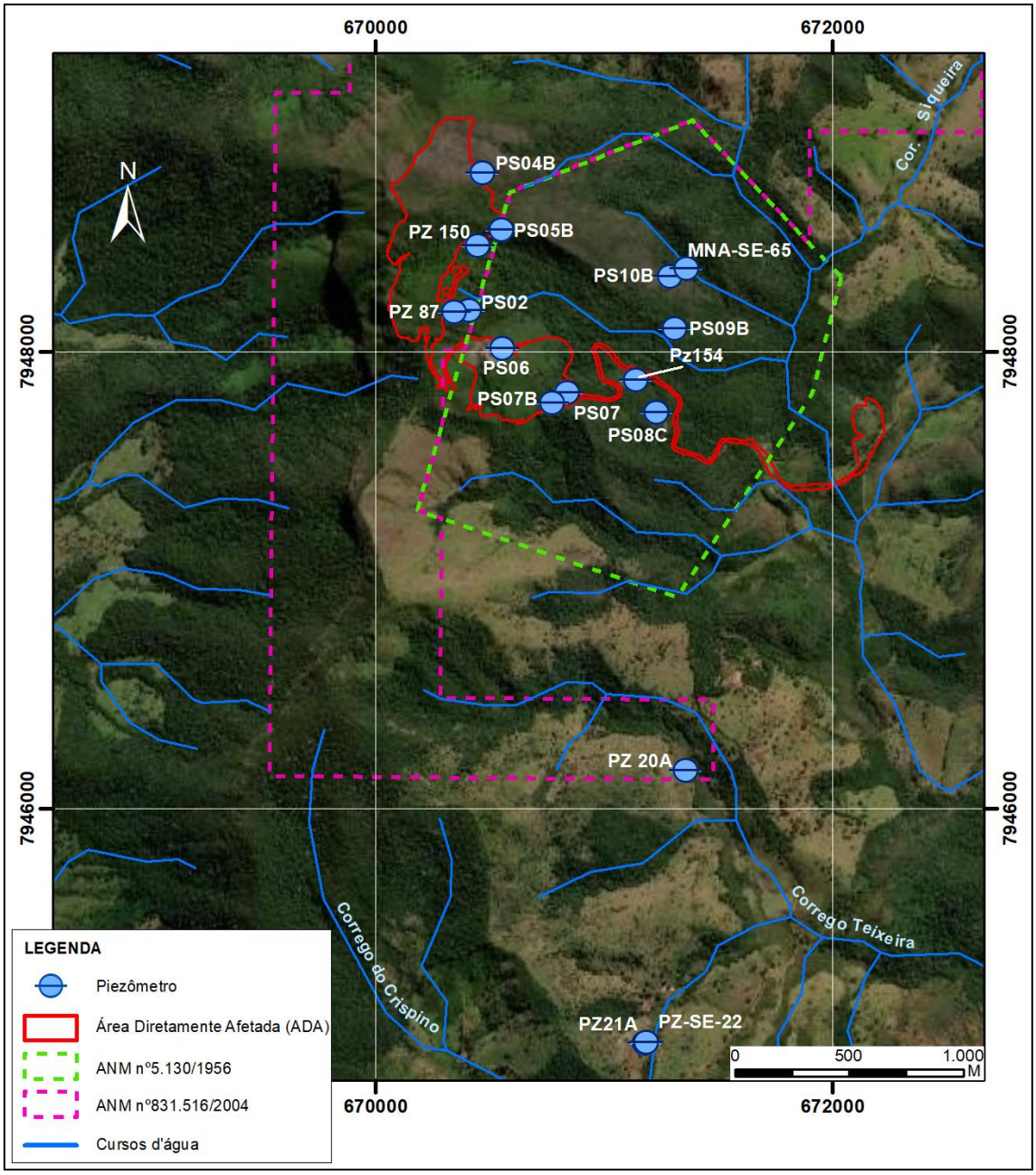



Figura 9-298 - Imagem satélite com a localização dos pontos de coleta de águas subterrâneas (Piezômetros).

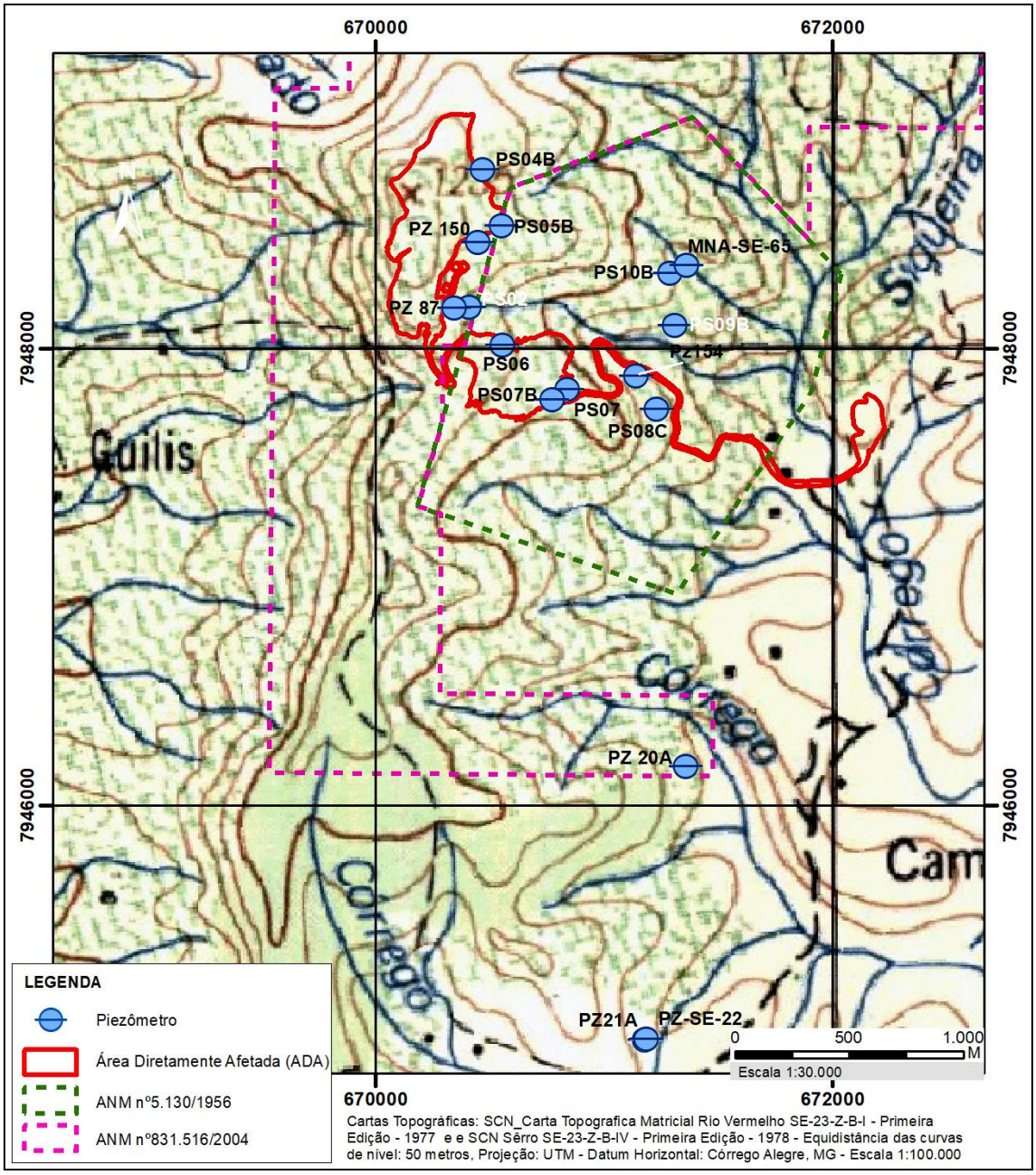



Figura 9-299 - Imagem do IBGE com a localização dos pontos de coleta de águas subterrâneas (Piezômetros).

### 9.11.2.2 Metodologia de coletas e de análises

Os métodos de coleta e de análises de águas são os especificados em normas técnicas cientificamente reconhecidas.

Para a amostragem de águas subterrâneas em piezômetros, com o objetivo para investigações e programas de monitoramento de qualidade de água subterrânea em estudos e remediação de passivos ambientais, realiza-se o método da purga que consiste na remoção de determinado

volume de água subterrânea do poço antes de se proceder à amostragem, com a finalidade de assegurar que água representativa da formação será coletada. Com base no diâmetro do tubo-filtro, da profundidade do poço e profundidade do nível da água.

A Norma ABNT NBR 15847 - Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento trata de métodos para a purga de poços usados para investigações e programas de monitoramento de qualidade de água subterrânea em estudos e remediação de passivos ambientais.

Para o presente estudo, a coleta das águas subterrâneas foi efetuada utilizando-se um mini bailer, tendo em vista o pequeno diâmetro dos canos dos poços. Para cada ponto amostrado foi utilizado um bailer novo para evitar possível contaminação das amostras.

Antes de proceder a coleta das amostras para análises, era inserido um outro bailer para retirada de água estagnada no poço. Este procedimento foi feito cinco vezes. Após a retirada da água retida nos poços, era inserido outro bailer para coletar a água para análise. Este procedimento foi realizado para todos os poços. S

A sonda e o medidor de nível também foram descontaminados entre as amostrangens.

Durante a amostragem foram adotadas práticas para que não ocorresse contaminação das amostras, como utilização de luvas em cada ponto de amostragem.

Os primeiros frascos preenchidos foram direcionados aos ensaios microbiológicos e aos que não podem sofrer aeração.

Alguns parâmetros, como pH, condutividade elétrica, potencial redox e temperatura da água foram medidos “in situ”, com auxílio de uma sonda multi parâmetros. A turbidez também foi medida em campo, com o uso do turbidímetro.

As amostras de água foram devidamente acondicionadas e preservadas em caixas isotérmicas com gelo e mantidas sob refrigeração durante o período de transporte até o laboratório. A preservação de cada uma das amostras e os procedimentos analíticos foram realizados segundo as normas técnicas preconizadas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012) e pela *United States Environmental Protection Agency - EPA* (2007).

Nas campanhas de monitoramento de 2014 o laboratório responsável pelas coletas e análises foi o Analytical Solutions e nas campanhas de 2014 as coletas de amostras e as análises foram realizadas pela Bioagri Ambiental. Já a campanha de julho de 2021 foi realizada pela Visão Ambiental.

#### 9.11.2.3 Contextualização dos Pontos de Amostragem (Piezômetros) e Avaliação das Análises de Água

A seguir será apresentada a descrição dos pontos de águas subterrâneas (piezômetros) já instalados e monitorados pela Arcadis e os novos instalados pela CONEMP.

- PZ-SE-154 (PZ154)

O PZ-SE-154 (PZ154) encontra-se em uma das nascentes de contribuição do córrego Siqueira estando localizado na estrada de acesso interno que conecta as áreas onde serão instaladas as estruturas de ITM, Pilha de Estéril/Rejeito, a Cava Menor com o Sump e a Área de Apoio.

Ressalta-se que este poço é surgente.

PZ-SE-154
*Foto: Bioagri Ambiental, 2014.*

Figura 9-300 - Detalhe do piezômetro PZ-SE-154.

As fotos a seguir ilustram a coleta de julho de 2021.

Figura 9-301 - Detalhe visual do local de coleta do PZ 154 na data 18/08/21.

Como pode ser observado através da figura acima, o poço está localizado na área lateral da estrada principal entre a chegada e a área do britador. Há presença de vegetação na área do ponto de coleta.

- PZ-SE-20 (PZ 20A)

O ponto PZ-SE-20 (PZ 20A) apresenta artesianismo na nascente do córrego Teixeira que por sua vez, deságua no córrego Siqueira e representam a qualidade da água da porção sul da área de estudo.

PZ-SE-20
*Foto: Bioagri Ambiental, 2014.*

Figura 9-302 - Detalhe dos piezômetros PZ-SE-20.

A figura a seguir apresenta um registro fotográfico da coleta realizada em 18/08/21.

Os pontos estão localizados em área rural. Há presença de vegetação (mata), como também vegetação tipo gramínea no entorno do poço. Observa-se que há uma residência próxima ao poço PZ-SE-20 (PZ 20A) (seta azul).

A coleta de água no ponto PZ 20A foi realizada a uma profundidade de 20,5 m.

Figura 9-303 - Registro fotográfico da coleta realizada em 18/08/21 no PZ-SE-20.

- PZ-SE-87 (PZ87)

O poço de monitoramento PZ-SE-87, também denominado pela Conemp de PZ 87, encontra-se numa das nascentes de contribuição do córrego Siqueira e está localizado na vizinhança imediata da ADA. O poço está localizado a margem da estrada principal. Cerca de 50 m, vegetação adentro.

Este ponto encontra-se próximo à futura cava maior e da instalação do paiol, recebendo desta maneira, influência destas estruturas previstas para o futuro empreendimento e, portanto, poderá ser utilizado nas etapas de implantação e operação como um ponto comparativo entre a qualidade da água subterrânea das áreas não afetadas pelo empreendimento com aquelas que receberão interferência das atividades minerárias.

PZ-SE-87
*Foto: Bioagri Ambiental, 2014.*

Figura 9-304 - Detalhe do piezômetros PZ-SE-87.

A figura a seguir apresenta um registro fotográfico do ponto PZ-SE-87 (PZ 87) na data 17/08/21.

A coleta de água neste ponto foi realizada a uma profundidade de 50,4 m utilizando-se um bailer.

Detalhe do fio inerte utilizado para a descida e subida do bailer.

Figura 9-305 - Detalhe da coleta no piezômetro PZ-SE-87 em 17/08/21.

- PS 02

O poço de monitoramento PS 02 está localizado na área lateral da estrada principal entre a área do britador e a área da mina. O ponto de coleta está inserido em uma área rural. Não há atividades antrópicas no local.

A coleta de água neste ponto foi realizada a uma profundidade de 120 m com utilização de bailer.

O poço de monitoramento PS 02, encontra-se próximo de nascentes de contribuição do córrego Siqueira e está localizado na vizinhança imediata da ADA da futura mina pretendida, mais especificamente da área da cava maior e do paiol.

- PS 4B

Este poço está localizado na parte baixa do futuro empreendimento. Área sem movimentação atual. A movimentação no entorno do ponto é por trilhas para furos de sondagem e/ou acessos às áreas de limite da propriedade.

Este ponto está inserido na área diretamente afetada e receberá contribuição da futura cava maior e da futura pilha de estéril.

A figura a seguir apresenta um registro fotográfico do ponto PS 4B na data 17/08/21.

A coleta de água neste ponto foi realizada a uma profundidade de 105 m utilizando-se um bailer.

Figura 9-306 - Coleta de água subterrânea no ponto PS 4B na data 17/08/21.

- PS 5B

Este ponto está inserido no acesso ao Mirante. Área sem movimentação. Somente existe uma estrada até o Mirante, onde há outro ponto de sondagem.

Este ponto está inserido na área de influência da cava maior.

A figura abaixo ilustra a coleta no poço PS 5B na data 17/08/21.

Figura 9-307 - Coleta de água subterrânea no ponto PS 5B na data 17/08/21.

A coleta de água neste ponto foi realizada a uma profundidade de 93 m utilizando-se um bailer.

- MNA - SE – 65

Este ponto serve para medir o nível d'água.

Figura 9-308 - Detalhe do medidor de nível d'água MNA-SE-22.

- PS 06

O ponto PS 06 está localizado na lateral da estrada que dá acesso ao britador partindo da chegada da empresa. Ele está próximo ao britador.

Este ponto está inserido na área diretamente afetada.

A figura abaixo ilustra a coleta no poço PS 06 na data 16/08/21.

Figura 9-309 - Detalhe da coleta de água no poço PS 06 em 16/07/21.

A coleta de água neste ponto foi realizada a uma profundidade de 90 m utilizando-se um bailer.

- PS 07

Este poço está localizado em ponto que margeia a estrada principal (entrada do britador). Este ponto está inserido na área diretamente afetada pelo futuro empreendimento.

A figura abaixo ilustra a coleta no poço PS 07 na data 18/08/21.

Figura 9-310 - Detalhe da coleta de água no poço PS 07 em 18/07/21.

A coleta de água neste ponto foi realizada a uma profundidade de 32 m utilizando-se um bailer.

- PS 07B

Este poço está localizado na lateral da estrada que dá acesso ao britador partindo da chegada da empresa. O ponto está a 20 m vegetação a dentro da margem. Este ponto está inserido na área diretamente afetada pelo futuro empreendimento.

A figura a seguir ilustra a coleta no poço PS 07B na data 17/08/21.

Figura 9-311 - Detalhe da coleta de água no poço PS 07B em 17/07/21.

- PS 08C

Este ponto está inserido na área diretamente afetada pelo futuro empreendimento e está localizado na lateral da estrada principal entre a chegada e a área do britador. Está a jusante do ponto PZ 154, o qual está localizado na estrada de acesso interno que conecta as áreas onde serão instaladas as estruturas de ITM, Pilha de Estéril/Rejeito, a Cava Menor com o Sump e a Área de Apoio.

A coleta de água para análise foi realizada a uma profundidade de 18 m utilizando-se um bailer.

A figura a seguir ilustra a coleta no poço PS 08C na data 18/08/21.

Figura 9-312 - Detalhe da coleta de água no poço PS 08C em 18/07/21.

- PS 09B

Este ponto está inserido na AEL do EIA e está localizado na parte leste do futuro empreendimento. Também encontra-se numa das nascentes de contribuição do córrego Siqueira. Não há atividade antrópica na área do poço P09B.

A coleta de água para análise foi realizada a uma profundidade de 35 m utilizando-se um bailer.

A figura a seguir ilustra a coleta no poço PS 09B na data 18/08/21.

Figura 9-313 - Detalhe da coleta de água no poço PS 09B em 16/07/21.

- PS 10B

Este ponto está inserido na área de estudo local (AEL) do futuro empreendimento e está localizado na parte leste do futuro empreendimento. Também encontra-se numa das nascentes de contribuição do córrego Siqueira.

A coleta de água para análise foi realizada a uma profundidade de 15 m utilizando-se um bailer.

A figura a seguir ilustra a coleta no poço PS 10B na data 18/08/21.

Figura 9-314 - Detalhe da coleta de água no poço PS 10B em 18/07/21.

- PZ 21

O ponto PZ 21 apresenta artesianismo em uma das nascentes do córrego Teixeira que por sua vez, deságua no córrego Siqueira e representa a qualidade da água da porção sul da Áre de Estudo Regional do EIA. Trata-se de um poço surgente.

Este ponto está localizado na fazenda vizinha da área da mineração Serro, em área de pastagem, em torno de 3 metros da via.

A coleta de água para análise foi realizada na superfície, pois trata-se de um poço surgente.

A figura a seguir ilustra a coleta no poço PZ 21 na data 18/08/21.

Figura 9-315 - Detalhe da coleta de água no poço PZ 21 em 18/07/21.

- PZ-SE-22 (PZ 22)

O ponto PZ-SE-22 (PZ 22) apresenta artesianismo em uma nascente do córrego Teixeira que por sua vez, deságua no córrego Siqueira e representa a qualidade da água da porção sul da Área de Estudo Regional (EAR) do EIA.

PZ-SE-22
Fonte: Bioagri Ambiental, 2014.

Figura 9-316 - Poço PZ 22 em 18/07/21.

Não foi possível realizar coleta neste ponto em julho de 2021.

### 9.11.2.4 Discussão dos resultados das análises realizadas em 2011 e 2012 pela Anglo American e 2014 pela Arcadis

A caracterização da qualidade da água subterrânea nos anos de 2011, 2012 e 2014, foi realizada a partir de dados secundários cedidos pela Anglo American (monitoramentos realizados no período entre junho de 2011 e dezembro de 2012) consolidados pela empresa Arcadis, a partir de dados primários, colhidos em duas campanhas de amostragem, as quais aconteceram em janeiro e maio de 2014 pela Arcadis.

Cabe ressaltar novamente que os resultados apresentados no presente estudo referentes aos anos de 2011, 2012 e 2014 foram consultados e extraídos do EIA da Arcadis, 2014.

Nos meses de dezembro de 2011, junho e dezembro de 2012 foram monitorados os pontos **PZ-SE- 87** (**PZ 87**) e **PZ- SE- 22** para análise de qualidade das águas pela Anglo American. As amostragens e análises foram realizadas pelo laboratório Analytical Solutions, acreditado pelo Inmetro, conforme ABNT ISO 17025:005.

Em 2014, foram realizadas duas campanhas de monitoramento nos quatro (4) piezômetros e no medidor de nível d'água, sendo nas datas 21 e 22/01/14 (período chuvoso) e nas datas 05 e 07/05/14 (seca). O laboratório que realizou as coletas e análises foi o Bioagri Ambiental.

A coleta e as análises referentes a campanha de julho de 2021 foram realizadas pelo laboratório Visão Ambiental.

Os resultados das análises realizadas pela Anglo American e Arcadis serão apresentados por campanha de coleta e os de julho de 2021 por parâmetro.

#### 9.1.1.1.1 Campanhas realizadas em 2011, 2012 e 2014

A caracterização da qualidade das águas subterrâneas nas campanhas de 2011 (dezembro) e 2012 (junho e dezembro), foi avaliada nos poços já existentes (piezômetros) **PZ-SE-87** (**PZ 87)** e **PZ-SE-22,** onde avaliou-se 43 parâmetros, sendo físicos e químicos.

Cabe ressaltar que os resultados obtidos nos pontos analisados no período de 2011 e 2012 foram comparados pela Anglo American com a Resolução CONAMA nº 420 de 28 de dezembro de 2009.

Os vários parâmetros analisados constam nas tabelas apresentadas logo a seguir, assim como os valores máximos permitidos estabelecidos pela CONAMA nº 420/2009 para águas subterrâneas.

Todos os resultados dos parâmetros analisados nas águas subterrâneas do Projeto Serro nas amostragens realizadas nos anos de 2011 e 2012, estavam em conformidade com os valores orientadores estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420 de 2009, com exceção de manganês total em dezembro de 2011 no piezômetro **PZ- SE-22**.

Parâmetros como arsênio, cádmio, chumbo, cobalto, cromo, mercúrio, níquel, prata, vanádio e cloretos, não foram detectados nas campanhas de 2011 e 2012 nos dois piezômetros.

Em relação aos demais metais analisados, os que mostraram maior número de resultados detectáveis foram alumínio, bário, boro, magnésio dissolvido e ferro total, mostrando que estes elementos, embora em baixos teores, estão presentes nas águas subterrâneas da região.

Também foram encontrados valores superiores ao limite de quantificação do método em algumas campanhas os parâmetros ferro dissolvido, manganês dissolvido, urânio e zinco. O urânio só foi detectado no mês de dezembro de 2012 nos dois pontos. O manganês esteve ausente no ponto PZ-SE-87 e o potássio só foi detectado em dezembro de 2011 no PZ-SE-22.

O zinco acusou teores inferiores ao valor máximo permitido em todas as datas de coleta nos dois pontos de coleta.

A presença dos elementos supracitados nas águas subterrâneas parecem ter relação com as características geoquímicas locais, uma vez que as áreas onde estão instalados os poços são rurais.

As análises dos nutrientes fósforo na forma de fosfato e nitrogênio nas suas formas reduzida (nitrogênio amoniacal) e oxidada (nitrito e nitrato) mostraram maior participação de fosfato nas águas coletadas no PZ-SE-87 e de nitrogênio no PZ-SE-22.

Os sulfatos e sulfetos acusaram valores reduzidos nos dois piezômetros.

Os sólidos mantiveram-se reduzidos, sendo que os sólidos suspensos só foram detectados em dezembro de 2012 no PZ-SE-22.

A condutividade elétrica de todas as amostras foi baixa, o que está de acordo com os teores reduzidos de sólidos dissolvidos, indicando baixa mineralização e a turbidez foi baixa em todas as amostras analisadas, o que está de acordo com os valores reduzidos de sólidos suspensos. Com exceção do PZ-SE-22 que acusou um valor de 68 $mg.L^{-1}$, os demais resultados foram inferiores ao limite de quantificação do método de análise.

O pH acusou em todas as mostras valores ligeiramente ácidos, com exceção do ponto PZ-SE-22 que acusou um valor ácido em dezembro de 2012.

O potencial redox indica características oxidantes, com valores de Eh que oscilam entre 60 mV e 277 mV, à exceção da amostra coletada em dezembro de 2012 no ponto PZ-SE-87 que apresenta um valor negativo (-22 mV), indicando que a amostra apresentava-se com características redutoras. O meio redutor normalmente está associado à presença de matéria orgânica.

Tabela 9.122 – Resultados das análises realizadas nos piezômetros PZ-SE-87 e PZ-SE-22 em 2011 e 2012.

| Parâmetros | Unidade | VMP | PZ – SE - 87 | | | PZ – SE - 22 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Dez/11 | Jun/12 | Dez/12 | Dez/11 | Jun/12 | Dez/12 |
| Alcalinidade Carbonatos | mg CaCO3/L | - | - | < L.Q. | - | - | < L.Q. | - |
| Alcalinidade Hidróxidos | mg CaCO3/L | - | - | < L.Q. | - | - | < L.Q. | - |
| Alumínio Total | mg/L | 3,5 | 0,073 | 0,161 | 0,116 | 0,189 | <L.Q. | 3,131 |
| Arsênio Total | mg/L | 0,01 | < L.Q | < L.Q. | < L.Q. | <L.Q. | < L.Q. | <L.Q. |
| Bário Total | mg/L | 0,7 | 0,031 | < L.Q. | 0,043 | 0,302 | 0,104 | 0,158 |
| Bicarbonatos | mg/L | - | 24,2 | 11,7 | 9,1 | 36,2 | 10,5 | 15,9 |
| Boro Total | mg/L | 0,5 | 0,07 | < L.Q. | 0,037 | 0,031 | 0,052 | 0,042 |
| Cádmio Total | mg/L | 0,005 | <L.Q. | < L.Q. | < L.Q. | <L.Q. | <L.Q. | <L.Q. |
| Cálcio Dissolvido | mg/L | - | 3,347 | 3,826 | 3,713 | 3,757 | 3,46 | 3,945 |
| Chumbo Total | mg/L | 0,01 | <L.Q. | < L.Q. | <L.Q. | <L.Q. | <L.Q. | <L.Q. |
| Cloretos (Titulométrico) | mg/L | - | < L.Q | < L.Q. | < L.Q. | < L.Q | < L.Q. | < L.Q. |
| Cobalto Total | mg/L | 0,07 | <L.Q. | < L.Q. | <L.Q. | <L.Q. | <L.Q. | <L.Q. |
| Cobre Total | mg/L | 2 | <L.Q. | 0,042 | 0,037 | 0,009 | <L.Q. | 0,043 |
| Cromo Total | mg/L | 0,05 | <L.Q. | < L.Q. | <L.Q. | <L.Q. | <L.Q. | <L.Q. |
| Ferro Dissolvido | mg/L | - | 0,053 | < L.Q. | <L.Q. | 0,126 | <L.Q. | 0,116 |
| Ferro Total | mg/L | 2,45 | 0,279 | 0,055 | 0,09 | 0,631 | <L.Q. | 1,499 |
| Fluoretos | mg/L | - | 0,53 | < L.Q. | < L.Q. | 0,46 | 0,029 | 0,056 |
| Fosfatos | mg/L | - | 0,02 | 0,52 | 0,54 | < L.Q. | < L.Q. | 0,36 |
| Magnésio Dissolvido | mg/L | - | 2,285 | 2,108 | 1,983 | 2,631 | 2,403 | 2,329 |
| Manganês Dissolvido | mg/L | - | <L.Q. | < L.Q. | <L.Q. | 0,823 | <L.Q. | <L.Q. |

Fonte: Arcadis, logos 2014.

Tabela 9.123 – Resultados das análises realizadas nos piezômetros **PZ-SE-87** e **PZ-SE-22** em 2011 e 2012.

| Parâmetros | Unidade | VMP | PZ – SE - 87 | | | PZ – SE - 22 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Dez/11 | Jun/12 | Dez/12 | Dez/11 | Jun/12 | Dez/12 |
| Manganês Total | mg/L | 0,4 | <L.Q. | < L.Q. | <L.Q. | 1,005 | <L.Q. | 0,142 |
| Mercúrio Total | mg/L | 0,001 | <L.Q. | < L.Q. | <L.Q. | <L.Q | < L.Q. | <L.Q. |
| Níquel Total | mg/L | 0,02 | <L.Q. | < L.Q. | <L.Q. | <L.Q. | <L.Q. | <L.Q. |
| Nitratos | mg/L | 10 | 0,53 | < L.Q. | 1,558 | 2,01 | 2,84 | 1,537 |
| Nitritos | mg/L | - | 0,012 | < L.Q. | < L.Q. | 0,006 | < L.Q. | 0,013 |
| Nitrogênio Amoniacal | mg/L | - | 0,36 | < L.Q. | < L.Q. | 0,15 | <L.Q. | < L.Q. |
| Potássio Dissolvido | mg/L | - | < L.Q. | < L.Q. | <L.Q. | 0,257 | < L.Q. | <L.Q. |
| Prata Total | mg/L | 0,05 | <L.Q. | < L.Q. | <L.Q. | <L.Q. | <L.Q. | <L.Q. |
| Sílica Dissolvida | mg/L $SiO_2$ | - | 4,24 | 7,27 | 9,342 | 3,2 | 9,63 | 9,804 |
| Sódio Dissolvido | mg/L | - | < L.Q. | 0,275 | 0,324 | <L.Q. | 0,513 | 0,519 |
| Sólidos Dissolvidos Totais | mg/L | - | 43 | 44 | < L.Q. | 49 | 37 | 24 |
| Sólidos Suspensos Totais | mg/L | - | < L.Q. | < L.Q. | < L.Q. | < L.Q. | <L.Q. | 68 |
| Sulfatos | mg/L | - | 8,3 | < L.Q. | < L.Q. | 1,89 | 0,82 | < L.Q. |
| Sulfetos | mg/L | - | 0,016 | 0,124 | < L.Q. | 0,033 | 0,033 | < L.Q. |
| Turbidez | NTU | - | 1,31 | 1,96 | < L.Q. | 3,3 | 1,56 | 12,9 |
| Urânio Total | mg/L | - | <L.Q. | < L.Q. | 0,209 | <L.Q. | < L.Q. | 0,31 |
| Vanádio Total | mg/L | - | <L.Q. | < L.Q. | <L.Q. | <L.Q. | < L.Q. | <L.Q. |
| Zinco Total | mg/L | 1,05 | 0,015 | 0,034 | <L.Q. | 0,027 | < L.Q. | 0,051 |
| Condutividade | µS/cm | - | 37 | 47 | 29 | 50 | 65 | 35 |
| pH | - | - | 6,94 | 6,62 | 6,53 | 6,49 | 6,46 | 5,85 |
| Potencial Redox | mV | - | 205 | 260 | -22 | 231 | 277 | 60 |
| Temperatura do ar | °C | - | 21,6 | 24 | 31 | 24,2 | 26,6 | 30,5 |
| Temperatura do água | °C | - | 19,6 | 20,1 | 20,5 | 22 | 22,1 | 22,7 |

Legenda:
V.A. Virtualmente Ausente / L.Q. Limite de quantificação
*Limite variável de acordo com pH: 3,7 mg/L N, para pH ≤ 7,5 / 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 / 1,0 mg/L N, para 8

*Fonte: Analytical Solutions, 2011 e 2012.*

### 9.1.1.1.2 Campanhas realizadas em 2014

Em 2014, foram realizadas duas campanhas de monitoramento nos quatro (4) piezômetros e no medidor de nível d'água, sendo nas datas 21 e 22/01/14 (período chuvoso) e nas datas 05 e 07/05/14 (seca). O laboratório que realizou as coletas e análises foi o Bioagri Ambiental.

Os vários parâmetros analisados constam nas tabelas apresentadas logo a seguir, assim como os valores máximos permitidos estabelecidos pela CONAMA nº 420 de 2009 para águas subterrâneas.

Todos os resultados dos parâmetros analisados nas águas subterrâneas do Projeto Serro nas duas campanhas de amostragem realizadas em 2014 estavam em conformidade com os valores orientadores estabelecidos pelo CONAMA (Resolução n° 420/09).

Os resultados das análises apontaram águas com baixa turbidez, baixa condutividade elétrica, ou seja, pouco mineralizadas e com valores de pH que variavam de águas mais alcalinas no período chuvoso e mais ácidas no período de seca.

Dentre os elementos traço analisados, o bário, seguido do ferro, foram os que apresentaram maior participação. Também foram expressivas as participações de alumínio, manganês e zinco, mas todos abaixo dos seus valores orientadores.

Os metais pesados como mercúrio, cádmio, chumbo, cromo, níquel e selênio não foram detectados. Já o cobre esteve bem abaixo do valor orientador. O metaloide arsênio esteve abaixo do limite de detecção do método, com exceção da primeira campanha no ponto PZ-SE-154, mas abaixo do valor orientador.

Todos os parâmetros orgânicos analisados apresentaram resultados inferiores aos limites de quantificação dos métodos analíticos utilizados, o que é um indicativo que não fazem parte da composição das águas da região ou estão presentes em teores muito baixos.

Em termos de potencial redox, os poços acusaram uma condição de ambiente oxidante, com exceção da primeira campanha no PZ-SE-20 e redutor nas duas campanhas no ponto MNA-SE-65. O potencial redox oscilou de -96 mV no MNA-SE-65 a 297,4 mV no PZ-SE-22.

Em relação aos ensaios microbiológicos, observou-se ausência da bactéria *E. coli* em todos os pontos e em todas as campanhas. Os coliformes totais também não foram detectados, com exceção da segunda campanha no ponto MNA-SE-65, o qual esteve presente.

Tabela 9.124 – Resultados das análises realizadas nos quatro piezômetros e no medidor de nível d'água em 2014.

| Parâmetros | Unidades | VO | Ponto 1 (PZ-SE-87) | | Ponto 2 (PZ-SE-154) | | Ponto 3 (PZ-SE-22) | | Ponto 4 (PZ-SE-20) | | Ponto 5 (MNA-SE-65) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1ª camp. | 2ª camp. | 1ª camp. | 2ª camp. | 1ª camp. | 2ª camp. | 1ª camp. | 2ª camp. | 1ª camp. | 2ª camp. |
| Alumínio | µg/L | 3500 | 11,4 | < 1 | 12,1 | 6,47 | 45,6 | < 1 | 12,5 | 8,05 | 27,2 | 54,5 |
| Antimônio | µg/L | 5 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Arsênio | µg/L | 10 | < 1 | < 1 | 4,24 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Bário | µg/L | 700 | 28,4 | 11 | 498,4 | 466,8 | 123,3 | 106,1 | 197,2 | 66,9 | 313 | 374 |
| Boro | µg/L | 500 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | 5,59 | < 1 | < 1 | < 1 | 2,97 | < 1 |
| Chumbo | µg/L | 10 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Cobalto | µg/L | 70 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Cobre | µg/L | 2000 | < 1 | < 1 | < 1 | 8,86 | 13,4 | < 1 | < 1 | < 1 | 3,79 | < 1 |
| Cromo | µg/L | 50 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Ferro | µg/L | 2450 | 35,3 | 31,9 | 54,1 | 73,8 | 30,8 | 26,5 | 20,2 | 100,3 | 6,47 | 12,2 |
| Manganês | µg/L | 400 | < 1 | < 1 | 39 | 50,5 | 34,4 | < 1 | 130,5 | 132,5 | 25,1 | 18,2 |
| Mercúrio | µg/L | 1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 |
| Molibdênio | µg/L | 70 | < 1 | < 1 | 2,06 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Níquel | µg/L | 20 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Nitrato (como N) | µg/L | 10000 | < 300 | < 300 | < 300 | < 300 | 680 | 6170 | < 300 | < 300 | 310 | < 300 |
| Prata | µg/L | 50 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Selênio | µg/L | 10 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Vanádio | µg/L | - | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | 1,29 | 2,71 |
| Zinco | µg/L | 1050 | 7,22 | < 1 | 1,84 | 6,05 | 48,2 | 17,6 | 5,75 | 3,24 | 6,94 | 21,1 |
| Benzeno | µg/L | 5 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Estireno | µg/L | 20 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Etilbenzeno | µg/L | 300 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Tolueno | µg/L | 700 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Xilenos | µg/L | 500 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 |
| Antraceno | µg/L | - | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Benzo(a)antraceno | µg/L | 1,75 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Benzo(k)fluoranteno | µg/L | - | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Benzo(g,h,i)perileno | µg/L | - | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Benzo(a)pireno | µg/L | 0,7 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |

Tabela 9.125 – Resultados das análises realizadas nos quatro piezômetros e no medidor de nível d'água em 2014.

| Parâmetros | Unidades | VO | Ponto 1 (PZ-SE-87) | | Ponto 2 (PZ-SE-154) | | Ponto 3 (PZ-SE-22) | | Ponto 4 (PZ-SE-20) | | Ponto 5 (MNA-SE-65) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1ª camp. | 2ª camp. | 1ª camp. | 2ª camp. | 1ª camp. | 2ª camp. | 1ª camp. | 2ª camp. | 1ª camp. | 2ª camp. |
| Criseno | µg/L | - | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Dibenzo(a,h)antraceno | µg/L | 0,18 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Fenantreno | µg/L | 140 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Indeno(1,2,3,cd)pireno | µg/L | 0,17 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Naftaleno | µg/L | 140 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Monoclorobenzeno | µg/L | 700 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| 1,2-Diclorobenzeno | µg/L | 1000 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| 1,3-Diclorobenzeno | µg/L | - | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| 1,4-Diclorobenzeno | µg/L | 300 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| 1,2,3-Triclorobenzeno | µg/L | 20 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| 1,2,4-Triclorobenzeno | µg/L | 20 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| 1,3,5-Triclorobenzeno | µg/L | 20 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Triclorobenzenos | µg/L | 20 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 |
| 1,2,3,4-Tetraclorobenzeno | µg/L | - | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| 1,2,4,5-Tetraclorobenzeno | µg/L | - | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| 1,2,3,5-Tetraclorobenzeno | µg/L | - | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Hexaclorobenzeno | µg/L | 1 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 |
| 1,1-Dicloroetano | µg/L | 280 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| 1,2-Dicloroetano | µg/L | 10 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| 1,1,1-Tricloroetano | µg/L | 280 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Cloreto de Vinila | µg/L | 5 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| 1,1-Dicloroeteno | µg/L | 30 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| 1,2-Dicloroeteno (cis+trans) | µg/L | 50 | < 2 | < 2 | < 2 | < 2 | < 2 | < 2 | < 2 | < 2 | < 2 | < 2 |
| Tricloroeteno | µg/L | 70 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Tetracloroeteno | µg/L | 40 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Diclorometano | µg/L | 20 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Clorofórmio | µg/L | 200 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |

Continua. Fonte: Arcadis, logos, 2014.

Tabela 9.126 – Resultados das análises realizadas nos quatro piezômetros e no medidor de nível d'água em 2014.

| Parâmetros | Unidades | VO | Ponto 1 (PZ-SE-87) | | Ponto 2 (PZ-SE-154) | | Ponto 3 (PZ-SE-22) | | Ponto 4 (PZ-SE-20) | | Ponto 5 (MNA-SE-65) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1ª camp. | 2ª camp. | 1ª camp. | 2ª camp. | 1ª camp. | 2ª camp. | 1ª camp. | 2ª camp. | 1ª camp. | 2ª camp. |
| Tetracloreto de Carbono | µg/L | 2 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| 2-Clorofenol | µg/L | 10,5 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 |
| 2,4-Diclorofenol | µg/L | 10,5 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 |
| 3,4-Diclorofenol | µg/L | 10,5 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| 2,4,5-Triclorofenol | µg/L | 10,5 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 |
| 2,4,6-Triclorofenol | µg/L | 200 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| 2,3,4,5-Tetraclorofenol | µg/L | 10,5 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| 2,3,4,6-Tetraclorofenol | µg/L | 10,5 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 |
| Pentaclorofenol | µg/L | 9 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| Cresóis Totais | µg/L | 175 | < 0,3 | < 0,3 | < 0,3 | < 0,3 | < 0,3 | < 0,3 | < 0,3 | < 0,3 | < 0,3 | < 0,3 |
| Fenol | µg/L | 140 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | 3,3 |
| Di(2-etilhexil)ftalato | µg/L | 8 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Dimetil Ftalato | µg/L | 14 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Dibutilftalato | µg/L | - | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| PCB's (soma 7/lista holandesa) | µg/L | 3,5 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 |
| Nível Estático | m | - | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,40 | 2,96 |
| Cádmio | µg/L | 5 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| *Escherichia coli* | P/A 100mL | - | Ausentes | Ausentes | Ausentes | Ausentes | Ausentes | Ausentes | Ausentes | Ausentes | Ausentes | Ausentes |
| Coliformes Totais | P/A 100mL | - | Ausentes | Ausentes | Ausentes | Ausentes | Ausentes | Ausentes | Ausentes | Ausentes | Ausentes | Presentes |
| Condutividade | µS/cm | - | 32 | 29 | 119 | 121 | 53 | 36 | 176 | 167 | 72 | 98 |
| pH (a 25°C) | - | - | 7,97 | 6,5 | 8,08 | 7,77 | 7,05 | 6 | 8,17 | 6,92 | 7,7 | 6,41 |
| Potencial Redox | mV | - | 34,4 | 243 | 48,5 | 111 | 54,1 | 297,4 | -90 | 59,2 | -78,3 | -96 |
| Turbidez (Leitura Campo) | NTU | - | 9 | 7,7 | < 0,1 | 1,1 | 7,2 | 14 | 2,2 | 1,7 | 8 | 16 |

Legenda: VO - valores orientadores para águas subterrâneas, segundo Resolução CONAMA nº 420/09.

*Elaboração: Arcadis logos, 2014.*

Fonte: Arcadis, logos, 2014.

### 9.11.2.5 Discussão dos resultados na campanha de julho de 2021 por parâmetro analisado

As características químicas das águas subterrâneas refletem os meios por onde percolam, guardando uma estreita relação com os tipos de rochas que as armazenam. A qualidade da água subterrânea, portanto, é decorrente de processos físicos, químicos e biológicos que determinam uma grande variedade de substâncias presentes na água, decorrentes principalmente dos tipos litológicos. A atividade antropogênica, que origina principalmente cargas poluidoras pontuais domésticas e industriais e cargas difusas de origem urbana e rural, também pode influenciar na qualidade das águas subterrâneas (CETESB, 2016) [47].

Os contaminantes se movimentam, tanto na zona não-saturada como na zona saturada, acompanhando o fluxo da água. Entre os contaminantes inorgânicos, considerados nocivos à saúde, o nitrato é o que apresenta ocorrência mais generalizada e problemática, devido à sua alta mobilidade.[48]

Os vários parâmetros físico-químicos obtidos das analisados efetuadas em julho de 2021 constam na Tabela 9.128, assim como os valores máximos permitidos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008 e Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011 para águas subterrâneas considerando o uso para consumo humano. Alguns resultados foram apresentados também na forma de gráficos.

Ressalta-se que vários parâmetros que foram avaliados no EIA de 2014, não foram analisados no presente estudo, uma vez que não foram detectados nas campanhas de 2011, 2012 e 2014.

Os poços PS 06B e PZ 153 encontravam-se secos na coleta de julho de 2021.

Os resultados obtidos para os poços amostrados no presente estudo mostram de um modo geral que as águas apresentaram distinções de suas características, encontrando-se variação dos resultados para alcalinidade bicarbonato, dureza total, pH, condutividade elétrica, sulfato, cloretos, temperatura e sais.

Praticamente todos os parâmetros estiveram abaixo dos valores máximos permitidos de acordo com a Resolução CONAMA nº 396/2008 e Portaria nº 2914/2011, com exceção de alumínio em 86% dos pontos analisados, ferro total em 100% dos pontos, cromo em 93% e manganês total em 64% dos pontos.

Os resultados das principais variáveis de qualidade da água analisados nos poços amostrados serão apresentados e discutidos a seguir, possibilitando uma comparação entre eles, fornecendo um "retrato" da qualidade atual da água subterrânea na região. Os resultados obtidos no

[47] **Fonte:** https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/wp-content/uploads/sites/13/2013/11/Cetesb_QualidadeAguasSubterraneas2015_Web_20-07.pdf
[48] **Fonte:** Caracterização dos sistemas aquíferos e qualidade das águas subterrâneas. Dra. Dorothy Carmem Pinatti Casarini. Gerente da Divisão de Qualidade de solo, água subterrânea e vegetação.

presente estudo servirão de comparativo com resultados futuros quando o empreendimento entrar em operação.

Os resultados de pH nas águas amostradas em estudo variaram de 5,78 (PS 09B) a 8,16 (PS 05B e PS 08C), caracterizando as águas subterrâneas na área do Projeto Serro como ácidas a alcalinas. Somente o poço PS 09B acusou um valor ácido e os poços PS 05B e PS 08C um valor alcalino. Os demais oscilaram de ligeiramente ácidos a ligeiramente alcalinos.

Em termos de potencial Redox, o qual controla inúmeros processos que ocorrem na natureza, indicou na maior parte das amostras analisadas uma característica oxidante. Somente os poços P05B, PS 06A e PS 09B apresentaram uma característica redutora.

A condutividade elétrica das águas subterrâneas analisadas oscilou de 114 µS.cm$^{-1}$ (PS 04B) a 1777 µS.cm$^{-1}$ (PZ 87), indicando presença de poucos a elevados íons dissolvidos nas águas, ou seja, baixa a elevada mineralização.

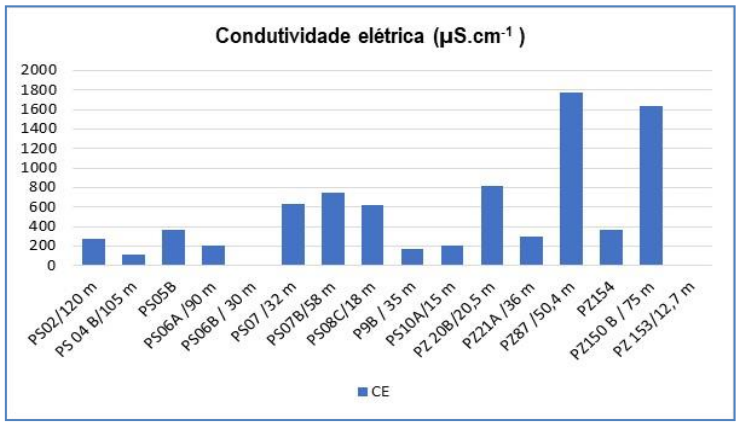



Figura 9-317 - Resultados de condutividade elétrica em µS.cm$^{-1}$ obtidos nos poços monitorados em julho de 2021.

Os pontos que acusaram os maiores valores de condutividade foram PZ 87 e PZ 150B.

Os sólidos dissolvidos acusaram valores pouco significativos, uma vez que acusaram teores muito inferiores ao VMP de 1000 mg.L$^{-1}$ em todos os poços amostrados, variando de 42 mg.L$^{-1}$ (PZ 21A) a 107 mg.L$^{-1}$ (PZ 20B).

Alguns parâmetros acusaram valores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação dos métodos de análise tais como: fluoreto, nitrito, ortofosfato, alcalinidade carbonato, alcalinidade hidróxido em todos os poços avaliados no presente estudo.

A alcalinidade bicarbonato oscilou de 6,0 mg.L$^{-1}$ (PS 09B) a 159,6 mg.L$^{-1}$ (PS 06A).

A alcalinidade total acusou valores oscilando de 6,0 mg.L$^{-1}$ (PS 09B) a 159,6 mg.L$^{-1}$ (PS 06A).A dureza acusou valores oscilando de 10,2 mg.L$^{-1}$ (PZ 87) a 65,23 mg.L$^{-1}$ (PZ 154). Tais resultados permitem a classificação dessas águas como águas moles.

Os sulfatos acusaram teores inferiores ao VMP de 250 mg.L$^{-1}$ em todos os poços avaliados, sendo que o menor valor foi detectado no ponto PZ 87 (7,79 mg.L$^{-1}$ ) e o maior no PS 4B (122,76 mg.L$^{-1}$).

Quanto à presença de cloretos nas águas amostradas, foi pouco significativa se comparada com o valor máximo permitido de 250 mg.L$^{-1}$. Os resultados oscilaram de 0,52 mg.L$^{-1}$ (PZ 21A) a 50,77 mg.L$^{-1}$ (PS 04B).

O nitrato o qual é considerado um dos contaminantes inorgânicos nocivos à saúde, devido a sua alta mobilidade, esteve muito abaixo do VMP de 10 mg.L$^{-1}$ em todos os poços analisados, sendo o menor teor (<0,113 mg.L$^{-1}$) detectado nos poços PS 04B, PS 05B, PS 07B, PS 08C, PS 10A, PZ 20B e PZ 87) e o maior no PS 09B (1,047 mg.L$^{-1}$).

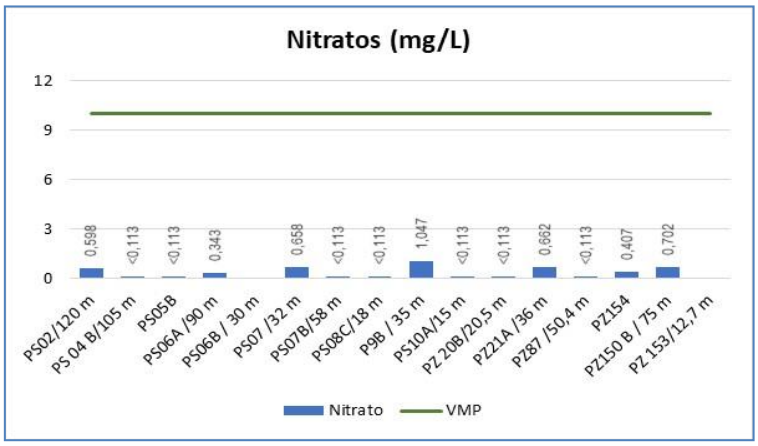



Figura 9-318 - Resultados de nitrato (mg.L$^{-1}$) obtidos nos poços monitorados em julho de 2021.

O fósforo acusou teores oscilando de <0,010 mg.L$^{-1}$ (PZ 20B) a 0,179 mg.L$^{-1}$ (PZ 87).

O oxigênio dissolvido nas amostras analisadas oscilou de 2,3 mg.L$^{-1}$ (PZ 20B) a 5,7 mg.L$^{-1}$ (PZ 87).

A turbidez acusou valores reduzidos nos poços em que foi avaliada e oscilou de <0,70 UNT (PZ 20B e PZ 21A) a 3,86 UNT (PZ 87).

A cor acusou valores reduzidos nos poços em que foi avaliada e oscilou de <5 uH (PZ 87) a 23,13 uH (PZ 21A).

Quanto aos elementos traços analisados, alumínio, arsênio, bário, boro, cobre, chumbo, cádmio, cobre, cromo, ferro, manganês, mercúrio, zinco, alguns como o bário, boro, cádmio e chumbo acusaram teores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação dos métodos de análise.

O alumínio acusou teores acima do VMP de 0,2 mg.L$^{-1}$ em 86% das amostras analisadas, sendo o menor valor detectado nos poços PZ 87 e PZ 154 (<0,15 mg.L$^{-1}$) e o maior no poço PS 05B (10,13 mg.L$^{-1}$).

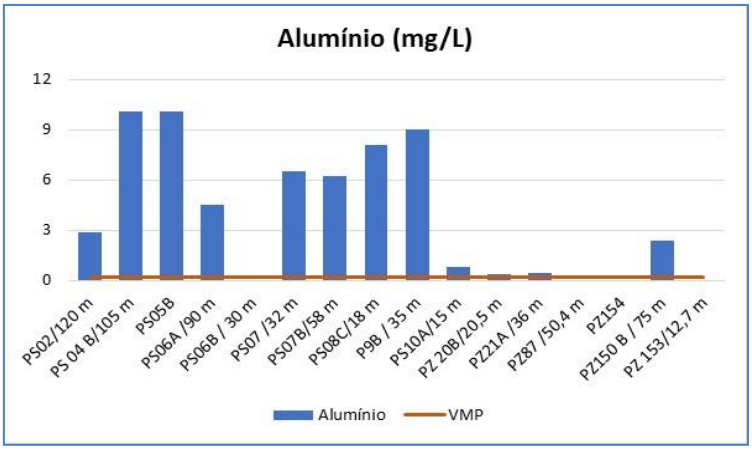



Figura 9-319 - Resultados de alumínio (mg.L$^{-1}$) obtidos nos poços monitorados em julho de 2021.

O cálcio acusou teores oscilando de 2,17 mg.L-1 (PZ 87) a 13,63 mg.L-1 (PS 05B) e o magnésio oscilou de 0,75 mg.L-1 (PZ 150B) a 1,62 mg.L-1 (PZ 20B). O sódio oscilou de <2 mg.L-1 (PS 08C, PS 10A, PZ 20B, PZ 21A, PZ 87) a 75,3 mg.L-1 (PS 06A), sendo muito inferiores ao VMP de 200 mg.L-1. Já o potássio variou de 0,15 mg.L-1 (PZ 87) a 6,05 mg.L-1 (PS 06A).

O cobre acusou teores inferiores ao VMP de 2,0 mg.L-1 em todos os poços, tendo oscilado de inferior ao seu limite de quantificação (<0,01 mg.L-1) (PS 04B, PS 05B, PS 07, PS 07B, PS 08C, PS 10A, PZ 20B, PZ 21A, PZ 87 e PZ 154) a 0,13 mg.L-1 (PS 9B).

O arsênio esteve abaixo do VMP de 0,01 mg.L-1 nos três poços em que foi analisado, onde variou de 0,001 mg.L-1 (PZ 21A e PZ 87) a 0,005 mg.L-1 (PZ 20B).

O zinco acusou teores muito inferiores ao VMP de 5 mg.L-1 em todos os poços, onde variou de <0,05 mg.L-1 nos poços (PZ 21A, PZ 20B, PZ 87, PZ 154 e PZ 150B) a 0,26 mg.L-1 (PS 06A).

O mercúrio foi inferior ao seu limite de quantificação (<0,0002 mg.L-1) em todos os poços com exceção do PS 07 e PS 07B que acusaram um teor de 0,0002 mg.L-1, sendo todos inferiores ao VMP de 0,001 mg.L-1.

O cromo acusou teores superiores ao VMP de 0,05 mg.L-1 em todos os poços, com exceção do PZ 150B), onde oscilaram de <0,03 mg.L-1 (PZ 150B) a 0,3 mg.L-1 (PS 04B e PS 10A). A origem do cromo nos poços deve ser investigada, assim como sua localização em relação às fontes potenciais de poluição. Também é importante verificar as condições construtivas e de proteção atuais dos poços.

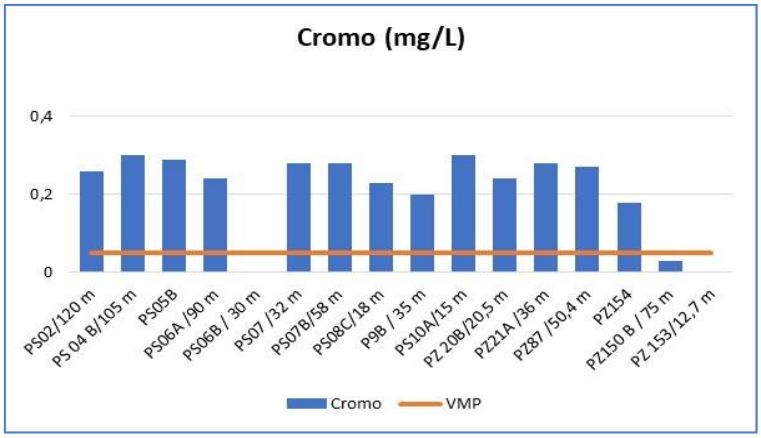



Figura 9-320 - Resultados de cromo (mg.L$^{-1}$) obtidos nos poços monitorados em julho de 2021.

O ferro solúvel apresentou teores oscilando de 1,17 mg.L$^{-1}$ (PZ 20B) a 5,1 mg.L$^{-1}$ (PS 04B) e o ferro total variou de 1,16 (PZ 20B) a 18,5 mg.L$^{-1}$ (PS 06A), sendo superiores ao VMP de 0,3 mg.L$^{-1}$. Comparando-se os dois observa-se que nas águas amostradas o ferro esteve presente em sua maior parte na forma precipitada ($Fe^{+3}$).

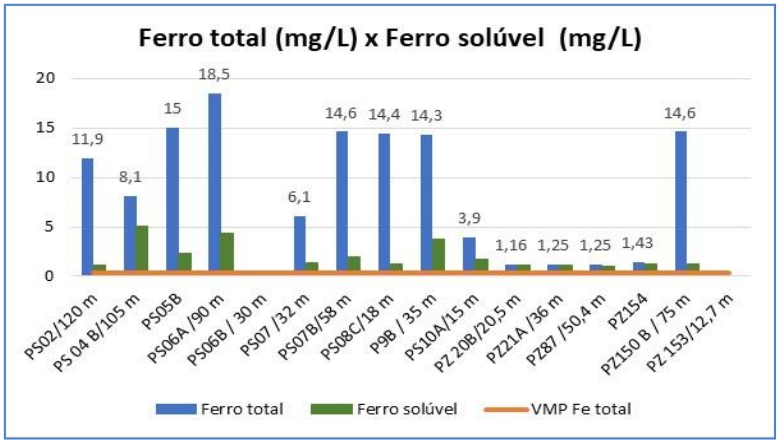



Figura 9-321 - Resultados de ferro total e ferro solúvel em mg.L$^{-1}$obtidos nos poços monitorados em julho de 2021.

O manganês solúvel oscilou de <0,05 mg.L$^{-1}$ (PS 02, PS 08C, PS 10A, PZ 21A, PZ 87 e PZ 150B) a 0,31 mg.L$^{-1}$ (PS 04B). Já o manganês total oscilou de <0,05 mg.L$^{-1}$ (PS 10A, PZ 21A e PZ 87) a 1,22 mg.L$^{-1}$ (PS 06A), sendo o VMP de 0,1 mg.L$^{-1}$.

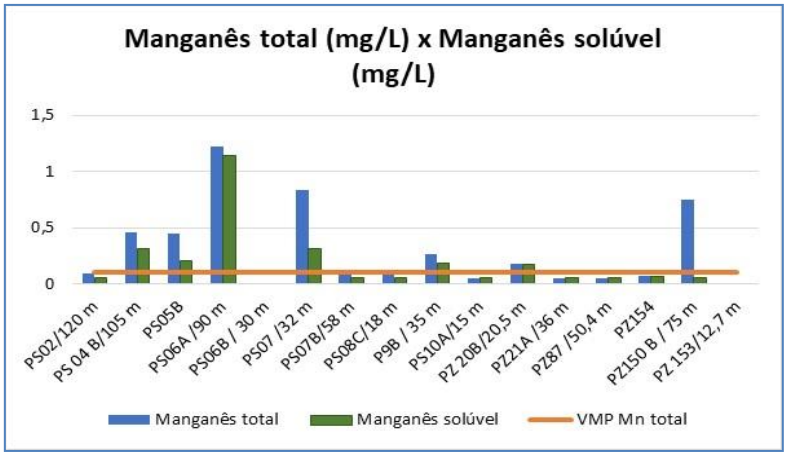



Figura 9-322 - Resultados de manganês total e manganês solúvel em mg.L$^{-1}$obtidos nos poços monitorados em julho de 2021.

Como se trata de uma área predominantemente rural, é provável que a ocorrência de cromo, ferro, manganês, arsênio e outros metais tenham origem natural, composição das rochas.

Como foram detectados metais nos novos poços em apenas uma campanha (julho de 2021), é difícil dizer se são originados de fontes naturais ou não. Somente com um maior número de campanhas seria possível dizer se a presença de metais traços como mercúrio, metalóide arsênio, cromo, foi atípica ou se estes elementos realmente fazem parte da composição das águas subterrâneas da região.

Os elementos traços analisados pela Arcadis em 2014 nos cinco poços monitorados (antimônio, cádmio, chumbo, cobalto, cromo, mercúrio, níquel, prata e selênio), não apresentaram resultados detectáveis, indicando que estavam presentes nas águas amostradas ou estavam presentes em teores muito baixos, inferiores ao limite de quantificação do método de análise utilizado. Já o arsênio foi detectado no poço PZ -SE-154 (PZ 154).

#### 9.1.1.1.3 Conclusões

Com base nos resultados obtidos para uma série de parâmetros físico-químicos em amostras de águas subterrâneas obtidas de poços perfurados na área do Projeto Serro, tem-se que no presente estudo mostram de um modo geral que as águas apresentaram praticamente todos os parâmetros em conformidade com a Resolução CONAMA nº 396/2008 e Portaria nº 2914/2011, com exceção de alumínio em 86% dos pontos analisados, ferro total em 100% dos pontos, cromo em 93% e manganês total em 64% dos pontos.

Os resultados das análises apontaram águas com baixa condutividade, ou seja, poucos íons dissolvidos indicando baixa mineralização. Os resultados de condutividade estão de acordo com os baixos teores de sólidos dissolvidos.

As águas dos poços oscilaram de ácidas a alcalinas, sendo que somente um poço acusou um pH ácido (PS 09B).

O cromo pode estar relacionado a uma condição natural, como ter sido gerado naturalmente por minerais da rocha matriz do aquífero. Quanto a possíveis atividades antrópicas que poderiam gerar cromo na água como, por exemplo, atividades industriais de metal, tratamento de madeira, curtumes, mineração e processos de beneficiamento de metal, não foi identificada nenhuma ação antrópica destes tipos na área do projeto. A área é predominantemente rural.

Como foi realizada apenas uma campanha nos novos poços, fica difícil dizer se a fonte de cromo e outros metais é natural de um tipo de rocha específica, na qual o aquífero se insere ou antropogênica.

O nitrato o qual é considerado um dos contaminantes inorgânicos nocivos à saúde, devido a sua alta mobilidade, esteve muito abaixo do VMP em todas as amostras analisadas, indicando que não está ocorrendo contaminação dos poços.

Os parâmetros que mais acusaram valores em inconformidade com a Resolução CONAMA nº 396/2008 e Portaria nº 2914/2011 foram o alumínio, cromo, ferro e manganês.

O bário que apresentou uma maior participação nas análises realizadas pela Arcadis em 2014, na campanha de julho de 2021 não foi detectado nas amostras analisadas.

Tabela 9.127 – Resultados das análises de águas subterrâneas da campanha de julho de 2021. Continua.

| Parâmetros | Unidade | VMP | PS02 | PS 04 B | PS05B | PS06A | PS06B | PS07 | PS07B | PS08C | P9B | PS10A | PZ 20B | PZ21A | PZ87 | PZ154 | PZ150 B | PZ 153 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cloretos | $mg.L^{-1}$ | 250 | 5,15 | 50,77 | 9,22 | 45,65 | | 6,23 | 2,92 | 2,41 | 4,92 | 2,34 | 1,1 | 0,52 | <0,15 | 7,83 | 3,61 | |
| Fluoreto | $mg.L^{-1}$ | 1,5 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | |
| Nitratos | $mg.L^{-1}$ | 10 | 0,598 | <0,113 | <0,113 | 0,343 | | 0,658 | <0,113 | <0,113 | 1,047 | <0,113 | <0,113 | 0,662 | <0,113 | 0,407 | 0,702 | |
| Nitritos | $mg.L^{-1}$ | 1 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | |
| Ortofosfato | $mg.L^{-1}$ | - | <0,163 | <0,163 | <0,163 | <0,163 | | <0,163 | <0,163 | <0,163 | <0,163 | <0,163 | <0,163 | <0,163 | <0,163 | <0,163 | <0,163 | |
| Sulfato | $mg.L^{-1}$ | 250 | 10,43 | 122,76 | 61,94 | 36,6 | | 15,77 | 13,95 | 9,27 | 51,00 | 8,65 | 12,42 | 8,63 | 7,79 | 9,76 | 9,27 | |
| pH* | - | 6,5 -9,5 | 6,58 | 7,92 | 8,16 | 7,52 | | 6,64 | 6,85 | 8,16 | 5,78 | 6,57 | 7,44 | 6,21 | 6,75 | 7,5 | 6,42 | |
| Alcalinidade de bicarbonatos | $mg.L^{-1}$ | - | 29,9 | 105,8 | 105,8 | 159,6 | | 64,9 | 62,9 | 43,9 | 6,0 | 20,0 | 25,9 | 15,0 | 14,0 | 84,8 | 24,9 | |
| Alcalinidade de Carbonatos | $mg.L^{-1}$ | - | <5,0 | <5,0 | <5,0 | <5,0 | | <5,0 | <5,0 | <5,0 | <5,0 | <5,0 | <5,0 | <5,0 | <5,0 | <5,0 | <5,0 | |
| Alcalinidade de Hidróxido | $mg.L^{-1}$ | - | <5,0 | <5,0 | <5,0 | <5,0 | | <5,0 | <5,0 | <5,0 | <5,0 | <5,0 | <5,0 | <5,0 | <5,0 | <5,0 | <5,0 | |
| Alcalinidade Total | $mg.L^{-1}$ | - | 29,9 | 105,8 | 105,8 | 159,6 | | 64,9 | 62,9 | 43,9 | 6,0 | 20,0 | 25,9 | 15,0 | 14,0 | 84,8 | 24,9 | |
| Condutividade em campo | $\mu S/cm^{-1}$ | - | 271 | 114 | 365 | 207 | SECO | 637 | 749 | 622 | 170,6 | 208 | 812 | 299 | 1777 | 365 | 1639 | SECO |
| Temperatura da água | ºC | - | 20,1 | 22,9 | 20,0 | 21,3 | | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 22,3 | 19,8 | 21,7 | 22,2 | 19,8 | 21,2 | 20,4 | |
| Alumínio Total | $mg.L^{-1}$ | 0,2 | 2,896 | 10,13 | 10,097 | 4,52 | | 6,54 | 6,243 | 8,107 | 8,991 | 0,802 | 0,346 | 0,457 | <0,150 | <0,150 | 2,358 | |
| Cádmio Total | $mg.L^{-1}$ | 0,005 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| Cálcio Total | $mg.L^{-1}$ | - | 5,38 | 12,02 | 13,63 | 10,93 | | 6,97 | 13,26 | 6,45 | 3,17 | 4,24 | 12,5 | 2,46 | 2,17 | 23,8 | 3,87 | |
| Chumbo total | $mg.L^{-1}$ | 0,01 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | |
| Cobre Total | $mg.L^{-1}$ | 2 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,02 | | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,13 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,03 | |
| Cromo total | $mg.L^{-1}$ | 0,05 | 0,26 | 0,3 | 0,29 | 0,24 | | 0,28 | 0,28 | 0,23 | 0,2 | 0,3 | 0,24 | 0,28 | 0,27 | 0,18 | 0,03 | |
| Dureza Total | $mg.L^{-1}$ | - | 17,96 | 35,94 | 40,46 | 33,59 | | 23,7 | 38,88 | 22,04 | 12,2 | 14,58 | 37,88 | 11,7 | 10,2 | 65,23 | 12,75 | |
| Ferro Solúvel | $mg.L^{-1}$ | - | 1,17 | 5,1 | 2,34 | 4,3 | | 1,36 | 1,91 | 1,26 | 3,8 | 1,72 | 1,13 | 1,14 | 1,05 | 1,21 | 1,2 | |
| Ferro Total | $mg.L^{-1}$ | 0,3 | 11,9 | 8,1 | 15,0 | 18,5 | | 6,10 | 14,6 | 14,4 | 14,3 | 3,9 | 1,16 | 1,25 | 1,25 | 1,43 | 14,6 | |
| Magnésio Total | $mg.L^{-1}$ | - | 1,1 | 1,44 | 1,56 | 1,53 | | 1,53 | 1,4 | 1,44 | 1,04 | 0,97 | 1,62 | 1,35 | 1,16 | 1,41 | 0,75 | |
| Manganês Solúvel | $mg.L^{-1}$ | - | <0,05 | 0,31 | 0,21 | 1,14 | | 0,31 | 0,05 | <0,05 | 0,18 | <0,05 | 0,17 | <0,05 | <0,05 | 0,07 | <0,05 | |

*Não se trata de valor padrão, mas de recomendação de uma faixa de pH a ser mantida no sistema de distribuição de água para abastecimento.

Tabela 9.128 – Resultados das análises de águas subterrâneas da campanha de julho de 2021. Continuação.

| Parâmetros | Unidade | VMP | PS02 | PS 04 B | PS05B | PS06A | PS06B | PS07 | PS07B | PS08C | P9B | PS10A | PZ 20B | PZ21A | PZ87 | PZ154 | PZ150 B | PZ 153 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Manganês total | mg.L$^{-1}$ | 0,1 | 0,09 | 0,46 | 0,45 | 1,22 | | 0,83 | 0,12 | 0,11 | 0,26 | <0,05 | 0,18 | <0,05 | <0,05 | 0,07 | 0,75 | |
| Mercúrio Total | mg.L$^{-1}$ | 0,001 | <0,0002 | <0,0002 | <0,0002 | <0,0002 | | 0,0002 | 0,0002 | <0,0002 | <0,0002 | <0,0002 | <0,0002 | <0,0002 | <0,0002 | <0,0002 | <0,0002 | |
| Potássio Total | mg.L$^{-1}$ | - | 0,97 | 1,73 | 2,1 | 6,05 | | 1,06 | 1,6 | 0,57 | 1,42 | 0,33 | 1,03 | 0,22 | 0,15 | 3,06 | 1,08 | |
| Sódio Total | mg.L$^{-1}$ | 200 | 4,55 | 48,4 | 37,8 | 75,3 | | 12,9 | 6,7 | <2,0 | 14,1 | <2,00 | 4,37 | <2,0 | <2,00 | 4,04 | 6,14 | |
| Zinco Total | mg.L$^{-1}$ | 5 | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,26 | | 0,06 | 0,25 | 0,14 | 0,23 | 0,06 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | 0,25 | |
| Eh | mV | - | 20,2 | 57,8 | -77 | -32,1 | | 64,4 | 74,2 | 77 | -85,8 | 34,6 | 57,5 | 46,6 | 29,8 | 14,4 | 3,8 | |
| Turbidez | UNT | - | ND | ND | ND | ND | | ND | ND | ND | ND | ND | <0,70 | <0,70 | 3,86 | ND | ND | |
| Arsênio | mg.L$^{-1}$ | 0,01 | ND | ND | ND | ND | Seco | ND | ND | ND | ND | ND | 0,005 | 0,001 | 0,001 | ND | ND | Seco |
| Bário | mg.L$^{-1}$ | 0,7 | ND | ND | ND | ND | | ND | ND | ND | ND | ND | <0,30 | <0,30 | <0,30 | ND | ND | |
| Boro | mg.L$^{-1}$ | 0,5 | ND | ND | ND | ND | | ND | ND | ND | ND | ND | <0,50 | <0,50 | <0,50 | ND | ND | |
| Oxigênio dissolvido | mg.L$^{-1}$ | - | ND | ND | ND | ND | | ND | ND | ND | ND | ND | 2,3 | 4,2 | 5,7 | ND | ND | |
| Cor verdadeira | mg.L$^{-1}$ | - | ND | ND | ND | ND | | ND | ND | ND | ND | ND | 13,83 | 23,13 | <5,00 | ND | ND | |
| Sólidos dissolvidos | mg.L$^{-1}$ | 1000 | ND | ND | ND | ND | | ND | ND | ND | ND | ND | 107 | 42 | 47 | ND | ND | |
| Fósforo | mg.L$^{-1}$ | - | ND | ND | ND | ND | | ND | ND | ND | ND | ND | <0,010 | 0,062 | 0,179 | ND | ND | |

ND – Não determinado.

## 9.11.3 Nascentes

### 9.11.3.1 Introdução

O conhecimento da hidrografia é de extrema importância para que a implantação de um Projeto Minerário seja feita de forma sustentável e que ele consiga atingir os objetivos de mitigação ou nulidade dos impactos ambientais negativos aos sistemas de águas superficiais ou subterrâneas.

Além das águas superficiais, há também uma grande preocupação em se manter a qualidade e a quantidade das águas das nascentes e subterrâneas.

Uma nascente, também conhecida como olho d'água, mina d'água, fio d'água, cabeceira e fonte, nada mais é que o aparecimento, na superfície do terreno, de um lençol subterrâneo, dando origem a cursos d'água. As nascentes são fontes de água que surgem em determinados locais da superfície do solo e são facilmente encontradas no meio rural. Elas correspondem ao local onde se inicia um curso de água (rio, ribeirão, córrego), seja grande ou pequeno. As nascentes (ou mananciais) se formam quando o aquífero atinge a superfície e, consequentemente, a água armazenada no subsolo jorra (mina) na superfície do solo.

As nascentes podem ser perenes (de fluxo contínuo), temporárias (de fluxo apenas na estação chuvosa) e efêmeras (surgem durante a chuva, permanecendo por apenas alguns dias ou horas).

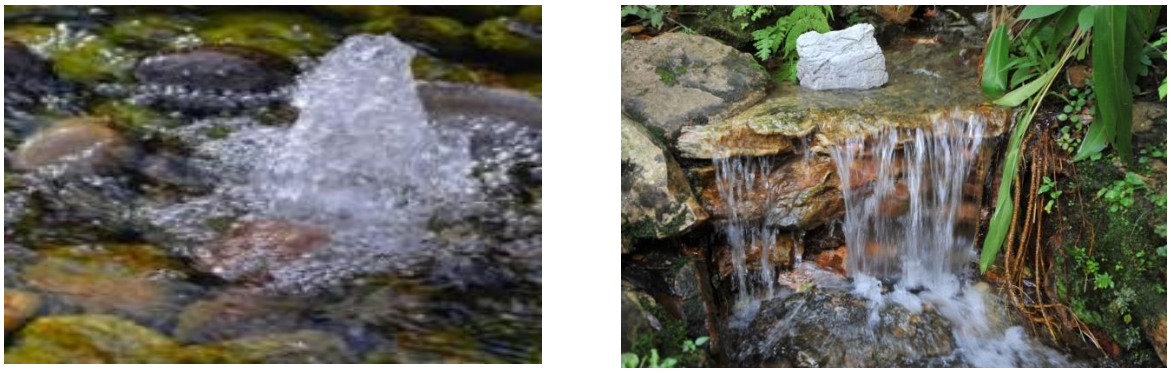


Figura 9-323 - Exemplo de nascente.[49]

A rede de drenagens, através do fluxo das águas, é capaz de conectar, e transportar materiais por longas distâncias. A conexão entre as estruturas do empreendimento e as drenagens consiste na possibilidade de carreamento de materiais advindos da atividade minerária para outras áreas externas ao empreendimento.

Visando a verificação da possibilidade destes impactos desta natureza, procurou-se identificar as nascentes das drenagens existentes no entorno do projeto, incluindo tanto a vertente E inserida na bacia do rio Guanhães, quanto a vertente W, inserida na bacia do rio do Peixe.

[49] Fonte: https://www.cpt.com.br/cursos-meioambiente/artigos/nascentes-importancia-processo-de-recuperacao-e-conservacao-da-agua.; https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-03/dia-mundial-da-agua-iniciativa-visa-proteger-mil-nascentes-no-pais-este-ano

Visando avaliar a qualidade atual das águas das nascentes identificadas na área do Projeto Serro, foi realizada uma campanha de coleta das águas destas nascentes em julho de 2021.

#### 9.11.3.1.1 *Levantamento das nascentes na AEL e AER do EIA*

No levantamento das nascentes para o projeto foram identificadas inicialmente 09 (nove) nas imediações do empreendimento, sendo que somente cinco apresentavam vazão. Destas nove nascentes, seis foram identificadas no EIA elaborado em 2014 pela ARCADIS e três em 2018 pela Geomil Serviços de Mineração.

As seis nascentes cadastradas em 2014 estão inseridas na área diretamente afetada (ADA) e foram inspecionadas em duas campanhas de campo, buscando caracterizá-las nos períodos de seca e de chuva. Todas são contribuintes do córrego Siqueira. Já as três identificadas no ano de 2018 estão inseridas na bacia do rio do Peixe e não sofrerão interferência do projeto em estudo.

O mapeamento e medição da vazão das nascentes localizadas no interior da ADA e fora do Projeto Serro tiveram como objetivo a compreensão de parte da dinâmica hidrológica do entorno do futuro empreendimento.

A caracterização das nascentes abrangeu três etapas principais:

- Levantamento, mapeamento e checagem prévia da hidrografia;
- Realização de pesquisa de campo em dois períodos de amostragem (seco e chuvoso) e;
- Medição de vazão das nascentes identificadas.

O inventário das nascentes realizado em março de 2020 procurou localizar as nascentes cadastradas pela GEOMIL Serviços de Mineração em 2018 para a amostragem visando às análises hidroquímicas convencionais e isótopos estáveis. A área coberta pelo levantamento ficou restrita à área do empreendimento, no entorno do pico da Serra do Condado. O levantamento foi realizado em um período de muita chuva em 2018, onde constatou-se a presença de várias outras nascentes que anteriormente não foram cadastradas.[50]

A seguir será apresentado um registro fotográfico das nascentes onde foram realizadas medições de vazão nas duas campanhas efetuadas em 2014 (janeiro e junho).[51]

[50] Fonte: Relatório de Hidrogeologia da região da Serra do Condado – Serro/MG. Agosto/2020 elaborado pelo Carmo & Delgado – Geólogos Consultores Ltda.
[51] Fonte: ARCADIS logos, 2014.

NA 1 – fevereiro/2014

NA 1 – junho/2014

NA 2 – fevereiro/2014

NA 2 – junho/2014

NA 3 – fevereiro/2014

NA 3 – junho/2014

NA 4 – junho/2014

NA 5 – fevereiro/2014

NA 5 – Junho/2014

NA 6 – fevereiro/2014

NA 6 – junho/2014

Figura 9-324 - Registro fotográfico das nascentes inspecionadas em 2014.

A medição de vazão das nascentes foi realizada da mesma forma que para os pontos de águas superficiais.

A tabela a seguir apresenta os valores de vazão medidos nas nascentes identificadas em 2014 em duas campanhas realizadas em fevereiro e junho deste mesmo ano. Verifica-se através dos resultados de vazão que as nascentes localizadas na área de estudo possuem uma vazão muito baixa, mesmo em época de chuva. Algumas afloram apenas em períodos de chuva intensa, sendo possível notar a formação de canal de drenagem e, em alguns casos, de ocorrência de umidade no solo.

Também é possível observar pelos resultados que houve variação das vazões registradas entre os períodos amostrados, notando-se uma diminuição dos valores na segunda campanha nas Nascentes 1 e 5, o que é reflexo do menor volume pluvial. Na segunda campanha houve também um aumento do número de nascentes com inexistência de água.

Tabela 9.129 – Nascentes cadastradas no entorno do empreendimento e suas respectivas vazões em 2014.

| Nascente | Vazão ($m^3.h^{-1}$) | |
|---|---|---|
| | 1ª Campanha | 2ª Campanha |
| Nascente 1 - NA1 | 0,57785 | 0,46193 |
| Nascente 2 - NA2 | Inexistência de vazão | Inexistência de vazão |
| Nascente 3 - NA3 | 0,0196 | 0,03364 |
| Nascente 4 - NA4 | 0,05583 | 0,27692 |
| Nascente 5 - NA5 | 0,30981 | 0,07404 |
| Nascente 6 - NA6 | 0,09034 | Inexistência de vazão |

Fonte: ARCADIS logos, 2014.

Como mencionado anteriormente, em 2018 foram cadastradas mais 3 (três nascentes), onde foram feitas as medições de suas vazões e estão listadas na tabela a seguir.

Tabela 9.130 – Nascentes cadastradas no entorno do empreendimento e suas respectivas vazões em 2018,

| Nascentes | Coordenadas UTM | | COTA (m) | Vazão ($m^3.h^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|
| | E (m) | N (m) | | 09/2018 |
| NA-1 | 670306 | 7947320 | 972 | 2,41 |
| NA-2 | 670473,50 | 7947378,52 | - | Seco |
| NA-3 | 670473 | 7948320 | 1078 | 4,23 |
| NA-4 | 671310 | 7948361 | 904 | 3,06 |
| NA-5 | 670718 | 7948726 | 1054 | Seco |
| NA-6 | 670411,50 | 7948430,52 | - | 4,23 |

| Nascentes | Coordenadas UTM | | COTA (m) | Vazão ($m^3.h^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|
| | E (m) | N (m) | | 09/2018 |
| NA-7 | 669448,23 | 7946863,04 | - | Seco |
| NA-8 | 670089 | 7947873 | - | 0,2 |
| NA-9 | 669146 | 7948067 | 830 | Seco |

**Obs.:** Cor azul: 2014 e cor verde: 2018.

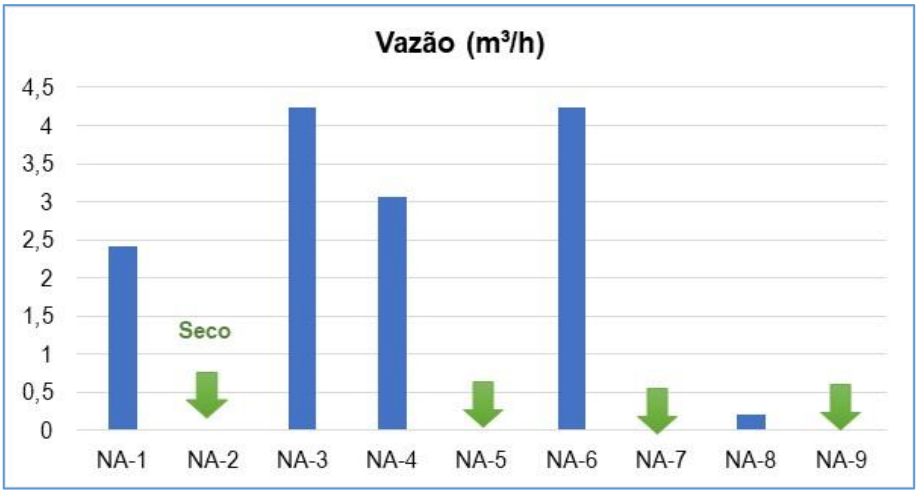



Figura 9-325 - Resultados de vazão em $m^3.h^{-1}$ das nascentes em 2018.

Através da tabela anterior verifica-se que as nascentes inseridas na área de estudo possuem vazão muito baixa, sendo que em 2018 as nascentes NA-2, NA-5, NA-7 e NA-9 encontravam-se secas. Observa-se que das nascentes em que havia vazão, o menor valor foi detectado na NA-8 (0,2 $m^3.h^{-1}$) e as maiores vazões ocorreram nas nascentes NA-3 e NA-6 - (4,23 $m^3.h^{-1}$).

Em março de 2020, foram identificadas novas nascentes, as quais podem ser observadas através da próxima tabela. Nesta tabela também constam as demais nascentes identificadas em 2014 e 2018 e vazões determinadas em agosto de 2020 e em julho de 2021. As vazões não informadas indicam regiões secas ou com pequena umidade, de baixo fluxo, com vazão insignificante. As nascentes NA-2, NA-6, NA-7 não foram avaliadas em 2020 e 2021. Estas já se encontravam secas em 2014 e 2018. Somente a nascente NA08 acusou vazão em todas as datas de coleta. Já a nascente NA25 esteve seca em todas as datas. A maior vazão foi verificada na nascente NA09 (Nascente do afluente do rio do Peixe) em 20/03/21 e a menor na nascente NA05 (nascente do afluente do córrego Siqueira) em 09/09/21.

As nascentes listadas na tabela abaixo são avaliadas quanto a qualidade de suas águas e sedimentos de fundo em itens específicos.

Tabela 9.131 – Nascentes cadastradas no entorno do empreendimento e suas respectivas vazões em 2020 e 2021.

| Nascentes | Coordenadas UTM | | Altitude (m) | Vazão ($m^3.h^{-1}$) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | E (m) | N (m) | | 25/08/20 | 20/03/21 | 09/06/21 | 20/07/21 | 09/09/21 | 02/12/21 |
| NA-1 | 670306 | 7947320 | 956,1 | - | - | - | 15,6 | 0,22 | 0,96 |
| NA-3 | 670473 | 7948320 | 1058,1 | - | - | - | 47,8 | 0,75 | 0,90 |
| NA-4 | 671310 | 7948361 | 909,3 | - | - | - | 1,4 | 0,05 | 0,05 |

| Nascentes | Coordenadas UTM | | Altitude (m) | Vazão ($m^3.h^{-1}$) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | E (m) | N (m) | | 25/08/20 | 20/03/21 | 09/06/21 | 20/07/21 | 09/09/21 | 02/12/21 |
| NA-5 | 670718 | 7948726 | 1050,5 | - | - | - | 0,7 | 0,02 | 0,25 |
| NA-8 | 670089 | 7947873 | 1012,0 | 17,1 | 19,4 | 14,0 | 13,5 | 0,58 | 0,64 |
| NA-9 | 669146 | 7948067 | 807,8 | 51,9 | 114,6 | 0,6 | Seco | Seco | Seco |
| NA-10 | 669201 | 7947996 | 792,3 | - | - | - | 1,02 | 0,95 | 1,44 |
| NA-22 | 670570 | 7948910 | 1096,1 | 2,5 | 5,3 | 1,6 | 2,7 | 0,05 | 0,10 |
| NA-23 | 670657 | 7948702 | 1064,9 | 1,9 | 10,3 | 3,1 | Seco | Seco | 0,09 |
| NA-25 | 670426 | 7948403 | 1089,6 | - | - | - | Seco | Seco | Seco |
| NA-27 | 670095 | 7947293 | 1018,3 | - | - | - | Seco | Seco | 0,30 |

**Obs.:** Cor azul: 2014; cor verde: 2018; cor amarela: 2020.

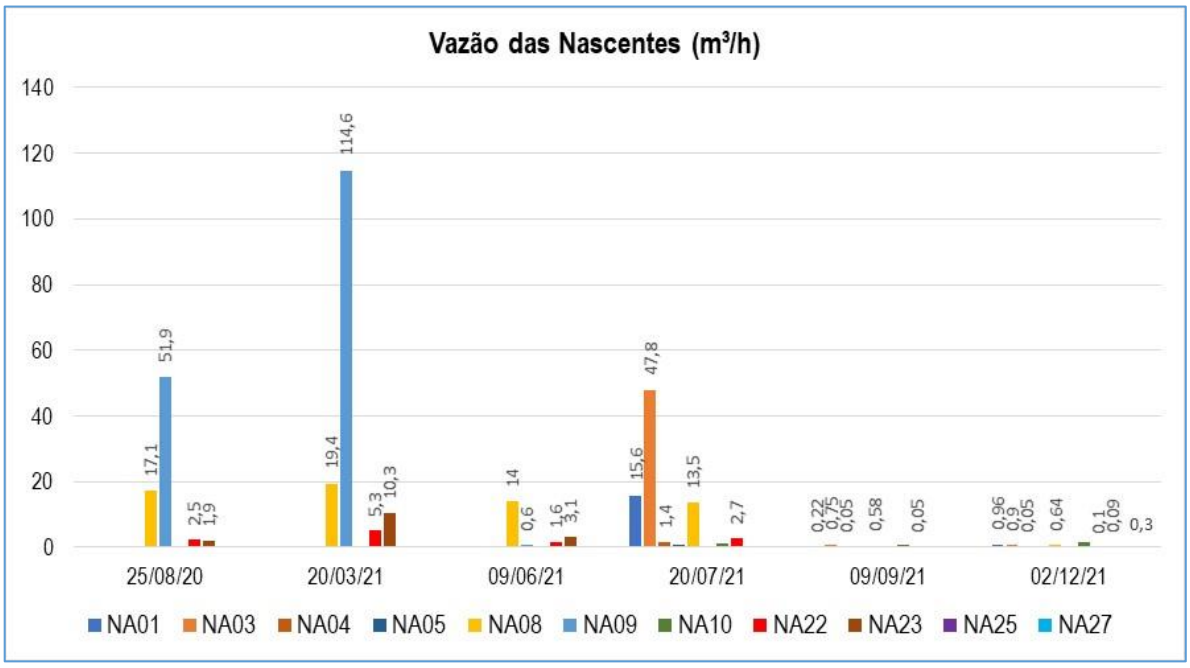



Figura 9-326 - Resultados de vazão em $m^3.h^{-1}$ das nascentes no período de 2020 a 2021 das nascentes cadastradas.

De acordo com o gráfico acima, observa-se que o maior valor de vazão ocorreu na nascente NA09

Após a avaliação da posição das nascentes identificadas acima em relação as estruturas projetadas para o empreendimento, ressalta-se que foi verificado que nenhuma estrutura do Projeto Serro interferirá nas nascentes e no nível freático e as interferências nos cursos d'água serão mínimos (travessias rodoviárias). Ressalta-se também que não haverá rebaixamento do lençol freático.

A figura a seguir ilustra a localização das nascentes identificadas no entorno do empreendimento e as duas sub-bacias em que estão inseridas, ou seja, sub-bacia do rio do Peixe e sub-bacia do rio Guanhães. Observa-se que as nascentes localizadas na sub-bacia do rio do Peixe (NA-7; NA-8; NA-9 e NA-10) não sofrerão interferência do Projeto Serro.

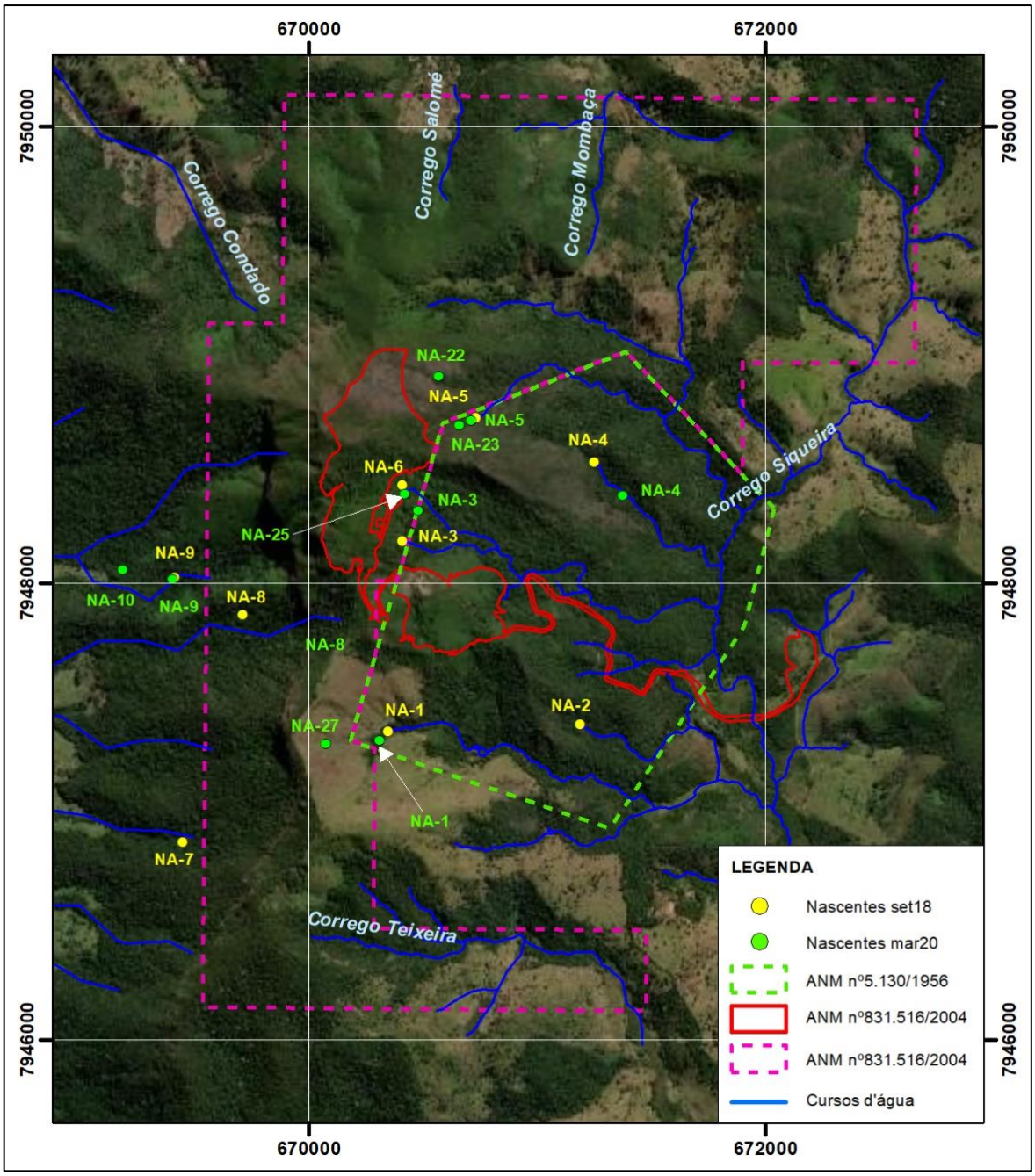



Figura 9-327 - Imagem satélite contendo as nascentes cadastradas na AER do EIA em setembro de 2018 e março de 2020.

### 9.11.3.2 Avaliação da Qualidade das Águas das Nascentes

Neste item será avaliada a qualidade das águas das nascentes na área diretamente afetada (ADA) e demais áreas de estudos definidas para elaboração do presente EIA.

O objetivo de se avaliar a qualidade das águas das nascentes na área de estudo do EIA é de levantar um histórico (*background*) das atuais características das águas, ou seja, antes de novas intervenções na área e possibilitar futuras análises comparativas, além de servirem como referência para o

monitoramento dos eventuais impactos ambientais identificados no presente estudo, sejam presentes ou futuros. Também servirá para subsidiar a tomada de decisões, visando à implementação de ações preventivas e/ou corretivas, objetivando a melhoria da qualidade ambiental.

O monitoramento da qualidade das águas também tem como objetivo verificar a eficiência dos sistemas de controle adotados pela empresa quando esta iniciar suas atividades, permitindo assim a tomada de ações preventivas e corretivas adequadas às diferentes situações percebidas. Desta forma, é possível estudar as tendências ao longo do tempo, ou seja, verificar as condições presentes, projetando situações futuras, de forma a evitar ou minimizar consequências indesejadas.

Pensando desta forma, com o objetivo de se garantir tanto a qualidade como a quantidade das águas das nascentes na área diretamente afetada pelo futuro empreendimento, foi realizada uma campanha de amostragem de água na data 20/07/21, para verificar as características atuais das mesmas inseridas nas áreas diretamente e indiretamente afetadas pelo futuro empreendimento, como também foram efetuadas medições de vazão. A campanha foi realizada em 11 (onze) nascentes. As nascentes NA-08, NA-09 e NA-10 estão inseridas na sub-bacia do rio do Peixe e as demais na sub-bacia do rio Guanhães.

Cabe ressaltar que na data 20/07/21 as nascentes NA-2, NA-6, NA-7, NA-23, NA-25 e NA-27 encontravam-se secas, o que impossibilitou a coleta de água nestes pontos, pois se tratam de nascentes intermitentes.

Os pontos de coleta estão distribuídos na área do município de Serro, onde o empreendimento objeto deste estudo será implantado, e servirão de comparativo com resultados de análises a serem efetuadas durante a operação do empreendimento, permitindo assim, avaliar possíveis impactos sobre a qualidade das águas e a tomada de medidas corretivas caso seja necessário.

Além da avaliação da qualidade das águas das nascentes, também foi avaliada a qualidade dos sedimentos das mesmas nascentes, a qual será abordada.

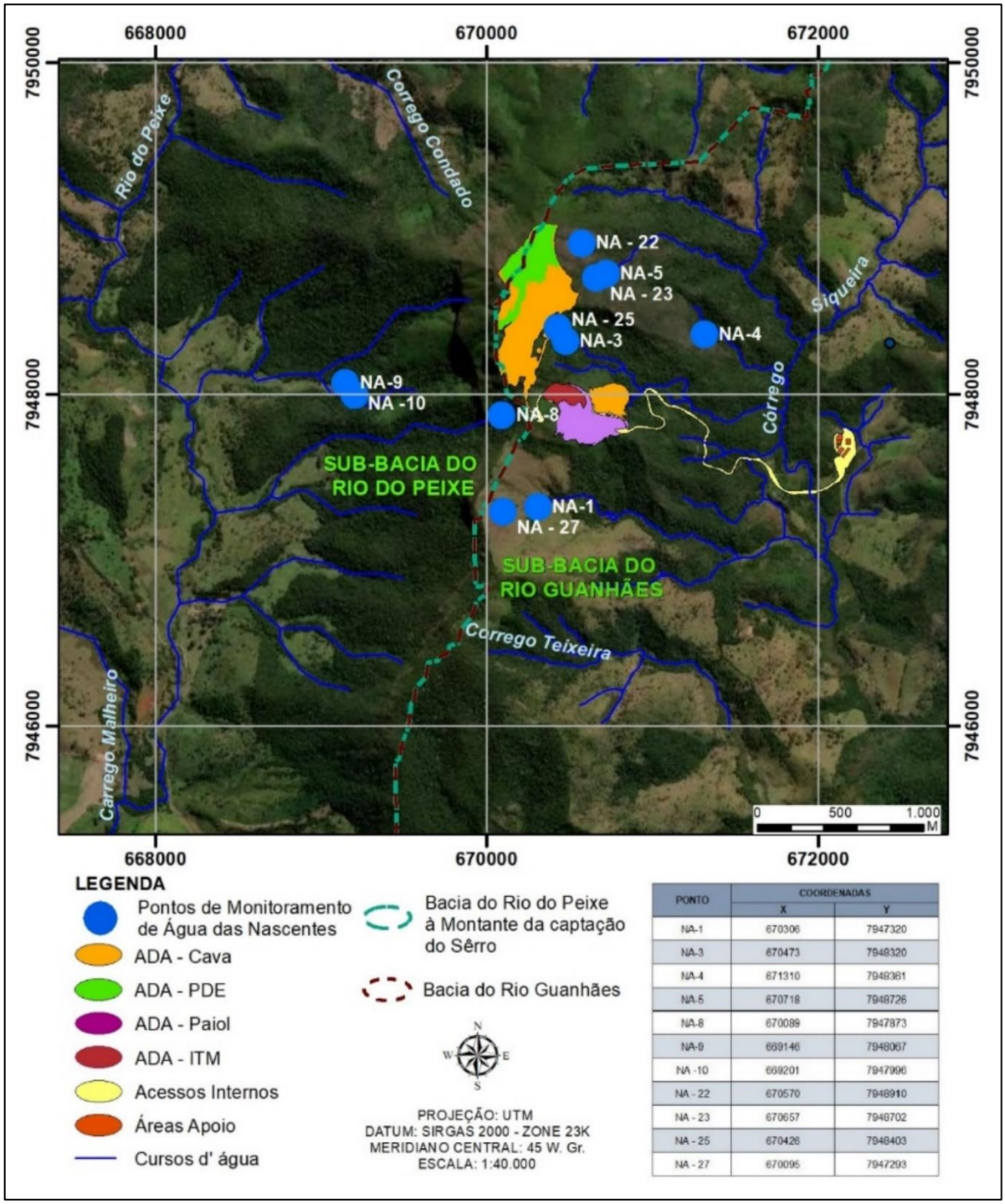
Os pontos de coleta para avaliação da qualidade das águas e de sedimentos a serem discutidos no presente estudo estão listados a seguir.

Tabela 9.132 - Pontos de coleta de águas de nascentes (UTM - SIRGAS 2000).

| Ponto de Coleta | Descrição do Ponto | UTM-E | UTM-N |
|---|---|---|---|
| NA-1 | Nascente do afluente do córrego Siqueira. | 670306 | 7947320 |
| NA-3 | Nascente do afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava maior. | 670473 | 7948320 |
| NA-4 | Nascente do afluente do córrego Siqueira, a jusante da pilha de estéril Franco e cava maior. | 671310 | 7948361 |
| NA-5 | Nascente do afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava maior e da pilha de estéril Franco. | 670718 | 7948726 |
| NA-8 | Nascente do afluente do rio do Peixe | 670089 | 7947873 |
| NA-9 | Nascente do afluente do rio do Peixe | 669146 | 7948067 |
| NA-10 | Nascente do afluente rio do Peixe | 669201 | 7947996 |
| NA-22 | Nascente do afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava maior e da pilha de estéril Franco. | 670570 | 7948910 |
| NA-23 | Nascente do afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava maior e da pilha de estéril Franco. | 670657 | 7948702 |

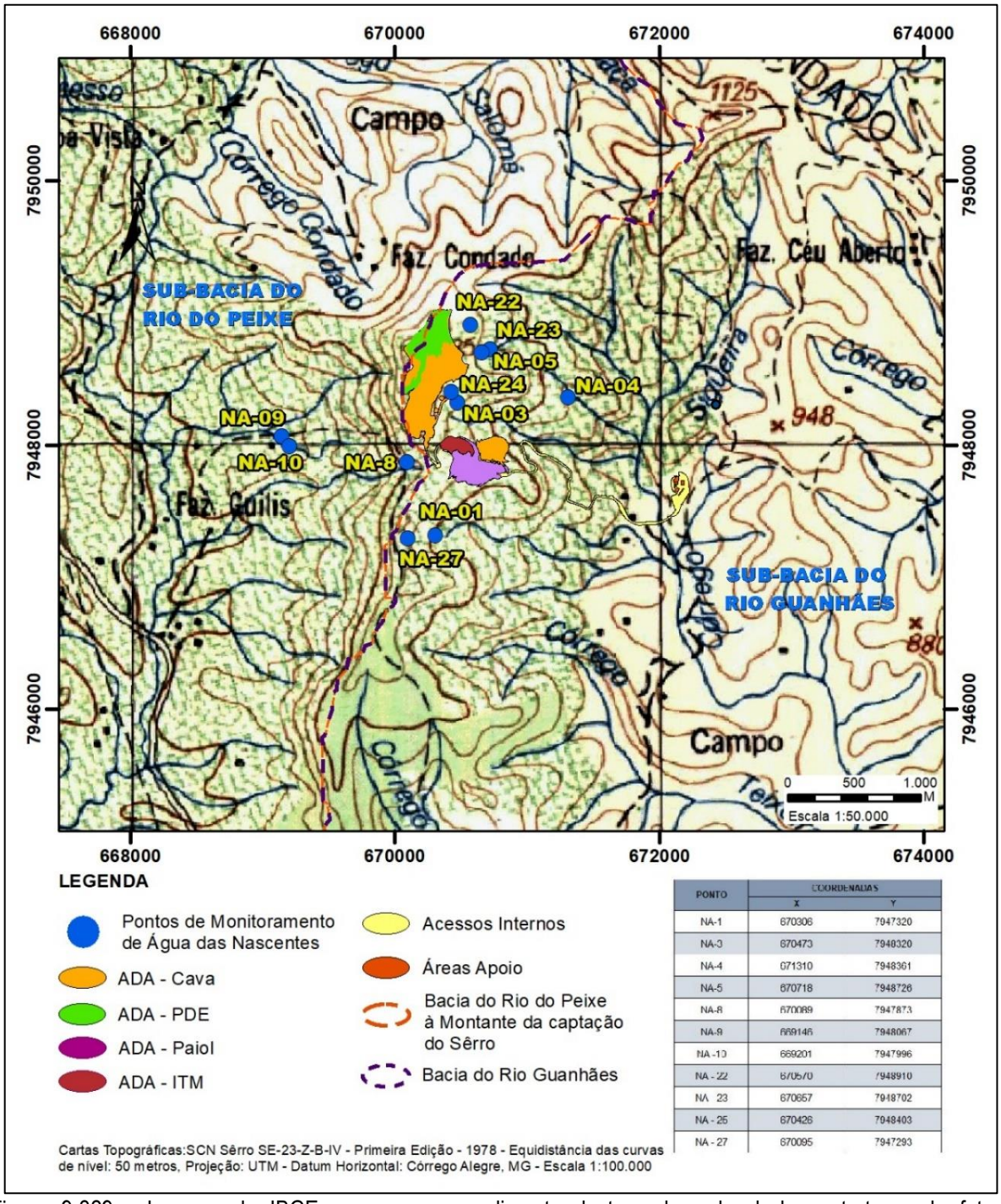
| | | | |
|---|---|---|---|
| NA-25 | Nascente do afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava maior. | 670426 | 7948403 |
| NA-27 | Nascente do afluente do córrego Siqueira. | 670095 | 7947293 |

As figuras a seguir ilustram uma imagem de satélite e uma imagem do IBGE exibindo a área do futuro empreendimento, destacando-se os pontos de água de nascentes a serem avaliados no presente estudo.




| PONTO | COORDENADAS | |
|---|---|---|
| | X | Y |
| NA-1 | 670306 | 7947320 |
| NA-3 | 670473 | 7948320 |
| NA-4 | 671310 | 7948381 |
| NA-5 | 670718 | 7948726 |
| NA-8 | 670089 | 7947873 |
| NA-9 | 669146 | 7948067 |
| NA -10 | 669201 | 7947996 |
| NA - 22 | 670570 | 7948910 |
| NA - 23 | 670657 | 7948702 |
| NA - 25 | 670426 | 7948403 |
| NA - 27 | 670095 | 7947293 |

Figura 9-328 - Imagem satélite do empreendimento destacando o local das estruturas do futuro empreendimento e localização dos pontos de coleta de águas de nascentes.




| PONTO | COORDENADAS | |
|---|---|---|
| | X | Y |
| NA-1 | 670306 | 7947320 |
| NA-3 | 670473 | 7948320 |
| NA-4 | 671310 | 7948361 |
| NA-5 | 670718 | 7948726 |
| NA-8 | 670089 | 7947873 |
| NA-9 | 669146 | 7948067 |
| NA-10 | 669201 | 7947996 |
| NA-22 | 670570 | 7948910 |
| NA-23 | 670657 | 7948702 |
| NA-25 | 670426 | 7948403 |
| NA-27 | 670095 | 7947293 |

Figura 9-329 - Imagem do IBGE com o empreendimento destacando o local das estruturas do futuro empreendimento e localização dos pontos de coleta de águas de nascentes.

Para avaliar a qualidade das águas das nascentes na área do futuro empreendimento foi analisada uma série de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, os quais estão descritos a seguir.

- **Parâmetros físicos:** turbidez, sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis, sólidos totais, cor verdadeira e temperatura da água;

- ⇨ **Parâmetros químicos:** pH, condutividade elétrica, ferro solúvel, ferro total, manganês solúvel, manganês total, nitrogênio total, fósforo total, oxigênio dissolvido, DBO; Eh, nitratos, nitritos, sulfatos, óleos e graxas, surfactantes aniônicos, alumínio solúvel, cádmio total, chumbo total, cobre solúvel, cromo total, mercúrio total, zinco total; e
- ⇨ **Microbiológicos:** coliformes totais, *Escherichia coli* e *Enterococcus faecalis e faecium.*

Os resultados obtidos neste estudo servirão para compor um histórico da qualidade das águas antes do início das atividades do futuro empreendimento.

### 9.11.3.3 Metodologias de Coleta e de Análise

Conforme o Art. 36 (Capítulo VI – Disposições finais e transitórias) da DN Conjunta COPAM/CERH-MG n.º 001, de 05 de maio de 2008, os métodos de coleta e de análises de águas são os especificados em normas técnicas cientificamente reconhecidas.

#### 9.11.3.3.1 *Metodologia de Coleta*

A metodologia de coleta das amostras de nascentes foi a mesma utilizada para as amostras de águas superficiais.

#### 9.11.3.3.2 *Metodologia de Análise Química*

A metodologia de análise utilizada para as amostras de águas superficiais e de efluentes líquidos foi realizada segundo o *STANDARD METHODS for the Examination of Waterand Wastewater, 23th Edition*.

As análises físico-químicas e microbiológicas foram executadas no laboratório Visão Ambiental, o qual encontra-se homologado pela Rede Metrológica e reconhecido pela ISO/IEC 17025:2017.

#### 9.11.3.3.3 *Metodologia de Medição de Vazão*

Para a medição de vazão foram realizadas medições nas modalidades a vau utilizando molinete Gurley-Price, conforme normas usuais preconizadas por entidades responsáveis pela gestão de recursos hídricos.[52]

Nas medições com molinetes utilizaram-se verticais com espaçamentos específicos ao longo da seção transversal do leito do manancial de medida com frequência de um ponto de medidas de velocidade por vertical. A frequência depende da profundidade da vertical.

O método de cálculo consistiu em multiplicar a área do segmento entre duas profundidades por uma velocidade média ponderada.

[52] Fonte: HYDROLOGIC DATA COLLECTION Engenharia Ltda., 2019

Durante o período de duração das medições com molinete procurou-se realizá-las com manutenção do nível d'água sem variações bruscas.

As medições de vazão foram realizadas pela empresa contratada HDC Engenharia - HYDROLOGIC DATA COLLECTION Engenharia Ltda. A metodologia descrita acima foi extraída do relatório de janeiro de 2019 intitulado de Campanha de medições de descarga líquida nos pontos de monitoramento – Rio do Peixe Serro / MG.

#### 9.11.3.3.4 *Enquadramento dos Cursos D'água e Limites Máximos Permitidos*

O enquadramento dos cursos hídricos avaliados no presente estudo já foi contemplado no item 9.9.4.

O empreendimento da Mineração Conemp Ltda. localizado no município de Serro – MG, tem seus limites das poligonais drenados pelas cabeceiras do córrego Siqueira (processos ANM nºs 005.130/1956 e 831.516/2004), e cabeceiras do córrego Teixeira (processo ANM n.º 831.516/2004), todos integrantes da bacia do rio Guanhães que é um dos principais afluentes da margem esquerda do rio Santo Antônio, que por sua vez é afluente da margem esquerda do rio Doce. Todas as nascentes destas drenagens encontram-se em cotas localizadas nas baixas vertentes da serra, não sofrendo interferência das atividades relacionadas ao empreendimento.

Ressalta-se novamente que as áreas onde serão inseridas as estruturas do empreendimento (áreas operacionais e de apoio) estão inseridas em terrenos que compreendem a bacia de afluentes do rio Guanhães, e consequentemente estão inseridas na bacia deste rio.

Embora a proximidade com os terrenos pertencentes à bacia do rio do Peixe, a escarpa serrana onde se encontram as estruturas, possui declividade totalmente voltada para o interior da bacia do rio Guanhães. O pit de lavra operacional que possui maior proximidade com a bacia do rio do Peixe, possui perfil em cava. Dessa forma toda a drenagem pluvial fica contida em seu interior, sendo direcionada para os níveis inferiores, os quais estão localizados, exclusivamente, dentro da bacia do rio Guanhães.

Assim, todas as influências relacionadas ao regime e meio hídrico superficial serão totalmente relacionadas à bacia do rio Guanhães, estando a bacia do rio do Peixe livre destas influências e mantendo seu regime hídrico superficial sem alterações.

Em relação ao enquadramento das águas da bacia do rio Santo Antônio, essa ainda não foi enquadrada, portanto, teve os seus cursos d'água enquadrados conforme o Art. 37 da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n.º 001, de 14 de abril de 2008, descrito a seguir:

> *"Art. 37. Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos as águas doces serão consideradas **classe 2**, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente".*

A Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005, 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.

A bacia do rio Santo Antônio por não ter recebido enquadramento, teve os seus cursos d'água enquadrados conforme o Art. 42° da resolução citada acima.

"Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente".

Em síntese, tem-se o seguinte enquadramento para os córregos inseridos nas áreas diretamente e indiretamente afetadas pelo futuro empreendimento:

Córrego Siqueira: Classe 2;

Ribeirão Lucas: Classe 2;

Córrego da Prata: Classe 2;

Rio Guanhães: Classe 2;

Rio do Peixe: Classe 2;

Afluente do rio do Peixe: Classe 2.

As águas enquadradas como classe 2, conforme o Art. 5º da Seção I – das águas doces da DN CONJUNTA COPAM/CERH n.º 001/2008, são águas destinadas a:

*"1) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;*

*2) à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e;*

*3) à recreação de contato primário (natação, esqui-aquático e mergulho)."*

No caso das nascentes, que são águas subterrâneas que afloram na superfície, os limites a serem considerados neste caso serão os de águas superficiais e de potabilidade.

Para a discussão dos resultados das amostragens realizadas nas nascentes, serão tomados como referência os limites estabelecidos pela legislação ambiental do Estado de Minas Gerais correspondentes ao seu enquadramento, conforme a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH - MG n.º 001, de 05 de maio de 2008 e os valores estabelecidos pela Portaria de Consolidação Nº5, de 3 de outubro de 2017 do Ministério da Saúde para potabilidade.

Na tabela a seguir constam os limites máximos permitidos para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados segundo a DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 e de acordo com o enquadramento dos cursos d'água.

Tabela 9.133 - Limites máximos permitidos segundo a DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados para as águas superficiais Classe 2 e valores máximos permitidos pela Portaria de Consolidação Nº5/2017 para Potabilidade.

| Parâmetros | Unidades | Máximo Permitido - LMP (Classe 2) | Portaria Nº5/2017 |
|---|---|---|---|
| pH | - | 6,0 a 9,0 | 6 – 9,5 |
| Cor verdadeira / Aparente* | $mgP.L^{-1}$ | 75 | *15 |
| Turbidez | UNT | 100 | 5 |
| Condutividade elétrica a 25º C | $\mu S.cm^{-1}$ | NA | NA |
| Oxigênio Dissolvido | $mg.L^{-1}$ $O_2$ | ≥ 5,0 | NA |
| $DBO_{(5)}$ | $mg.L^{-1}$ $O_2$ | 5 | NA |
| Sólidos sedimentáveis | $mL.L^{-1}$ | NA | NA |

| Parâmetros | Unidades | Máximo Permitido - LMP (Classe 2) | Portaria Nº5/2017 |
|---|---|---|---|
| Sólidos em suspensão | $mg.L^{-1}$ | 100 | NA |
| Sólidos dissolvidos totais | $mg.L^{-1}$ | 500 | 1000 |
| Sólidos totais | $mg.L^{-1}$ | NA | NA |
| Óleos e graxas | $mg.L^{-1}$ | Virtualmente ausentes | NA |
| Surfactantes aniônicos | $mg.L^{-1}$ | 0,5 | 0,5 |
| Ferro solúvel | $mg.L^{-1}$ | 0,3 | NA |
| Ferro total | $mg.L^{-1}$ | NA | 0,3 |
| Alumínio solúvel | $mg.L^{-1}$ | 0,1 | NA |
| Cádmio total | $mg.L^{-1}$ | 0,010 | 0,005 |
| Chumbo total | $mg.L^{-1}$ | 0,010 | 0,01 |
| Cobre solúvel | $mg.L^{-1}$ | 0,009 | NA |
| Cromo total | $mg.L^{-1}$ | 0,05 | 0,05 |
| Fósforo total | $mg.L^{-1}$ | 0,1 (Lótico) | 0,01 a 0,05 |
| Manganês solúvel | $mg.L^{-1}$ | NA | NA |
| Manganês total | $mg.L^{-1}$ | 0,1 | 0,1 |
| Mercúrio Total | $mg.L^{-1}$ | 0,0002 | 0,001 |
| Zinco total | $mg.L^{-1}$ | 0,18 | 5 |
| Nitrogênio total | $mg.L^{-1}$ | NA | NA |
| Nitrito | $mg.L^{-1}$ | 1 | 1 |
| Nitrato | $mg.L^{-1}$ | 10 | 10 |
| Sulfatos | $mg.L^{-1}$ | 250 | 250 |
| Temperatura da água | °C | NA | NA |
| Coliformes totais | NMP.100 $mL^{-1}$ | NA | NA |
| *Escherichia coli* | NMP.100 $mL^{-1}$ | 1.000 | Ausência |
| *Enterococcus faecium faecalis* | NMP.100 $mL^{-1}$ | NA | NA |

**Obs.:** NA – Não se aplica. Não foram estabelecidos limites máximos permitidos para estes parâmetros.

#### 9.11.3.3.5 *Contextualização dos Pontos de Amostragem*

A qualidade das águas de cada ponto de amostragem foi avaliada na estação seca, com o objetivo de verificar a disponibilidade dos parâmetros analisados, uma vez que estes sofrem alteração em condições mais secas e mais úmidas.

No caso da estação seca, como o volume de água é menor, parâmetros como os nutrientes fósforo e nitrogênio, DBO, metais, podem apresentar teores mais elevados, como também podem diminuir os valores de sólidos e turbidez.

No campo foram mensurados os parâmetros temperatura do ar, temperatura da água e pH. Para a medição de pH e da temperatura foi utilizado o pHmetro DM – 2P da marca Digimed.

A metodologia de coleta das águas das nascentes foi a mesma utilizada para as águas superficiais.

#### 9.11.3.3.6 *Contextualização e características visuais das águas das Nascentes*

A seguir serão contextualizados os 11 (onze) pontos de monitoramento.

Ressalta-se que na data 20/07/21 as nascentes NA-2, NA-6, NA-7, NA-23, NA-25 e NA-27 encontravam-se secas, o que impossibilitou a coleta de água nestes pontos, pois se tratam de nascentes intermitentes.

### 9.11.3.3.6.1 Nascente NA01 – Nascente do afluente do Córrego Siqueira.

A nascente NA01 está localizada em um afluente do córrego Siqueira, cuja coordenada UTM é: 667654 (Leste) / 7948657 (Norte). Trata-se de um contribuinte do córrego Siqueira.

Esta nascente apresentou pouco volume de água mesmo em estação chuvosa. As vazões medidas nas datas 20/07/21, 09/09/21 e 02/12/21 oscilaram de 0,22 a 15,6 $m^3.h^{-1}$.

**Características visuais da água**

Em termos de qualidade visual da água na nascente NA01 na data 20/07/21, é possível verificar através da figura abaixo que a água apresentava boa aparência, sem cor aparente, sem turbidez e com transparência. Nas duas margens da nascente há presença de vegetação e também solo desprovido de cobertura vegetal. Também é possível observar a presença de folhas em decomposição dentro da água, pedaços de pequenos troncos.

Figura 9-330 - Qualidade visual da água e do entorno da nascente NA01 em 20/07/21.

As figuras a seguir apresentam uma sequência de fotos da coleta de água da nascente NA01 em 20/07/21.

Coleta de água

Coleta de sedimento

Figura 9-331 - Coleta de água e sedimento na nascente NA01 em 20/07/21.

### 9.11.3.3.6.2 Nascente NA03 – Nascente do afluente do Córrego Siqueira, a Jusante da Cava Maior.

A nascente NA03 está localizada em um afluente do córrego Siqueira, cuja coordenada UTM é: 670473 (Leste) / 7948320 (Norte). Trata-se de um contribuinte do córrego Siqueira, que está localizada a jusante da futura cava maior.

Esta nascente apresentou pouco volume de água mesmo em estação chuvosa. As vazões medidas nas datas 20/07/21, 09/09/21 e 02/12/21 oscilaram de 0,75 a 47,8 $m^3.h^{-1}$. O maior valor foi detectado na data 20/07/21 e o menor em 09/09/21.

**Características visuais da água**

Em termos de qualidade visual da água na nascente NA03 na data 20/07/21, é possível verificar através das figuras abaixo que a água apresentava boa aparência, sem cor aparente, sem turbidez e com transparência. Nas duas margens da nascente há presença de vegetação. A área encontra-se mais preservada. Também é possível observar a presença de folhas em decomposição dentro da água, pedaços de pequenos troncos.

Figura 9-332 - Qualidade visual da água e do entorno da nascente NA03 em 20/07/21.

As figuras a seguir apresentam uma sequência de fotos da coleta de água da nascente NA03 em 20/07/21.

Medição de vazão

Medição de vazão

Coleta de água

Coleta de água

Figura 9-333 - Coleta de água e medição de vazão da nascente NA03 em 20/07/21.

### 9.11.3.3.6.3 Nascente NA04 – Nascente do afluente do córrego Siqueira, a jusante da pilha de estéril Franco e cava maior.

A nascente NA04 está localizada em um afluente do córrego Siqueira, cuja coordenada UTM é: 671310 (Leste) / 7948361 (Norte). Trata-se de um contribuinte do córrego Siqueira, que está localizada a jusante da futura cava maior.

Esta nascente apresentou pouco volume de água mesmo em estação chuvosa. As vazões medidas nas datas 20/07/21, 09/09/21 e 02/12/21 oscilaram de 0,05 a 1,4 $m^3.h^{-1}$. O maior valor foi detectado na data 20/07/21 e o menor nas datas 09/09/21 e 02/12/21.

## Características visuais da água

Em termos de qualidade visual da água na nascente NA04 na data 20/07/21, é possível verificar através das figuras abaixo que a água apresentava boa aparência, sem cor aparente, sem turbidez e com transparência. Nas duas margens da nascente há presença de vegetação. A área encontra-se mais preservada. Também é possível observar a presença de folhas em decomposição dentro da água, pedaços de pequenos troncos.

Medição de vazão

Coleta de sedimento

Figura 9-334 - Qualidade visual da água e do entorno da nascente NA04 em 20/07/21.

As figuras a seguir apresentam uma sequência de fotos da coleta de água da nascente NA04 em 20/07/21.

Montante do ponto de coleta

Vista da vegetação do entorno

Coleta de sedimento

Coleta de sedimento

Medição de vazão

Coleta de água

Figura 9-335 - Coleta de água e de sedimento na nascente NA04.

#### 9.11.3.3.6.4 Nascente NA05 – Nascente do afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava maior e da pilha de estéril Franco.

A nascente NA05 está localizada em um afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava maior e da pilha de estéril Franco cuja coordenada UTM é: 670718 (Leste) / 7948726 (Norte). Trata-se de um contribuinte do córrego Siqueira, que está localizada a jusante da futura cava maior.

Esta nascente apresentou pouco volume de água mesmo em estação chuvosa. As vazões medidas nas datas 20/07/21, 09/09/21 e 02/12/21 oscilaram de 0,02 a 0,7 $m^3.h^{-1}$. O maior valor foi detectado na data 20/07/21 e o menor na data 09/09/21.

##### Características visuais da água

Em termos de qualidade visual da água na nascente NA05 na data 20/07/21, é possível verificar através das figuras abaixo que a água apresentava boa aparência, sem cor aparente, sem turbidez e com transparência. Nas duas margens da nascente há presença de vegetação. A área encontra-se mais preservada. Também é possível observar a presença de folhas em decomposição dentro da água, pedaços de pequenos troncos.

Figura 9-336 - Qualidade visual da água e do entorno da nascente NA05 em 20/07/21.

A figura a seguir apresentam uma sequência de fotos da coleta de água e de sedimentos da nascente NA05 em 20/07/21.

Local de coleta

Local de coleta

Coleta de água

Medição de vazão

Coleta de sedimento

Figura 9-337 - Coleta de água e de sedimento na nascente NA05.

#### 9.11.3.3.6.5 Nascente NA08 - Nascente do afluente do rio do Peixe.

A nascente NA08 está localizada em um afluente do rio do Peixe cuja coordenada UTM é: 660089 (Leste) / 79447873 (Norte). Ressalta-se novamente que a sub-bacia do rio do Peixe não sofrerá interferência direta do projeto Serro.

Embora a proximidade com os terrenos pertencentes à bacia do rio do Peixe, a escarpa serrana onde se encontram as estruturas, possui declividade totalmente voltada para o interior da bacia do rio Guanhães. O pit de lavra operacional que possui maior proximidade com a bacia do rio do Peixe, possui perfil em cava. Dessa forma toda a drenagem pluvial fica contida em seu interior, sendo direcionada para os níveis inferiores, os quais estão localizados, exclusivamente, dentro da bacia do rio Guanhães.

Esta nascente foi a única a apresentar vazão em todas as datas de coleta. As vazões medidas nas datas 20/07/21, 09/09/21 e 02/12/21 oscilaram de 0,58 a 19,4 $m^3.h^{-1}$. O maior valor foi detectado na data 20/03/21 e o menor na data 09/09/21.

**Características visuais da água**

Em termos de qualidade visual da água na nascente NA08 na data 20/07/21, é possível verificar através da figura abaixo que a água apresentava boa aparência, sem cor aparente, sem turbidez e com transparência. Nas duas margens da nascente há presença de vegetação. A área encontra-se preservada. Também é possível observar a presença de folhas em decomposição dentro da água, pedaços de pequenos troncos.

Figura 9-338 - Detalhe visual da qualidade da água em 20/07/21

A figura a seguir apresenta uma sequência de fotos da coleta de água e de sedimentos da nascente NA05 em 20/07/21.

Local da nascente NA08.

Vista do entorno da nascente NA08.

Coleta de sedimento.

Coleta de água para hidrobiológico.

Medição de vazão.

Figura 9-339 - Coleta de água e de sedimento na nascente NA08 em 20/07/21.

### 9.11.3.3.6.6 Nascente NA09 - Nascente do afluente do rio do Peixe.

A nascente NA09 está localizada em um afluente do rio do Peixe cuja coordenada UTM é: 669146 (Leste) / 7948067(Norte). Ressalta-se novamente que a sub-bacia do rio do Peixe não sofrerá interferência do projeto Serro.

Embora a proximidade com os terrenos pertencentes à bacia do rio do Peixe, a escarpa serrana onde se encontram as estruturas, possui declividade totalmente voltada para o interior da bacia do rio Guanhães. O pit de lavra operacional que possui maior proximidade com a bacia do rio do Peixe, possui perfil em cava. Dessa forma toda a drenagem pluvial fica contida em seu interior, sendo direcionada para os níveis inferiores, os quais estão localizados, exclusivamente, dentro da bacia do rio Guanhães.

Esta nascente apresentou vazão somente nas datas 25/08/20, 20/03/21 e 09/06/21. As vazões medidas nestas datas oscilaram de valores reduzidos (0,6 $m^3.h^{-1}$) a mais elevados (114,6 $m^3.h^{-1}$). O maior valor foi detectado na data 20/03/21 e o menor na data 09/06/21.

**Características visuais da água**

Em termos de qualidade visual da água na nascente NA09 na data 20/07/21, não foi possível fazer uma avaliação da água, uma vez que o local encontrava-se sem vazão. Nas duas margens da nascente há presença de vegetação. A área encontra-se preservada.

Figura 9-340 - Local de coleta da nascente NA09 em 20/07/21.

Por falta de vazão na data 20/07/21, não foi possível a realização da coleta de água, mas somente de sedimento.

A figura a seguir apresenta uma sequência de fotos da coleta de sedimentos da nascente NA09 em 20/07/21.

Coleta de sedimento.

Figura 9-341 - Coleta de sedimento na nascente NA09 em 20/07/21.

### 9.11.3.3.6.7 Nascente NA10 - Nascente do afluente do rio do Peixe.

A nascente NA10 está localizada em um afluente do rio do Peixe cuja coordenada UTM é: 669201 (Leste) / 7947996 (Norte). Ressalta-se novamente que a sub-bacia do rio do Peixe não sofrerá interferência do projeto Serro.

Esta nascente apresentou vazão somente nas datas 20/07/21, 09/09/21 e 02/12/21. As vazões medidas nestas datas foram reduzidas e oscilaram 0,95 $m^3.h^{-1}$ (09/09/21) a 1,44 $m^3.h^{-1}$ em 02/12/21.

**Características visuais da água**

Em termos de qualidade visual da água na nascente NA10 na data 20/07/21, é possível verificar através da figura abaixo que a água apresentava boa aparência, sem cor aparente, sem turbidez e com transparência. Nas duas margens da nascente há presença de vegetação. A área encontra-se

preservada. Também é possível observar a presença de folhas em decomposição dentro da água, pedaços de pequenos troncos.

Figura 9-342 - Detalhe visual da água da nascente NA10.

A figura a seguir apresenta uma sequência de fotos da coleta de água e de sedimentos da nascente NA10 em 20/07/21.

Coleta de água para hidrobiológico.

Coleta de sedimento

Medição de vazão

Figura 9-343 - Coleta de água e de sedimento e medição de vazão na nascente NA10 em 20/07/21.

#### 9.11.3.3.6.8 Nascente NA22 - Nascente do afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava maior e da pilha de estéril Franco.

A nascente NA22 está localizada em um afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura cava maior e da futura pilha de estéril Franco, cuja coordenada UTM é: 670570 (Leste) / 7948910 (Norte).

Esta nascente apresentou vazão em todas as datas em que fizeram medição (25/08/20, 20/03/21, 09/06/21, 20/07/21, 09/09/21 e 02/12/21). As vazões medidas nestas datas foram baixas e oscilaram 0,05 $m^3.h^{-1}$ (09/09/21) a 5,3 $m^3.h^{-1}$ em 20/03/21. As vazões sofreram um decréscimo significativo a partir de setembro de 2021.

**Características visuais da água**

Em termos de qualidade visual da água na nascente NA22 na data 20/07/21, é possível verificar através da figura abaixo que a água apresentava boa aparência, sem cor aparente, sem turbidez e com transparência. No entorno da nascente há presença de vegetação. A área encontra-se preservada. Também é possível observar a presença de folhas em decomposição dentro da água.

Figura 9-344 - Detalhe visual da água da nascente NA22 em 20/07/21.

A figura a seguir apresenta uma sequência de fotos da coleta de água e de sedimentos da nascente NA22 em 20/07/21.

Local a montante do ponto de coleta.

Local de coleta.

Coleta de água.

Coleta de água.

Coleta de água para hidrobiológico (fitoplâncton).

Medição de alguns parâmetros in loco.

Coleta de sedimento.

Coleta de sedimento.

Medição de vazão.

Medição de vazão.

Figura 9-345 - Coleta de água e de sedimento e medição de vazão na nascente NA22 em 20/07/21.

### 9.11.3.3.6.9 Nascente NA23 - Nascente do afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava maior e da pilha de estéril Franco.

A nascente NA23 está localizada em um afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura cava maior e da futura pilha de estéril Franco, cuja coordenada UTM é: 670657 (Leste) / 7948702 (Norte).

Esta nascente apresentou vazão nas datas 25/08/20, 20/03/21, 09/06/21 e 02/12/21. As vazões medidas nestas datas foram baixas e oscilaram 0,09 $m^3.h^{-1}$ (02/12/21) a 10,3 $m^3.h^{-1}$ em 20/03/21. Nas datas 20/07/21 e 09/09/21 o a nascente encontrava-se seco.

**Características visuais da água**

Em termos de qualidade visual da água na nascente NA23 na data 20/07/21, não foi possível fazer uma análise visual, uma vez que o ponto encontrava-se seco nesta data. No entorno da nascente há presença de vegetação.

Local de coleta – Ponto seco em 20/07/21.

A figura a seguir apresenta uma sequência de fotos do local da nascente NA23 em 20/07/21.

Local de coleta – Ponto seco.

Figura 9-346 - Local de coleta de água e de sedimento e medição de vazão na nascente NA23 em 20/07/21.Local seco.

### 9.11.3.3.6.10 Nascente NA25 - Nascente do afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava maior.

A nascente NA25 está localizada em um afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura cava maior, cuja coordenada UTM é: 670426 (Leste) / 7948403(Norte).

A nascente NA25 está localizada em um afluente do córrego Siqueira, a jusante da futura cava maior, cuja coordenada UTM é: 670426 (Leste) / 7948403 (Norte).

Esta nascente não apresentou vazão nas datas 20/07/21, 09/09/21 e 02/12/21. O ponto encontrava-se seco.

**Características visuais da água**

Em termos de qualidade visual da água na nascente NA25 na data 20/07/21, não foi possível fazer uma análise visual, uma vez que o ponto encontrava-se seco na data 20/07/21. No entorno da nascente há presença de vegetação.

Figura 9-347 - Local da nascente NA25 em 20/07/21.

A figura a seguir apresenta uma sequência de fotos do local da nascente NA25 em 20/07/21.

Figura 9-348 - Local da Nascente NA25 em 20/07/21. Ponto seco.

### 9.11.3.3.6.11 Nascente NA27 - Nascente do afluente do córrego Siqueira.

A nascente NA27 está localizada em um afluente do córrego Siqueira, cuja coordenada UTM é: 670095 (Leste) / 7947293 (Norte).

Esta nascente apresentou vazão e muito reduzida somente na data 02/12/21. Na data 20/07/21 encontrava-se seco.

**Características visuais da água**

Em termos de qualidade visual da água na nascente NA27 na data 20/07/21, não foi possível fazer uma análise visual, uma vez que o ponto encontrava-se seco na data 20/07/21. No entorno da nascente há presença de vegetação.

Figura 9-349 - Local de coleta da nascente NA27 em 20/07/21. Ponto seco.

A figura a seguir apresenta uma sequência de fotos do local da nascente NA27 em 20/07/21.

Montante do local de coleta em 20/07/21.

Local de coleta em 20/07/21

Figura 9-350 - Local de coleta da nascente NA27 em 20/07/21. Ponto seco.

### 9.11.3.3.7 *Avaliação da Qualidade das águas das Nascentes*

Neste item serão discutidos os resultados de cada parâmetro físico-químico e microbiológico para as águas das nascentes amostradas.

Estes resultados servirão para compor um histórico da qualidade das águas antes de qualquer intervenção na área do projeto Serro e servirão para comparativo com resultados obtidos durante a operação do futuro empreendimento minerário.

Cabe ressaltar que as nascentes NA09 (Nascente do afluente do rio do Peixe), NA23 (Nascente do afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava maior e da pilha de estéril Franco), NA25 (Nascente do afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava maior) e NA27 (Nascente do afluente do córrego Siqueira), encontravam-se sem vazão na data de coleta 20/07/21. Estas nascentes são intermitentes.

Por serem as nascentes afloramentos do nível freático na superfície do terreno, e serem pontos iniciais de cursos de água, os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das águas amostradas serão comparados com os padrões estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH 1/2008 conforme o enquadramento (classe 2) e potabilidade segundo a Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde. Toda nascente representa um ponto por onde parte da água do lençol alcança a superfície do solo. É como se fosse uma torneira do lençol, sempre aberta.

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas para as amostras de águas das nascentes coletadas em 20/07/21 estão apresentados através da Tabela 9.134.

Em termos de qualidade das águas das nascentes verificada na data 20/07/21, verifica-se através dos resultados que todos os parâmetros acusaram valores em conformidade com os padrões estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 para as águas de Classe 2 e pela Portaria Nº5, com exceção de ferro solúvel em todas as nascentes, pH (NA04 e NA22), sólidos suspensos (NA08) e *E. coli* (NA08).

Através da Tabela 9.134 observa-se que vários parâmetros acusaram valores inferiores aos seus limites de quantificação, tais como: DBO, fenol, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, óleos e graxas, ABS, fenóis, alumínio solúvel, cádmio, chumbo, cobre, cromo, manganês total e solúvel e zinco, sendo, portanto, inferiores aos seus limites máximos permitidos.

Em termos do índice de Qualidade da Água – IQA, para todos os pontos foram detectados valores oscilando de 67 (NA08) a 81 (boa). De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM estes resultados indicam águas de média a boa qualidade. Estes resultados são corroborados pelos valores detectados para todos os parâmetros avaliados, que estiveram abaixo dos seus limites máximos permitidos, com exceção ferro solúvel em todas as nascentes, pH (NA04 e NA22), sólidos suspensos (NA08) e *E. coli* (NA08). Somente a NA08 acusou uma condição de qualidade média de água. As demais nascentes apresentaram uma qualidade boa.

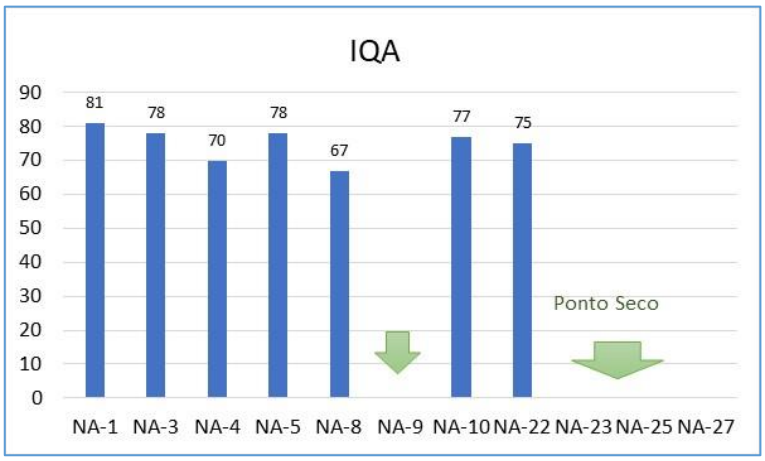



Figura 9-351 - Resultados de IQA obtidos em 20/07/21 para todas as nascentes em que havia vazão.

Os valores de pH medidos in loco oscilaram de 4,93 (NA22) a 7,45 (NA10), quando a faixa limite é de 6 a 9, ou seja, dentro da faixa limite, indicando que as águas amostradas apresentaram características de ácida a ligeiramente alcalinas na data avaliada. Somente as nascentes NA04 (5,00) e NA22 (4,93) acusaram valores ácidos, sendo inferiores ao valor mínimo da faixa de pH.

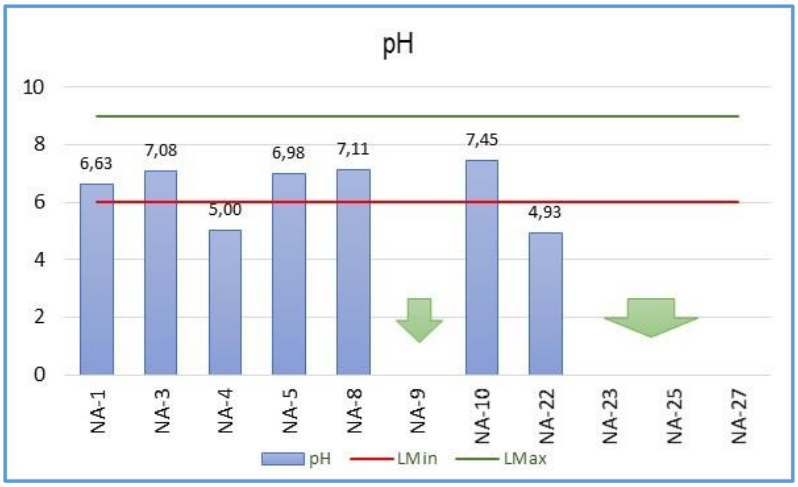



Figura 9-352 - Gráfico contendo os resultados de pH obtidos nas nascentes em 20/07/21.

Os valores ácidos detectados nas nascentes NA04 e NA22 na data 20/07/21, provavelmente se devem à concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos de origem alóctone e autóctone, como os ácidos húmicos e fúlvicos. A cor levemente amarelada da água pode estar relacionada a formação destes ácidos. Observa-se através das fotos abaixo que há presença de vegetação no interior da nascente que pode estar contribuindo para a formação destes ácidos orgânicos. Os volumes de água são baixos e os ambientes são de águas com baixa velocidade. Outra possibilidade é que a água esteja sendo

influenciada pela concentração de íons $H^+$ originados da dissociação do ácido carbônico ($H_2CO_3 \Leftrightarrow 2\ H^+ + CO_3^{2-}$), que gera valores baixos de pH.

NA10

NA22

Figura 9-353 - Registro fotográfico dos locais de coleta dos pontos NA10 e NA22.

De acordo com ESTEVES, 1998, a grande maioria dos corpos d'água continentais tem pH variando entre 6 e 8; no entanto pode-se encontrar ambientes ácidos ou mais alcalinos.

Segundo MAIER, 1987, o pH é muito influenciado pela quantidade de matéria morta a ser decomposta, sendo que quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH, pois para haver decomposição desse material, muitos ácidos são produzidos (como os ácidos húmicos). As águas conhecidas como Pretas (por exemplo, o rio Negro, na Amazônia) possuem pH muito baixo, devido ao excesso de ácidos húmicos em solução.

O pH de um corpo d'água também pode variar, dependendo da área (no espaço) que este corpo recebe as águas da chuva, os esgotos e a água do lençol freático. Quanto mais ácido for o solo da Bacia, mais ácidas serão as águas deste corpo d'água. Por exemplo, um Cerrado, que tem excesso de alumínio, quando drenado, leva uma grande quantidade de ácidos para os corpos d'água, reduzindo o pH. Mais um bom motivo para se estudar todas as características da bacia hidrográfica antes de recolher amostras, pois a variável em questão, o pH, é muito influenciável pelo espaço e no tempo.

A acidificação das águas pode ser também gerada pela poluição atmosférica através da chuva ácida. Pode também existir ambientes aquáticos naturalmente alcalinos em função da composição química das suas águas, é o exemplo de alguns lagos africanos onde o pH pode chegar a 10.

A condutividade elétrica da água acusou valores muito reduzidos, onde oscilaram de 4,51 (NA05) a 21,9 $\mu S.cm^{-1}$ (NA08), indicando presença de poucos íons dissolvidos nas águas amostradas, ou seja, baixa mineralização. Estes valores estão coerentes com os teores reduzidos detectados para os sólidos dissolvidos (<20 a 55 $mg.L^{-1}$).

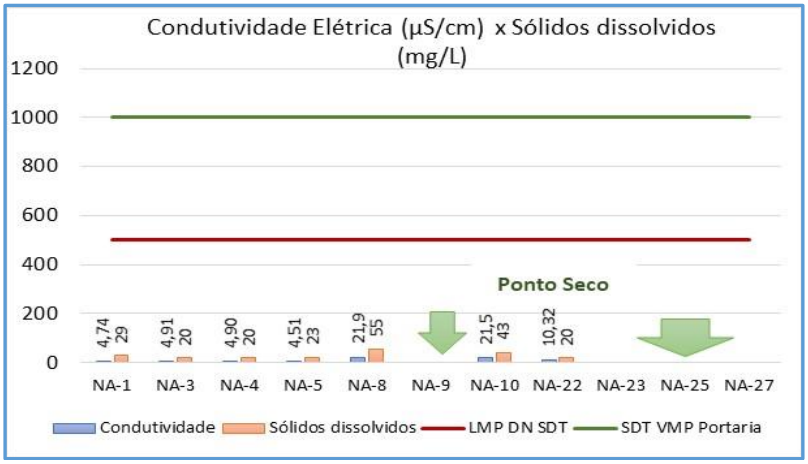



Figura 9-354 - Gráfico contendo os resultados de condutividade elétrica (µS.cm$^{-1}$) e sólidos dissolvidos (mg.L$^{-1}$) obtidos nas nascentes em 20/07/21.

Enquanto as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 µS/cm, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até 1000 µS/cm.

Em relação aos parâmetros indicadores dos teores de sólidos e compostos dissolvidos nas águas, foram registrados baixos teores de sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis e turbidez, o que está de acordo com as características visuais das águas que no momento da coleta se encontravam transparentes, sem cor e sem turbidez aparente.

Os sólidos suspensos apresentaram teores reduzidos e inferiores ao Limite Máximo Permitido – LMP de 100 mg.L$^{-1}$. na data de coleta 20/07/21 em todas as nascentes, com exceção da nascente NA08. Os teores de sólidos suspensos oscilaram de <20 (NA01, NA03, NA05 e NA10) a 103 mg.L$^{-1}$ (NA08). Observa-se através dos resultados que a maioria das nascentes acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<20 mg.L$^{-1}$).

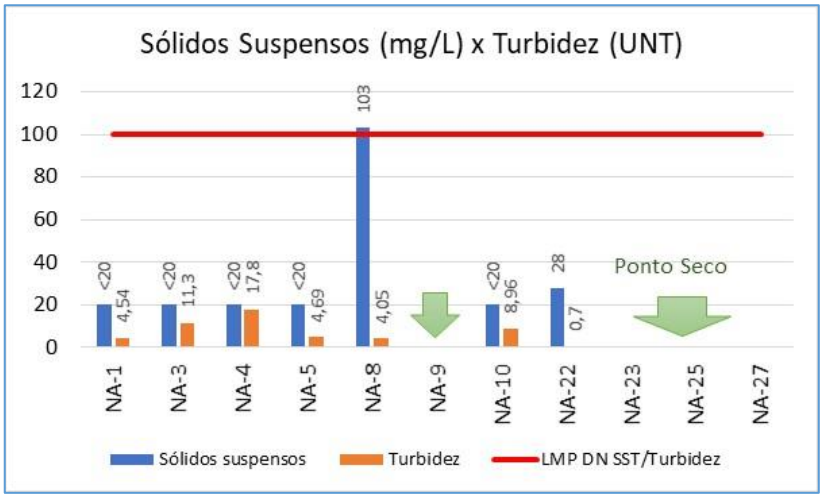



Figura 9-355 - Gráfico contendo os resultados sólidos suspensos (mg.L$^{-1}$) e turbidez (UNT) obtidos nas nascentes em 20/07/21.

Como consequência dos teores bastante reduzidos encontrados para os sólidos suspensos, com exceção da nascente NA08, a turbidez também acusou índices reduzidos oscilando de <0,70 (NA22) a

17/,8 UNT (NA04), sendo muito inferiores ao limite máximo permitido de 100 UNT. Estes resultados corroboram as observações visuais da qualidade das águas no momento das coletas, onde verificou-se que não havia turbidez aparente e nem presença de sólidos em suspensão.

Apesar da nascente NA08 ter acusado um valor de sólidos suspensos superior ao LMP e existir uma relação direta entre os dois parâmetros, a turbidez neste ponto foi reduzida e inferior ao LMP, como pode ser observado através do gráfico acima.

Os sólidos dissolvidos acusaram teores muito reduzidos e oscilaram de <20 (NA03, NA04 e NA22) a 55 $mg.L^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 500 $mg.L^{-1}$ estabelecido pela DN Conjunta COPAM/CERH 1,2008 e inferiores ao VMP de 1000 $mg.L^{-1}$ estabelecido para potabilidade segundo a Portaria de consolidação Nº5, 2017 do Ministério da Saúde, corroborando o verificado in loco, águas com boa aparência, transparência.

Os sólidos sedimentáveis apresentaram teores oscilando de <0,5 $mL.L^{-1}$ (NA01, NA03 e NA04) a 2,6 $mL.L^{-1}$ (NA22) na data de coleta 20/07/21.

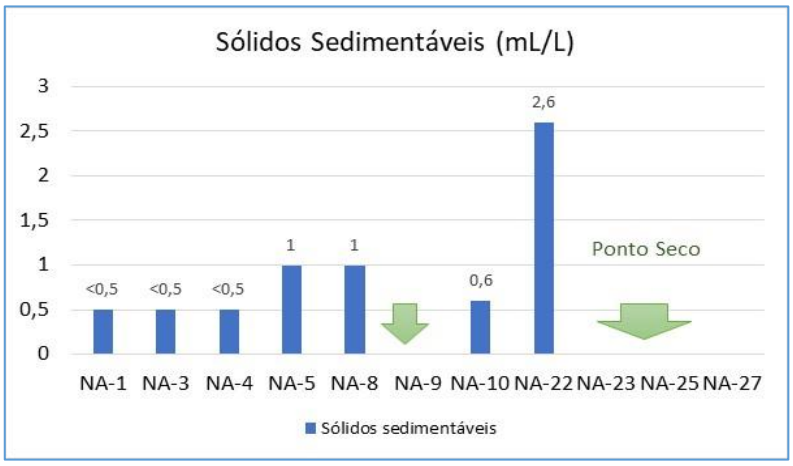



Figura 9-356 - Gráfico contendo os resultados sólidos sedimentáveis ($mL.L^{-1}$) obtidos nas nascentes em 20/07/21.

Os sólidos totais acusaram valores oscilando de <20 (NA03 e NA22) a 158 (NA08) $mg.L^{-1}$.

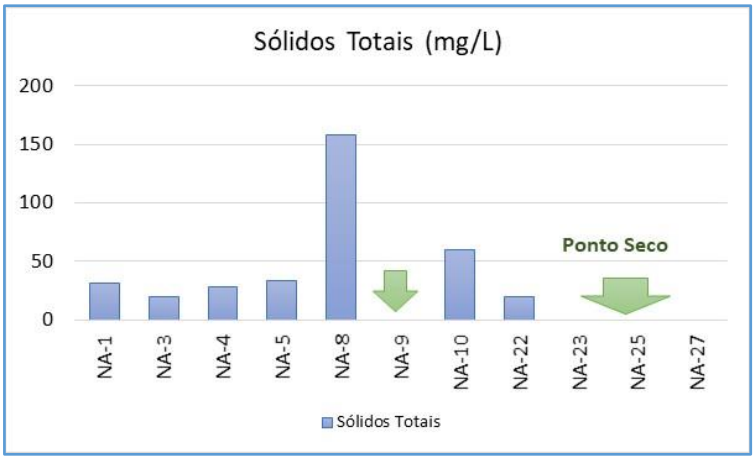



Figura 9-357 - Gráfico contendo os resultados sólidos totais (mg.L$^{-1}$) obtidos nas nascentes em 20/07/21.

A cor verdadeira apresentou índices oscilando de 8,59 (NA22) a 30,4 uH (NA03), sendo inferiores ao LMP de 75 mgPt.L$^{-1}$ estabelecido pela DN Conjunta COPAM / CERH 1/2008. O VMP de 15 uH estabelecido pela Portaria de Consolidação 5/2017 é para cor aparente, ou seja, antes da amostra ser filtrada ou centrifugada. Estes resultados estão de acordo com o observado no momento das coletas, onde as águas apresentavam-se sem cor aparente.

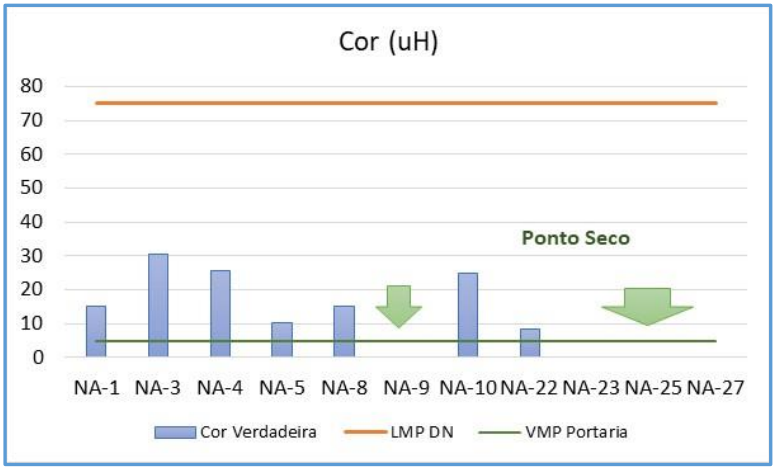



Figura 9-358 - Gráfico contendo os resultados cor (uH) obtidos nas nascentes em 20/07/21.

Os baixos teores de sólidos dissolvidos e a ausência de manganês contribuíram para baixos índices de cor.

“A cor de uma água é consequência de substâncias dissolvidas. Quando pura, e em grandes volumes, a água é azulada. Quando rica em ferro, é arroxeada. Quando rica em manganês, é negra e, quando rica em ácidos húmicos, é amarelada. A medida da cor de uma água é feita pela comparação com soluções conhecidas de platina-cobalto ou com discos de vidro corados calibrados com a solução de platina-cobalto”.

Em termos dos metais ferro e manganês, verifica-se através da tabela a seguir que o manganês solúvel e o manganês total acusaram concentrações inferiores aos limites de quantificação do método de análise (<0,05 mg.L-$^{1}$) e inferiores ao LMP de 0,1 mg.L-1. O manganês total também este inferior ao VMP de 0,1 mg.L-1.

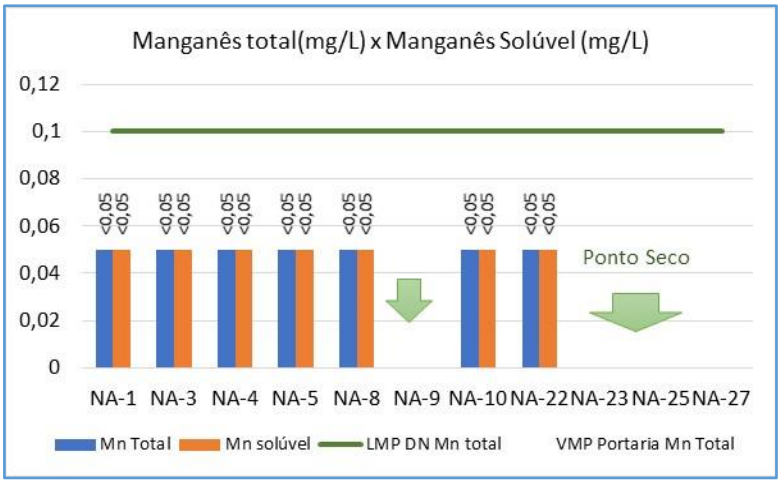



Figura 9-359 - Gráfico contendo os resultados manganês total (mg.L$^{-1}$) e manganês solúvel (mg.L$^{-1}$) obtidos nas nascentes em 20/07/21.

Já o ferro solúvel acusou teores oscilando de 0,36 a (NA e NA22) a 1,08 mg.L$^{-1}$ (NA03), sendo superiores ao LMP de 0,3 mg.L$^{-1}$. O ferro total acusou teores oscilando de 1,0 (NA22) a 1,93 mg.L$^{-1}$ (NA05). Observa-se que os teores mais elevados de ferro solúvel ocorreram na estação seca, isto porque com um menor volume de água, há uma maior concentração dos metais existentes na água.

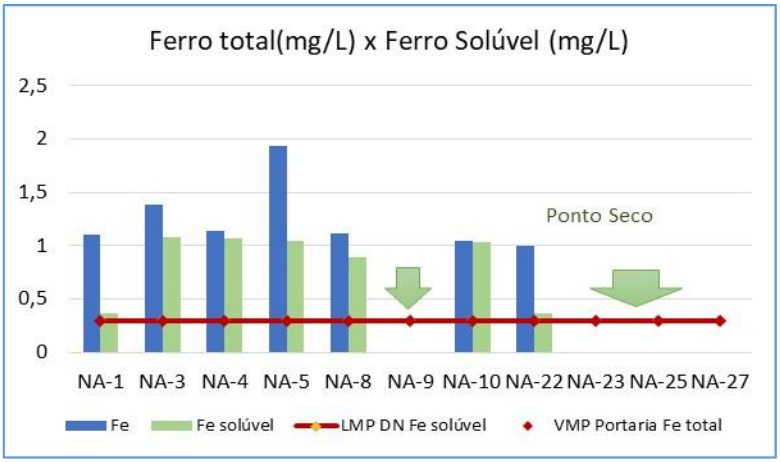



Figura 9-360 - Gráfico contendo os resultados ferro total (mg.L$^{-1}$) e ferro solúvel (mg.L$^{-1}$) obtidos nas nascentes em 20/07/21.

Os teores de ferro solúvel acima do LMP podem estar relacionados a geologia do local, uma vez que a área de estudo é predominantemente rural e não existem fontes que poderiam estar contribuindo para o aumento da ocorrência deste metal.

O ferro é um metal e pode ocorrer na natureza nos estados de oxi-redução +2 e +3. O comportamento geoquímico do ferro e sua solubilidade na água dependem fortemente do estado de oxidação e redução da solução e do pH. Na forma iônica ou complexada (divalente ou trivalente) o ferro (Fe) pode ocorrer dissolvido, em estado coloidal ou disperso na água. Ocorre na forma iônica se a água estiver livre de oxigênio ou seu pH estiver abaixo de 3. Em valores de pH acima de 3, íons ferrosos são convertidos a óxido hidratado fracamente solúvel e em pH acima de 8, íons ferrosos são parcialmente convertidos a hidróxido de ferro (II) solúvel (SOARES et al., 2008 apud FRESENIUS et al., 1988).

Quanto aos demais metais avaliados, incluindo os metais tóxicos (não essenciais) tais como cádmio, mercúrio e chumbo, tem-se que todos acusaram teores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação do método analítico utilizado e inferiores aos seus limites máximos permitidos, com exceção do mercúrio que acusou um valor de 0,0002 mg.L-1 na nascente NA22, sendo igual ao LMP de 0,0002 mg.L-1 para classe 2 e inferior ao VMP de 0,001 mg.L-1 estabelecido pela Portaria de Consolidação, Nº5 para potabilidade, conforme pode ser verificado através da tabela de consolidação dos resultados e dos gráficos abaixo.

Figura 9-361 - Gráficos contendo os resultados de metais em mg.L$^{-1}$ obtidos nas nascentes em 20/07/21.

Em termos de potencial redox (Eh) os resultados obtidos na data 20/07/21 foram reduzidos e positivos (oxidado) em todas as nascentes, sendo o menor valor de 3,5 (NA04) e o maior de 23,3 mV (NA10).

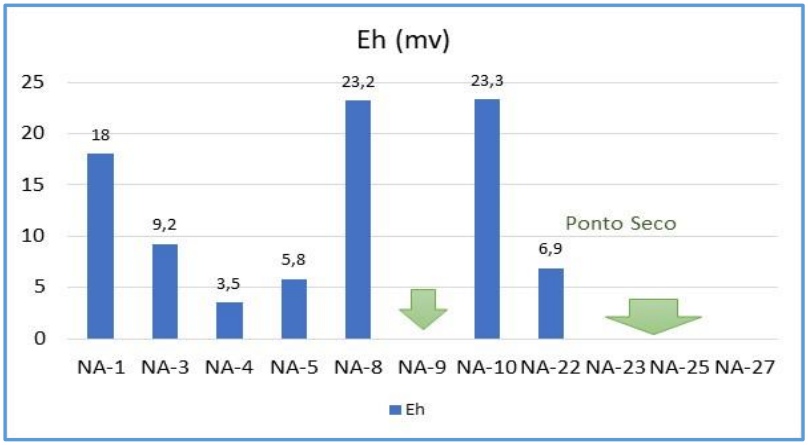



Figura 9-362 - Gráfico contendo os resultados potencial redox (Eh) em mV obtidos nas nascentes em 20/07/21.

A matéria orgânica carbonácea representada pela demanda bioquímica de oxigênio – DBO, apresentou um valor reduzido de <2,0 $mg.L^{-1}$ em todas as nascentes, sendo inferior ao LMP de 5 $mg.L^{-1}$.

A DBO constitui-se um importante parâmetro na composição dos índices de qualidade das águas. Trata-se de um indicador que determina indiretamente a concentração de matéria orgânica biodegradável através da demanda de oxigênio exercida por microrganismos através da respiração.

O oxigênio dissolvido – OD apresentou teores oscilando de 7,4 (NA05 e NA22) a 8,2 $mg.L^{-1}$ (NA03), sendo superiores ao mínimo exigido de 5 $mg.L^{-1}$, indicando águas com boa oxigenação.

Sob o ponto de vista sanitário, o oxigênio dissolvido é um parâmetro de grande importância, pois está relacionado à sobrevivência de organismos aeróbios.

A concentração de oxigênio presente na água vai variar de acordo com a pressão atmosférica (altitude) e com a temperatura do meio. Águas com temperaturas mais baixas têm maior capacidade de dissolver oxigênio; já em maiores altitudes, onde é menor a pressão atmosférica, o oxigênio dissolvido apresenta menor solubilidade.

O oxigênio proveniente da atmosfera dissolve-se nas águas naturais, devido à diferença de pressão parcial. Este mecanismo é regido pela Lei de Henry, que define a concentração de saturação de um gás na água, em função da temperatura: CSAT = $\alpha$.pgás onde $\alpha$ é uma constante que varia inversamente proporcional à temperatura e pgás é a pressão exercida pelo gás sobre a superfície do líquido. No caso do oxigênio, ele é constituinte de 21% da atmosfera e, pela lei de Dalton, exerce uma pressão de 0,21 atm. Para 20°C, por exemplo, $\alpha$ é igual a 43,9 e, portanto, a concentração de saturação de oxigênio em uma água superficial é igual a 43,9 x 0,21 = 9,2 $mg.L^{-1}$.

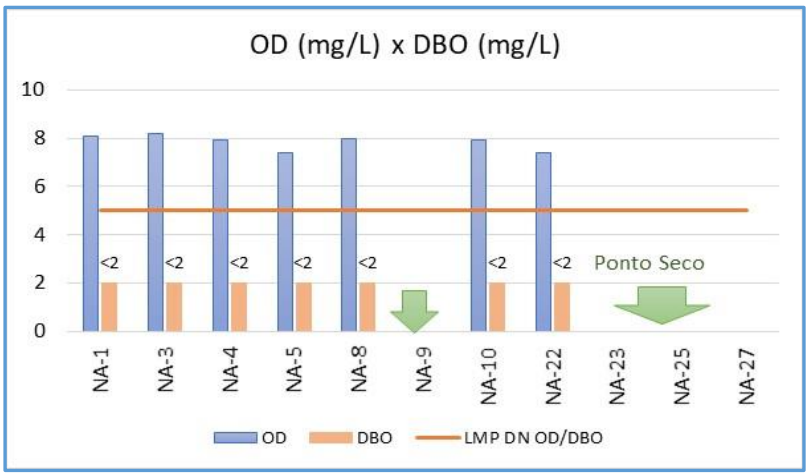



Figura 9-363 - Gráfico contendo os resultados de oxigênio dissolvido e DBO em mg.L$^{-1}$ obtidos nas nascentes em 20/07/21.

Em termos de nutrientes nitrogênio nas suas formas reduzida e oxidadas e fósforo total, tem-se que o nitrogênio total acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<11 mg.L$^{-1}$) em todas as nascentes.

As formas reduzida (nitrito) e oxidada (nitrato) do nitrogênio acusaram teores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação, sendo <0,030 mg.L$^{-1}$ para nitrato e <0,113 mg.L$^{-1}$ para nitrito e inferiores aos seus limites de quantificação, sendo 1 mg.L$^{-1}$ e 10 mg.L$^{-1}$, respectivamente.

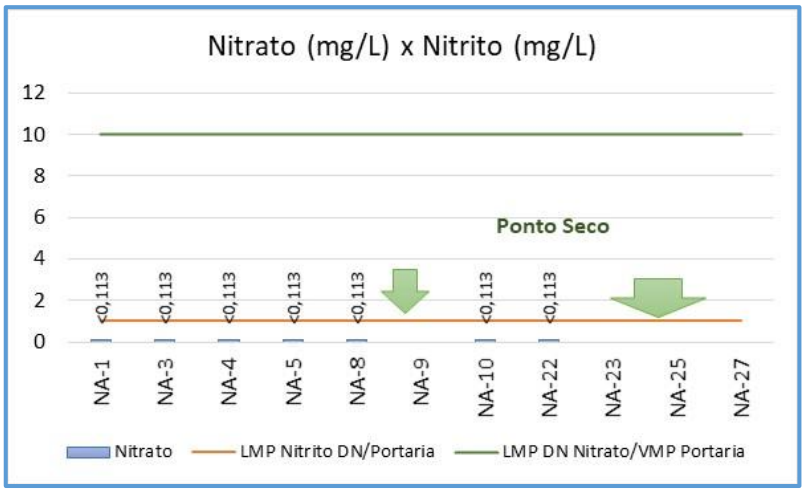



Figura 9-364 - Gráfico contendo os resultados nitrato e nitrito em mg.L$^{-1}$ obtidos nas nascentes em 20/07/21.

O nitrogênio amoniacal acusou em todas as amostras analisadas um teor inferior ao Limite de Quantificação (<0,16 mg.L$^{-1}$). Para este parâmetro não foi estabelecido um LMP.

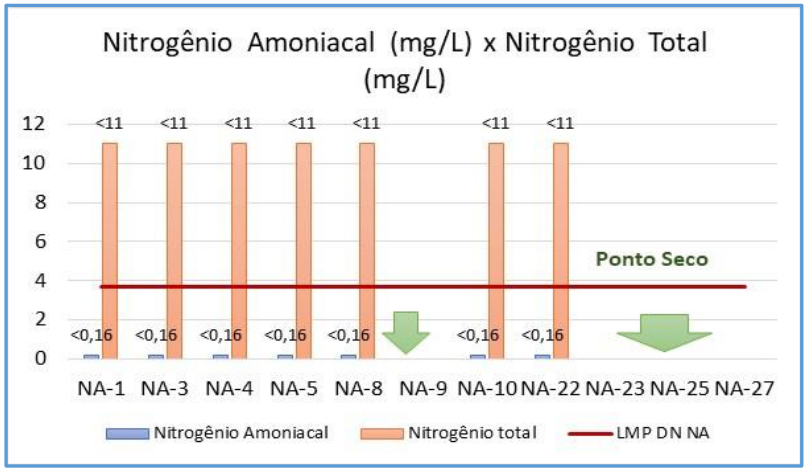



Figura 9-365 - Gráfico contendo os resultados de nitrogênio amoniacal e nitrogênio total em mg.L$^{-1}$ obtidos nas nascentes em 20/07/21.

O fósforo, tem grande importância nos sistemas biológicos. Na maioria das águas continentais o fósforo é o principal fator limitante de sua produtividade. Além disso, tem sido apontado como o principal responsável pela eutrofização destes ecossistemas (ESTEVES, 1998).

O fósforo total acusou teores oscilando de 0,011 (NA01) a 0,059 mg.L$^{-1}$ (NA10), quando o LMP é de 0,1 mg.L$^{-1}$ para ambiente lótico.

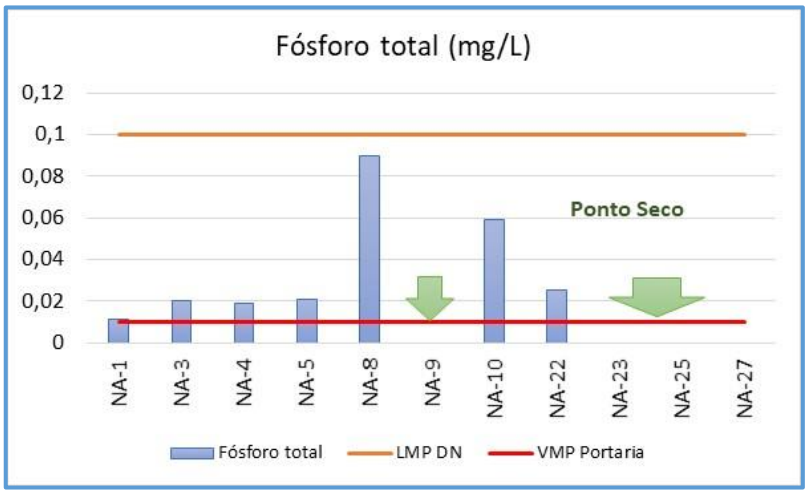



Figura 9-366 - Gráfico contendo os resultados de fósforo total em mg.L$^{-1}$ obtidos nas nascentes em 20/07/21.

Os sulfatos acusaram valores muito reduzidos e inferiores ao limite de 250 mg.L$^{-1}$ estabelecido pela CN Conjunta Copam/CERH 1/2008 e pela Portaria de Consolidação Nº5, em todas as nascentes, onde oscilou de 3,92 (NA22) a 5,69 mg.L$^{-1}$ (NA08).

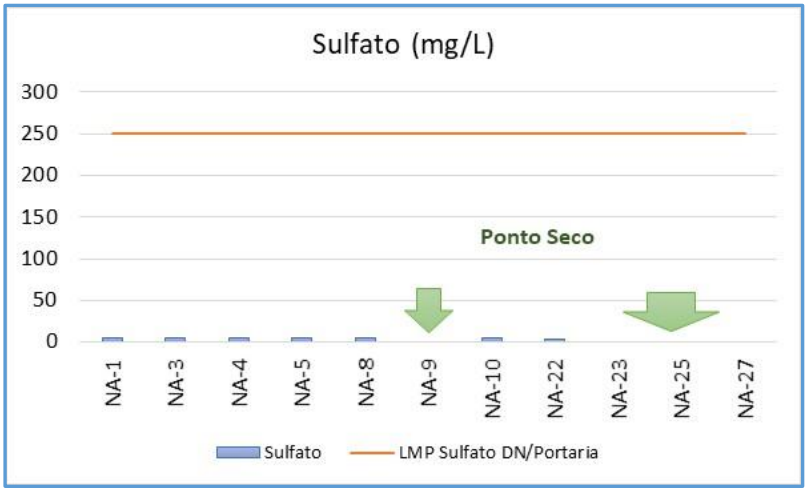



Figura 9-367 - Gráfico contendo os resultados de sulfato em mg.L$^{-1}$ obtidos nas nascentes em 20/07/21.

A temperatura da água oscilou de 15,8 (NA05) a 19,3ºC (NA01), valores estes que contribuem para uma boa oxigenação das águas.

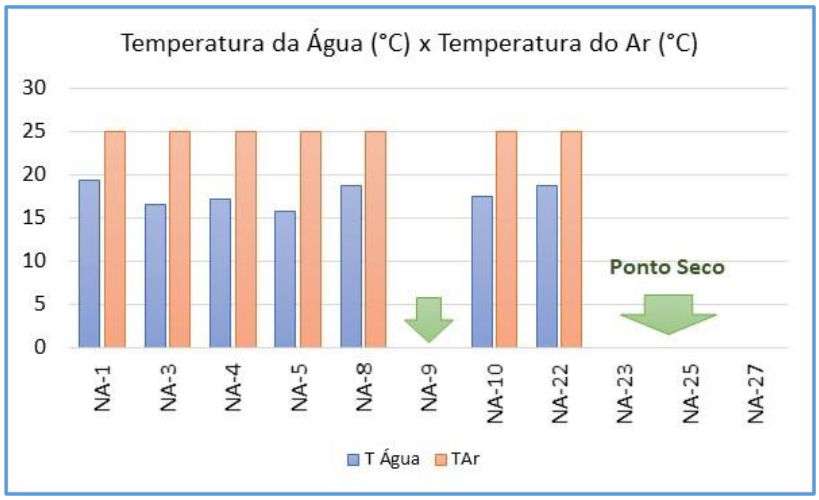



Figura 9-368 - Gráfico contendo os resultados de temperatura da água e do ar (ºC) obtidos nas nascentes em 20/07/21.

As temperaturas mais baixas refletem condições semelhantes de sombreamento dos cursos de água proporcionados pela cobertura vegetal existente nos locais onde as amostras de água foram coletadas.

A temperatura da água é um dos fatores ecológicos mais importantes para os peixes, sendo que a tolerância a temperaturas extremas depende da espécie, do estágio de desenvolvimento e do período de aclimatação a que foram submetidos os organismos. Os organismos aquáticos são afetados por temperaturas fora de seus limites de tolerância térmica, o que causa impactos sobre seu crescimento e reprodução.

A temperatura também influencia vários parâmetros físico-químicos da água, tais como a tensão superficial, oxigênio dissolvido e a viscosidade

Todos os corpos d'água apresentam variações de temperatura ao longo do dia e das estações do ano. No entanto, o lançamento de efluentes com altas temperaturas pode causar impacto significativo nos corpos d'água. Um exemplo, são as usinas nucleares onde é necessário que se colete água de alguma fonte para resfriar as torres onde ocorrem as reações de fissão nuclear.

Os óleos e graxas, surfactantes e fenóis acusaram teores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação dos métodos de análise (<10,0; <0,10 e <0,003 mg.L$^{-1}$), sendo também inferiores aos seus respectivos limites máximos permitidos (virtualmente ausentes, 0,5 mg.L$^{-1}$ e 0,003 mg.L$^{-1}$).

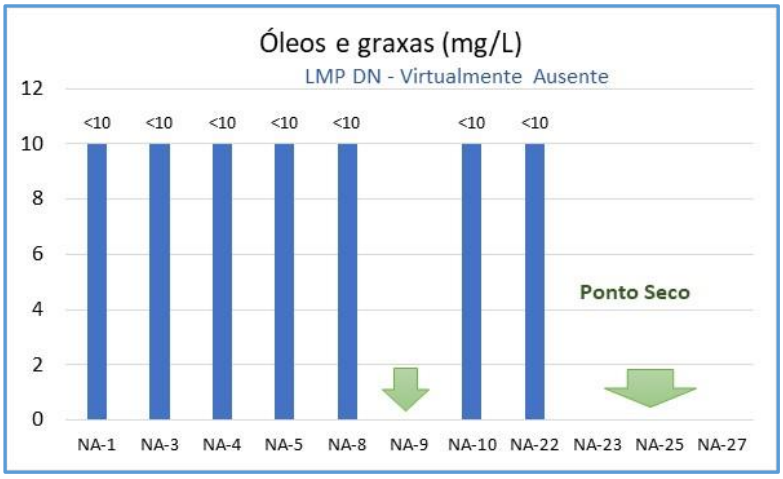



Figura 9-369 - Gráfico contendo os resultados de óleos e graxas (mg.L$^{-1}$) obtidos nas nascentes em 20/07/21.

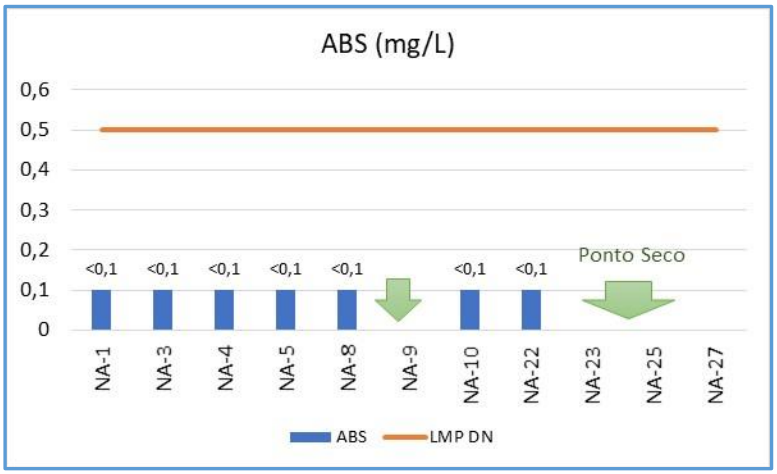



Figura 9-370 - Gráfico contendo os resultados de ABS (mg.L$^{-1}$) obtidos nas nascentes em 20/07/21.

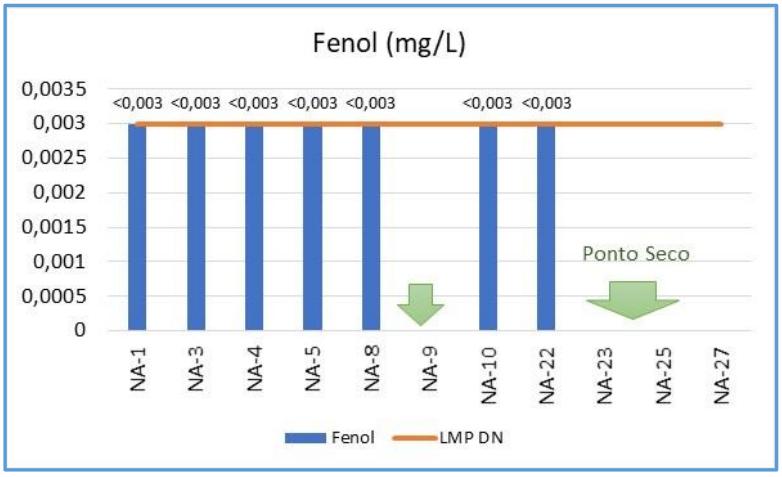



Figura 9-371 - Gráfico contendo os resultados de fenol (mg.L$^{-1}$) obtidos nas nascentes em 20/07/21.

Em termos de indicadores da qualidade sanitária das águas, os rios, os córregos, são habitados por muitos tipos de bactérias, assim como várias espécies de peixes e algas. Essas bactérias são de grande importância, porque ao se alimentarem de matéria orgânica, elas consomem toda a carga poluidora que lhe é lançada, sendo assim as principais responsáveis pela autodepuração dos rios.

Os organismos mais comumente utilizados para esta finalidade, são as bactérias do grupo coliformes. A presença destas bactérias nas águas de um rio significa que este recebeu matérias fecais, ou esgotos. As bactérias do grupo coliformes não causam doenças. Elas servem para indicar se ocorreu um lançamento de esgoto no curso d'água.

A presença de coliformes termotolerantes indica a contaminação fecal, e a presença de Enterococcus está relacionada à contaminação recente da água.

No que se refere à qualidade sanitária das águas amostradas nas nascentes na data 20/07/21, atestou-se a presença de coliformes totais, *Escherichia coli* e *Enterococcus faecium* e *faecalis*. Estes indicadores de contaminação fecal representam o potencial do corpo hídrico na transmissão de doenças. Sendo assim, se faz necessário um tratamento da água antes da sua utilização para consumo humano.

A DN Conjunta COPAM/CERH 1/2008 estabelece LMP somente para *E. coli,* sendo 1000 NMP.100 mL$^{-1}$ o limite para águas classe 2. Quanto a Portaria da Consolidação Nº5 do Ministério da Saúde, a *E. coli* deve estar ausente para consumo humano.

O parâmetro *E. coli* apresentou valores oscilando de <1,0 (NA22) a 2419,6 (NA08) NMP.100 mL$^{-1}$, sendo inferiores ao LMP de 1000 NMP.100 mL$^{-1}$, com exceção da nascente NA08. As demais nascentes acusaram valores oscilando de <1,0 a 103,9 NMP.100 mL$^{-1}$. Já os coliformes totais acusaram valores oscilando de 913,6 (NA05) a >2419,6 NMP.100 mL$^{-1}$ (NA01, NA04, NA08, NA10 e NA22). Os Enterococcus faecium e faecalis acusaram valores oscilando de <1,0 (NA22) a 2419,6 NMP.100 mL$^{-1}$ (NA08).

Em termos de potabilidade, somente a nascente NA22 atendeu a Portaria Nº5/2017. Em caso de uso da água para consumo humano, torna-se necessário um tratamento para eliminação de bactérias.

Uma possível explicação para a presença das bactérias supracitadas é circulação ou permanência de animais da fauna local.

Tabela 9.134 – Resultados das análises de águas subterrâneas da campanha de julho de 2021. Continua.

| Parâmetros | Unidade | VMP | | LMP | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH* | - | 6,5 -9,5 | | 6 - 9 | 6,63 | 7,08 | 5,00 | 6,98 | 7,11 | PONTO SEM VAZÃO - SECO | 7,45 | 4,93 | PONTO SEM VAZÃO - SECO | | |
| Condutividade em campo | µS/cm$^{-1}$ | N.A. | | N.A. | 4,74 | 4,91 | 4,90 | 4,51 | 21,9 | | 21,5 | 10,32 | | | |
| Cor verdadeira/Cor aparente** | mg.L$^{-1}$ | 15** | | 75 | 15,06 | 30,4 | 25,56 | 10,21 | 15,06 | | 24,75 | 8,59 | | | |
| DBO | mg.L$^{-1}$ | N.A. | | 5 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | | <2,0 | <2,0 | | | |
| Fenol total | mg.L$^{-1}$ | N.A. | | 0,003 | <0,003 | <0,003 | <0,003 | <0,003 | <0,003 | | <0,003 | <0,003 | | | |
| Fósforo total | mg.L$^{-1}$ | 0,1 | | 0,1 (lótico) | 0,011 | 0,02 | 0,019 | 0,021 | 0,09 | | 0,059 | 0,025 | | | |
| Nitrogênio amoniacal | mg.L$^{-1}$ | N.A. | | 3,70 | <0,16 | <0,16 | <0,16 | <0,16 | <0,16 | | <0,16 | <0,16 | | | |
| Nitrogênio total | mg.L$^{-1}$ | N.A. | | N.A. | <11,0 | <11,0 | <11,0 | <11,0 | <11,0 | | <11,0 | <11,0 | | | |
| Nitratos | mg.L$^{-1}$ | 10 | | 10 | <0,113 | <0,113 | <0,113 | <0,113 | <0,113 | | <0,113 | <0,113 | | | |
| Nitritos | mg.L$^{-1}$ | 1 | | 1 | <0,030 | <0,030 | <0,030 | <0,030 | <0,030 | | <0,030 | <0,030 | | | |
| Sulfato | mg.L$^{-1}$ | 250 | | 250 | 4,52 | 5,26 | 4,29 | 4,47 | 5,69 | | 5,37 | 3,92 | | | |
| Oxigênio dissolvido | mg.L$^{-1}$ | N.A. | | ≥5 | 8,1 | 8,2 | 7,9 | 7,4 | 8,0 | | 7,9 | 7,4 | | | |
| Óleos e graxas | mg.L$^{-1}$ | N.A. | | VA | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | | <10,0 | <10,0 | | | |
| Temperatura da água | ºC | N.A. | | N.A. | 19,3 | 16,6 | 17,2 | 15,8 | 18,7 | | 17,5 | 18,7 | | | |
| Temperatura do ar | ºC | N.A. | | N.A. | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | | 25 | 25 | | | |
| Sólidos dissolvidos | mg.L$^{-1}$ | 1000 | | 500 | 29 | <20 | <20 | 23 | 55 | | 43 | <20 | | | |
| Sólidos sedimentáveis | mL.L$^{-1}$ | N.A. | | VA | <0,5 | <0,5 | <0,5 | 1 | 1 | | 0,6 | 2,6 | | | |
| Sólidos suspensos | mg.L$^{-1}$ | N.A. | | 100 | <20 | <20 | <20 | <20 | 103 | | <20 | 28 | | | |
| Sólidos totais | mg.L$^{-1}$ | N.A. | | N.A. | 31 | <20 | 28 | 33 | 158 | | 60 | <20 | | | |
| Turbidez | UNT | N.A. | | 100 | 4,54 | 11,3 | 17,8 | 4,69 | 4,05 | | 8,96 | <0,70 | | | |
| ABS | mg.L$^{-1}$ | N.A. | | 0,5 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | | <0,10 | <0,10 | | | |
| Alumínio solúvel | mg.L$^{-1}$ | N.A. | | 0,1 | <0,100 | <0,100 | <0,100 | <0,100 | <0,100 | | <0,100 | <0,100 | | | |
| Cádmio Total | mg.L$^{-1}$ | 0,005 | | 0,010 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | | <0,001 | <0,001 | | | |
| Chumbo total | mg.L$^{-1}$ | 0,01 | | 0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | | <0,010 | <0,010 | | | |

*Não se trata de valor padrão, mas de recomendação de uma faixa de pH a ser mantida no sistema de distribuição de água para abastecimento.

Tabela 9.135 – Resultados das análises de águas subterrâneas da campanha de julho de 2021. Continuação.

| Parâmetros | Unidade | VMP | LMP | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cobre Total | $mg.L^{-1}$ | 2 | 0,009 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | PONTO SEM VAZÃO - SECO | <0,005 | <0,005 | PONTOS SEM VAZÃO - SECOS | | |
| Cromo total | $mg.L^{-1}$ | 0,05 | 0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | | <0,05 | <0,05 | | | |
| Ferro total | $mg.L^{-1}$ | 0,3 | N.A. | 1,1 | 1,39 | 1,14 | 1,93 | 1,12 | | 1,05 | 1 | | | |
| Ferro solúvel | $mg.L^{-1}$ | N.A. | 0,3 | 0,36 | 1,08 | 1,07 | 1,05 | 0,89 | | 1,03 | 0,36 | | | |
| Manganês total | $mg.L^{-1}$ | 0,1 | 0,1 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | | <0,05 | <0,05 | | | |
| Manganês solúvel | $mg.L^{-1}$ | N.A. | N.A. | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | | <0,05 | <0,05 | | | |
| Mercúrio Total | $mg.L^{-1}$ | 0,001 | 0,0002 | <0,0002 | <0,0002 | <0,0002 | <0,0002 | <0,0002 | | <0,0002 | 0,0002 | | | |
| Zinco Total | $mg.L^{-1}$ | 5 | 0,18 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | | <0,05 | <0,05 | | | |
| Eh | mV | N.A. | N.A. | 18 | 9,2 | 3,5 | 5,8 | 23,2 | | 23,3 | 6,9 | | | |
| Coliformes totais | NMP.100 $mL^{-1}$ | N.A. | N.A. | >2419,6 | 1986,3 | >2419,6 | 913,9 | >2419,6 | | >2419,6 | 1553,1 | | | |
| Enterococcus faecalis e faecium | NMP.100 $mL^{-1}$ | N.A. | N.A. | 31,1 | 34,5 | 35,4 | 7,3 | 1986,3 | | 1119,9 | 20 | | | |
| *Escherichia coli* | NMP.100 $mL^{-1}$ | Ausência | 1000 | 35 | 86,7 | 11 | 88,6 | 2419,6 | | 103,9 | <1,0 | | | |
| *IQA* | - | N.A. | N.A. | 81 | 78 | 70 | 78 | 67 | | 77 | 75 | | | |

**Obs.:** N.A. – Não se aplica.

#### 9.11.3.3.8 *Conclusões*

Foram avaliadas nascentes inseridas na sub-bacia do rio Guanhães e sub-bacia do rio do Peixe, sendo que as localizadas na sub-bacia do rio do Peixe não sofrerão interferências do projeto Serro.

Dentre as nascentes cadastradas em 2020 e 2021, algumas como NA09, NA23, NA25 e NA27 na data 20/07/21 não apresentaram vazão, sendo intermitentes. Por se encontrarem secas nesta data, não foi possível fazer uma avaliação da qualidade das águas destas nascentes.

Na data de coleta 20/07/21, não foram observadas atividades antrópicas próximas às nascentes, somente área de pastagem no entorno da área preservada da NA01 e no entorno da NA27. Na nascente NA01 há uma captação de água para consumo humano.

Nos locais de coleta observou-se que as áreas se encontram preservadas, onde no entorno das nascentes há presença de mata ciliar, o que contribuiu para a qualidade boa das águas amostradas, pois esta protege naturalmente os cursos d'água.

Em termos de Índice de Qualidade das Águas - IQA, todas as nascentes acusaram uma qualidade boa segundo os critérios utilizados pelo Instituto de Gestão das Águas – IGAM, com exceção da NA08 que acusou um IQA médio e provavelmente devido ao valor elevado de *E. coli*, um dos parâmetros que compõem o cálculo deste índice. Dentre os vários parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados, praticamente todos estiveram em conformidade com os limites estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH 1/2008 para águas de Classe 2 e pela Portaria Nº5/2017 do Ministério da Saúde para potabilidade. Somente os seguintes parâmetros acusaram inconformidades: ferro solúvel (todas as nascentes), pH (NA04 e NA22), sólidos suspensos (NA08) e *E. coli* (NA08).

Vários parâmetros acusaram valores inferiores aos seus respectivos limites de quantificação dos métodos analíticos utilizados tais como: DBO, fenol, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, nitrogênio total, óleos e graxas, ABS, alumínio solúvel, cádmio, chumbo, cobre, cromo, manganês total, manganês solúvel, zinco e mercúrio, sendo todos inferiores aos padrões legais. O mercúrio só ficou acima do limite de quantificação, mas igual ao LMP e inferior ao VMP na nascente NA22.

O pH esteve dentro da faixa limite estabelecida pela DN Conjunta COPAM/CERH n.º 001/2008 em todos os pontos de coleta, com exceção dos pontos NA04 e NA22 que acusaram um pH ácido. As demais nascentes acusaram pH oscilando de ligeiramente ácido a ligeiramente alcalino.

Em termos de sólidos, todos os pontos de coleta acusaram teores bastante reduzidos, chegando a valores inferiores aos limites de quantificação dos métodos utilizados nas nascentes NA01, NA03, NA04, NA05 e NA10. Somente a NA08 acusou um teor acima do LMP.

Como consequência dos teores reduzidos de sólidos suspensos a turbidez também foi reduzida em todos os pontos de coleta, sendo muito inferiores ao LMP. O menor valor foi detectado na nascente NA22 e o maior na NA04.

A condutividade elétrica da água apresentou valores bem reduzidos em todos os pontos de coleta, indicando a presença de poucos íons em solução, ou seja, baixa mineralização. Estes resultados refletem os baixos índices de sólidos dissolvidos.

De acordo com a literatura, a condutividade para as águas naturais varia de 0,5 a 2,0 µS.cm$^{-1}$ para água destilada, 10 a 100 µS.cm$^{-1}$ para as águas naturais e acima de 1000 µS.cm$^{-1}$ para águas poluídas.

Com base no que foi exposto acima e nos resultados obtidos para a condutividade, as águas amostradas são águas naturais.

A cor em todos os pontos de coleta esteve abaixo do limite máximo permitido estabelecido para águas classe 2. Em termos da Portaria Nº5/2017, os valores estiveram acima do VMP.

Pelas características dos locais de coleta (vegetação no entorno dos pontos), tudo indica que uma das possíveis contribuições para a presença de cor se deve a substâncias naturais (ácidos húmicos e fúlvicos) resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos, além de contribuição de ferro.

Em termos de oxigênio dissolvido, um dos parâmetros mais importantes no estudo da qualidade das águas e que está relacionado à sobrevivência de organismos aeróbios, esteve acima do mínimo exigido em todos os pontos de coleta, indicando águas com boa oxigenação.

O sulfato acusou valores bastante reduzidos em todos os pontos de coleta em que foi avaliado.

As águas das nascentes amostradas estavam livres de contaminantes como óleos e graxas, surfactantes aniônicos e fenóis.

A DBO que é um parâmetro usado para estimar a carga orgânica dos recursos hídricos e que representa a quantidade de oxigênio do meio que é consumido pelos peixes e outros organismos aeróbicos e gasta na oxidação de matéria orgânica presente na água, acusou em todos os pontos um valor inferior ao limite de quantificação do método de análise, sendo inferiores ao LMP.

A temperatura que expressa à energia cinética das moléculas de um corpo, sendo seu gradiente o fenômeno responsável pela transferência de calor em um meio, acusou valores considerados normais em todos os pontos de coleta, indicando que nestes locais não há lançamento de despejos industriais, como por exemplo, águas de resfriamento de máquinas com temperaturas elevadas. As temperaturas mais baixas refletem condições semelhantes de sombreamento dos cursos de água proporcionados pela cobertura vegetal existente nos locais onde as amostras de água foram coletadas.

Quanto aos dois nutrientes avaliados, o nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato não foram detectados nas nascentes avaliadas. Todos os resultados foram significativamente inferiores ao LMP em todos os pontos. Já o fósforo total esteve presente em todos os pontos, sendo inferiores ao LMP. Não foi observado em nenhum curso d'água estudado um aparente processo de eutrofização.

Em termos dos metais ferro e manganês, tem-se que o ferro solúvel esteve presente em todos os pontos de coleta e acima do LMP. Já o manganês total e solúvel não foram detectados em todos os pontos de coleta, sendo inferiores ao LMP.

Já os metais traços Al, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg e Zn acusaram teores inferiores aos seus limites de quantificação em todos os pontos de coleta, com exceção da nascente NA22 que acusou um teor igual

ao LMP estabelecido pela DN Conjunta COPAM/CERH 1/2008 e inferior ao VMP estabelecido pela Portaria de Consolidação Nº5/2017.

Quanto aos resultados elevados detectados para o ferro nas águas da região, parece ter relação com as características geoquímicas locais. O uso do solo na região do projeto é praticamente rural, com áreas de pastagem e presença de gado em alguns locais.

Em termos de qualidade sanitária das águas amostradas, foram detectados em todos os pontos de coleta coliformes fecais e *E. coli* e *Enterococcus faecium* e *faecalis*, sendo que a *E. coli* acusou um valor acima do LMP na nascente NA08. Em termos de potabilidade, todos as nascentes acusaram valores superior ao VMP.

A presença destas bactérias na água indica a possibilidade da presença de bactérias patogênicas que podem afetar a saúde humana e de animais, o que impossibilita um uso da água para consumo humano sem tratamento.

Cabe ressaltar que o monitoramento avaliado neste estudo tem como objetivo avaliar a qualidade das águas das nascentes nas áreas diretamente afetadas pelo futuro empreendimento, assim como as áreas indiretamente afetadas.

As inconformidades detectadas não ocorreram em função do Projeto Serro, uma vez que ainda não entrou em atividade.

### 9.11.4 Avaliação da Qualidade dos sedimentos das Nascentes

#### 9.11.4.1 Introdução

O objetivo deste item é apresentar um “retrato” da atual situação da qualidade dos sedimentos das nascentes amostradas, que se encontram nas áreas que poderiam sofrer um impacto adverso em função da atividade minerária. Para isto, avaliou-se os sedimentos coletados nas nascentes inseridas nas áreas de estudo local e regional de avaliação do presente EIA.

O sedimento pode ser considerado como resultado da integração de todos os processos que ocorrem em um sistema aquático.

Visando caracterizar quimicamente os sedimentos das nascentes inseridas na área de estudo do EIA, em nível local e regional, determinou-se a concentração de alguns elementos, os quais foram reunidos em três grupos: elementos traços (Hg, Pb, Cd, As e Ni); macroelementos (Al, Si, K, Na, P, Ca, Ti e Fe) e microelementos (Mn, Mg, Cu, Zn, Co e Cr). Para isto, foi realizada uma campanha de amostragem na data 20/07/21.

Os macro e microelementos foram analisados por Raios X e os elementos traços por Espectrometria de emissão óptica com plasma - ICP OES.

#### 9.11.4.2 Estações de Amostragem de sedimento

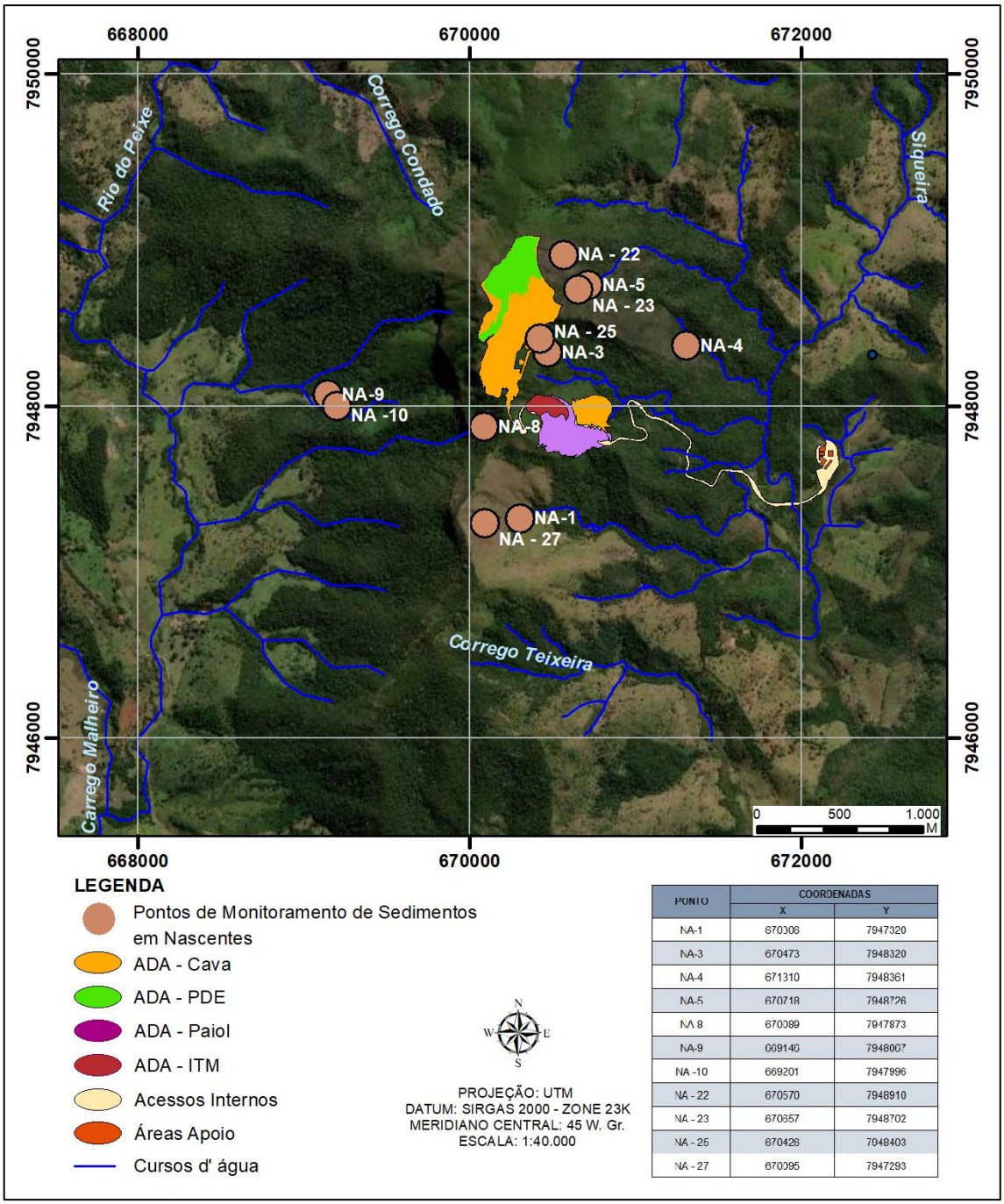
Neste item serão apresentados os locais de coleta de sedimento das nascentes que estão inseridos nas áreas de estudo local e regional do empreendimento.

As amostras de sedimento de fundo foram coletadas nos mesmos locais em que foram amostradas as águas das nascentes na data 20/07/21. A tabela a seguir apresenta os pontos de coleta de sedimentos coletados às margens das nascentes.

Tabela 9.136 – Pontos de coleta de sedimentos de nascentes (UTM - SIRGAS 2000).

| Ponto de Coleta | Descrição do Ponto | UTM-E | UTM-N |
|---|---|---|---|
| NA-1 | Nascente do afluente do córrego Siqueira. | 670306 | 7947320 |
| NA-3 | Nascente do afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava maior. | 670473 | 7948320 |
| NA-4 | Nascente do afluente do córrego Siqueira, a jusante da pilha de estéril Franco e cava maior. | 671310 | 7948361 |
| NA-5 | Nascente do afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava maior e da pilha de estéril Franco. | 670718 | 7948726 |
| NA-8 | Nascente do afluente do rio do Peixe | 670089 | 7947873 |
| NA-9 | Nascente do afluente do rio do Peixe | 669146 | 7948067 |
| NA-10 | Nascente do afluente rio do Peixe | 669201 | 7947996 |
| NA-22 | Nascente do afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava maior e da pilha de estéril Franco. | 670570 | 7948910 |
| NA-23 | Nascente do afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava maior e da pilha de estéril Franco. | 670657 | 7948702 |
| NA-25 | Nascente do afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava maior. | 670426 | 7948403 |
| NA-27 | Nascente do afluente do córrego Siqueira. | 670095 | 7947293 |

A figura a seguir ilustra uma imagem de satélite exibindo a área do futuro empreendimento, destacando-se os pontos de sedimentos de nascentes a serem avaliados no presente estudo.




| PONTO | COORDENADAS | |
|---|---|---|
| | X | Y |
| NA-1 | 670306 | 7947320 |
| NA-3 | 670473 | 7948320 |
| NA-4 | 671310 | 7948361 |
| NA-5 | 670718 | 7948726 |
| NA 8 | 670089 | 7947873 |
| NA-9 | 669140 | 7948067 |
| NA -10 | 669201 | 7947996 |
| NA - 22 | 670570 | 7948910 |
| NA - 23 | 670357 | 7948702 |
| NA - 25 | 670426 | 7948403 |
| NA - 27 | 670095 | 7947293 |

Figura 9-372 - Imagem satélite contendo as futuras estruturas do Projeto Serro e locais dos pontos de monitoramento de nascentes.

A seguir são apresentadas as estações de amostragem onde foram coletadas as amostras de sedimento.

Ressalta-se que na data 20/07/21 as nascentes NA-2, NA-6, NA-7, NA-23, NA-25 e NA-27 encontravam-se secas, o que impossibilitou a coleta de água e de sedimento nestes pontos, pois se tratam de nascentes intermitentes.

### 9.11.4.3 Métodos de Amostragem e de Análise de Sedimento

Os métodos de amostragem e de análise neste item se referem à matriz sedimento.

Os trabalhos de coleta e análise foram desenvolvidos pelo laboratório **VISÃO AMBIENTAL LTDA**, tomando-se como referências de análises e amostragens as normas e métodos estabelecidos pelo *"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", em sua 23ª edição de 2017.*

As normas, cuidados e análises empregados na coleta se basearam na NBR 9898, que dispõe sobre a preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Utilizaram-se também as terminologias indicadas pela NBR 9896 e as disposições sobre procedimentos e planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores descritos na NBR 9897.

#### 9.11.4.3.1 *Método de Amostragem*

Os sedimentos foram coletados diretamente nas margens das nascentes, nos mesmos locais de amostragem de água superficial, com auxílio de uma pá de aço inoxidável e/ou uma espécie de rede, acondicionados em sacos plásticos e em seguida identificados.

Figura 9-373 - Coleta de sedimento para análise de elementos químicos e comunidade bentônica.

#### 9.11.4.3.2 *Metodologia de Análise*

As análises foram todas desenvolvidos pelo laboratório VISÃO AMBIENTAL LTDA, tomando-se como referências de análises os métodos estabelecidos pelo *"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", em sua 23ª edição de 2017.*

### 9.11.4.4 Discussão dos resultados dos parâmetros químicos avaliados nos pontos de coleta de sedimento.

Para a discussão dos resultados dos parâmetros traços analisados nas amostras de sedimentos coletados nas margens das nascentes inseridas na área de estudo do EIA, serão tomados como referência os valores guias estabelecidos na *Resolução CONAMA Nº454, de 01 de novembro de 2012*, que estabelece diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas de jurisdição nacional.

Diversos estudos foram desenvolvidos no sentido de mensurar os riscos que a concentração de um determinado elemento estocado em sedimento pode oferecer à biota aquática. Estes estudos visam estabelecer guias que norteassem a qualidade dos sedimentos, os chamados Valores Guias da Qualidade dos Sedimentos (VGQS) que têm sido largamente utilizados para avaliar o risco de contaminação de sedimentos (OLIVEIRA et al, 2018 apud Mac DONALD et al, 2000).

Como no Brasil não há uma legislação específica para sedimentos, foram utilizados valores guias estipulados na *Resolução CONAMA Nº 454/2012* citada acima. Os valores guias têm como referência publicações oficiais canadenses, norte-americanas e europeias, as quais encontram-se listadas nesta resolução.

A resolução prevê dois níveis de classificação do material a ser dragado em portos:

- I - nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota
- II - nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota.

O enquadramento do material dragado em uma das classes obedecerá ao disposto nos valores orientadores da resolução

Os resultados também foram comparados com os valores de prevenção (*Treshold Effects Level* – TEL) do *Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008* (NOAA – SQRT).

A próxima tabela apresenta os níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012 e os valores de prevenção (TEL) da NOAA – SQRT para inorgânicos em sólido.

Tabela 9.137- Parâmetros Legais de Referência para Sedimentos de Água Doce.

| Elementos Químicos | Unidade | Níveis de Classificação – Água Doce* | | NOAA - SQRT 2008** |
|---|---|---|---|---|
| | | Nível 1 | Nível 2 | TEL |
| Arsênio (As) | $mg.kg^{-1}$ | 5,9 | 17 | 5,9 |
| Cádmio (Cd) | $mg.kg^{-1}$ | 0,6 | 3,5 | 0,59 |
| Chumbo (Pb) | $mg.kg^{-1}$ | 35 | 91,3 | 35 |
| Cobre (Cu) | $mg.kg^{-1}$ | 35,7 | 197 | 35,7 |
| Cromo (Cr) | $mg.kg^{-1}$ | 37,3 | 90 | 37,3 |
| Ferro (Fe) | % | - | - | 2,00 |
| Manganês | $mg.kg^{-1}$ | - | - | 460 |
| Mercúrio (Hg) | $mg.kg^{-1}$ | 0,17 | 0,486 | 0,17 |
| Níquel (Ni) | $mg.kg^{-1}$ | 18 | 35,9 | 18 |
| Zinco (Zn) | $mg.kg^{-1}$ | 123 | 315 | 123 |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

#### 9.11.4.4.1 *Arsênio (As)*

O metaloide arsênio é encontrado em ambiente natural nos estados de oxidação -3, +3 e +5. É um veneno bem conhecido, e não é um elemento essencial para o corpo humano. Na água, esse metaloide é encontrado em dois estados de oxidação: +3 e +5. Ocorre raramente em estado nativo e tem como principais minerais a arsenopirita (FeAsS), loellingita ($FeAs_2$), ouro-pigmento ($As_2S_3$) e o realgar (AsS).

Os resultados das análises de arsênio nos sedimentos coletados nos pontos de coleta na data 20/07/21 podem ser observados através da tabela e da figura abaixo.

Como pode ser verificado através na tabela abaixo o arsênio acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<10,0 $mg.Kg^{-1}$) em todos os pontos de coleta, sendo que os valores guias estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/2012 e TEL (NOAA SQRT 2008) também constam nesta tabela.

Tabela 9.138 - Resultados em $mg.kg^{-1}$ (ppb) do metaloide arsênio nas amostras de sedimentos coletados nas nascentes.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais ($mg.kg^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| As ($mg.kg^{-1}$) | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | **SECO** | <10,0 | <10,0 | **SECO** | | | **5,9** | **17** | **5,9** |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

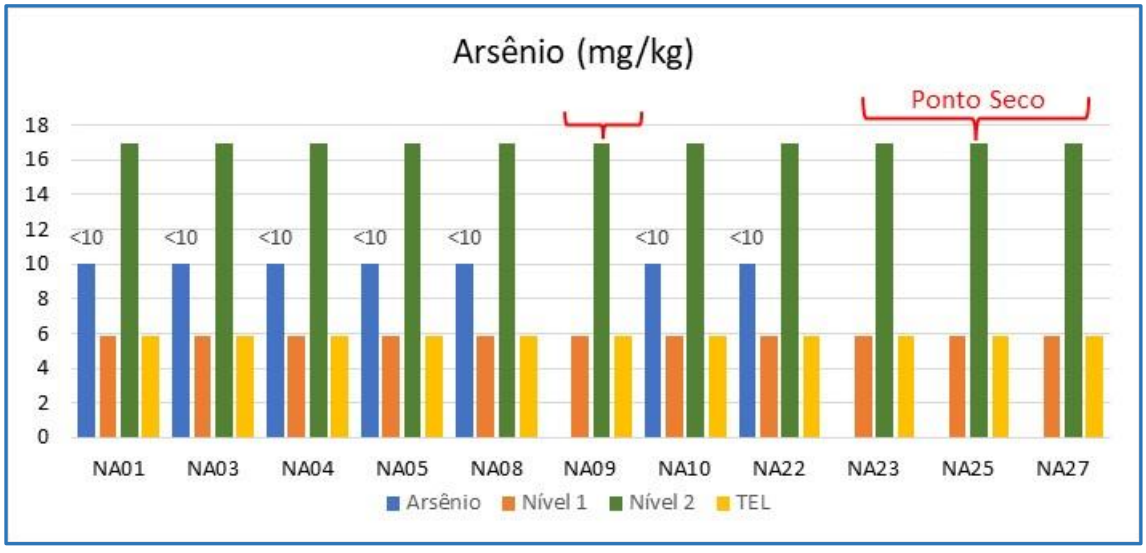



Figura 9-374 - Resultados de arsênio em $mg.kg^{-1}$ em sedimentos coletados em 20/07/2021.

#### 9.11.4.4.2 *Bário (Ba)*

O bário é um metal alcalino-terroso que compõe 0,05% da crosta terrestre. Ocorre naturalmente em depósitos de minério e pode ser liberado no meio ambiente por processos tanto naturais quanto antropogênicos

Os resultados das análises de bário nos sedimentos coletados nas nascentes na data 20/07/21 podem ser observados através da tabela e da figura abaixo.

Como pode ser verificado através da tabela abaixo o bário acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<3,0 mg.Kg$^{-1}$) em todos os pontos de coleta. A Resolução CONAMA 454/2012 e TEL (NOAA SQRT 2008) não estabeleceram valores guias para o bário. Se comparado com limite para solo, de acordo com a Resolução 420, de 28 de dezembro de 2009, o valor de referência de prevenção para bário é de 150 mg.Kg$^{-1}$ de peso seco.

Tabela 9.139 - Resultados em mg.kg$^{-1}$ (ppb) do bário nas amostras de sedimentos coletadas nas nascentes em 20/07/21.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ba (mg.kg$^{-1}$) | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | SECO | <3,0 | <3,0 | SECO | | | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

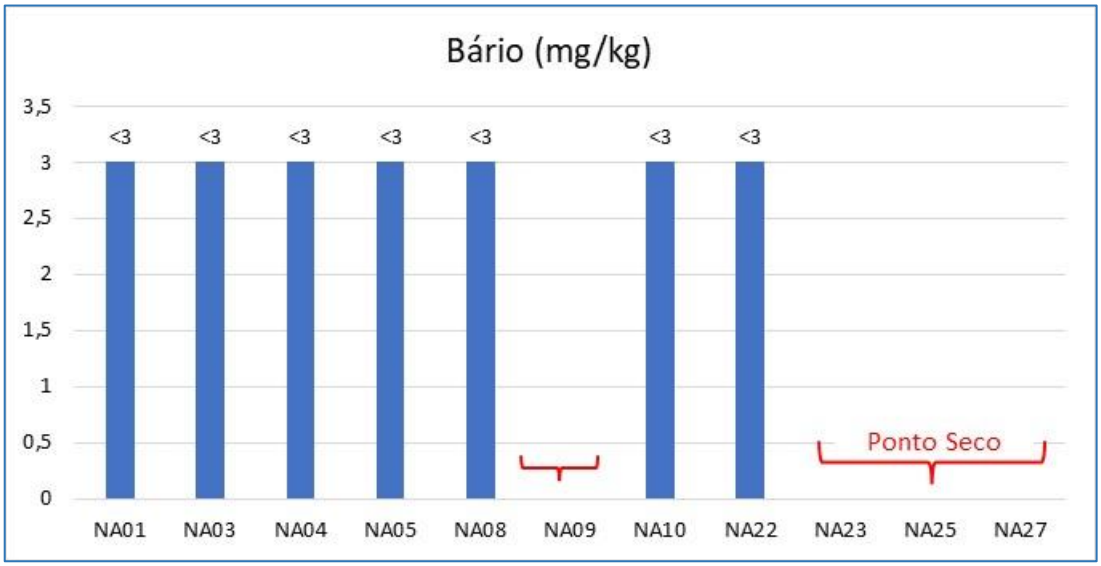



Figura 9-375 - Resultados de bário em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em 07/2021.

#### 9.11.4.4.3 *Berílio (Be)*

A principal fonte de compostos de berílio na água parece ser a liberação da queima de carvão e do seu uso industrial. Outras fontes de berílio na água superficial é a deposição de berílio atmosférico e intemperismo de rochas e solos. É mais provável que o berílio esteja presente no sedimento ou adsorvido a matéria suspensa do corpo de água, do que estar presente na solução, uma vez que os sais solúveis de berílio sofrem hidrólise no sedimento em pH neutro.[53]

Os resultados das análises de berílio nos sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21 podem ser observados através da tabela e da figura abaixo.

Como pode ser verificado através da tabela abaixo o berílio acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<3,0 mg.Kg$^{-1}$) em todos os pontos de coleta. A Resolução CONAMA 454/2012 e TEL (NOAA SQRT 2008) não estabeleceram valores guias para o berílio.

Tabela 9.140 - Resultados em mg.kg$^{-1}$ (ppb) do berílio nas amostras de sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Be (mg.kg$^{-1}$) | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | SECO | <3,0 | <3,0 | SECO | | | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

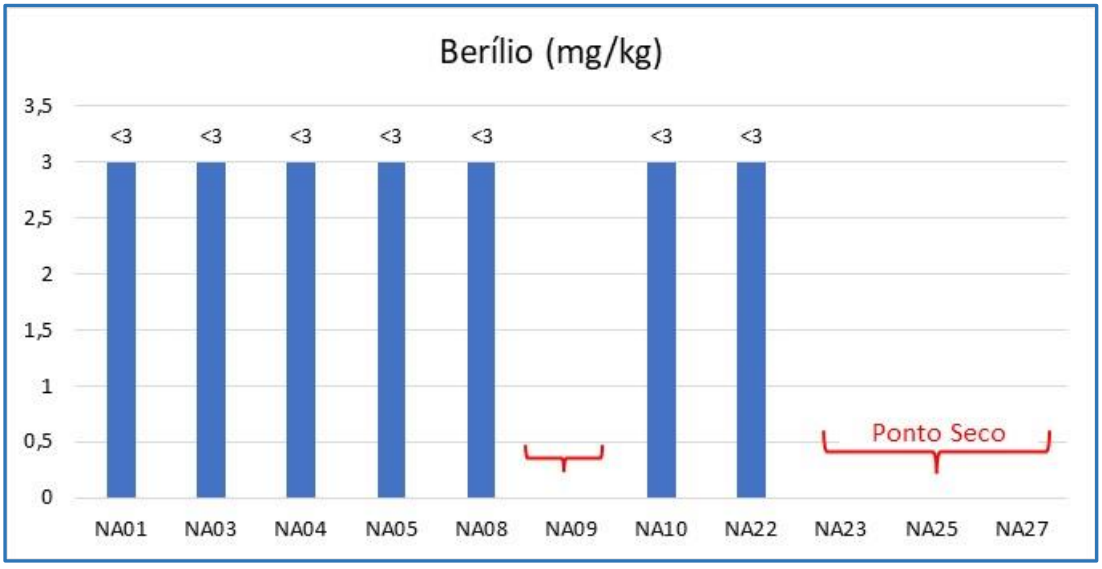



Figura 9-376 - Resultados de berílio em mg.kg$^{-1}$ em amostras de sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21.

[53] Fonte: https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2019/01/Ber%C3%ADlio.pdf

#### 9.11.4.4.4 *Cádmio (Cd)*

O cádmio é um metal de transição, com coloração branco acinzentado, podendo se apresentar na cor prata esbranquiçado, azulado ou metálico lustroso.

O cádmio pode adentrar sistemas aquáticos devido a inúmeros fatores, tais como: intemperismo, erosão do solo e da camada de rocha viva, descargas atmosféricas diretas devido a operações industriais, vazamento de aterros e locais contaminados e pelo uso de lodo de esgoto e fertilizantes na agricultura (AZEVEDO & CHASIN, 2003 apud LIU H-M at al, 2002).

O cádmio do ponto de vista biológico, não é nem essencial e nem benéfico. É considerado bioacumulativo, ou seja, tem a capacidade de se acumular ao longo da cadeia alimentar, como o chumbo e o mercúrio.

Os resultados das análises de cádmio nos sedimentos coletados nas nascentes na data 20/07/21 podem ser observados através da tabela e da figura abaixo.

Como pode ser verificado através da tabela abaixo o metal pesado cádmio acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<10,0 mg.Kg$^{-1}$) em todos os pontos de coleta, sendo que os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/2012 e TEL (NOAA SQRT 2008), se encontram também nesta tabela.

Os resultados obtidos para cádmio nas duas matrizes água e sedimento, indicam que o sedimento não armazenou este elemento traço, assim como a água, que também apresentou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,001 mg.L$^{-1}$) em todos os pontos de coleta.

Tabela 9.141 - Resultados em mg.kg$^{-1}$ (ppb) do cádmio nas amostras de sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cd (mg.kg$^{-1}$) | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | <10,0 | SECO | <10,0 | <10,0 | SECO | | | 0,6 | 3,5 | 0,59 |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

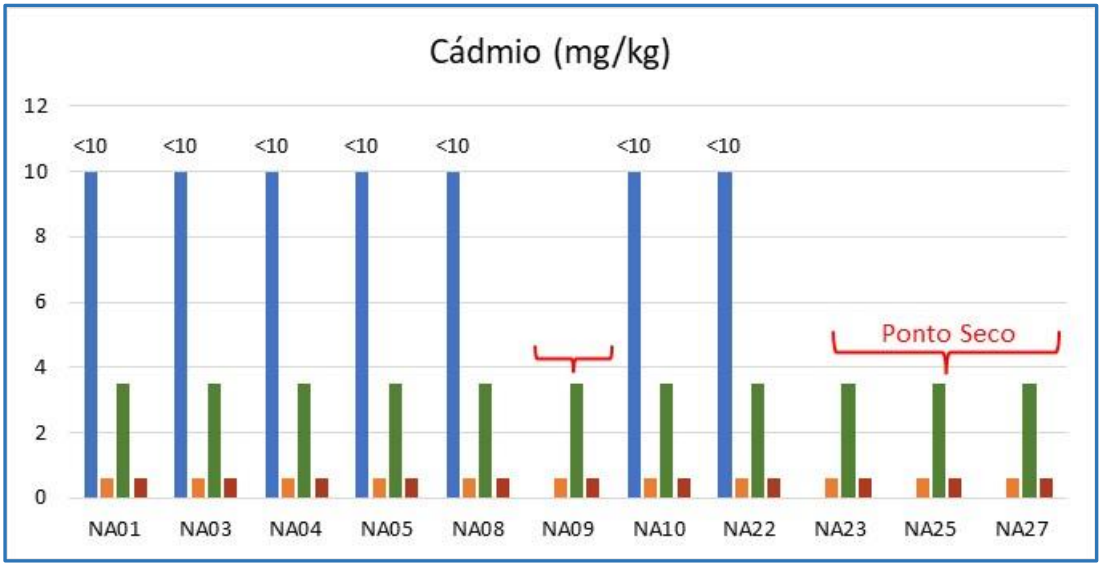



Figura 9-377 - Resultados de cádmio em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021.

#### 9.11.4.4.5 *Chumbo (Pb)*

O chumbo não possui efeitos benéficos ou nutricionais desejáveis. Ele é um metal tóxico que tende a se acumular nos tecidos do homem e de outros animais produzindo uma toxicidade crônica ou aguda, podendo ser letal. Ele é altamente tóxico para peixes.

Como o cádmio e o mercúrio, tem a propriedade de se acumular na cadeia alimentar (bioacumulativo).

Os resultados das análises de chumbo nos sedimentos coletados nas nascentes na data 20/07/21 podem ser observados através da tabela e da figura a seguir.

Como pode ser verificado através da tabela abaixo o metal pesado chumbo acusou teores oscilando de inferior ao limite de quantificação do método de análise (<8,0 mg.Kg$^{-1}$) a 14 mg.Kg$^{-1}$ nos pontos de coleta, sendo inferiores aos valores de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/2012 e TEL (NOAA SQRT 2008), os quais se encontram na mesma tabela. As nascentes NA01 e NA08 acusaram o teor mais baixo, sendo inferior ao limite de quantificação (<8,0 mg.Kg$^{-1}$) e a nascente NA22 acusou o teor mais alto de 14 mg.Kg$^{-1}$.

Em todos os pontos de coleta analisados, o chumbo esteve abaixo dos valores de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/2012 e TEL (NOA SQRT 2008), sugerindo que nesses pontos os sedimentos não estão contaminados por ele.

O chumbo não foi detectado nas águas superficiais. Em todos os pontos de coleta de água o chumbo esteve inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,010 mg.L$^{-1}$), sugerindo que o chumbo não está sendo mobilizado para a coluna d'água.

Tabela 9.142 - Resultados em mg.kg$^{-1}$ (ppb) do chumbo nas amostras de sedimentos coletados nas nascentes na data 20/07/21.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pb (mg.kg$^{-1}$) | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 8 | 12 | <8 | 9 | <8 | Seco | 11 | 14 | Seco | | | 35 | 91,3 | 35 |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

O chumbo não foi detectado nas amostras de águas coletadas nos pontos onde foram avaliados os sedimentos.

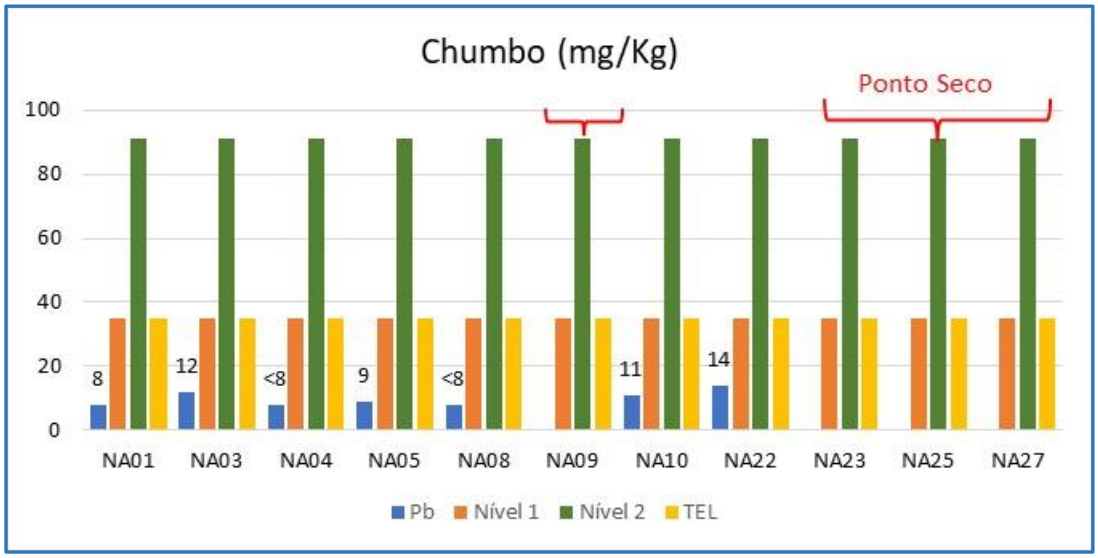



Figura 9-378 - Resultados de chumbo em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados em nascentes em 20/07/21.

#### 9.11.4.4.6 *Cobalto (Co)*

Os resultados das análises de cobalto nos sedimentos coletados nas nascentes na data 20/07/21 podem ser observados através da tabela e da figura abaixo.

Como pode ser verificado através da tabela abaixo o cobalto acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<3,0 mg.Kg$^{-1}$) em todos os pontos de coleta. A Resolução CONAMA 454/2012 e TEL (NOAA SQRT 2008) não estabeleceram valores guias para o cobalto.

Tabela 9.143 - Resultados em mg.kg$^{-1}$ (ppb) do cobalto nas amostras de sedimentos coletados nas nascentes na data 20/07/21.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Co (mg.kg$^{-1}$) | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | Seco | <3,0 | <3,0 | Seco | | | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

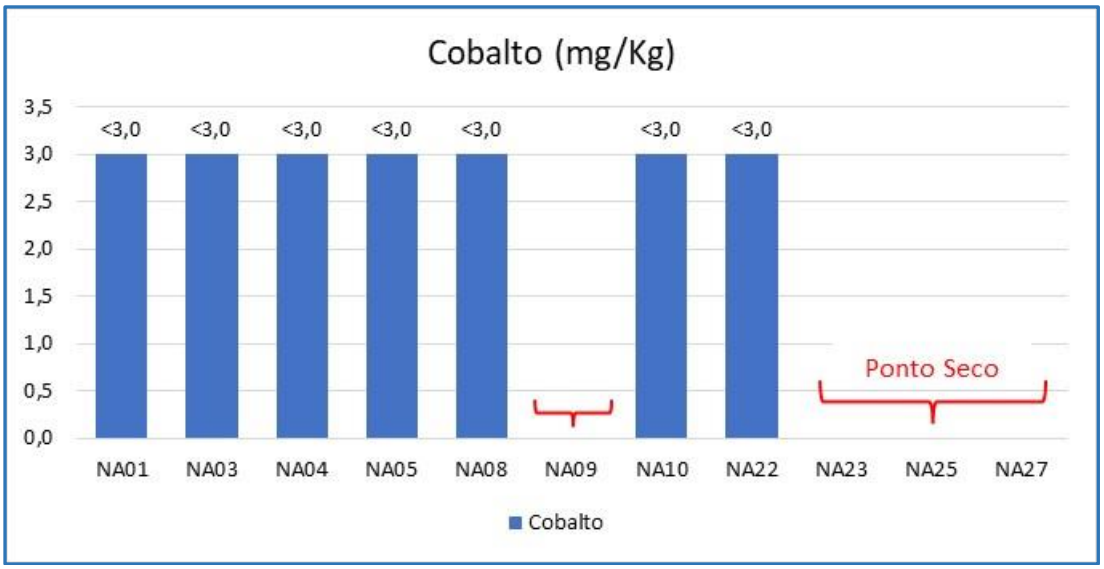



Figura 9-379 - Figura 9.198 – Resultados de cobalto em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021.

### 9.11.4.4.7 *Cobre (Cu)*

Apresenta quatro estados de oxidação: metálico ($Cu^0$); íon cuproso ($Cu^+$); íon cúprico ($Cu^{+2}$) e o íon trivalente ($Cu^{+3}$). Assim como o Ni, Zn e Pb, possui forte afinidade com o enxofre, formando minerais sulfetados sob condições redutoras.

Algumas fontes antropogênicas de cobre para o meio ambiente incluem mineração, fundição, queima de carvão como fonte de energia, corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir de usos agrícolas do cobre como fungicida e pesticida no tratamento de solos e efluentes, além de precipitação atmosférica de fontes industriais. Também pela excreção de animais.

Por se tratar de um metal de amplo emprego, é frequentemente encontrado nas águas receptoras de lixo e de esgotos domésticos e industriais.

O cobre é um elemento essencial aos organismos vivos em pequenas quantidades[54].

Os resultados das análises de cobre nos sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21 podem ser observados através da tabela abaixo e da figura a seguir.

Como pode ser verificado através da tabela abaixo, o cobre acusou teores oscilando de 3 (NA05) a 33 mg.Kg$^{-1}$ (NA10), sendo toso os resultados inferiores aos níveis limiares 1 e 2 da Resolução CONAMA 454/2012 e do Valor de Prevenção (TEL (NOAA SQRT 2008).

Em termos de águas superficiais o cobre esteve inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,005 mg.L$^{-1}$ em todas as nascentes avaliadas.

Tabela 9.144 - Resultados em mg.kg$^{-1}$ (ppb) do cobre nas amostras de sedimentos coletadas nas nascentes em 20/07/21.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cu (mg.kg$^{-1}$) | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 12 | 5 | 20 | 3 | 14 | **Seco** | 33 | 11 | **Seco** | | | **35,7** | **197** | **35,7** |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

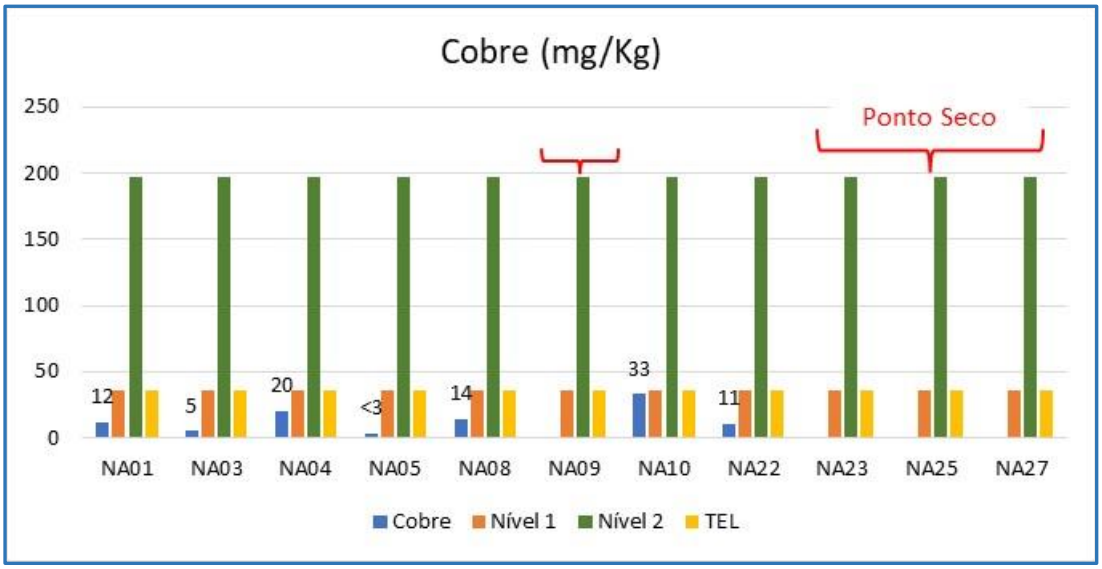



Figura 9-380 - Resultados de cobre em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021.

### 9.11.4.4.8 *Mercúrio total (Hg)*

O mercúrio (do latim – hydrargyrum) é um metal de cor prateada, extremamente pesado, líquido à temperatura ambiente e sem odor. Raramente ocorre livre na natureza, é líquido em condições de

[54] Fonte: Cobre.pdf (cetesb.sp.gov.br)

temperatura ambiente. Seu principal mineral é o cinábrio (HgS). O mercúrio emite vapores perceptíveis mesmo a frio. Começa a evaporar em temperatura em torno de 40º C e o seu vapor não tem cor e nem cheiro.

A principal fonte natural de mercúrio é a própria massa terrestre e seu processo geotérmico. Encontra-se amplamente distribuído no meio ambiente.

O mercúrio tem a propriedade também de bioacumulação e biomagnificação. A bioacumulação é o processo pelo qual os seres vivos absorvem e retêm substâncias químicas no seu organismo quando a taxa de ingestão é maior ou igual à taxa de eliminação. O grau de bioacumulação de um poluente é influenciado por uma série de fatores que dependem do ecossistema. A biomagnificação é a propagação desse efeito resultante do acúmulo do contaminante nos tecidos dos organismos vivos, quando há a passagem por cada nível trófico da cadeia alimentar.

O mercúrio não é considerado essencial para os seres vivos.

Os resultados das análises de mercúrio nos sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21 podem ser observados através da tabela e da figura abaixo.

Como pode ser verificado através da tabela abaixo, o mercúrio total acusou um teor inferior ao limite de quantificação do método de análise (<2,0 mg.Kg$^{-1}$) em todos os pontos de coleta analisados, sendo os respectivos níveis limiares 1 e 2 da Resolução CONAMA 454/2012 iguais a 0,17 e 0,486 mg.L$^{-1}$ respectivamente e o Valor de Prevenção (TEL (NOAA SQRT 2008)) igual a 0,17 mg.L$^{-1}$.

O mercúrio esteve abaixo do limite de quantificação do método de análise (<0,0002 mg.L$^{-1}$) nas amostras de água coletadas nos mesmos pontos de sedimento, com exceção da nascente NA22 que acusou um teor de 0,0002 mg.L$^{-1}$.

Os resultados obtidos para mercúrio total nas águas superficiais e sedimentos sugerem que estes compartimentos não estão contaminados pelo metal pesado mercúrio.

Tabela 9.145 - Resultados em mg.kg$^{-1}$ (ppb) do mercúrio nas amostras de sedimentos coletadas nas nascentes em 20/07/21.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hg (mg.kg$^{-1}$) | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | Seco | <2,0 | <2,0 | Seco | | | 0,17 | 0,486 | 0,17 |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

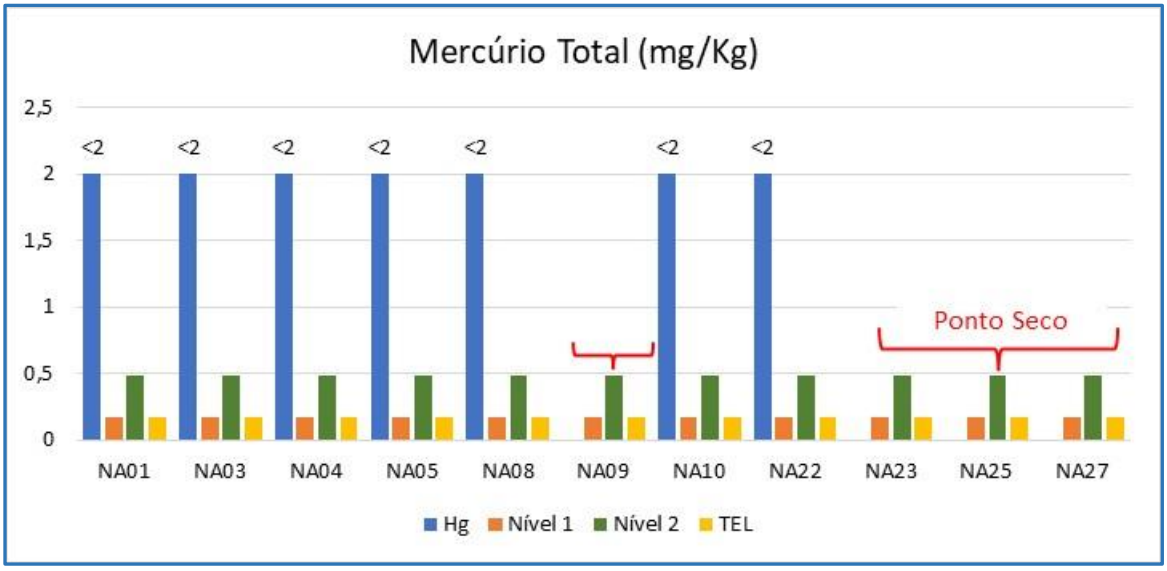



Figura 9-381 - Resultados de mercúrio em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021.

#### 9.11.4.4.9 *Níquel total (Ni)*

O níquel ocorre naturalmente em vários tipos de rochas e pode entrar para o meio ambiente através dos mecanismos de degradação da rocha.

O níquel também é encontrado em fertilizantes.

A maioria dos compostos de níquel é relativamente solúvel em pH,6,5. Entretanto, o metal existe predominantemente na forma insolúvel, como hidróxido de níquel, em pH>6,7.

Nos rios é transportado como partículas precipitadas com material orgânico; nos lagos, a forma iônica é predominante, associada com material orgânico (AZEVEDO & CHASIN, 2003).

O metal não é acumulado em quantidades significativas por organismos aquáticos.

Os resultados das análises de níquel nos sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21 podem ser observados através da tabela abaixo e da figura a seguir.

Como pode ser verificado através da tabela abaixo, o níquel total acusou nas amostras de sedimento teores que oscilaram de <3,0 (NA04, NA05 e NA22) a 34 mg.Kg$^{-1}$ (NA10). Somente a nascente NA10 acusou um teor superior ao Nível 1 estabelecido pela Resolução CONAMA 454/2012 e ao TEL (NOAA SQRT 2008). Esta nascente acusou um teor inferior somente ao Nível 2 estabelecido pela Resolução CONAMA 454/2012. Os demais resultados foram inferiores aos níveis 1 e 2 da Resolução CONAMA 454/2012 e ao valor de prevenção do TEL (NOAA SQRT 2008).

Ressalta-se que o empreendimento ainda não foi instalado, estes resultados servem para se avaliar o compartimento sedimento antes da empresa ser instalada e entrar em operação, ou seja, um retrato da qualidade atual do sedimento dos cursos d'água nas áreas de estudo.

Tabela 9.146 - Resultados em mg.kg$^{-1}$ (ppb) do níquel nas amostras de sedimentos coletadas nas nascentes em 20/07/21.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ni (mg.kg$^{-1}$) | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 12 | 6 | <3 | <3,0 | 9 | Seco | 34 | <3,0 | Seco | | | 18 | 35,9 | 18 |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

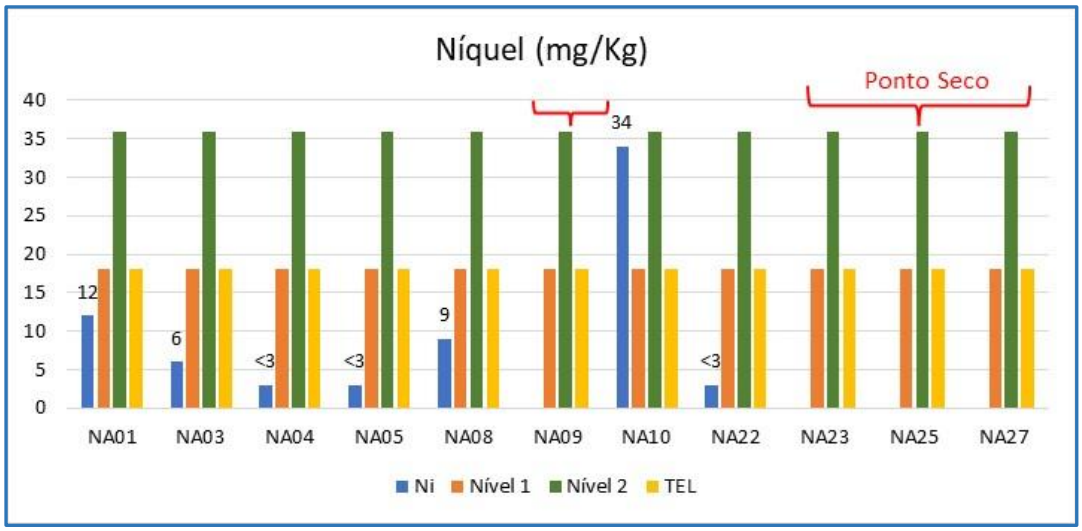



Figura 9-382 - Resultados de níquel em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021.

### 9.11.4.4.10 *Zinco total (Zn)*

É um dos elementos mais encontrados na Terra. Pode ser encontrado no ar, no solo, na água e está naturalmente presente nos alimentos. O zinco se distribui pelo ar, pela água e pelo solo como resultado de processos naturais e atividades humanas. Grande quantidade de zinco entra no ambiente como resultado das atividades antropogênicas, como mineração, purificação de zinco, chumbo, cádmio, produção de aço, queima de carvão e de lixo (AZEVEDO & CHASIN, 2003).

Embora o zinco seja um requisito essencial para uma boa saúde, o excesso dele pode ser prejudicial. Absorção excessiva de zinco suprime a absorção de cobre e de ferro. O zinco metálico não é considerado tóxico, porém alguns de seus compostos, como o óxido e o sulfeto, são nocivos.

Os resultados de zinco obtidos nas amostras de sedimentos coletadas nas nascentes na data 20/07/21 podem ser observados através da tabela e da figura abaixo.

Como pode ser verificado através da tabela abaixo, o zinco total acusou em todas as amostras de sedimento teores inferiores aos valores limiares e de prevenção e oscilou de <3,0 (NA05) a 45 mg.Kg$^{-1}$ (NA10).

Tabela 9.147 - Resultados em mg.kg$^{-1}$ (ppb) do zinco nas amostras de sedimentos coletadas nas nascentes em 20/07/21.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zn (mg.kg$^{-1}$) | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 19 | 10 | 7 | <3,0 | 17,0 | **Seco** | 45 | 15 | Seco | | | **123** | **315** | **123** |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

O zinco não foi detectado nas amostras de águas superficiais. Em todos os pontos o zinco acusou um teor inferior ao limite de detecção do método de análise (<0,05 mg.L$^{-1}$). Este resultado indica que o zinco presente nos sedimentos não está sendo mobilizado para a coluna d'água.

Alguns fatores como pH, potencial redox, salinidade, capacidade de troca de cátions, a concentração de zinco, vão influenciar na mobilidade relativa do zinco.

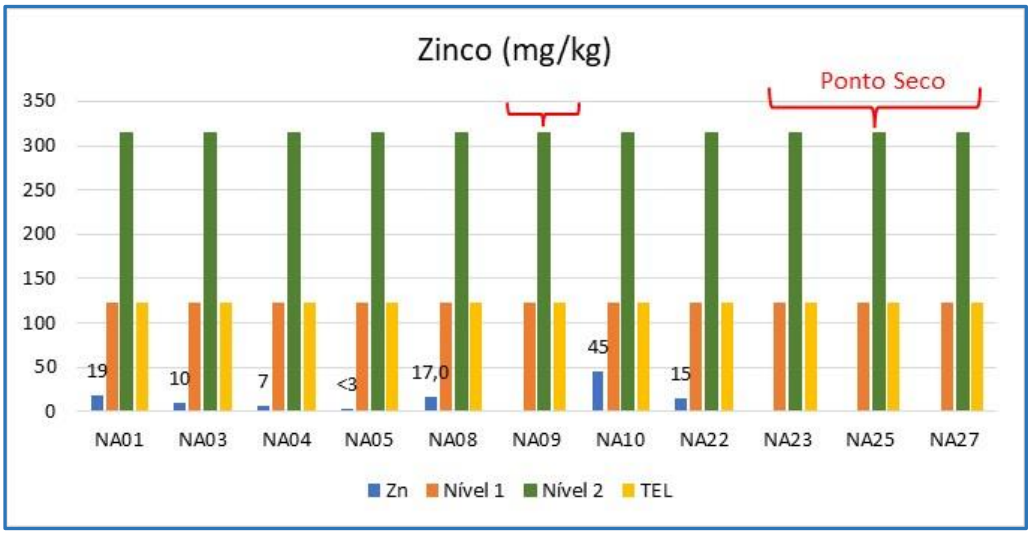



Figura 9-383 - Resultados de zinco em mg.kg$^{-1}$ em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021.

### 9.11.4.4.11 *pH*

Os resultados de pH medidos nas amostras de sedimento coletadas nas nascentes em 20/07/21 podem ser observados através da tabela e da figura abaixo.

O pH oscilou de 4,9 (NA04) a 7,1 (NA22), caracterizando as águas como ácidas a ligeiramente alcalinas. O pH nas amostras coletadas no rio do peixe acusaram valores ligeiramente ácidos. Já no córrego Siqueira e seu afluente oscilaram de ácido a ligeiramente alcalino.

Tabela 9.148 - Resultados de pH nas amostras de sedimentos coletadas nas nascentes em 20/07/21.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 6,4 | 7,0 | 4,9 | 6,7 | 6,5 | Seco | 7,0 | 7,1 | Seco | | | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

O pH ácido favorece a mobilização dos metais contidos no sedimento para a coluna d'água.

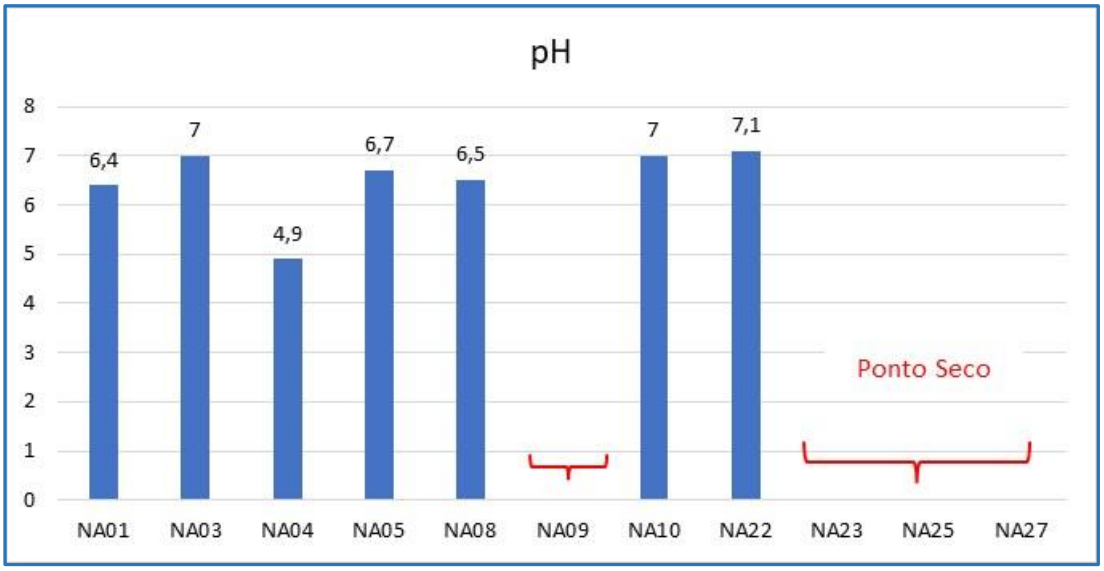



Figura 9-384 - Resultados de pH em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021.

### 9.11.4.4.12 *Óxido de Alumínio (Al2O3)*

Os resultados de óxido de alumínio detectados nas amostras de sedimento coletadas nas nascentes em 20/07/21 podem ser observados através da tabela abaixo e da figura a seguir.

O alumínio na forma de óxido ($Al_2O_3$ - Alumina) foi detectado em todas as estações de amostragem, onde variou de 2,96 (NA04) a 17,99 mg.Kg$^{-1}$ (NA10). O menor teor foi detectado no afluente do córrego Siqueira e o maior no afluente do rio do Peixe.

Tabela 9.149 - Resultados de óxido de alumínio (mg/Kg) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais ($mg.kg^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Al_2O_3$ ($mg.Kg^{-1}$) | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 15,62 | 8,52 | 2,96 | 6,36 | 5,97 | Seco | 17,99 | 6,67 | Seco | | | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

A Resolução CONAMA 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o alumínio em sedimento.

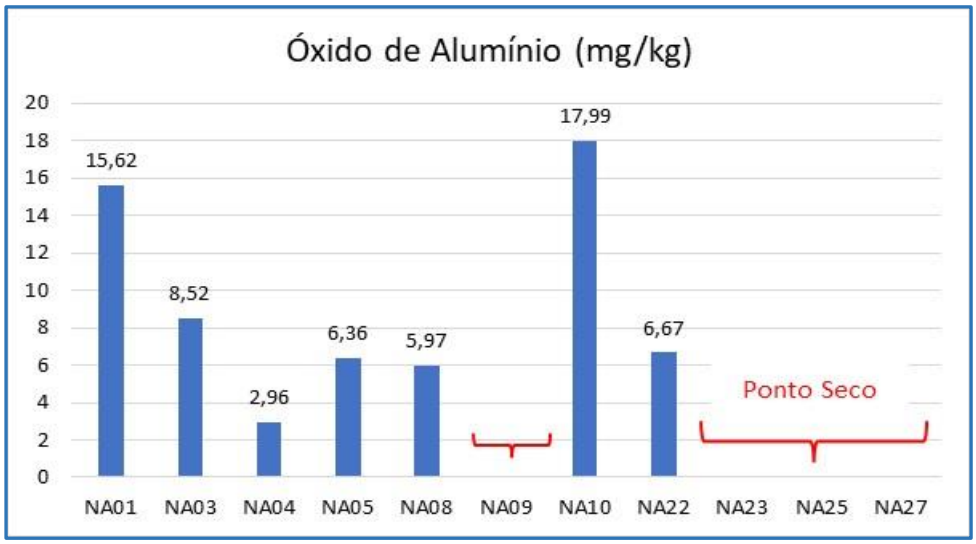



Figura 9-385 - Resultados de óxido de alumínio ($mg.Kg^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021.

### 9.11.4.4.13 *Óxido de Cálcio (CaO)*

Os resultados de óxido de cálcio detectados nas amostras de sedimento coletadas nas nascentes em 20/07/21 podem ser observados através da tabela e da figura abaixo.

O óxido de cálcio detectado nas amostras de sedimento das nascentes avaliadas no presente estudo acusou teores reduzidos que oscilaram de 0,02 (NA03 e NA05) a 0,25 $mg.Kg^{-1}$ (NA10).

Os menores valores foram detectados em afluentes do córrego Siqueira e o maior em um afluente do rio do Peixe. Mesmo comportamento foi observado para o óxido de alumínio

A Resolução CONAMA 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o cálcio em sedimento.

Tabela 9.150 - Resultados de óxido de cálcio (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CaO (mg.Kg$^{-1}$) | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 0,04 | 0,02 | 0,04 | 0,02 | 0,11 | **Seco** | 0,25 | 0,12 | **Seco** | | | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

A Resolução CONAMA 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o cálcio em sedimento.

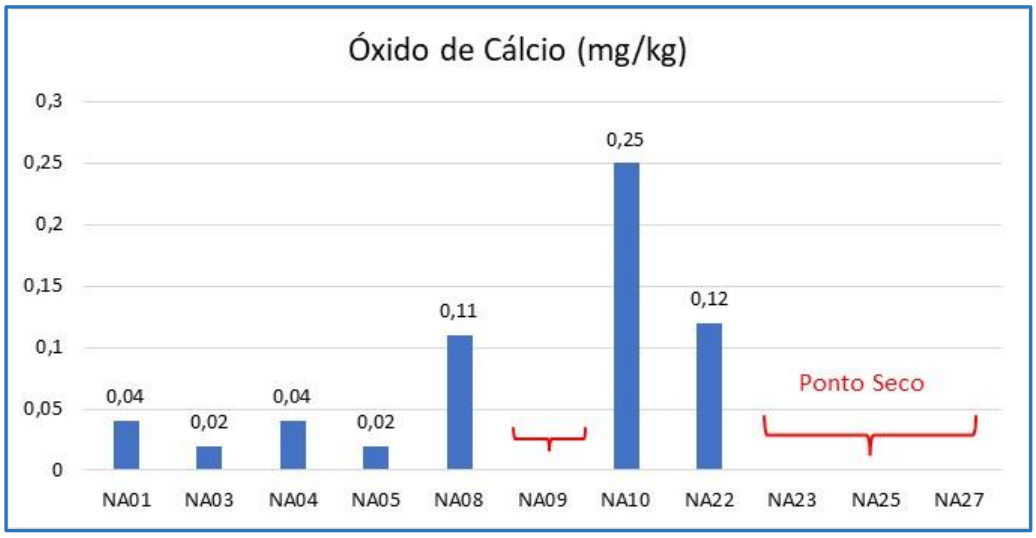



Figura 9-386 - Resultados de óxido de cálcio (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021.

### 9.11.4.4.14 *Óxido de Ferro (Fe2O3) - Hematita*

Os resultados de óxido férrico detectados nas amostras de sedimento coletadas nas nascentes em 20/07/21 podem ser observados através da tabela e da figura abaixo.

O óxido de ferro detectado nas amostras de sedimento das nascentes avaliadas no presente estudo acusou teores reduzidos a elevados, onde oscilou de 5,27 (NA01) a 72,56 mg.Kg$^{-1}$ (NA22).

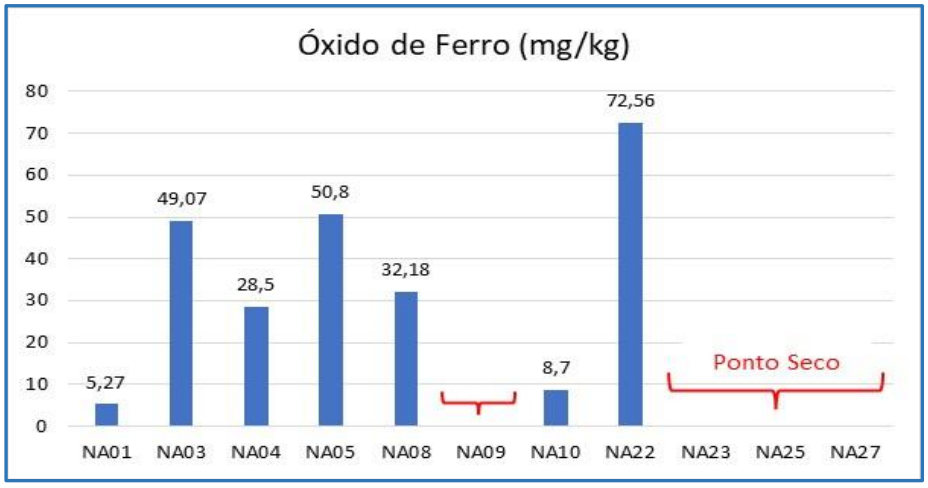
De modo geral, os maiores teores de óxido férrico foram detectados nos afluentes do córrego Siqueira, o que faz sentido, pois estão na área onde há minério de ferro. Como o uso do solo na área do entorno do córrego Siqueira é utilizado principalmente para a pecuária, não tendo sido observado outras atividades antrópicas, os valores provavelmente se devem a geoquímica da região.

A Resolução CONAMA 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o ferro em sedimento. O valor de prevenção estabelecido pela NOAA SQRT 2008 para ferro é de 2% (20.000 mg.Kg$^{-1}$). Em termos de ferro, todos os pontos acusaram valores significativamente inferiores ao valor do TEL (NOAA SQRT 2008).

Tabela 9.151 - Resultados de óxido de ferro em mg.Kg$^{-1}$ em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Fe_2O_3$ (mg.Kg$^{-1}$) | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 5,27 | 49,07 | 28,5 | 50,8 | 32,18 | **Seco** | 8,7 | 72,56 | **Seco** | | | - | - | - |
| Fe (mg.Kg$^{-1}$) | 3,69 | 34,32 | 19,93 | 35,53 | 22,51 | **Seco** | 6,08 | 50,75 | **Seco** | | | - | - | **20.000 (mg.Kg$^{-1}$)** |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.



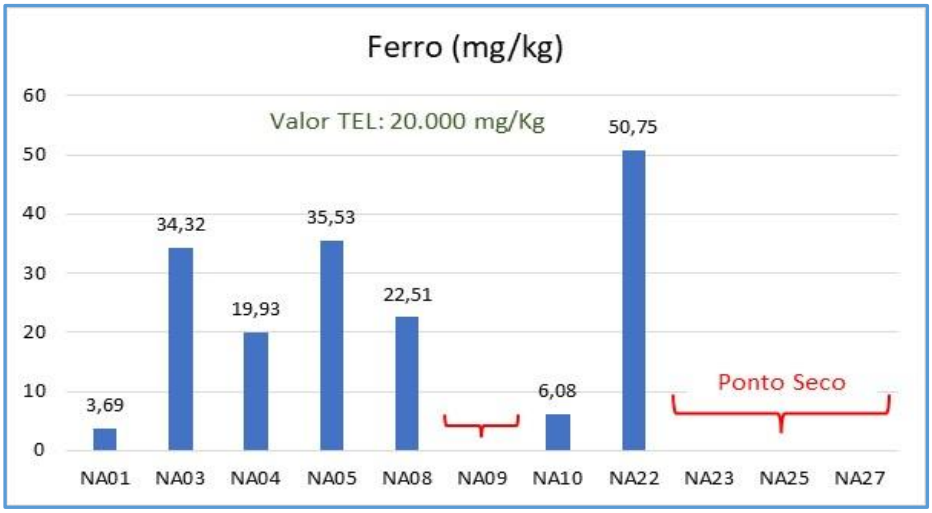




Figura 9-387 - Resultados de óxido de ferro e ferro total em mg.Kg$^{-1}$ em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021.

### 9.11.4.4.15 *Óxido de Magnésio (MgO)*

Os resultados de óxido de magnésio detectados nas amostras de sedimento coletadas nas nascentes em 20/07/21 podem ser observados através da tabela abaixo e da figura abaixo.

O óxido de magnésio detectado nas amostras de sedimento coletadas nas nascentes avaliadas no presente estudo acusou teores reduzidos e em alguns pontos de coleta esteve inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,1 mg.Kg$^{-1}$). Os resultados oscilaram de <0,10 (NA04, NA05 e NA08) a 1,01 mg.Kg$^{-1}$ (NA01).

A Resolução CONAMA 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o magnésio em sedimento.

Tabela 9.152 - Resultados de óxido de magnésio (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MgO (mg.Kg$^{-1}$) | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 1,01 | 0,16 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | **Seco** | 0,24 | 0,11 | **Seco** | | | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

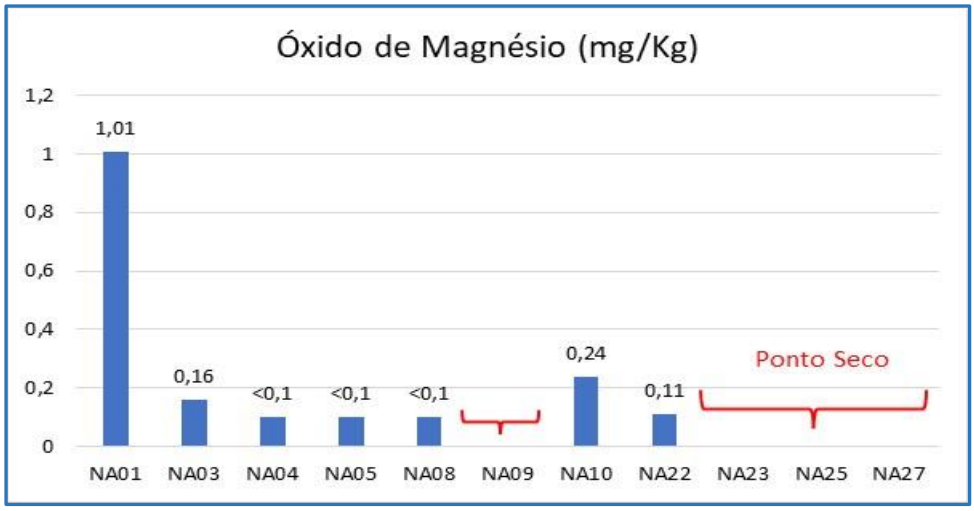



Figura 9-388 - Resultados de óxido de magnésio (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021.

### 9.11.4.4.16 *Óxido de Manganês (MnO)*

Os resultados de óxido de manganês detectados nas amostras de sedimento coletadas nas nascentes em 20/07/21 podem ser observados através da tabela e da figura abaixo.

O óxido de manganês detectado nas amostras de sedimento das nascentes avaliadas no presente estudo acusou teores oscilando de 0,01 (NA05) a 0,05 mg.Kg$^{-1}$ (NA08).

A Resolução CONAMA 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o manganês em sedimento.

Através de cálculos estequiométricos obteve-se a concentração de manganês em mg.Kg$^{-1}$. Comparando-se os teores de manganês com o valor de prevenção TEL de 460 mg.Kg$^{-1}$, verifica-se que

os valores foram muito reduzidos e oscilaram de 0,008 (NA05) a 0,039 mg.Kg$^{-1}$ (NA08), sendo todos inferiores ao valor de prevenção.

Tabela 9.153 - Resultados de óxido de manganês em mg.Kg$^{-1}$ em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MnO (mg.Kg$^{-1}$) | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,05 | **Seco** | 0,02 | 0,04 | **Seco** | | | - | - | - |
| Mn (mg.Kg$^{-1}$) | 0,023 | 0,016 | 0,016 | 0,008 | 0,039 | **Seco** | 0,016 | 0,031 | **Seco** | | | - | - | **460 (mg.Kg$^{-1}$)** |

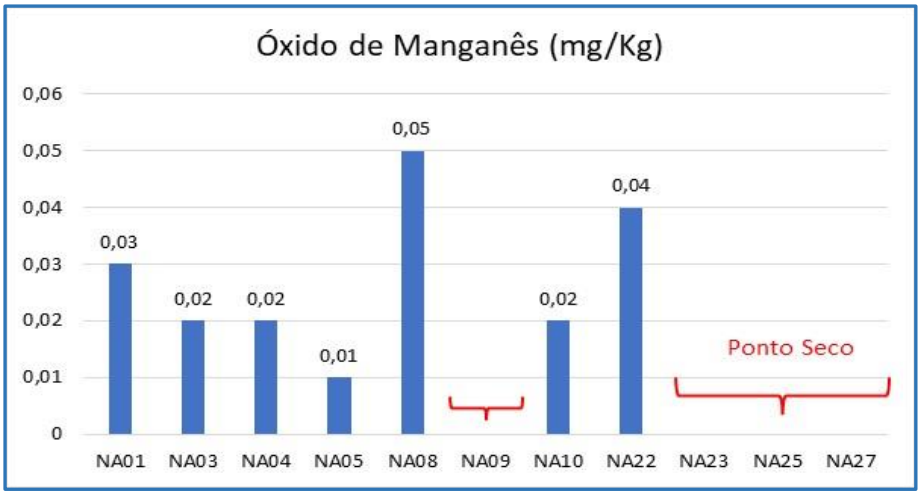



Figura 9-389 - Resultados de óxido de manganês (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021.

### 9.11.4.4.17 *Óxido de Potássio (K2O)*

Os resultados de óxido de potássio detectados nas amostras de sedimento coletadas nas nascentes em 20/07/21 podem ser observados através da tabela e da figura abaixo.

O óxido de potássio detectado nas amostras de sedimento das nascentes avaliadas no presente estudo acusou teores reduzidos e oscilou de 0,05 (NA01) a 0,43 mg.Kg$^{-1}$ (NA22).

A Resolução CONAMA 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o potássio em sedimento.

Tabela 9.154 - Resultados de óxido de potássio (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $K_2O$ (mg.Kg$^{-1}$) | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 0,05 | 0,09 | 0,18 | 0,12 | 0,12 | **Seco** | 0,13 | 0,43 | **Seco** | | | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

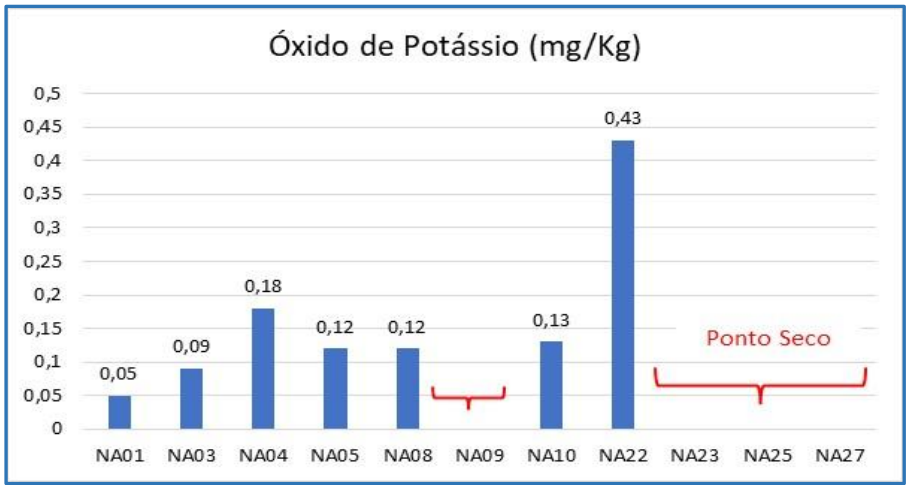



Figura 9-390 - Resultados de óxido de potássio (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021.

### 9.11.4.4.18 *Óxido de Sódio (Na2O)*

Os resultados de óxido de sódio detectados nas amostras de sedimento coletadas nas nascentes em 20/07/21 podem ser observados através da tabela e da figura abaixo.

O óxido de sódio não foi detectado nas amostras de sedimento das nascentes avaliadas no presente estudo. Em todos os pontos de coleta foi inferior ao limite de quantificação do método de análise (<0,10 mg.Kg$^{-1}$).

A Resolução CONAMA 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o sódio em sedimento.

Tabela 9.155 - Resultados de óxido de sódio (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Na_2O$ (mg.Kg$^{-1}$) | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | **Seco** | <0,10 | <0,10 | **Seco** | | | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

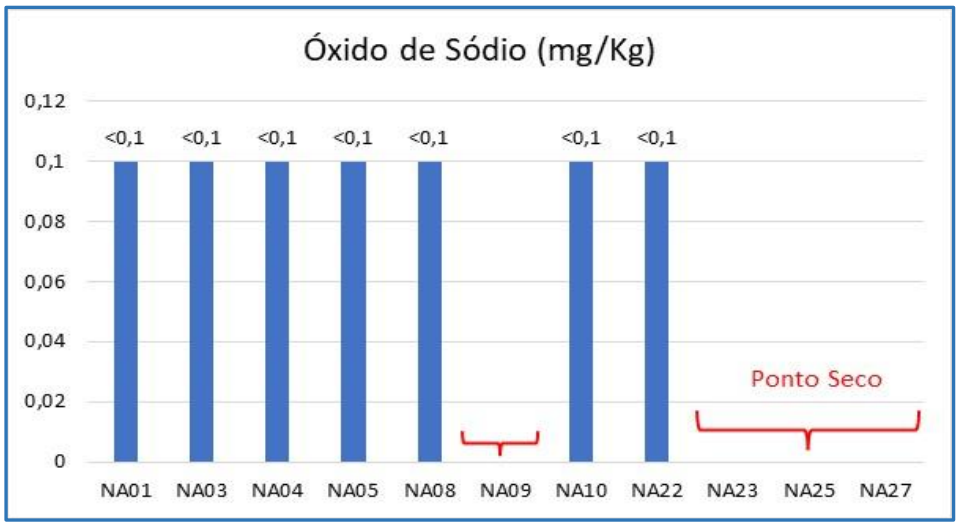



Figura 9-391 - Resultados de óxido de sódio (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021.

**9.11.4.4.19** ***Dióxido de silício IV (SiO2 – Sílica)***

Os resultados de dióxido de silício detectados nas amostras de sedimento coletadas nas nascentes em 20/07/21 podem ser observados através da tabela e da figura abaixo.

A sílica foi detectada em todos os pontos de coleta, onde oscilou de 18,23 (NA22) a 74,35 mg.Kg$^{-1}$ (NA01).

Os maiores valores foram observados nos afluentes rio do Peixe (NA08 e NA10) e o menor foi detectado no afluentes do córrego Siqueira (NA22).

A Resolução CONAMA 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o silício em sedimento.

Tabela 9.156 - Resultados de dióxido de silício (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ (mg.Kg$^{-1}$) | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 74,35 | 39,81 | 67,12 | 40,63 | 60,34 | **Seco** | 70,38 | 18,23 | **Seco** | | | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

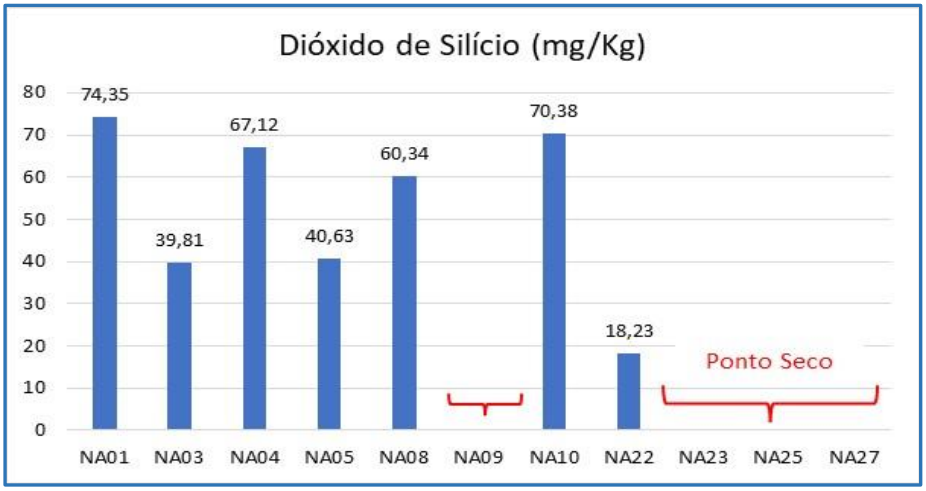



Figura 9-392 - Resultados de óxido de silício (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021.

### 9.11.4.4.20 *Dióxido de Titânio (TiO2)*

Os resultados de dióxido de titânio detectados nas amostras de sedimento coletadas nas nascentes em 20/07/21 podem ser observados através da tabela e da figura abaixo.

O dióxido de titânio foi detectado em todos os pontos de coleta, onde oscilou de 0,61(NA01) a 1,85 mg.Kg$^{-1}$ (NA05), ambos afluentes do córrego Siqueira.

A Resolução CONAMA 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o titânio em sedimento.

Tabela 9.157 - Resultados de dióxido de silício (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $TiO_2$ (mg.Kg$^{-1}$) | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 0,61 | 1,09 | 0,89 | 1,85 | 1,03 | **Seco** | 1,1 | 1,32 | **Seco** | | | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

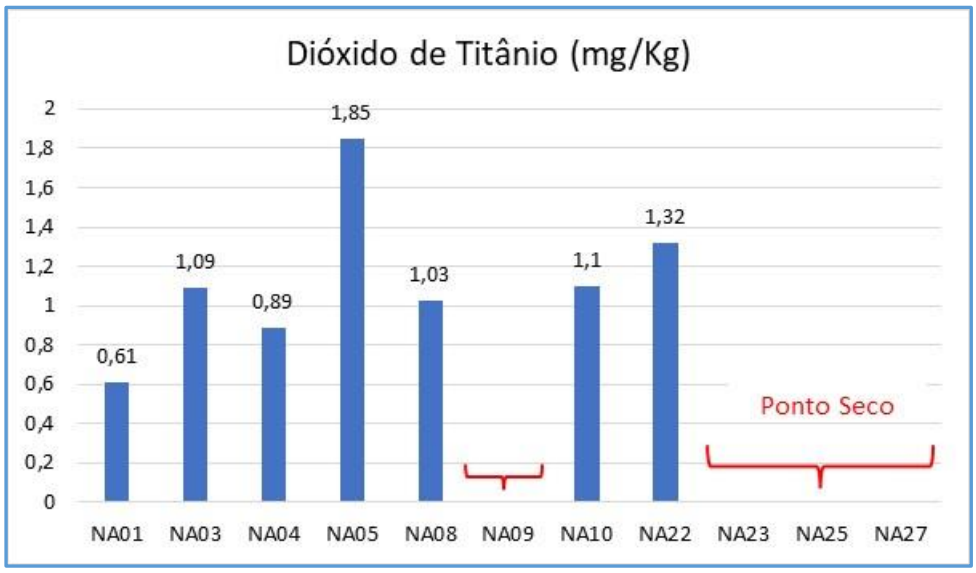



Figura 9-393 - Resultados de dióxido de titânio (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021.

### 9.11.4.4.21 *Pentóxido de Fósforo (P2O5)*

O fósforo na forma de óxido ($P_2O_5$) foi detectado em todas em 100% das amostras de sedimento coletadas nas nascentes em 20/07/21 podem ser observados através da tabela e da figura abaixo.

Os resultados do pentóxido de fósforo em todos os pontos de coleta oscilaram de 0,05 (NA01) a 0,43 mg.Kg$^{-1}$ (NA22).

Os maiores e menores valores foram observados nos afluentes do córrego Siqueira.

A Resolução CONAMA 454/2012 não estabeleceu valores limiares para o fósforo em sedimento.

Tabela 9.158 - Resultados de pentóxido de fósforo (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_2O_5$ (mg.Kg$^{-1}$) | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 0,05 | 0,09 | 0,18 | 0,12 | 0,12 | **Seco** | 0,13 | 0,43 | **Seco** | | | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

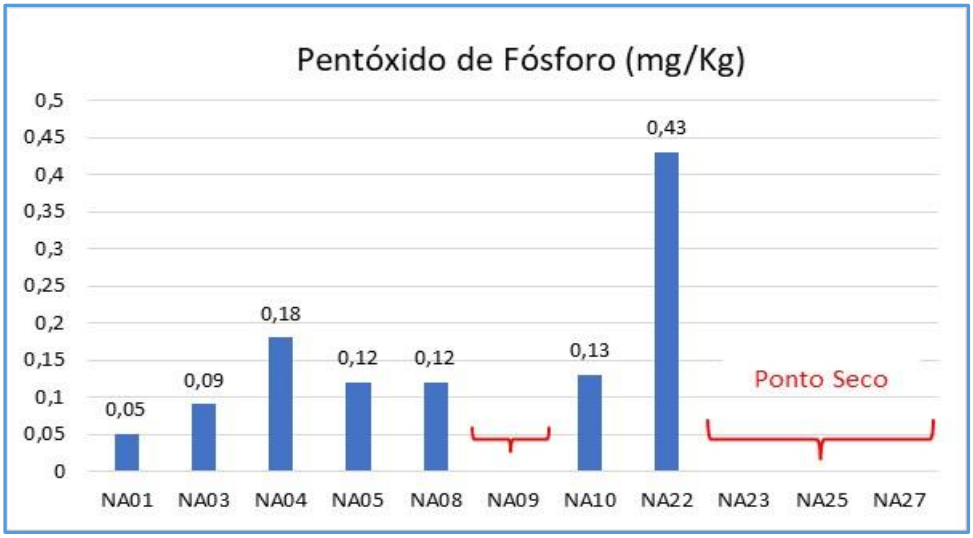



Figura 9-394 - Resultados de pentóxido de fósforo (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021.

### 9.11.4.4.22 *Matéria Orgânica*

Os resultados da matéria orgânica em todos os pontos de coleta foram reduzidos e oscilaram de 0,01 (NA05) a 0,05 mg.Kg$^{-1}$ (NA08).

Tabela 9.159 - Resultados de matéria orgânica (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/21.

| PARÂMETRO | PONTOS DE COLETA | | | | | | | | | | | Limites Nacionais e internacionais (mg.kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Matéria Orgânica (MO) (mg.kg$^{-1}$) | NA01 | NA03 | NA04 | NA05 | NA08 | NA09 | NA10 | NA22 | NA23 | NA25 | NA27 | Resolução CONAMA 454/2012 | | NOAA SQRT 2008 |
| | | | | | | | | | | | | Nível 1* | Nível 2* | TEL** |
| | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,05 | **Seco** | 0,02 | 0,04 | **Seco** | | | - | - | - |

* Níveis de classificação do material a ser dragado segundo a Resolução CONAMA 454/2012. Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota. **Valores de prevenção (Treshold Effects Level - TEL) do Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008.

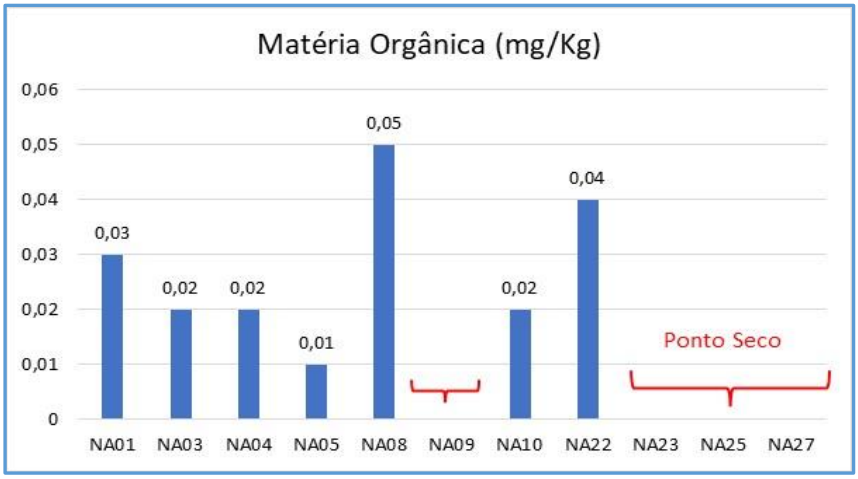



Figura 9-395 - Resultados de matéria orgânica (mg.Kg$^{-1}$) em sedimentos coletados nas nascentes em 20/07/2021.

### 9.11.4.5 Conclusões

A contaminação de ecossistemas aquáticos pode ser confirmada através da análise de água, sedimento e organismos vivos.

Contaminantes que penetram no ambiente aquático podem se associar ao sedimento do fundo, onde permanecem, a não ser que os sedimentos sofram perturbações, o que ocorre normalmente em processos de dragagem, onde os contaminantes voltam para aos corpos d'água e tornam-se biologicamente ativos (AZEVEDO,F. & CHASIN, A.A.M.,2003 apud AVELAR WEP, ROMA F, LONGO LL., 1997).

O presente estudo mostrou que de modo geral, na campanha realizada em julho de 2021 os resultados para todos os parâmetros nas amostras de sedimento foram reduzidos e dentro dos valores limiares estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/2012 e dos valores de prevenção da *NOAA de 2008* (NOAA – SQRT). Com base em todos os resultados reduzidos obtidos para os vários parâmetros e principalmente em termos de metais como Pb, Cd, Cu, Hg, Ni e o metalóide arsênio em que não foram detectados, não foi detectada contaminação das águas das nascentes na data 20/07/21.

Dentre os metais analisados, o bário, berílio, cádmio, mercúrio, cobalto e o metaloide arsênio não foram detectados nas sete nascentes avaliadas.

Cabe ressaltar novamente que das onze nascentes cadastradas, somente em sete havia água.

Quanto ao metal traço chumbo, este não foi detectado nas nascentes NA04 e NA08. Em todas as nascentes avaliadas o chumbo esteve inferior aos níveis limiares 1 e 2 da Resolução CONAMA 454/12 e inferiores ao valor de prevenção (*Treshold Effects Level* – TEL) do *Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008* (NOAA – SQRT).

O cobre foi detectado em todos os pontos de coleta, com exceção da nascente NA05. Ele esteve abaixo dos níveis 1 e 2 da Resolução CONAMA e do valor de prevenção TEL (*Treshold Effects Level* – TEL) do *Screening Quick Reference Tables da NOAA de 2008* (NOAA – SQRT) em todos os pontos de coleta.

O níquel esteve presente em todos os pontos de coleta, com exceção das nascentes NA04, NA05 e NA22. Todos os resultados foram inferiores aos valores guias da Resolução CONAMA 454/12 e do valor de prevenção TEL.

O zinco esteve ausente somente na nascente NA05. Nas demais nascentes os resultados foram inferiores aos valores guias.

Dentre os macro e microelementos nas formas de seus óxidos, o óxido de sódio não foi detectado em nenhum dos pontos de coleta e o óxido de magnésio esteve ausente nas nascentes NA04, NA05 e NA08. O maior valor foi detectado na nascente NA01.

Os óxidos de alumínio, manganês, potássio, cálcio, silício, titânio e fósforo foram detectados em todas as nascentes, sendo os teores reduzidos.

O óxido de manganês acusou o menor valor na NA05 e o maior na NA08. O óxido de potássio acusou o menor valor na NA01 e o maior na NA22.

O óxido de silício esteve mais baixo nas nascentes NA03 e NA05 e mais alto nas nascentes NA01 e NA10. O óxido de titânio esteve mais reduzido na NA01 e mais alto na NA05 e o óxido de fósforo esteve mais baixo na NA01 e mais alto na NA22.

O óxido férrico esteve presente em todos os pontos de coleta, sendo o menor na NA01 (Nascente afluente do córrego Siqueira) e o maior valor detectado NA22 (Nascente do afluente do córrego Siqueira, a jusante da cava maior e da pilha de estéril Franco), o que faz sentido, pois o futuro empreendimento está inserido no Quadrilátero ferrífero. O mesmo foi verificado para o ferro total. Este esteve significativamente inferior ao valor TEL de 20.000 $mg.Kg^{-1}$ em todas as nascentes avaliadas.

Em termos de pH, este oscilou de ácido a levemente alcalino. Somente a nascente NA04 acusou um valor ácido.

A matéria orgânica esteve reduzida em todas as amostras analisadas.

Comparando-se os resultados dos metais traços detectados nas águas das nascentes avaliadas também em sete pontos de coleta, com os resultados obtidos em sedimento nos mesmos sete pontos, verifica-se que estes não foram detectados nas águas, sugerindo que os metais que foram encontrados nos sedimentos não estão sendo mobilizados para a coluna d'água e que as águas e sedimentos não estão contaminados pelos metais traços. Quanto ao chumbo, é importante que continue sendo avaliado, apesar de ter acusado teores reduzidos.

Cabe ressaltar que o empreendimento ainda não foi instalado e nem entrou em operação. Os resultados apresentados no presente estudo servem para avaliar a qualidade atual do compartimento sedimento, ou seja, um "retrato" da atual situação dele nas nascentes inseridas nas áreas diretamente e indiretamente afetadas pelo futuro empreendimento.

## 9.12 ÁREAS CONTAMINADAS

Trata-se de um projeto instalado em uma quase completamente preservada, em projeto "*green field",* contando com acessos locais, bem como uma pequena planta de beneficiamento, construída no passado e que deverá ser aproveitada no empreendimento pretendido. Não houve a identificação, a partir dos resultados de visitas realizadas, resultados das análises de qualidade de águas superficiais, subterrâneas e de sedimentos, de áreas contaminadas.

GUSTAVO DE AZEVEDO PEREIRA:01358473625

Assinado de forma digital por GUSTAVO DE AZEVEDO PEREIRA:01358473625
Dados: 2022.05.07 15:39:15 -03'00'

MARCO AURELIO FONSECA HERCULANO ANTUNES:10653992602

Assinado digitalmente por MARCO AURELIO FONSECA HERCULANO ANTUNES:10653992602
DN: C=BR, O=ICP-Brasil, OU=Secretaria da Receita Federal do Brasil - RFB, OU=RFB e-CPF A3, OU=(EM BRANCO), OU=17449612000169, CN=MARCO AURELIO FONSECA HERCULANO ANTUNES:10653992602
Razão: Eu sou o autor deste documento
Localização: sua localização de assinatura aqui
Data: 2022.05.07 15:57:41-03'00'
Foxit PDF Reader Versão: 11.2.1