



ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA

INTERVENÇÃO EMERGENCIAL COM SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO OBRAS DE REFORÇO DA BARRAGEM MARAVILHAS II ITABIRITO - MG

VOLUME II

DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO





ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA

INTERVENÇÃO EMERGENCIAL COM SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO OBRAS DE REFORÇO DA BARRAGEM MARAVILHAS II ITABIRITO - MG

DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO

Nova Lima, MG Junho de 2023





APRESENTAÇÃO

O Estudo de Impacto Ambiental da intervenção emergencial com supressão de vegetação - para as obras de reforço da barragem Maravilhas II é composto por 6 (seis) volumes, sendo que este documento, o **VOLUME II**, consiste no Diagnóstico do Meio Físico.

Quadro 1. Relação de conteúdos por volume, em atendimento à Termo de Referência da Mata Atlântica, SEMAD, setembro de 2022.

| occombio de E | - |
|---------------|--|
| | • Introdução |
| | • Identificação |
| VOLUME I | Estudo de Alternativas |
| | Alternativas Locacionais |
| VOLUME 1 | Alternativas Tecnológicas |
| | Alternativa Zero |
| | Caracterização do Empreendimento/Atividade e Aspectos Ambientais |
| | Área do Estudo |
| | Diagnóstico Ambiental |
| | Meio Físico |
| | Clima e Meteorologia |
| | Qualidade do Ar |
| VOLUME II | Ruído Ambiental e Vibração |
| VOLUME 11 | Geologia |
| | Geomorfologia e Pedologia |
| | Espeleologia |
| | Recursos Hídricos e Qualidade das Águas Superficiais |
| | Recursos Hídricos e Qualidade das Águas Subterrâneas |
| | Meio Biótico |
| VOLUME III | • Flora |
| | Fauna Terrestre e Biota Aquática |
| | Meio Socioeconômico |
| VOLUME IV | Caracterização dos Municípios |
| VOLUME IV | Caracterização das Comunidades ao Entorno |
| | Análise Integrada do Diagnóstico Ambiental |
| | Serviços Ecossistêmicos Associados à Vegetação Nativa |
| | Passivos Ambientais |
| | Avaliação de Impacto Ambiental |
| | Áreas de Influência |
| VOLUME V | Programas de Mitigação, Monitoramento, Compensação e Recuperação |
| | Programa de Educação Ambiental |
| | Conclusão |
| | Referências Bibliográficas |
| | Equipe Técnica Multidisciplinar |
| VOLUME VI | • Anexos |
| | |





SUMÁRIO

| VOLUME II | 1 |
|--|----|
| DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO | 1 |
| DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO | 2 |
| 6. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL | 7 |
| 6.1. MEIO FÍSICO | 7 |
| 6.1.1. Clima e Meteorologia | 7 |
| 6.1.1.1. Caracterização Climática | 7 |
| 6.1.1.2. Caracterização Meteorológica | 7 |
| 6.1.1.3. Rosa dos ventos | 10 |
| 6.1.2. Qualidade do ar | 10 |
| 6.1.2.1. Requisitos Legais Aplicáveis | 11 |
| 6.1.2.2. Rede de monitoramento | |
| 6.1.2.2.1. Resultados | 11 |
| 6.1.3. Ruído Ambiental e Vibração | |
| 6.1.3.1. Rede de monitoramento de ruído | 13 |
| 6.1.3.2. Requisitos legais | |
| 6.1.3.3. Resultados | 13 |
| 6.1.4. Geologia | 16 |
| 6.1.4.1. Geologia Regional | |
| 6.1.4.2. Geologia Local | 18 |
| 6.1.5. Geomorfologia e Pedologia | 22 |
| 6.1.6. Espeleologia | 28 |
| 6.1.6.1. Materiais e Métodos | 28 |
| 6.1.6.1.1. Área de prospecção – contextualização e potencial espeleológico | 29 |
| 6.1.6.1.2. Considerações finais | 31 |
| 6.1.7. Recursos Hídricos e Qualidade das Águas Superficiais | 32 |
| 6.1.7.1. Recursos Hídricos | 32 |
| 6.1.7.1.1. Bacia Hidrográfica do rio das Velhas | 32 |
| 6.1.7.1.2. Uso das Águas | |
| 6.1.7.1.3. Enquadramento das Águas Superficiais | |
| 6.1.7.2. Qualidade das Águas Superficiais | 36 |
| 6.1.7.2.1. Metodologia | |
| 6.1.7.2.2. Resultados e interpretação dos dados | |
| 6.1.8. Recursos Hídricos e Qualidade das Águas Subterrâneas | |
| 6.1.8.1. Uso das Águas | |
| 6.1.8.2. Contexto Hidrogeológico | |
| 6.1.8.3. Qualidade das Águas Subterrâneas | 48 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 52 |



LISTA DE FIGURAS

| Figura 1: Comportamento climatológico de precipitação e umidade relativa do ar da estação Fonte: INMET, 2022. | |
|--|--|
| Figura 2: Comportamento climatológico de precipitação e umidade relativa do ar da esta- | ção Ibirité (Rola |
| Moça). Fonte: INMET, 2022. | |
| Figura 3: Rosa dos ventos - estação Belo Horizonte. Fonte: INMET, 2022. | |
| Figura 4: Dados de monitoramento de MP10 na estação Estância Estoril (2021 a 2023). Fo | |
| Figura 5: Dados de monitoramento de MP2,5 na estação Estância Estoril (2021 a 2023). Fo | onte: Vale, 2023. |
| Figura 6: Monitoramento de ruído na estação Estância Alpina. Fonte: Vale, 2023 | 14 |
| Figura 7: Monitoramento de ruído na estação Fazenda das Flores. Fonte: Vale, 2023 | 14 |
| Figura 8: Coluna litoestratigráfica da área de estudo. | 16 |
| Figura 9 : Identificação das seções geológico-geotécnicas e sondagens realizadas na área d ENGECORPS, 2022) | • |
| Figura 10: Perfil geológico-geotécnico da seção 1 representando alguns dos litotipos preservina (Fonte: ENGECORPS, 2022) | entes na área da |
| Figura 11: Seções geológico-geotécnicas e sondagens na área da canalização do ribeirão Co ENGECORPS, 2023) | ongonhas (Fonte: |
| Figura 12: Seção geológico-geotécnica B representando o empilhamento geológico na regiã do ribeirão Congonhas (Fonte: ENGECORPS, 2023) | ío da canalização |
| Figura 13: Classificação do índice de IQA (Fonte: CETESB, 2008) | |
| Figura 14: Distribuição das vazões específicas dos poços inventariados na bacia do rio das V de: PDRH, 2015. | /elhas. Adaptado |
| | |
| LISTA DE MAPAS | |
| Mapa 1: Climatologia e localização das estações meteorológicas utilizadas no EIA/RIMA | - |
| Mapa 1: Climatologia e localização das estações meteorológicas utilizadas no EIA/RIMA emergencial com supressão de vegetação das obras de reforço da barragem Maravilhas II | I, mina do Pico, |
| Mapa 1: Climatologia e localização das estações meteorológicas utilizadas no EIA/RIMA emergencial com supressão de vegetação das obras de reforço da barragem Maravilhas II Itabirito, 2023 | I, mina do Pico, 9 |
| Mapa 1: Climatologia e localização das estações meteorológicas utilizadas no EIA/RIMA emergencial com supressão de vegetação das obras de reforço da barragem Maravilhas II Itabirito, 2023 | I, mina do Pico, 9 |
| Mapa 1: Climatologia e localização das estações meteorológicas utilizadas no EIA/RIMA emergencial com supressão de vegetação das obras de reforço da barragem Maravilhas II Itabirito, 2023 | I, mina do Pico, 9 15 17 obras de reforço |
| Mapa 1: Climatologia e localização das estações meteorológicas utilizadas no EIA/RIMA emergencial com supressão de vegetação das obras de reforço da barragem Maravilhas II Itabirito, 2023 | I, mina do Pico,91517 obras de reforço23 rço da barragem |
| Mapa 1: Climatologia e localização das estações meteorológicas utilizadas no EIA/RIMA emergencial com supressão de vegetação das obras de reforço da barragem Maravilhas II Itabirito, 2023 | I, mina do Pico,91517 obras de reforço23 rço da barragem24 |
| Mapa 1: Climatologia e localização das estações meteorológicas utilizadas no EIA/RIMA emergencial com supressão de vegetação das obras de reforço da barragem Maravilhas II Itabirito, 2023 | I, mina do Pico,91517 obras de reforço23 rço da barragem24 rço da barragem |
| Mapa 1: Climatologia e localização das estações meteorológicas utilizadas no EIA/RIMA emergencial com supressão de vegetação das obras de reforço da barragem Maravilhas II. Itabirito, 2023 | I, mina do Pico,91517 obras de reforço23 rço da barragem24 rço da barragem25 ço da barragem |
| Mapa 1: Climatologia e localização das estações meteorológicas utilizadas no EIA/RIMA emergencial com supressão de vegetação das obras de reforço da barragem Maravilhas II. Itabirito, 2023 | I, mina do Pico, |
| Mapa 1: Climatologia e localização das estações meteorológicas utilizadas no EIA/RIMA emergencial com supressão de vegetação das obras de reforço da barragem Maravilhas II. Itabirito, 2023 | I, mina do Pico,91517 obras de reforço23 rço da barragem24 rço da barragem25 ço da barragem25 ço da barragem27 cia de cavidades, |
| Mapa 1: Climatologia e localização das estações meteorológicas utilizadas no EIA/RIMA emergencial com supressão de vegetação das obras de reforço da barragem Maravilhas II. Itabirito, 2023 | I, mina do Pico, |
| Mapa 1: Climatologia e localização das estações meteorológicas utilizadas no EIA/RIMA emergencial com supressão de vegetação das obras de reforço da barragem Maravilhas II. Itabirito, 2023 | I, mina do Pico, |
| Mapa 1: Climatologia e localização das estações meteorológicas utilizadas no EIA/RIMA emergencial com supressão de vegetação das obras de reforço da barragem Maravilhas II. Itabirito, 2023 | I, mina do Pico, |
| Mapa 1: Climatologia e localização das estações meteorológicas utilizadas no EIA/RIMA emergencial com supressão de vegetação das obras de reforço da barragem Maravilhas II Itabirito, 2023 | I, mina do Pico, |
| Mapa 1: Climatologia e localização das estações meteorológicas utilizadas no EIA/RIMA emergencial com supressão de vegetação das obras de reforço da barragem Maravilhas II Itabirito, 2023 | I, mina do Pico, |



LISTA DE QUADROS

| Quadro 1. Relação de conteúdos por volume, em atendimento à Termo de Referência da Ma | ta Atlântica, |
|--|---------------|
| SEMAD, setembro de 2022 | 3 |
| Quadro 2: Detalhamento da estação climatológica analisada | 7 |
| Quadro 3: Dados do ponto de monitoramento de qualidade do ar | 11 |
| Quadro 4: Localização dos pontos de monitoramento de ruído | 13 |
| Quadro 5: Descrição da rede de monitoramento da qualidade da água superficial | 37 |
| | |
| | |
| | |
| | |
| LISTA DE TARELAS | |

| Tabela 1. Limites dos níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período | 13 |
|---|------|
| Tabela 2: Informações acerca da Geomorfologia, Declividade e Variação da altitude das Áreas Diretam | ente |
| Afetadas | 22 |
| Tabela 3. Cavidades mais próximas dos limites externos da área de estudo espeleológico | 29 |
| Tabela 4: Densidade de caminhamento por potencial espeleológico da barragem Maravilhas II | 31 |
| Tabela 5: Relação entre asUTEs e as regiões da bacia hidrográfica do rio das Velhas | 33 |
| Tabela 6: Disponibilidade hídrica superficial da UTE SCBH Águas da Moeda | 35 |
| Tabela 7: Usos da água na poligonal da área de estudo | 35 |
| Tabela 8: Valores do IQA para a estação de monitoramento de interesse | 36 |
| Tabela 9: Resultados do monitoramento de qualidade de água superficial no ponto PIC-COR-17-AS | 39 |
| Tabela 10: Resultados do monitoramento de qualidade de água superficial no ponto PIC-BAR-01-E | 40 |
| Tabela 11: Resultados do monitoramento de qualidade de água superficial no ponto PIC-COR-01-AS | 42 |
| Tabela 12: Número de captações outorgadas por finalidade de uso na bacia do rio das Velhas | 46 |
| Tabela 13: Pontos de monitoramento de qualidade das águas subterrâneas. | 49 |
| Tabela 14: Resultados analíticos dos parâmetros | 49 |
| Tabela 15: Classificação do pH das águas pelo método de Langmuir (1997). | 50 |



6. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

6.1. MEIO FÍSICO

6.1.1. Clima e Meteorologia

6.1.1.1. Caracterização Climática

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger e considerando as normais climatológicas do estado entre 1981 a 2010, o território mineiro apresenta cinco tipos climáticos, sendo dois temperados (Cwb e Cwa), um tropical (Aw) e dois áridos (BSh e BWh) (MARTINS *et al.*, 2018). Na Área de Estudo (AE) predomina o tipo climático Cwa (temperado úmido com inverno seco e verão quente).

6.1.1.2. Caracterização Meteorológica

As condições meteorológicas da Área de Estudo foram determinadas a partir das normais climatológicas entre 1991 a 2020 pela estação Belo Horizonte e através das normais climatológicas de 1991 a 2020 pela estação Ibirité (Rola Moça), ambas operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Essas estações foram selecionadas por sua proximidade com a Área de Estudo, além de se localizarem na mesma bacia hidrográfica onde ocorrerá as intervenções. O **Quadro 2** apresenta as principais informações das estações consultadas e o **Mapa 1** apresenta os tipos climáticos e a localização das estações Belo Horizonte e Ibirité.

Quadro 2: Detalhamento da estação climatológica analisada.

| Nome | Código | Município | Coordena (SIRGAS 2 | ndas UTM 2000 23K) | Responsável / | Período |
|---------------------|--------|----------------|-----------------------|-----------------------|---------------|-----------|
| Nome | Courgo | Минстріо | Latitude (S) | Longitude (E) | Operadora | dos dados |
| Belo Horizonte | 83587 | Belo Horizonte | 7795431 | 609653 | INMET | 1991-2020 |
| Ibirité (Rola Moça) | A555 | Ibirité | 7784892 | 603412 | INMET | 2012-2022 |

Fonte: Bioma, 2023.

De acordo com os dados do INMET, as normais climatológicas da estação Belo Horizonte apresentaram temperatura média compensada anual de 22,1 °C, temperatura média mínima de 18,0 °C e média máxima de 27,3 °C.

A estação Ibirité (Rola Moça) apresentou temperatura média compensada anual de 20,0 °C, com médias registradas de temperatura mínima de 16,3 °C e máxima de 25,6 °C. A comparação dos valores e variações de temperatura entre as duas estações, mostrou que na estação Ibirité (Rola Moça) as temperaturas são ligeiramente mais baixas. Essa ligeira variação na temperatura está relacionada a fatores como diferenças de altitude e adensamento urbano.

A **Figura 1** apresenta os valores de precipitação mensal acumulada em relação à variação da umidade relativa do ar da estação Belo Horizonte, com precipitação acumulada anual de 1.578,3 mm e umidade do ar média compensada anual em torno de 63,70%, com dois períodos distintos ao longo do ano, sendo um chuvoso e





um de estiagem. Conforme gráfico a seguir, há uma diminuição da precipitação mensal acumulada e da umidade relativa do ar entre julho e agosto, com a retomada do crescimento a partir do mês de setembro.

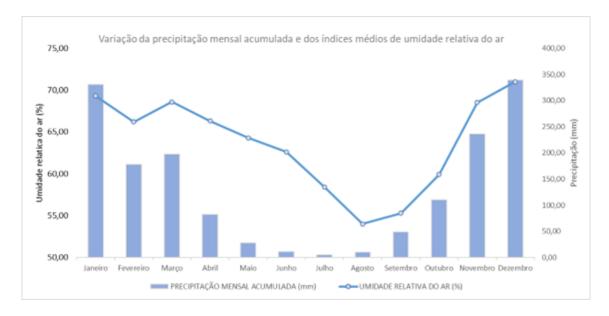


Figura 1: Comportamento climatológico de precipitação e umidade relativa do ar da estação Belo Horizonte. Fonte: INMET, 2022.

A estação Ibirité (Rola Moça) apresentou precipitação acumulada anual de 1.562,18 mm, durante o período analisado. Pode-se observar dois períodos distintos ao longo do ano, sendo um com maiores índices de pluviosidade e um de seca, apresentando comportamento similar ao da estação Belo Horizonte. A umidade do ar apresentou média compensada anual em torno de 67,95%, com valores abaixo da média entre os meses de julho e setembro. A **Figura 2** mostra seu comportamento.

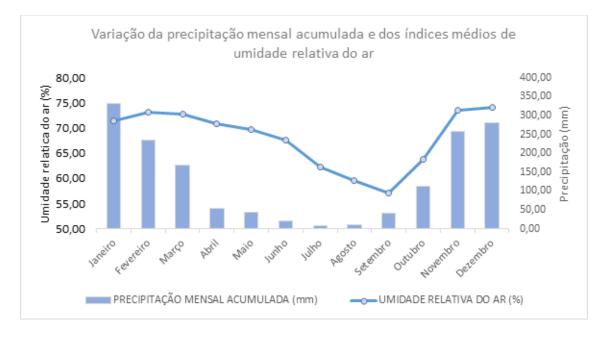
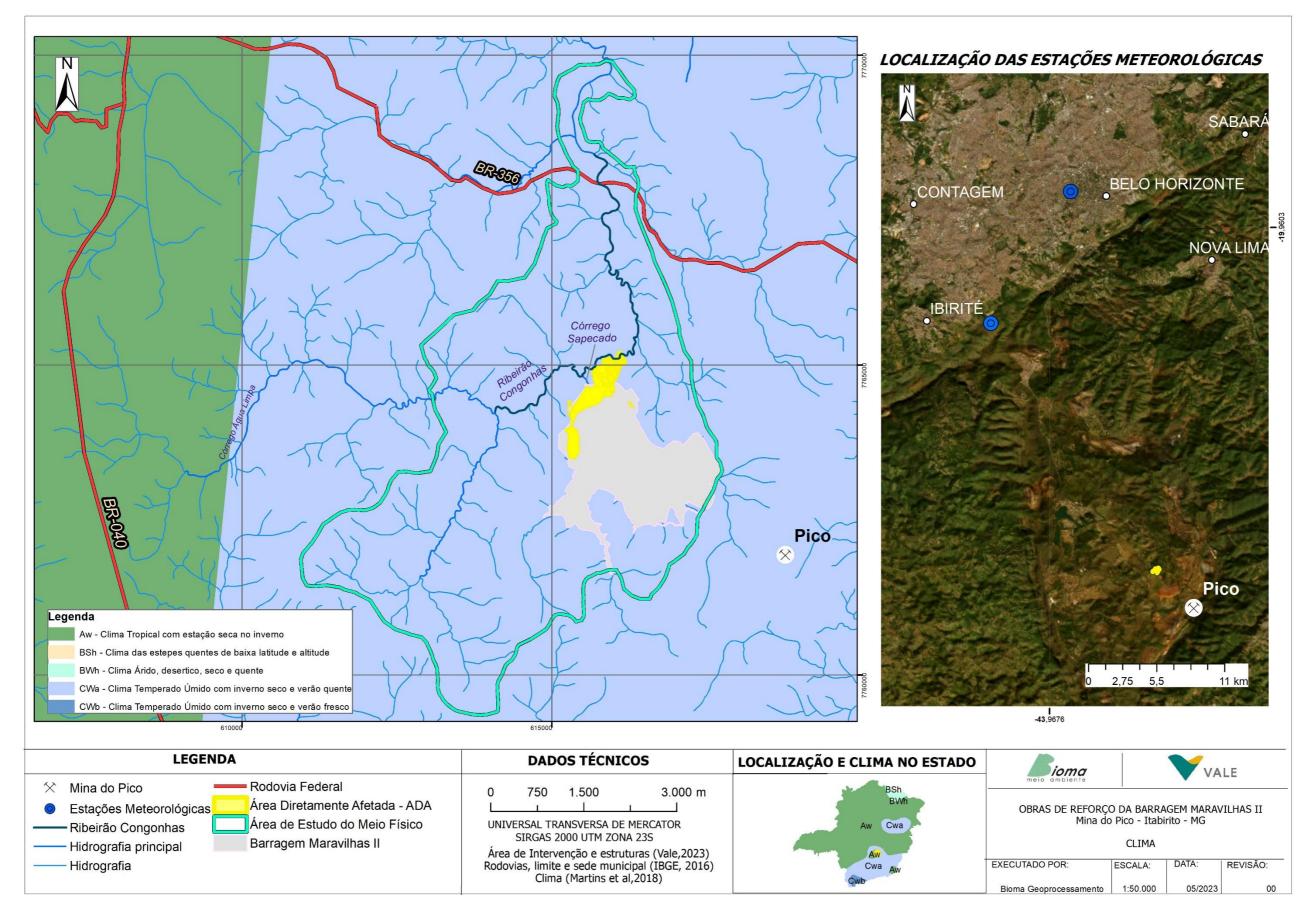


Figura 2: Comportamento climatológico de precipitação e umidade relativa do ar da estação Ibirité (Rola Moça). Fonte: INMET, 2022.





Mapa 1: Climatologia e localização das estações meteorológicas utilizadas no EIA/RIMA da Intervenção emergencial com supressão de vegetação das obras de reforço da barragem Maravilhas II, mina do Pico, Itabirito, 2023.



6.1.1.3. Rosa dos ventos

A direção dos ventos da região é nor-nordeste (NNE), majoritariamente, conforme demonstra a rosa dos ventos disposta na **Figura 3**. A rosa dos ventos foi produzida utilizando o software WRPLOT View, a partir da leitura da série histórica de dados da estação Belo Horizonte.

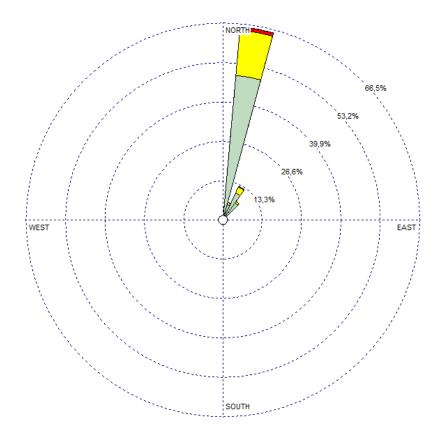


Figura 3: Rosa dos ventos - estação Belo Horizonte. Fonte: INMET, 2022.

6.1.2. Qualidade do ar

As atividades relacionadas ao presente estudo podem alterar a qualidade do ar, devido ao aumento potencial da emissão de material particulado, fumaça e gases de combustão na área operacional da mina do Pico. Para a execução das obras, foram necessários o trânsito de maquinário e veículos por via decapeada, a abertura de acessos, a adequação das áreas com processos erosivos e a execução de sondagens. Além da movimentação do solo prevista por essas intervenções, este também está sujeito à ação dos ventos, o que pode ocasionar erosão eólica e dispersão de poeira.

A área de estudo contempla condomínios residenciais, fazendas, entre outras propriedades privadas e conforme a rosa dos ventos apresentada no item anterior, a direção dos ventos está para nor-nordeste. Entende-se que o condomínio Vale dos Pinhas e as residências adjacentes a este, podem ter impacto direto na qualidade do ar, por estarem posicionados ao norte da área diretamente afetada, a uma distância inferior a 1,0 km do perímetro do condomínio.



6.1.2.1. Requisitos Legais Aplicáveis

A avaliação da qualidade do ar é realizada a partir das orientações previstas pela Resolução CONAMA nº 491/2018, que dispõe sobre os padrões legais de qualidade do ar. Essa legislação determina o valor de concentração de um determinado poluente associado a um tempo de exposição (CONAMA, 2018).

Para a caracterização da qualidade do ar da área de estudo, serão considerados os dados de monitoramento pertencentes à estação Estância Estoril, operada pela Vale S.A. Nesta estação são medidos os índices de Material Particulado menor que 10µm (MP10) e menor que 2,5 µm (MP2,5), seguindo os padrões validados pelo Método Federal Equivalente da *Environmental Protection Agency* (EPA), dos Estados Unidos, conforme informado pela Vale S.A.

6.1.2.2. Rede de monitoramento

As informações da estação Estância Estoril estão descritas no **Quadro 3** a seguir e o **Mapa 2** apresenta a sua localização.

Quadro 3: Dados do ponto de monitoramento de qualidade do ar.

| | Coordenad | las (UTM) | Parâmetros | Frequência do |
|--------------------------|-----------------|------------------|--------------|---------------|
| Pontos | Latitude (S) | Longitude (E) | analisados | monitoramento |
| Estação Estância Estoril | 7767696 | 614636 | MP10 e MP2,5 | Horário |

Fonte: Vale S.A., 2022.

6.1.2.2.1. Resultados

Os dados a seguir se referem ao período entre 2021 e 2023. Durante o monitoramento de MP10, nos anos de 2021, 2022 e em 2023, foram registradas, respectivamente, 342, 288 e 91 médias diárias. Nenhuma dessas medições ficou acima do limite de 120 μ g/m3 para um período de 24 horas que é o estabelecido pela legislação vigente (CONAMA, 2018). A média aritmética das medições no ano de 2021 foi de 27,64 μ g/m3, abaixo do limite estabelecido de 40 μ g/m3, considerando o período de referência anual. Em 2022, a média aritmética dessas medições foi de 23,04 μ g/m3. Portanto, os dados de monitoramento apresentados para o parâmetro de MP10 respeitaram os limites previstos pela legislação nos períodos analisados.

Para análise de MP2,5 durante os anos de 2021, 2022 e 2023, foram registradas 353, 278 e 92 médias diárias, respectivamente. O valor máximo de média diária para MP2,5 permitido pela legislação é de 60 μg/m3 em 24 horas. Em 2021 nenhuma média diária ficou acima do limite estabelecido. A média aritmética dessas medições em 2021 foi de 13,20 μg/m3, sendo o limite estabelecido na legislação de 20 μg/m3, tendo em vista o período de referência anual. Em 2022, a média aritmética das medições realizadas foi de 15,45 μg/m3. Logo, os dados de monitoramento apresentados para o parâmetro de MP2,5 também respeitaram os limites legais previstos pela norma nos períodos analisados.

A **Figura 4** e a **Figura 5** apresentam os históricos das médias de 24 horas das concentrações em μ g/m³ dos parâmetros MP10 e MP2,5 para a estação informada.





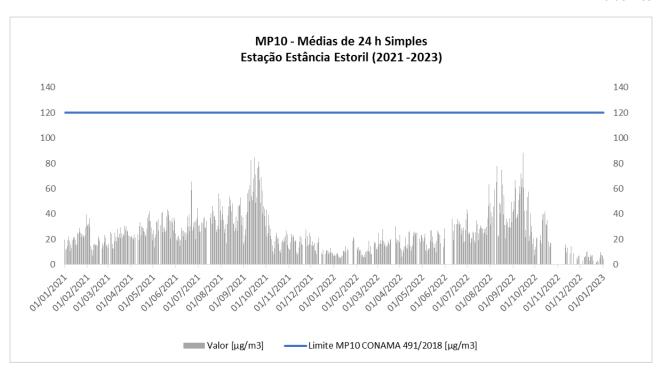


Figura 4: Dados de monitoramento de MP10 na estação Estância Estoril (2021 a 2023). Fonte: Vale, 2023.

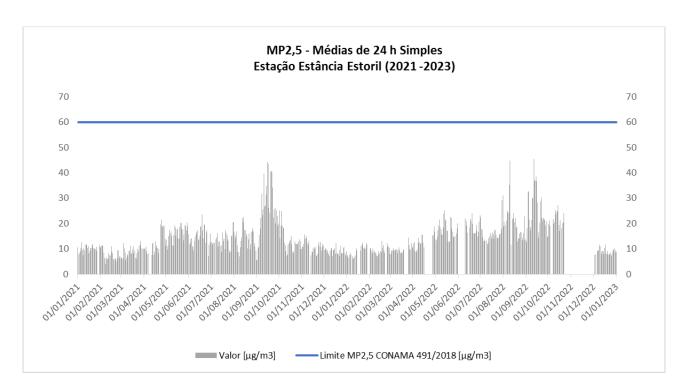


Figura 5: Dados de monitoramento de MP2,5 na estação Estância Estoril (2021 a 2023). Fonte: Vale, 2023.



6.1.3. Ruído Ambiental e Vibração

Para a atividade objeto desse estudo não haverá uso de explosivos ou atividades que possam causar abalos sísmicos. Por esse motivo, a análise de possíveis vibrações será dispensada nesse estudo e somente os dados dos monitoramentos de ruído ambiental serão apresentados.

6.1.3.1. Rede de monitoramento de ruído

Periodicamente é realizado pela Vale S.A. o monitoramento das emissões de ruído no complexo da mina do Pico e seu entorno. Foram definidos dois pontos de monitoramento da rede disponibilizada pela Vale S.A, a caracterização dos pontos monitorados está no **Quadro 4** e a localização no **Mapa 2**. Os dados apresentados nesse estudo se referem aos monitoramentos realizados entre 2021 e 2023.

Quadro 4: Localização dos pontos de monitoramento de ruído.

| ID Valo | Coordenadas UTM Sirgas 2000 | | Local | Caracterização segundo a | Eroguância | Período |
|---------|-----------------------------|------------------|-----------------------|--|------------|---------|
| 1D Vale | Latitude (S) | Longitude (E) | Local | NBR 10.151:2019 | Frequência | Periodo |
| RDO 098 | 614405 | 7764484 | Estância Alpina | Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas | Semanal | Diurno |
| RDO 104 | 613798 | 7764610 | Fazenda das Flores | Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas | Mensal | Diurno |

6.1.3.2. Requisitos legais

A Tabela apresenta os limites do nível de pressão sonora preconizados pela norma ABNT NBR 10.151:2019.

Tabela 1. Limites dos níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período.

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

Fonte: ABNT, 2019.

6.1.3.3. Resultados

A **Figura 6** e a **Figura 7** a seguir mostram os resultados das medições realizadas, em relação aos níveis estabelecidos pela normatização. Os dados de monitoramento de ambas as estações apresentaram conformidade com os limites previstos pela legislação vigente (ABNT NBR 10.151:2019).





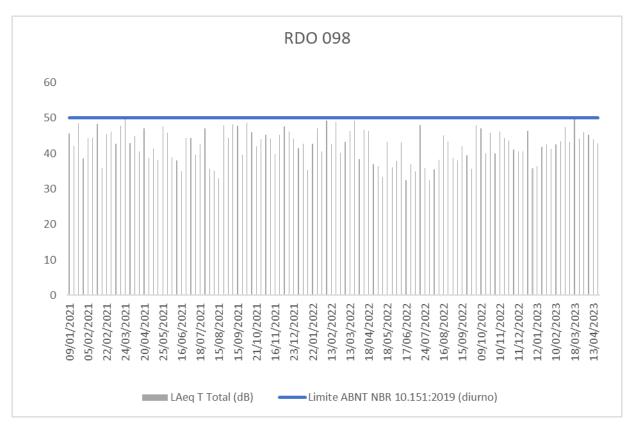


Figura 6: Monitoramento de ruído na estação Estância Alpina. Fonte: Vale, 2023.

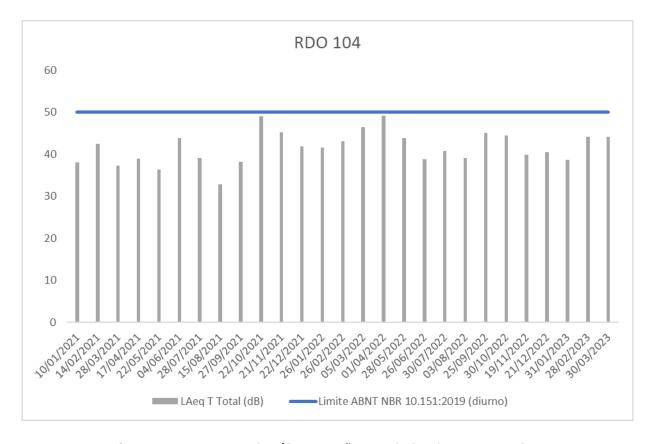
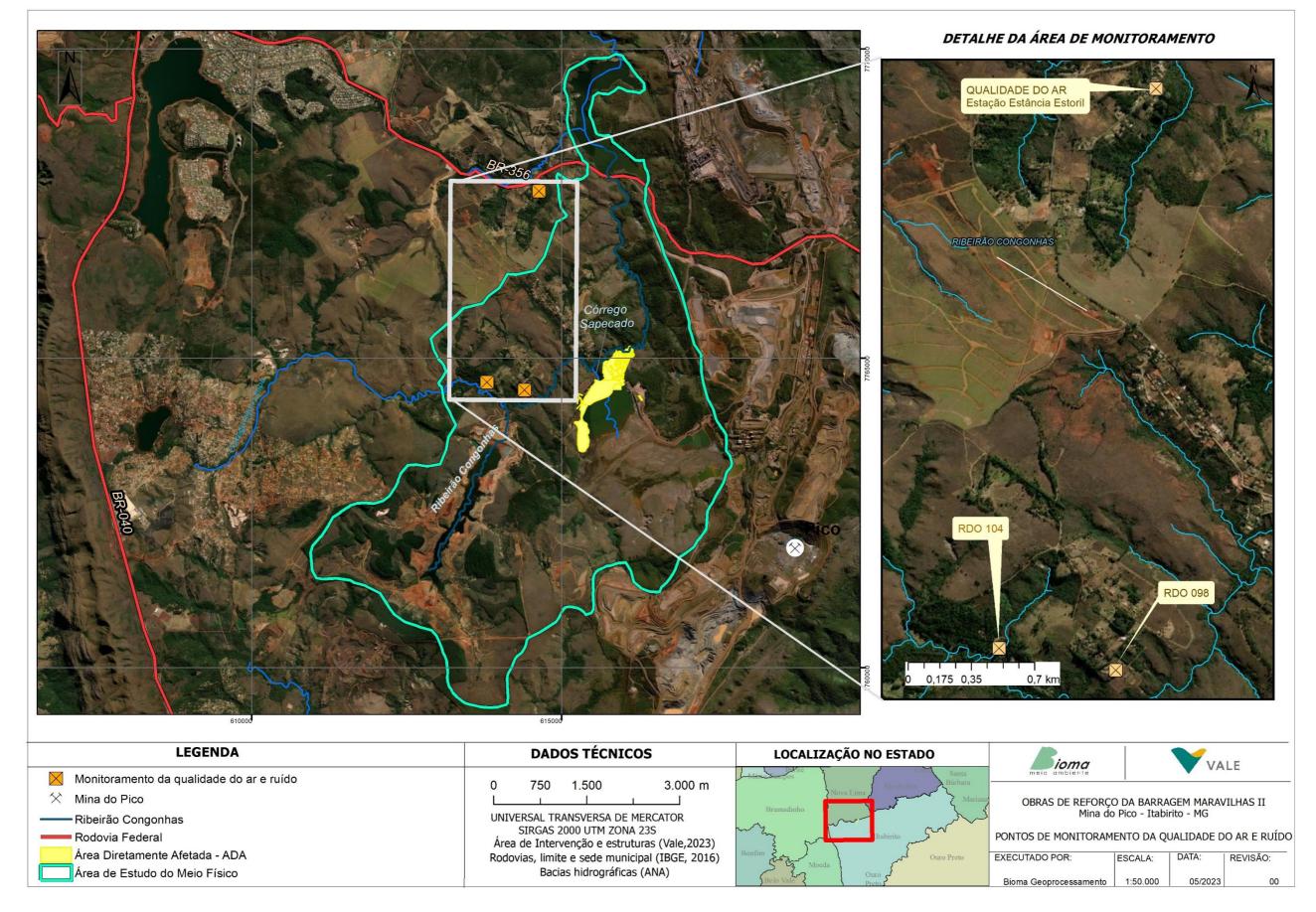


Figura 7: Monitoramento de ruído na estação Fazenda das Flores. Fonte: Vale, 2023.





Mapa 2: Localização dos pontos de monitoramento de qualidade do ar e de ruído, 2023.



6.1.4. Geologia

6.1.4.1. Geologia Regional

As sequências geológicas que compõem o contexto do QF estão subdivididas entre os Complexos Metamórficos (ortognaisses), o Supergrupo Rio das Velhas (rochas metavulcânicas máfica-ultramáficas e félsicas, metavulcanossedimentares químicas, metavulcanoclásticas e metassedimentares clásticas), o Supergrupo Minas (rochas metassedimentares clásticas, químicas e clasto-químicas), o Supergrupo Estrada Real (sequências tipo flysch e molassa sin-orogênicos, metassedimentares clásticas e químicas), as Suítes Intrusivas Máficas e Ultramáficas (intrusões pós-Minas), e as Unidades Cenozoicas (depósitos sedimentares, cangas, alúvios, elúvios e colúvios) (ENDO et al., 2019).

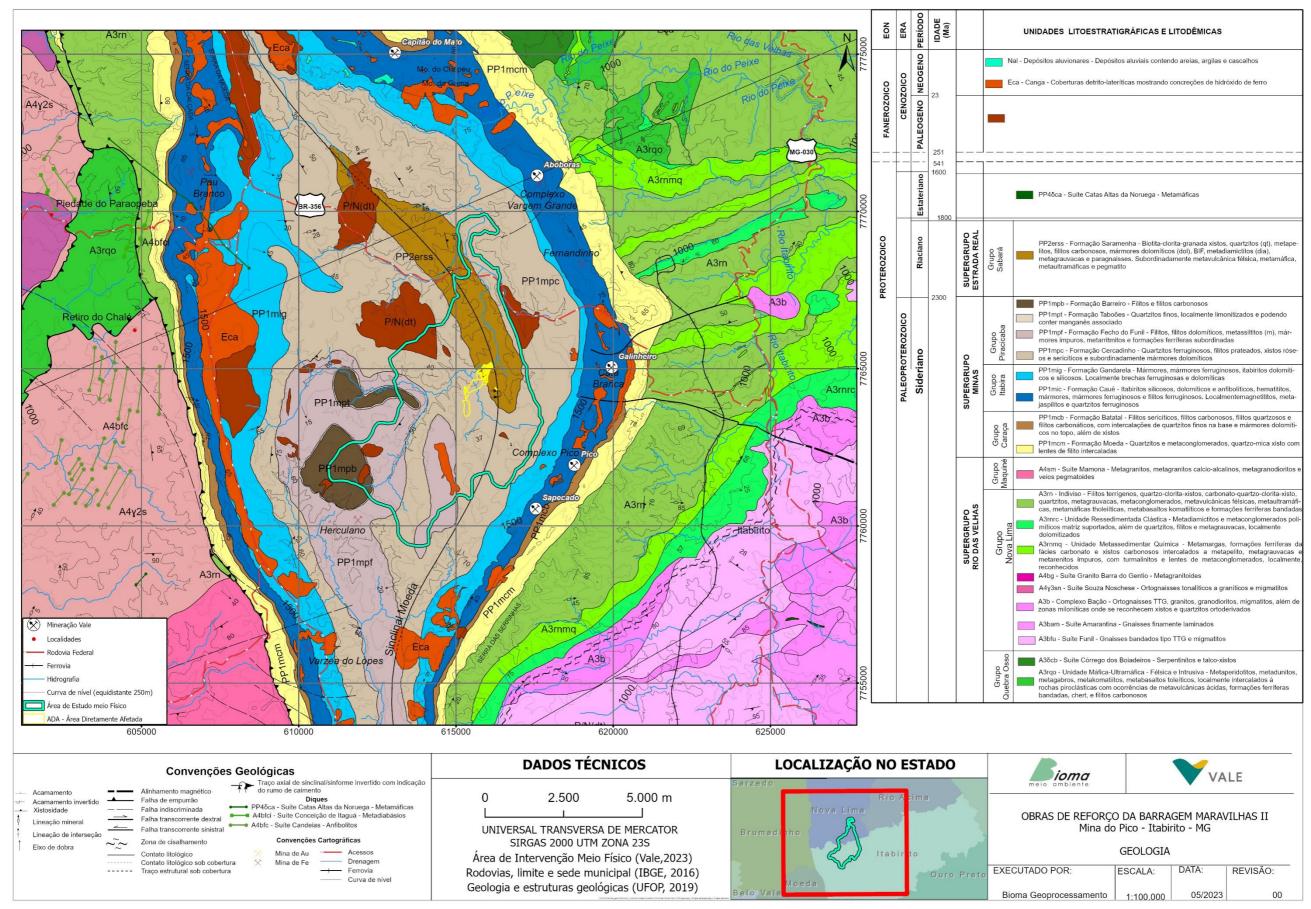
De acordo com a base de dados de Endo *et al.* (2019), as sequências que se manifestam dentro dos limites da área de estudo estão contidas entre as rochas do Supergrupo Minas, contendo os litotipos da Formação Cercadinho, Fecho do Funil, Taboões e Barreiro do Grupo Piracicaba. Manifesta-se ainda a Formação Saramenha do Grupo Sabará (Supergrupo Estrada Real) e ocorrências pouco expressivas de Cangas e Depósitos Terrígenos recentes (**Mapa 3**). O comportamento estratigráfico das unidades dentro da AE pode ser observado na

Figura 8.

| Coluna Litoestratigráfica | | | | | | |
|---------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|--|--|--|
| Cenozoico | 23 | Canga | | | | |
| Ceno | 66 | Depósitos Terrígenos | | | | |
| | | | Discordância | | | |
| | 2050 | Grupo Sabará | Formação Saramenha | | | |
| 0 | Discordância erosiva | | | | | |
| rozoic | 2300 Grupo Piracicaba | | Formação Barreiro | | | |
| oprote | | | Formação Taboões | | | |
| Pale | | Formação Fecho do Funil | | | | |
| | | | Formação Cercadinho | | | |
| | | Di | iscordância erosiva | | | |

Figura 8: Coluna litoestratigráfica da área de estudo.





Mapa 3: Mapa geológico, 2023.



6.1.4.2. Geologia Local

Segundo as definições de Endo *et al.* (2019), no contexto da Área Diretamente Afetada ocorre como substrato, em maior parte, rochas da Formação Saramenha, subjacentes ao acesso operacional a ser adequado, sob a canalização do ribeirão Congonhas, e também na encosta a montante do canal de restituição do vertedouro Norte. Na área da ravina sob influência de escorregamentos, uma menor parte está posicionada na mesma unidade, porém, faz contato com a Formação Cercadinho e Formação Fecho do Funil. A área de supressão vegetal para execução de sondagens geotécnicas compreende as porções a oeste do reservatório, maciço, ombreiras e a área do projeto do vertedouro norte da barragem Maravilhas II, de forma que, a área do vertedouro insere-se na Formação Saramenha e as porções relacionadas à barragem Maravilhas II estão contidas, em quase totalidade, sobre a Formação Cercadinho (**Mapa 4**).

A litologia que compõe a Formação Saramenha do Grupo Sabará compreende os clorita xistos, mica xistos, biotita-clorita-granada, xistos intercalados com quartzitos, formações ferríferas bandadas e metagrauvacas e paragnáisses, além das ocorrências de metapelitos, filitos carbonosos, mármores dolomíticos, metadiamictitos e, suplementarmente, rochas metavulcânicas félsicas, metamáficas, metaultramáficas e pegmatitos.

Já a litologia da Formação Cercadinho é composta por quartzitos ferruginosos, filitos prateados e, subordinadamente, xistos róseos e sericíticos e mármores dolomíticos e metaconglomerados. Essa unidade faz contatos gradacionais com a Formação Fecho do Funil, contendo filitos, filitos dolomíticos, metassiltitos, dolomitos quartzosos e argilosos.

Segundo o relatório MC-1850PI-X-34274 da Engecorps (2022), na área do ravinamento predomina a litologia de filitos da Formação Fecho do Funil e seu respectivo saprólito ocorrendo como cobertura, tendo como base 4 seções geológico-geotécnicas interpretadas através de informações de sondagens realizadas (**Figura 9**). Os litotipos identificados apresentam variedades de filitos, metapelitos, intercalações de dolomitos e seus respectivos saprólitos e localmente ocorrem veios de quartzo, de forma que, a **Figura 10** apresenta um dos exemplos dos perfis levantados no relatório supracitado.





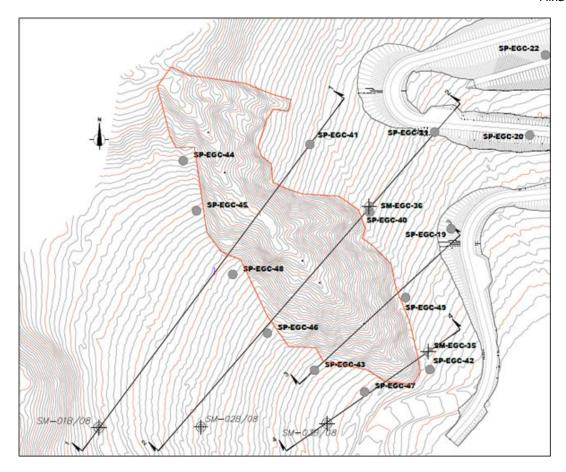


Figura 9: Identificação das seções geológico-geotécnicas e sondagens realizadas na área da ravina (Fonte: ENGECORPS, 2022).





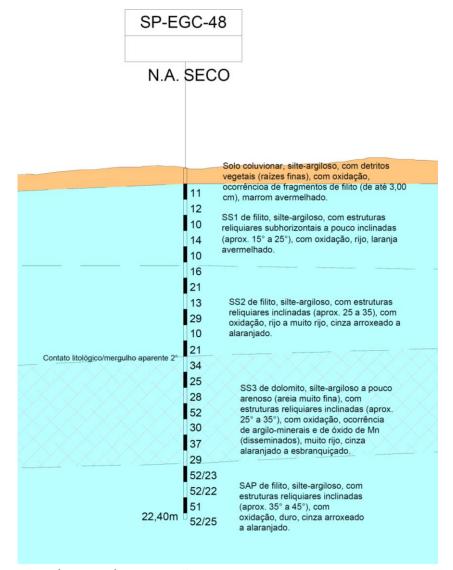


Figura 10: Perfil geológico-geotécnico da seção 1 representando alguns dos litotipos presentes na área da ravina (Fonte: ENGECORPS, 2022).

Em contrapartida, outro relatório MC-1850PI-X-34252 da Engecorps (2023), relata que na região do canal de restituição e da canalização do ribeirão Congonhas, ocorrem saprólitos de filitos e solos saprolíticos de filitos da Formação Taboões, compostos por material silte argiloso a pouco argiloso, com estrutura reliquiar preservada sub-horizontal a subvertical (15°, 35° e 75°), que apresentam coloração cinza e marrom escuro, arroxeado, rosa, marrom amarelado, cinza claro amarelado e amarelado (**Figura 11** e **Figura 12**).





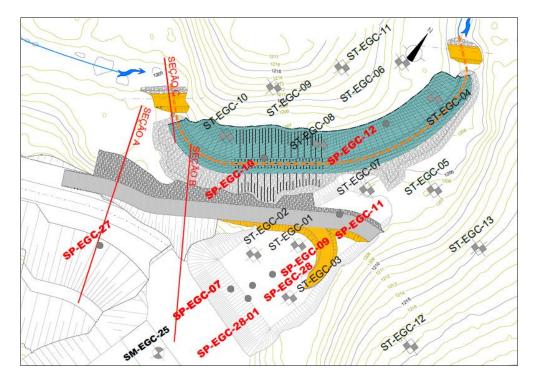


Figura 11: Seções geológico-geotécnicas e sondagens na área da canalização do ribeirão Congonhas (Fonte: ENGECORPS, 2023).

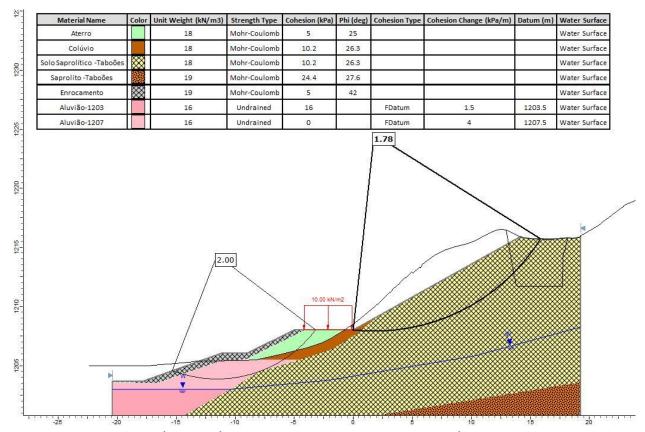


Figura 12: Seção geológico-geotécnica B representando o empilhamento geológico na região da canalização do ribeirão Congonhas (Fonte: ENGECORPS, 2023).



6.1.5. Geomorfologia e Pedologia

A barragem Maravilhas II está localizada próximo ao eixo da megaestrutura denominada Sinclinal Moeda, a qual possui alinhamento geral aproximadamente norte-sul, com seu eixo de direção NNW-SSE e flanco oriental de direção variável entre NE-SW e NNW-SSE bordejando o domo do Complexo do Bação, sendo que essa megaestrutura compreende a faixa ocidental do Quadrilátero Ferrífero.

Geomorfologicamente, a área de estudo está posicionada na porção central do Sinclinal Moeda, em uma região que se apresenta com formas de relevo definidas como Colinas Amplas e Suaves (**Mapa 5**).

A estrutura da barragem Maravilhas II está posicionada no platô central do Sinclinal Moeda com vertentes convexas, topos alongados e arredondados em formas colinosas. Apesar deste padrão menos energético, é notável a alta susceptibilidade a processos erosivos do tipo voçorocas de grandes dimensões e consequentes níveis freáticos livres no manto regolítico arenoso, ambos relacionados ao controle estrutural e atividade antrópica presente no platô (MEDINA et al., 2005).

O padrão de Colinas Amplas e Suaves exibe convexidade nas vertentes associadas com topos amplos, tabulares ou alongados. São formas pouco dissecadas com predominância de processos pedogenéticos em planícies aluviais relativamente amplas do sistema das drenagens principais. Os processos erosivos são localizados e restringem-se, em geral, a rampas de colúvios, sendo restrita à ocorrência de feições como ravinas e voçorocas (MACHADO E SILVA, 2010).

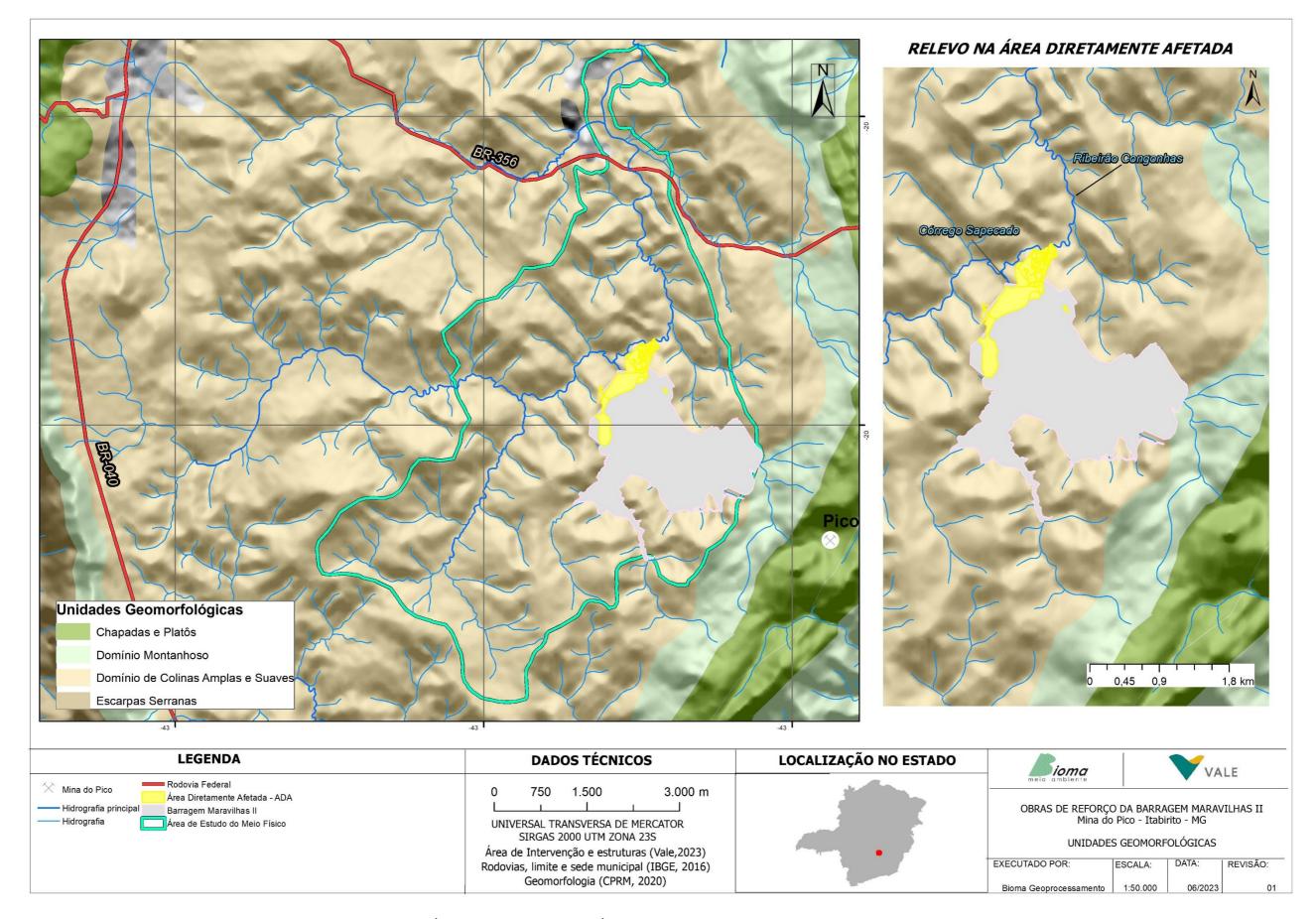
Complementando os estudos geomorfológicos e objetivando uma melhor compreensão acerca da morfologia da área de estudo, foram desenvolvidos mapas de Unidades Geomorfológicas (**Mapa 5**) e Hipsométrico (**Mapa 6**) e de Declividades (**Mapa 7**).

A partir dos mapas de Declividade, Hipsometria e Geomorfologia, as informações para cada uma das estruturas presentes na Área Diretamente Afetada (ADA) estão descritas na **Tabela 2** a seguir.

Tabela 2: Informações acerca da Geomorfologia, Declividade e Variação da altitude das Áreas Diretamente Afetadas.

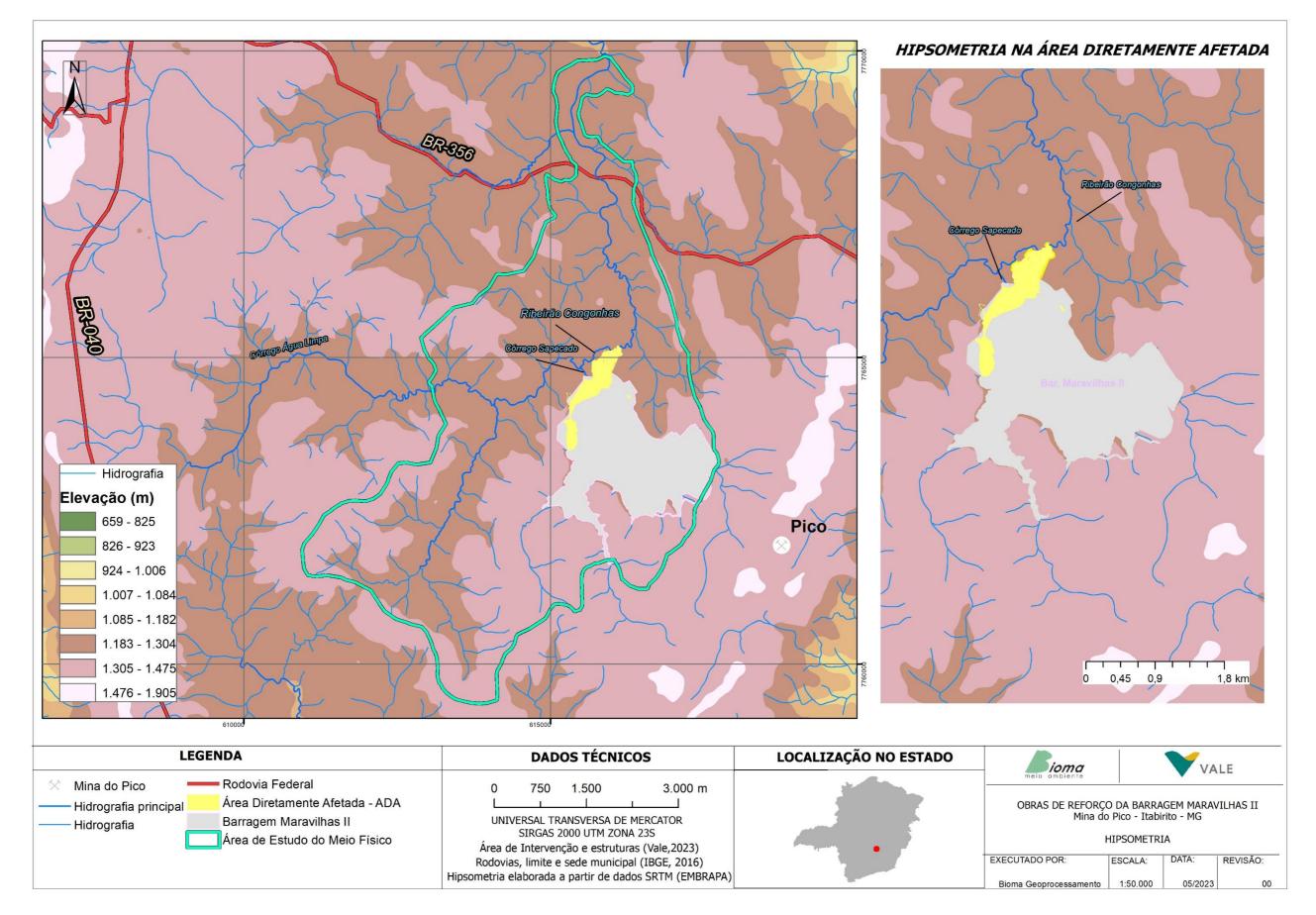
| Área de Intervenção (ADA) | Geomorfologia | Declividade | Variação da altitude (m) |
|---|-------------------------|---|-----------------------------|
| Acesso operacional a ser adequado | | Ondulado a forte ondulado – 20 a 45% | 1183 a 1304 |
| Área da ravina sob influência de escorregamentos | | Ondulado a forte ondulado – 20 a 45% | 1183 a 1304 |
| Canalização do ribeirão Congonhas | | Suave ondulado a ondulado – 3 a 20% | 1183 a 1304 |
| Encosta a montante do canal de restituição | Colinas Amplas e Suaves | Ondulado a forte ondulado – 20 a 45% | 1183 a 1304 |
| Sondagem geotécnica na barragem Maravilhas II e mediações | | Plano a Montanhoso – 0 a 75% | 1183 a 1475 |
| Canteiro de obras e pátio de estocagem | | | 1183 a 1475 |





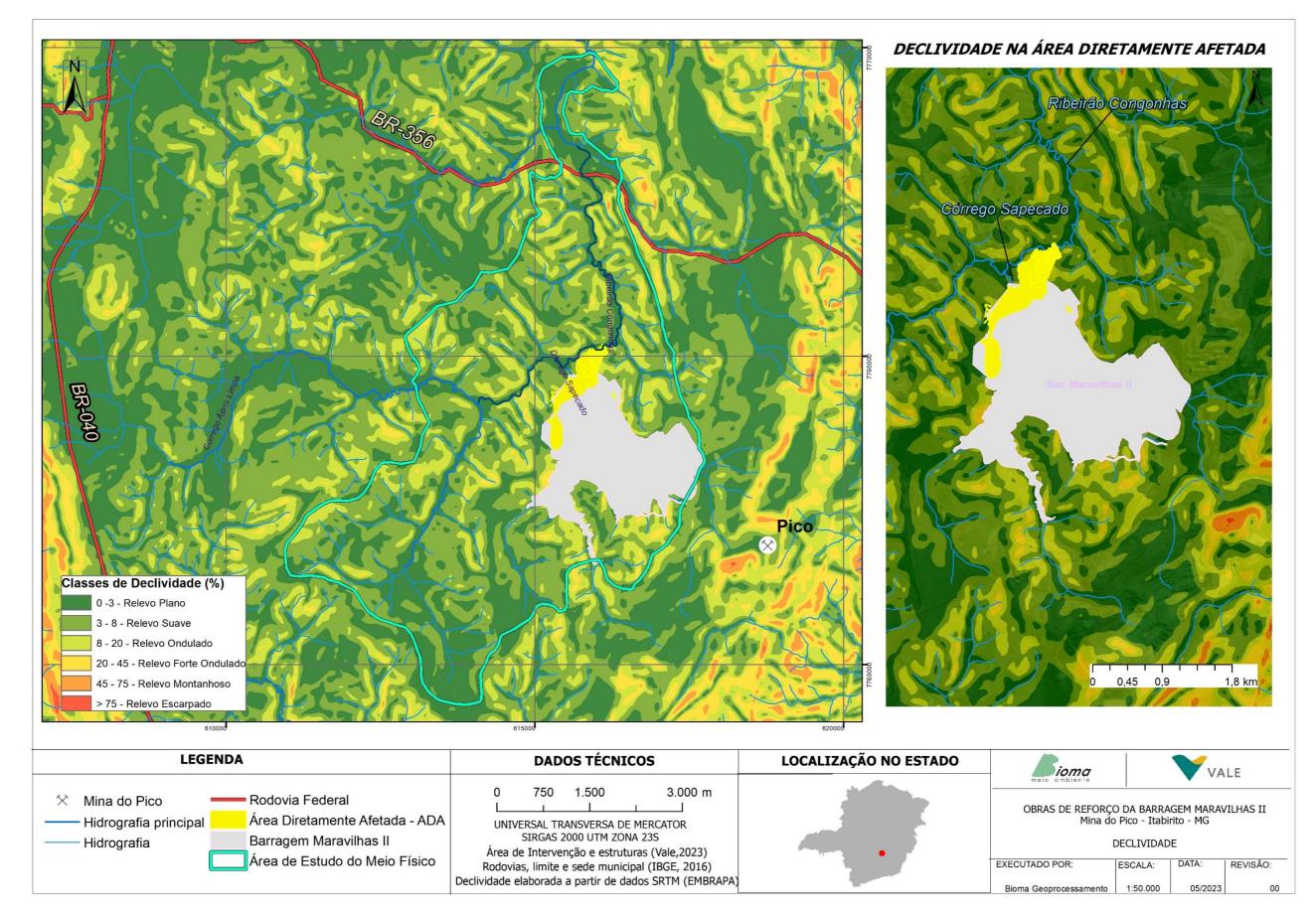
Mapa 4: Unidades Geomorfológicas na Área Diretamente Afetada e na Área de Estudo das obras de reforço da barragem Maravilhas II, mina do Pico, Itabirito, MG, 2023.





Mapa 5: Hipsometria na Área Diretamente Afetada e na Área de Estudo das obras de reforço da barragem Maravilhas II, mina do Pico, Itabirito, MG, 2023.





Mapa 6: Declividade na Área Diretamente Afetada e na Área de Estudo das obras de reforço da barragem Maravilhas II, mina do Pico, Itabirito, MG, 2023.

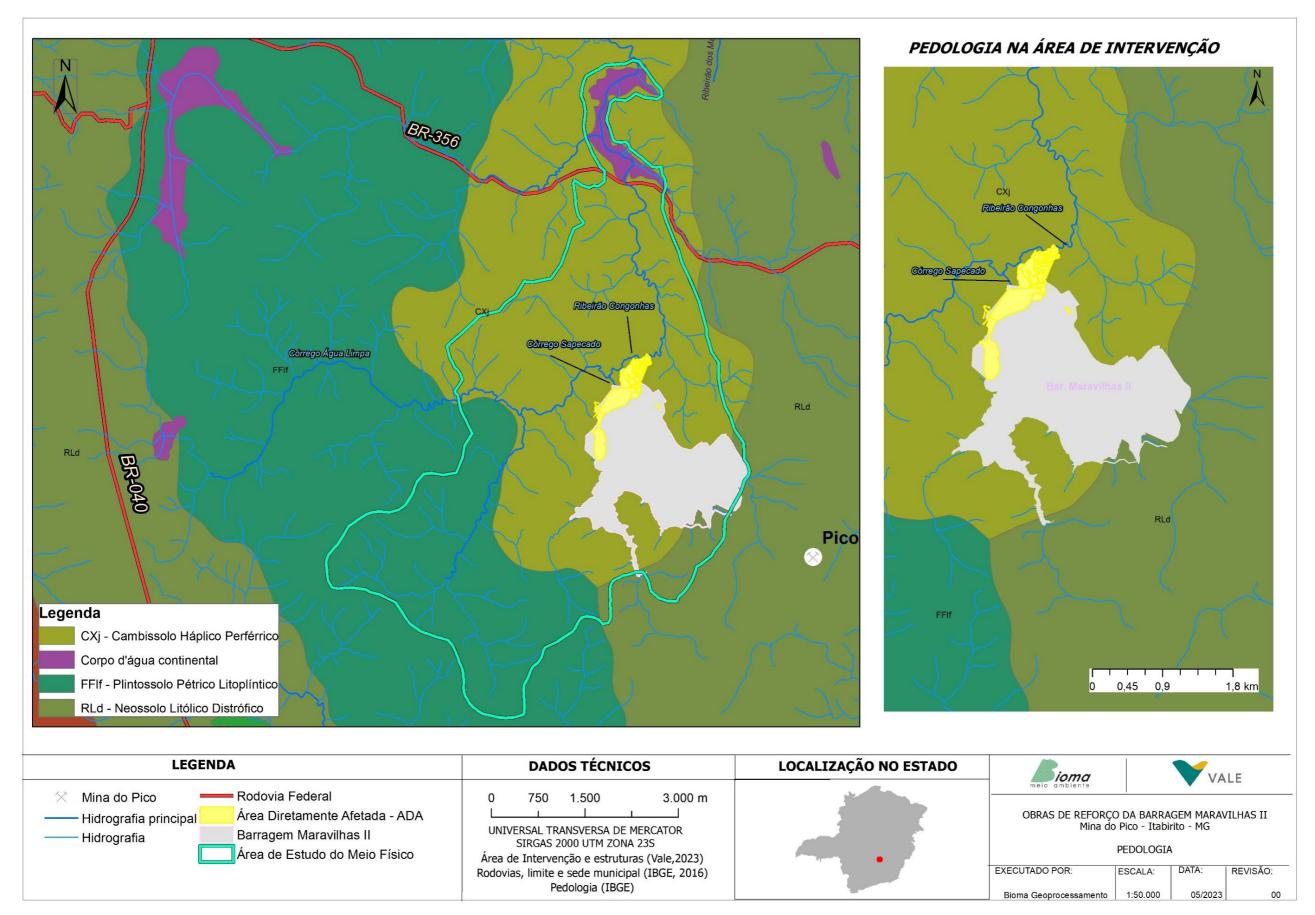


Em termos do mapeamento pedológico, segundo o Banco de Dados de Informações Ambientais (BDiA), a área de estudo contém em seus domínios os CAMBISSOLOS, PLINTOSSOLOS E NEOSSOLOS. Na Área Diretamente Afetada os solos que compõem o substrato são caracterizados por CAMBISSOLOS do tipo HÁPLICO Perférricos (CXj2) (Mapa 7).

Os CAMBISSOLOS compreendem os solos que estão em transformação e formação, constituídos por material mineral que apresenta heterogeneidade no que se refere à origem, às formas de relevo e condições climáticas, sendo normalmente solos rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho-escura. A classe possui ampla faixa granulométrica, que reduz a sua capacidade de retenção de água, conferindo alta porosidade e permeabilidade de fluídos de forma a gerar um rápido escoamento (SANTOS *et al.*, 2018). Quando o solo é do tipo perférrico apresenta elevados teores de Fe₂O₃ nas camadas mais superficiais de solo, conferindo aos solos propriedades tais como, capacidade de adsorção de metais pesados, fixação de fósforo no solo, o que diminui a disponibilidade do nutriente para as plantas, e ainda atua como cimento afetando a troca de cátions nos solos.

Esses solos possuem fase cascalhenta, pedregosa e rochosa, saturação das bases média e saturação por alumínio de baixa a média, conferindo categorias de baixa a média toxicidade e fertilidade natural, ocorrendo geralmente, associados aos relevos acidentados. Além destes fatores, a baixa profundidade do solo contribui para a sua limitação para a atividade agrícola (AMARAL *et al.*, 2004).





Mapa 7: Pedologia na Área Diretamente Afetada e Área de Estudo das obras de reforço da barragem Maravilhas II, mina do Pico, Itabirito, MG, 2023.



6.1.6. Espeleologia

Os estudos espeleológicos apresentados neste documento compreendem a compilação bibliográfica e cartográfica dos dados existentes para a área de estudo, resultado das campanhas prospectivas realizadas pelas empresas contratadas da Vale S.A. Estes estudos são evidentemente fundamentais na avaliação de impacto de empreendimentos potencialmente degradadores do meio ambiente e o objetivo é a apresentação do patrimônio espeleológico identificado na área de intervenção e no entorno imediato de 250m. A observação constante é necessária para se alcançar resultados, sendo os principais: 1 - Cadastrar quantitativamente cavidades naturais subterrâneas protegidas pela Carta Magna do Brasil; 2 - Compatibilizar a caracterização fisiográfica das áreas em relação ao potencial espeleológico e feições de carstificação; 3 – Ressaltar no relatório técnico os dados levantados anteriormente, confirmando dessa forma, a existência do patrimônio espeleológico quantitativamente.

6.1.6.1. Materiais e Métodos

A promulgação da Constituinte de 1988, no Artigo 20°, definiu como bens da união, em seu Inciso X: "as cavidades naturais subterrâneas e os sítios arqueológicos e pré-históricos". Criou-se desta forma, o marco regulatório para a conservação e proteção do patrimônio espeleológico brasileiro. Da mesma forma a Constituição Estadual de Minas Gerais, promulgada em 1989, em sua atual 28ª edição, designa as cavernas no território mineiro como patrimônio estadual em sua Seção VI, Art. 214, & 7°.

Os procedimentos para a elaboração do presente documento consideraram os métodos e materiais descritos nas normas vigentes, ressaltando que não é objetivo do presente documento a classificação de cavidades naturais no contexto de relevância do patrimônio espeleológico nacional, porém considerando-se as normas legais:

- a) Resolução CONAMA nº.: 347/2004, estabelece normas de proteção circundante de cavidades; constitui o CANIE; e dá outras providências para o processual de licenciamento ambiental.
- b) Decreto Federal nº.: 6.640/2008, regulamenta, define, dá ações e outras providências ao Decreto Federal 99.556/1990 e ao patrimônio espeleológico brasileiro.
- c) Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente nº.: 2/2017, constitui padrões normativos para a classificação da relevância das cavidades naturais e do patrimônio espeleológico nacional.
- d) Instrução de Serviço nº.: 8/2017 da SEMAD, estabelece diretrizes para os estudos de prospecção e classificação de cavidades Minas Gerais, segundo IN 2/2017 do MMA, com fins ao licenciamento ambiental.
- e) Decreto nº.: 10.935/2022, dispõe sobre a gestão das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional (Legislação parcialmente embargada pelo Supremo Tribunal Federal).

Os dados lançados neste documento são secundários, originados por empresas terceirizadas especializadas a serviço da Vale S.A., as quais realizaram o levantamento espeleológico para a área de estudo, portanto a equipe da Bioma Meio Ambiente não realizou campanhas prospectivas de campo.



6.1.6.1.1. Área de prospecção – contextualização e potencial espeleológico.

A área de estudo prospectada anteriormente para fins espeleológicos está localizada nos municípios de Itabirito e Nova Lima/MG, inserida no site da mina do Pico, corresponde à ADA (área dos quatro objetivos) = 41,5 ha + buffer de 250m = 158,55ha, correspondendo a uma área total de estudo de 200,05ha, conforme pode ser observada no **Mapa 8**.

Ressalta-se que a área de estudo se encontra parcialmente antropizada, por este motivo, na ADA e área do buffer, são encontradas estruturas de mineração que alteraram a morfologia original, como pode ser observado no **Mapa 8**. A região para além da área de estudo (ADA + buffer) apresenta-se com um potencial muito alto de ocorrência de cavernas, segundo a plataforma oficial de consulta do CECAV (2022), disponível também na plataforma do IDE-SISEMA, como pode ser visto no **Mapa 8**. Os levantamentos bibliocartográficos também evidenciam 3 cavidades fora da área de estudo, como disposto pela Resolução CONAMA 347/2004. A **Tabela 3**, conjuntamente com o **Mapa 8**, resumem a espeleologia da região em tela.

Tabela 3. Cavidades mais próximas dos limites externos da área de estudo espeleológico.

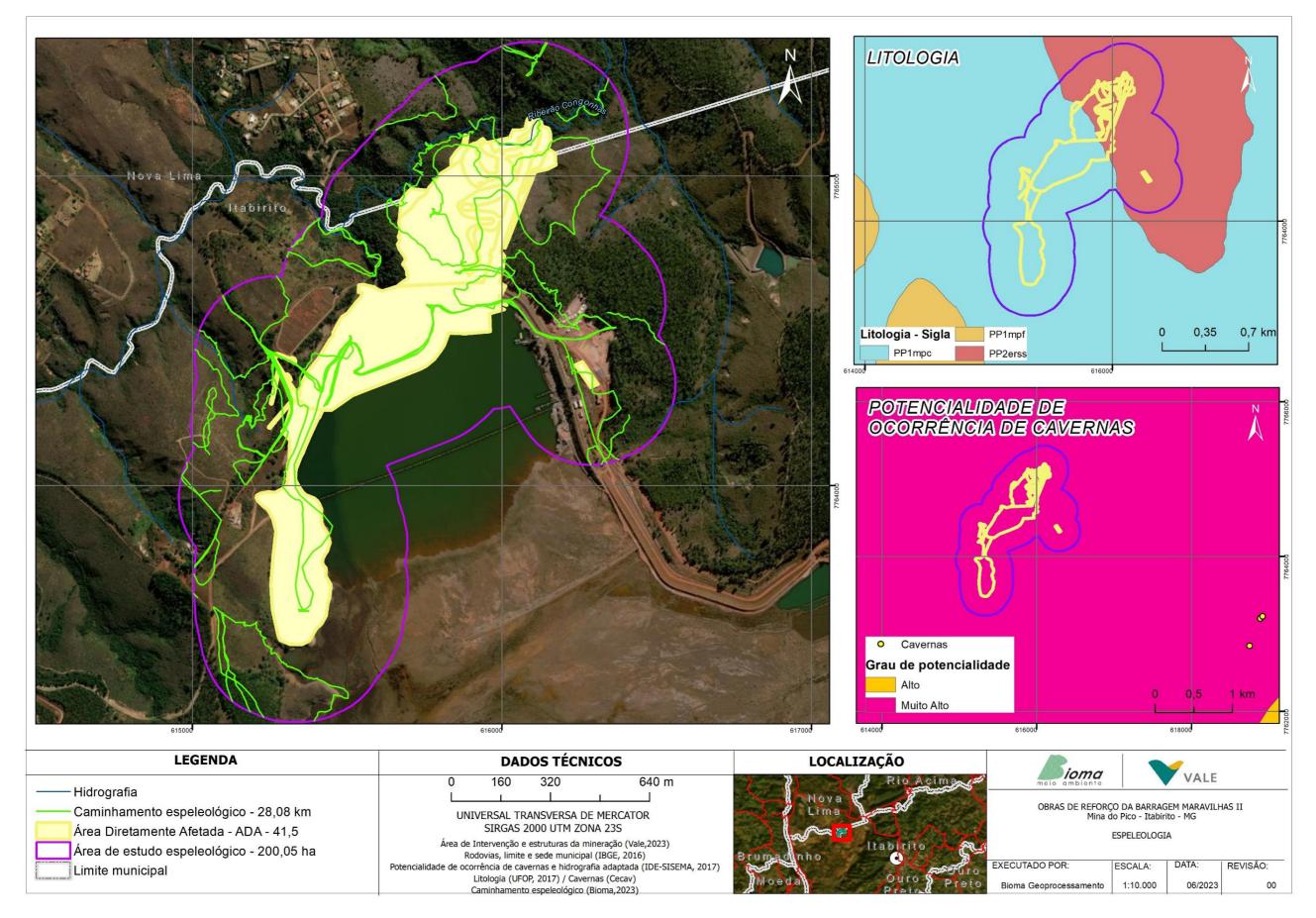
| ID | TOPONÍMIA | COORDENA | DISTÂNCIA DA ÁREA DE ESTUDO (m) | |
|----|-----------|------------|------------------------------------|-------|
| 1 | MP-014 | -20,228319 | -43,863178 | 2.603 |
| 2 | MP-013 | -20,225075 | -43,861871 | 2.530 |
| 3 | MP-012 | -20,224839 | -43,861604 | 2.540 |

O domínio geológico da área alvo dos estudos apresenta os seguintes litotipos de oeste para leste (**Mapa 8**) (UFOP, 2017):

- PP1mpc Formação Cercadinho: quartzitos ferruginosos, filitos prateados, xistos róseos e sericíticos e subordinadamente mármores dolomíticos.
- PP2erss Formação Saramenha: biotita-clorita-granada xistos, quartzitos (qt), metapelitos, filitos carbonosos, mármores dolomíticos (dol), BIF, metadiamictitos (dia), metagrauvacas e paragnaisses. Subordinadamente metavulcânica félsica, metamáfica, metaultramáficas e pegmatito.

Como a maior parte da área já apresenta alterações na conformação do terreno, o potencial de ocorrência de cavidades já não corresponde ao avaliado, entretanto considerando apenas as unidades geológicas e litotípicas, as rochas do ponto de vista espeleogenético são consideradas de alto potencial para ocorrência de cavernas (JANSEN, 2012), com exceção dos mármores dolomíticos. Importante reafirmar que a ocupação na região é parcialmente dominada por antropização há muito tempo imposta por atividades de mineração.





Mapa 8: Espeleologia para a barragem Maravilhas II – mina do Pico: potencial de ocorrência de cavidades, geologia litotípica e em imagem orbital: ADA + buffer de 250m = área de estudo.



Tabela 4: Densidade de caminhamento por potencial espeleológico da barragem Maravilhas II.

| Potencial espeleológico | Densidade de caminhamento Previsto IS 8/2017 (km/km²) | Área estudo (Km²) | Caminhamento Realizado (km) |
|-------------------------|--|----------------------|-----------------------------------|
| MUITO ALTO / ALTO | 20 | 2,0005 | 28,08 |
| Médio | 10 | | |
| Baixo | 5 | | |
| Improvável | 3 | | |

Fontes: IS 8/2017 SEMAD (adaptado); VALE, 2023.

6.1.6.1.2. Considerações finais

Considerando que as estruturas e unidades da ADA já se encontram licenciadas em outros processos junto ao SISEMA, o atual projeto também possui interface com outros licenciamentos do Complexo Minerário de Vargem Grande/Mina do Pico.

Nota-se a inexistência de afloramentos rochosos na ADA e no buffer (250m), onde predomina o relevo plano, pouco abrupto em termos morfológicos, onde as quebras de relevo ou desníveis são em sua grande maioria antrópicos. Nota-se ainda que a petrografia sotoposta ou subjacente na área de estudo é solúvel, sobretudo por apresentar rochas do tipo mármores dolomíticos.

De acordo com a Infraestrutura de Dados Espaciais do SISEMA (CECAV/ICMBio) a potencialidade de ocorrência de cavidades naturais na área alvo de estudo é classificada como "muito alta a alta", de forma que foi realizado um compilado de todos os dados secundários disponibilizados e computados pelos órgãos reguladores da temática, sobretudo o CECAV/ICMBio e o IDE-SISEMA.

Pondera-se que a Bioma Meio Ambiente, para desenvolver o estudo de intervenção emergencial com supressão de vegetação em área licenciada e antropizada, considerou a existência de prospecções espeleológicas já realizadas por empresas especializadas que registraram cavernas, onde as mais próximas estão a mais de 2,500m de distância do buffer. Segundo o CANIE do CECAV, foram aceitos os dados existentes pela confiabilidade dos mesmos e não houve necessidade de se realizar nova prospecção na região, prevalecendo os dados de empresas terceirizadas prestadoras de serviços especializados em espeleologia para a Vale S.A. Ressalta-se que as cavidades são conhecidas pela Vale e se mantêm intactas em meio à vegetação próxima à cava leste da mina do Pico.

A partir das considerações acima expostas e segundo a metodologia de estudos e levantamentos expressos nesse documento, conclui-se que não existe cavidade natural subterrânea na área de estudo (ADA + entorno imediato de 250m = buffer) confirmada pelos estudos espeleológicos. Mediante ao exposto, ressalta-se que a possibilidade de existência de cavidade natural passível de proteção é nula, improvável, além daquelas cavidades já evidenciadas pela prospecção anteriormente apresentada.



6.1.7. Recursos Hídricos e Qualidade das Águas Superficiais

O diagnóstico ambiental referente aos recursos hídricos e qualidade das águas superficiais tem como embasamento a utilização de dados secundários e análise dos dados de monitoramento encaminhados pelo empreendedor, considerando o período entre 2022 e 2023. Desta forma, o diagnóstico dos recursos hídricos e qualidade das águas superficiais permitirá subsidiar a identificação dos possíveis impactos da implantação do empreendimento na qualidade hídrica.

6.1.7.1. Recursos Hídricos

No contexto do planejamento, a bacia do rio São Francisco é dividida em quatro regiões fisiográficas: Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco, sendo a área de estudo locada na região do Alto São Francisco, no município de Itabirito/MG. A área de estudo está inserida na bacia hidrográfica do rio das Velhas, sub-bacia do rio São Francisco, sendo definida pela Unidade Estratégica de Gestão (UEG) como Circunscrição Hidrográfica SF5, conforme a Deliberação Normativa COPAM CERH nº 66, de 17 de novembro de 2020.

A ADA está inserida na bacia do ribeirão Congonhas, sub-bacia do rio do Peixe, ambas tidas como importantes contribuintes para a drenagem do rio das Velhas.

6.1.7.1.1. Bacia Hidrográfica do rio das Velhas

A bacia do rio das Velhas está introduzida na porção central do estado de Minas Gerais, apresentando uma morfometria alongada e inclinada, predominantemente na direção norte-sul. A bacia compreende uma área de 27.850 km², no qual o rio principal percorre uma distância de aproximadamente 806,84 km, onde deságua no rio São Francisco (PDRH RIO DAS VELHAS, 2015).

A bacia hidrográfica do rio das Velhas apresenta uma ampla rede de drenagem que contribui para o implemento e manutenção das suas vazões, com enfoque para seus principais afluentes: rio Bicudo, ribeirão Jequitibá, ribeirão da Mata, ribeirão Arrudas, ribeirão do Onça e rio Itabirito (pela margem esquerda); e rio Curimataí, rio Pardo, rio Paraúna/Cipó, rio Taquaraçu e ribeirão Caeté/Sabará (pela margem direita) (PDRH RIO DAS VELHAS, 2015). A bacia do rio das Velhas contempla áreas de drenagem em 51 municípios, sendo suas nascentes localizadas no município de Ouro Preto e sua foz em barra do Guaicuí, distrito de Várzea da Palma.

No contexto do planejamento e gestão de recursos hídricos, a bacia do rio das Velhas é subdividida em 23 regiões, denominadas como Unidades Territoriais Estratégicas (UTEs), conforme estabelecido pela Deliberação Normativa CBH Rio das Velhas nº 01, de 09 de fevereiro de 2012. A **Tabela 5** apresenta a disposição das UTEs no contexto da bacia do rio das Velhas.





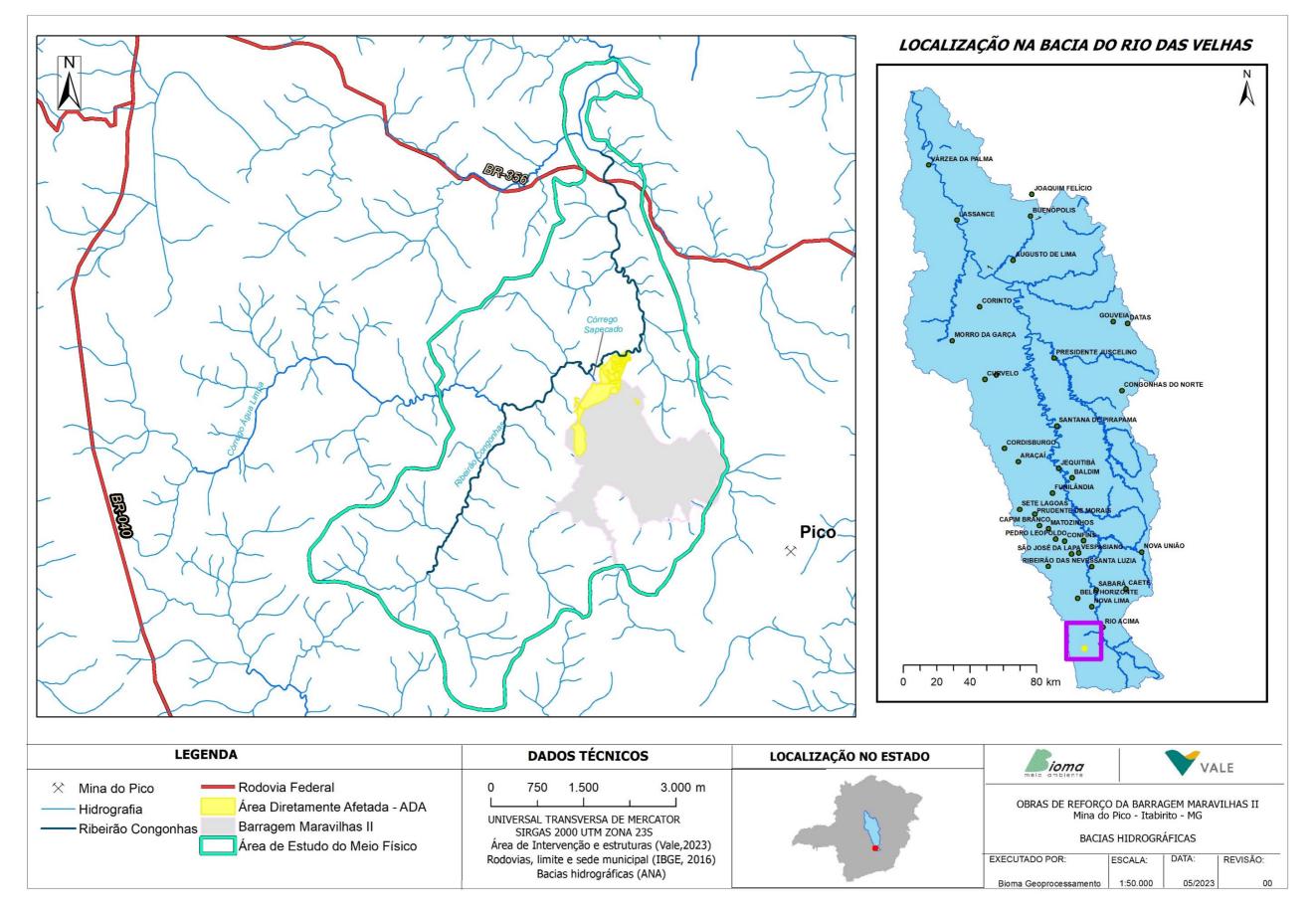
Tabela 5: Relação entre asUTEs e as regiões da bacia hidrográfica do rio das Velhas.

| Região | UTE | /SCBH | Área (km²) | Percentual da bacia |
|-----------------------|-----|------------------------------|------------|---------------------|
| | 1 | UTE Nascentes | 541,58 | 1,94% |
| | 2 | SCBH Rio Itabirito | 548,89 | 1,97% |
| | 3 | UTE Águas do Gandarela | 323,66 | 1,16% |
| Alto | 4 | SCBH Águas da Moeda | 544,32 | 1,95% |
| | 5 | SCBH Ribeirão Caeté/Sabará | 331,56 | 1,19% |
| | 6 | SCBH Ribeirão Arrudas | 228,37 | 0,82% |
| | 7 | SCBH Ribeirão Onça | 221,38 | 0,79% |
| | 8 | UTE Poderoso Vermelho | 360,48 | 1,29% |
| Médio Alto | 9 | SCBH Ribeirão da Mata | 786,84 | 2,83% |
| | 10 | SCBH Rio Taquaraçu | 795,5 | 2,86% |
| | 11 | SCBH Carste | 627,02 | 2,25% |
| | 12 | SCBH Jabo/Baldim | 1.082,10 | 3,89% |
| | 13 | SCBH Ribeirão Jequitibá | 624,08 | 2,24% |
| Médio Baixo | 14 | UTE Peixe Bravo | 1.169,89 | 4,20% |
| | 15 | UTE Ribeirões Tabocas e Onça | 1.223,26 | 4,39% |
| | 16 | UTE Santo Antônio/Maquiné | 1.336,82 | 4,80% |
| | 17 | SCBH Rio Cipó | 2.184,86 | 7,85% |
| | 18 | SCBH Rio Paraúna | 2.337,61 | 8,39% |
| | 19 | UTE Ribeirão Picão | 1.716,59 | 6,16% |
| | 20 | UTE Rio Pardo | 2.235,13 | 8,03% |
| | 21 | SCBH Rio Curimataí | 2.218,66 | 7,97% |
| Baixo | 22 | SCBH Rio Bicudo | 2.274,48 | 8,17% |
| | 23 | UTE Guaicuí | 4.136,93 | 14,85% |
| Bacia do rio das Velh | nas | | 27.850,00 | - |

Fonte: Consórcio Ecoplan/Skill (2013).

Nesse contexto, a ADA está situada no Alto rio das Velhas, no subcomitê de bacia hidrográfica (SCBH) Águas da Moeda, contemplando uma área de 544,32 km², que corresponde a um percentual de 1,95% da bacia do rio das Velhas. A UTE respectiva contempla os municípios de Itabirito, Nova Lima, Raposos, Rio Acima e Sabará, sendo o rio do Peixe, ribeirão dos Marinhos, ribeirão Congonhas, ribeirão Cardoso, ribeirão Cristais, córrego Padre Domingos, córrego Água Limpa, córrego Fazenda Velha e córrego Fechos os principais cursos hídricos que compõe sua rede de drenagem. O **Mapa 9** apresenta a área de estudo no contexto da hidrografia local.





Mapa 9: Inserção da área de estudo no contexto da bacia hidrográfica do rio das Velhas, 2023.



6.1.7.1.2. Uso das Águas

Conforme preconiza a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, a água é um bem de domínio público, sendo um recurso natural limitado e dotado de valor econômico. No Brasil seu uso está concentrado na irrigação de lavouras, abastecimento público, atividades industriais, geração de energia, extração mineral, aquicultura, navegação, turismo e lazer, porém em situações de escassez, o uso prioritário é o consumo humano e a dessedentação de animais (BRASIL, 1997; ANA, 2022).

Desta forma, a "Política Nacional de Recursos Hídricos visa: assegurar disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos; a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais; incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais".

Os usos da água são classificados como consuntivos, aqueles que retiram água do manancial para sua destinação e os usos não consuntivos, os quais não envolvem o consumo direto da água pois aproveitam o curso da água sem consumi-la.

As vazões médias específicas da bacia do rio das Velhas, no contexto da SCBH Águas da Moeda, a qual a área de estudo está inserida, estão apresentadas na **Tabela 6**. Sendo, desta forma, a vazão representativa do limite superior do uso da água nessa UTE equivalente a 3,36 m³/s.

Tabela 6: Disponibilidade hídrica superficial da UTE SCBH Águas da Moeda.

| UTE | Área (Km²) | Q _{mlp} (L/s.Km²) | Q _{7,10} (m³/s) |
|---------------------|------------|----------------------------|--------------------------|
| SCBH Águas da Moeda | 544,32 | 19,67 | 3,36 |

Fonte: PDRH RIO DAS VELHAS, 2015.

No tocante à área de estudo, segundo dados extraídos da Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-SISEMA), foram detectados dois (2) usos de água a montante das intervenções apresentados na **Tabela 7**.

Tabela 7: Usos da água na poligonal da área de estudo.

| Tipo de uso | Modo de uso | Finalidade de uso | Vazão (m³/h) | Regime (h/d) |
|-------------|--|---|--------------|--------------|
| Subterrâneo | Captação de água subterrânea por meio de poço tubular já existente | Consumo humano; Dessedentação de animais; Limpeza em geral; Recreação | 17 | 24 |
| Subterrâneo | Captação de água subterrânea por meio de poço tubular já existente | Consumo humano; paisagismo; recreação | 9,43 | 24 |

Fonte: IDE-SISEMA, 2023

6.1.7.1.3. Enquadramento das Águas Superficiais

Segundo termos da Lei Federal Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, o enquadramento dos corpos de água em classes é um instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos que visa assegurar às águas qualidade compatível com o respectivo uso ao qual forem destinadas, além de reduzir custos de combate à poluição das



águas. Neste contexto, em 2005 a Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março apresentou os critérios e diretrizes para o enquadramento dos corpos hídricos.

No contexto da área de estudo, o enquadramento dos corpos hídricos integrantes da bacia do rio das Velhas é estabelecido pela Deliberação Normativa nº 20, de 24 de junho de 1997 e conforme disposto em seu Art. 1º, o trecho 28 que compreende desde as nascentes do ribeirão Congonhas até a confluência com a Lagoa das Codornas é classificado como Classe 1.

6.1.7.2. Qualidade das Águas Superficiais

Com intuito de verificar as condições de qualidade das águas superficiais, o IGAM – Instituto Mineiro de Águas realiza coleta e análise das amostras de água em laboratório para avaliar o IQA – Índice de Qualidade das Águas. Esse índice tem como determinante principal a avaliação da qualidade das águas no contexto do abastecimento público. A **Figura 13** ilustra os valores de IQA, bem como o seu enquadramento.

| Valor do IQA | Classes | Significado |
|----------------|------------|--|
| 90 < IQA ≤ 100 | Excelente | Águas apropriadas para tratamento |
| 70 < IQA ≤ 90 | Bom | convencional visando ao |
| 50 < IQA ≤ 70 | Médio | abastecimento público. |
| 25 < IQA ≤ 50 | Ruim | Águas impróprias para tratamento convencional visando ao |
| IQA ≤ 25 | Muito Ruim | abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados. |

Figura 13: Classificação do índice de IQA (Fonte: CETESB, 2008).

A estação homologada pelo IGAM e que apresenta maior proximidade da área de intervenção é denominada AV180, situada na Represa de Codornas a jusante da ADA. A estação está inserida na bacia do rio das Velhas, no município de Nova Lima/MG e os dados obtidos para o IQA estão na **Tabela 8.**

Tabela 8: Valores do IQA para a estação de monitoramento de interesse.

| Corpo d'água | Estação | Município | IQA em 2020 | IQA em 2021 |
|---------------------|---------|-----------|-------------|-------------|
| Represa de Codornas | AV180 | Nova Lima | 90,1 | 83,6 |

Fonte: IGAM, 2021.

Segundo dados obtidos, conforme IGAM (2021), os valores do IQA para os anos de 2020 e 2021 foram classificados como excelente e bom, respectivamente. Além do diagnóstico elaborado pelo IGAM, foi realizada uma análise dos dados de monitoramento hídrico a fim de definir o padrão de qualidade nos pontos da rede de monitoramento, em função da Resolução CONAMA nº 357/2005 e Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08/2022.

Desta forma, as informações obtidas têm como propósito subsidiar a análise acerca do comportamento da qualidade da água superficial no contexto da área de estudo e da intervenção.



6.1.7.2.1. Metodologia

Utilizou-se como metodologia o uso das informações da matriz superficial da rede de monitoramento a partir de dados secundários, com três pontos distribuídos no entorno da área de estudo. Os dados representam seis campanhas de amostragem realizadas para os pontos PIC-COR-17-AS, PIC-BAR-01-E e PIC-COR-01-AS, contemplando os meses de julho, agosto e setembro de 2022 e os meses de janeiro, fevereiro e março de 2023, no intuito de abranger a estação seca e chuvosa.

A seleção dos pontos de monitoramento teve como embasamento a localização geográfica mais próxima da área de estudo quanto à intervenção e disponibilidade de dados. O ponto denominado PIC-COR-17-AS está localizado a montante da área de intervenção e da confluência do escoamento oriundo da barragem Maravilhas II com o ribeirão Congonhas. A análise dos resultados do monitoramento neste ponto permitirá a caracterização da qualidade hídrica a montante da intervenção.

O ponto denominado PIC-BAR-01-E também está situado a montante da ADA, porém seus dados representam todo efluente oriundo da barragem Maravilhas II. A justificativa da inserção deste ponto no diagnóstico se baseia na caracterização da qualidade da água a montante da intervenção, tendo em vista que no local das intervenções a qualidade hídrica será afetada concomitantemente pela drenagem oriunda da barragem e do ribeirão Congonhas. Desta forma, a correlação entre o diagnóstico do monitoramento nos pontos PIC-COR-17-AS e PIC-BAR-01-E permitirão uma análise mais assertiva no contexto dos recursos hídricos locais.

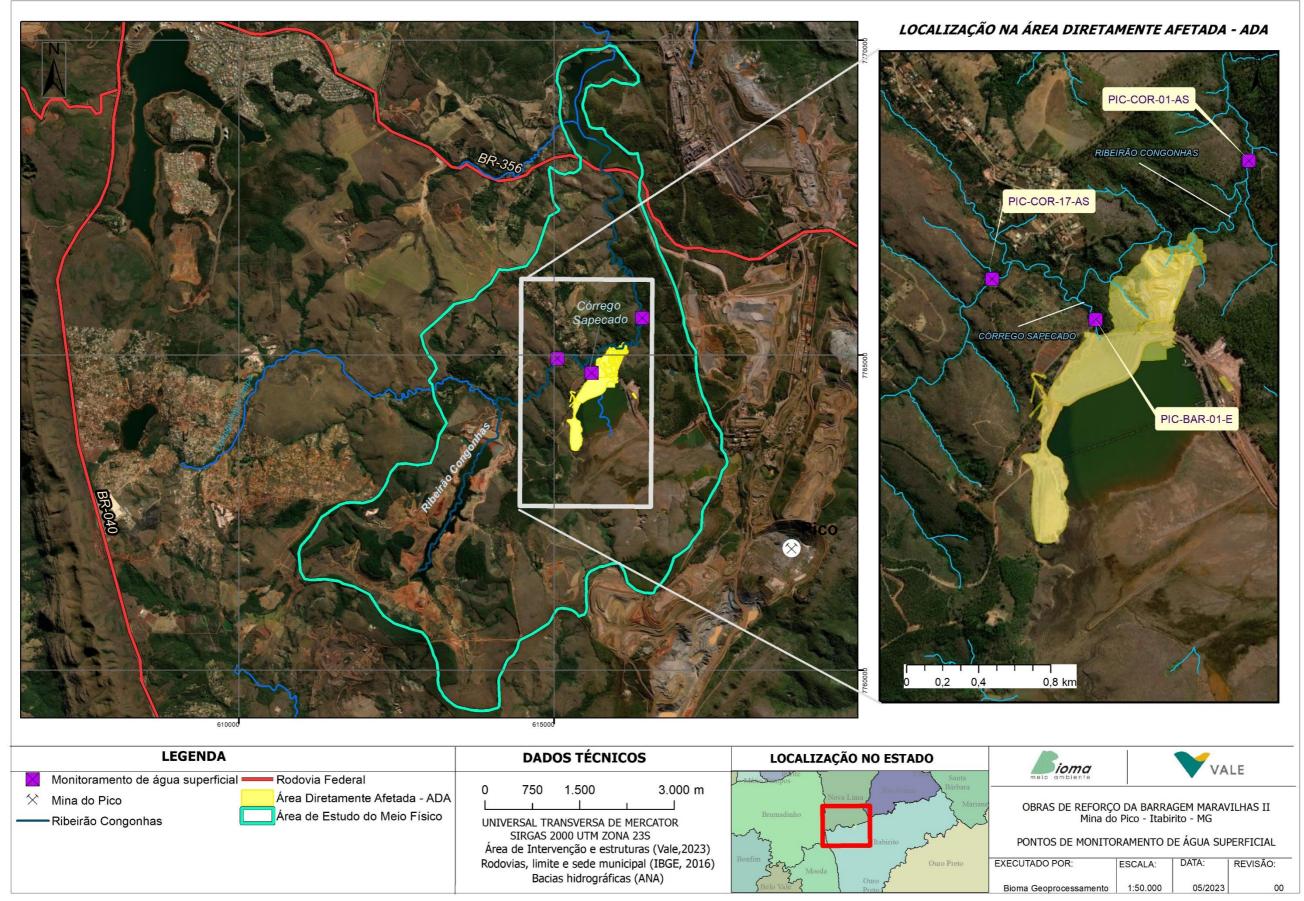
No intuito de subvencionar o diagnóstico ambiental dos recursos hídricos a jusante da intervenção, foi selecionado o ponto de monitoramento denominado PIC-COR-01-AS, situado no ribeirão Congonhas, avaliando o período histórico congênere. A descrição da rede de monitoramento da qualidade de água superficial utilizada no diagnóstico está presente no **Quadro 5**.

Quadro 5: Descrição da rede de monitoramento da qualidade da água superficial.

| Denominação | | Coord | enadas | |
|---------------|--|-----------|-----------|---------------|
| do Ponto de | Parâmetros | Latitude | Longitude | Enquadramento |
| Amostragem | | (N) | (E) | |
| PIC-COR-17-AS | Cloreto, Coliformes Termotolerantes (E. coli), Condutividade elétrica, Cor Verdadeira, Cromo, DBO, DQO, Fenóis Totais, Ferro Dissolvido, Manganês Total, Mercúrio, Nitrato (como N), Nitrito (como N), Nitrogênio Amoniacal, Óleos e Graxas mineral, Óleos e Graxas, Oxigênio Dissolvido, pH, Sólidos Dissolvidos Totais, Sólidos Suspensos Totais, Turbidez | 7.764.947 | 615.057 | Classe 1 |
| PIC-BAR-01-E | Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cloreto, Cobre, Coliformes Termotolerantes, Condutividade elétrica, Cor Verdadeira, Cromo, DBO, DQO, Dureza Total, Fenóis Totais, Ferro Dissolvido, Manganês Total, Mercúrio, Nitrato (como N), Nitrito (como N), Nitrogênio Amoniacal, Óleos e Graxas mineral, Óleos e Graxas, Oxigênio Dissolvido, pH, Sólidos Dissolvidos Totais, Sólidos Suspensos Totais, Turbidez | 7.764.719 | 615.595 | Classe 1 |
| PIC-COR-01-AS | Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cloreto, Cobre, Coliformes Termotolerantes, Coliformes Termotolerantes (E. coli), Condutividade elétrica, Cor verdadeira, Cromo, DBO, DQO, Dureza total, Fenóis Totais, Ferro Dissolvido, Manganês Total, Mercúrio, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal, Óleos e Graxas, Óleos e Graxas mineral, Oxigênio Dissolvido, pH, Sólidos Suspensos Totais, Sólidos Totais, Sólidos Dissolvidos Totais, Turbidez | 7.765.591 | 616.400 | Classe 1 |

O Mapa 10 contempla a localização dos pontos de monitoramento no contexto da área de estudo.





Mapa 10: Localização dos pontos de monitoramento de qualidade de águas superficiais no contexto da área de estudo, 2023.



6.1.7.2.2. Resultados e interpretação dos dados

A **Tabela 9** contempla os resultados obtidos para o monitoramento da qualidade de água superficial no ponto PIC-COR-17-AS.

Tabela 9: Resultados do monitoramento de qualidade de água superficial no ponto PIC-COR-17-AS.

| Parâme- tros | Unida- de | CONAMA 357/05 | COPAM CERH/ MG 08/22 | | | PIC-COI | R-17-AS | | |
|---|----------------|---|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | Classe 1 | Classe 1 | 07/07/22 | 08/08/22 | 09/09/22 | 09/01/23 | 09/02/23 | 09/03/23 |
| Cloreto | mg/L | 250 | 250 | 10 | 14 | 14 | < 0,50 | 14 | 5,4 |
| Coliformes Termotolera ntes (E. coli) | NMP/10 0 mL | 200 | 200 | 4,00E+01 | 2,00E+01 | < 1,8E+1 | < 1,8E+1 | 2,00E+01 | 4,00E+01 |
| Condutividad e elétrica | μS/cm | | | 57,9 | 101 | 70,1 | 56 | 133,6 | 88 |
| Cor Verdadeira | CU | | | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | 6 | < 5,0 | 36 |
| Cromo | mg/L | 0,05 | 0,05 | < 0,0050 | < 0,0050 | < 0,0050 | < 0,0050 | 0,0073 | < 0,0050 |
| DBO | | 3 | 3 | < 2,00 | < 2,00 | < 2,00 | < 2,00 | < 2,00 | < 2,00 |
| DQO | mg/L | | | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 |
| Fenóis Totais | mg/L | 0,003 | 0,003 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 |
| Ferro Dissolvido | | 0,3 | 0,3 | < 0,050 | < 0,050 | < 0,050 | 5,9 | < 0,050 | 0,111 |
| Manganês Total | / | 0,1 | 0,1 | 0,913 | 0,923 | 0,469 | 0,995 | 0,85 | 1,2 |
| Mercúrio | mg/L | 0,0002 | 0,0002 | < 0,000050 | < 0,000050 | <0,00005 0 | < 0,000050 | < 0,000050 | < 0,000050 |
| Nitrato (como N) | | 10 | 10 | < 0,11 | < 0,11 | < 0,11 | < 0,11 | 0,16 | < 0,11 |
| Nitrogênio Amoniacal | mg/L | 3,7, para pH<=7,5 2,0, para 7,5 <ph<= 8,0 1,0, para 8,0<ph<= 8,5 0,5, para pH>8,5</ph<= </ph<= | 3,7, para pH<=7, 5 2,0, para 7,5 <ph <=8,0 1,0, para 8,0<ph <=8,5 0,5, para pH>8,5</ph </ph | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 |
| Óleos e Graxas mineral | | | | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 |
| Óleos e Graxas | | VA | VA | Virtualmen te ausentes | Virtualmen te ausentes | Virtualme nte ausentes | Virtualme nte ausentes | Virtualme nte ausentes | Virtualme nte ausentes |
| Oxigênio Dissolvido | | >6 | >6 | 6,5 | 7,5 | 6,22 | 4,68 | 6,37 | 6,45 |
| рН | - | 6 - 9 | 6 - 9 | 7,28 | 7,34 | 7,01 | 7,33 | 8,11 | 8,2 |
| Sólidos Dissolvidos Totais | | 500 | 500 | 74 | 70 | 48 | 15 | 87 | 89 |
| Sólidos Suspensos Totais | mg/L | | 50 | < 5,0 | < 5,0 | 9 | 7 | 67 | 82 |
| Sólidos Totais | | | | 76 | 72 | 59 | 22 | 156 | 171 |
| Turbidez | NTU | 40 | 40 | 3,34 | 5,72 | 4,66 | 140 | 53,6 | 85,4 |





Os dados obtidos, de forma geral, estão em conformidade com a legislação vigente, à exceção dos parâmetros: ferro dissolvido, manganês total, oxigênio dissolvido e turbidez. O Valor Máximo Permissível (VMP) do ferro dissolvido para águas doces Classe 1 é dado como sendo 0,3 mg/L, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005 e DN COPAM nº 08/2022. Este parâmetro apresentou desconformidade na campanha de amostragem realizada em janeiro de 2023, sendo o valor encontrado 5,9 mg/L. A alteração desse parâmetro é um indicativo de alguma interferência externa de caráter antrópico, possivelmente atribuído à ocorrência de processos erosivos nas margens dos cursos d'agua e de efluentes industriais.

A desconformidade do manganês ocorreu em todas as campanhas de amostragem, por ser uma substância característica das águas superficiais, sendo as altas concentrações justificadas em função das atividades antropogênicas, potencializadas por períodos de alta pluviosidade. O VMP do manganês é 0,1 mg/L para águas doces Classe 1, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005 e DN COPAM nº 08/2022, sendo que os dados encontrados estão com qualidade inferior às águas doces de Classe 3.

O oxigênio dissolvido apresentou desconformidade na campanha de amostragem executada no dia 09/01/2023, sendo o dado encontrado 4,68 mg/L, valor inferior ao limite mínimo de 6 mg/L estabelecido pelas Resolução CONAMA nº 357/2005 e DN COPAM nº 08/2022 para águas doces Classe 1. As perdas podem ser decorrentes da respiração dos organismos aquáticos e oxidação química, principalmente por íons metálicos, como ferro e manganês e no ciclo de moléculas orgânicas, como do nitrogênio e do enxofre (ESTEVES, 2011).

A turbidez também apresentou valores incompatíveis com os limites estabelecidos pelas Resolução CONAMA nº 357/2005 e DN COPAM nº 08/2022 para águas doces Classe 1 nas campanhas realizadas em janeiro, fevereiro e março. O aumento de turbidez no período chuvoso, pode ser diversa, desde o aporte de sedimentos, tornando a água turva (por meio da erosão hídrica, quando não há mata ciliar), de explotação de bens minerais, como a retirada de areia ou a exploração de argila ou por meio de indústrias ou esgoto doméstico lançado no manancial sem tratamento.

A **Tabela 10** apresenta os resultados do monitoramento de qualidade de água superficial obtido para o ponto PIC-BAR-01-E.

Tabela 10: Resultados do monitoramento de qualidade de água superficial no ponto PIC-BAR-01-E.

| Parâmetros | Unida- de | CONAMA 357/05 | COPAM- CERH/MG 08/22 | | | PIC-BA | R-01-E | | |
|-----------------------------------|----------------|------------------|----------------------------|----------|----------|--------------|----------|-----------|--------------|
| | de | Classe 1 | Classe 1 | Jul/22 | Ago/22 | Set/22 | Jan/23 | Fev/23 | Mar/23 |
| Arsênio | mg/L | 0,01 | 0,01 | <0,00050 | <0,00050 | <0,0005 0 | <0,00050 | 0,00093 | <0,0005 0 |
| Cádmio | mg/L | 0,001 | 0,001 | <0,00050 | <0,00050 | <0,0005 0 | <0,00050 | < 0,00050 | <0,0005 0 |
| Chumbo | mg/L | 0,01 | 0,01 | <0,0050 | <0,0050 | <0,0050 | <0,0050 | < 0,0050 | 0,0133 |
| Cloreto | | 250 | 250 | 9,7 | 15 | 14 | 5,9 | 7,1 | 6,7 |
| Cobre | mg/L | | | <0,00250 | <0,00250 | 0,00657 | <0,00250 | <0,00250 | <0,0025 0 |
| Coliformes Termotolera ntes | NMP/10 0 mL | 200 | 200 | >1,6E+4 | 2,00E+01 | >1,6E+4 | 7,80E+01 | 4,50E+02 | 2,80E+0 3 |
| Condutividad e elétrica | μS/cm | | | 85,4 | 149 | 109 | 87 | 115,8 | 116 |





| Parâmetros | Unida- de | CONAMA 357/05 | COPAM- CERH/MG 08/22 | | | PIC-BA | AR-01-E | | |
|----------------------------------|--------------|---|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | ae | Classe 1 | Classe 1 | Jul/22 | Ago/22 | Set/22 | Jan/23 | Fev/23 | Mar/23 |
| Cor Verdadeira | CU | | | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | 17 | < 5,0 | 5,3 |
| Cromo | mg/L | 0,05 | 0,05 | < 0,0050 | <0,0050 | <0,0050 | <0,0050 | <0,0050 | <0,0050 |
| DBO | | 3 | 3 | 19,48 | 16,73 | 4,74 | 4,59 | 4,54 | 5,3 |
| DQO | mg/L | | | 83 | 54 | 21 | 12 | 12 | 15 |
| Dureza Total | mg/L | | | 6,49 | 11 | 6,34 | 11 | 13 | 16 |
| Fenóis Totais | <u></u> | 0,003 | 0,003 | < 0,002 | < 0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 | <0,002 |
| Ferro Dissolvido | mg/L | 0,3 | 0,3 | < 0,050 | < 0,050 | < 0,050 | < 0,050 | 0,068 | 0,126 |
| Manganês Total | ma/l | 0,1 | 0,1 | 0,928 | 1,1 | 0,599 | 0,115 | 1,7 | 3,1 |
| Mercúrio | mg/L | 0,0002 | 0,0002 | <0,00005 0 | <0,00005 0 | <0,0000 50 | <0,000050 | <0,00005 0 | <0,0000 50 |
| Nitrato (como N) | | 10 | 10 | < 0,11 | < 0,11 | < 0,11 | < 0,11 | 0,35 | < 0,11 |
| Nitrito (como N) | | 1 | 1 | < 0,006 | < 0,006 | < 0,006 | < 0,006 | < 0,006 | < 0,006 |
| Nitrogênio Amoniacal | mg/L | 3,7, para pH<=7,5 2,0, para 7,5 <ph<= 0,5,="" 1,0,="" 8,0="" 8,0<ph<="8,5" para="" ph="">8,5</ph<=> | 3,7, para pH<=7,5 2,0, para 7,5 <ph<= 0,5,="" 1,0,="" 8,0="" 8,0<ph<="8,5" para="" ph="">8,5</ph<=> | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | 0,09 |
| Óleos e Graxas mineral | | | | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 |
| Óleos e Graxas | | VA | VA | Virtualme nte ausentes | Virtualmen te ausentes | Virtualm ente ausentes | Virtualmen te ausentes | Virtualmen te ausentes | Virtualm ente ausentes |
| Oxigênio Dissolvido | | >6 | >6 | 6,74 | 8,84 | 6,42 | 5,1 | 6,74 | 6,2 |
| pН | - | 6 - 9 | 6 - 9 | 6,99 | 7,44 | 7,58 | 7,5 | 7,8 | 7,28 |
| Sólidos Dissolvidos Totais | | 500 | 500 | 130 | 105 | 79 | 69 | 77 | 107 |
| Sólidos Suspensos Totais | mg/L | | 50 | 20 | < 5,0 | < 5,0 | 6 | 34 | 8 |
| Sólidos Totais | | | | 152 | 107 | 81 | 6 | 114 | 115 |
| Turbidez | NTU | 40 | 40 | 3,41 | 5,29 | 320 | 25,4 | 33,9 | 13,3 |

Os parâmetros de monitoramento da qualidade de água superficial que apresentaram desconformidades, de acordo com os limites estabelecidos pelas Resolução CONAMA nº 357/2005 e DN COPAM nº 08/2022, foram chumbo, DBO, manganês total, oxigênio dissolvido e turbidez, para o ponto PIC-BAR-01-E.

A amostragem realizada em março de 2023 apresentou desconformidade com as legislações respectivas para o parâmetro denominado chumbo, entretanto a alteração não apresentou elevada significância, tendo em vista que o valor encontrado foi 0,0133 mg/L, sendo o VMP de 0,01 mg/L para águas doces Classe 1.

A DBO apresentou incompatibilidade com a legislação respectiva em todas as campanhas de amostragem realizadas, sendo as alterações mais significantes encontradas nos meses de julho e agosto de 2022. A DBO





por ser naturalmente conceituada como o quantitativo de oxigênio necessário para possibilitar a degradação da matéria orgânica e, quando elevada, torna-se um indicativo da presença de efluente doméstico ou da presença da matéria orgânica, sua alteração pode ser justificada em função da origem da contribuição hídrica deste ponto. Como o ponto de monitoramento está situado logo a jusante da barragem Maravilhas II, é esperado que a acumulação de matéria orgânica característica de ambientes lênticos seja percebida a jusante destes.

O manganês apresentou alterações em todas as campanhas de amostragem executadas sendo os valores mais destoantes encontrados nos meses de agosto, fevereiro e março. Conforme já elucidado, as altas concentrações têm como justificativa a presença de atividade antrópica em áreas adjacentes, sendo as alterações potencializadas em períodos de alta pluviosidade. Desta forma, a atividade antrópica concernente à disposição de rejeitos de mineração na barragem Maravilhas, torna-se um gatilho para a alteração desse parâmetro.

Em contrapartida, a alteração das taxas de turbidez que era esperada em todas as campanhas de amostragem, em função da antropização do local, foi observada apenas na campanha realizada em setembro de 2022. A turbidez encontrada correspondeu a 320 unidades nefelométricas de turbidez (NTU), sendo o VMP equivalente a 100 NTU.

A **Tabela 11** contempla os dados do monitoramento de qualidade de água superficial para o ponto situado à jusante da intervenção, denominado PIC-COR-01-AS.

Tabela 11: Resultados do monitoramento de qualidade de água superficial no ponto PIC-COR-01-AS.

| Parâmetros | Unida- de | CONAMA 357/05 | COPAM- CERH/MG 08/22 | I/MG PIC-COR-01-AS | | | | | |
|---|----------------|------------------|----------------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | Classe 1 | Classe 1 | Jul/22 | Ago/22 | Set/22 | Jan/23 | Fev/23 | Mar/23 |
| Arsênio | mg/L | 0,01 | 0,01 | < 0,00050 | 0,00091 | < 0,00050 | < 0,00050 | 0,00109 | 0,00075 |
| Cádmio | mg/L | 0,001 | 0,001 | < 0,00050 | < 0,00050 | < 0,00050 | < 0,00050 | < 0,00050 | < 0,00050 |
| Chumbo | mg/L | 0,01 | 0,01 | < 0,0050 | < 0,0050 | < 0,0050 | < 0,0050 | < 0,0050 | < 0,0050 |
| Cloreto | | 250 | 250 | 5,3 | 9,7 | 3,2 | 3,1 | 11 | 9,9 |
| Cobre | mg/L | | | < 0,00250 | < 0,00250 | < 0,00250 | < 0,00250 | < 0,00250 | < 0,00250 |
| Coliformes Termotolera ntes | NMP/10 0 mL | 200 | 200 | 1,60E+04 | 1,70E+02 | > 1,6E+4 | 1,30E+02 | > 1,6E+4 | 1,60E+04 |
| Coliformes Termotolera ntes (E. coli) | NMP/10 0 mL | 200 | 200 | 4,00E+01 | < 1,8E+1 | < 1,8E+1 | < 1,8E+1 | 4,50E+01 | 3,30E+02 |
| Condutividad e elétrica | μS/cm | | | 82 | 97 | 60,1 | 28 | 129,3 | 104 |
| Cor Verdadeira | CU | | | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | 28 | 6,1 | 15 |
| Cromo | mg/L | 0,05 | 0,05 | < 0,0050 | < 0,0050 | < 0,0050 | < 0,0050 | < 0,0050 | < 0,0050 |
| DBO | ma/l | 3 | 3 | < 2,00 | < 2,00 | < 2,00 | < 2,00 | < 2,00 | < 2,00 |
| DQO | mg/L | | | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 |
| Dureza Total | mg/L | | | 22 | 28 | 18 | 20 | 27 | 26 |





| Parâmetros | Unida- de | CONAMA 357/05 | COPAM- CERH/MG 08/22 | | | PIC-CO | R-01-AS | | |
|----------------------------------|--------------|---|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | Classe 1 | Classe 1 | Jul/22 | Ago/22 | Set/22 | Jan/23 | Fev/23 | Mar/23 |
| Fenóis Totais | | 0,003 | 0,003 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 |
| Ferro Dissolvido | mg/L | 0,3 | 0,3 | < 0,050 | < 0,050 | 0,12 | < 0,050 | 0,072 | < 0,050 |
| Manganês Total | mg/L | 0,1 | 0,1 | 0,507 | 0,455 | 0,154 | 0,523 | 0,613 | 0,856 |
| Mercúrio | mg/L | 0,0002 | 0,0002 | < 0,000050 | < 0,000050 | < 0,000050 | < 0,000050 | < 0,000050 | < 0,000050 |
| Nitrato (como N) | | 10 | 10 | < 0,11 | < 0,11 | < 0,11 | 0,13 | 0,16 | < 0,11 |
| Nitrito (como N) | | 1 | 1 | < 0,006 | < 0,006 | < 0,006 | < 0,006 | 0,026 | 0,025 |
| Nitrogênio Amoniacal | mg/L | 3,7, para pH<=7,5 2,0, para 7,5 <ph<= 8,0 1,0, para 8,0<ph<= 8,5 0,5, para pH>8,5</ph<= </ph<= | 3,7, para pH<=7,5 2,0, para 7,5 <ph<= 8,0 1,0, para 8,0<ph<= 8,5 0,5, para pH>8,5</ph<= </ph<= | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 |
| Óleos e Graxas mineral | | | | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 |
| Óleos e Graxas | | VA | VA | Virtualme nte ausentes | Virtualme nte ausentes | Virtualme nte ausentes | Virtualme nte ausentes | Virtualme nte ausentes | Virtualme nte ausentes |
| Oxigênio Dissolvido | | >6 | >6 | 6,84 | 6,5 | 7,03 | 4,38 | 6,7 | 7,1 |
| рН | - | 6 - 9 | 6 - 9 | 7,8 | 7,2 | 7,3 | 7,15 | 8,36 | 7,52 |
| Sólidos Dissolvidos Totais | | 500 | 500 | 81 | 68 | 45 | 50 | 90 | 99 |
| Sólidos Suspensos Totais | mg/L | | 50 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | 150 | 61 | 56 |
| Sólidos Totais | | | | 83 | 70 | 47 | 200 | 153 | 155 |
| Turbidez | NTU | 40 | 40 | 3,09 | 4,48 | 4,15 | 138 | 82,1 | 40,6 |

Os parâmetros que apresentaram desconformidades, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005 e DN COPAM nº 08/2022 foram coliformes termotolerantes (*E.coli*), manganês, oxigênio dissolvido, sólidos suspensos totais e turbidez para este monitoramento.

O parâmetro indicativo da presença de coliformes termotolerantes apresentou desconformidade nas campanhas realizadas em julho e setembro de 2022 e em fevereiro e março de 2023, sendo o valor encontrado na campanha de março/23, 330 NMP/100 ml e o VMP é dado como 200 NMP/100 ml, conforme a Resolução CONAMA n° 357/2005 e DN COPAM n° 08/2022 e Portaria n° 518, de 25 de março de 2004 para águas doces



da Classe 1. Sendo que este parâmetro corresponde a um subgrupo das bactérias do grupo coliformes que fermentam a lactose a 44.5 ± 0.2 °C em 24 horas, tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal, possivelmente relacionado com a presença do lançamento de esgotos clandestinos oriundos dos povoados adjacentes ou de fossas negras.

O parâmetro respectivo aos sólidos em suspensão também obteve resultados desconformes com os limites estabelecidos pela legislação vigente. A alteração dos resultados foi observada nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2023, sendo a desconformidade possivelmente justificada em função dos eventos pluviométricos característicos desse período.

A desconformidade da turbidez quanto aos limites estabelecidos foi observada durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 2023, sendo o aumento desses valores possivelmente atribuído aos eventos pluviométricos característicos desse período.

6.1.8. Recursos Hídricos e Qualidade das Águas Subterrâneas

A área de estudo está inserida na bacia hidrográfica do rio das Velhas, localizada no Cráton do São Francisco (PDRH, 2020). Os principais sistemas aquíferos associados a essa bacia são dos tipos granulares ou porosos, cárstico-fissurais e fissurais.

6.1.8.1. Uso das Águas

O potencial e a disponibilidade hídrica subterrânea são avaliados a partir da capacidade de produção dos poços tubulares expressos em vazão específica e da capacidade de armazenamento calculada com o estudo do regime de recessão ou de esgotamento do escoamento superficial. Dos 1.092 poços catalogados, cerca de 50% apresentam uma vazão abaixo de 0,5 m³/h/m e estima-se que o potencial hidrogeológico da bacia do rio das Velhas é de baixo a médio. Entretanto, ressalta-se que o percentual dos poços de alta vazão é significativo, com cerca de 10% dos poços apresentando vazão superior a 30m³/h/m, tendo variação entre 31,54 a 1.691 m³/h/m (Figura 14).





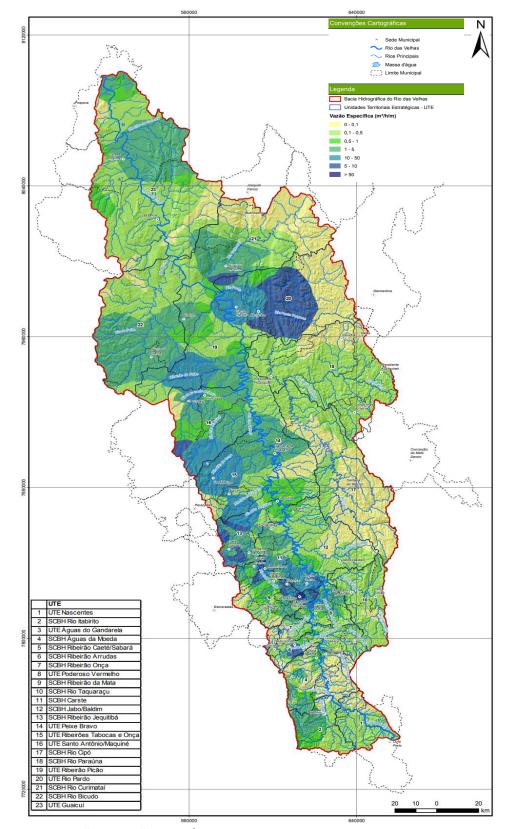


Figura 14: Distribuição das vazões específicas dos poços inventariados na bacia do rio das Velhas. Adaptado de: PDRH, 2015.

Segundo o PDRH (2015), o uso das águas subterrâneas foi dividido em categorias de acordo com a finalidade do uso, sendo elas: abastecimento humano; abastecimento público; dessedentação animal; animal/irrigação;



lavagem de veículos; irrigação; industrial; mineração; outros (como lazer). No total, utilizaram-se as informações de 1.001 captações de águas subterrâneas e a **Tabela 12** apresenta o número de captações para cada tipo de finalidade de uso.

Tabela 12: Número de captações outorgadas por finalidade de uso na bacia do rio das Velhas.

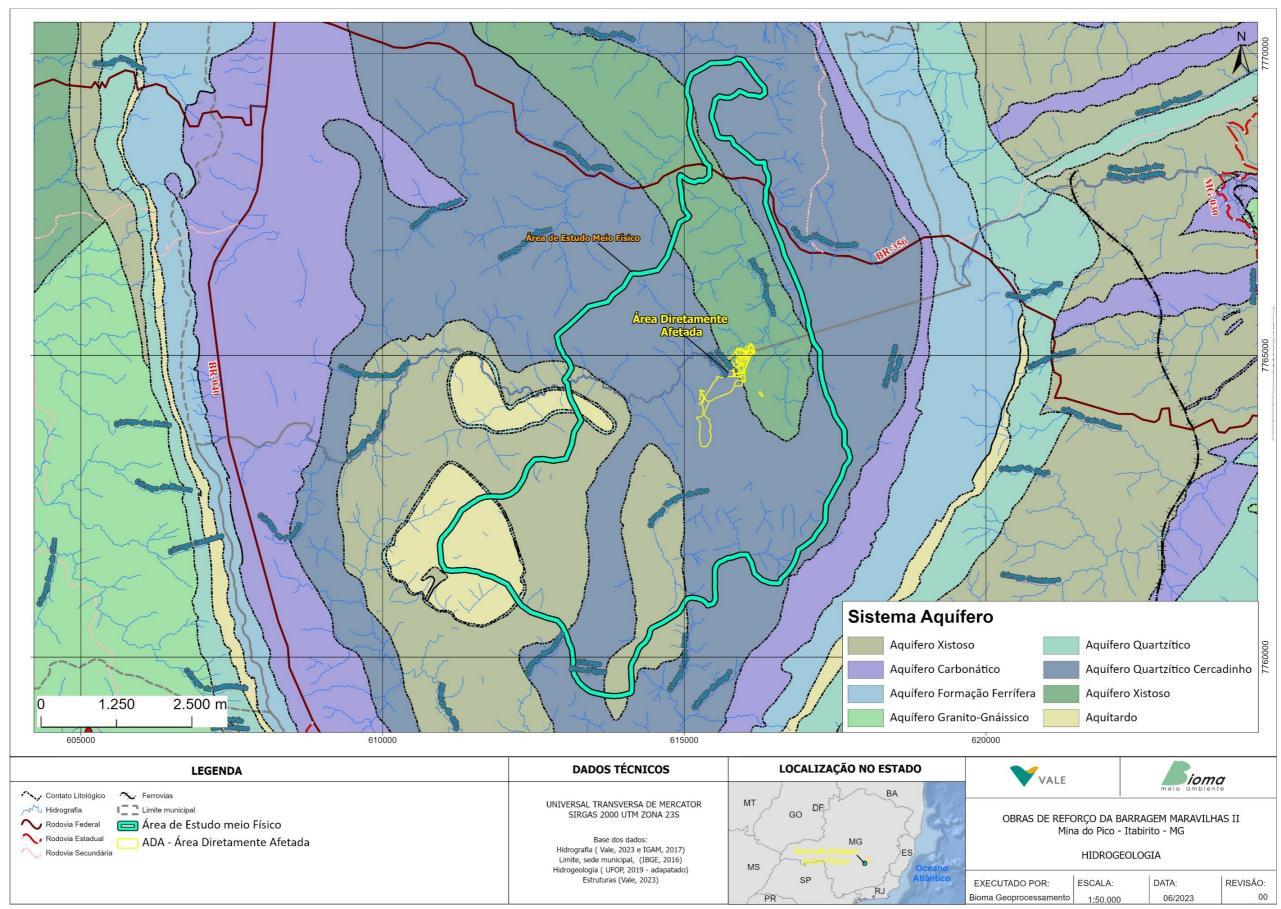
| Finalidade de uso | Número de captações |
|-----------------------|---------------------|
| Abastecimento humano | 225 |
| Abastecimento público | 191 |
| Dessedentação animal | 83 |
| Animal/irrigação | 21 |
| Lavagem de veículos | 86 |
| Irrigação | 46 |
| Industrial | 328 |
| Mineração | 30 |
| Outros (lazer, etc) | 81 |
| Total de outorgas | 1091 |
| Outorgas utilizadas | 1001 |

Fonte: PDRH, 2015.

6.1.8.2. Contexto Hidrogeológico

As unidades hidrogeológicas da Área Diretamente Afetada (ADA) deste relatório estão representados em dois sistemas baseados nos litotipos predominantes das sequências geológicas, o Sistema Quartzítico Cercadinho, composto pelas rochas da Formação Cercadinho intercaladas à Formação Fecho do Funil, e o Sistema Xistoso, representado pelos xistos e metapelitos da Formação Saramenha (**Mapa 11**).





Mapa 11: Mapa hidrogeológico, 2023.



Sistema Aquífero Xistoso

Compreendem rochas da Formação Saramenha e formam aquíferos fissurais descontínuos, livres a confinados por metapelitos e xistos de menor permeabilidade, tendo seu condicionamento hidráulico por fraturas, diaclases, juntas e falhas. O nível de água para esses aquíferos é geralmente raso com mediana de 12,7 metros de profundidade, relacionado à ocupação de baixos topográficos adjacentes a maiores elevações do relevo. A recarga ocorre por pluviosidade em horizontes silto-arenosos conectados ao fraturamento de camadas quartzosas, podendo ter contribuição das drenagens e dos aquíferos de topo. A descarga ocorre por nascentes pontuais ou difusas com vazões de mediana correspondente a 1,1 m³/h, com valor máximo de aproximadamente 150,5 m³/h (BEATO *et al.*, 2005).

Sistema Aquífero Quartzítico Cercadinho

Esse aquífero encontra-se entre os carbonatos da Formação Gandarela na base, limitado por discordância erosiva, e entre filitos intercalados ou filitos da Formação Fecho do Funil marcando o limite de topo como camada confinante, de forma que, localmente, podem estar recobertos por camadas regolíticas e sedimentos alúvio-coluvionares, principalmente em regiões de drenagem. O potencial aquífero é condicionado pela tectônica e intemperismo, favorecendo a conexão hidráulica localizada com outros sistemas aquíferos, favorecendo as zonas de descarga para o Sistema Aquífero Quartzítico Cercadinho (BEATO *et al.*, 2005).

Os níveis piezométricos dessa unidade são relativamente profundos devido a sua relação com relevos acidentados, apresentando mediana de 25,5 metros. A recarga para esse sistema aquífero está condicionada principalmente pela infiltração pluviométrica no manto de alteração silto-arenoso interconectado com as descontinuidades, de modo que as coberturas aluvio-coluvionares e cursos d'água, posicionados sobre o quartzito estruturado, possuem contribuição para a recarga. A descarga ocorre por meio de nascentes e podem ser acentuadas quando relacionadas a aquíferos suspensos aluvio-coluvionares, apresentando valores de vazão entre 10 e 50 m³/h (BEATO *et al.*, 2005).

De acordo com a Engecorps (2022) localmente os litotipos da Formação Fecho do Funil, que ocorrem de forma intercalada às unidades da Formação Cercadinho, estabelecem possíveis barreiras hidráulicas com os aquíferos vizinhos quando constituídos predominantemente por filitos e filitos dolomíticos. Se comportam como aquicludes em regiões pouco deformadas, aquitardos quando em zonas mais estruturadas, e como aquíferos quando associados aos quartzitos da Formação Cercadinho.

6.1.8.3. Qualidade das Águas Subterrâneas

O monitoramento de qualidade e águas subterrâneas foi realizado pela rede de monitoramento da VALE S.A, compreendendo os períodos de 2022 e 2023 com coletas em dois pontos (**Tabela 13**). Empregou-se como metodologia os dados secundários de água subterrânea da rede de monitoramento constituída por dois pontos contidos dentro da área de estudo (**Mapa 12**).





Os resultados dos parâmetros analisados nos pontos PIC-POÇO-01 e PIC-POÇO-02 foram comparados com os da Resolução CONAMA nº 396/2008, utilizando-se os Valores Máximos Permitidos (VMP), considerando o uso preponderante da água como consumo humano. Sendo assim, a análise comparativa possui caráter mais restritivo.

As informações das campanhas de monitoramento das águas subterrâneas nos pontos foram utilizadas para fomentar o contexto subterrâneo local da área de estudo, considerando três meses de período de seca (julho a setembro) e três meses no período chuvoso (janeiro a março) representando um ano hidrológico, auxiliando a integração e esquematização da qualidade das águas subterrâneas na região.

Tabela 13: Pontos de monitoramento de qualidade das águas subterrâneas.

| Denominação do Ponto de | Parâmetros | Coord UTM | Frequência | |
|----------------------------|--|--------------|------------|--------|
| Amostragem | | Longitude | Latitude | |
| PIC-POÇO-01 | Condutividade elétrica <i>in situ,</i> DBO – Demanda, Bioquímica de Oxigênio, DQO – Demanda Química de Oxigênio, Ferro, dissolvido (Fe), Manganês (Mn), Materiais Sedimentáveis, Óleos Minerais, pH <i>in situ,</i> Sólidos Suspensos Totais, Surfactantes, Temperatura Ambiente <i>in situ,</i> Temperatura Amostra <i>in situ,</i> Turbidez <i>in situ</i> | 7760721 | 612529 | Mensal |
| PIC-POÇO-02 | Condutividade elétrica <i>in situ,</i> DBO – Demanda, Bioquímica de Oxigênio, DQO – Demanda Química de Oxigênio, Ferro, dissolvido (Fe), Manganês (Mn), Materiais Sedimentáveis, Óleos Minerais, pH <i>in situ,</i> Sólidos Suspensos Totais, Surfactantes, Temperatura Ambiente <i>in situ,</i> Temperatura Amostra <i>in situ,</i> Turbidez <i>in situ</i> | 7764012 | 614316 | Mensal |

Fonte: VALE (2022-2023).

Ressalta-se que a maioria das amostras apresentaram valores abaixo dos limites de quantificação praticáveis (LQ), sendo esse limite a menor concentração de uma substância que pode ser determinada quantitativamente com precisão e exatidão, pelo método utilizado. A representação dos parâmetros está representada na **Tabela 14.**

Tabela 14: Resultados analíticos dos parâmetros.

| Ponto | Parâmetros | Unidade | VMP CONAMA 396 (Consumo Humano) | jun-22 | jul-22 | set-22 | jan-23 | fev-23 | mar-23 |
|---------------|---|---------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Condutividade elétrica <i>in</i> situ | μS/cm | - | 47,2 | 112 | 112 | 66 | 86,4 | 47 |
| | DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio | mg/L | - | < 2,00 | < 2,00 | < 2,00 | < 2,00 | < 2,00 | < 2,00 |
| | DQO - Demanda Química de Oxigênio | mg/L | - | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 |
| | Ferro, dissolvido (Fe) | mg/L | - | < 0,050 | < 0,050 | < 0,050 | < 0,050 | 0,245 | < 0,050 |
| | Manganês (Mn) | mg/L | 100 | 21 | 50 | 18 | 25 | 1216 | 11 |
| PIC- POÇO- | Materiais Sedimentáveis | mL/L | - | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| 01 | Óleos Minerais | - | - | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 |
| - | pH <i>in situ</i> | - | - | 6,68 | 6,18 | 7,77 | 6,17 | 6,1 | 6,98 |
| | Sólidos Suspensos Totais | mg/L | - | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | 10 | 6 | 30 |
| | Surfactantes | mg/L | - | < 0,045 | < 0,045 | < 0,045 | < 0,045 | < 0,045 | < 0,045 |
| | Temperatura Ambiente <i>in</i> situ | ٥C | - | 25 | 25 | 23,5 | 18,9 | 25 | 25 |
| | Temperatura Amostra <i>in</i> situ | ۰C | - | 19,1 | 20,9 | 20,1 | 22 | 19,8 | 21,2 |
| | Turbidez <i>in situ</i> | UNT | - | 1,84 | 6,8 | 8,59 | 6,29 | 120 | 2,36 |





| Ponto | Parâmetros | Unidade | VMP CONAMA 396 (Consumo Humano) | jun-22 | jul-22 | set-22 | jan-23 | fev-23 | mar-23 |
|-------------|--|---------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Condutividade elétrica <i>in</i> situ | μS/cm | - | 97,2 | 62,1 | 98,7 | 93 | 92 | 69 |
| | DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio | mg/L | - | < 2,00 | < 2,00 | < 2,00 | < 2,00 | < 2,00 | < 2,00 |
| | DQO - Demanda Química de Oxigênio | mg/L | - | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 |
| | Ferro, dissolvido (Fe) | mg/L | - | < 0,050 | < 0,050 | < 0,050 | < 0,050 | 0,158 | 0,069 |
| | Manganês (Mn) | mg/L | 100 | 59 | 139 | 19 | 17 | 1220 | 8,6 |
| PIC- | Materiais Sedimentáveis | mL/L | - | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| POÇO- 02 | Óleos Minerais | - | - | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 |
| 02 | pH <i>in situ</i> | - | - | 6,41 | 6,01 | 7,62 | 6,07 | 6,07 | 6,95 |
| | Sólidos Suspensos Totais | mg/L | - | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | 6 | 11 | 8 |
| | Surfactantes | mg/L | - | < 0,045 | < 0,045 | < 0,045 | < 0,045 | < 0,045 | < 0,045 |
| | Temperatura Ambiente <i>in</i> situ | ٥C | - | 24 | 24 | 24 | 19,8 | 25 | 26 |
| | Temperatura Amostra <i>in</i> <i>situ</i> | ۰C | - | 21,1 | 18,6 | 20,1 | 22 | 20,1 | 21,9 |
| | Turbidez <i>in situ</i> | UNT | - | 4,76 | 4,44 | 5,61 | 2,93 | 137 | 2,64 |

Fonte: VALE (2022-2023).

Dentre os resultados apresentados, apenas o parâmetro manganês conteve amostras que ultrapassaram o limite máximo permissível pelas normativas, no mês de fevereiro, ambos os pontos PIC-POÇO-01 (montante da barragem Maravilhas III) e PIC-POÇO-02 (jusante da barragem Maravilhas III) tiveram valores muito superiores ao valor máximo, sendo dez vezes superior ao estabelecido pela CONAMA 396 para consumo humano.

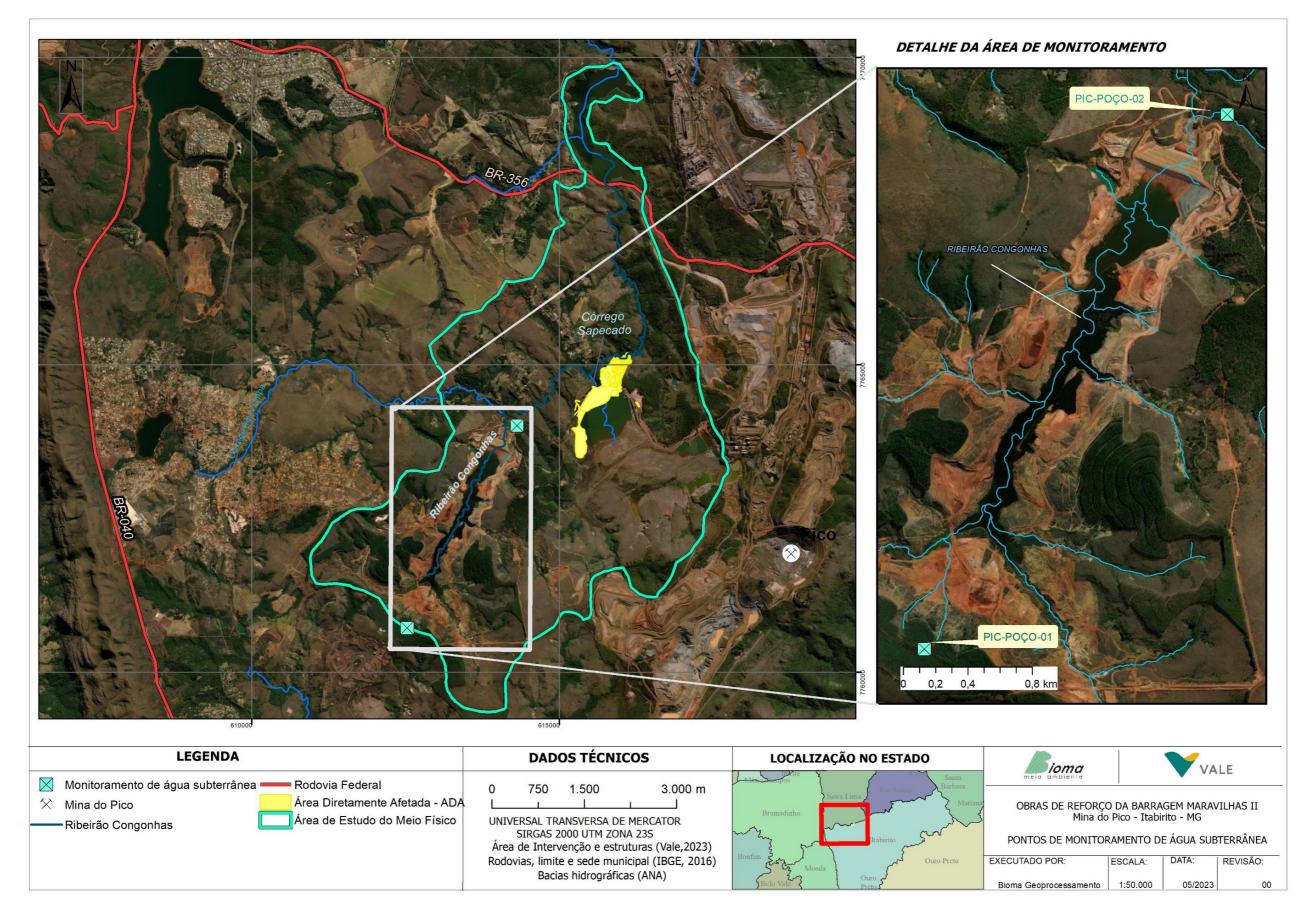
Outro parâmetro a ser pontuado diz respeito ao pH que de acordo com a metodologia de Langmuir (1997), apresentou resultados variando de levemente ácido a levemente alcalino, de forma que nos dois pontos de monitoramento a média de valores de pH foram 6,64 para o PIC-POÇO-01 e 6,52 para o PIC-POÇO-02, classificando-os como pH neutro nas amostras analisadas, conforme expresso na **Tabela 15.**

Tabela 15: Classificação do pH das águas pelo método de Langmuir (1997).

| Faixa de pH | Classificação (Langmuir, 1997) | Pontos |
|-------------|--------------------------------|---------------------------|
| < 4,50 | Muito Ácido | - |
| 4,51 a 5,50 | Ácido | - |
| 5,51 a 6,50 | Levemente Ácido | - |
| 6,51 a 7,50 | Neutro | PIC-POÇO-01 e PIC-POÇO-02 |
| 7,51 a 8,50 | Levemente Alcalino | - |
| > 8,50 | Muito Alcalino | - |

Nas amostras de fevereiro de 2023, nos dois pontos de monitoramento, os valores de turbidez tiveram um aumento muito significativo apresentando resultados acima de 100 UNT, os altos valores de turbidez podem reduzir a fotossíntese e consequente redução da sobrevivência e produtividade dos peixes devido ao baixo desenvolvimento das algas e plantas enraizadas (CETESB, 2022).





Mapa 12: Pontos de monitoramento de água subterrânea na área de estudo, 2023.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, F. C. S. *et al.* **Mapeamento de solos e aptidão agrícola das terras do Estado de Minas Gerais.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 95 p. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-depublicacoes/-/publicacao/965988/mapeamento-de-solos-e-aptidao-agricola-das-terras-do-estado-deminas-gerais. Acesso em: 10 jan. 2023.
- ANA. 2022. Política Nacional de Recursos Hídricos. Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursoshidricos, Acesso em: 29 mai. 2023.
- BDiA Banco de Dados de Informações Ambientais. **Mapeamento de Recursos Naturais Base contínua de Pedologia do Brasil por Unidades da Federação Escala 1:250 000**. 2021. Rio de Janeiro. Disponível em: https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia. Acessado em: 10/03/2023.
- BEATO, D. A. C.; MONSORES, A. L. M.; BERTACHINNI, A. C. **Projeto APA Sul RMBH: hidrogeologia, mapa hidrogeológico, escala 1:50.000 em 3 partes**. Belo Horizonte: SEMAD/CPRM, 2005.
- BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>, Acesso em: 29 mai. 2023.
- CBH RIO DAS VELHAS Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. 2012. Deliberação Normativa CBH Rio das Velhas, nº 01, de 09 de fevereiro de 2012. Disponível em: < https://cbhvelhas.org.br >. Acesso em: 29 mai. 2023.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO CETESB. 2022. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. 2021, In: Qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo 2021; Coordenação geral: Maria Helena R. B. Martins; Netto Moreno, Marta Condé Lamparelli, Beatriz Durazzo Ruiz; Coordenação cartográfica: Carmen Lúcia V. Midaglia; Equipe Técnica: Cláudio Roberto Palombo *et al.* São Paulo
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO CETESB. Índices de Qualidade das Águas, Critérios de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos e Indicador de Controle de Fontes: Apêndice B, Série Relatórios. 2008.
- CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL- COPAM/MG. **Deliberação Normativa COPAM/MG nº 20**, de 24 de junho de 1997. Dispõe sobre o enquadramento das águas da bacia do rio das Velhas. Disponível em: http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=115. Acesso em: 29 de mai. de 2023.
- CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL-CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE MINAS GERAIS COPAM-CERH/MG. **Deliberação Normativa COPAM-CERH/MG nº 08**, de 21 de novembro de 2022. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário do Executivo. Belo Horizonte, 21 nov. 2022. Disponível em: http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=56521. Acesso em: 29 de mai. de 2023.
- CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE MINAS GERAIS CERH-MG. **Deliberação Normativa CERH-MG nº 66**, de 17 de novembro de 2020. Estabelece as Unidades Estratégicas de Gestão do Estado de Minas Gerais. Diário do Executivo. Belo Horizonte, 17 nov. 2020. Disponível em: https://cbhverdegrande.org.br/arquivos/2020_-_DELIBERA%C3%87%C3%83O_CERH_66_2020_-_Estabelece_as_Unidades_Estrat%C3%A9gicas.pdf. Acesso em: 29 de mai. de 2023.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE CONAMA. **Resolução CONAMA nº 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. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf, Acesso em: 29 mai. 2023.



- Endo I., *et al.* Estratigrafia e Evolução Estrutural do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: Castro P. T.A., Endo I., Gandini A. L. (Org.). **Quadrilátero Ferrífero: avanços do conhecimento nos últimos 50 anos**. Belo Horizonte: 3i editora, 2020, p. 70-113. Disponível em: https://em.ufop.br/files/LivrosQFE2050/QuadrilateroFerrifero-web5.pdf>. Acesso em 10 jan. 2023.
- ENGECORPS, 2022. Projeto Detalhado, Utilidades Barragens, Recuperação da Ravina Escavação. Dimensionamento Geotécnico-Memória de Cálculo (MC-1850PI-X-34274).
- ENGECORPS, 2023. Projeto Detalhado, Vertedouro Norte Desvio do Rio Fase 1. Dimensionamento Geotécnico-Memória de Cálculo (MC-1850PI-X-34252).
- ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. 3.ed. Rio de Janeiro: Interciência.826p. 2011.
- INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS IGAM. Resumo executivo: Monitoramento das Águas Superficiais de Minas Gerais em 2020. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: IGAM, 2023.
- MACHADO, M.F, SILVA, S.F (Org.). **Geodiversidade do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CPRM, 2010. 131 p.
- MEDINA, A. I de. M.; DANTAS, M. E.; SAADI, A. **Projeto APA Sul RMBH: geomorfologia, mapa geomorfológico, escala 1:50.000 em 3 partes**. Belo Horizonte: SEMAD/CPRM, 2005.
- PLANO Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas 2015: Resumo Executivo. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Belo Horizonte, 2015. 233 p.
- PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS PDRH. Plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio das Velhas Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, 2015.
- SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199517/1/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf. Acesso em: 10 jan. 2023.
- SETE. 2012. Estudo de Impacto Ambiental EIA Alteamento da Barragem de Rejeitos Maravilhas II El. 1.300 m Mina do Pico Itabirito/MG.
- SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS SISEMA. Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-SISEMA). Belo Horizonte, 2022. Disponível em: https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis. Acesso em: 24 mai. 2023.