

**RELATÓRIO**

# Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Jaguar *São Félix do Xingu, PA*

Submetido para:

**Centaurus Níquel Ltda.**

ESTRADA VICINAL SIDÃO Nº, s/n.  
São Félix do Xingu - PA.  
CEP 68.380-000

Enviado por:

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

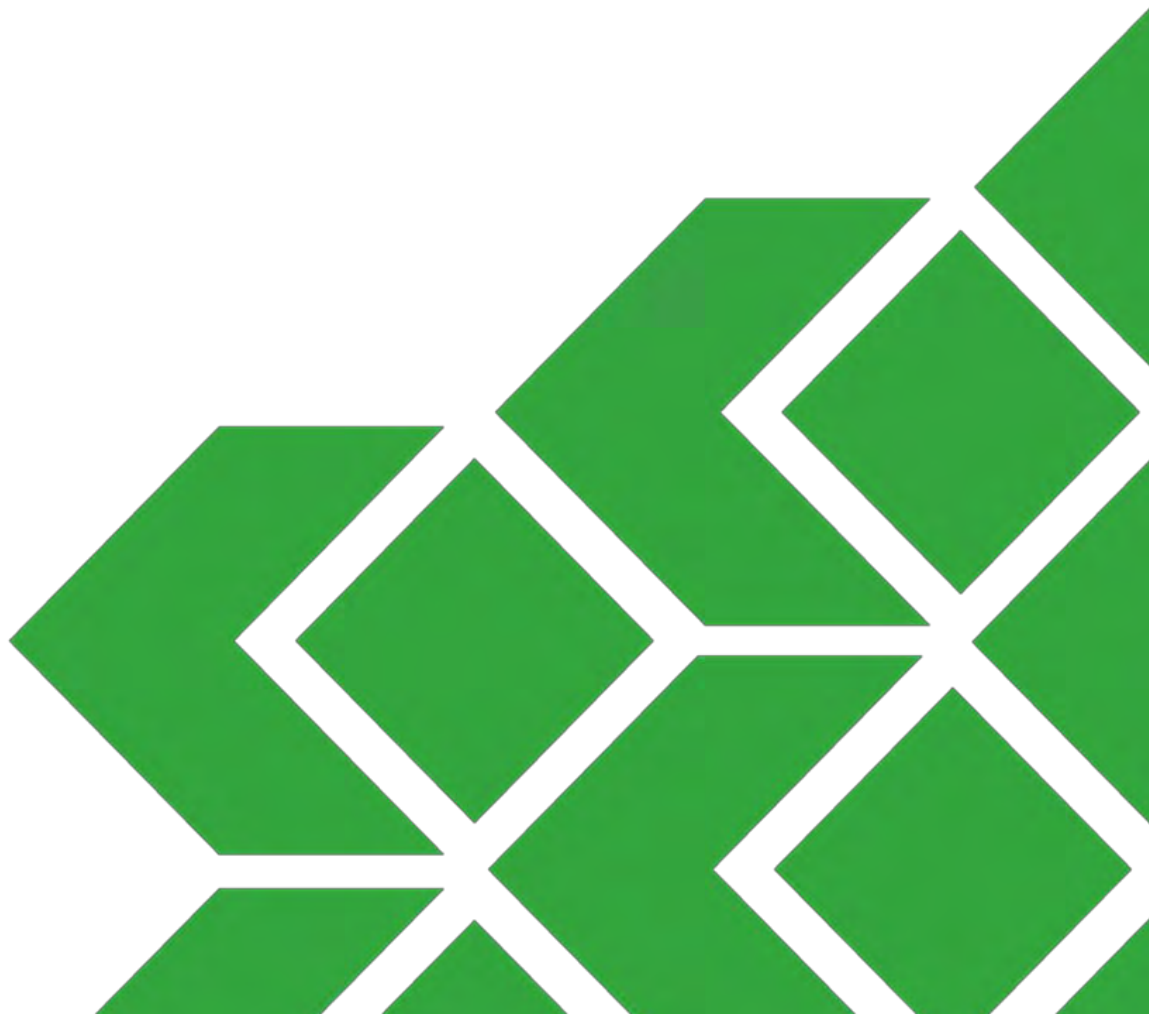
Rua Pernambuco, 554, 5º Andar, sala 501, Bairro Funcionários,  
Belo Horizonte, MG, CEP 30.130-156, Brasil

+55 31 3261-7766

**VOLUME I**

**Introdução, Caracterização do Empreendimento, Alternativas Locacionais e Áreas de Estudo**

Junho, 2023



## Lista de distribuição

01 e-cópia: Centaurus Níquel Ltda.

01 e-cópia: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade - SEMAS

## Apresentação

A CERN – Consultoria e Empreendimentos de Recursos Naturais Ltda. foi contratada pela Centaurus Níquel Ltda. para execução dos serviços de consultoria relativos à apresentação do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA para o empreendimento denominado Projeto Jaguar, localizado no município de São Félix do Xingu, estado do Pará.

O presente EIA é o resultado de diversos estudos socioambientais multidisciplinares, realizados por empresas especializadas a serviço da Centaurus, que executaram a coleta e o tratamento de dados. Este documento incorpora os elementos técnicos solicitados através da Notificação nº 17843/GMIM/CMINA/DLA/SAGRA/2023, emitida após a análise inaugural do estudo e vistoria realizada em junho/2023 na área do futuro empreendimento, em cumprimento às determinações da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará (SEMAS). O presente documento, elaborado pela empresa CERN - Consultoria e Empreendimentos de Recursos Naturais, atende integralmente ao termo de referência elaborado pela SEMAS especificamente para o Projeto Jaguar.

O estudo em tela foi segmentado em 7 (sete) volumes, sendo:

- O Volume I desenvolve o conteúdo acerca da localização do empreendimento, alternativas locacionais e tecnológicas, caracterização do empreendimento, legislação aplicável, compatibilidade do empreendimento com planos e programas governamentais, e definição das áreas de estudo;
- Os Volume II, III e IV apresentam o diagnóstico ambiental, em que o Volume II tem foco no meio físico, o Volume III tem foco no meio biótico e o Volume IV focaliza no meio socioeconômico;
- O Volume V discorre sobre a análise integrada, prognóstico ambiental, avaliação dos impactos ambientais e definição das áreas de influência;
- O Volume VI apresenta as ações, planos e programas de mitigação, controle e compensação ambiental;
- Por fim, o Volume VII dispõe sobre a análise de risco e conclusão.

Apresenta-se abaixo e no Volume VII, Item 18.0, os responsáveis da equipe CERN.

Profissional	Formação Profissional	Nº do Conselho	CTDAM	Atuação
Mariana Gomide Pereira	Geóloga	CREA/PA 45053	13228	Direção Geral e Coordenação e Meio Físico
Elisa Monteiro Marcos	Bióloga	CRBio 044665/06	9815	Gerente e Coordenação do Meio Biótico
Larissa Ribeiro de Faria	Engenheira Ambiental e Sanitarista	CREA/PA 956068	13229	Coordenação do Meio Socioeconômico
Monica Lizardo de Moraes	Antropóloga	N/A	13236	Meio Socioeconômico
Leonardo Henrique Alves de Lima	Historiador	N/A	13264	Meio Socioeconômico

Profissional	Formação Profissional	Nº do Conselho	CTDAM	Atuação
Gustavo D'Ercoli Rodrigues Lopes	Engenheiro Civil	CREA/PA 931083	10895	Coordenação de Geoprocessamento
Alexsander Gomide Barbosa	Geógrafo	N/A	N/A	Elaboração de Mapas e Figuras
Daniela Cristina Ayala Lacerda	Arquiteta urbanista	CAU/MG A88361-1	13268	Edição e Formatação
Elisa Jacques da Cruz	Historiador	N/A	13261	Edição e Formatação

**EQUIPE TÉCNICA - CERN**

Nome	Formação	Função
<b>Coordenação Geral</b>		
Nívio Tadeu Lasmar Pereira	Geólogo	Sócio - Diretor
Mariana Gomide Pereira	Geóloga	Sócia - Vice-Diretora
Elisa Monteiro Marcos	Bióloga	Sócia - Coordenadora de Projetos
<b>Coordenação de Áreas</b>		
Yasmine Luiza Carvalho Cruz	Engenheira Ambiental	Coordenadora Geral das Áreas
Alexsander Gomide Barbosa	Geógrafo	Coordenador Geoprocessamento
Bárbara Leão Correia	Bióloga	Coordenadora Meio Biótico
Daniela Cristina Ayala Lacerda	Arquiteta Urbanista	Coordenadora Patrimônio Cultural
Jussara Aparecida de Sousa	Geógrafa	Coordenadora Meio Físico
Letícia de Andrade Geovanini Cobra	Administradora de Empresas	Coordenadora Controle Processual
Luciano Estavanato Cortes	Geógrafo	Coordenador Meio Socioeconômico
Marcus Veniciu Serafim de Mattos	Arqueólogo	Coordenador Arqueologia
Raphaela Liverani Pereira	Engenheira de Minas	Gestão de Barragens
<b>Equipe Geoprocessamento</b>		
Mariana Azevedo dos Santos	Geógrafa	Analista de Geoprocessamento
Victor de Souza Rezende	Graduando em Geografia	Estagiário
<b>Equipe Meio Biótico</b>		
André Ribeiro Caminha	Biólogo	Analista Ambiental
Fellipe Dias Tavares de Simas	Biólogo	Analista Ambiental
<b>Equipe Patrimônio Cultural</b>		
Elisa Jacques da Cruz	Historiadora	Analista Ambiental
Leonardo Henrique Alves de Lima	Historiador	Analista Ambiental
<b>Equipe Meio Físico</b>		
Helena Patto Sanábio Oliveira	Engenheira Ambiental	Analista Ambiental
Joel do Carmo Varela Afonso	Geógrafo	-
Lucas de Melo Carvalho	Graduando em Geografia	Analista Ambiental
Pedro Augusto Vieira Assunção	Geógrafo	-
Raphael Henrique Oliveira Pimenta	Engenheiro Ambiental e Sanitarista	Analista Ambiental
<b>Equipe Controle Processual</b>		
Paloma de Moura Simões	Engenheira Ambiental e de Segurança do Trabalho	Analista SSMA

Nome	Formação	Função
Adrielle Souza Duarte	Graduando em Técnico de Segurança do Trabalho	Estagiária
<b>Equipe Meio Socioeconômico</b>		
Monica Lizardo de Moraes	Antropóloga	-
Bruna Rafaela da Silva Januário	Bióloga	Analista Ambiental
Gabriel Felipe dos Santos	Geógrafo	Analista Ambiental
Larissa Ribeiro de Faria	Engenheira Ambiental e Sanitarista	Analista Ambiental
Lucas Otávio Vasconcelos Soares	Biólogo	Analista Ambiental
Luis Filipe Antunes de Lima	Geógrafo	Analista Ambiental
Raíssa Miranda Vieira	Cientista Socioambiental	Analista Ambiental
Matheus Lopes Cançado Ramos	Graduando em Geografia	Estagiário
<b>Equipe Arqueologia</b>		
Paulo Otávio Esteves Aquino	Arqueólogo	-
Thiago de Souza Nascimento	Arqueólogo	-
<b>Equipe de Projetos</b>		
Juliana Dutra de Andrade	Bióloga	Analista Ambiental
Natália Ladeira Milagres	Engenheira Ambiental	Analista Ambiental
Sarita Pimenta de Oliveira	Bióloga	Analista Ambiental
Taciana Santos Soares	Engenheira Ambiental	Analista Ambiental
<b>Equipe Técnica</b>		
Gustavo D'ercoli Rodrigues Lopes	Engenheiro Civil	Consultor - Especialista em Geoprocessamento
Rodrigo Pessoa Avelino	Técnico em Mineração	Consultor
<b>Equipe de Suporte</b>		
Ana Luiza Duarte Souza Lima	Assistente Administrativo	Logística / Administrativo
Elizabeth Nader Ferreira	Administradora de Empresas	Financeiro
Josiane Duarte Coelho	Administradora de Empresas	Departamento Pessoal
Lourenço Tadeu C. Vespúcio	Engenheiro de Segurança do Trabalho	-
Luciane de F. Z. Souza	Técnica em Segurança do Trabalho	-
Monique de Souza Mello	Graduanda em Letras e Marketing	Estagiária
Rodrigo Otávio Caetano da Fonseca	Administrador de Empresas e Contador	Controller
Thatielly Moraes Santos	Graduanda em Administração de Empresas	Estagiária

# Índice Geral

## VOLUME I

1.0	INTRODUÇÃO.....	21
2.0	DADOS DO EMPREENDEDOR E DA EMPRESA DE CONSULTORIA .....	22
2.1	Dados de Identificação do Empreendedor.....	22
2.2	Dados de Identificação da Empresa de Consultoria Responsável pelo EIA/RIMA .....	22
3.0	LOCALIZAÇÃO E ACESSO AO EMPREENDIMENTO .....	23
4.0	METODOLOGIA DE REALIZAÇÃO DOS ESTUDOS.....	24
5.0	ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E LOCACIONAIS.....	27
5.1	Método de Lavra .....	28
5.1.1	Alternativas tecnológicas .....	28
5.1.2	Alternativa tecnológica escolhida e avaliação ambiental .....	28
5.1.3	Alternativas locacionais .....	28
5.2	Transporte de Minério e Estéril da Cava .....	30
5.2.1	Alternativas tecnológicas .....	30
5.2.2	Alternativa tecnológica escolhida e avaliação ambiental .....	30
5.3	Disposição de Estéril.....	31
5.3.1	Alternativas tecnológicas .....	31
5.3.2	Alternativa tecnológica escolhida e avaliação ambiental .....	31
5.3.3	Alternativas locacionais .....	31
5.3.4	Alternativa locacional escolhida e avaliação ambiental.....	33
5.4	Beneficiamento de Minério de Níquel; .....	33
5.4.1	Alternativas tecnológicas .....	33
5.4.2	Alternativa tecnológica escolhida e avaliação ambiental .....	38
5.4.3	Alternativa locacional escolhida e avaliação ambiental.....	38

5.5	Disposição de Rejeitos.....	39
5.5.1	Alternativas tecnológicas .....	39
5.5.2	Alternativa tecnológica escolhida e avaliação ambiental .....	41
5.5.3	Alternativas locacionais .....	42
5.5.4	Alternativa locacional escolhida e avaliação ambiental.....	43
5.6	Abastecimento de Água .....	44
5.6.1	Alternativas tecnológicas e locacionais .....	44
5.6.2	Alternativa tecnológica e locacional escolhida e avaliação ambiental .....	46
5.7	Apresentação do Plano Diretor .....	47
6.0	CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO .....	49
6.1	Histórico do Empreendimento.....	49
6.2	Objetivos e Justificativas.....	50
6.3	Informações Gerais.....	52
6.3.1	Estimativa de investimento de capital.....	53
6.3.2	Descrição das fases do empreendimento .....	53
7.0	LEGISLAÇÃO APLICÁVEL .....	175
7.1	Legislação Federal.....	176
7.1.1	Meio ambiente e licenciamento ambiental .....	176
7.1.2	Fauna e flora.....	180
7.1.3	Mineração .....	181
7.1.4	Recursos hídricos .....	182
7.1.5	Resíduos.....	183
7.1.6	Terras, povos tradicionais, saúde e cultura .....	184
7.1.7	Solo.....	185
7.1.8	Unidades de conservação .....	185

---

7.1.9	Áreas de preservação permanente (APP's) .....	185
7.1.10	Compensação ambiental – SNUC .....	186
7.1.11	Patrimônio histórico, arqueológico e artístico .....	186
7.1.12	Outras resoluções do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) .....	187
7.1.13	Normas de outros órgãos federais .....	188
7.2	Legislação Estadual .....	189
7.2.1	Meio ambiente e licenciamento ambiental .....	189
7.2.2	Fauna e Flora.....	190
7.2.3	Mineração .....	191
7.2.4	Recursos hídricos .....	192
7.2.5	Terras e povos tradicionais.....	192
7.2.6	Compensação Ambiental.....	193
7.3	Legislação Municipal (São Félix do Xingu, PA) .....	193
7.3.1	Meio ambiente e licenciamento ambiental .....	193
7.3.2	Mineração .....	194
7.3.3	Recursos hídricos .....	194
7.3.4	Terras e comunidades tradicionais.....	194
7.3.5	Solo .....	194
7.3.6	Unidades de conservação .....	195
7.3.7	Patrimônio histórico, arqueológico e artístico .....	195
7.4	Análise dos Principais Aspectos da Legislação Ambiental.....	196
7.4.1	Legislação ambiental .....	196
8.0	COMPATIBILIDADE DO EMPREENDIMENTO COM PLANOS E PROGRAMAS GOVERNAMENTAIS .....	208
8.1	Plano Amazônia Sustentável (PAS) .....	208
8.2	Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG) .....	208



8.3	Plano Nacional Anual de Biodiversidade (PLANABIO) .....	210
8.4	Planos de Ação Nacionais para a Conservação de Espécies Ameaçadas (PANs) .....	210
8.5	Zoneamentos Ecológico-Econômico dos Estados da Amazônia Legal .....	212
8.6	Unidades de Conservação e Preservação Ecológica.....	214
8.6.1	Categorias de Unidades de Conservação do SNUC.....	214
8.7	Áreas Prioritárias para Conservação .....	217
8.8	Terras Indígenas .....	219
8.9	Projetos de Assentamento Agrário do INCRA .....	221
9.0	DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO .....	223
9.1	Meios Físico e Biótico .....	223
9.1.1	Área de Estudo Regional (AER) dos meios físico e biótico.....	223
9.1.2	Área de Estudo Local (AEL) dos meios físico e biótico .....	225
9.2	Meio Socioeconômico e Cultural .....	227
9.2.1	Área de Estudo Regional (AER) do meio socioeconômico e cultural .....	227
9.2.2	Área de Estudo Local (AEL) do meio socioeconômico e cultural.....	229

## VOLUME II

10.0	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL .....	253
10.1	Meio Físico .....	253
10.1.1	Clima e meteorologia .....	253
10.1.2	Qualidade do ar .....	271
10.1.3	Ruídos e vibrações .....	281
10.1.4	Geologia.....	298
10.1.5	Geomorfologia .....	329
10.1.6	Pedologia .....	348
10.1.7	Recursos hídricos .....	366
10.1.8	Patrimônio espeleológico.....	460

## VOLUME III

10.0	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL .....	496
------	-----------------------------	-----

10.2	Meio Biótico.....	496
10.2.1	Flora.....	496
10.2.2	Fauna.....	769

### VOLUME IV

10.0	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	1001
10.3	Meio Socioeconômico.....	1001
10.3.1	Procedimento metodológico.....	1001
10.3.2	Caracterização do meio socioeconômico da Área de Estudo Regional (AER).....	1004
10.3.3	Caracterização do meio socioeconômico em localidades no entorno da Área Diretamente Afetada (ADA).....	1153
10.3.4	Caracterização do meio socioeconômico da Área Diretamente Afetada (ADA).....	1163

### VOLUME V

11.0	ANÁLISE INTEGRADA.....	1191
11.1	Metodologia.....	1191
11.2	Síntese das Condições Socioambientais.....	1199
11.3	Síntese da Sensibilidade Ambiental.....	1205
12.0	PROGNÓSTICO AMBIENTAL.....	1208
12.1	Introdução.....	1208
12.2	Prognóstico Sem o Empreendimento.....	1208
12.3	Prognóstico Com o Empreendimento.....	1209
12.4	Síntese e Análise de Tendência.....	1210
13.0	IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS.....	1218
13.1	Metodologia.....	1218
13.2	Meio Físico.....	1227
13.2.1	Alteração da qualidade do ar.....	<b>1231</b>
13.2.2	Alteração dos níveis de ruído e vibração.....	<b>1235</b>
13.2.3	Alteração do terreno e da dinâmica erosiva e de assoreamento.....	<b>1239</b>
13.2.4	Alteração da qualidade do solo.....	<b>1243</b>
13.2.5	Alteração na dinâmica e disponibilidade hídrica superficial.....	<b>1247</b>
13.2.6	Alteração na dinâmica e disponibilidade hídrica subterrânea.....	<b>1251</b>
13.2.7	Alteração de vazão de base e interferências em nascentes.....	<b>1254</b>
13.2.8	Alteração da qualidade das águas superficiais.....	<b>1257</b>

13.2.9	Alteração da qualidade das águas subterrâneas .....	<b>1261</b>
13.3	Meio Biótico.....	1264
13.3.1	Aumento do conhecimento sobre a biodiversidade local .....	<b>1269</b>
13.3.2	Impactos sobre a flora .....	<b>1272</b>
13.3.3	Impactos sobre a fauna .....	<b>1282</b>
13.4	Meio Socioeconômico e Cultural .....	1314
13.4.1	Geração de expectativas na população .....	<b>1316</b>
13.4.2	Alteração da paisagem .....	<b>1320</b>
13.4.3	Alteração do uso e dinâmica socioeconômica da área diretamente afetada .....	<b>1323</b>
13.4.4	Aumento da arrecadação pública .....	<b>1326</b>
13.4.5	Aumento do tráfego de veículos leves e pesados .....	<b>1330</b>
13.4.6	Aumento da pressão ocupacional .....	<b>1335</b>
13.4.7	Aumento da pressão sobre infraestrutura e os serviços públicos .....	<b>1338</b>
13.4.8	Aumento dos problemas sociais e de saúde .....	<b>1342</b>
13.4.9	Elevação no nível geral do emprego .....	<b>1344</b>
13.4.10	Elevação da renda e dinamização da economia .....	<b>1347</b>
13.4.11	Geração de incômodos.....	<b>1350</b>
13.4.12	Interferência em patrimônio histórico e sítio arqueológico .....	<b>1355</b>
13.5	Avaliação dos Impactos Cumulativos e Sinérgicos .....	1359
13.6	Síntese da AIA do Projeto Jaguar.....	1381
14.0	ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO EMPREENDIMENTO .....	1426
14.1	Áreas de Influência dos Impactos do Meio Físico .....	1426
14.1.1	Área de Influência Direta (AID).....	<b>1426</b>
14.1.2	Área de Influência Indireta (AII) .....	<b>1427</b>
14.2	Áreas de Influência dos Impactos do Meio Biótico .....	1429
14.2.1	Área de influência direta (AID).....	<b>1429</b>
14.2.2	Área de influência indireta (AII) .....	<b>1430</b>
14.3	Áreas de Influência do Meio Socioeconômico .....	1432
14.3.1	Área de Influência Direta (AID).....	<b>1432</b>
14.3.2	Áreas de Influência Indireta (AII) .....	<b>1433</b>
<b>VOLUME VI</b>		
15.0	AÇÕES, PLANOS E PROGRAMAS AMBIENTAIS.....	1457

15.1	Programas do Meio Físico.....	1459
15.1.1	Programa de Controle das Emissões Atmosféricas e de Monitoramento da Qualidade do Ar .....	1459
15.1.2	Programa de Controle e Monitoramento de Ruído e Vibração .....	1468
15.1.3	Programa de Prevenção, Monitoramento e Controle de Processos Erosivos .....	1477
15.1.4	Programa de Monitoramento dos Recursos Hídricos e Controle de Vazões.....	1484
15.1.5	Programa de Controle e Monitoramento dos Efluentes e da Qualidade da Água .....	1488
15.1.6	Programa de Conservação e Monitoramento de Nascentes .....	1500
15.1.7	Programa de Gestão de Resíduos Sólidos (PGRS).....	1506
15.1.8	Programa de Monitoramento Climato-Meteorológico.....	1512
15.1.9	Programa de Monitoramento Hidrogeológico Quantitativo e Qualitativo .....	1516
15.2	Programas do Meio Biótico.....	1527
15.2.1	Programa Operacional de Supressão (POS) e Aproveitamento dos Recursos Florestais ....	1527
15.2.2	Subprograma de Resgate e Reintrodução da Flora.....	1537
15.2.3	Subprograma de Acompanhamento da Supressão Vegetal e Manejo da Fauna .....	1543
15.2.4	Programa de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais.....	1552
15.2.5	Programa de Implantação de Corredores Ecológicos.....	1558
15.2.6	Programa de Prevenção Contra o Atropelamento da Fauna .....	1570
15.2.7	Programa de Monitoramento dos Grupos Faunísticos Bioindicadores .....	1577
15.2.8	Subprograma de Monitoramento da Avifauna.....	1581
15.2.9	Subprograma de Monitoramento da Mastofauna Não Voadora.....	1587
15.2.10	Subprograma de Monitoramento da Herpetofauna .....	1592
15.2.11	Subprograma de Monitoramento das Comunidades Aquáticas .....	1597
15.3	Programas do Meio Socioeconômico e Cultural .....	1602
15.3.1	Programa de Educação no Trânsito e Segurança nas Vias de Acesso ao Empreendimento .....	1602
15.3.2	Programa de Desenvolvimento dos Fornecedores Locais.....	1608
15.3.3	Programa de Gestão da Mão de Obra .....	1614
15.3.4	Programa de Monitoramento dos Indicadores Socioeconômicos .....	1620
15.3.5	Programa de Educação Ambiental .....	1626
15.3.6	Programa de Comunicação Social .....	1633
15.3.7	Plano de Ação de Controle da Malária (PACM) .....	1638

---

15.3.8	Programa de Prospecção e Resgate Arqueológico .....	1638
15.4	Plano Ambiental de Construção .....	1639
15.4.1	Descrição do programa .....	1639
15.4.2	Justificativa .....	1639
15.4.3	Objetivo .....	1640
15.4.4	Metas e indicadores ambientais .....	1640
15.4.5	Público-alvo .....	1640
15.4.6	Metodologia/Atividades.....	1640
15.4.7	Cronograma .....	1641
15.4.8	Equipe técnica .....	1643
15.4.9	Instituições envolvidas.....	1643
15.4.10	Inter-relação com outros programas.....	1643
15.4.11	Atendimento a requisitos legais.....	1643
15.5	Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) .....	1643
15.5.1	Descrição do Programa .....	1643
15.5.2	Justificativa .....	1643
15.5.3	Objetivo.....	1643
15.5.4	Metas e indicadores.....	1644
15.5.5	Público-alvo .....	1644
15.5.6	Metodologia/Atividades.....	1644
15.5.7	Cronograma .....	1647
15.5.8	Equipe técnica .....	1649
15.5.9	Instituições envolvidas.....	1649
15.5.10	Inter-relação com outros programas.....	1649
15.5.11	Normas técnicas aplicáveis e requisitos legais .....	1649
15.6	Plano de Ação de Emergência (PAE) .....	1649
15.6.1	Descrição do Programa .....	1649
15.6.2	Justificativa .....	1650
15.6.3	Objetivo.....	1650
15.6.4	Metas e indicadores ambientais .....	1650
15.6.5	Público-alvo .....	1650
15.6.6	Metodologia/Atividades.....	1650

---

15.6.7	Cronograma .....	1664
15.6.8	Equipe técnica .....	1666
15.6.9	Instituições envolvidas .....	1666
15.6.10	Inter-relação com outros programas.....	1666
15.6.11	Normas técnicas aplicáveis e requisitos legais .....	1667
15.7	Plano de Gestão e Monitoramento do Carbono.....	1667
15.8	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) .....	1668
15.8.1	Descrição do programa .....	1668
15.8.2	Justificativa .....	1668
15.8.3	Objetivo .....	1668
15.8.4	Metas e Indicadores ambientais.....	1669
15.8.5	Público-alvo .....	1669
15.8.6	Metodologia/Atividades.....	1669
15.8.7	Cronograma .....	1674
15.8.8	Equipe técnica .....	1676
15.8.9	Instituições envolvidas.....	1676
15.8.10	Inter-relação com outros programas.....	1676
15.8.11	Atendimento a requisitos legais.....	1676
15.9	Plano de Compensação Ambiental .....	1677
15.9.1	Descrição do programa .....	1677
15.9.2	Justificativa .....	1677
15.9.3	Objetivo .....	1677
15.9.4	Metas e Indicadores ambientais.....	1678
15.9.5	Público-alvo .....	1678
15.9.6	Metodologia/Atividades.....	1678
15.9.7	Cronograma .....	1682
15.9.8	Equipe técnica .....	1682
15.9.9	Instituições envolvidas.....	1682
15.9.10	Inter-relação com outros programas.....	1683
15.9.11	Atendimento a requisitos legais.....	1683
15.10	Plano de Descomissionamento .....	1683
15.10.1	Descrição do programa .....	1683

15.10.2	Justificativa .....	1684
15.10.3	Objetivo .....	1684
15.10.4	Metas e indicadores ambientais .....	1684
15.10.5	Público-alvo .....	1684
15.10.6	Metodologia/Atividades.....	1685
15.10.7	Cronograma .....	1717
15.10.8	Equipe técnica .....	1719
15.10.9	Instituições envolvidas.....	1719
15.10.10	Inter-relação com outros programas.....	1719
15.10.11	Atendimento a requisitos legais .....	1719

## **VOLUME VII**

16.0	ANÁLISE DE RISCO .....	1734
16.1	Identificação e Avaliação Qualitativa dos Eventos Perigosos .....	1734
16.2	Metodologia Empregada .....	1734
16.3	Resultados .....	1996
16.4	Medidas para Redução e Reavaliação dos Riscos .....	1996
16.5	Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) .....	2007
16.6	Plano de Ação de Emergência (PAE).....	2007
17.0	CONCLUSÃO .....	2008
17.1	Sobre o Projeto .....	2008
17.2	Diagnóstico Ambiental .....	2009
17.3	Impactos e Ações de Mitigação e Controle .....	2010
17.3.1	Meio Físico.....	2010
17.3.2	Meio Biótico .....	2011
17.3.3	Meio Socioeconômico e Cultural .....	2012
17.4	Considerações Finais.....	2015
18.0	EQUIPE TÉCNICA .....	2016
18.1	CERN .....	2016
18.2	Centaurus.....	2016
18.3	Subcontratadas Centaurus ou Vale .....	2017
19.0	GLOSSÁRIO.....	2019
19.1	Meio Físico .....	2019

19.2	Meio Biótico.....	2033
19.3	Meio Socioeconômico .....	2041
20.0	REFERÊNCIAS .....	2046
20.1	Caracterização do Empreendimento .....	2046
20.2	Compatibilidade do Empreendimento com Planos e Programas Governamentais .....	2047
20.3	Diagnóstico - Meio Físico.....	2048
20.4	Diagnóstico - Meio Biótico.....	2052
20.5	Diagnóstico - Meio Socioeconômico.....	2069
20.6	Análise Integrada .....	2070
20.7	Prognóstico Ambiental .....	2071
20.8	Identificação e Avaliação do Impactos Ambientais.....	2071



# Índice

<b>1.0</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>21</b>
<b>2.0</b>	<b>DADOS DO EMPREENDEDOR E DA EMPRESA DE CONSULTORIA</b>	<b>22</b>
2.1	Dados de Identificação do Empreendedor	22
2.2	Dados de Identificação da Empresa de Consultoria Responsável pelo EIA/RIMA	22
<b>3.0</b>	<b>LOCALIZAÇÃO E ACESSO AO EMPREENDIMENTO</b>	<b>23</b>
<b>4.0</b>	<b>METODOLOGIA DE REALIZAÇÃO DOS ESTUDOS</b>	<b>24</b>
<b>5.0</b>	<b>ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E LOCACIONAIS</b>	<b>27</b>
5.1	Método de Lavra	28
5.1.1	Alternativas tecnológicas	28
5.1.2	Alternativa tecnológica escolhida e avaliação ambiental	28
5.1.3	Alternativas locais	28
5.2	Transporte de Minério e Estéril da Cava	30
5.2.1	Alternativas tecnológicas	30
5.2.2	Alternativa tecnológica escolhida e avaliação ambiental	30
5.3	Disposição de Estéril	31
5.3.1	Alternativas tecnológicas	31
5.3.2	Alternativa tecnológica escolhida e avaliação ambiental	31
5.3.3	Alternativas locais	31
5.3.4	Alternativa local escolhida e avaliação ambiental	33
5.4	Beneficiamento de Minério de Níquel;	33
5.4.1	Alternativas tecnológicas	33
5.4.2	Alternativa tecnológica escolhida e avaliação ambiental	38
5.4.3	Alternativa local escolhida e avaliação ambiental	38
5.5	Disposição de Rejeitos	39
5.5.1	Alternativas tecnológicas	39
5.5.2	Alternativa tecnológica escolhida e avaliação ambiental	41
5.5.3	Alternativas locais	42
5.5.4	Alternativa local escolhida e avaliação ambiental	43
5.6	Abastecimento de Água	44
5.6.1	Alternativas tecnológicas e locais	44

5.6.2	Alternativa tecnológica e locacional escolhida e avaliação ambiental .....	46
5.7	Apresentação do Plano Diretor .....	47
<b>6.0</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....</b>	<b>49</b>
6.1	Histórico do Empreendimento.....	49
6.2	Objetivos e Justificativas.....	50
6.3	Informações Gerais.....	52
6.3.1	Estimativa de investimento de capital.....	53
6.3.2	Descrição das fases do empreendimento .....	53
<b>7.0</b>	<b>LEGISLAÇÃO APLICÁVEL.....</b>	<b>175</b>
7.1	Legislação Federal.....	176
7.1.1	Meio ambiente e licenciamento ambiental .....	176
7.1.2	Fauna e flora.....	180
7.1.3	Mineração .....	181
7.1.4	Recursos hídricos .....	182
7.1.5	Resíduos.....	183
7.1.6	Terras, povos tradicionais, saúde e cultura .....	184
7.1.7	Solo.....	185
7.1.8	Unidades de conservação .....	185
7.1.9	Áreas de preservação permanente (APP's) .....	185
7.1.10	Compensação ambiental – SNUC.....	186
7.1.11	Patrimônio histórico, arqueológico e artístico.....	186
7.1.12	Outras resoluções do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente).....	187
7.1.13	Normas de outros órgãos federais .....	188
7.2	Legislação Estadual.....	189
7.2.1	Meio ambiente e licenciamento ambiental .....	189
7.2.2	Fauna e Flora.....	190
7.2.3	Mineração .....	191
7.2.4	Recursos hídricos .....	192
7.2.5	Terras e povos tradicionais.....	192
7.2.6	Compensação Ambiental.....	193
7.3	Legislação Municipal (São Félix do Xingu, PA) .....	193

7.3.1	Meio ambiente e licenciamento ambiental .....	193
7.3.2	Mineração .....	194
7.3.3	Recursos hídricos .....	194
7.3.4	Terras e comunidades tradicionais .....	194
7.3.5	Solo .....	194
7.3.6	Unidades de conservação .....	195
7.3.7	Patrimônio histórico, arqueológico e artístico .....	195
7.4	Análise dos Principais Aspectos da Legislação Ambiental.....	196
7.4.1	Legislação ambiental .....	196
<b>8.0</b>	<b>COMPATIBILIDADE DO EMPREENDIMENTO COM PLANOS E PROGRAMAS GOVERNAMENTAIS</b> .....	<b>208</b>
8.1	Plano Amazônia Sustentável (PAS) .....	208
8.2	Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG) .....	208
8.3	Plano Nacional Anual de Biodiversidade (PLANABIO) .....	210
8.4	Planos de Ação Nacionais para a Conservação de Espécies Ameaçadas (PANs) .....	210
8.5	Zoneamentos Ecológico-Econômico dos Estados da Amazônia Legal .....	212
8.6	Unidades de Conservação e Preservação Ecológica.....	214
8.6.1	Categorias de Unidades de Conservação do SNUC.....	214
8.7	Áreas Prioritárias para Conservação .....	217
8.8	Terras Indígenas .....	219
8.9	Projetos de Assentamento Agrário do INCRA .....	221
<b>9.0</b>	<b>DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO</b> .....	<b>223</b>
9.1	Meios Físico e Biótico .....	223
9.1.1	Área de Estudo Regional (AER) dos meios físico e biótico.....	223
9.1.2	Área de Estudo Local (AEL) dos meios físico e biótico .....	225
9.2	Meio Socioeconômico e Cultural .....	227
9.2.1	Área de Estudo Regional (AER) do meio socioeconômico e cultural .....	227
9.2.2	Área de Estudo Local (AEL) do meio socioeconômico e cultural.....	229

**TABELAS**

Tabela 5.2.1: Alternativas consideradas para o transporte de minério e estéril da cava .....	30
Tabela 5.3.1: Alternativas tecnológicas de disposição de estéril.....	31

Tabela 5.3.2: Critérios da avaliação locacional das pilhas de rejeito.....	33
Tabela 5.4.1: Vantagens e desvantagens do método de lixiviação em pilhas e recuperação .....	33
Tabela 5.4.2: Vantagens e desvantagens da lixiviação por agitação da totalidade do minério.....	34
Tabela 5.4.3: Comparação entre as alternativas para tratamento dos produtos da concentração por flotação	36
Tabela 5.4.4: Comparação entre as alternativas locacionais da planta de beneficiamento/prédios administrativos.....	38
Tabela 5.5.1: Alternativas para disposição de rejeito de mineração.....	40
Tabela 5.5.2: Comparação entre as alternativas locacionais das barragens de rejeitos.....	43
Tabela 6.3.1: Unidades litoestratigráficas na área .....	54
Tabela 6.3.2: Máquinas e equipamentos a serem usados na fase de implantação. ....	70
Tabela 6.3.3: Fontes e estimativa de geração de efluentes para fase de implantação. ....	80
Tabela 6.3.4: Caracterização estimada dos efluentes brutos gerados pelo Projeto Jaguar.....	80
Tabela 6.3.5: Desempenho nominal das Estações de Tratamento de Esgoto. ....	82
Tabela 6.3.6: Desempenho nominal do Separador de água e óleo.....	84
Tabela 6.3.7: Disposição final dos resíduos sólidos. ....	89
Tabela 6.3.8: Fontes e estimativa de ruídos durante a fase de implantação.....	92
Tabela 6.3.9: Insumos a serem usados na fase de implantação do Projeto Jaguar. ....	93
Tabela 6.3.10: Dimensões das cavas a céu aberto do Projeto Jaguar, em metros. ....	99
Tabela 6.3.11: Dimensões das minas subterrâneas do Projeto Jaguar, em metros. ....	100
Tabela 6.3.12: Perfis de escavação das aberturas subterrâneas do desenvolvimento.....	102
Tabela 6.3.13: Dimensões das pilhas de estéril e origem do estéril. ....	112
Tabela 6.3.14: Máquinas e Equipamentos a serem usados na fase de operação. ....	129
Tabela 6.3.15: Aspectos ambientais a controlar na planta de beneficiamento.....	132
Tabela 6.3.16: Controles ambientais na planta de beneficiamento. ....	148
Tabela 6.3.17: Fontes e estimativa de geração de efluentes para fase de operação. ....	152
Tabela 6.3.18: Composição esperada do efluente – processo de hidrometalurgia. ....	153
Tabela 6.3.19: Resíduos sólidos e efluentes gerados na lavra e transporte de minério e estéril.....	155
Tabela 6.3.20: Resíduos sólidos gerados no beneficiamento do minério.....	156
Tabela 6.3.21: Fontes e estimativa de ruídos durante o beneficiamento de minério. ....	158
Tabela 6.3.22: Fontes e estimativa de ruídos durante a lavra. ....	161
Tabela 6.3.23: Fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade utilizando o método de GLE/Morgenstern-Price – Barragem IWL (rejeito do processo de flotação).....	163
Tabela 6.3.24: Fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade utilizando o método de GLE/Morgenstern-Price – Barragem POX (rejeito do processo de hidrometalurgia). ....	166
Tabela 6.3.25: Principais insumos para a fase de operação do Projeto Jaguar.....	168
Tabela 6.3.26: Fontes e estimativa de geração de efluentes para fase de fechamento. ....	174

Tabela 6.3.27: Fontes e estimativa de ruídos durante a Fase de Fechamento.....	174
Tabela 8.4.1: Planos de Ação Nacional (PANs) do bioma amazônico brasileiro.....	211
Tabela 8.6.1: Unidades de conservação (UC) identificadas mais próximas ao Projeto Jaguar. ....	215

## FIGURAS

Figura 3.0.1: Localização e acesso ao Projeto Jaguar .....	23
Figura 3.0.2: Área do Projeto Jaguar e acessos locais.....	24
Figura 4.0.1: Fluxograma das etapas de elaboração do EIA. ....	25
Figura 5.3.1: Alternativas locacionais das pilhas de estéril.....	32
Figura 5.4.1: Alternativas locacionais para planta de beneficiamento e áreas administrativas.....	39
Figura 5.5.1: Alternativas locacionais para Barragens de rejeitos. ....	43
Figura 5.6.1: Pontos de monitoramento da vazão do Igarapé Mogno. ....	45
Figura 5.6.2: Localização do ponto de captação no igarapé Mogno ou Arataca. ....	47
Figura 5.7.1: Arranjo geral do empreendimento.....	48
Figura 6.3.1: Perfil estratigráfico na área do Projeto Jaguar.....	55
Figura 6.3.2: Alvos de pesquisa mineral do Projeto Jaguar.....	57
Figura 6.3.3: Serras de corte dos testemunhos de sondagem e galpão de estocagem, em Tucumã/PA.....	58
Figura 6.3.4: Composição química do concentrado de níquel do Projeto Jaguar. ....	60
Figura 6.3.5: Propriedades envolvidas no Projeto Jaguar. ....	62
Figura 6.3.6: Localização das instalações de apoio para a fase de implantação do Projeto Jaguar. ....	67
Figura 6.3.7: Histograma da mão de obra na implantação do Projeto Jaguar.....	69
Figura 6.3.8: Perfis profissionais na implantação do Projeto Jaguar. ....	70
Figura 6.3.9: Área de supressão vegetal do Projeto Jaguar. ....	71
Figura 6.3.10: Balanço hídrico na Fase de Implantação.....	74
Figura 6.3.11: Localização da área dos sistemas de controle ambiental do Projeto Jaguar.....	79
Figura 6.3.12: Planta (acima) e vista lateral (abaixo) da ETE fossa-filtro. ....	81
Figura 6.3.13: Separador de água e óleo.....	83
Figura 6.3.14: Identificação dos recipientes para a coleta seletiva dos resíduos sólidos.....	86
Figura 6.3.15: Desenho esquemático da Central de Estocagem de Resíduos. ....	86
Figura 6.3.16: Fluxograma do processo de compostagem. ....	87
Figura 6.3.17: Cronograma da Fase de Implantação.....	95
Figura 6.3.18: Volumes lavrados anualmente. ....	97
Figura 6.3.19: Localização das jazidas minerais do Projeto Jaguar. ....	99
Figura 6.3.20: Perfil das cavas a céu aberto e das minas subterrâneas propostas ao final da vida útil. ....	101
Figura 6.3.21: Ciclo de escavação em uma mina subterrânea.....	103

Figura 6.3.22: Exemplo de placas de sinalização de áreas especiais. ....	107
Figura 6.3.23: Interferência das estruturas do Projeto Jaguar com APPs. ....	109
Figura 6.3.24: Traçado das vias de transporte de minério das cavas até o pátio de ROM. ....	111
Figura 6.3.25: Localização das pilhas de estéril no Projeto Jaguar. ....	112
Figura 6.3.26: Planta de beneficiamento no Projeto Jaguar. ....	113
Figura 6.3.27: Fluxograma, balanço de massa e balanço hídrico do processo produtivo. ....	115
Figura 6.3.28: Estruturas de disposição de rejeitos no Projeto Jaguar. ....	127
Figura 6.3.29: Perfil profissional durante a operação do Projeto Jaguar. ....	128
Figura 6.3.30: Balanço hídrico na Fase de Operação. ....	131
Figura 6.3.31: Fluxograma indicando pontos com aspectos ambientais. ....	151
Figura 6.3.32: Histograma da mão de obra no fechamento do Projeto Jaguar. ....	172
Figura 6.3.33: Perfis profissionais no fechamento do Projeto Jaguar. ....	172
Figura 6.3.34: Balanço hídrico na Fase de Fechamento. ....	173
Figura 6.3.35: Cronograma de Fechamento do Projeto Jaguar. ....	175
Figura 8.5.1: Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia Legal. ....	213
Figura 8.6.1: Unidade de Conservação no entorno do Projeto Jaguar. ....	216
Figura 8.7.1: Áreas Prioritárias para a conservação da Biodiversidade 2ª Atualização (MMA, 2018). ....	218
Figura 8.8.1: Terras Indígenas no entorno do Projeto Jaguar. ....	220
Figura 8.9.1: Localização do Projeto Jaguar na área do Projeto de Assentamento Agrário (PA) Tucumã. ....	222
Figura 9.1.1: Área de Estudo Regional dos Meio Físico e Biótico do Projeto Jaguar. ....	224
Figura 9.1.2: Área de Estudo Local dos Meios Físico e Biótico do Projeto Jaguar. ....	226
Figura 9.2.1: Área de Estudo Regional do meio socioeconômico e cultural do Projeto Jaguar. ....	228
Figura 9.2.2: Área de Estudo Local do meio socioeconômico e cultural do Projeto Jaguar. ....	230

## 1.0 INTRODUÇÃO

O presente Estudo de Impacto Ambiental – EIA foi elaborado a partir do Termo de Referência definido pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará (SEMAS), e conforme diretrizes estabelecidas na legislação ambiental vigente.

No capítulo correspondente à caracterização do empreendimento estão apresentadas as alternativas tecnológicas e locacionais consideradas, e as descrições das principais estruturas e atividades que serão desenvolvidas nas fases de desenvolvimento do Projeto Jaguar: planejamento, instalação, operação e fechamento.

O diagnóstico ambiental contempla os temas pertinentes aos meios físico, biótico e socioeconômico e foi elaborado com base em dados obtidos em trabalhos de campo realizados para a composição do primeiro Estudo de Impacto Ambiental elaborado para o empreendimento (BICHO DO MATO, 2021) e em dados disponíveis em outras fontes.

O capítulo prognóstico e avaliação dos impactos ambientais, elaborado a partir do diagnóstico ambiental e da caracterização do empreendimento, considera a implantação e a não implantação do projeto. Essa análise teve como objetivo subsidiar a identificação e a avaliação dos impactos decorrentes das fases do empreendimento, bem como a qualidade ambiental futura da área, sem a presença do empreendimento.

A partir dos resultados da avaliação de impactos, são apresentadas as ações de controle, de minimização e de compensação ambiental para os impactos negativos e de potencialização para os impactos positivos identificados para o Projeto Jaguar, nas suas diversas fases de desenvolvimento.

Além desses capítulos, o presente Estudo de Impacto Ambiental apresenta em capítulos específicos, os requisitos legais aplicáveis, a definição das áreas de estudo consideradas, os procedimentos metodológicos utilizados, a análise ambiental integrada, a definição das áreas de influência do empreendimento, a análise dos riscos e a conclusão quanto à viabilidade ambiental do Projeto Jaguar.

## **2.0 DADOS DO EMPREENDEDOR E DA EMPRESA DE CONSULTORIA**

### **2.1 Dados de Identificação do Empreendedor**

- Empreendedor: Centaurus Níquel Ltda. (anteriormente Aliança Mineração Ltda.);
- CNPJ Sede: 24.000.759/0001-32;
- Endereço: Avenida Barão Homem de Melo, 4391 Sala 606, Estoril, Belo Horizonte, Minas Gerais – CEP 30.494-275;
- Representante Legal: Bruno Rocha Scarpelli;
- E-mail: bruno.scarpelli@centaurus.com.au

### **2.2 Dados de Identificação da Empresa de Consultoria Responsável pelo EIA/RIMA**

Os dados para identificação da CERN são apresentados a seguir:

- Nome e Razão Social: Consultoria e Empreendimentos de Recursos Naturais - CERN;
- CNPJ: 26.026.799/0001-89;
- Inscrição Municipal: 0390073/005-6 - Inscrição Estadual: Isento;
- Endereço: Rua Pernambuco, 554 - 5º andar, Bairro Funcionários, Belo Horizonte – Minas Gerais, CEP: 30.130-156, Brasil;
- Telefone: (31) 3261-7766;
- Diretora - EIA/RIMA junho/2023: Mariana Gomide Pereira;
- Gerente - EIA/RIMA junho/2023: Elisa Monteiro Marcos.



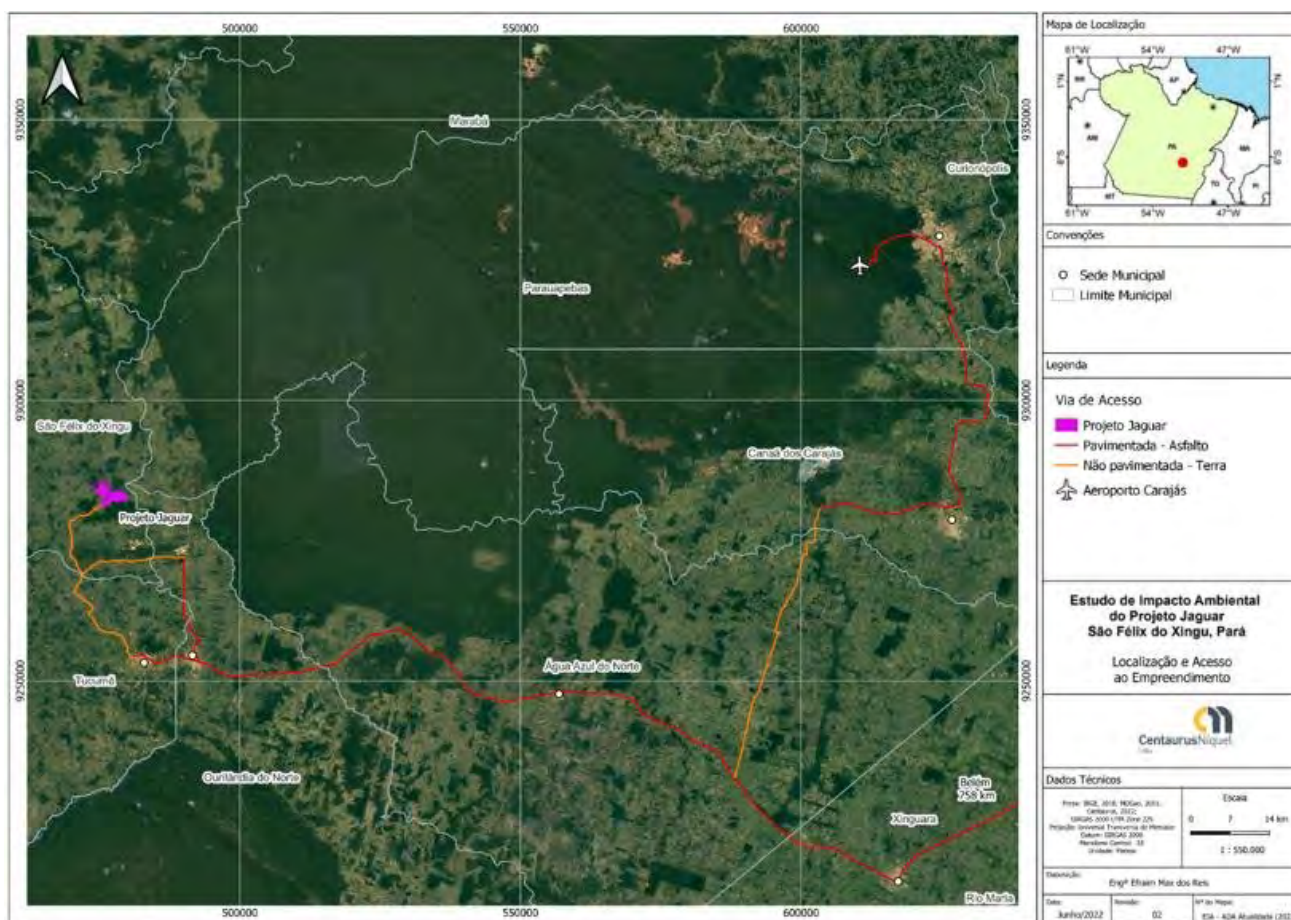
### 3.0 LOCALIZAÇÃO E ACESSO AO EMPREENDIMENTO

O Projeto Jaguar está localizado no extremo leste do município de São Félix do Xingu, no estado do Pará, próximo aos limites com os municípios de Parauapebas, Ourilândia do Norte e Tucumã, sendo os dois últimos aqueles que têm as suas sedes municipais mais próximas à área prevista para o empreendimento.

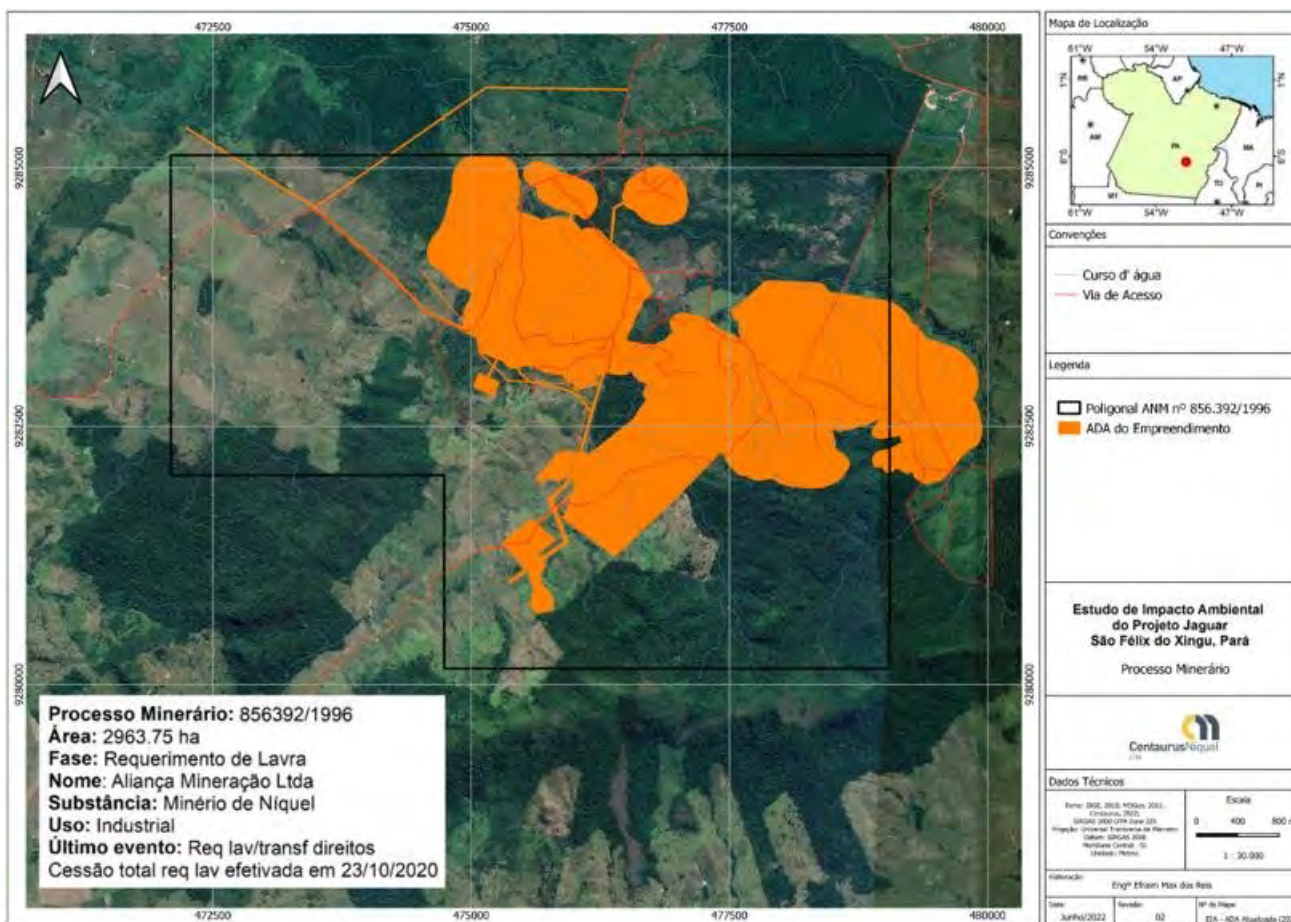
Para acessar a região, o melhor acesso por via aérea é desembarcar no Aeroporto de Carajás, no município de Parauapebas e de lá percorrer por via rodoviária 21,5km pela PA-275 até o centro de Parauapebas, depois 57,1km em sentido sul pela PA-160 até o município de Canaã dos Carajás, então percorrer mais 79,8km até atingir a rodovia PA-279, e depois percorrer por esta mais 121,1km em sentido oeste até chegar a Tucumã, mais 13,9km pela PA-279 em sentido oeste e virar à direita, em estrada de terra, e percorrer por esta, em sentido norte, os últimos 37,9km até chegar a área do empreendimento.

Partindo da capital Belém, o acesso a área por via rodoviária pode se dar pela BR-155 até Xinguara, totalizando 795 km, e a partir de Xinguara, seguir pela PA-279 até a área do projeto, conforme apresentado acima.

A **Figura 3.2.2.1** e a **Figura 3.2.2.2** apresentam, respectivamente, a localização do Projeto Jaguar no sudeste do estado do Pará; e as principais rotas de acesso ao empreendimento a partir das localidades mais próximas.



**Figura 3.2.2.1: Localização e acesso ao Projeto Jaguar**  
 Fonte: Centaurus (2022).



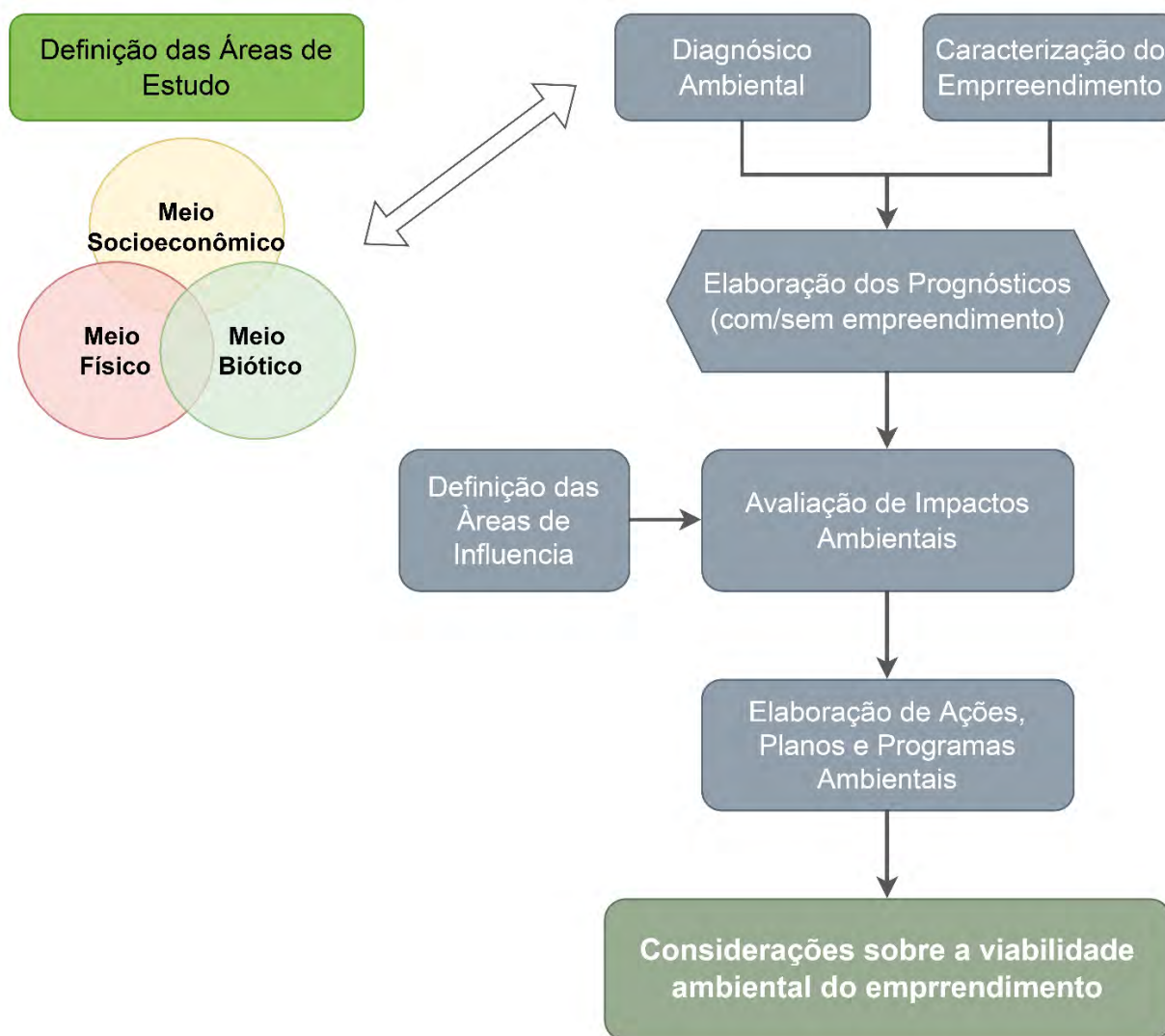
**Figura 3.2.2.2: Área do Projeto Jaguar e acessos locais**

Fonte: Centaurus (2022).

## 4.0 METODOLOGIA DE REALIZAÇÃO DOS ESTUDOS

Este estudo é um documento natureza técnico-científica que tem como finalidade: realizar a análise dos meios físico, biótico e socioeconômico das áreas de estudo do Projeto Jaguar, avaliar os impactos ambientais gerados pelo projeto, considerando as fases de planejamento, implantação, operação e fechamento e propor medidas mitigadoras e de controle para os impactos ambientais dele advindos. O conjunto dessas etapas tem como objetivo permitir verificar a viabilidade ambiental do projeto.

As etapas para elaboração do EIA estão descritas no fluxograma da **Figura 4.2.2.1**.



**Figura 4.2.2.1: Fluxograma das etapas de elaboração do EIA.**

As etapas de elaboração do EIA e as bases metodológicas de cada uma delas estão consolidadas nos capítulos apresentados neste relatório. Assim, no **Capítulo 5 – Alternativas Locacionais e Tecnológicas** são apresentadas as alternativas locacionais e tecnológicas estudadas para as estruturas que não possuem rigidez locacional, isto é que não são condicionadas pelo posicionamento da jazida mineral, e os critérios técnicos e ambientais avaliados para a definição do Plano Diretor do projeto. No **Capítulo 6 - Caracterização do Empreendimento (CE)** são apresentados os principais aspectos de engenharia do Projeto Jaguar, como por exemplo, informações sobre a lavra, o beneficiamento, acesso ao empreendimento, instalações auxiliares, insumos, entre outras. Nesta caracterização do empreendimento são descritas as principais estruturas e os processos do projeto, situando-os no espaço e no tempo, com o objetivo de subsidiar a adequada avaliação de impactos ambientais previstas.

O **Capítulo 7 – Legislação Aplicável** apresenta a legislação ambiental aplicável à atividade de mineração, servindo como referência legal para o Projeto Jaguar. Para tanto, estão elencadas e comentadas as principais Leis, Resoluções, Instruções Normativas, Portarias, Pareceres e Decretos editadas nas esferas Federal, Estadual e Municipal competentes, especialmente aqueles relacionados à atividade de mineração e o seu licenciamento ambiental. Na sequência, o **Capítulo 8 – Compatibilidade do Empreendimento com Planos**

**e Programas Governamentais** apresenta os principais Planos e Programas Governamentais que se relacionam com a área de instalação e operação do Projeto Jaguar.

Para a caracterização dos temas relacionados aos meios físico, biótico e socioeconômico na área de inserção do Projeto Jaguar buscou-se, preliminarmente à consolidação do diagnóstico ambiental, definir áreas de estudo com o objetivo de estabelecer recortes espaciais cujo conhecimento permitisse a compreensão das interações e pressões que poderão ocorrer sobre os sistemas naturais em razão, sobretudo, da implantação e operação do empreendimento em estudo. Foram delimitadas áreas geográficas para serem estudadas sob a ótica do desenvolvimento do diagnóstico ambiental, estabelecendo limites específicos às peculiaridades das variáveis que assim o exigissem para os meios físico, biótico, socioeconômico e cultural. As premissas adotadas e as referidas áreas de estudo estão apresentadas no **Capítulo 9 - Definição das Áreas de Estudo**.

Para elaboração do diagnóstico regional dos meios físico, biótico, socioeconômico e cultural na área de inserção do Projeto Jaguar, buscou-se, inicialmente, o levantamento das informações secundárias existentes que pudessem permitir uma primeira aproximação com as variáveis consideradas fundamentais para a identificação das características do ambiente. Na sequência, para elaboração do diagnóstico local, procedeu-se à utilização das informações primárias levantadas no Estudo de Impacto Ambiental desenvolvido para o empreendimento (BICHO DO MATO, 2021), informações estas que foram consolidadas com os dados secundários levantados em bibliografia. O texto do **Diagnóstico Ambiental** (meio físico, meio biótico, meio socioeconômico e cultural), apresentado no **Capítulo 10**, foi organizado de forma a apresentar cada tema estudado. Por isso os temas abordados encontram-se discutidos sequencialmente em relação às diferentes áreas de estudo consideradas. Os pontos de amostragem dos diversos temas podem ser visualizados nas figuras e desenhos apresentados ao longo do referido capítulo. Ressalta-se que as metodologias específicas de cada tema são apresentadas no início de cada tema estudado.

Para possibilitar uma visão sistêmica, os diagnósticos dos diversos meios foram apresentados primeiramente em separado e, em seguida, no **Capítulo 11**, na forma de uma **Análise Integrada**, na qual se descrevem as condições ambientais atuais, explicitam-se as relações de dependência e/ou de sinergia entre os meios físico, biótico e socioeconômico, e se busca compreender a estrutura e a dinâmica ambiental na Área de Estudo.

A partir da compreensão do cenário ambiental da Área de Estudo do Projeto Jaguar é apresentado no **Capítulo 12 o Prognóstico Ambiental**. Os quadros prospectivos tendenciais foram elaborados considerando um horizonte temporal sem a implantação do empreendimento e outro considerando a implantação do empreendimento. Dessa forma, as tendências das atividades transformadoras que já se manifestam na região do projeto foram caracterizadas, assim como as consequências da implantação, operação e fechamento do empreendimento proposto.

O processo de avaliação dos impactos ambientais apresentados no **Capítulo 13** se desenvolveu em várias etapas a partir da constituição de cenários futuros relativos ao comportamento do sistema considerado (ambiente estudado e projeto avaliado). A base para a constituição desses cenários foi a situação ambiental atual das áreas de estudo, contraposta às ações/atividades do projeto, identificadas como potencialmente modificadoras dos ambientes existentes.

Para a **Identificação e Avaliação dos Impactos Ambientais** a serem gerados pelo Projeto Jaguar, adotou-se metodologia específica de Avaliação de Impacto Ambiental – AIA, respeitando as diretrizes legais vigentes. A metodologia detalhada utilizada na AIA é apresentada no início do **Capítulo 13**.

Após a avaliação dos impactos ambientais, foram apresentadas os limites das áreas geográficas a serem direta e indiretamente afetadas pelos impactos, denominadas **Áreas de Influência do Empreendimento (Capítulo 14)**. Essas áreas foram estabelecidas pela equipe responsável pela execução do estudo, a partir da análise de

todas as informações levantadas no diagnóstico e por meio dos prognósticos e das avaliações dos impactos ambientais e atualizadas após análise e solicitação da SEMAS.

No **Capítulo 15** são descritos programas e ações de gestão ambiental estabelecidos em função das atividades transformadoras previstas, com a finalidade de manter o equilíbrio ambiental da região, em vista de suas potencialidades e fragilidades socioambientais, de modo a garantir níveis desejáveis de qualidade ambiental e de vida. Estas medidas consideram as ações de controle dos aspectos ambientais significativos, as ações de mitigação dos impactos ambientais adversos significativos, o acompanhamento e monitoramento das estruturas de controle e atividades do empreendimento e a compensação dos impactos não mitigáveis. Nesta etapa de licenciamento os programas e ações são descritos de maneira conceitual e serão detalhados em etapas futuras do projeto. O **Capítulo 15**, além de todas as **Ações, Planos e Programas Ambientais**, apresenta também o PRAD - Plano de Recuperação de Áreas Degradadas a ser aplicado durante as etapas de implantação, operação e fechamento do empreendimento, além do Plano de Fechamento de Mina e do Plano de Compensação Ambiental.

No **Capítulo 16** é apresentada o **Estudo de Risco: Análise Preliminar de Perigos**, na qual se busca identificar as causas de eventos acidentais possíveis e suas respectivas consequências, por meio de uma avaliação qualitativa da frequência (ou probabilidade) de ocorrência dos cenários acidentais identificados, da severidade das suas consequências e do risco associado.

A partir das informações coletadas e analisadas durante a elaboração deste EIA são apresentadas as considerações da equipe técnica do estudo quanto à viabilidade ambiental do empreendimento (**Capítulo 17 - Conclusão**).

Por fim, os principais termos técnicos utilizados para elaboração do EIA, bem como toda a fonte de consulta literária, são apresentados nos **Capítulo 19 e 20, Glossário e Referências Bibliográficas**, respectivamente. A **Equipe Técnica** responsável pela elaboração deste estudo de impacto ambiental é apresentada no **Capítulo 18** juntamente com as devidas Anotações de Responsabilidade Técnica – ARTs, CTFs e CTDAMs.

No **ANEXO A**, são apresentados os dados de levantamentos realizados para o diagnóstico ambiental dos meios físico, biótico e socioeconômico, em planilhas, o **ANEXO B** detalha a caracterização das barragens de rejeitos, o **ANEXO C**, apresenta o Termo de Referência da SEMAS para elaboração do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e Relatório de Impacto Ambiental – RIMA do Projeto Jaguar e no **ANEXO D** é apresentado a relação entre o referido termo e o conteúdo deste Estudo de Impacto Ambiental.

## 5.0 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E LOCACIONAIS

Neste capítulo são apresentadas as alternativas tecnológicas e locacionais estudadas para a implantação das principais atividades operacionais e estruturas do Projeto Jaguar, portanto, avaliou-se: o método de lavra, a forma de transporte de minério e estéril, o método de beneficiamento do minério, a localização das estruturas administrativas, o método de disposição de estéril, o método de disposição de rejeitos e a fonte para abastecimento de água.

Ressalta-se que todas as informações utilizadas para elaboração deste capítulo foram fornecidas pela Centaurus Níquel Ltda e fazem parte de avaliações desenvolvidas pela Centaurus para definição da concepção do Projeto Jaguar.

## **5.1 Método de Lavra**

### **5.1.1 Alternativas tecnológicas**

Para a lavra de minério de níquel, foram considerados três métodos: lavra a céu aberto, lavra subterrânea e lavra conjugada que estão descritos a seguir:

#### **Lavra a céu aberto**

Método utilizado para exploração mineral em áreas que o minério está mais próximo da superfície ou em pequenas profundidades, sua operação, entre outras etapas inclui: limpeza, remoção da cobertura do solo, perfuração, detonação, escavação, carregamento e transporte. Essa técnica de exploração mineral não possui limitações espaciais consideráveis, ao se comparar com a lavra subterrânea, e possui grande potencial produtivo além de exigir uma infraestrutura menos robusta que a lavra subterrânea, fazendo com que o custo de produção seja menor. Ressalta-se que a performance deste método é relacionada a eficiência operacional da mina bem como de um projeto correto de lavra.

#### **Lavra subterrânea**

Usualmente utilizado quando se identifica a necessidade de extração mineral em maiores profundidades, o que pode tornar o método de lavra a céu aberto mais oneroso, e assim economicamente inviável, onde se faz necessário optar pela extração subsolo. A lavra subterrânea possui variações metodologias a depender das características geotécnicas do maciço rochoso. Operacionalmente este método leva a mais riscos de segurança do que a extração a céu aberto.

#### **Lavra conjugada**

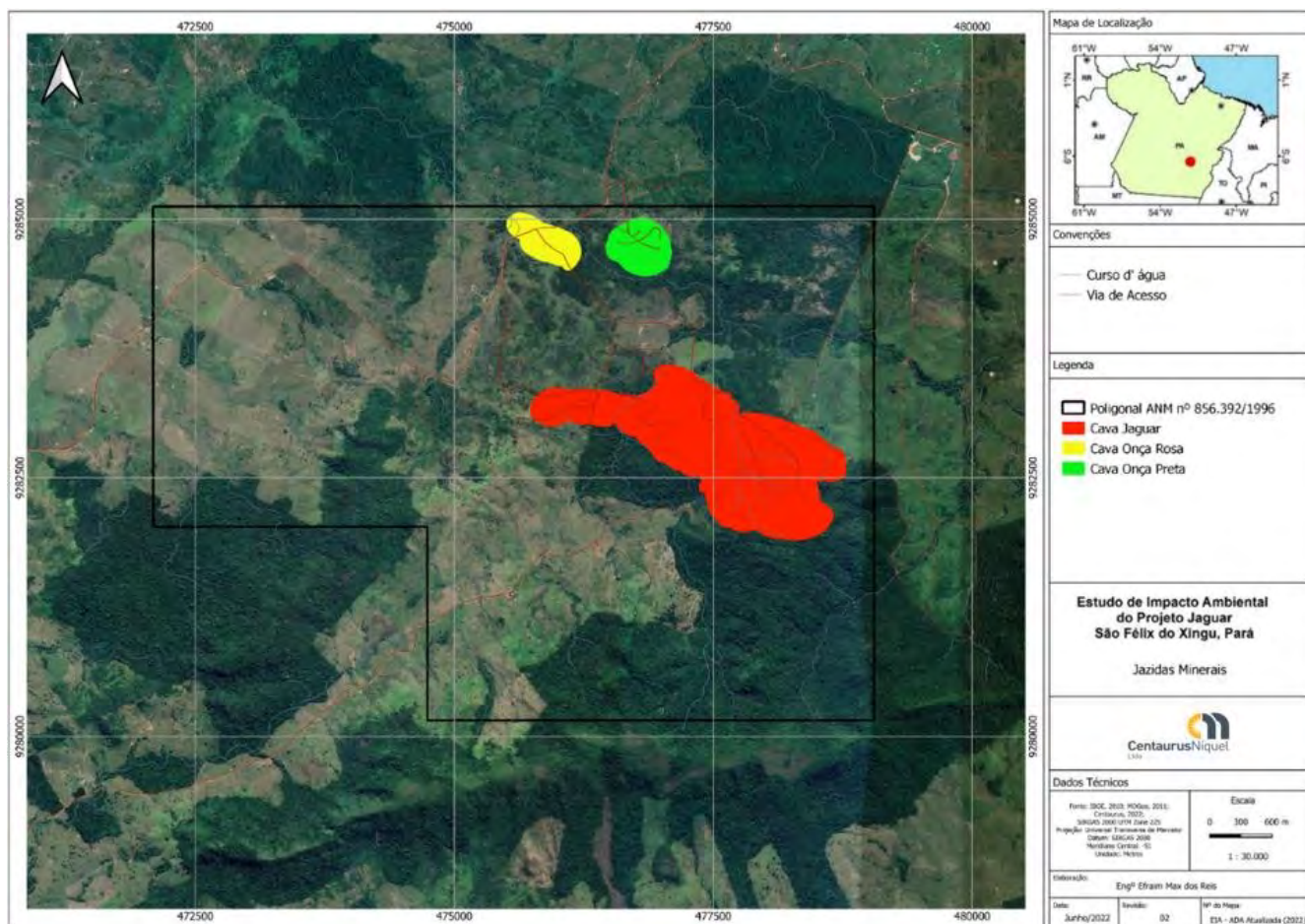
Uma alternativa é a integração da mina a céu aberto a minas subterrâneas, otimizando assim a extração mineral considerando as características da jazida do local de extração. Dessa maneira pode-se considerar a profundidade, características geotécnicas, entre outros fatores, para otimizar a extração mineral em cada local das jazidas.

### **5.1.2 Alternativa tecnológica escolhida e avaliação ambiental**

Devido as características da resistência mecânica do minério de níquel e dos materiais a serem removidos e descartados durante o processo de operacional, considerou-se que a técnica de lavra mais adequada será a conjugação dos métodos a céu aberto com a subterrânea. Sendo os materiais mais resistentes passando por desmonte por explosivos e a extração de materiais menos resistentes sendo realizadas por escavadeiras.

### **5.1.3 Alternativas locais**

Como a lavra está associada a localização, disponibilidade, acessibilidade e dimensionamento estimado das reservas minerais apresentadas na Figura 5.1.1: Alternativas locais das Cavas Figura 5.1.1, não foram avaliadas alternativas locais por existir uma rigidez locacional sobre este aspecto.



**Figura 5.1.1: Alternativas locacionais das Cavas**

Fonte: Centaurus (2022)

## 5.2 Transporte de Minério e Estéril da Cava

### 5.2.1 Alternativas tecnológicas

Foram avaliadas alternativas tecnológicas para o transporte do minério e estéril do local de lavra até os britadores primários, por meio de caminhões e de correias transportadoras, conforme apresentado na **Tabela 5.2.1**.

**Tabela 5.2.1: Alternativas consideradas para o transporte de minério e estéril da cava**

Forma de Transporte		Descrição	Vantagens	Desvantagens
Uso de caminhões	Convencionais	Caminhões com capacidade útil de 40 toneladas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Possibilita grande mobilidade para o transporte;</li> <li>■ Apresenta custo de manutenção menor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pode aumentar o número de incidentes.</li> </ul>
	Fora de estrada ( <i>offroad</i> )	Caminhões com capacidade útil acima de 100 toneladas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Possibilita grande mobilidade para o transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Possui maior custo de manutenção, principalmente devido aos pneus;</li> <li>■ Aumenta o risco de acidentes quando há circulação de veículos menores dentro da área de circulação;</li> <li>■ Exigem mão de obra especializada para operação bem como para manutenção, elevando o custo operacional devido aos profissionais necessários para utilização deste veículo.</li> </ul>
Correias transportadoras		Equipamentos automatizado para transporte.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Conseguem reduzir o risco de acidentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Apresentam uma maior rigidez locacional por serem estruturas definitivas.</li> </ul>

Fonte: Centaurus (2022)

### 5.2.2 Alternativa tecnológica escolhida e avaliação ambiental

Considerando o custo total, características e localização dos jazimentos minerais, fatores de saúde e segurança do trabalho e facilidade de operação, optou-se pelo transporte de caminhões tradicionais de capacidade para 40 toneladas de carga útil.



## 5.3 Disposição de Estéril

### 5.3.1 Alternativas tecnológicas

Para avaliação do local para disposição de material estéril, oriundo das cavas a céu aberto e/ou minas subterrâneas, considerou-se as opções descritas na **Tabela 5.3.1**:

**Tabela 5.3.1: Alternativas tecnológicas de disposição de estéril**

Método	Descrição
Em vales	Ocupam uma área menor, como o estéril é disposto em local naturalmente confinado, entretanto esta forma de disposição interfere na drenagem local.
Transversalmente em vales	Utilizada para volumes menores de estéril, que podem ser acomodados em parte de um vale.
Encostas	Necessita uma área maior para disposição, porém não interfere em cursos d'água.
Pilhas artificiais	Pode ser estabelecido fora de áreas que afetam diretamente corpos d'água. Caso seja instalado em taludes mais abatidos será necessário áreas maiores para assegurar a estabilidade dos taludes das pilhas.
Disposição de estéril dentro de cavas já exauridas	Somente é possível em cavas onde não haverá mina subterrânea, e onde a cava é exaurida a tempo de receber o estéril.

Fonte: Centaurus (2022)

### 5.3.2 Alternativa tecnológica escolhida e avaliação ambiental

A determinação do método levou em consideração os seguintes fatores:

- Disponibilidade de áreas já antropizadas na região do projeto e, principalmente próximo aos locais das futuras cavas, o que significa que não haverá significativa supressão de vegetação para disposição do estéril; e
- Premissa de evitar ao máximo qualquer tipo de interferência com corpos hídricos.

Considerando ambos os fatores, optou-se pela disposição do estéril em pilhas. A operação prevê que os caminhões descarreguem o estéril na pilha e as retroescavadeiras retomam o material e o espalham na pilha. Antes do início da disposição do estéril, a drenagem do pé da pilha deve estar concluída, para evitar que as chuvas erodam sua base.

### 5.3.3 Alternativas locacionais

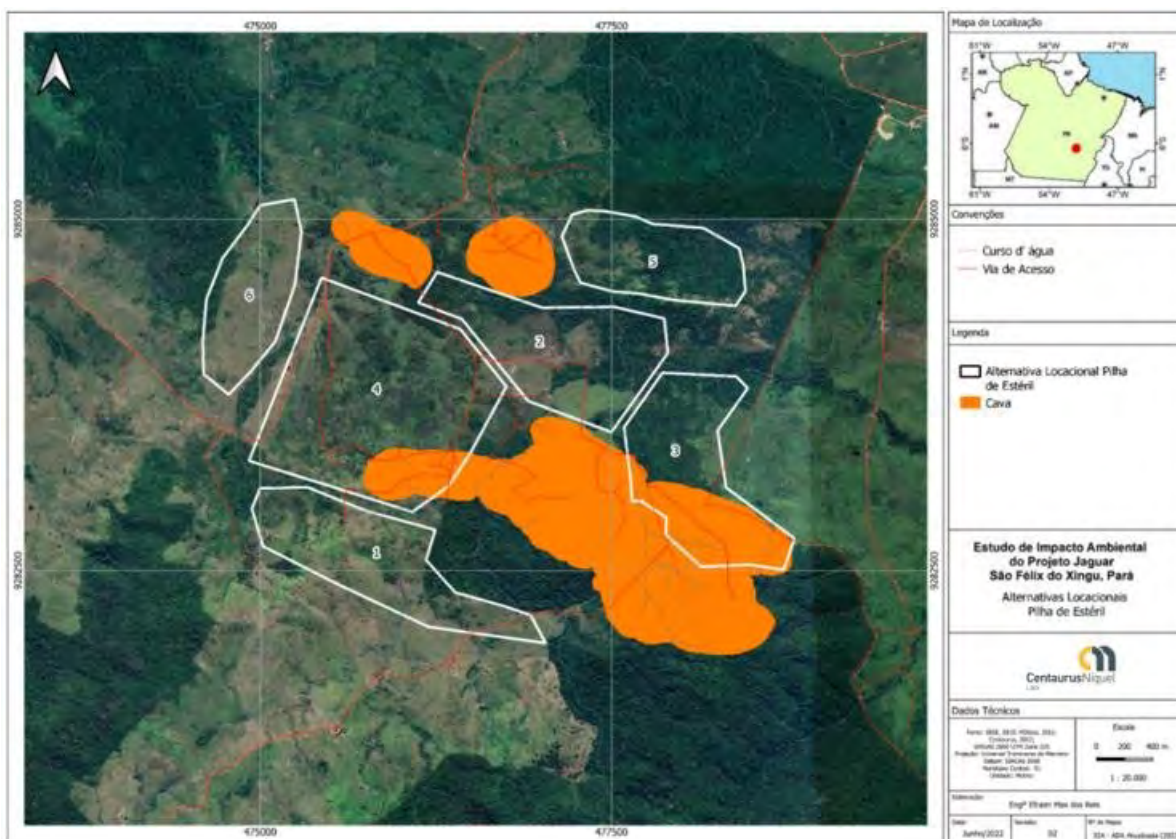
Na avaliação dos possíveis locais para a pilha de estéril avaliou-se a vegetação, topografia, presença de corpos d'água e distância da cava. A estratégia utilizada pela Centaurus para definir as alternativas para as pilhas de estéril foi baseada na minimização das distâncias de transporte, reduzindo assim emissões e riscos de acidentes com o transporte do estéril.

A localização da pilha de estéril pode levar a novas intervenções em áreas vegetadas dentro do estabelecimento, para evitar a aumento de áreas descobertas, buscou-se reduzir a quantidade de vegetação suprimida para redução de impactos do empreendimento.

A topográfica também influencia na determinação do local que a pilha de estéril será instalada, pois uma topografia favorável, como um talvegue natural, pode reduzir o volume de água pluvial, que se infiltra na pilha, exigindo um sistema de drenagem interno menos robusto. Além disso, com um posicionamento estratégico das pilhas, em uma cabeceira de um talvegue, pode permitir a manutenção da estabilidade da estrutura e um maior armazenamento de volume. Alinhado a isso, buscou-se locais onde não há cursos d'água para se evitar interferências na drenagem natural.

A proximidade da pilha para o centro de massa das cavas influencia na definição do local, como o aumento da distância percorrida, para o transporte do estéril, tem como consequência a elevação do consumo de combustível, gastos com manutenção de veículos, aumento de emissões de poluentes atmosféricos e maior risco de acidentes.

Considerando os critérios descritos no item anterior, a **Figura 5.3.1** apresenta as alternativas locais consideradas próximas a cava onde o estéril será gerado.



**Figura 5.3.1: Alternativas locais das pilhas de estéril**

Fonte: Centaurus (2022)

### 5.3.4 Alternativa locacional escolhida e avaliação ambiental

A Tabela 5.3.2 a seguir mostra o resultado da comparação entre as alternativas existentes, com base nos critérios definidos acima.

**Tabela 5.3.2: Critérios da avaliação locacional das pilhas de rejeito**

Alternativas	Supressão de vegetação	Topografia	Presença de corpos hídricos	Distância do centro de massa das cavas
1	Baixa	Ruim	Sim	1100 m
2	Média	Média	Sim	800 m
3	Média	Boa	Não	500 m
4	Baixa	Boa	Sim	800 m
5	Média	Ruim	Não	1400 m
6	Baixa	Média	Sim	1800 m

Fonte: Centaurus (2022)

Com base neste levantamento a Centaurus optou pela disposição do material estéril nas áreas apresentadas nas Alternativas 3 e 4, pela proximidade do centro de massa das cavas e por considerar que ambas as alternativas atendem os critérios avaliados. Além da disposição em pilhas, foi definido que a cava Jaguar (nas regiões: Oeste e Nordeste) irá ser utilizada como depósito de estéril por serem as primeiras a serem exauridas e não ter previsão de mina subterrânea, viabilizando as disposições de estéril nesses locais. Estima-se que com as duas pilhas de estéril e o preenchimento de parte da cava Jaguar atenderá todo estéril gerado pelo projeto.

## 5.4 Beneficiamento de Minério de Níquel;

### 5.4.1 Alternativas tecnológicas

O processo hidrometalúrgico de beneficiamento do minério de níquel tem como objetivo a produção de sulfato de níquel, que utiliza como insumo o produto da obtido na fase da lavra, tendo com resultado um produto final com uma concentração superior ao que é extraído inicialmente, as alternativas consideradas são apresentadas a seguir:

#### Lixiviação em pilhas e recuperação;

Este processo tem como base a aspersão de uma solução diluída de ácido sulfúrico sobre o minério empilhado, após os processos de britagem e aglomeração, sob um revestimento impenetrável de polipropileno. A aplicação dessa solução lixivia o minério, fazendo com que os metais sejam recuperados e passem a constituir uma nova solução rica, chamada de “*pregnant solution*”. Esta solução é coletada por um sistema de drenagem, que deve ser projetado de forma adequada para conduzido para um tanque de armazenamento. Os componentes de interesse são recuperados por meio de técnicas de extração, eletrodeposição ou precipitação. O restante desse processo, a solução pobre, passa por outro tratamento com a adição de alguns reagentes e então é retornado a pilha de minério. A avaliação desse método é descrita na Tabela 5.4.1.

**Tabela 5.4.1: Vantagens e desvantagens do método de lixiviação em pilhas e recuperação**

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ O custo operacional é potencialmente menor;</li> <li>■ A produção do metal reduz ou descarta exigências de fundição, incrementando valor e receita.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Grandes áreas são necessárias para acomodar o minério empilhado, porém as recuperações são tipicamente menores e assim, as receitas serão reduzidas;</li> <li>■ A adição crescente de ácido sulfúrico aumenta o risco de derramamentos e dano ambiental;</li> <li>■ A utilização de outros reagentes aumenta o risco de derramamentos adicionais e/ou emissões;</li> <li>■ O dano potencial do revestimento plástico aumenta os riscos de derramamento e/ou emissões;</li> <li>■ Arranjos especiais e seleção de material são requeridos para atingir o menor nível operacional de pH; e</li> <li>■ A área das pilhas de lixiviação e tanques de captação necessita de configuração adequada e capacidade para fazer frente à eventualidade de chuvas intensas.</li> </ul>

Fonte: Centaurus (2022).

### Lixiviação por agitação da totalidade do minério;

Neste método o minério passa por britagem convencional, circuito de moagem e lixiviação com ácido sulfúrico. A solução rica, resultante desse processo, é recuperado por um circuito de espessamento lavagem em contracorrente multiestágio (CCD). A solução rica do “overflow” do circuito CCD é tratada, neste caso, por precipitação em etapas ou por extração por solvente, seguida de eletrodeposição, enquanto a solução pobre é retornada ao circuito de lixiviação e as polpas de rejeito final são bombeadas à bacia de rejeitos. A avaliação desse método é descrita na

Tabela 5.4.2.

**Tabela 5.4.2: Vantagens e desvantagens da lixiviação por agitação da totalidade do minério**

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Potencial de melhores recuperações em comparação com a lixiviação em pilhas e recuperação;</li> <li>■ A produção de metal reduz ou descarta exigências de fundição, aumentando o valor da receita</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Alto custo de capital e alto custo operacional;</li> <li>■ Um arranjo especial e seleção de material são necessários para atingir o menor nível operacional de pH;</li> <li>■ A utilização de reagentes aumenta o risco de derramamentos e/ou emissões; e</li> <li>■ A adição crescente de ácido sulfúrico aumenta o risco de derramamentos e dano ambiental;</li> </ul>

Fonte: Centaurus (2022).

## Concentração por flotação e processamento

A flotação de minério, tem como princípio um processo físico-químico de separação de partículas devido a características hidrofóbicas. Durante o processo as partículas coloidais, em suspensão, se aderem a bolhas, formadas pela injeção de ar no meio, e são direcionadas a superfície, enquanto as demais partículas são depositadas no fundo das células de flotação

Para esse processo o minério é misturado, de forma pulverizada, com óleo, água e detergente desta mistura, o material de interesse se aglutina em bolhas de ar que os leva para a superfície do meio. Enquanto o resíduo do processo fica no fundo do recipiente. O sobrenadante, meio em que os metais estão presentes, e o rejeito sedimentado são espessados, em processos separados, para retirar a água em excesso que é reciclada dentro do processo.

O concentrado de níquel, produto intermediário com 16% de concentração, é submetido em seguida para um tratamento hidrometalúrgico que consiste na oxidação sob pressão em autoclaves e a extração de níquel por solventes. Enquanto o rejeito, após o espessamento, pode ser direcionado para barragens de rejeito.

Dentro dos métodos existentes para tratamento dos produtos da concentração por flotação, foram consideradas as alternativas apresentadas no **Tabela 5.4.3**.

**Tabela 5.4.3: Comparação entre as alternativas para tratamento dos produtos da concentração por flotação**

ALTERNATIVA	CONCEITO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Lixiviação do Concentrado da Flotação	O concentrado da flotação é lixiviado com ácido sulfúrico e os metais valiosos são recuperados por extração por solvente, seguido por eletrodeposição.	A produção do metal reduz ou descarta as exigências de fundição, o que aumenta valor e receita.	<p>Potenciais perdas de recuperação, devido a ineficiências no circuito de extração por solvente e eletrodeposição;</p> <p>A adição crescente de ácido sulfúrico aumenta o risco de derramamentos e dano ambiental;</p> <p>A utilização de outros reagentes aumenta o risco de derramamentos adicionais e/ou emissões;</p> <p>Arranjo especial e seleção de material são necessários para atingir o menor nível operacional de pH.</p>
Lixiviação dos Rejeitos da Flotação	Os rejeitos da concentração por flotação podem ser potencialmente lixiviados com ácido sulfúrico, de forma a recuperar qualquer componente valioso que iria normalmente para a bacia de rejeitos. Os metais valiosos podem ser lixiviados em solução e a solução rica pode ser recuperada por um circuito de espessamento CCD multiestágio. A solução rica do "overflow" do circuito CCD pode então ser tratada por precipitação em etapas. A polpa do rejeito final é bombeada para a bacia de rejeitos (TSF).	Potencial para aumento de recuperação.	<p>A adição crescente de ácido sulfúrico aumenta o risco de derramamentos e dano ambiental;</p> <p>Arranjo especial e seleção de material são necessários para atingir o menor nível operacional de pH;</p> <p>O concentrado de baixo teor do circuito de precipitação em etapas poderá diluir o teor do concentrado de flotação.</p>
Lixiviação Bacteriana	Na lixiviação bacteriana, o concentrado é exposto ao ataque de bactérias dentro de um tanque fechado. Reagentes são acrescentados ao tanque, de forma a prover alimento para as bactérias. Os metais valiosos são carreados a uma solução rica e recuperados por extração por solvente e eletrodeposição.	A produção do metal reduz ou descarta as exigências de fundição, o que aumenta valor e receita.	<p>Potenciais perdas de recuperação, devido a ineficiências no circuito de extração por solvente e eletrodeposição;</p> <p>Altos custos operacionais;</p>

ALTERNATIVA	CONCEITO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
			<p>Processo complicado, com uso de mão-de-obra intensiva, exigindo operadores especializados;</p> <p>A utilização de outros reagentes aumenta o risco de derramamentos adicionais e/ou emissões.</p>
<p>Lixiviação em Pilhas utilizando-se a Tecnologia Geobiotics</p>	<p>No processo Geobiotics, o concentrado de flotação é colocado sobre a superfície de partículas de rocha estéril e lixiviado na presença de bactérias. Os metais valiosos são recuperados da solução rica com a extração por solvente e eletrodeposição.</p>	<p>A produção do metal reduz ou descarta as exigências de fundição, o que aumenta valor e receita.</p>	<p>A adição crescente de ácido sulfúrico aumenta o risco de derramamentos e dano ambiental;</p> <p>A utilização de outros reagentes aumenta o risco de derramamentos adicionais e/ou emissões;</p> <p>As recuperações são tipicamente menores e as receitas são reduzidas;</p> <p>Dano potencial ao revestimento plástico aumenta os riscos de derramamento e/ou emissões;</p> <p>Um desenho especial e seleção de material são necessários para atingir o menor nível operacional de pH;</p> <p>A área das pilhas de lixiviação e poços de captação necessita de desenho adequado e capacidade para fazer frente à eventualidade de chuvas intensas.</p>

Fonte: Centaurus (2022).

## 5.4.2 Alternativa tecnológica escolhida e avaliação ambiental

A determinação do método de beneficiamento do minério está ligada à sua caracterização para escolha mais eficaz de liberação dos metais com otimização de custos. Foi considerado que a flotação é uma das técnicas mais utilizadas para eficiência na obtenção dos concentrados, além da sua versatilidade, por ser um processo físico-químico e não depender das propriedades físicas dos minerais ao se comparar as demais alternativas estudadas. A flotação apresenta um custo operacional inferior e não sofre de restrições relacionadas as fortes precipitações locais.

O processo de flotação permite que os minerais sejam separados mesmo que possuam densidades e granulometrias semelhantes, permitindo sua aplicabilidade para diferentes tipos de minerais, como cada possui uma característica específica. Como as partículas que são aglutinadas pelas bolhas durante o processo de flotação, precisam ser coloidais, diâmetro entre 1nm e 1000nm, o minério, previamente ao início do processo de flotação, precisar ser britado e peneirado visando que as partículas entrem no processo no diâmetro adequado.

## 5.4.3 Alternativa locacional escolhida e avaliação ambiental

Os critérios locacionais considerados para avaliação da alternativa locacional foram apresentados na **Tabela 5.4.4** e identificadas na **Figura 5.4.1**.

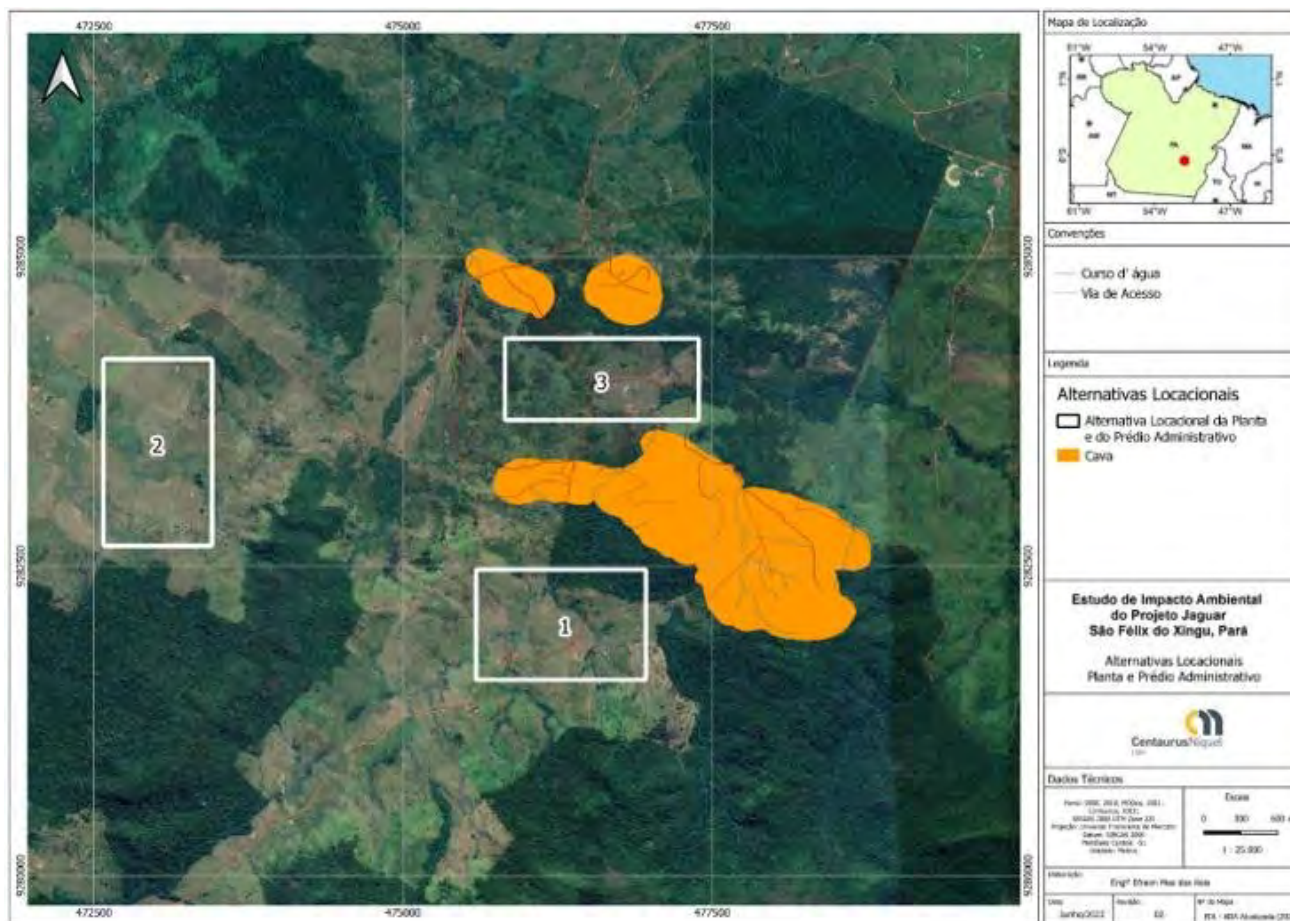
**Tabela 5.4.4: Comparação entre as alternativas locacionais da planta de beneficiamento/prédios administrativos**

CRITÉRIOS	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Topografia	Relevo razoável	Relevo razoável	Relevo razoável
Distância até o ponto de captação de água	5,5 km	2 km	4,5 km
Distância até as cavas	1,2 km	4,5 km	1,6 km
Distância até o local de disposição de rejeitos*	2 km	5 km	1,6 km
Quantidade de vegetação a ser suprimida	Mínima	Mínima	Baixa
Interferência em corpos hídricos	Córrego perene	Córrego intermitente	Não há
Diferença de nível para a barragem de rejeitos (favorável – não necessita bombear os rejeitos)	Favorável	Muito desfavorável	Desfavorável
Posição em relação à barragem de rejeitos	Outra microbacia	Outra microbacia	A jusante

**Legenda: \* A distância é aquela até o local de disposição dos rejeitos da flotação, pois estes representam cerca de 90% do volume total de rejeitos.**

Fonte: Centaurus (2022).





**Figura 5.4.1: Alternativas locais para planta de beneficiamento e áreas administrativas.**

Fonte: Centaurus (2022).

Com base nesse levantamento optou-se pela determinação dos prédios administrativos em conjunto a planta de beneficiamento. Dentro as alternativas listadas, a Alternativa 3 foi descartada por estar a jusante da barragem de rejeitos. A Alternativa 2 está mais distante do centro de massa das cavas, da barragem e tem uma cota desfavorável para transporte do rejeito. Portanto, a Alternativa 1 foi escolhida, em virtude do resultado da comparação entre as demais alternativas.

## 5.5 Disposição de Rejeitos

### 5.5.1 Alternativas tecnológicas

Para avaliação das alternativas de possíveis formas de disposição de rejeitos, materiais sem valor econômico resultantes do processo operação da mineração, considerou-se: características físicas e químicas do rejeito e disponibilidade do local adequado para disposição.

Os principais rejeitos gerados no Projeto Jaguar são formados por:

- material sedimentado do fundo da célula de flotação, que é classificado como resíduo Classe II B (não perigoso e inerte) pela ABNT 10.004/2004;
- resíduo do processo hidrometaúrgico (oxidação, lixiviação e neutralização), que é classificado como resíduo Classe II A (não perigoso e não inerte) pela ABNT 10.004/2004;

A presença de água no rejeito é um fator importante para definição da sua forma de disposição, como o volume de água está diretamente associado com a área necessária para disposição, quanto menor o volume de água no rejeito menor será o volume e área necessários para sua disposição final. Uma otimização do processo que pode ser aplicada é o aproveitamento da água presente no rejeito para a planta de beneficiamento, reduzindo assim o volume total transportado até a estrutura de disposição dos rejeitos. Para tanto, deve-se considerar o nível de desaguamento ou espessamento dos rejeitos, por ser uma característica que varia em função do teor de sólidos dos rejeitos pode ser classificado em polpa, rejeito adensado e pasta sendo que quando maior este teor menos água estará presente.

A caracterização física do rejeito indica frações granulométricas compostas de 86% de silte e argilas, baixa plasticidade, compressibilidade e condutividade hidráulica ( $10^{-8}$  a  $10^{-9}$  m/s). Considerando estas características e demais previstas no projeto para o rejeito, avaliou-se as seguintes formas de disposição: disposição em minas subterrâneas, cavas a céu aberto, pilhas a seco e disposição em barragens (**Tabela 5.5.1**).

**Tabela 5.5.1: Alternativas para disposição de rejeito de mineração**

Método	Descrição
Minas subterrâneas ou cavas	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Método para reduzir o volume de rejeito disposto em barragens, em que o material é disposto o subsolo, para preenchimento de cavidades já lavradas, sendo está técnica conhecida por: <i>backfilling</i>;</li> <li>■ A existência de cavas exauridas disponíveis na área do projeto é condição necessária para a adoção dessa alternativa de disposição, ou mesmo um planejamento de lavra que viabilize essa opção ao longo da operação das cavas.</li> </ul>
Disposição em pilhas	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Os rejeitos passam por um processo de espessamento, para remoção da água no meio, e a pasta resultantes é disposta em área que pode ser protegida por dique, que após o secamento pode receber uma nova camada de rejeitos.</li> </ul>
Barragem	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Método mais utilizado para disposição de rejeitos de mineração, consiste na construção de barragens de contenção construídas com solo natural ou do próprio rejeito, são implementadas por meio de alteamentos sucessivos.</li> <li>■ Pode ser compartilhada com a disposição de estéril, tem como principais características:             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Possibilidade de reduzir o acúmulo de água na estrutura por meio do desvio da água superficial proveniente da bacia hidrográfica</li> </ul> </li> </ul>

Método	Descrição
	<p>(formação de uma estrutura “cinturão” ao invés do fechamento do talvegue);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Uso compartilhado permitirá aproveitar o material estéril (predominância rochosa) em favor da segurança da estrutura (mecanismo de falha por instabilidade nessa condição muito pouco provável);</li> <li>▪ Maior concentração das atividades de disposição de rejeito/estéril, o que concentra as áreas a serem impactadas.</li> </ul>

Fonte: Centaurus (2022).

### 5.5.2 Alternativa tecnológica escolhida e avaliação ambiental

Considerando as características previstas e obtidas do rejeito e as características da região, observou-se fatores que inviabilizam a disposição em pilhas:

- Características físicas do rejeito dificultam a implantação de pilhas de rejeito filtrado;
- Regime pluviométrico (~ 2000 mm/ano), desfavorável para empilhamento de rejeitos;
- Variações sazonais do clima, que podem trazer problemas na operação de lançamento e compactação dos rejeitos filtrados;
- Problemas de trafegabilidade dos equipamentos durante o transporte, espalhamento e compactação;
- Desvios de umidade gerados pela precipitação intensa no local (requer local de backup para estocar o rejeito temporariamente. Caso contrário, a usina de beneficiamento de minério deverá ser paralisada);
- Possibilidade de formação de erosões superficiais na face das pilhas;
- Ausência de normatização (por exemplo, similar à NBR 13.029 para pilhas de estéril) bem como a construção de projetos de referência no Brasil que possam fornecer diretrizes e/ou trazer as melhores práticas a serem adotadas.

A alternativa de disposição em minas subterrâneas ou cavas foi descartada por se tratar de um projeto incipiente sem nenhuma cava exaurida disponível.

Portanto, para o rejeito da flotação em polpa, definiu-se sua disposição em barragens de co-disposição, que combina a disposição de rejeitos com a disposição de estéril, essa alternativa pode ser considerada uma das mais seguras do mundo, pois não há curso de água afluente ao reservatório da barragem e a segurança estrutural geotécnica é maximizada. O projeto prevê que a estrutura será cercada por barramento por todos os lados visando evitar a infiltração de água pluvial e a geração de efluente líquido da barragem como ainda está previsto a reutilizada da água acumulada, da precipitação direta, no reservatório.

Enquanto para os rejeitos da hidrometalurgia serão construídas barragens, constituídas de células que serão totalmente impermeabilizadas com material geotêxtil de modo a impedir a infiltração do rejeito no maciço do barramento e no solo.

### 5.5.3 Alternativas locais

Na avaliação das alternativas locais das barragens de rejeito, considerou-se os seguintes aspectos:

- Priorizar locais com ausência de drenagem natural, para reduzir as chances de contato do rejeito com água, de forma a reduzir o volume afluente de água na barragem e minimizar ao máximo a possibilidade de geração de drenagem ácida, mesmo que o rejeito não apresente potencial para tal;
- Deve estar preferencialmente a jusante de áreas com concentração de populações, para evitar risco às pessoas em caso de acidente com a barragem;
- Deve estar o mais próximo possível da planta, para minimizar a distância de bombeamento de água e polpa de rejeito;
- Deve estar em local que permita que o rejeito seja disposto por gravidade (sem necessidade de bombeamento); e
- Deve estar em área com o mínimo de vegetação, para reduzir a supressão

Foram consideradas três alternativas locais para a barragem de co-disposição de flotação e estéril e duas alternativas para a barragem de rejeitos da hidrometalurgia (**Figura 5.5.1**).

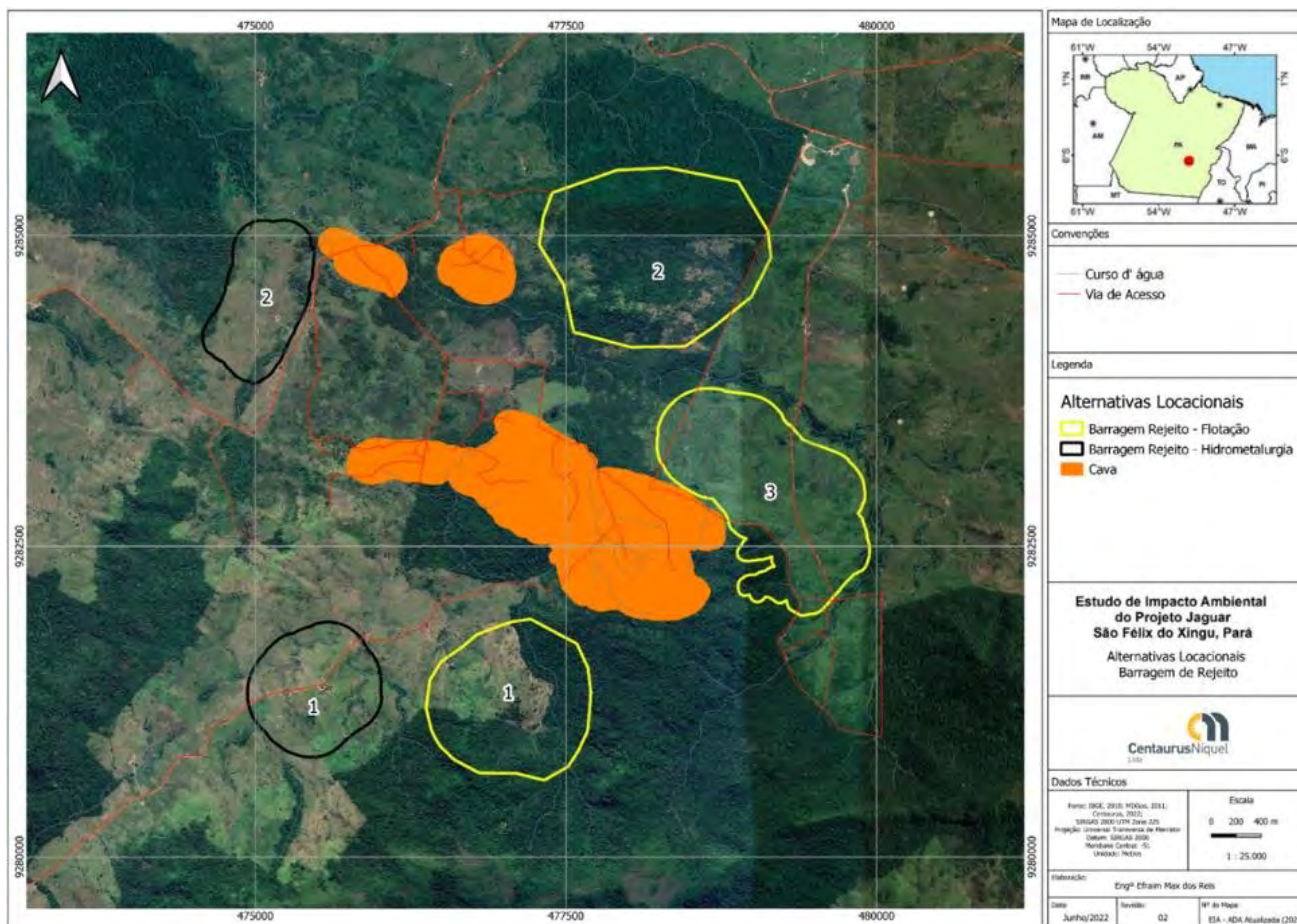


Figura 5.5.1: Alternativas locacionais para Barragens de rejeitos.

Fonte: Centaurus (2022).

### 5.5.4 Alternativa locacional escolhida e avaliação ambiental

O levantamento dos critérios de avaliação em relação as alternativas consideradas são apresentadas na Tabela 5.5.2, dentre as alternativas locacionais consideradas, para os rejeitos da flotação, foi escolhida a Alternativa 3 por, principalmente, exigir pequena área de supressão e apresentar uma menor distância e desnível topográfico reduzido para o transporte do rejeito da planta até a barragem.

Tabela 5.5.2: Comparação entre as alternativas locacionais das barragens de rejeitos.

Tipo de barragem	Barragem de rejeitos da flotação			Barragem de rejeitos da hidrometalurgia	
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3*	Alternativa 1	Alternativa 2*
Curso de água	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Posição em relação à planta/ administração	Montante	Outra microbacia	Outra microbacia	Montante	Jusante
Proximidade da planta	60 m	3000 m	2200 m	900 m	2700 m

Tipo de barragem	Barragem de rejeitos da flotação			Barragem de rejeitos da hidrometalurgia	
	Bombeamento (20 m de desnível desfavorável)	Bombeamento (20 m de desnível favorável)	Bombeamento (40 m de desnível favorável)	Caminhões	Caminhões
Disposição do rejeito					
Supressão de vegetação	Média	Grande	Baixa	Baixa	Baixa

**Legenda: \* alternativa selecionada para o Projeto Jaguar.**

Fonte: Centaurus (2022).

Com relação ao rejeito de hidrometalurgia optou-se pela Alternativa 2, uma vez que, não há estruturas fixas e instalações que demandam a presença constante de pessoas a jusante.

Descarta-se que devido ao regime pluviométrico da região, com uma alta precipitação anual, não é recomendada a implantação de barramentos em talvegues que concentram grandes áreas de contribuição a montante da seção, pois o volume de água pluvial afluente ao reservatório pode ser considerável o que geraria necessidade de uma operação mais complexa da estrutura, além de dificultar a redução do aporte de escoamento superficial para dentro do reservatório.

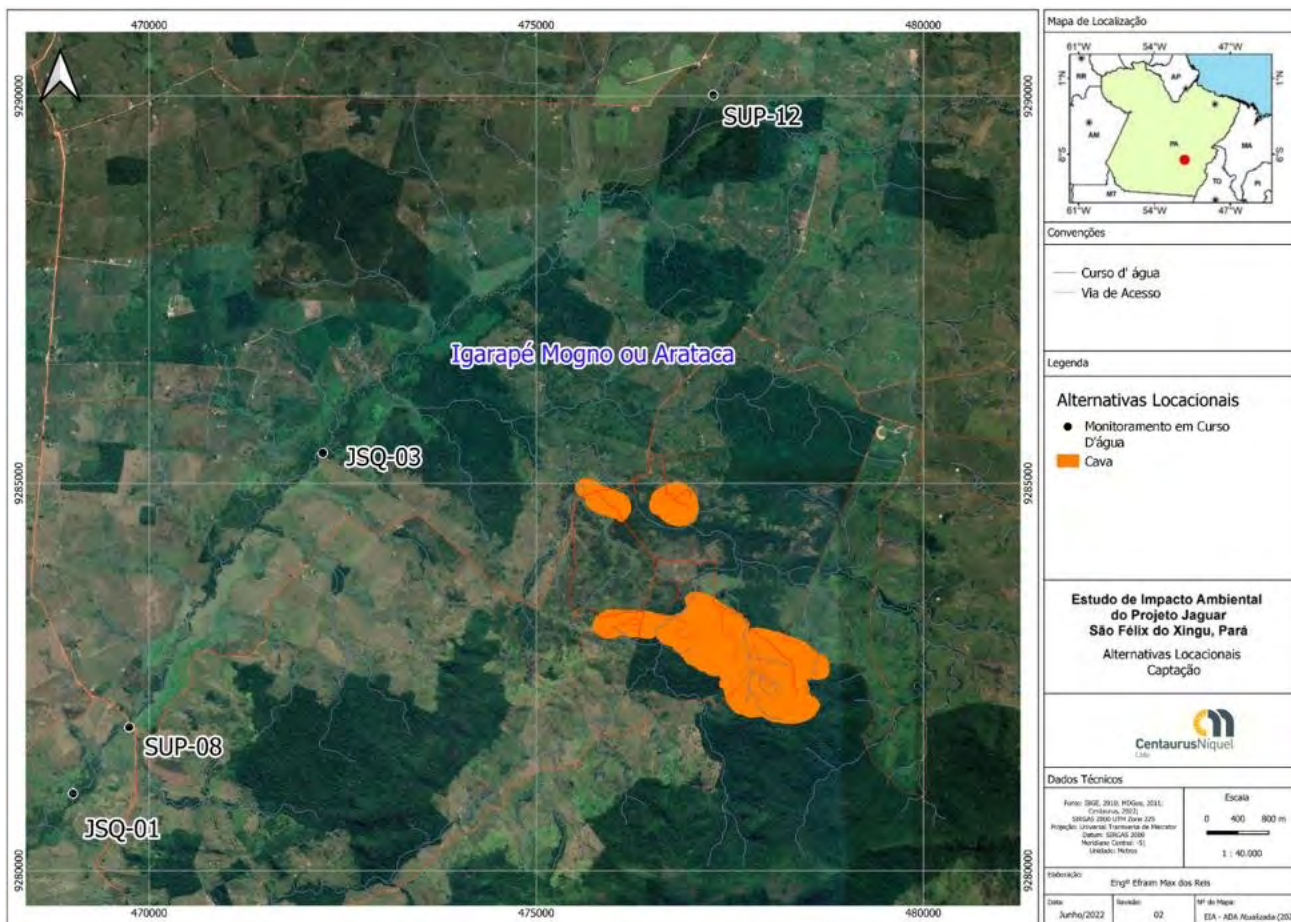
## 5.6 Abastecimento de Água

### 5.6.1 Alternativas tecnológicas e locais

O abastecimento de água é um aspecto essencial para operação do empreendimento, desse modo buscou-se, primeiramente, estimar a demanda projetada para as fases de implantação e operação do empreendimento. Neste levantamento obteve-se que a vazão necessária de 38m<sup>3</sup>/h e 68m<sup>3</sup>/h para as fases de Implantação e Operação, respectivamente. Com base nesses valores pode-se avaliar alternativas de abastecimento de água para atender a demanda projetada.

#### Captação superficial

A avaliação da captação de água superficial teve como base um estudo hidrológico que determinou possíveis pontos de captação em corpos d'água próximos, em que a vazão outorgável atenda a demanda de projeto. A captação a partir de um determinado ponto em uma bacia hidrográfica, a vazão do curso d'água torna-se grande suficiente para atender a demanda do Projeto. Dentre os cursos de água avaliados, a vazão do Igarapé Mogno vem sendo monitorada desde 2010, possibilitando obter um histórico de valores mínimos e máximos medidos/estimados, com base na curva chave demonstrada no Capítulo de Meio Físico, os pontos de monitoramento são demonstrados na **Figura 5.6.1**.



**Figura 5.6.1: Pontos de monitoramento da vazão do Igarapé Mogno.**  
 Fonte: Centaurus (2022).

Para os pontos de monitoramento foram encontradas as vazões abaixo:

- SUP08: 2.463 m³/h (Nov/19) a 71.273 m³/h (Mar/20);
- JSQ-01: 335 m³/h (Jul/10);
- JSQ-03: 360 m³/h (Jul/10) a 8.175 m³/h (Fev/11); e
- SUP12: 344 m³/h (Nov/19) a 30.240 m³/h (Jan/20).

Além da vazão observada do monitoramento, deve-se considerar a vazão de referência de disponibilidade hídrica em pedidos de outorga, direito de uso de recursos hídricos, no Estado do Pará que é estabelecida pela Resolução CERH nº 10, de 03 de setembro de 2010, em que o volume máximo outorgável por usuário é de 20% da vazão de referência Q95 (vazão com 95% de permanência) (PARÁ, 2022).

O Igarapé Mogno, considerando o ponto JSQ-03, possui uma vazão de referência Q95 de aproximadamente 0,55m³/s, ou 550L/s, conforme descrito no Capítulo 10, no item 10.1.7.2.4.4 – Análise de disponibilidade hídrica. Assim, a bacia onde se deseja fazer a captação de água para o Projeto Jaguar possui uma disponibilidade

hídrica de 0,11m<sup>3</sup>/s (cerca de 396m<sup>3</sup>/h) para a captação superficial, que atenderia a demanda do projeto em sua fase de operação, período de maior demanda prevista.

### **Captação superficial em barramento de acumulação de água**

Captar água superficial em barramento, tem a vantagem de garantir o abastecimento de água mesmo nos meses e anos em que a vazão disponível for menor do que a demanda. Contudo, as desvantagens dessa alternativa são o custo de construção do barramento e os impactos ambientais causados pela formação do reservatório, apesar do volume a ser acumulado não ser tão grande.

### **Captação em poços subterrâneos**

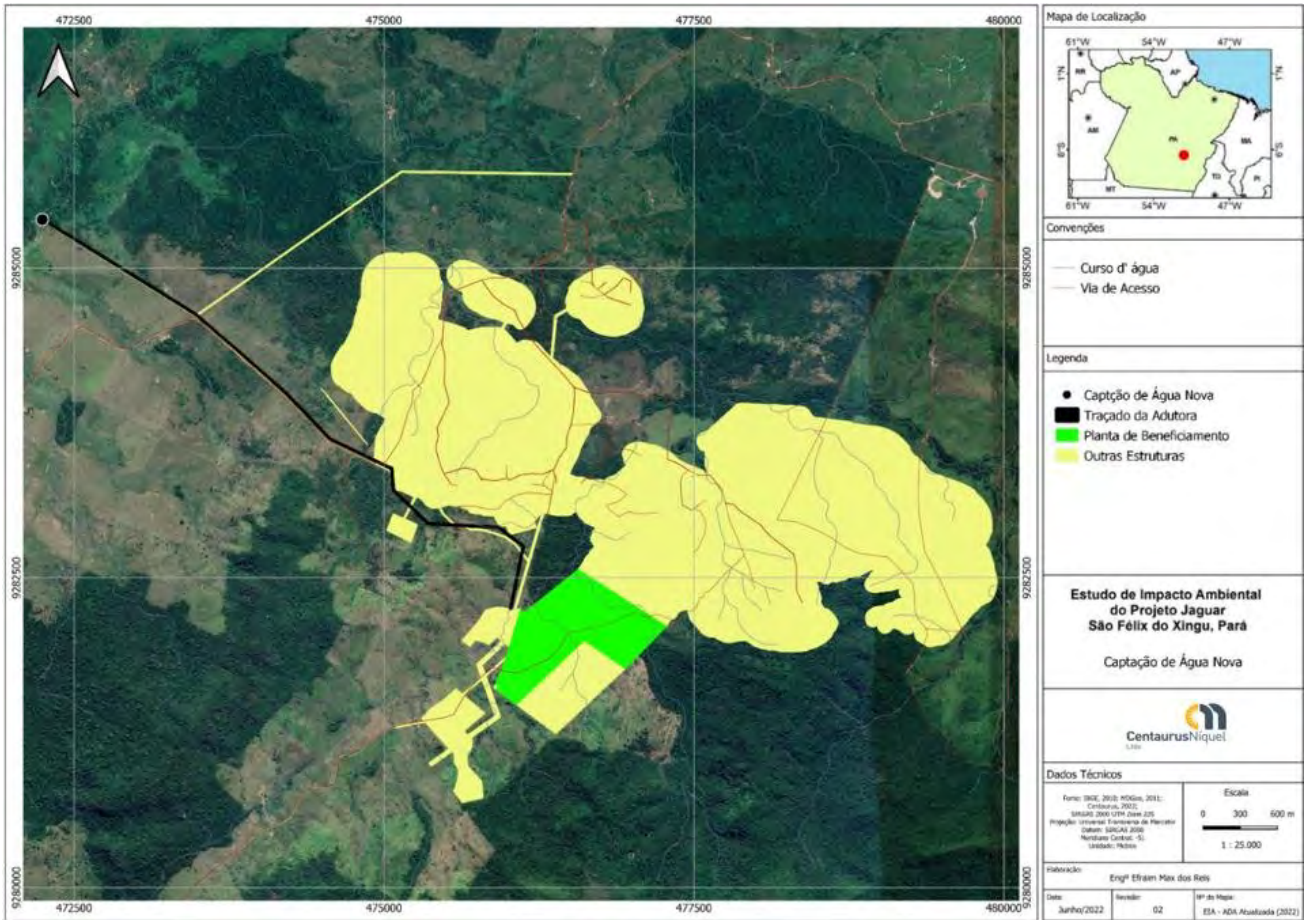
Após a realização de estudos hidrogeológicos na região, apresentados no capítulo do Diagnóstico do Meio Físico, observou-se que a disponibilidade hídrica de água subterrânea não é significativa. Inviabilizando, desse modo, esse meio de captação.

## **5.6.2 Alternativa tecnológica e locacional escolhida e avaliação ambiental**

Dessa maneira, a maior vazão prevista para o projeto, que seria da fase de Operação com 68m<sup>3</sup>/h, seria atendida pela captação no ponto JSQ-03 (Coordenadas UTM: 472.244 E / 9.285.392 S; ou Latitude 6°27'53.81"S / Longitude 51°15'3.68"O; Datum: SIRGAS 2000; Fuso 22M). Considera-se que mesmo que não foram realizados monitoramento no local previsto para captação, a vazão neste ponto será no mínimo, a mesma quantidade de água do ponto SUP12, que está a montante de JSQ-03.

Portanto, diante de realidade hídrica local, a captação de água superficial se demonstra a alternativa mais viável e segura para abastecer o projeto, onde o ponto JSQ-03 torna-se o local escolhido para suprimento de água em todas as fases do Projeto Jaguar (**Figura 5.6.2**).

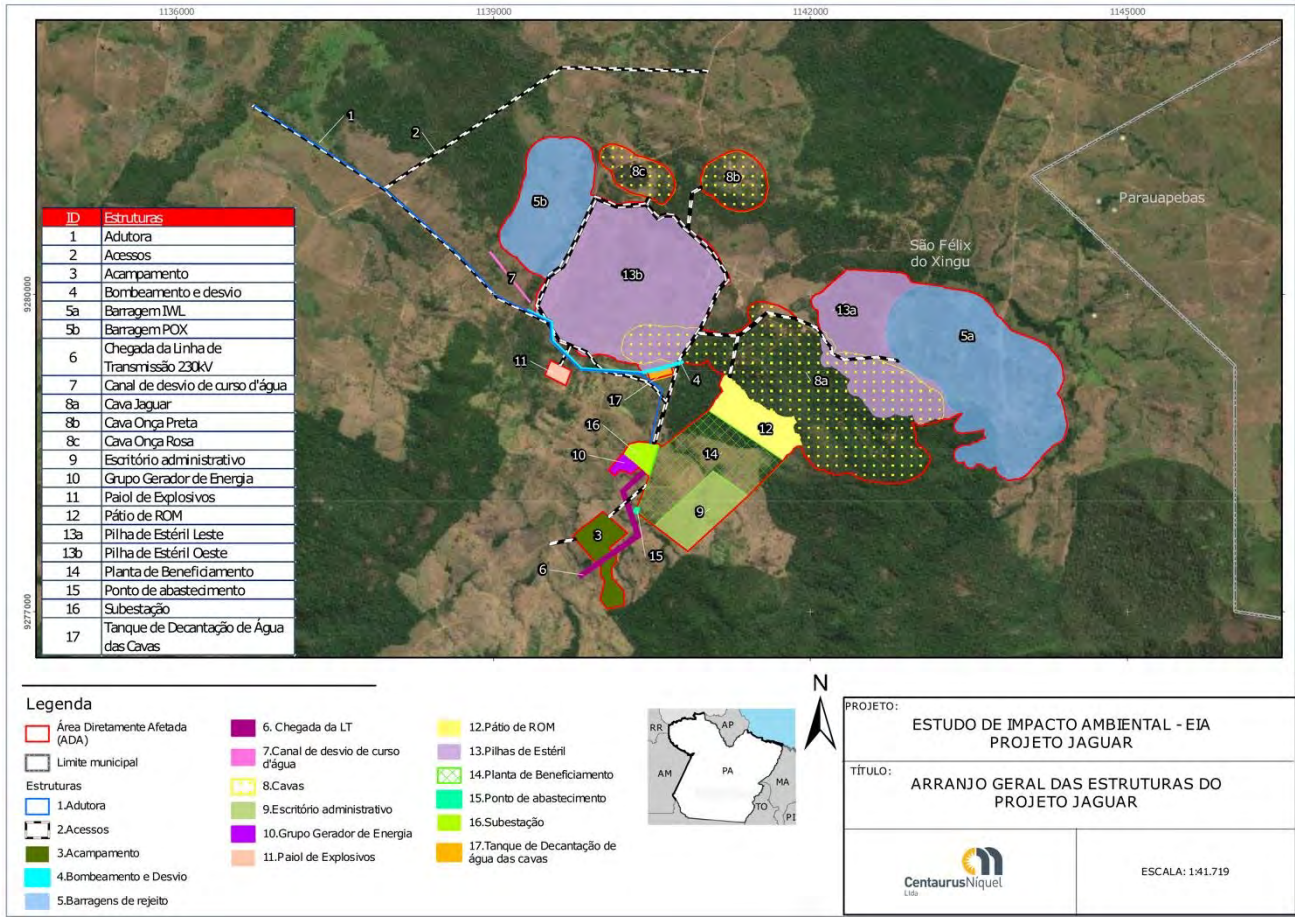




**Figura 5.6.2: Localização do ponto de captação no igarapé Mogno ou Arataca.**  
Fonte: Centaurus (2022).

## 5.7 Apresentação do Plano Diretor

A partir das definições adotadas para seleção das alternativas tecnológicas e locacionais, conforme descrito nos itens anteriores, obteve-se uma proposta para o plano diretor do empreendimento, em nível conceitual, conforme ilustrado na **Figura 5.7.1**.



**Figura 5.7.1: Arranjo geral do empreendimento.**  
 Fonte: Centaurus (2022).

## 6.0 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Este item visa descrever o empreendimento Projeto Jaguar de Níquel Sulfetado, doravante denominado Projeto Jaguar, de forma a garantir o entendimento de suas atividades, processos e tarefas durante as Fases de Planejamento, Implantação, Operação e Fechamento, bem como a caracterização de suas estruturas.

### 6.1 Histórico do Empreendimento

O primeiro depósito de níquel na área do Projeto Jaguar foi originalmente descoberto pela Vale Metais Básicos S.A., que realizou estudos no local entre os anos de 2010 e 2011, para mapeamento do corpo mineral ali encontrado.

Durante esse período, também foi feita avaliação de diversos aspectos ambientais do projeto, os quais foram utilizados na elaboração deste estudo e serão detalhadamente apresentados nos respectivos capítulos ao longo deste documento, a saber:

- Inventário completo de fauna, com campanhas no período seco e chuvoso;
- Prospecção arqueológica, que resultou com a autorização pelo IPHAN/PA para emissão da Licença Prévia (LP) para o Projeto Jaguar. Essa autorização foi confirmada recentemente (**ANEXO E**), considerando o layout atualizado que é aquele constante deste EIA/RIMA;
- Diagnóstico hidrogeológico, que teve como resultado o Modelo Hidrogeológico Conceitual da área;
- Diagnóstico espeleológico e mapeamento de cavidades, que, conforme será mostrado no respectivo capítulo deste documento, não encontrou cavidade na área diretamente afetada e seu entorno de 250 metros do Projeto Jaguar;
- Inventário florestal abrangente, dentro da área de estudo, com densidade suficientemente alta para garantir uma margem de erro baixa;
- Coleta e análise de qualidade de água superficial e subterrânea a partir de amostragem em pontos ao longo da área de estudo do empreendimento, nos períodos chuvoso e seco;
- Avaliação geomorfológica e pedológica de toda a área de estudo local do empreendimento;
- Avaliação da qualidade do ar em toda a área de estudo do empreendimento com medições sazonais.

Com base em parte desses dados, a Vale Metais Básicos S.A. protocolou junto ao então Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, hoje Agência Nacional de Mineração, ANM) o Plano de Aproveitamento Econômico (PAE) do Projeto Jaguar em 2012.

Desde o final de 2011 até setembro 2019 não houve atividade alguma na área do Projeto Jaguar.

Em meados de 2019, a Vale Metais Básicos S.A. e a Centaurus Metals Ltd., fecharam um contrato de compra e venda de ativos minerários em que o Projeto Jaguar passou ao controle desta última. Foi estabelecido que a Centaurus Níquel Ltda. (doravante denominada Centaurus), subsidiária da Centaurus Metals Ltd. no Brasil, ficaria responsável pelas atividades do Projeto Jaguar.

Para que a pesquisa mineral pudesse ser retomada, a Centaurus obteve licença para pesquisa mineral junto ao município de São Félix do Xingu/PA, onde o direito minerário está localizado. Uma das atividades que foi necessária para obter esta licença foi o inventário florestal da área de sondagem proposta, também incluído na respectiva seção deste estudo.

Assim, desde outubro de 2019, a Centaurus vem fazendo furos adicionais de sondagem para definir melhor a jazida do Projeto Jaguar e desenvolver o método de beneficiamento do minério. Ressalta-se que o PAE, originalmente elaborado pela Vale, foi atualizado pela Centaurus em 2022, e está atualmente em análise pela ANM.

Além da pesquisa mineral, a Centaurus, então, apresentou à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará (SEMAS/PA) as informações básicas sobre o empreendimento, de modo a receber o Termo de Referência (TR), emitido em novembro de 2019, para elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

Com base no TR recebido, a Centaurus, enfim, começou um novo levantamento de dados ambientais para elaborar o EIA/RIMA. Esses dados são apresentados ao longo deste documento.

## 6.2 Objetivos e Justificativas

Duro, maleável e com boas propriedades magnéticas, o níquel é, ainda, um metal muito resistente à corrosão que pode ser utilizado na forma pura, mas que encontra como principal utilização a sua aplicação para obtenção de ligas metálicas. Talvez a mais interessante delas seja o aço inoxidável que é uma liga constituída principalmente por ferro, cromo e níquel. Esse aço é empregado na indústria para fabricação dos mais diversos materiais, desde utensílios domésticos, passando pela construção civil, indústria automotiva e encontrando aplicações inclusive na construção de grande porte.

Farias (2009) indicava que as reservas totais de minério de níquel do Brasil estariam estimadas em 10,5 milhões de toneladas e já apontava um quadro promissor de protagonismo do Pará, em especial a Província Mineral de Carajás, e seu entorno, para as próximas décadas.

Segundo USGS 2020, a produção mundial de níquel em 2019 era estimada em cerca de 2,7 milhões de toneladas de níquel, sendo que o Brasil responsável por 67 mil toneladas. O Projeto Jaguar (produção projetada de 20 mil toneladas anuais de níquel contido) representaria 0,9% da produção mundial e mais de 35% da produção nacional.

Mais recentemente, o Anuário Mineral Brasileiro – Principais Substâncias Metálicas, publicado em 2020 pela Agência Nacional de Mineração (ANM) a partir das informações do ano-base 2019, confirmou o níquel como sendo uma das onze substâncias que correspondem a 99,7% da produção mineral de metálicos no Brasil. Esta classe, por sua vez, responde por cerca de 80% da produção mineral total no país. O referente relatório destaca, ainda que o valor total da produção destas onze substâncias atingiu 129 bilhões de reais, sendo o níquel responsável por quase 3 bilhões de reais, atrás apenas das produções de ferro, ouro, cobre e alumínio. A publicação da ANM aponta ainda que as principais jazidas de níquel sendo exploradas no Brasil, atualmente, estão localizadas nos estados de Goiás, Pará e Bahia, cuja produção destina-se, além do consumo interno e exportação, principalmente para a China, Estados Unidos, Canadá e Países Baixos.

A importância política do empreendimento advém do fato da mineração representar 4% do PIB nacional e 25% do saldo comercial brasileiro, com o minério de ferro sendo o principal produto exportado. Essa dependência de um só mineral é ruim e fragiliza a economia e política do país em momentos em que o preço deste mineral estiver baixo. Daí a importância de diversificar a matriz mineral de uma nação.

A geração de receita por meio de impostos a serem recolhidos ao longo da vida útil do empreendimento irá transformar a realidade financeira dos municípios envolvidos, como pode ser observado pelas estimativas a seguir:

- Recolhimento de imposto sobre serviços e Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais - CFEM para o município de São Felix do Xingu: R\$430 milhões
- Recolhimento de CFEM para os outros municípios envolvidos: R\$90 milhões
- Recolhimento de CFEM para o estado do Pará: R\$90 milhões
- Recolhimento de impostos (imposto de renda, contribuição social sobre o lucro líquido e CFEM) para a União: R\$4,7 bilhões

A receita tributária (própria) do município de São Felix do Xingu em 2019 foi de cerca de R\$15 milhões. Assim, somente com a CFEM, o empreendimento mais do que duplicará a arrecadação de impostos, saindo de R\$15 milhões para R\$31 milhões anuais.

Ressalta-se que os valores acima são estimativas e estão sujeitos a alterações em virtude da variação do preço da commodity no mercado internacional e da variação no custo efetivo de implantação, operação e fechamento do empreendimento. As estimativas acima são baseadas na exportação do produto, uma vez que não há no Brasil indústria de refino de níquel.

Contudo a presença da Centaurus na região, mesmo antes da entrada em operação do empreendimento, já vem representando melhorias significativas para os municípios. Em 2020 a Centaurus doou centenas Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) para os departamentos de saúde da região, incluindo aventais, máscaras e luvas cirúrgicas, com o objetivo de contribuir no combate contra o Covid-19. Ademais, a empresa também doou mais de 500 testes rápidos para Covid-19 para os municípios da região.

Em relação à geração de empregos, na fase de planejamento foram e estão sendo criados na região do projeto cerca de 350 postos de trabalho diretos, que incluem trabalhadores da Centaurus e das empresas de pesquisa mineral, terraplenagem, de consultoria ambiental e engenharia. Mais de 90% destes postos de trabalho estão ocupados por pessoas da região.

Durante a fase de implantação do empreendimento, estima-se que serão gerados em média cerca de 2.100 empregos diretos. Na fase de operação do projeto, a média de empregos prevista é de 1.200. A proporção de trabalhadores da região nessa fase do empreendimento deve ser superior a 70%. Durante a fase de fechamento haverá em média 25 pessoas trabalhando no projeto. Em todas as fases do empreendimento, espera-se que a grande maioria dos postos de trabalho gerados sejam ocupados por profissionais da região.

Dados do Ministério de Minas e Energia (MME) revelam que para cada emprego direto na mineração, são gerados mais de 12 empregos indiretos: no final de 2018 a indústria extrativista empregada 180 mil pessoas diretamente e 2,2 milhões indiretamente.

Levando essa relação de empregos diretos e indiretos em consideração, o total (diretos e indiretos) de postos de trabalho a serem criados pelo Projeto Jaguar será de mais de 40 mil empregos, sendo:

- Fase de Planejamento: 3.600 empregos;
- Fase de Implantação: 25.000 empregos;

- Fase de Operação: 14.400 empregos; e
- Fase de Fechamento: 300 empregos.

Sob o enfoque tecno-científico, pode-se afirmar que atualmente o mundo passa por uma revolução energética. Com os avanços tecnológicos da geração de energia renovável, a produção de energia em pequena escala e o barateamento do custo de produção de baterias, a humanidade caminha para uma realidade onde a geração de energia ganhará em descentralização e os modos para seu armazenamento assumirão cada vez maior importância.

Neste contexto de desenvolvimento, diversas tecnologias que vêm sendo desenvolvidas para fabricação das baterias, e aquelas que apresentam melhores resultados são as que contém grande porcentagem de níquel em sua produção. Isso é explicado pelas características deste metal, em especial a sua maior capacidade de carga e maior armazenamento, comparado a outros materiais.

Como dito acima, o níquel é um componente essencial de vários produtos estratégicos hoje e, principalmente, no futuro. A energia limpa que será a principal fonte da matriz de qualquer país no futuro depende das baterias para armazenar a energia e ser, assim, mais sustentável e eficiente.

Em vista de todas as razões acima, o empreendimento se justifica tanto do ponto de vista econômico e social, mas também político, estratégico, científico e ambiental.

### **6.3 Informações Gerais**

Este item tem como objetivo apresentar uma descrição geral e sintética de todo o empreendimento, facilitando a leitura dos demais itens, que descrevem as características do Projeto Jaguar nos períodos correspondentes ao planejamento, obras de implantação, a operação da mina e ao fechamento. Para tanto, salienta-se que as principais estruturas que serão implantadas no projeto são:

- Cavas a céu aberto e minas subterrâneas;
- Lavra com desmonte por explosivos e escavadeiras;
- Transporte de materiais por caminhões de 40 toneladas de carga útil;
- Disposição de material estéril em pilhas;
- Beneficiamento de minério a úmido;
- Beneficiamento por flotação seguido de processamento hidrometalúrgico do produto;
- Disposição dos rejeitos em barragens fora de talvegues;
- Subestação principal; e
- Estruturas de apoio.

Ressalta-se que o Projeto Jaguar tem como produto final o sulfato de níquel com teor de 22%. Serão produzidas 91.000 toneladas desse produto anualmente. Como produto secundário, serão produzidas ainda cerca de 7.000 toneladas por ano de um precipitado de sulfeto metálico cuja sua composição é de 3,5% de níquel, 7,5% de cobalto, 55% de zinco e 34% de enxofre.

### **6.3.1 Estimativa de investimento de capital**

O valor estimado do investimento de capital total no Projeto Jaguar é de cerca de US\$ 500 milhões, o que representa, com o câmbio de julho/2022 (R\$ 5/USD), aproximadamente R\$ 2,5 bilhões. Desse total, R\$1,5 bilhão serão investidos durante a implantação do empreendimento, ou seja, antes do início das operações, e outro R\$ 1 bilhão, após o início das operações.

### **6.3.2 Descrição das fases do empreendimento**

Neste item serão apresentadas as principais características do Projeto Jaguar em suas fases de Planejamento, Implantação, Operação e Fechamento.

#### **6.3.2.1 Fase de planejamento**

A Fase de Planejamento do Projeto Jaguar consiste em todas as atividades previamente realizadas a fim de atestar a viabilidade do empreendimento. As principais etapas desta fase consistem em trabalhos técnicos de prospecção mineral, testes laboratoriais, desenvolvimento dos diversos projetos de engenharia, elaboração das alternativas tecnológicas e locacionais, contato com os superficiários atingidos pelo empreendimento e estudos ambientais visando à obtenção do licenciamento.

Nos próximos itens deste relatório, cada uma dessas atividades será pormenorizada.

##### **6.3.2.1.1 Estudos ambientais**

Os estudos ambientais contemplam uma série de levantamentos e atividades técnicas que devem ser realizadas durante a fase de planejamento de um empreendimento mineral. Para a realização desses estudos é necessário a presença de uma equipe multidisciplinar, *in loco*, representando a Centaurus. Essa etapa foi realizada na área do Projeto Jaguar no período de fevereiro a dezembro de 2020, compreendendo os estudos necessários para a elaboração dos diagnósticos dos Meios Físico, Biótico e Socioeconômico, em que os resultados obtidos serão apresentados neste EIA e no respectivo RIMA. Salienta-se que a Área de Estudo vem sendo analisadas desde 2010, conforme cronologia dos estudos realizados:

- 2010: Zanettini realizou o Programa de Diagnóstico de Arqueologia; Terra realizou inventário florestal;
- 2011: MDGEO desenvolveu a Caracterização e Diagnóstico Hidrogeológico;
- 2012: Brandt elaborou o Diagnóstico Ambiental dos Meios Biótico e Físico; Carste elaborou o Diagnóstico Geoespeleológico, Bioespeleológico e Análise de Relevância;
- 2019: Centaurus inicia a atualização das campanhas de qualidade da água superficial e subterrânea, e vazão;

- 2020: Centaurus validou e complementou o inventário florestal, e realizou o monitoramento do ar, ruído e vibração e qualidade das águas e vazão; e, Bicho do Mato atualizou os dados de fauna, meio físico e meio socioeconômico; e
- 2021: Centaurus atualizou inventários florestais na área do empreendimento.

### 6.3.2.1.2 Aspectos geológicos, atividades de pesquisa realizadas e reservas minerais

A área do Projeto Jaguar é constituída principalmente por rochas gnáissicas e graníticas pertencentes ao Complexo Xingu e a Suíte Plaquê, respectivamente. Ocorrem, ainda, rochas metavulcanicassedimentares do Grupo Tucumã, rochas intrusivas máficas-ultramáficas pertencentes à Suíte Cateté, gabros e diabásios de idade mesozóica e coberturas recentes representadas por colúvios, alúvios e lateritas.

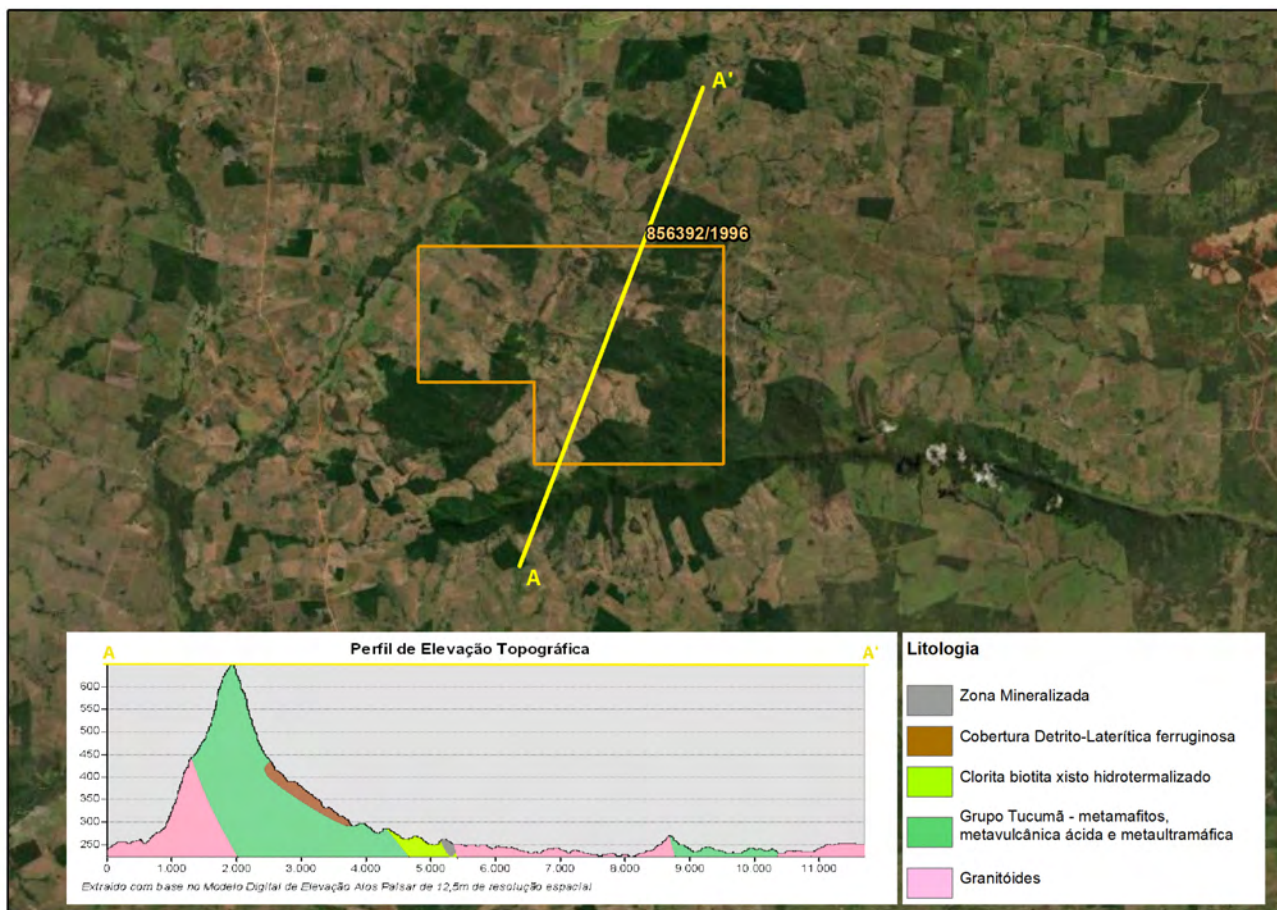
A **Tabela 6.3.1** apresenta as unidades litoestratigráficas encontradas na área enquanto a **Figura 6.3.1** ilustra, esquematicamente, o perfil estratigráfico de direção NNE/SSW da Área de Estudo Local (AEL). Essas unidades estão descritas, com maior detalhe, no item 10.1.4. deste estudo.

**Tabela 6.3.1: Unidades litoestratigráficas na área**

Unidade Litoestratigráfica	Principais Litotipos
Cobertura Cenozoica	Depósitos aluvionares recentes, coberturas coluvionares constituídas por blocos de canga laterítica e BIFs em meio a solos silto-argiloso.
Gabros e Diábasio Mesozóicos	Gabros e diabásios constituídos por plagioclásio e piroxênio.
Suíte Intrusiva Cateté	Dunitos, peridotitos, piroxenitos e gabros + alterações hidrotermais
Grupo Tucumã	Vulcânicas e subvulcânicas ácidas a intermediárias + alterações hidrotermais
	Subvulcânicas básicas hidrotermalizadas
	Formação Ferrífera
Suíte Plaquê Complexo Xingu	Granitos, Migmatitos, Gnaisses

Fonte: Modificado de MDGEO (2011).





**Figura 6.3.1: Perfil estratigráfico na área do Projeto Jaguar.**  
Fonte: Modificado de Centaurus (2020).

Apresenta-se aqui o resumo de todas as atividades de pesquisa mineral feitas até a conclusão do EIA/RIMA:

- Levantamentos magnéticos e radiométricos aéreos feitos entre 1970 e 1980 pela CPRM na região de Carajás;
- Na década de 90, a Vale realizou levantamentos magnéticos e radiométricos aéreos adicionais e mais detalhados;
- No início dos anos 2000, a Vale conduziu levantamentos aéreos magnéticos e eletromagnéticos de alta resolução, utilizando o sistema GEOTEM;
- Em 2005, a Vale realizou uma grande campanha de geoquímica de solos, focada em depósitos de Ni-Cu-PGE na porção oeste do complexo da Serra do Puma e nas anomalias descobertas pelo levantamento aéreo por GEOTEM;
- Em outubro 2006, durante uma campanha de pesquisa geológica regional da Vale, o primeiro furo feito (Jaguar Norte) retornou com teor de níquel anômalo;
- Em 2007, polarização induzida foi realizada e dados eletromagnéticos no domínio do tempo foram gerados sobre os perfis em 2D para melhor planejar o programa de sondagem;
- Iniciou-se em 2007 um programa de pesquisa mineral no Jaguar que totalizou cerca de 4.200 metros de sondagem;
- Concomitantemente a essa campanha, foram realizados levantamentos eletromagnéticos FLEM sobre alguns alvos e DHEM em alguns dos furos feitos que ajudaram a definir a localização de furos adicionais que totalizaram 52.000 metros entre 2008 e 2010;
- Em novembro 2019 a Centaurus adquiriu o direito minerário e iniciou sondagens com vistas a definir reservas de alto teor de níquel; e
- Desde então, as seguintes atividades vêm sendo realizadas pela Centaurus:
  - Campanhas adicionais de levantamento eletromagnético de superfície (FLEM) e nos furos (DHEM);
  - Até junho 2021, a Centaurus sondou cerca de 40.000 metros (sondagem diamantada e de circulação reversa).

### **6.3.2.1.3 Prospecção mineral**

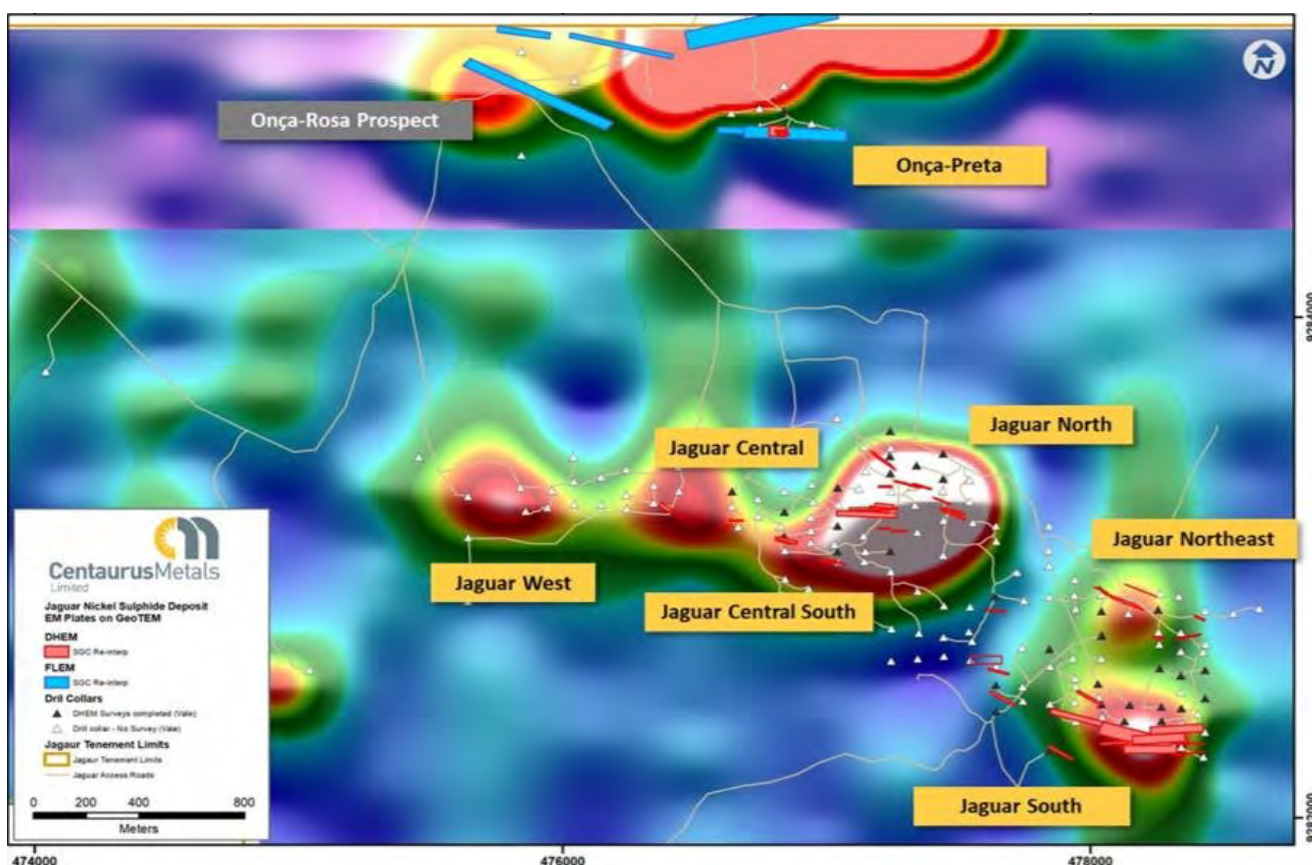
O depósito de níquel do Projeto Jaguar foi originalmente descoberto pela Vale Metais Básico S.A., que, entre 2010 e 2011, realizou mais de 55.000 metros de furos para mapeamento do corpo mineral. Todos os furos de sondagem realizados pela Vale foram de tipo rotativo diamantado, que é aquele comumente utilizado para perfuração e reconhecimento de rochas e solos com retirada de testemunhos do material atravessado a grandes profundidades.

Essa perfuração foi distribuída ao longo de 169 furos com profundidades variando entre 150 e 300m. Este trabalho de prospecção mineral teve duração de 24 meses, sendo concluído em novembro de 2011.

Como já informado, em 2019 a Centaurus adquiriu junto à Vale o Projeto Jaguar e imediatamente começou nova campanha de sondagem, já que:

- a concepção do projeto pela Centaurus é diferente da Vale, pois esta projetou um empreendimento de grande porte com um teor médio-baixo de minério produzido, enquanto a Centaurus vislumbra um projeto bem menor, mas com um teor médio do produto final mais alto.
- a quantidade e a disposição dos furos de sondagem feitos pela Vale não atendem aos “Critérios Jorc” (AusIMM. 1999) para estimativa de recursos e reservas, assim a Centaurus teve que complementar a pesquisa mineral.
- há outros alvos potenciais que foram identificados pela Centaurus e que não haviam sido pesquisados pela Vale.

A Centaurus, então, recomeçou os estudos e atividades na área do Projeto Jaguar, com base nos dados recebidos, definindo alguns novos alvos de pesquisa mineral (vide **Figura 6.3.2**), onde um sucessivo processo de sondagem seria feito para melhor definir a extensão e teor da mineralização nesses locais.



**Figura 6.3.2: Alvos de pesquisa mineral do Projeto Jaguar.**  
Fonte: Centaurus (2022).

Com vista a definir uma melhor localização dos furos e auxiliar na descoberta de novos alvos de sondagem a Centaurus, também, realizou levantamentos eletromagnéticos nos furos existentes (DHEM) e em áreas fixas (FLEM).

A Centaurus fez, portanto, 85.000 metros adicionais de sondagem, distribuídos por cerca de 350 furos, entre outubro de 2019 e junho de 2022. Essa pesquisa continua em curso, para compreender cada vez melhor o jazimento mineral existente na área do Projeto Jaguar. Contudo, com os atuais resultados já disponíveis, pôde-se elaborar o presente EIA/RIMA e formar o embasamento para os estudos de viabilidade e de engenharia.

Os testemunhos retirados dos furos de sondagem são serrados, e parte deles é encaminhada para as análises laboratoriais e a maior parte é armazenada para usos futuros no galpão de preparação e estocagem de amostras, mantido pela Centaurus na cidade de Tucumã/PA, já que essa é a sede municipal mais próxima do Projeto Jaguar. A **Figura 6.3.3** abaixo mostra, as serras de corte de testemunho e o galpão onde os testemunhos ficam armazenados.



**Figura 6.3.3: Serras de corte dos testemunhos de sondagem e galpão de estocagem, em Tucumã/PA.**  
Fonte: Centaurus (2022).

#### 6.3.2.1.4 Testes laboratoriais

A partir das amostras coletadas através das sondagens foram realizadas diversos testes e análises, sendo os resultados obtidos pela Vale em 2010 e 2011 e pela Centaurus em 2020 e 2021. Esses testes e análises podem ser divididas em:

##### **Caracterização mineralógica**

Tem como objetivo a determinar e quantificar toda a assembleia mineralógica do material, definir quais são os minerais de interesse e de ganga (impurezas), bem como quantificar a distribuição dos elementos úteis entre os minerais presentes no minério, se houver mais de um. Além disso, são estudadas as texturas da rocha, definindo-se o tamanho de partícula necessário para a liberação do(s) mineral(is) de interesse em relação aos minerais de ganga, e ainda define diversas propriedades físicas e químicas destes minerais, gerando informações potencialmente úteis na definição das rotas de processamento.

##### **Caracterização tecnológica**

Nessa etapa são realizados ensaios de bancada para definição do fluxograma de processo, o minério foi analisado com vista a avaliar os possíveis processos tecnológicos para beneficiamento. Os testes piloto funcionam como uma prova, em escala reduzida, para verificar se os resultados obtidos com os ensaios realizados se mostram efetivamente viáveis.

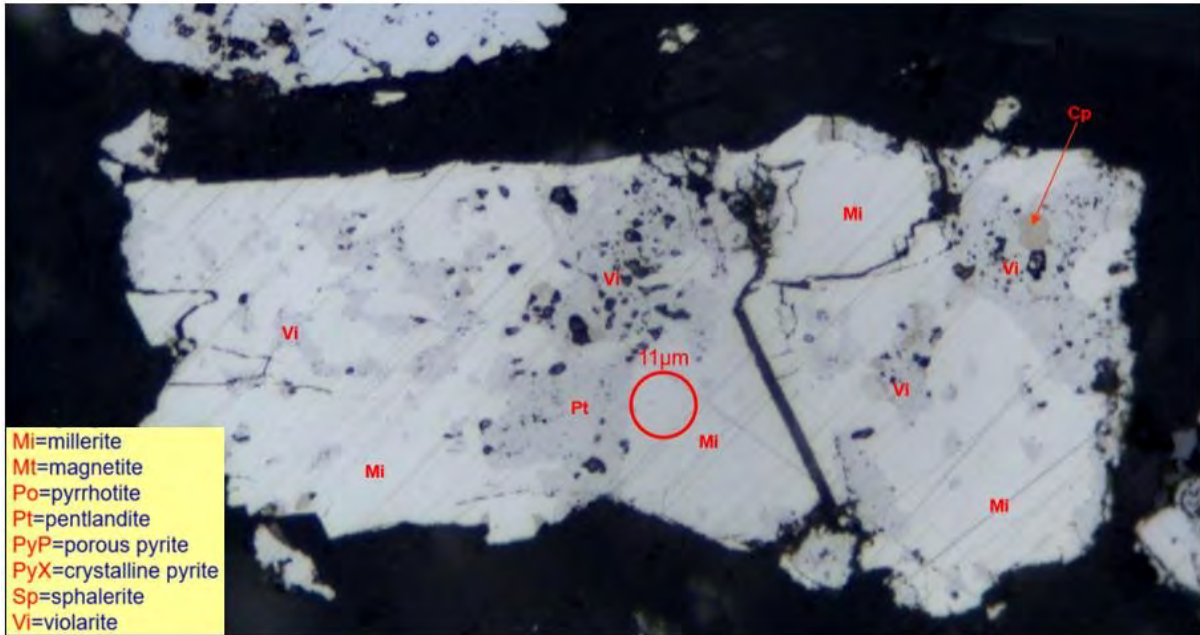
## Análises químicas

As análises químicas realizadas pela Centaurus nas amostras retiradas dos furos de sondagem incluem:

- Multielementos nível traço por ICP-AES: 33 elementos por digestão com quatro ácidos e determinação por ICP-AES;
- Análises de Metais Preciosos: Pt, Pd e Au por “*fire assay*” e determinação por ICPAES. Peso nominal 30g ou 50g e sobre limite com peso nominal 30g;
- Análises de Enxofre: Enxofre total por forno Leco;
- Níquel Sulfetado: Lixiviação por citrato de amônio/peróxido de hidrogênio e determinação por ICP-AES para minerais de NiS;
- Cloro e Flúor por Cromatografia: Cl e F por fusão com KOH e determinação por cromatografia iônica;
- Elementos em Teor Minério por ICP-AES (Sobre limite): Elementos em concentração de minério por digestão com quatro ácidos e determinação por ICP-AES;
- Multielementos nível ultra traço por ICP-MS: 48 elementos por digestão com quatro ácidos e determinação por ICP-AES e ICP-MS; e
- Multielementos em altos teores por ICP-AES: 33 elementos em altos teores com digestão por quatro ácidos e determinação por ICP-AES.

## Testes metalúrgicos

Para se definir a melhor rota do processo de beneficiamento do níquel, com o objetivo de elevar para cerca de 22% no sulfato de níquel, produto final do processo, foram realizados testes metalúrgicos, conduzidos em escala de bancada. A **Figura 6.3.4**, abaixo mostra a imagem microscópica do grão do concentrado produzido em escala de bancada, com seus diversos componentes.



**Figura 6.3.4: Composição química do concentrado de níquel do Projeto Jaguar.**

Fonte: Centaurus (2022).

### Testes de cominuição

Foram realizados com amostras de diferentes depósitos do Projeto Jaguar: Onça Petra, Jaguar região Sul e Jaguar região Central e os principais resultados foram:

- Todas as amostras apresentaram índice de abrasão baixo, o que permitiu a avaliação de várias opções de circuitos de moagem; e
- A amostra composta obtida de Jaguar (regiões: Sul e Central) foi significativamente mais resistente do que as amostras dos depósitos de Onça Preta e Onça Rosa.

Esses resultados foram usados para definir o tipo de equipamento de moagem e para dimensionar esses equipamentos.

### Testes de flotação

Foram realizados teste de flotação com o intuito de determinar:

- Dimensões ideais dos tanques de flotação;
- Reagentes corretos e suas quantidades;
- Granulometria ideal da alimentação da célula de flotação; e
- Características do produto final e dos rejeitos.

### Testes de potencial de drenagem ácida

Para avaliar o potencial de drenagem ácida das diferentes litologias do depósito do Projeto Jaguar, foram coletadas amostras das diferentes litologias de modo a testar compostos que fossem representativos tanto dos rejeitos, quanto do estéril e do minério *in situ*.

Finalmente, a partir dos estudos descritos, durante a Fase de Planejamento, foram ainda elaborados os projetos conceitual e básico de engenharia. Também foram executados os levantamentos de dados primários e secundários da realidade ambiental da área de inserção do projeto que subsidiaram a avaliação de impactos ambientais apresentada neste relatório.

É importante ressaltar que o planejamento do Projeto Jaguar foi feito concomitantemente, e de maneira integrada, entre as equipes de engenharia e de meio ambiente. Isso significa dizer que as possíveis fragilidades ambientais eventualmente identificadas durante o levantamento de dados foram levadas em consideração na elaboração dos projetos de engenharia.

#### **6.3.2.1.5 Projeto de engenharia**

Tradicionalmente, o projeto conceitual de engenharia é concluído, para então iniciar-se o estudo ambiental. Entretanto, desta forma, os fatores ambientais têm que ser adequados à engenharia. O que se buscou no Projeto Jaguar foi o equilíbrio entre as soluções de engenharia disponíveis e os aspectos ambientais relevantes.

O projeto conceitual teve o objetivo principal de definir as alternativas tecnológicas e locacionais mais adequadas, dentre as que foram avaliadas. O projeto básico visa determinar mais especificamente a localização das estruturas do projeto e dimensionar os equipamentos e a mão de obra a ser mobilizada.

O projeto conceitual de engenharia do Projeto Jaguar foi desenvolvido de modo a minimizar as interferências ambientais, com destaque para as seguintes premissas:

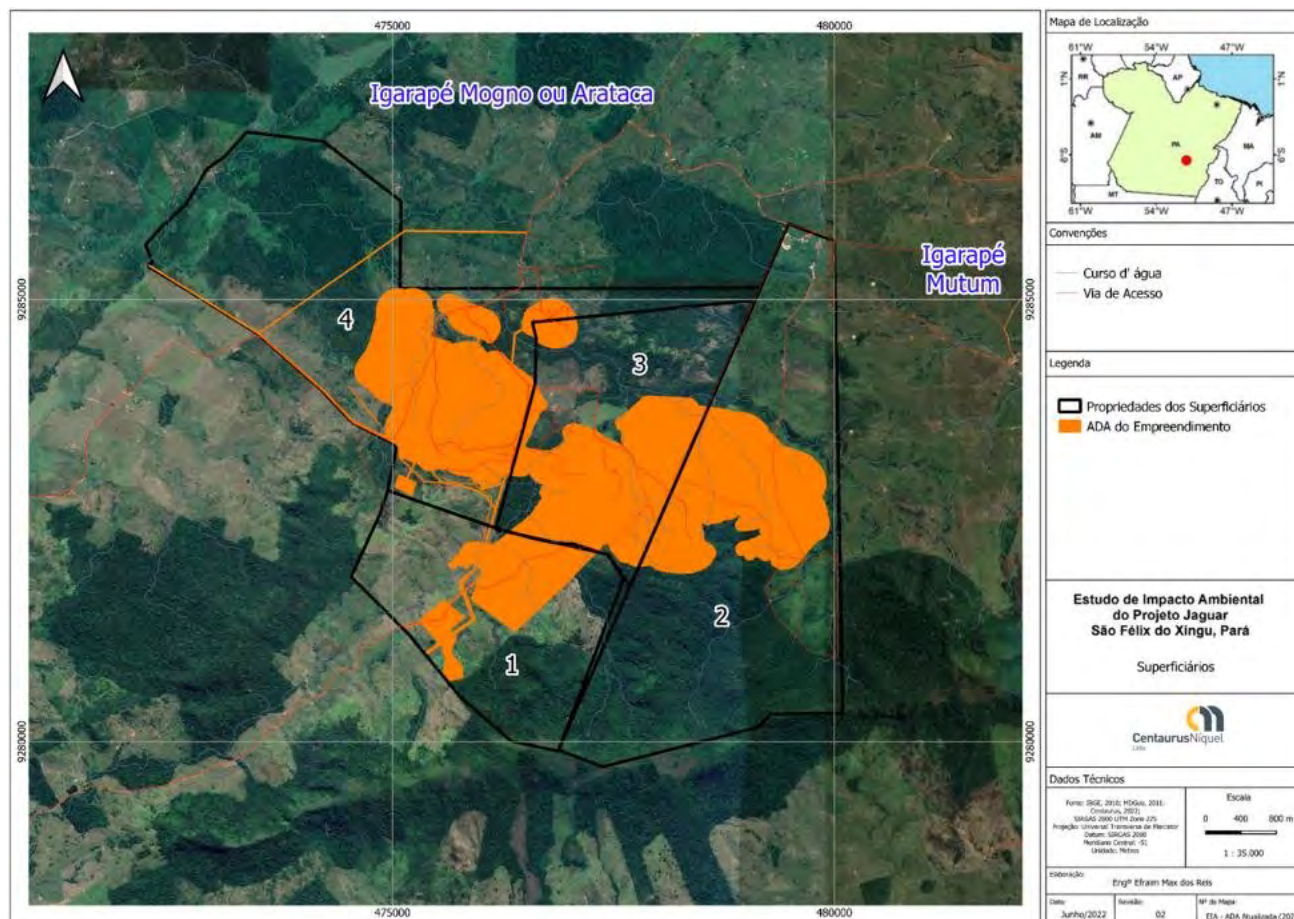
- controle de sedimentos a serem descartados;
- instalação de estruturas em áreas de vegetação plantada ou secundária;
- redução da área a ser ocupada pelo empreendimento; e,
- minimização das distâncias de transporte, o que resulta em redução de custos e de emissões atmosféricas.

O projeto de engenharia forneceu subsídios para as seguintes atividades do Projeto Jaguar:

- Rota de processamento do minério;
- Especificação técnica e quantidade de equipamentos;
- Arranjos mecânicos e instalações elétricas;
- Subestação e infraestrutura de apoio ao projeto;
- Abastecimento de água, energia e combustível;
- Dimensionamento e qualificação da mão de obra; e
- Estimativa de investimentos e custos operacionais.

### 6.3.2.1.6 Superficiais

Uma importante atividade do planejamento do empreendimento é o mapeamento das propriedades envolvidas no futuro projeto. No caso do Projeto Jaguar, foram identificadas todas as propriedades inseridas dentro dos limites do direito minerário. Contudo, há somente quatro propriedades, na área do empreendimento, como pode ser visto a seguir (**Figura 6.3.5**). Ressalta-se que três propriedades já foram adquiridas pelo empreendedor (1, 3 e 4) e a remanescente (2) encontra-se em negociação.



**Figura 6.3.5: Propriedades envolvidas no Projeto Jaguar.**  
Fonte: Centaurus (2022).

Foram assinados acordos de acesso a cada uma dessas quatro propriedades para que todas as atividades descritas na fase de planejamento pudessem ser conduzidas.

### 6.3.2.1.7 Cronograma da fase de planejamento

A Fase de Planejamento teve início em outubro de 2010. De 2010 a 2012, o planejamento foi realizado pela Vale Metais Básicos S.A. De outubro 2019 até hoje, o planejamento foi realizado pela Centaurus. Nestes períodos foram realizados os estudos que subsidiaram o presente Estudo de Impacto Ambiental, os estudos de alternativas locais e tecnológicas e o projeto de engenharia que definiu a rota de processamento do minério, o dimensionamento e quantidade de equipamentos, os arranjos mecânicos e instalações elétricas, a infraestrutura de apoio ao projeto, o sistema de abastecimento de água, energia e combustível.

No segundo período (2019 a até hoje), também foi feito o dimensionamento e definida a qualificação da mão de obra a ser empregada nas etapas do projeto e foi concluída a estimativa de investimentos e de custos operacionais empreendimento. Portanto, esta etapa teve duração de 36 meses.



### **6.3.2.2 Fase de implantação**

A seguir são descritas as atividades previstas para a fase de implantação do Projeto Jaguar, a saber:

- Aquisições/Indenizações a superficiários;
- Supressão vegetal e limpeza da área do projeto;
- Terraplenagem;
- Obras civis;
- Montagens eletromecânicas;
- Decapeamento (pre-stripping); e
- Comissionamento.

A estratégia para a fase de implantação do Projeto Jaguar foi elaborada com base nas seguintes diretrizes:

- Redução da duração da obra;
- Otimização de mão de obra, com máxima utilização da mão de obra local;
- Aproveitamento das melhorias da obra para a fase de operação; e
- Priorização dos sistemas de controle ambiental.

Para reduzir a duração da obra, serão adotadas duas medidas principais:

- Pré-montagem “off-site”; e
- Harmonização das estruturas com a topografia.

A pré-montagem engloba todas as atividades de montagem mecânica de equipamentos que não precisam ser necessariamente feitas no local onde os equipamentos serão instalados. Desta maneira, esses equipamentos já chegarão pré-montados ao Projeto Jaguar e serão simplesmente inseridos nos locais onde então ocorrerá a montagem eletromecânica final. Assim, uma adequada gestão dos processos de preparação para a instalação destes equipamentos, com operações realizadas em paralelo, poderá permitir uma otimização no cronograma da obra.

A otimização da mão de obra, com utilização de trabalhadores locais será alcançada por meio de:

- Capacitação prévia para a obra;
- Padronização de equipamentos e insumos; e
- Mecanização das atividades de construção.

A capacitação da mão de obra para trabalhar nas obras de implantação do projeto será realizada antes do início das obras e será feita na região onde o projeto está localizado. Essa capacitação ajudará a melhorar os índices de eficiência de cada um dos profissionais, tornando-os mais produtivos e, por consequência, diminuindo a demanda por pessoal, principalmente migrante. A utilização de equipamentos e insumos padronizados tais como: parafusos, chapas de desgaste e roletes, até equipamentos como bombas, tubulações, entre outros, facilita a construção e otimiza a utilização da mão de obra selecionada.

Além das variáveis citadas anteriormente, o Projeto Jaguar será conduzido com um elevado grau de mecanização e automação, em tarefas repetitivas e braçais que vão conferir agilidade em sua implantação, mas, que têm o propósito principal de elevar o índice de segurança no trabalho na fase de implantação.

Uma das atividades da fase de implantação que demanda mais tempo é a terraplenagem. Com o intuito de reduzir o tempo deste item tão importante da obra, o Projeto Jaguar foi desenhado de modo a aproveitar ao máximo a topografia existente, evitando a necessidade de movimentar grandes volumes de terra.

As benfeitorias realizadas durante a obra serão, na máxima extensão possível, aproveitadas também na fase de operação. Para tanto, prevê-se:

- Localização das estruturas temporárias de obra no local das estruturas definitivas; e
- Projeto da infraestrutura temporária visando a fase de operação.

A seguir serão descritas cada uma das etapas previstas para a fase de implantação do Projeto Jaguar.

#### **6.3.2.2.1 Aquisições/Indenizações a superficiários**

Naturalmente, antes do início da implantação do empreendimento, é necessário ter realizado acordo com cada um dos proprietários dos terrenos a serem afetados pelo Projeto Jaguar.

Há duas opções que poderão ser buscadas: compra da propriedade ou indenização aos superficiários. A compra do terreno (total ou parcial) tem como vantagem principal o fato de que a Centaurus e o atual proprietário não teriam que entrar em acordo ou discutir cada detalhe do empreendimento. A dificuldade é chegar a um consenso sobre o valor do imóvel. Por outro lado, se o terreno não for adquirido pela Centaurus, os valores a serem pagos aos proprietários dos terrenos serão definidos conforme a legislação:

- indenização pelo uso do terreno a ser definida por perito apontado por juiz, em caso de não haver acordo; e
- participação nos resultados da lavra, à taxa de 50% da CFEM.

A Centaurus já negociou e adquiriu três, e atualmente negocia com quarto superficiário, em cuja área está prevista implantação de alguma estrutura do empreendimento. Das três propriedades adquiridas, a posse das mesmas foi transferida integralmente para a Centaurus, apesar das estruturas do empreendimento não ocuparem integralmente a área total de nenhuma delas. A venda de toda a propriedade foi uma solicitação dos superficiários.

Das quatro propriedades, em apenas uma delas o superficiário ali residia e ela foi adquirida pela Centaurus. Nas demais, o superficiário não morava nos imóveis, ficando na propriedade os empregados dos superficiários, que gerenciavam as propriedades, especificamente a atividade agropecuária.

Importante informar que nenhum dos quatro superficiários é originário da própria região do empreendimento. Três deles são de Goiânia (GO) e um deles é de Minas Gerais, mas reside nos últimos anos em Redenção (PA).

Todos os superficiários informaram que pretendem comprar outras propriedades rurais para continuar no ramo agropecuário e os seus empregados irão trabalhar com eles nessas novas fazendas.

#### **6.3.2.2 Operações unitárias principais**

#### **6.3.2.3 Infraestrutura do empreendimento**

As estruturas temporárias a serem construídas somente para a etapa de obra serão localizadas onde as estruturas definitivas do projeto ficarão. Essa medida reduz a área ocupada pelo projeto, reduzindo assim a supressão de vegetação, o que diminui o tempo da obra e reduz também o seu custo, pois a terraplenagem será feita somente uma vez.

Além da co-localização das estruturas da fase de implantação e de obras, a infraestrutura a ser usada na implantação também já será construída visando sua utilização durante a operação do empreendimento. Os itens da infraestrutura que serão abrangidos por essa ação incluem o sistema de abastecimento de água, o sistema de tratamento e coleta de esgoto, o sistema de gerenciamento de resíduos sólidos, o sistema viário interno, o sistema de abastecimento de combustível, entre outros.

A priorização dos sistemas de controle ambiental na fase de implantação é necessária, pois sem eles já instalados, alguns aspectos ambientais, que já acontecem na fase de implantação, poderiam ocorrer sem controle. Obviamente, as estruturas necessárias às atividades de construção, tais como, alojamentos, abastecimento de água e refeitório, serão as primeiras a serem construídas. Em seguida, os sistemas de controle ambiental serão construídos/instalados antes das outras estruturas do projeto, incluindo, entre outros:

- Sistema de tratamento de efluentes líquidos (doméstico e industrial);
- Sistema de gerenciamento de resíduos sólidos; e
- Sistema de drenagem pluvial.

#### **6.3.2.3.1 Obras civis e montagem eletromecânica**

As obras civis compreendem as seguintes ações principais:

- construção do maciço das barragens de rejeitos;
- execução das fundações das edificações;
- abertura/melhoria/pavimentação das vias internas e da via de acesso principal de Tucumã à portaria do empreendimento;
- construção da superestrutura das edificações;
- construção da subestação principal e das subestações secundárias;

- decapamento das cavas; e
- instalação dos sistemas de controle ambiental.

As obras de fundação incluem fundações diretas, no caso de edificações de menor porte, e de fundações profundas (em tubulões ou estacas) no caso de bases para assentamento de equipamentos e estruturas industriais ou de fundações para galpões ou edificações de maior porte.

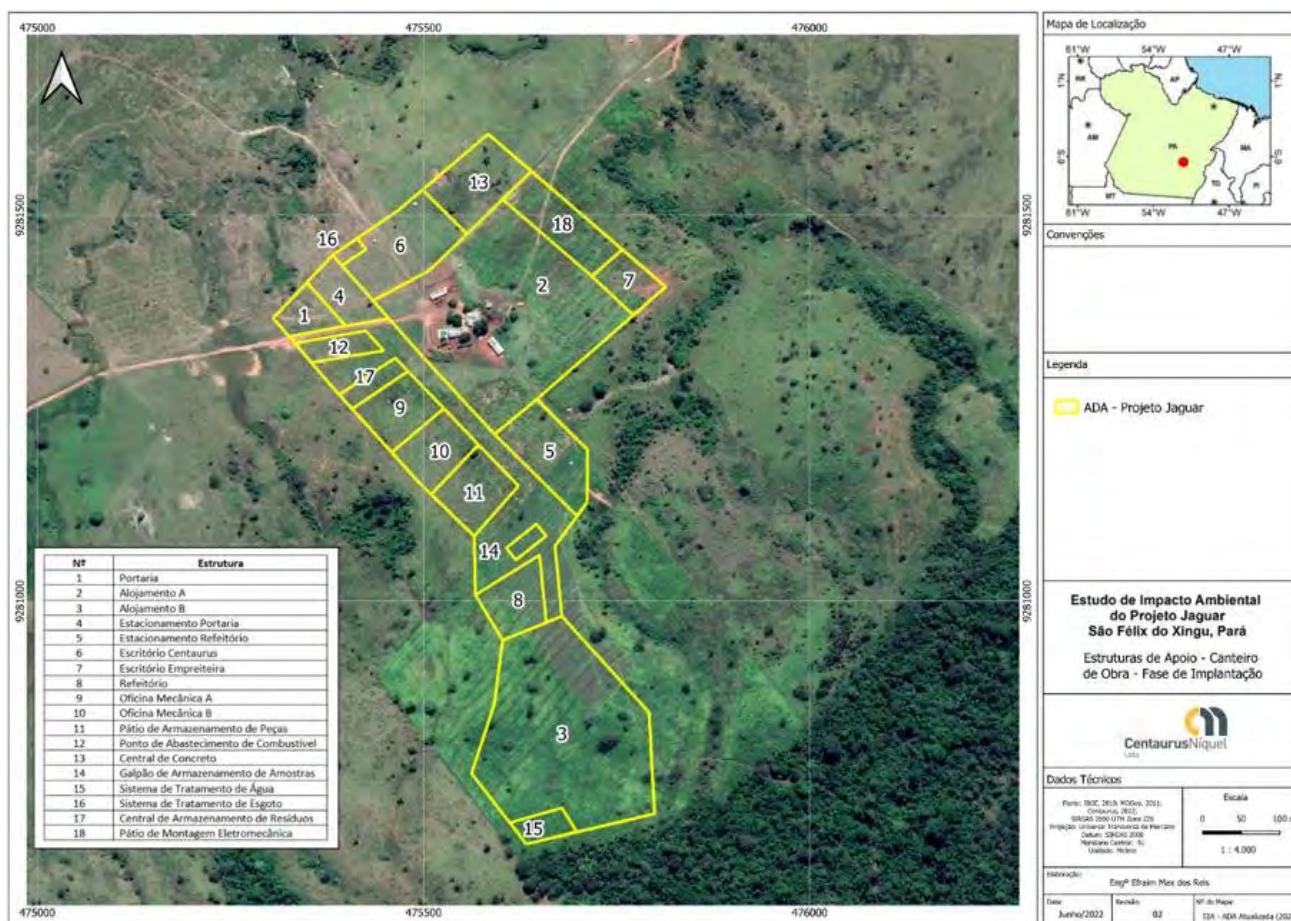
As obras em edificações serão construções mistas (de alvenaria, metálicas e madeira), conforme a finalidade e porte da edificação, compreendendo a execução de pisos, divisões, revestimentos e esquadrias, coberturas e instalações elétricas, de telefonia, lógica e hidráulico-sanitárias, como também de dispositivos de controle ambiental.

As obras viárias compreendem a melhoria da estrada existente que liga Tucumã ao projeto, bem como a construção de estradas de acesso e de circulação interna, interligando as diversas unidades componentes do empreendimento, como também estradas de serviço, interligando a mina às instalações da usina, pelas quais é previsto tráfego de máquinas e equipamentos pesados, necessários à atividade industrial de lavra e beneficiamento.

As obras civis incluem as atividades que demandam o maior número de trabalhadores e de materiais, principalmente concreto, aço, além de agregados para a construção civil. As obras civis do Projeto Jaguar serão conduzidas pela empreiteira responsável pela obra, sob supervisão da Centaurus.

Conforme já informado no item de estratégia de implantação, planeja-se realizar as obras civis de maneira concomitante com a pré-montagem de equipamentos, que seria feita fora do sítio do projeto. Isso representa um ganho importante de tempo no cronograma das obras, uma vez que não será necessário esperar até que as fundações e os prédios sejam concluídos para iniciar a pré-montagem dos equipamentos. Quando as obras civis estiverem preparadas, os equipamentos, já pré-montados, são trazidos e, então, definitivamente instalados em seus locais.

As instalações de apoio previstas para a fase de implantação do Projeto Jaguar serão apresentadas nos itens a seguir e sua localização está na **Figura 6.3.6** abaixo.



**Figura 6.3.6: Localização das instalações de apoio para a fase de implantação do Projeto Jaguar.**

Fonte: Centaurus (2022).

A montagem eletromecânica inclui as seguintes ações principais:

- montagem da subestação principal, das subestações secundárias e redes internas de distribuição de energia;
- montagem de equipamentos elétricos;
- montagem dos equipamentos mecânicos;
- conexão dos dutos de água;
- conexão dos dutos de ar comprimido; e
- instalação da rede de aterramento.

A primeira etapa da montagem eletromecânica é a instalação das redes internas de distribuição de energia para abastecer as diferentes áreas do empreendimento, bem como a subestação principal e as subestações secundárias. As redes internas de distribuição de energia são as fiações e dutos que se iniciam nas subestações secundárias, chegam até as edificações e, então conduzem a energia elétrica até os equipamentos finais.

Os equipamentos elétricos previstos no projeto incluem desde lâmpadas de iluminação até separadores magnéticos. A montagem de cada um desses itens, de acordo com o projeto detalhado, será realizada nesta etapa das obras.

A principal parte da etapa de montagem eletromecânica é a montagem mecânica dos equipamentos que compõem o processo de beneficiamento do mineiro de níquel. Esses equipamentos incluem os britadores, peneiras, correias transportadoras, moinhos, células de flotação, espessadores, filtros, entre outros.

As outras atividades de montagem eletromecânica estão relacionadas às utilidades necessárias ao funcionamento do empreendimento, incluindo a conexão dos dutos de água (bruta e tratada), os dutos de ar comprimido e o sistema de proteção contra descargas atmosféricas, principalmente.

### **6.3.2.2.3.2 Decapeamento e comissionamento**

O decapeamento é a retirada do material sem valor econômico da jazida, de modo a deixar o minério exposto e pronto para ser lavrado. Essa é uma atividade preparatória para a operação, pois visa, em última análise, preparar a cava a céu aberto ou mina subterrânea para a operação de extração do minério.

Comissionamento é o processo de assegurar que os sistemas e componentes de uma edificação ou unidade industrial estejam projetados, instalados, testados, operados e mantidos de acordo com as necessidades e requisitos operacionais projetados.

O comissionamento é realizado mediante testes na planta para verificar que a implantação foi adequada. Esses testes são feitos em escala real, com o minério que será beneficiado na planta. Alguns dos testes e ensaios que serão feitos durante o comissionamento do empreendimento incluem:

- calibração de instrumentos de nível, pressão e vazão;
- inspeção de completção mecânica;
- teste de malha elétrica;
- teste de isolamento elétrico de cabos e componentes;
- testes de pré-comissionamento;
- inspeção de completção física;
- teste de estanqueidade; e
- limpeza de tubulação com água.

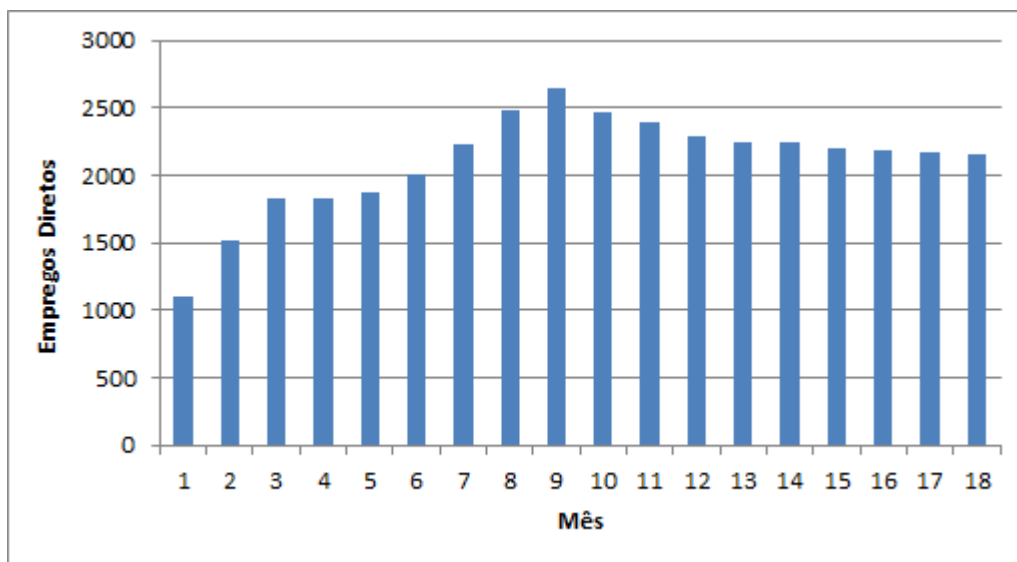
### **6.3.2.2.4 Operações unitárias auxiliares**

#### **6.3.2.2.4.1 Mobilização de mão de obra**

A estimativa, para a fase de implantação, é de um efetivo médio de 2.100 trabalhadores. Embora, no pico das obras, o efetivo esperado seja maior: 2.650 trabalhadores. O histograma mensal de mão de obra direta na Fase de Implantação é apresentado na **Figura 6.3.7**.

Mão de obra direta engloba todas as pessoas diretamente contratadas pela Centaurus ou pelas empresas que prestarão serviços à esta empresa durante a implantação do empreendimento.

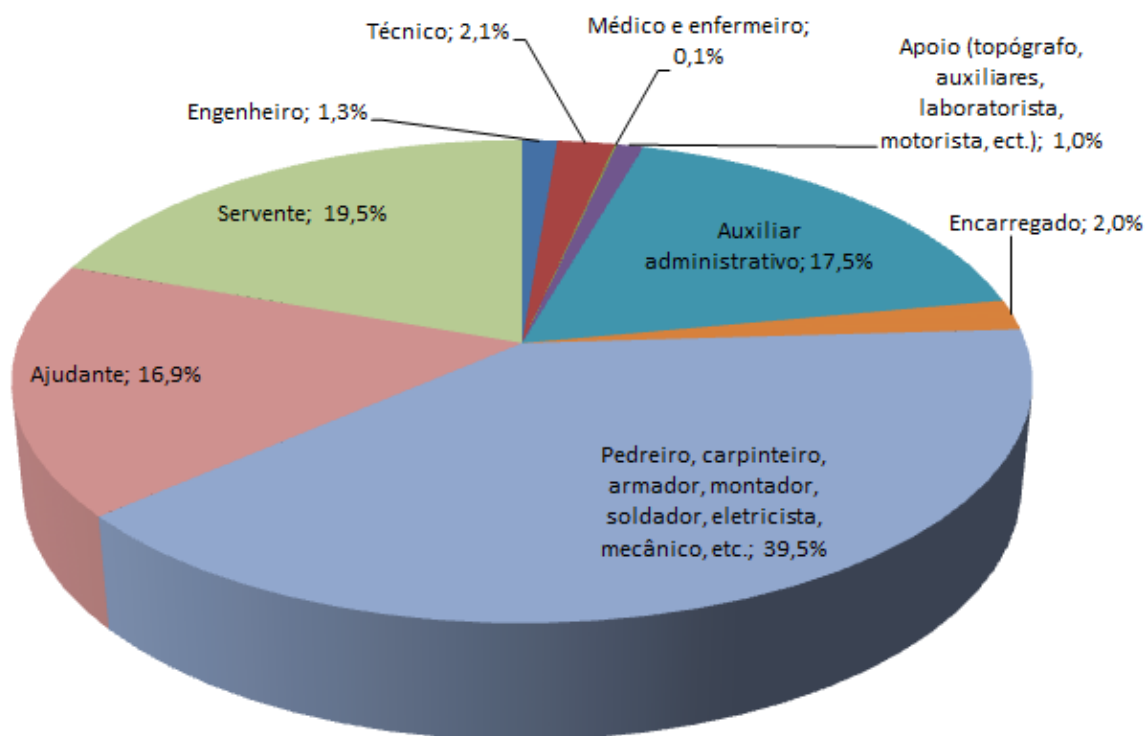
Para todas as etapas do empreendimento, está prevista a priorização da mão de obra local, principalmente do município de São Félix do Xingu, Tucumã e Ourilândia do Norte. Desta maneira, o perfil social dos trabalhadores é aquele descrito no diagnóstico socioeconômico da área de influência do empreendimento.



**Figura 6.3.7: Histograma da mão de obra na implantação do Projeto Jaguar.**

Fonte: Centaurus (2022).

Quanto à qualificação profissional dos trabalhadores, na fase de implantação, 78% dos empregados deverão ter o 1º grau completo ou incompleto, 18,5% terão o 2º grau ou curso de formação profissional completo e 3,5% terão curso superior completo. A distribuição dos perfis profissionais dos trabalhadores a serem alocados às atividades da Fase de Implantação é mostrada na **Figura 6.3.8**, abaixo.



**Figura 6.3.8: Perfis profissionais na implantação do Projeto Jaguar.**

Fonte: Centaurus (2022).

As máquinas e equipamentos principais a serem usados durante a fase de implantação do empreendimento são apresentados no **Tabela 6.3.2**, a seguir:

**Tabela 6.3.2: Máquinas e equipamentos a serem usados na fase de implantação.**

Máquina / Equipamento	Quantidade	Máquina / Equipamento	Quantidade
Aparelho oxi-acetileno	2	Máquina de solda elétrica	2
Caminhão betoneira	2	Motoniveladora	5
Caminhão pipa	4	Moto scraper	4
Caminhão basculante	40	Motoserra	10
Carregadeira	4	Pá carregadeira	2
Carreta prancha	1	Patrol	2
Carros leves de apoio	15	Perfuratriz	2
Comboio de lubrificação	2	Retroescavadeira	5
Compressor de água	2	Rolo compactador	5
Escavadeira hidráulica	5	Rompedor de concreto	2
Gerador elétrico	2	Trator agrícola	3
Grade de disco	6	Trator de esteira D6	5
Guindaste	2	Trator de pneu	2

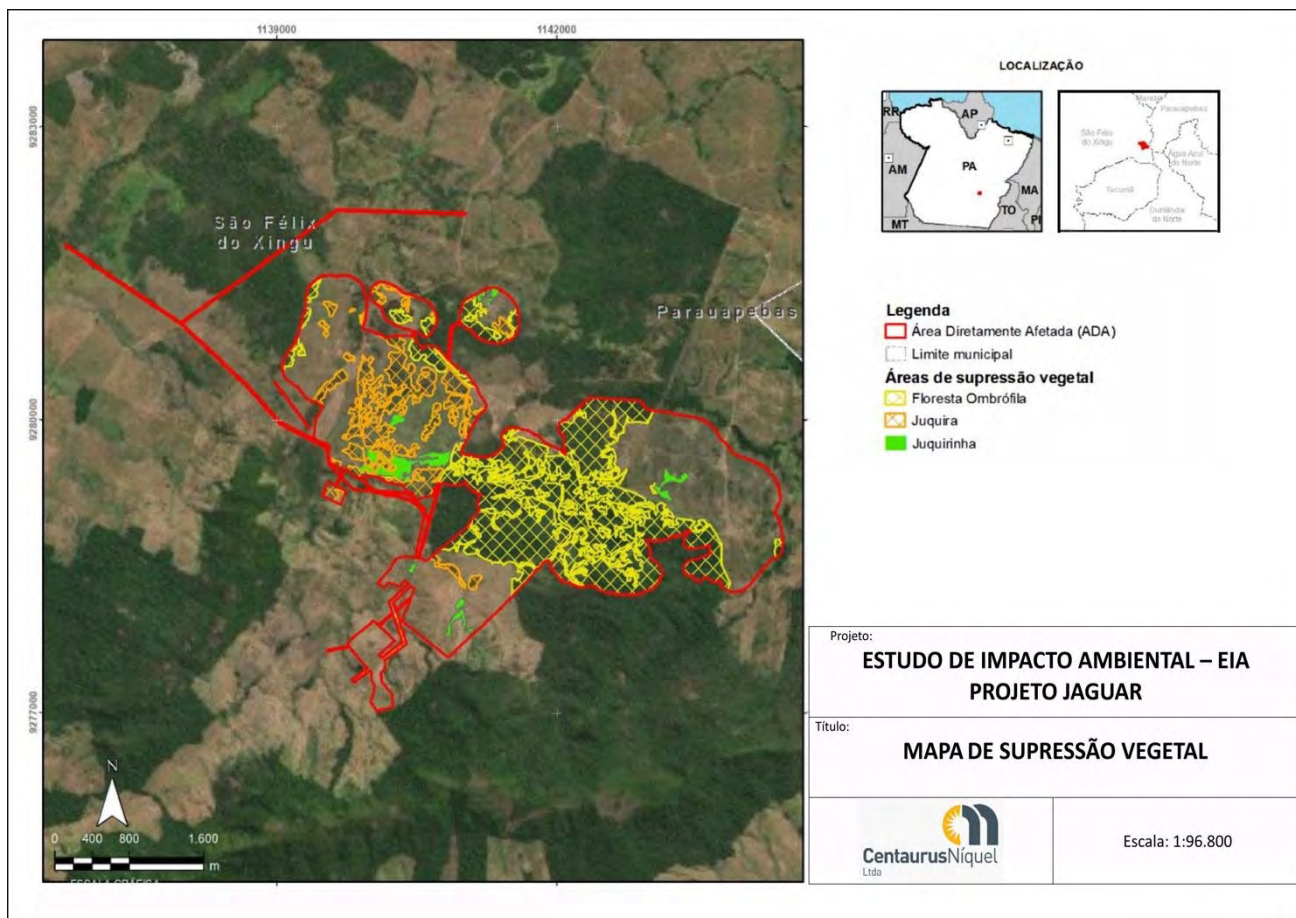
Fonte: Centaurus (2022).



### 6.3.2.2.4.2 Supressão de vegetação

A supressão de vegetação foi baseada no inventário florestal da área de estudo local, que é apresentado em detalhes no capítulo do diagnóstico do meio biótico deste documento. A madeira (toras de árvores) resultante da supressão de árvores será estocada a céu aberto no terreno, sob a forma de pilhas, até que seja dada a destinação final adequada a ela. O uso prioritário da madeira será na própria propriedade da Centaurus Níquel Ltda. e, o material excedente poderá ser doado as Prefeituras pertencentes à AID e/ou as comunidades de entorno.

A **Figura 6.3.9** a seguir mostra a área onde haverá supressão de vegetação (juquira e floresta) para implantação do empreendimento.



**Figura 6.3.9: Área de supressão vegetal do Projeto Jaguar.**

Fonte: Centaurus (2022).

### 6.3.2.2.4.3 Terraplenagem

Os serviços de terraplenagem serão executados por empresa terceirizada. As principais áreas a serem terraplenadas são:

- plataforma do posto de combustível;
- plataforma do pátio de manobra dos caminhões;
- plataforma da planta de beneficiamento;

- plataforma do laboratório e vestiários da planta de beneficiamento; e,
- plataforma da subestação principal.

Prioritariamente, será utilizado o corte com desmonte mecânico. Para o desmonte de grandes blocos de rocha, serão utilizados explosivos do tipo emulsão, a ser fornecido por empresa terceirizada.

No desenvolvimento da escavação, aqueles materiais com características compatíveis com as especificações técnicas exigidas para a execução de aterros, serão empregados de imediato. Quando o volume de material escavado exceder a quantidade necessária para os aterros, este será empregado nos alargamentos de praças de trabalho.

O lançamento do material para construção dos aterros será realizado em camadas sucessivas em toda a largura da seção transversal e em extensão que permita seu umedecimento e compactação.

Para o corpo do aterro, a camada compactada não ultrapassará a espessura de 30 cm. Para a parte final de coroamento do aterro de 1,2 m de espessura, as camadas de solo compactadas não deverão ultrapassar a espessura de 20 cm. As camadas serão homogêneas, levadas a umidade ótima e compactadas até atingir a massa específica aparente seca a 100% do ensaio DNER-ME-092/94. O controle será feito com ensaios de compactação, granulometria, limites de consistência e CBR.

O subleito constitui-se na última camada da terraplanagem que dá suporte às demais camadas constituintes do pavimento. A regularização do subleito será realizada visando a conformar a camada final de terraplanagem, mediante cortes e/ou aterros de até 20 cm, conferindo-lhe condições adequadas em termos geométricos e de compactação.

As características geométricas adotadas no projeto de cortes e aterros são resumidas a seguir:

- Escavações em solo:
  - inclinação de 45 graus, para alturas até 10 m;
  - inclinação de 30 graus, para alturas acima de 10 m (eventual);
  - bancos entre bermas com altura máxima de 10 m;
- Escavações em rocha:
  - zona oxidada (superficial) - inclinação de 45 graus;
  - zona de transição – inclinação de 50 graus;
  - rocha sã – inclinação de 55 graus.
  - bancos entre bermas com altura máxima de 10 m;
- Aterros em solo compactado:
  - inclinação de 1,5(H):1(V);
  - bancos entre bermas com altura máxima de 10 m;
  - Larguras das vias: 8 m para mão única e 13 m para mão dupla.

### **6.3.2.2.5 Estruturas de apoio para a implantação**

#### **6.3.2.2.5.1 Sistema de fornecimento de combustíveis**

Para atender à demanda de combustível na fase de implantação do empreendimento, está prevista a instalação de um ponto de abastecimento. O ponto estará situado próximo à portaria. Este mesmo ponto será usado também durante as fases de operação e fechamento do empreendimento.

O ponto servirá como ponto de abastecimento para:

- os equipamentos e máquinas que realizarão a terraplenagem;
- os equipamentos e máquinas que farão o decapeamento;
- as obras civis;
- as montagens eletromecânicas na área da usina de beneficiamento e alojamentos; e
- todos os veículos leves do projeto.

O ponto terá uma capacidade de armazenamento de 1.000 m<sup>3</sup> de óleo diesel, que serão trazidos por caminhões-tanque e ficarão armazenados em tanques aéreos.

#### **6.3.2.2.5.2 Sistema de abastecimento de água**

Para atendimento à demanda de água nova do Projeto Jaguar, a captação será a fio d'água, no córrego Mogno, num ponto de Coordenadas UTM: 472.244 E / 9.285.392 S; ou Latitude 6°27'53.81"S / Longitude 51°15'3.68"O; Datum: SIRGAS 2000; Fuso 22M, a oeste da área do empreendimento. O regime de captação de água será de 22 horas por dia, todos os dias do ano. A água será bombeada até os tanques de água bruta na área da planta/administração, de onde ela será distribuída. Esses tanques de água bruta terão capacidade de armazenar quase três dias de consumo de água do projeto (2.000 m<sup>3</sup>).

A abordagem do abastecimento de água na fase de implantação será dividida em água industrial e água potável. A água industrial será usada principalmente para produção de concreto, lavagem de veículos e equipamentos, limpeza de pisos, combate a incêndio e umectação de vias. A água potável será consumida pelos profissionais envolvidos nas atividades de construção do empreendimento.

Em relação ao uso da água industrial, é importante ressaltar que, devido à não obrigatoriedade de um nível elevado de qualidade de água para atender aos fins industriais, o reaproveitamento da água será feito sempre que possível. Desta forma, diferencia-se água recirculada (reaproveitada do efluente de alguma atividade do empreendimento) de água nova, que é captada em corpos hídricos.

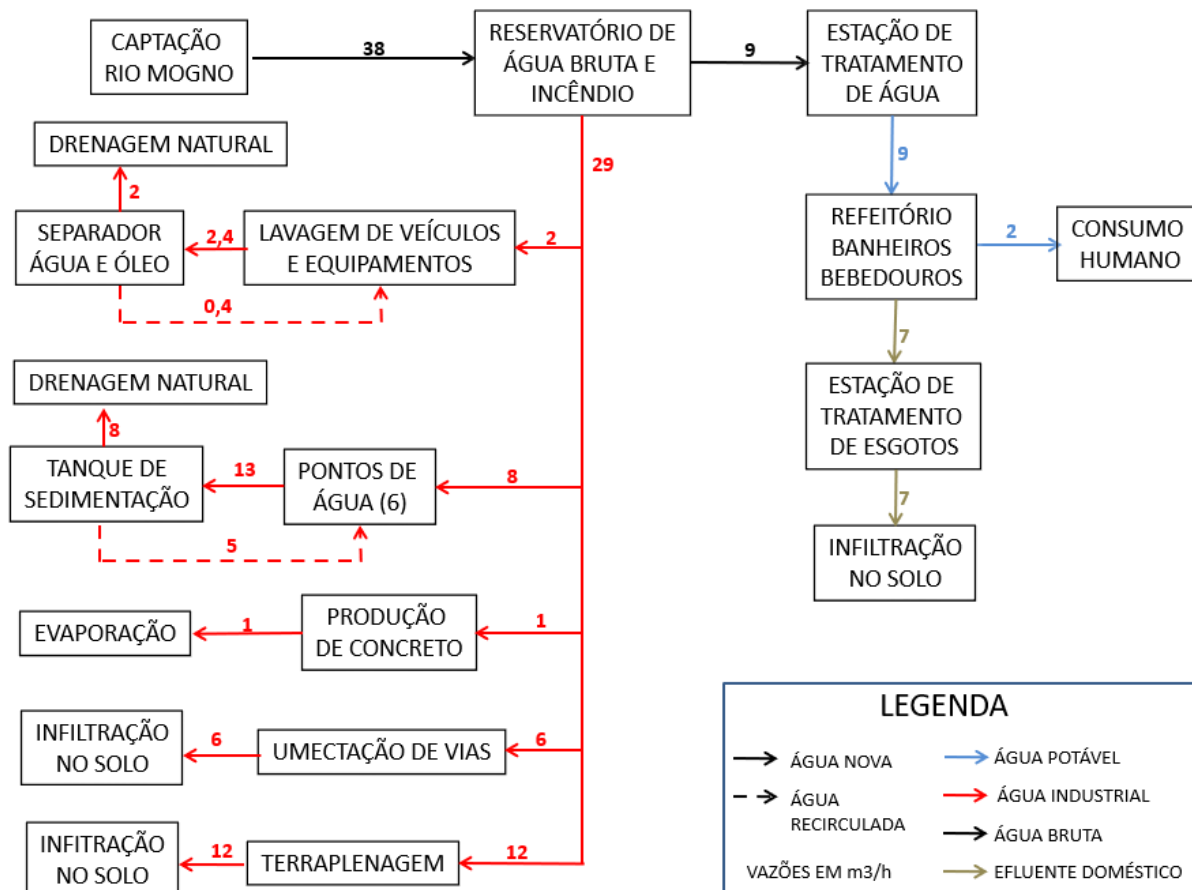
O volume total de água a ser utilizado na fase de implantação do projeto é de 48 m<sup>3</sup>/h, dos quais, 38 m<sup>3</sup>/h são de água nova. Dos cerca de 20 m<sup>3</sup>/h de água para os pontos de água distribuídos pelo projeto e para a lavagem de equipamentos e veículos, 40% serão recirculados.

A captação de água para consumo humano na fase de implantação será feita pelo mesmo sistema de água industrial. O consumo médio de água para uso humano durante a implantação está estimado em cerca de 9 m<sup>3</sup>/h.

O tratamento a ser aplicado à água na ETA compacta é baseado em filtração direta por membrana com diâmetro dos poros de 0,01µm. Além da filtração direta, a água será submetida a cloração e fluoretação. A

água tratada será então bombeada para um reservatório de água tratada, que abastecerá a rede de distribuição de água potável do projeto.

A **Figura 6.3.10** mostra esquematicamente o balanço hídrico do Projeto Jaguar em sua fase de implantação.



**Figura 6.3.10: Balanço hídrico na Fase de Implantação.**

Fonte: Centaurus (2022).

### 6.3.2.2.5.3 Sistema de distribuição de energia elétrica

O consumo médio de energia previsto para a fase de implantação é de cerca de 2.500MWh/mês. Esse montante será gerado por grupos geradores, conforme informado anteriormente, onde serão ampliados e reduzidos em número em função da demanda da obra. Estima-se que o número de geradores (500 kVA cada) varie entre 5 e 10 durante a obra, com a média de 9. O consumo de óleo diesel para a geração de energia está estimado em 20 m³/dia.

Haverá três tanques aéreo com capacidade conjunta de 100.000 litros que abastecerão os grupos geradores. Como os caminhões-tanque a serem usados no fornecimento de óleo diesel têm capacidade de 20.000 L, diariamente um caminhão-tanque irá reabastecer os tanques de diesel.

### 6.3.2.2.5.4 Oficina

Durante a fase de implantação, será construída a oficina que será usada também durante a fase de operação do projeto. A oficina será localizada ao lado da planta de beneficiamento. Na oficina, as seguintes atividades serão executadas:

- lavagem de equipamentos e veículos antes da entrada nas dependências da oficina;

- manutenção de equipamentos e veículos leves e pesados;
- calderaria;
- manutenção de pneus; e
- área para tancagem de óleos e lubrificantes.

#### **6.3.2.2.5.5 Alojamento**

Está prevista a implantação de um alojamento com capacidade para 800 pessoas. O alojamento será composto por dormitórios e instalações sanitárias. Cada dormitório terá capacidade para acomodar 8 pessoas (4 beliches em cada dormitório). Os dormitórios terão ar-condicionado e haverá sinal de internet WI-FI em todo o alojamento, além de área de convivência, com mesas de jogos e televisão.

Durante os meses da obra em que o número de trabalhadores exceder a capacidade do alojamento, os trabalhadores excedentes ficarão alojados em Tucumã ou em vilas próximas.

Todo o alojamento seguirá os padrões construtivos e de saúde e segurança definidos pela legislação aplicável, principalmente a NR-24.

#### **6.3.2.2.5.6 Canteiro de obras**

Para dar apoio à instalação do empreendimento serão implantados dois canteiros de obras: um canteiro da Centaurus para o gerenciamento da obra e um canteiro da empreiteira. Os canteiros serão compostos por:

- ambulatório para atendimento de primeiros socorros com consultório, sala de curativos, sala para medicamentos, sala de enfermagem, instalações sanitárias, depósito de material de limpeza e estacionamento;
- brigada de incêndio com sala para plantonistas, sala da inspeção EHS, sala de segurança, depósito para equipamentos, depósito e estacionamento para veículos;
- escritório com sala de reunião, depósito de material de limpeza, sala de coordenação, sala de engenharia, sala de planejamento, arquivo técnico, seção técnica, sala de planejamento e medição; e
- almoxarifado com área de recebimento e armazenamento de materiais de consumo diversos.

#### **6.3.2.2.5.7 Restaurante**

Será construído um refeitório com quatro alas com capacidade de 125 lugares cada, e dotado das seguintes características:

- uma rampa para servir a alimentação entre as duas alas;
- uma área de higienização de louças em cada ala;
- sala de refeições;

- sanitário feminino e masculino;
- área de armazenamento de alimentos (incluindo câmaras frias);
- câmara de lixo orgânico;
- caçambas coletoras de resíduos;
- instalações de gás GLP; e
- hall de entrada e saída de pessoal.

O refeitório terá capacidade para atender toda a mão de obra alocada nas obras da fase de implantação, podendo atender até 500 funcionários simultaneamente. Este refeitório será mantido na fase de operação, mas somente uma das alas será utilizada.

#### **6.3.2.5.8 Central de concreto**

A central de concreto será instalada próxima ao canteiro e será operada pela empreiteira responsável pela construção. O concreto a ser produzido nesta central será usado na execução das obras industriais e atenderá a toda a demanda de concreto do empreendimento.

A central de concreto será composta por:

- uma portaria com balança rodoviária para pesagem dos caminhões;
- prédio de administração (escritórios e laboratório);
- áreas para armazenamento de insumos;
- reservatórios de água;
- tanque de água destinado aos corpos de prova;
- central de pré-moldados;
- sanitários; e
- área de lavagem munida de separador de água e óleo (SAO) dos caminhões-betoneira e da bomba de concreto.

A produção de concreto será realizada por meio da central dosadora automática de concreto com capacidade de 30 m<sup>3</sup>/h. Todo o concreto utilizado no empreendimento será executado pela central de concreto segundo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (NBR-12655, NBR-7211, NBR-7212 e NBR-5732).

Na produção de concreto serão utilizados os seguintes equipamentos:

- silos para armazenamento do cimento em estrutura metálica;
- dosadoras de concreto compostas por silos (caixas) de agregados, com carregamento automático de caminhão; e
- silos ou caixas de agregados compostos por uma balança e uma caixa com divisórias para a armazenagem dos agregados.

Os insumos utilizados serão adquiridos na região e serão levados até a central por meio de transporte rodoviário. As instalações para armazenamento dos insumos serão:

- baias para depósito de areia;
- silos para depósito de brita;
- área para depósito de aço para pré-moldados;
- área para depósito das formas metálicas utilizadas na central de pré-moldados; e
- área para depósito dos corpos de prova.

#### **6.3.2.2.5.9 Portaria principal**

A portaria será instalada na entrada do projeto e contará com estacionamento externo e interno. O controle do acesso de pessoas e materiais será feito na portaria, mas em áreas distintas

#### **6.3.2.2.5.10 Explosivos e paióis**

As emulsões explosivas serão estocadas no paiol de explosivos. A localização do paiol de explosivos é mostrada no layout do projeto (**Figura 6.3.6**). O material será adquirido de fornecedor externo e estocado no paiol de explosivos.

Para a definição das estruturas, foi seguido o R-105 (Decreto Federal Nº 3665, de 20/11/2000 - Regulamento para a Fiscalização de Produtos Controlados). Dentre suas determinações, salienta-se a obrigatoriedade de uso de topografia e vegetação a favor da segurança e, desta forma, todas as barricadas possíveis serão executadas em escavação.

Como pode ser visto no mapa citado acima, o paiol foi estrategicamente posicionado em um vale, onde o terreno ao seu redor funcionará como barreira natural.

Visando reduzir o risco de acidentes e seguindo as exigências da norma NR-19, os paióis de explosivos serão construídos em material incombustível, mal condutor de calor e eletricidade. Somente pessoas treinadas e autorizadas terão acesso ao paiol de explosivos.

O paiol de acessórios será protegido por barricada natural. Os acessórios serão armazenados em caixas no prédio e transportados diretamente para as frentes de lavra a serem desmontadas. Esta instalação será construída dentro dos padrões e especificações do Exército Brasileiro e protegida por barricada natural.

A área para armazenagem será aberta lateralmente, permitindo acesso fácil de caminhões e empilhadeiras, tanto para descarga no recebimento, quanto na carga de caminhões para a lavra.

Emulsões explosivas são misturas de nitrato de amônio diluído em água e óleos combustíveis obtidas por meio de um agente emulsificante; contendo microbolhas dispersas no interior de sua massa responsáveis por sua sensibilização; que normalmente são sensíveis à espoleta comum Nº 8 e, eventualmente, necessitam de um reforçador para sua iniciação.

O tipo de emulsão a ser usada no projeto é a bombeada, que são bombeadas e sensibilizadas diretamente no local de emprego por meio de unidades móveis, de fabricação ou de bombeamento. O fato de a emulsão explosiva ser sensibilizada no local do emprego elimina o risco de acidentes durante o transporte e enquanto armazenada.

#### **6.3.2.2.6 Operações unitárias de controle ambiental para fase de implantação**

Este item apresenta uma descrição dos controles da qualidade ambiental e suas respectivas tarefas responsáveis por garantir o controle da qualidade ambiental do empreendimento, intrínsecos ao processo, em sua fase de implantação e posteriormente para as fases de operação e fechamento.

Dadas as características dos processos do Projeto Jaguar, os sistemas de controle previstos e descritos neste documento, devem ser:

- estação de tratamento de água;
- estação tratamento de efluentes industriais e domésticos;
- separadores de água e óleo;
- barragens de rejeitos;
- sistema de controle de emissões atmosféricas;
- sistemas de contenção de sedimentos;
- sistemas de drenagens em geral;
- depósito intermediário de resíduos; e outros.

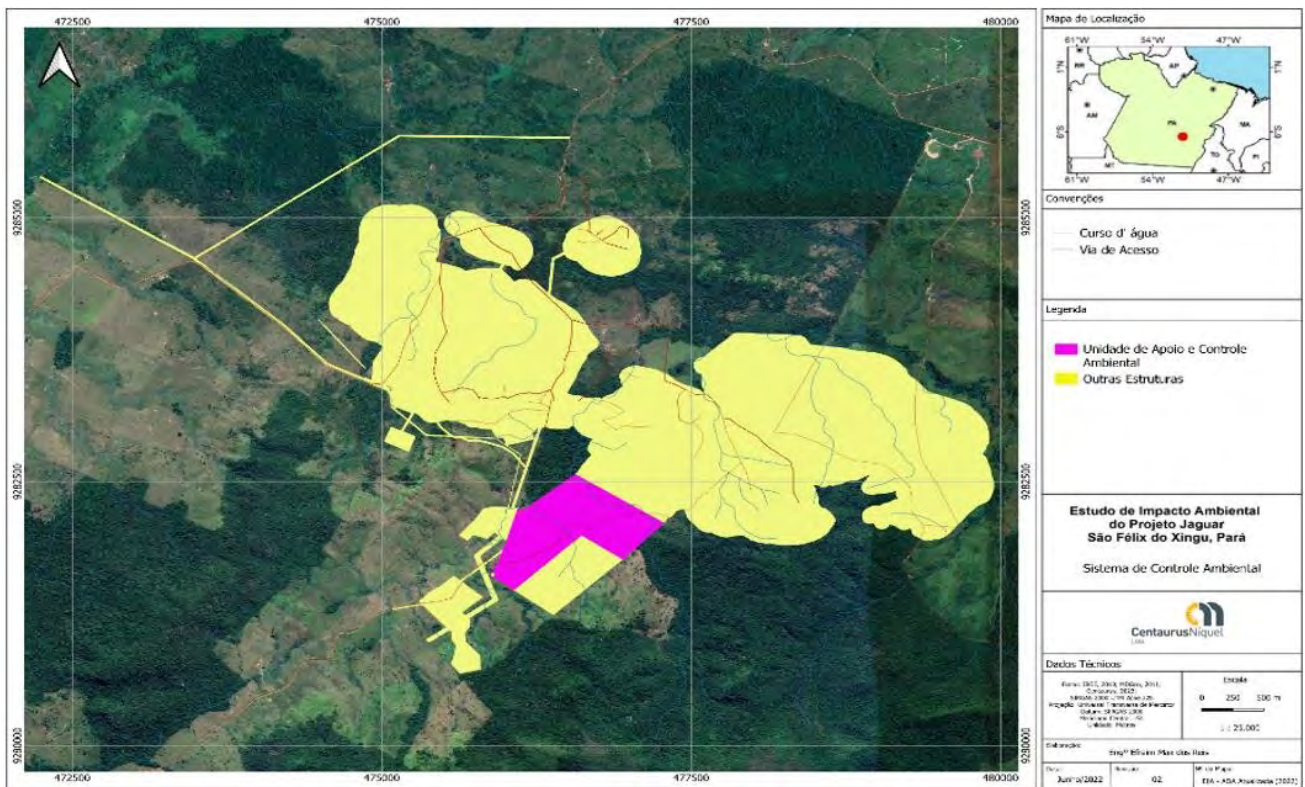
Assim, os itens a seguir apresentam a descrição desses elementos para cada fator ambiental, localizando cada um dos sistemas de controle e estrutura de apoio à implantação do projeto. As operações unitárias de controle ambiental incluem todas aquelas que visam a eliminar/reduzir/controlar os impactos ambientais causados pelas operações principais e auxiliares. São elas:

- efluentes líquidos;
  - sistema de tratamento de efluentes oleosos;
  - sistema de tratamento de efluentes domésticos; e
  - sistema de drenagem pluvial;
- resíduos sólidos;



- depósito intermediário de resíduos – DIR;
- emissões atmosféricas;
  - enclausuramento e de fontes fixas;
  - uso de combustíveis com baixo teor de enxofre; e
  - lavador de gases;
- ruído e vibração;
  - especificação de limite de ruídos dos fabricantes; e
  - enclausuramento acústico, se necessário.

Com base no levantamento de todos os possíveis aspectos listados acima, foram definidos sistemas de controle ambiental para cada um deles, sua localização em relação a área de projeto está identificada na **Figura 6.3.11**.



**Figura 6.3.11: Localização da área dos sistemas de controle ambiental do Projeto Jaguar.**

Fonte: Centaurus (2022).

### 6.3.2.2.6.1 Efluentes líquidos

Os únicos efluentes líquidos a serem gerados pelo Projeto Jaguar na fase de implantação são efluentes oleosos e domésticos. As fontes de geração de efluentes, e sua respectiva estimativa de vazão gerada, para fase de implantação previstas são listadas abaixo na **Tabela 6.3.3**.

**Tabela 6.3.3: Fontes e estimativa de geração de efluentes para fase de implantação.**

Tipo	Fonte	Geração estimada (m <sup>3</sup> /h)
Efluentes oleosos <sup>a</sup>	Posto de combustível	1
	Oficina	2
	Central de concreto (lavador de caminhões-betoneira)	2
Efluentes domésticos <sup>b</sup>	Canteiro da Centaurus	0,5
	Canteiro da empreiteira	1,5
	Alojamento	0,5
	Central de estocagem de resíduos (CER)	0,5
	Central de concreto	1,0
	Oficina	0,5
	Posto de combustível	2,0
	Refeitório	0,5
Portaria	0,5	

**Legenda:** a = Os valores apresentados são as quantidades médias a serem produzidas por fonte geradora e representam a vazão de efluente bruto; b = As quantidades apresentadas são os valores máximos que podem ser produzidos por fonte geradora e representam a vazão de efluente bruto (água e óleo).

Fonte: Centaurus (2022).

A caracterização qualitativa dos efluentes líquidos brutos do Projeto Jaguar é apresentada na **Tabela 6.3.4**.

**Tabela 6.3.4: Caracterização estimada dos efluentes brutos gerados pelo Projeto Jaguar.**

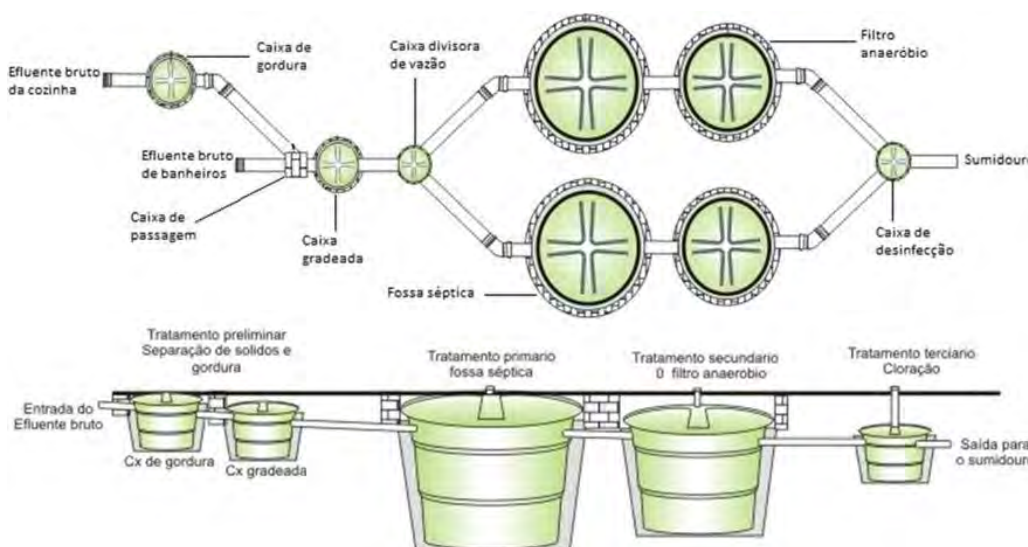
Parâmetro	Efluente doméstico bruto <sup>a</sup>	Efluente oleoso bruto <sup>b</sup>
Temperatura (°C)	27,1	27 – 29
pH	7	7,0 – 7,9
Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	225	-
Sólidos totais (mg/L)	1.100	-
Sólidos fixos (mg/L)	480	-
Sólidos voláteis (mg/L)	620	-
Sólidos suspensos totais (mg/L)	400	34 – 227
Sólidos suspensos fixos (mg/L)	80	-
Sólidos suspensos voláteis (mg/L)	320	-
Sólidos sedimentáveis (mg/L)	15	0,3 – 2
DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	350	-
DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	700	-
<i>E. Coli</i> (NMP/100 mL)	106	-

Parâmetro	Efluente doméstico bruto <sup>a</sup>	Efluente oleoso bruto <sup>b</sup>
Nitrogênio total (mg/L)	50	-
Fósforo total (mg/L)	14	-
Turbidez (UNT)	-	10 – 131
Óleos e graxas (mg/L)	-	142 – 400

Fonte: Centaurus (2022).

Para tratamento dos esgotos domésticos serão implantadas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) tipo fossa-filtro. Este tipo de tratamento é composto de cinco partes, como ilustrado na **Figura 6.3.12**.

- tratamento preliminar;
- fossa séptica;
- filtro anaeróbio;
- desinfecção final; e
- tubo sumidouro.



**Figura 6.3.12: Planta (acima) e vista lateral (abaixo) da ETE fossa-filtro.**

Em conformidade com a ABNT NBR 8160, a primeira etapa do tratamento é denominada tratamento preliminar e inclui a caixa de gordura e a caixa gradeada. A caixa de gordura tem o objetivo de reter os resíduos gordurosos provenientes das cozinhas e sanitários. A caixa gradeada destina-se à remoção de sólidos grosseiros e areia.

A fossa séptica é a unidade de tratamento primário dos esgotos domésticos, onde são feitas a separação e a transformação da matéria sólida contida no esgoto. Neste recipiente, a parte sólida fica retida e o processo biológico de purificação da parte líquida se inicia.

No filtro anaeróbio ocorre o tratamento secundário e físico-biológico do esgoto. O filtro anaeróbio tem eficiência homogeneamente distribuída em todo o leito filtrante, com participação tanto do biofilme aderido ao suporte, como do lodo acumulado. A digestão da matéria orgânica é feita sem a presença de oxigênio, daí o nome de filtro anaeróbio. Isso ocorre porque o filtro está sempre cheio com esgoto, pois o fluxo é ascendente.

A desinfecção final é feita utilizando-se cloro para eliminar microrganismos patogênicos que tenham sobrevivido ao tratamento.

O tubo sumidouro é o dispositivo pelo qual o efluente tratado é lançado no solo para infiltração. O ponto de lançamento do efluente tratado estará a, no mínimo, 1,5 m do nível máximo do lençol freático.

Todo o lodo gerado nas ETEs será tratado (cal) em leitos de secagem próximos da respectiva ETE. Após tratado e desidratado, o lodo será acondicionado em caçambas, para posterior recolhimento e encaminhamento para a usina de compostagem.

Todas as ETEs tipo fossa-filtro serão dotadas de caixas de coleta de amostras na entrada (caixa de passagem) e na saída (caixa de desinfecção) para que, periodicamente, sejam feitas amostragens dos efluentes, objetivando o monitoramento da eficiência das ETEs e da qualidade do efluente tratado.

Apesar do efluente tratado ser infiltrado no solo, as ETEs estão dimensionadas para conferir ao efluente tratado características compatíveis com os padrões de lançamento de efluentes (segundo a Resolução CONAMA 357/05) e garantir que o corpo receptor, a jusante da zona de mistura, atenda aos padrões da Classe 2 (Resolução CONAMA 357/05).

**Tabela 6.3.5: Desempenho nominal das Estações de Tratamento de Esgoto.**

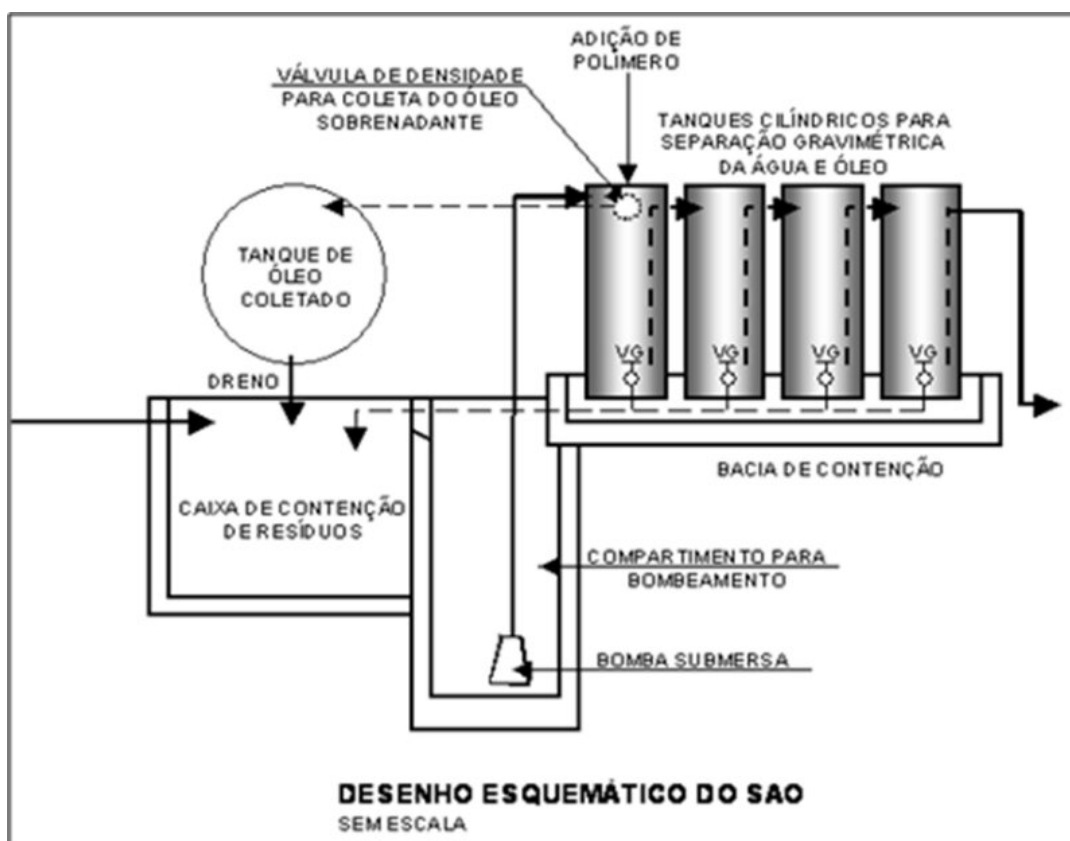
Parâmetro do efluente sanitário	Efluente bruto	Efluente tratado <sup>a</sup>	Padrão Classe 2 <sup>b</sup>	Desempenho (%)	
				Necessário	Nominal
Temperatura (°C)	27,1	< 40	-	-	-
pH	7,0	5 – 9	6 – 9	-	-
Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	225	-	-	-	-
Sólidos totais (mg/L)	1.100	-	-	-	-
Sólidos fixos (mg/L)	480	-	-	-	-
Sólidos voláteis (mg/L)	620	-	-	-	-
Sólidos suspensos totais (mg/L)	400	< 100	-	75%	80%
Sólidos suspensos fixos (mg/L)	80	-	-	-	-
Sólidos suspensos voláteis (mg/L)	320	-	-	-	-
Sólidos sedimentáveis (mg/L)	15	< 1	-	93%	95%
DBO (mg O <sub>2</sub> /L)	350	< 60	5	83%	90%
DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	700	< 180	-	75%	85%
E. Coli (NMP/100 mL)	106	-	1.000	a	99,9%a

Parâmetro do efluente sanitário	Efluente bruto	Efluente tratado <sup>a</sup>	Padrão Classe 2 <sup>b</sup>	Desempenho (%)	
				Necessário	Nominal
Nitrogênio total (mg/L)	50	-	14,7	70%	90%
Fósforo total (mg/L)	14	-	1,4	90%	95%

**Legenda: a = Desempenho a ser atingido por meio da desinfecção com hipoclorito de sódio; b= Resolução CONAMA 357/05.**

Fonte: Centaurus (2022)

Todos os efluentes oleosos gerados no projeto serão enviados para separadores água e óleo antes de serem reutilizados no processo ou lançado no corpo receptor. A maioria dos efluentes tratados será reutilizado no processo e só serão descartados os efluentes tratados se não houver espaço para armazenamento de água. A mostra **Figura 6.3.13** esquematicamente o funcionamento de um separador água e óleo.



**Figura 6.3.13: Separador de água e óleo.**

O sistema está dimensionado para conferir ao efluente tratado características compatíveis com os padrões de lançamento de efluentes (segundo a Resolução CONAMA 357/2005) garantir que o corpo receptor, a jusante da zona de mistura, atenda aos padrões da classe 2 (Resolução CONAMA 357/05). Desta maneira, o desempenho nominal dos SAOs, para os principais parâmetros de interesse é apresentado na **Tabela 6.3.6**.

**Tabela 6.3.6: Desempenho nominal do Separador de água e óleo.**

Parâmetro do efluente oleoso	Efluente bruto	Efluente tratado	Padrão classe 2*	Desempenho (%)	
				Necessário	Nominal
Temperatura (oC)	27 – 29	< 40	-	-	-
Turbidez (UNT)	10 – 131	-	<100	30%	80%
Ph	7,0 – 7,9	5 – 9	6 – 9	-	-
Óleos e graxas (mg/L)	142 – 400	< 20	-	86 – 95	95
Sólidos suspensos totais (mg/L)	34 – 227	-	-	-	-
Sólidos sedimentáveis (mL/L)	0,3 – 2	< 1	-	50	80

**Legenda: \* = Resolução CONAMA 357/05.**

Fonte: Centaurus (2022).

#### **6.3.2.2.6.2 Resíduos sólidos**

Estima-se que os resíduos sólidos listados abaixo podem ser gerados a partir da fase de instalação do empreendimento:

- Baterias e pilhas;
- Borrachas e pneus;
- Entulho de obra;
- Lodos, borras e poeiras de sistemas de tratamento;
- Madeira;
- Resíduos metálicos;
- Resíduos oleosos;
- Papel e papelão;
- Plástico, polímeros e sintéticos;
- Resíduos com mercúrio;
- Resíduos domésticos;
- Resíduos especiais;

- Resíduos mistos;
- Tecidos e lonas; e
- Vidros.

Nesta seção, será apresentado os sistemas de controle a serem aplicados aos resíduos. Como premissa básica do gerenciamento adequado de resíduos sólidos, será implementada a política para minimizar sua geração.

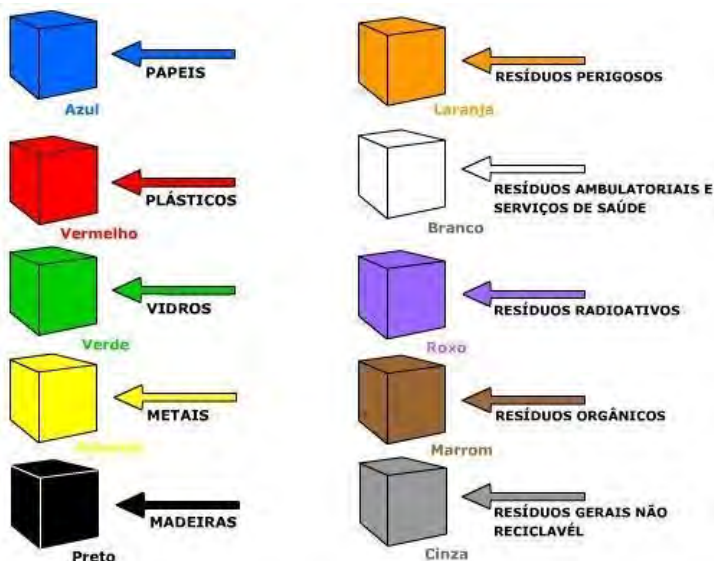
O primeiro ponto a ser abordado será o desenvolvimento de programas de educação ambiental para todos os envolvidos com o Projeto, buscando a sensibilização para a questão da geração de resíduos. Serão abordados tópicos sobre a utilização de utensílios convencionais em relação àqueles descartáveis, desperdício, aproveitamento completo no preparo de alimentos, cuidados no manuseio de embalagens retornáveis para insumos, bem como a segregação correta dos materiais.

Além da abordagem pessoal, serão exigidas das empresas contratadas as boas práticas ambientais no desenvolvimento de construções, visando ao aproveitamento otimizado dos recursos disponíveis, a organização do canteiro de obras e o controle no desperdício de materiais e insumos.

Como será visto adiante, a concepção do sistema de gerenciamento e disposição final de resíduos levou em consideração o menor descarte possível com a inclusão de processos de segregação de resíduos recicláveis, compostagem da matéria orgânica e destinação final para empresas especializadas em resíduos especiais (principalmente perigosos).

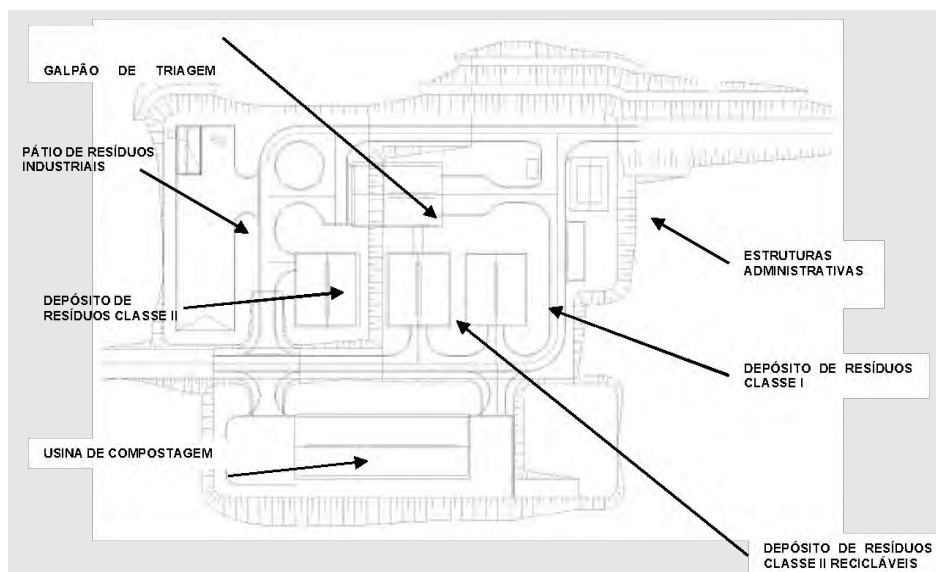
Os procedimentos de controle a serem adotados com relação aos resíduos sólidos podem ser divididos em três estágios, como apresentado a seguir. Inicialmente os resíduos são armazenados no local de sua geração, em recipientes pequenos e identificados por cores para facilitar a segregação do resíduo na fonte. Regularmente, os resíduos serão encaminhados para a Central de Estocagem de Resíduos (CER), que é uma estrutura centralizadora de todos os resíduos gerados no empreendimento. Por fim, os resíduos serão encaminhados para disposição final, podendo ser dispostos nas pilhas de estéril, comercializados, reutilizados no próprio empreendimento ou encaminhados para tratamento e disposição final de empresas especializadas em resíduos perigosos ou inertes.

Inicialmente os resíduos serão segregados, acondicionados em recipientes de acordo com as suas características e mantidos no local de origem. A **Figura 6.3.14** abaixo ilustra os recipientes a serem utilizados na coleta seletiva dos resíduos sólidos.



**Figura 6.3.14: Identificação dos recipientes para a coleta seletiva dos resíduos sólidos.**

A CER será construída em estrutura metálica com piso de concreto impermeabilizado (**Figura 6.3.15**). A área de material contaminado Classe I será provida de canaleta em torno do piso para coletar efluentes oleosos que porventura vazem e direcioná-lo para uma caixa de contenção.



**Figura 6.3.15: Desenho esquemático da Central de Estocagem de Resíduos.**

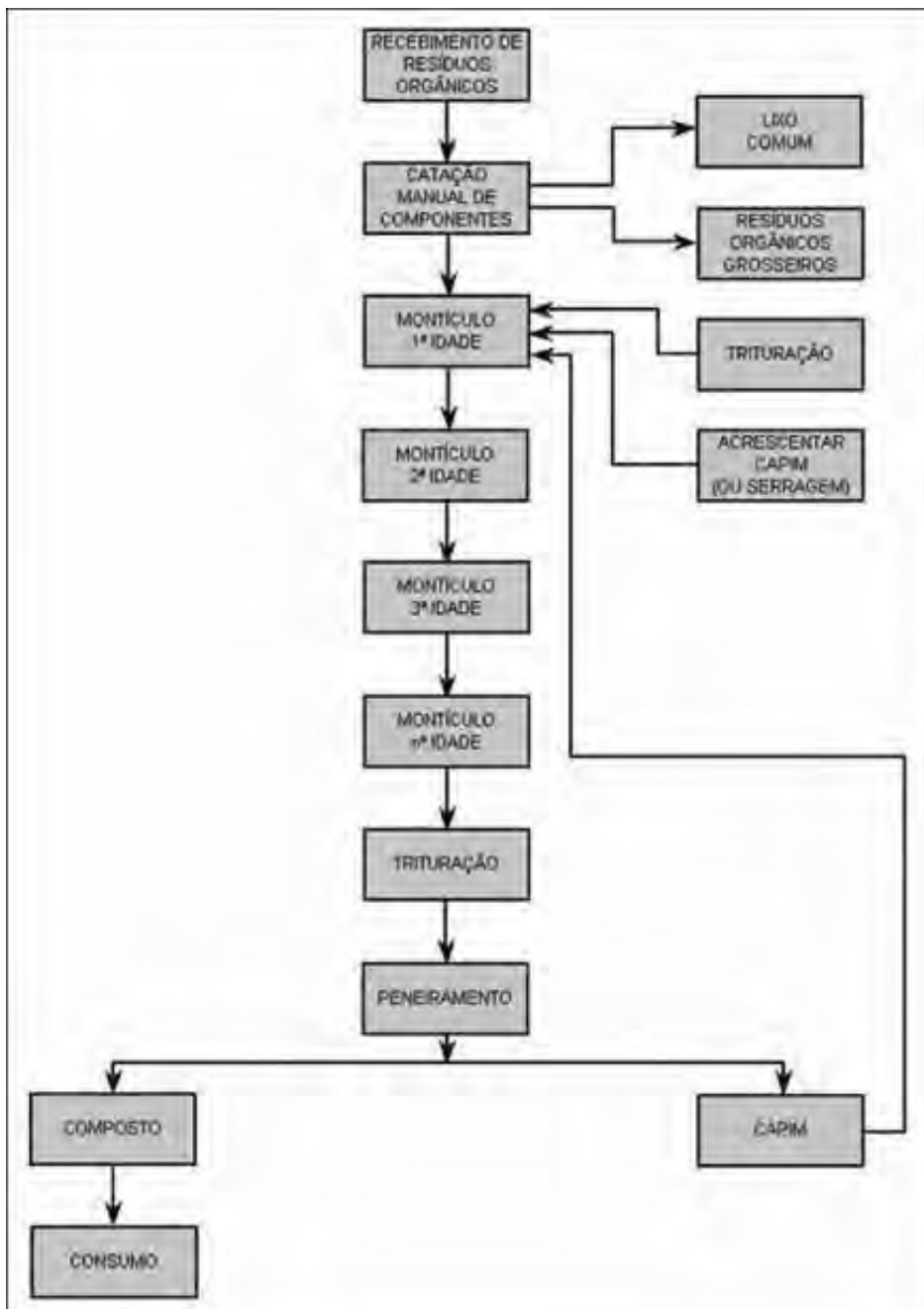
Fonte: Centaurus (2022).

Os resíduos inertes não contaminados e recicláveis, tais como, papel/papelão, plásticos PET, latas de alumínio e de aço, isopor, *big bag*'s, entre outros serão armazenados temporariamente e prensados, acondicionados e estocados no CER, antes de serem comercializados.

No pátio de resíduos industriais serão armazenados temporariamente resíduos recicláveis não contaminados, quais sejam, sucata metálica, pneus, filtros de ar, restos e tiras de correias transportadoras, tambores metálicos vazios e os equipamentos de grande porte desativados.

Todos os resíduos orgânicos (Classe IIA), incluindo restos de alimentos dos refeitórios e resíduos vegetais serão enviados para a usina de compostagem, bem como o lodo estabilizado proveniente das ETEs (vide fluxograma de compostagem na **Figura 6.3.16**).





**Figura 6.3.16: Fluxograma do processo de compostagem.**

Fonte: Centaurus (2022).

A usina de compostagem será composta por duas áreas:

- área de recebimento e triagem; e
- área de compostagem.

Todo o sistema de triagem dos resíduos será implantado em um galpão coberto, devidamente ventilado, com fechamento em suas laterais para impedir a ação de ventos, chuvas e entrada de animais silvestres.

A base interna (piso) da unidade será revestida com argamassa de concreto, com acabamento da superfície favorável à limpeza e higienização. Internamente, no entorno da unidade, será implantado um sistema de drenagem para a coleta de águas de lavagem e de eventuais líquidos percolados dos resíduos, tendo em vista que o processo de compostagem será realizado por via aeróbia e, desta forma, não se espera percolação de chorume.

Toda a área da usina de compostagem terá piso em concreto e sistema de drenagem pluvial para conduzir a água de maneira adequada ao curso de água mais próximo.

Por definição, a compostagem é a transformação de resíduos orgânicos, mediante processos físicos, químicos e biológicos, em material biogênico mais estável e resistente. O resultado final é o “composto”, excelente condicionador orgânico dos solos.

O processo é constituído basicamente de duas etapas:

- Física – onde é realizada a preparação dos resíduos, executando uma separação entre a matéria a ser compostada e outros materiais (potencialmente recicláveis e/ou rejeitos), e em seguida uma homogeneização; e
- Biológica – consiste na fermentação e da digestão do material, realizadas sob condições controladas, em um período que varia de 60 a 120 dias.

O processo para compostagem de resíduos orgânicos será dimensionado para receber diariamente os resíduos gerados nos refeitórios e na limpeza do empreendimento. Em termos básicos, os componentes dos resíduos são os restos gerados na preparação dos alimentos e nas refeições e resíduos vegetais. Estes resíduos estarão acondicionados em recipientes próprios para serem transportados para a usina de compostagem.

### **Destinação final dos resíduos sólidos**

Os resíduos orgânicos (classe IIA), como restos de alimentos e resíduos vegetais de poda e capina, serão encaminhados para a usina de compostagem. Os resíduos inertes (classe IIB) não perigosos e recicláveis serão comercializados, já os não recicláveis (entulho de obra) serão dispostos nas pilhas de estéril ou recolhidos por empresa especializada.

Os resíduos gerados no ambulatório (classe I) serão recolhidos por empresa especializada para destinação final adequada. Os óleos usados (classe I) serão enviados para re-refino, por empresa especializada e licenciada, bem como os resíduos contaminados com óleos e graxas (classe I) que serão destinados a co-processamento. Os resíduos sanitários (classe IIA) serão coletados e terão disposição final por empresa especializada.

A **Tabela 6.3.7** apresenta a disposição final de cada tipo de resíduo gerado no Projeto, além disso, também indica se haverá tratamento e/ou reutilização do resíduo. Cabe ressaltar que não haverá tratamento para os resíduos especiais dentro da área do empreendimento. Tais procedimentos serão realizados por empresas especializadas contratadas para a realização dos serviços.

**Tabela 6.3.7: Disposição final dos resíduos sólidos.**

Resíduo	Disposição final	Tratamento / disposição final	Reutilização
Bateria alcalina	Empresa especializada	X	
Bateria chumbo ácida	Empresa especializada	X	
Pilhas diversas	Empresa especializada	X	
Baterias diversas (de 6 e 9 volts) – Seca	Empresa especializada	X	
Correia transportadora sem alma de aço	Reciclagem		X
Mangueiras, Mangotes sem nips e tubos de borracha,	Reciclagem		X
Pneus veículos leve	Reciclagem – comercialização		X
Correia transportadora com alma de aço	Reciclagem – comercialização		X
Entulho misto	Pilhas de Estéril ou empresa especializada	X	
Lodo da ETC - Estação de Tratamento de Efluentes Químicos)	Usina de compostagem	X	
Lodo de Fossa Séptica	Usina de Compostagem	X	
Serragem não contaminada	Usina de Compostagem	X	
Madeiras não recicláveis - cavacos, madeira podre, ciscos, lascas, pequenos pedaços	Usina de Compostagem	X	
Sucata de ferro	Reciclagem - comercialização		X
Sucata de aço inox	Reciclagem - comercialização		X
Sucata de alumínio	Reciclagem - comercialização		X
Sucata de cobre	Reciclagem - comercialização		X
Sucata de bronze	Reciclagem - comercialização		X
Areia ou solo contaminado com óleos e/ou graxas	Empresa especializada	X	
Borra oleosa (limpeza de SAOs, oficinas)	Empresa especializada	X	
Elemento filtrante de filtro de óleo	Empresa especializada	X	
Filtro de óleo	Empresa especializada	X	
Graxa	Empresa especializada	X	
Óleo lubrificante usado	Empresa especializada	X	
Resíduo de varrição de oficinas com óleo e graxa	Empresa especializada	X	

Resíduo	Disposição final	Tratamento / disposição final	Reutilização
Solução de desengraxante usada	Empresa especializada	X	
Papel branco de escritório	Reciclagem - comercialização		X
Polipropileno (PP)	Reciclagem - comercialização		X
Plástico rígido, PEAD	Reciclagem – comercialização		X
Plástico em geral não contendo resíduo perigoso	Reciclagem - comercialização		X
Poliuretano – peças	Reciclagem - comercialização		X
Poliestireno expandido - Isopor, espuma e napa	Reciclagem - comercialização		X
Lâmpadas fluorescentes	Empresa especializada	X	
Lâmpadas com vapor metálico (sódio ou mercúrio), e iodo	Empresa especializada	X	
Óleos e gorduras vegetais	Empresa especializada	X	
Resíduo de alimentação/restaurante	Usina de Compostagem	X	
Resíduo de limpeza/manutenção de áreas verdes	Usina de Compostagem	X	
Resíduos Domésticos / Sanitários	Empresa especializada	X	
Borras de tinta	Empresa especializada	X	
Resíduos de serviços de saúde	Empresa especializada	X	
Componentes eletroeletrônicos	Reciclagem – comercialização		X
Roletes	Reciclagem – comercialização		X
Cartuchos de tinta p/ impressora	Reaproveitamento		X
Tonner de impressora/copiadora	Reaproveitamento		X
Big bags	Reciclagem		X
Filtros de ar usados	Empresa especializada	X	
Placas e pedaços de vidro transparente	Reciclagem		X

Fonte: Centaurus (2022).

#### 6.3.2.2.6.3 Emissões atmosféricas

A Centaurus, por meio de empresa especializada, realizou um levantamento qualitativo de todas possíveis fontes de emissões atmosféricas, independentemente dessas fontes terem capacidade de alterar a qualidade do ar ou não.

Os poluentes atmosféricos e suas respectivas fontes no projeto são apresentados abaixo.

- Material particulado (partículas totais, partículas inaláveis e  $PM_{2.5}$ ): emissões de veículos nas vias internas e cavas a céu aberto;
- Dióxido de Enxofre ( $SO_2$ ): emissões de veículos nas vias internas e emissões dos equipamentos nas cavas;
- Monóxido de Carbono (CO): emissões de veículos nas vias internas e emissões dos equipamentos nas cavas;
- Dióxido de Nitrogênio ( $NO_2$ ): emissões de veículos nas vias internas e emissões dos equipamentos nas cavas; e
- Ozônio ( $O_3$ ): o ozônio é um poluente secundário, isto é, ele não é emitido diretamente, mas se forma na atmosfera na presença de alguns gases e de radiação solar. Os gases que podem ser emitidos pelo projeto e que são componentes da mistura que forma ozônio são o monóxido de carbono e o dióxido de nitrogênio.

As vias não pavimentadas do empreendimento receberão aspersão de água durante o período seco do ano (abril a novembro), com o intuito de minimizar a suspensão de partículas em virtude da circulação de veículos e equipamentos. A aspersão será feita por meio de dois caminhões pipa.

Há duas medidas propostas para controlar as emissões de gases de combustão dos veículos e equipamentos:

- Manutenção preventiva e corretiva regularmente: a manutenção assegura que o motor esteja funcionando corretamente e que a eficiência energética e, conseqüentemente, as emissões, estarão dentro dos padrões aceitáveis. Durante a manutenção, será feita inspeção visual dos gases na saída do escapamento de forma a monitorar se há excesso de partículas sendo emitidas.
- Combustível menos poluente: o diesel a ser utilizado nos veículos e equipamentos será o diesel S10. Esse combustível tem 10 partes por milhão de enxofre, enquanto o combustível comum S500, tem 500 partes por milhão. Isso contribui com a redução de emissões de dióxido de enxofre ( $SO_2$ ).

#### 6.3.2.2.6.4 Ruído e vibração

Durante as etapas desenvolvidas no Projeto Jaguar serão diversas as fontes de emissão de ruídos (**Tabela 6.3.8**). Na etapa de instalação, as frentes de trabalho da obra serão responsáveis pela maior parte dos ruídos emitidos. Assim, a maioria das fontes será móvel, em virtude do avanço das obras civis e da montagem eletromecânica.

**Tabela 6.3.8: Fontes e estimativa de ruídos durante a fase de implantação.**

Fonte	Quantidade*	Caracterização	
		Qualitativa	Quantitativa [dB(A)]
Aparelho oxi-acetileno	2	Móvel, nível sonoro constante	-
Caminhão betoneira	2	Móvel, nível sonoro variável	78
Caminhão pipa	4	Móvel, nível sonoro aproximadamente constante	70
Caminhões Munck	3	Móvel, nível sonoro aproximadamente constante	86
Caminhão basculante	40	Móvel, nível sonoro aproximadamente constante	55
Carregadeira	4	Móvel, nível sonoro aproximadamente constante	101
Carreta prancha	1	Móvel, nível sonoro aproximadamente constante	94
Carros leves de apoio	15	Móvel, nível sonoro constante	90
Comboio de lubrificação	2	Móvel, nível sonoro aproximadamente constante	95
Compressor de água	2	Móvel, nível sonoro constante	88
Escavadeira hidráulica	5	Móvel, nível sonoro aproximadamente constante	107
Gerador elétrico	2	Móvel, nível sonoro constante	-
Grade de disco	6		-
Guindaste	2		-
Máquina de solda elétrica	2		-
Compactador	2		109
Motoniveladora	5	Móvel, nível sonoro aproximadamente constante	95
Moto scraper	4		90
Motoserra	10		95
Pá carregadeira	2		89
Patrol	2		90
Perfuratriz	2		95
Retroescavadeira	5		98
Rolo compactador	5		95
Rompedor de concreto	2		110
Trator agrícola	3		105
Trator de esteira D6	5		110
Trator de pneu	2	97	

**Legenda:** \* = medido a um metro da fonte.

Fonte: Centaurus (2022).

### 6.3.2.7 Insumos para fase de implantação

A Erro! Fonte de referência não encontrada., apresenta um resumo das informações acerca dos insumos a serem consumidos na Fase de Implantação do Projeto Jaguar. Nesta tabela encontra-se a relação de cada procedimento de segurança para manejo de insumos e produtos químicos.

**Tabela 6.3.9: Insumos a serem usados na fase de implantação do Projeto Jaguar.**

Insumo	Transporte	Consumo	Armazenamento	Segurança	Estocagem	Destinação final
Água Potável	Rede de Distribuição	9 m³/h	Reservatório de água tratada	Não aplicável	Reservatório de água tratada	Estação de Tratamento de Esgoto
Água Industrial (água nova)	Rede de Distribuição	29 m³/h	Reservatório de água industrial	Não aplicável	Reservatório de água industrial	Recirculação / Drenagem Pluvial
Energia Elétrica	Rede de Distribuição	2.500 MWh/mês	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Concreto	Caminhões betoneira	18.000 m³/mês	Consumo imediato	Não aplicável	Consumo imediato	Estruturas de concreto armado
Aço	Caminhões	1.300 t/mês	Área aberta, sobre o solo	Não aplicável	Área de estocagem de aço	Estruturas de concreto armado
Areia	Caminhões	6.300 m³/mês	Baia coberta, sobre o solo	Não aplicável	Área de estocagem de areia	Confecção do concreto
Brita	Caminhões	22.400 m³/mês	Baia coberta, sobre o solo	Não aplicável	Área de estocagem de brita	Confecção do concreto
Cimento	Caminhões	7.500 t/mês	Silo de cimento	ANEXO F	Silo de cimento	Confecção do concreto
Madeira para forma	Caminhões	38.300 m³/mês	Baia coberta, sobre o solo	Não aplicável	Área de estocagem de madeira	Reciclagem
Oxigênio	Caminhões	45.200 m³/mês	Baia coberta, piso de concreto	ANEXO F	Garrafas para oxigênio	Preparação de estrutura metálica
Acetileno	Caminhões	19.000 kg/mês	Baia coberta, piso de concreto	ANEXO F	Garrafas para oxigênio	Preparação de estrutura metálica
Argônio	Caminhões	2.400 m³/mês	Baia coberta, piso de concreto	ANEXO F	Garrafas para oxigênio	Preparação de estrutura metálica
Estrutura Metálica	Caminhões	3.700 t/mês	Galpão coberto, piso de concreto	Não aplicável	Área de estocagem de estrutura metálica	Não aplicável
Fluorsilicato de Sódio	Caminhões	0,0022 L/m³	Prédio coberto, piso de concreto	ANEXO F	Bombonas Plásticas	Tratamento de água

Insumo	Transporte	Consumo	Armazenamento	Segurança	Estocagem	Destinação final
Hipoclorito de Sódio	Caminhões	0,0076 L/m <sup>3</sup>	Prédio coberto, piso de concreto	ANEXO F	Bombonas Plásticas	Tratamento de água e esgoto
Carbonato de Sódio	Caminhões	0,015 Kg/m <sup>3</sup>	Prédio coberto, piso de concreto	ANEXO F	Bombonas Plásticas	Tratamento de água
Tintas	Caminhões	0,012 m <sup>3</sup> /dia	Prédio coberto, piso de concreto	ANEXO F	Galões de 3,6 litros	Preparação de estrutura metálica
Solventes	Caminhões	0,01 m <sup>3</sup> /dia	Prédio coberto, piso de concreto	ANEXO F	Galões de 3,6 litros	Re-refino
Óleo lubrificante	Caminhão-tanque	0,1 m <sup>3</sup> /dia	Prédio coberto, piso de concreto	ANEXO F	Tambores de 200 Litros	Re-refino
Óleo Diesel	Caminhão-tanque	30 m <sup>3</sup> /dia	Área coberta, piso de concreto	ANEXO F	5 Tanques aéreos de 100 m <sup>3</sup>	Não Aplicável
Gás Liquefeito de Petróleo	Caminhões	0,05417 Kg/refeição	Prédio coberto, piso de concreto	ANEXO F	Garrafas de 45 Kg	Refeitórios
Líquido de Arrefecimento	Caminhões	0,02 m <sup>3</sup> /dia	Área coberta, piso de concreto	ANEXO F	Garrafas de 45 Kg	Empresa especializada
Aditivos para concreto	Caminhões	0,05 Kg/m <sup>3</sup>	Área coberta, piso de concreto	Não aplicável	Bombonas	Confecção do concreto

Fonte: Centaurus (2022).

### 6.3.2.2.8 Cronograma da fase de implantação

A fase de implantação tem previsão de duração de cerca de 18 meses (vide **Figura 6.3.17**) e incluirá as seguintes atividades:

- Aquisições/Indenizações a superficiários;
- Supressão vegetal e limpeza da área do projeto;
- Terraplenagem;
- Obras civis;
- Montagens eletromecânicas;
- Decapeamento (pre-stripping); e



▪ **Comissionamento.**

Atividade	MÊS 1	MÊS 2	MÊS 3	MÊS 4	MÊS 5	MÊS 6	MÊS 7	MÊS 8	MÊS 9	MÊS 10	MÊS 11	MÊS 12	MÊS 13	MÊS 14	MÊS 15	MÊS 16	MÊS 17	MÊS 18
Vias de Acesso																		
Energia Elétrica																		
Sistema de Abastecimento de Água																		
Supressão Vegetal e Decapamento das Cavas																		
Preparação do Local - Terraplenagem																		
Operações de Apoio																		
Obras civis																		
Instalação dos Equipamentos - Montagem Eletromecânica																		
Comissionamento																		

**Figura 6.3.17: Cronograma da Fase de Implantação.**

**6.3.2.3 Fase de operação**

Na fase de operação do Projeto Jaguar, estão as seguintes as Operações Unitárias Principais:

- lavra de minério (a céu aberto e subterrânea), incluindo:
  - desmonte de rocha;
  - escavação;
  - carregamento de caminhões;
  - transporte de minério até a planta;
  - transporte e disposição de estéril.
  
- beneficiamento de minério, incluindo:
  - britagem;
  - peneiramento;
  - concentração por flotação;
  - espessamento;
  - filtragem;
  - hidrometalurgia; e
  - disposição de rejeitos.

A administração do projeto será feita a partir do prédio administrativo localizado na entrada do empreendimento. Este prédio abrigará toda a gerência/supervisão e os profissionais de nível superior e técnico, que juntos totalizarão cerca de 200 pessoas. O prédio da administração será construído em alvenaria e contará com sinal de internet WI-FI, além de ar-condicionado central e sistema de prevenção e combate a incêndio.

Ao lado do prédio administrativo, estará localizado o centro de atendimento médico e de emergência. Neste local ficarão todos os profissionais de saúde do projeto, incluindo médico, enfermeiros e técnicos em enfermagem. A ambulância ficará estacionada no centro médico e estará equipada para atender casos de média complexidade.

O refeitório construído para as obras, com quatro alas com capacidade de 215 lugares cada, continuará a ser utilizado durante a fase de operação, mas com metade da capacidade, ou seja, duas das quatro alas serão desmontadas. No refeitório haverá uma rampa para servir a alimentação, uma área de higienização de louças, sala de refeições, sanitário feminino e masculino, área de armazenamento de alimentos (incluindo câmaras frias), câmara de lixo orgânico, caçambas de resíduos, instalações de gás GLP e hall de entrada e saída de

peçoal. O refeitório terá capacidade para atender toda a mão de obra da fase de operação (1.200 trabalhadores divididos em três turnos) e funcionará durante 3 horas para cada almoço (11-14hs), jantar (18-21hs) e café da manhã (6-9hs).

Haverá duas principais oficinas no projeto, uma para a planta e outra para a mina. A oficina da planta será utilizada pela Centaurus para manutenção e reparos dos equipamentos da planta de beneficiamento. Já a oficina da mina será utilizada pela empresa contratada que fará a lavra e o transporte do minério e do estéril. Esta será construída e equipada para atender aos equipamentos móveis de mina (caminhões, escavadeiras, perfuratrizes, entre outros).

Dentro do processo de beneficiamento, uma das etapas é o processo de oxidação sobre pressão que demanda oxigênio líquido para que ocorra. Dessa maneira, está prevista a implantação de uma planta de produção de oxigênio, que é um processo relativamente simples que utiliza como matéria prima o próprio ar. A planta terá capacidade de cerca de 400 toneladas de oxigênio por dia, com pureza de oxigênio de 99,5% em volume. Toda a água de resfriamento a ser utilizada na produção de oxigênio será integralmente recirculada, com isso há demanda de água nova é irrisória, limitando-se a vazamentos e perdas por evaporação.

Como já apresentado anteriormente no EIA, a demanda de água nova na fase de operação do Projeto Jaguar será de 68 m<sup>3</sup>/h. A água a ser utilizada no processo não precisa ter nível de qualidade tão alto quanto a água que será utilizada para cozinhar, lavar louça ou para consumo humano. O tratamento a ser aplicado na água nova de uso industrial será composto por gradeamento, decantação e desinfecção. A água para consumo humano continuará no processo de tratamento e passará desinfecção a um nível elevado, garantindo a potabilidade da água.

### **6.3.2.3.1 Operações unitárias principais**

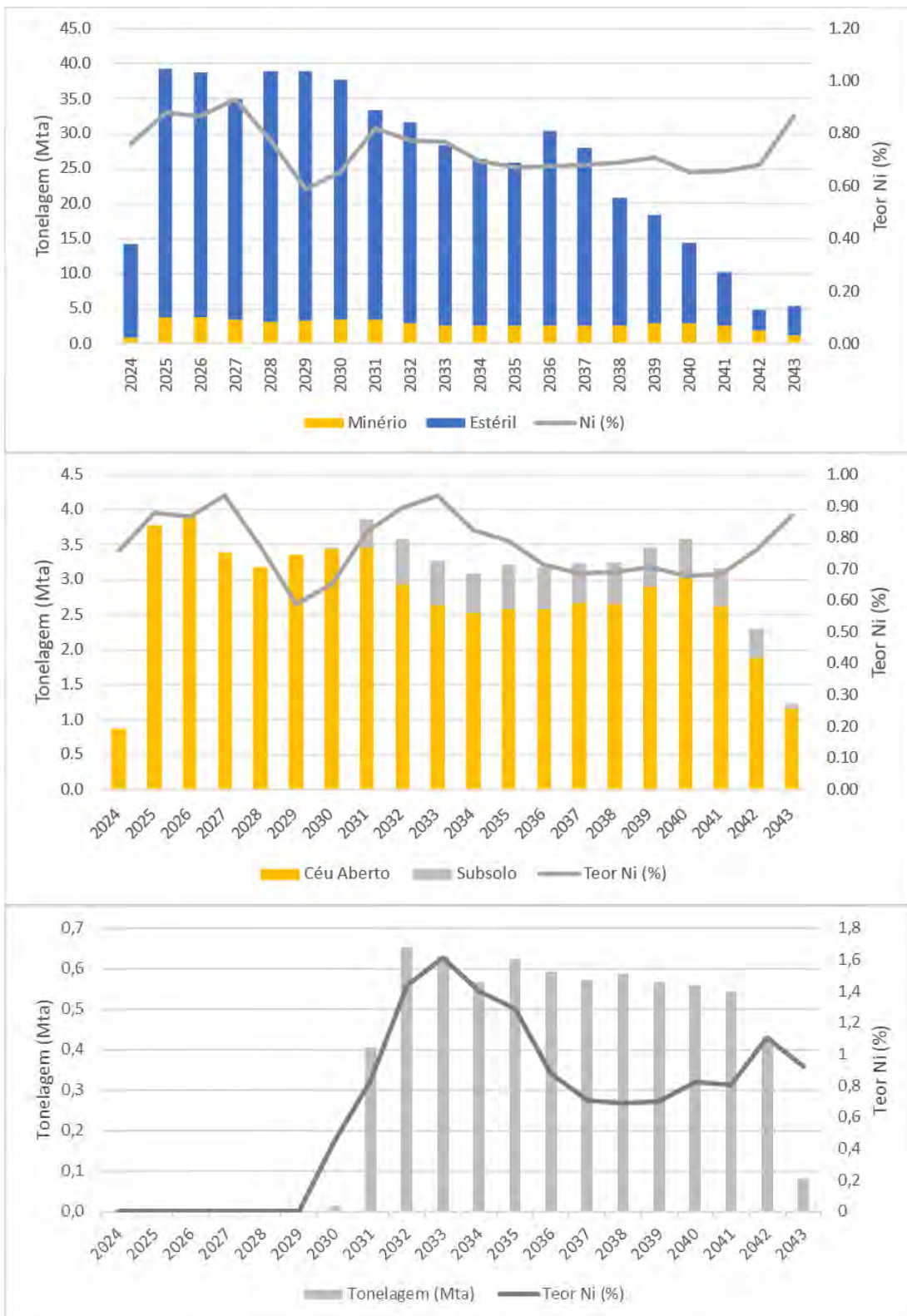
As operações unitárias principais do Projeto Jaguar são aquelas atividades ligadas diretamente à produção do sulfato de níquel. Este item visa a descrever o conjunto dos principais processos e suas respectivas tarefas, responsáveis diretamente pela geração do produto, objeto maior do empreendimento, ou seja:

- lavra de minério (a céu aberto e subterrânea);
- transporte de minério até a planta;
- transporte e disposição de estéril;
- beneficiamento de minério; e
- disposição de rejeitos.

#### **6.3.2.3.1.1 Processo de lavra**

A reserva estimada de minério de níquel sulfetado do Projeto Jaguar está em 62 milhões de toneladas. Utiliza-se o verbo “estar” denotando incerteza, pois com o avanço das pesquisas e mesmo durante a lavra, pode-se encontrar mais níquel do que atualmente se conhece. Toda essa reserva atual será lavrada.

A vida útil prevista atualmente para a mina do Projeto Jaguar é de 20 (vinte) anos. A produção anual e os volumes a serem lavrados são mostrados na **Figura 6.3.18** abaixo.



**Figura 6.3.18: Volumes lavrados anualmente.**

Fonte: Centaurus (2022).

O Projeto Jaguar está sendo dimensionado para uma meta de produção de 91 mil toneladas anuais de níquel, em sulfato, com teor de 22% de níquel, a partir de uma alimentação média da planta de beneficiamento de 2,8

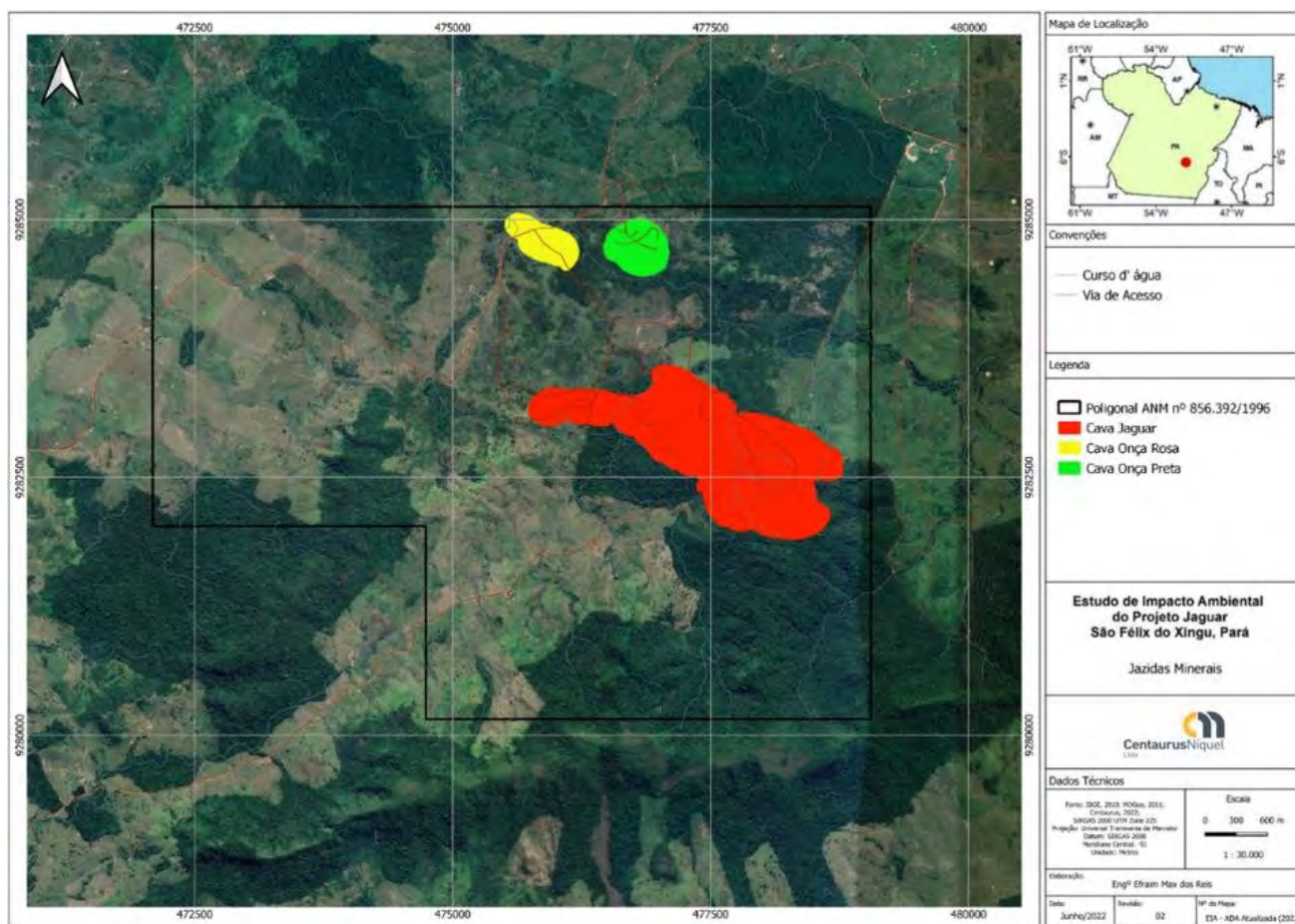
milhões de toneladas de minério por ano, atingindo picos de até 3,5 em alguns anos. Além do produto principal (sulfato de níquel), serão produzidas também 7 mil toneladas por ano de um precipitado de sulfeto metálico (níquel, cobalto e zinco).

A lavra engloba uma série de atividades que devem ser conduzidas para possibilitar a retirada do minério, entre elas, as principais são o desmonte da rocha, escavação e carregamento do material desmontado (estéril e minério). Contudo, antes de se iniciar a lavra, a cava e/ou *stope* (termo em Inglês que significa o túnel subterrâneo onde é feita a lavra subterrânea) deve ser projetada e aberta de forma segura para permitir que pessoas e equipamentos acessem as cavas e/ou *stopes*. A conformação da cava ou dos *stopes* irá alimentar a melhor maneira de transportar o minério/estéril.

O desmonte da rocha é a etapa inicial da lavra propriamente dita. O objetivo desta etapa é desmontar o material que seja muito compacto e não possa ser escavado com a escavadeira. Desta forma, essa atividade é normalmente feita com explosivos que são inseridos por perfuratrizes. A meta é reduzir o tamanho de cada bloco de material de modo que o caminhão consiga transportar o maior volume possível por viagem, reduzindo assim o número de viagens e o custo.

A escavação é feita na área da jazida. Parte de escavação será feita com auxílio de explosivos para desmontar a rocha (nos locais onde a rocha for mais compacta) e a outra parte será feita utilizando-se somente escavadeiras, sem explosivos. O material que é escavado diretamente ou que é desmontado por explosivos é então carregado nos caminhões que farão transporte do minério até a planta de beneficiamento e do estéril até as pilhas de estéril.

O Projeto Jaguar é composto basicamente de duas zonas mineralizadas: Jaguar e Onças. Na **Figura 6.3.19**, abaixo, está apresentada a localização dessas duas zonas mineralizadas dentro dos limites da poligonal do direito minerário.



**Figura 6.3.19: Localização das jazidas minerais do Projeto Jaguar.**

Fonte: Centaurus (2022).

Os parâmetros gerais utilizados para dimensionamento das cavas a céu aberto foram:

- Largura mínima de lavra de 20 metros;
- Altura dos bancos na cava final de 15 metros; e
- Largura das vias de transporte interno nas cavas de 9 metros para vias de sentido único e 13 metros para vias de mão dupla.

Considerando as jazidas de Jaguar e Onças, haverá ao todo três cavas a céu aberto (sendo a cava Jaguar subdivididas em áreas), com as dimensões ao final da vida útil da mina mostradas no Tabela 6.3.10 abaixo.

**Tabela 6.3.10: Dimensões das cavas a céu aberto do Projeto Jaguar, em metros.**

Cava	Profundidade máxima	Largura máxima	Comprimento máximo
Jaguar Norte	340	500	615
Jaguar Central	240	380	850
Jaguar Oeste	130	265	850
Jaguar Nordeste	200	370	1.180
Jaguar Sul	295	700	1.200

Cava	Profundidade máxima	Largura máxima	Comprimento máximo
Jaguar Geral	75	290	390
Onça Preta	270	470	530
Onça Rosa	125	255	680

Fonte: Centaurus (2022).

As minas subterrâneas serão somente 5 e suas dimensões principais são mostradas na **Tabela 6.3.11**.

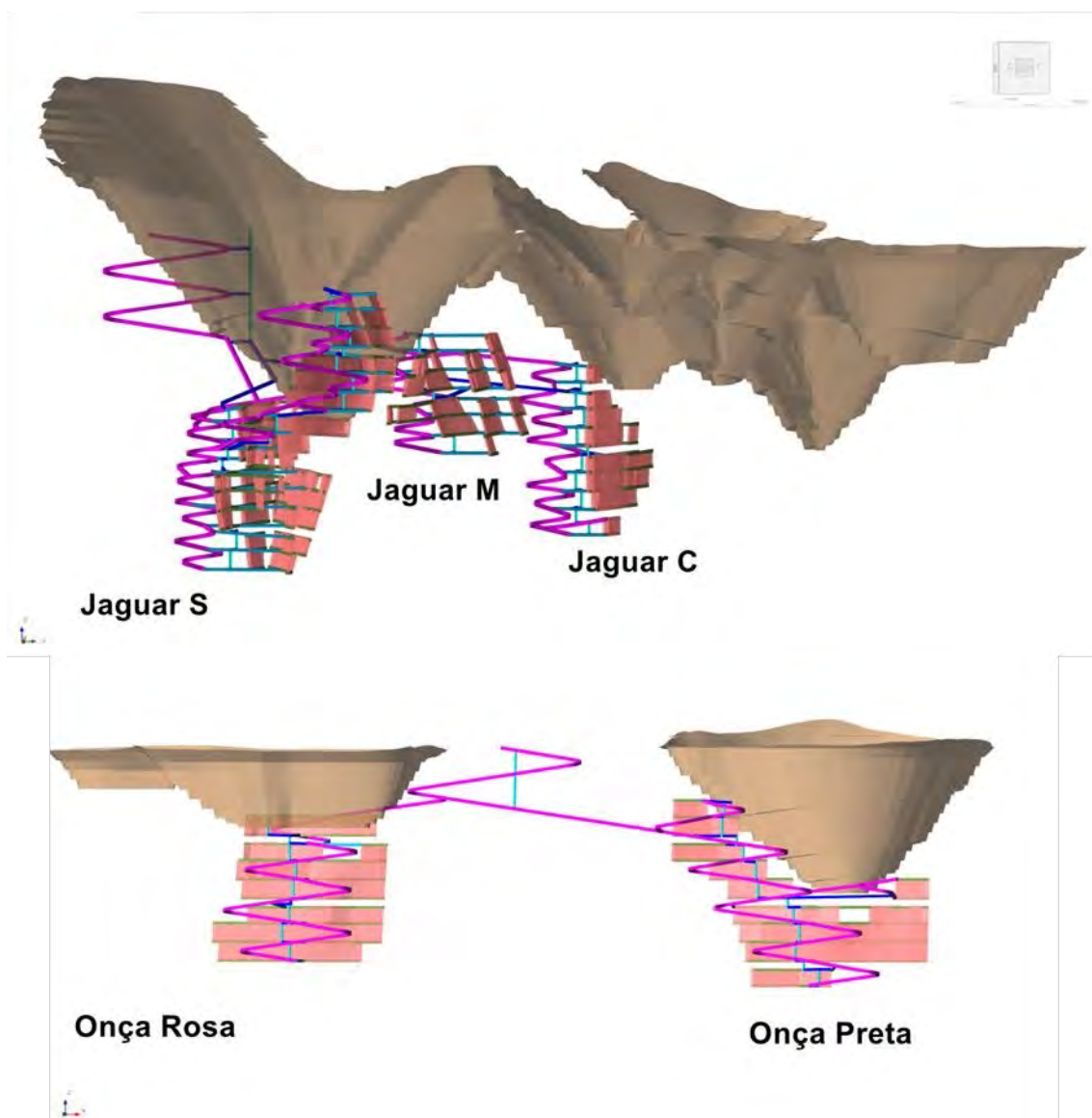
**Tabela 6.3.11: Dimensões das minas subterrâneas do Projeto Jaguar, em metros.**

Mina subterrânea	Profundidade máxima em relação a cava*	Largura máxima	Desenvolvimento máximo
Jaguar (M.)	222	230	6.226
Jaguar Central	110	290	4.398
Jaguar Sul	195	860	18.575
Onça Preta	150	410	8.153
Onça Rosa	215	280	5.179

**Legenda: \* = A partir da cota de fundo da respectiva cava a céu aberto.**

Fonte: Centaurus (2022).

A **Figura 6.3.20** mostra o perfil das cavas a céu aberto e das minas subterrâneas propostas ao final da vida útil.



**Figura 6.3.20: Perfil das cavas a céu aberto e das minas subterrâneas propostas ao final da vida útil.**

Fonte: Centaurus (2022).

As minas subterrâneas serão lavradas através do método dos subníveis com arranjo e sequência de lavra descendente em realces abertos. Assim, a lavra será feita em recuo desde as extremidades até um acesso central para cada subnível e desde o topo dos painéis em direção à base em realces abertos que poderão ser enchidos após a lavra a partir do topo dos painéis. O subníveis serão de 25 m, medidos de piso a piso.

Os portais das minas subterrâneas e a infraestrutura de superfície serão estabelecidos nos flancos dos taludes das minas à céu aberto, próximos ao fundo das cavas de modo a racionalizar os investimentos no desenvolvimento das rampas e infraestrutura de subsolo.

As rampas foram desenhadas segundo um gradiente de 1:7 a uma distância de 50 m em relação aos contornos dos corpos de minério, buscando um acesso central alinhado para as travessas de acesso ao longo do mergulho, o que é importante no sequenciamento da lavra em arranjos descendentes, uma vez que racionaliza a posição e volume dos pilares e permite maximizar a quantidade de frentes disponíveis, facilitando o sequenciamento de produção.

Os perfis de escavação utilizados são mostrados na **Tabela 6.3.12**.

**Tabela 6.3.12: Perfis de escavação das aberturas subterrâneas do desenvolvimento.**

Escavação	Seção (largura x altura)	Perfil da Seção
Rampa	5,5 m x 5,8 m	Arqueada
Acesso de emergência	4,5 m x 4,5 m	Arqueada
Níveis de acesso	5,0 m x 5,0 m	Arqueada
Galerias no minério	5,0 m x 5,0 m	Arqueada
Saída de emergência	1,3 m diâmetro	Circular
Chaminé de retorno	4,0 m x 4,0 m	Quadrada

Fonte: Centaurus (2022).

O desmonte nas minas subterrâneas seguirá a mesma linha daquele das minas à céu aberto, com uso de explosivos emulsionados e acessórios preferencialmente não-elétricos e uso de acessórios de iniciação eletrônica para desmontes onde seja exigida maior precisão.

O plano de fogo para o desenvolvimento subterrâneo é baseado em furos de 45 mm de diâmetro e 4,4 m de extensão, num total de 54 furos para uma seção típica de 5 x 5 m<sup>2</sup> com tampão de 0,5 m, resultando uma razão de carga média de, aproximadamente, 1.300 g/t. Estes parâmetros serão ajustados e otimizados na medida que as operações forem sendo desenvolvidas.

O plano de fogo para a lavra, em conceito, prevê furos com 20 a 30 m de extensão, perfurados com 89 mm dispostos em leques com afastamento de 3,5 m e espaçamento de 2,0 m e tampão de 2,0 m, resultando uma razão de carga estimada de 310 g/t, que será ajustada e otimizada na medida que as operações sejam desenvolvidas.

As escavações subterrâneas serão completamente reforçadas em toda a sua extensão para garantir a segurança das operações. Para efeito do projeto, considerou-se que 50% das escavações de desenvolvimento das minas subterrâneas serão executadas em rocha de qualidade geotécnica 'boa' a 'muito boa' e irão demandar reforço do maciço com tirantes e tela.

Serão utilizados tirantes de 20-25 mm com comprimento de 2,40 e 3,20 m dispostos na malha de 1,5 m x 1,5 m<sup>2</sup> do teto até a altura de 1,5 m nas paredes. A tela terá fios de 8 mm de diâmetro em malha de 100 x 100 mm<sup>2</sup>, aplicada em painéis com 2,00 x 1,00 m<sup>2</sup> com o equipamento de perfuração.

Os 50% restantes das escavações de desenvolvimento, realizados em maciços de qualidade geotécnica pior, entre 'razoável' e 'ruim', serão reforçados com tirantes na mesma malha de 1,50 x 1,50 m<sup>2</sup> e concreto projetado na espessura de 50 mm, reforçado com fibra quando justificável.

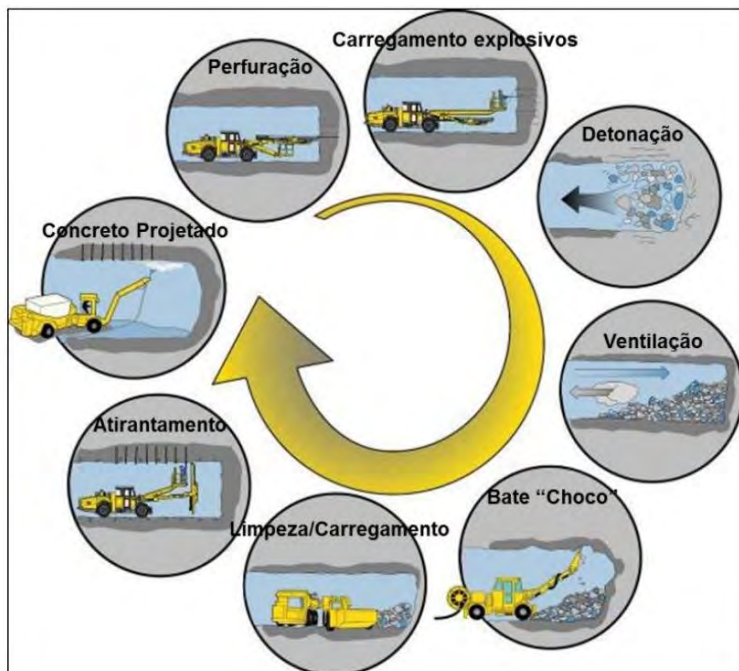
As entradas de escavações auxiliares (interseções) serão reforçadas com cabos de 5,00 m de extensão em cordoalha de 22 mm de diâmetro dispostos na malha 1,50 x 1,50 m<sup>2</sup>.

As minas subterrâneas serão dotadas das escavações, equipamentos e dispositivos de infraestrutura necessários para a operação segura e eficiente em subsolo, tais como saídas de emergência, aberturas para ventilação, instalações de exaustores de superfície, instalações para distribuição de energia e desaguamento das minas.



A operação será assistida por sistemas de comunicação e controle para permitir o despacho eficiente dos equipamentos móveis e o controle de equipamentos de Infraestrutura no modo remoto, a partir da superfície.

As atividades principais realizada em lavras subterrâneas são mostradas na **Figura 6.3.21** que segue.



**Figura 6.3.21: Ciclo de escavação em uma mina subterrânea.**

Fonte: Paiva (2016).

O minério de níquel a ser lavrado no Projeto Jaguar se difere da grande maioria dos depósitos de níquel sulfetado lavrados até hoje, pois ele tem origem hidrotermal com a mineralização de níquel sulfetado sendo de alto teor (quantidade de níquel calculada somente a partir dos tipos de sulfetos de níquel conhecidos), com baixos teores de Cr e Mg e não sendo diretamente associado a rochas ultramáficas.

Contudo, quando comparado a outros depósitos hidrotermais de níquel ao redor do mundo, o Jaguar é interpretado como tendo se desenvolvido a uma profundidade maior dentro de uma falha de escala crustal e não está associado a complexos ofiolíticos (como é o caso dos depósitos de Avebury, Doriri Creek e Uralides), tampouco está associado a folhelhos pretos (como os depósitos de Talvivaara e do sul chinês), e nem representa remobilização local de sulfetos magmáticos Ni-Cu (como o depósito Epoch no Zimbábwe).

O Jaguar não é o primeiro depósito de níquel sulfetado a ser descoberto na porção sul do Domínio de Carajás. O depósito GT-34 localizado na falha de Canaã, a 122 km a leste do Jaguar, foi descrito por Siepierski (2008), que registrou mineralização de níquel em forma de veios, com textura de rede e com brecha semi-maciça localizada, hospedada por corpos irregulares de rochas contendo ortopiroxeno-anfibolitos brechados, interpretadas como sendo de origem metassomática. Os sulfetos incluem pirrotita, pirita, calcopirita e pentlandita associados a apatita distribuída e abundante. Ele concluiu que os corpos metassomáticos de alta temperaturas (> 700°C) contendo ortopiroxeno foram formados pela substituição do gnaiss seguido pela formação tardia de veios, brechação e pela mineralização de sulfetos com condições físicas diferentes predominando durante a fase de alteração e durante a deposição de sulfetos (alto teor de fS<sub>2</sub> e baixo teor de fO<sub>2</sub>). O metassomatismo ocorreu em condições de temperatura mais alta e fO<sub>2</sub> mais baixo, se comparado aos depósitos próximos de IOCG, o que levou o autor a sugerir que o depósito GT-34 representa a zona profunda da mineralização de IOCG.

Essa conclusão foi corroborada, apesar de amostras provenientes de um único furo de sondagem, por Garcia (2018), que apontou que a alteração inicial de Na-Mg e de Ca infiltrante, que gerou as rochas sãs de escapolito-ortopiroxeno ocorreu a temperaturas acima de 700°C e sob pressões de 5-7 kbar. A mineralização mais antiga de sulfeto é interpretada como tendo ocorrido a temperaturas altas após a formação de escapolito-ortopiroxeno, com a posterior alteração de K-Magnetito a temperaturas mais baixas, seguida de alteração K-Hematita, sendo ambas as fases responsáveis pela limitada remobilização dos sulfetos de níquel e pelo desenvolvimento da Milerita e da Pirita a partir dos sulfetos magmáticos mais antigos. Garcia (2018) também documentou evidências indiretas de cloro (em cloroapatita) associado a mineralização de níquel. Uma era geocronológica de U/Pb coincidente de  $2.828 \pm 4\text{Ga}$  foi obtida em zircônios da rocha mãe alterada por Na-Ca e interpretada como a era da cristalização da rocha, enquanto a era de U/Pb de  $2,714 \pm 4\text{Ga}$  foi obtida de zircônios do estágio tardio de alteração de K-Magnetito, a qual foi interpretada como a época de interação rica em fluidos e reacomodação do sistema U-Pb original. Essas datas coincidem com magmatismo Neoarqueano bimodal no Domínio de Carajás e estão dentro da faixa de eras dos depósitos IOCG do Sul de Carajás (2.72-2.68Ga).

As estruturas hospedeiras do Jaguar também tem atuado como canais de mineralização dentro da adjacente província de classe mundial de Carajás de IOCG (em Inglês, *Iron Oxide Copper Gold*) (Xavier *et al*, 2012) e é postulado que a mineralização hidrotermal de níquel se desenvolveu durante reativações episódicas destas estruturas logo após o evento do IOCG durante o encerramento da Era Neoarqueana, ou no início da parte mais antiga da Era Paleoproterozóica (Smith *et al*, In Press). Portanto, é possível que a mineralização do Jaguar represente um estilo hidrotermal híbrido entre o sulfeto magmático de Ni-Cu-PGE e a mineralização de IOCG.

A lavra das jazidas (mina a céu aberto e subterrânea) do Jaguar e Onça, utilizando um teor de *cut off* de 0,3% Ni, resultará em 55 milhões de toneladas de minério do Jaguar e 7 milhões de toneladas de Onça, totalizando 62 milhões de toneladas de minério a um teor médio de cerca de 0,8% Ni. Para tanto, serão retiradas 414 milhões de toneladas de estéril de Jaguar e 65 milhões de toneladas de estéril de Onça, totalizando 479 milhões de toneladas de estéril. Assim, a relação estéril/minério média fica em 7,7.

O produto final a ser gerado no empreendimento é um sulfato de níquel contendo 22% de níquel. Serão produzidas 91.000 toneladas de sulfato de níquel por ano. Como produto secundário, serão produzidas ainda cerca de 7.000 toneladas por ano de um precipitado de sulfeto metálico, contendo:

- 3,5% de níquel;
- 7,5% de cobalto;
- 55% de zinco;
- 34% de enxofre.

A produção mínima necessária para manter o empreendimento em operação depende de uma série de fatores, mas principalmente da existência de demanda pelo produto, do preço do níquel e dos custos de produção. Espera-se que a demanda pelo produto, principalmente o sulfato de níquel, seja constante nas próximas décadas. Como os custos de produção tendem a variar pouco e, via de regra, sobem, o critério que determina a continuidade das operações é principalmente o preço do níquel. Estima-se que o empreendimento continue operando com uma capacidade de produção anual mínima de 15 mil toneladas de níquel contido e um preço do níquel acima de US\$17,5 mil por tonelada.

A lavra do Projeto Jaguar é um processo composto por diversas atividades, que serão descritas nos próximos itens deste documento.

#### **6.3.2.3.1.1.1 Decapeamento**

O decapeamento envolve a retirada do solo orgânico e de todo o material estéril que esteja sobre a área da cava.

A escavação do solo orgânico será feita com retroescavadeiras hidráulicas, que carregarão os caminhões com o solo. O solo orgânico será disposto em pilhas pequenas no perímetro externo do futuro local onde estarão as pilhas de estéril, pois o solo orgânico será usado na cobertura das pilhas para posterior plantio de vegetação.

A área total das cavas, somando as cavas Jaguar e Onças é de 280 hectares. A área total das pilhas leste e oeste é de 300 hectares, portanto, o solo orgânico oriundo do decapeamento das cavas será utilizado na reabilitação das bancadas das pilhas de estéril que estiverem concluídas.

Assumiu-se como premissa que todo o material a ser lavrado, incluindo o estéril, irá demandar uso de explosivos antes da escavação. As detonações foram calculadas com base em bancadas de 10 metros de altura (tanto para minério quanto para estéril). Técnicas convencionais de desmonte com explosivos serão aplicadas para fraturar a rocha. Uma vez que o estéril esteja fraturado, ele será escavado por meio de retroescavadeiras que alimentarão os caminhões, os quais transportarão o estéril até as pilhas.

#### **6.3.2.3.1.1.2 Perfuração e desmonte**

A perfuração da rocha para inserção dos explosivos será feita por perfuratriz de modo a alcançar a profundidade necessária dos furos. Os explosivos a serem usados serão do tipo emulsão e eles serão armazenados no paiol que seguirá todas as normas e regulamentações aplicáveis a essas estruturas pelo Exército Brasileiro. A localização do paiol é mostrada no layout do projeto na **Figura 5.6.2**.

Nas cavas a céu aberto serão utilizadas perfuratrizes de diâmetro de 3 ½" - 5" (modelo Pantera DP1500 ou Similar) e nas minas subterrâneas serão utilizadas perfuratrizes de 76 mm - 89 mm (modelo Sandvik DL431 - 7C ou similar), conforme apresentado na **Tabela 6.3.14**. As perfuratrizes serão distribuídas nas cavas em função do sequenciamento de lavra. Os furos executados pelas perfuratrizes serão preenchidos com emulsão explosiva para detonação e desmonte do minério e do estéril.

Uma vez desmontados, o estéril será carregado e transportado até as pilhas de estéril, enquanto o minério será levado para a planta de beneficiamento.

#### **6.3.2.3.1.1.3 Escavação e transporte**

A escavação do estéril e do minério desmontado será feita por escavadeiras hidráulicas, que carregarão os caminhões de minério e de estéril.

Nas cavas a céu aberto o estéril e o minério serão carregados por meio de escavadeiras hidráulicas de 70 t (modelo Komatsu PC 800 ou similar). Enquanto nas cavas subterrâneas serão empregadas escavadeiras tipo LHD de 12.5 t (modelo Caterpillar R1700G ou similar).

O minério e o estéril das cavas a céu aberto serão transportados por caminhões de 40 t (modelo Scania 8x4 ou similar). O minério oriundo das minas subterrâneas será levado até a planta de beneficiamento por caminhões articulados de 35 t (modelo Volvo A35 D ou similar).

#### **6.3.2.3.1.1.4 Estocagem e disposição de minério**

O minério será trazido das frentes de lavra por caminhões e será estocado em várias pilhas intermediárias no pátio de ROM. A pilha pulmão será formada pelo blend do minério estocado nessas pilhas intermediárias, o que será feito por carregadeiras. O ROM do pátio será retomado por carregadeiras para alimentar os britadores primários. O minério britado será então levado por correias transportadoras até a planta de beneficiamento, conforme mostrado no layout do projeto na **Figura 5.7.1**.

#### **6.3.2.3.1.1.5 Sistema de sinalização**

A área das cavas do Projeto Jaguar terá plano de circulação e transporte específico, que definirá, entre outros:

- regras de preferência de movimentação;
- distâncias mínimas entre máquinas, equipamentos e veículos, que sejam compatíveis com a segurança;
- velocidades permitidas, de acordo com as condições das pistas de rolamento.

Os projetos detalhados serão desenvolvidos segundo orientação da Nova Coletânea de Trânsito (CONTRAN), Manual de Sinalização Rodoviária – DNER/1999, além das determinações da NR 22 - SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAL NA MINERAÇÃO.

O sistema de sinalização compreende, principalmente, os seguintes componentes: sinalização vertical; sinalização de áreas especiais; sinalização de veículos e sinalização para transporte de pessoas e materiais. Cada um desses componentes é detalhado a seguir.

O projeto de sinalização vertical consiste em dispositivos de controle de trânsito (placas), posicionados ao lado das vias, com a finalidade de regulamentar, advertir e informar o usuário. Para a sinalização vertical das vias e acessos, serão utilizadas as seguintes categorias de placas:

- placas de regulamentação;
- placas de advertência; e,
- placas de indicação.

Todos os motoristas que conduzirem qualquer tipo de veículo na área da mina passarão por treinamento que incluirá o sistema de sinalização da mina. As placas de regulamentação têm a finalidade de informar aos usuários sobre as condições, proibições, obrigações e restrições no uso das vias. Suas mensagens são imperativas e, conseqüentemente, devem sempre ser respeitadas. A sinalização das áreas de transporte, manuseio e armazenamento de produtos seguirão, além das normas internas da companhia, a NBR 7.500 para identificação do risco associado.

As áreas de utilização de material inflamável, assim como aquelas sujeitas à ocorrência de explosões ou incêndios serão sinalizadas com indicação de área de perigo e proibição de uso de fósforos, de fumar ou outros meios que produzam calor, faísca ou chama.

Os tanques e depósitos de substâncias tóxicas, de combustíveis inflamáveis, de explosivos e de materiais passíveis de gerar atmosfera explosiva serão sinalizados com a indicação de perigo e proibição de uso de chama aberta nas proximidades e o acesso restrito a trabalhadores autorizados (**Figura 6.3.22**).



**Figura 6.3.22: Exemplo de placas de sinalização de áreas especiais.**

Nos depósitos de substâncias tóxicas e de explosivos, e nos tanques de combustíveis inflamáveis serão afixados, em local visível, indicações do tipo do produto e capacidade máxima dos mesmos. Os recipientes de produtos tóxicos, perigosos ou inflamáveis serão rotulados obedecendo a regulamentação vigente, indicando, no mínimo, a composição do material utilizado.

Nos locais de estocagem, manuseio e uso de produtos tóxicos, perigosos ou inflamáveis ficarão disponíveis fichas de emergência contendo informações acessíveis e claras sobre o risco à saúde e as medidas a serem tomadas em caso de derramamento ou contato acidental ou não. As áreas de basculamento serão sinalizadas, delimitadas e protegidas contra quedas acidentais de pessoas ou equipamentos.

#### **6.3.2.3.1.1.6 Sistema de circulação de transporte de pessoas e materiais**

Os veículos que trafegam na área da mina cumprirão os seguintes requisitos:

- sinalização por meio de bandeira em antena telescópica e sinalização luminosa na ponta superior da antena;
- rádio de comunicação bidirecional, que possa ser sintonizado na faixa de comunicação com outros veículos automotores e equipamentos móveis;
- luz giroscópica no teto do veículo;
- adesivos refletivos (duas cores) de sinalização em todos os lados do veículo;
- tração com acionamento do tipo roda livre automática nas 4 rodas (4WD);
- proteção contra capotamento que garanta proteção equivalente ao estabelecido para as caminhonetas (outros veículos utilitários para uso em terrenos irregulares);
- duas portas para cada linha de bancos; e
- alerta sonoro de ré acoplado ao sistema de acionamento de marcha a ré.

Para o transporte de trabalhadores na área da mina, serão adotados os seguintes critérios:

- condições seguras de tráfego;
- assento com encosto;
- cinto de segurança;
- proteção contra intempéries; e
- escada para embarque e desembarque quando necessário.

O transporte conjunto de pessoas e materiais tais como ferramentas, equipamentos, insumos e matéria-prima somente será permitido em quantidades compatíveis com a segurança e, quando estes estiverem acondicionados de maneira segura, em compartimento adequado, fechado e fixado de forma a não causar lesão aos trabalhadores. O transporte de materiais especiais, tais como insumos tóxicos ou inflamáveis, será sempre realizado em conformidade com as normas e a legislação vigente.

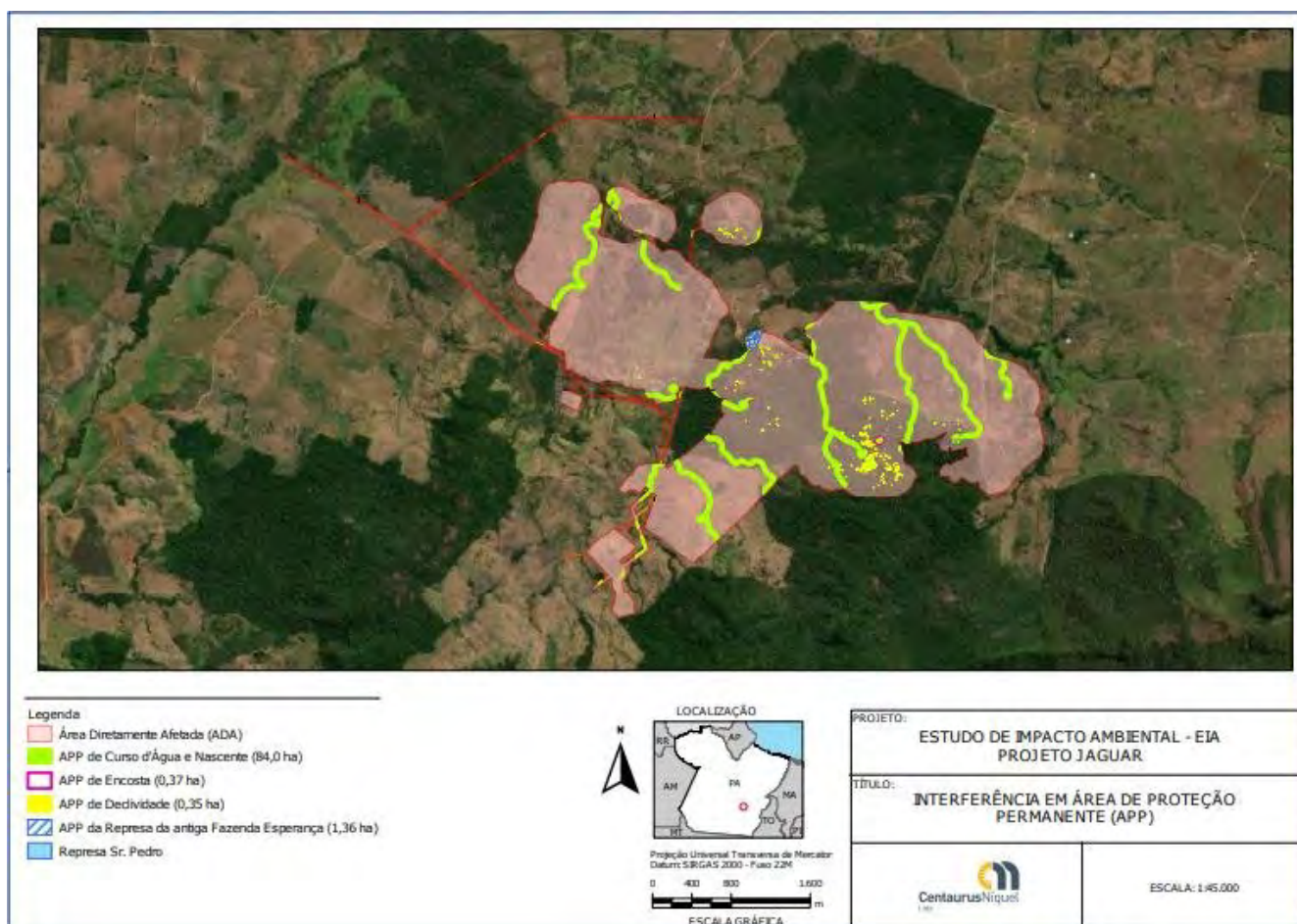
Na área de circulação de veículos pesados, somente pessoas autorizadas poderão dirigir veículos leves. A autorização dessas pessoas dependerá de habilitação, treinamento 4x4 e de direção defensiva, treinamento específico para condução em mina.

#### **6.3.2.3.1.1.7 Interferência em cursos de água e APP**

Alguns cursos de água serão desviados a montante das estruturas do projeto e ligados novamente ao seu curso natural a jusante das estruturas e os impactos ambientais decorrentes dessas intervenções serão tratados no respectivo capítulo deste documento.

A interferência do projeto com Áreas de Preservação Permanente (APP) é apresentada na **Figura 6.3.23**. Percebe-se, por esse mapa que existe uma área de aproximadamente 86,10 ha de interferência entre as estruturas do Projeto Jaguar e as APPs, divididas da seguinte maneira:

- 84,02 ha são interferência em APP de faixa marginal de curso d'água e entorno de nascentes;
- 1,36 ha são de interferências em APP de represa da antiga Fazenda Esperança;
- 0,37 ha são interferência em APP de encosta; e
- 0,35 ha são de interferência em APP de declividade.



**Figura 6.3.23: Interferência das estruturas do Projeto Jaguar com APPs.**  
Fonte: Centaurus (2022).

#### **6.3.2.3.1.1.8 Interferência em cavidades naturais**

Conforme identificado nas conclusões das atividades de prospecção de cavidades naturais (diagnóstico do meio físico deste EIA/RIMA), não há nenhuma cavidade natural que esteja a uma distância menor do que 1,5 km de qualquer estrutura do empreendimento. Portanto, não há interferência ou impacto do Projeto Jaguar sobre nenhuma cavidade natural.

#### **6.3.2.3.1.1.9 Processo de transporte e movimentação/armazenamento**

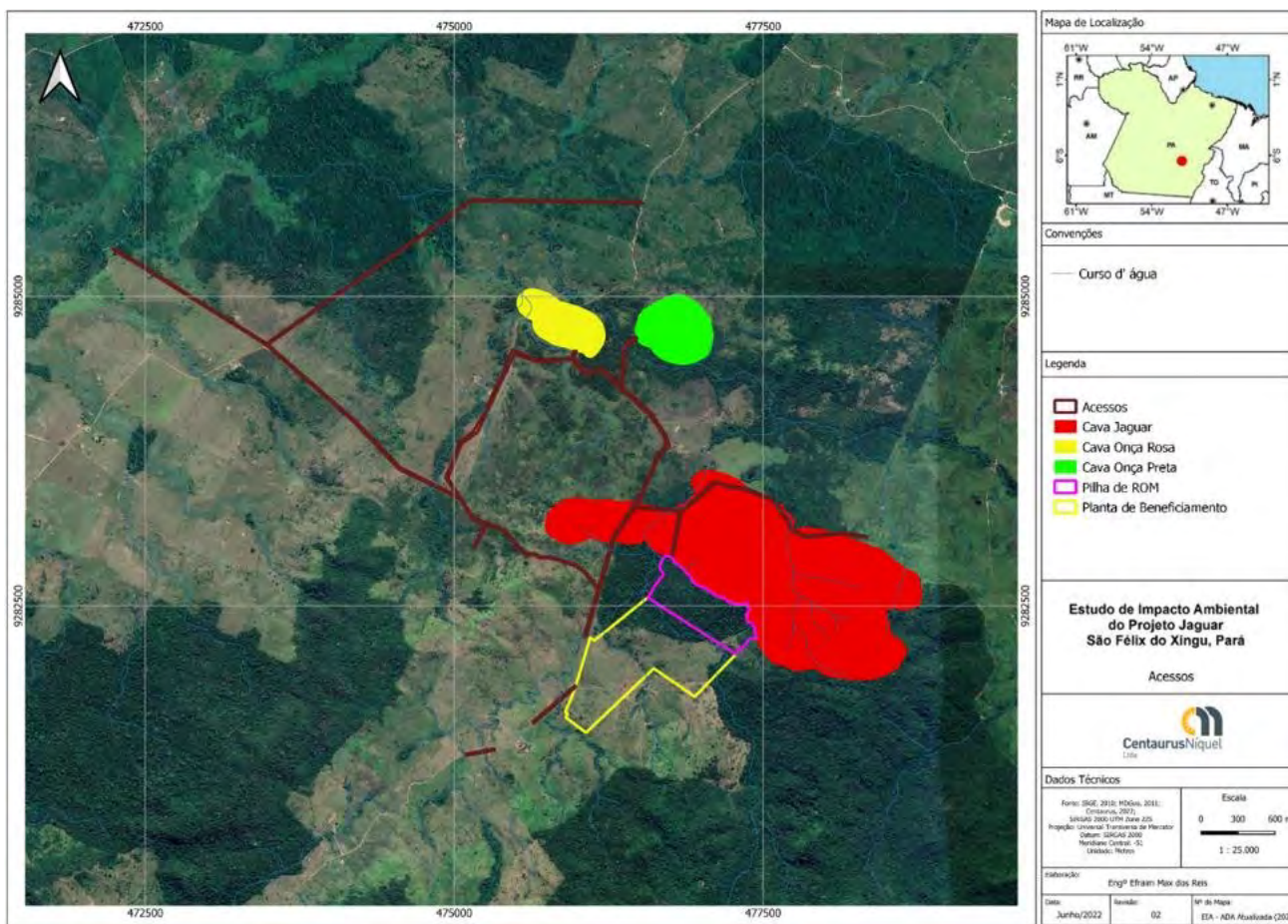
O transporte dos materiais será realizado por caminhões tradicionais de capacidade para 40 ton. de carga útil. Todos os equipamentos de mina serão movidos a diesel e, portanto, serão abastecidos por meio de caminhão comboio que levará o combustível até a frente de trabalho onde os equipamentos estiverem.

A distância média de transporte (DMT) de cada uma das cavas e das minas subterrâneas até a pilha de ROM é a seguinte:

- Onça Preta – 2,5 km;
- Onça Rosa – 2,6 km;
- Jaguar Norte – 1,2 km;
- Jaguar Central – 0,5 km;
- Jaguar Oeste – 0,6 km;
- Jaguar Nordeste – 1,0 km;
- Jaguar Sul – 0,6 m; e
- Jaguar Geral – 0,6 m;

O traçado das vias de transporte de minério das frentes de lavra até o pátio de ROM que alimentará a planta de beneficiamento é mostrado na **Figura 6.3.24**.



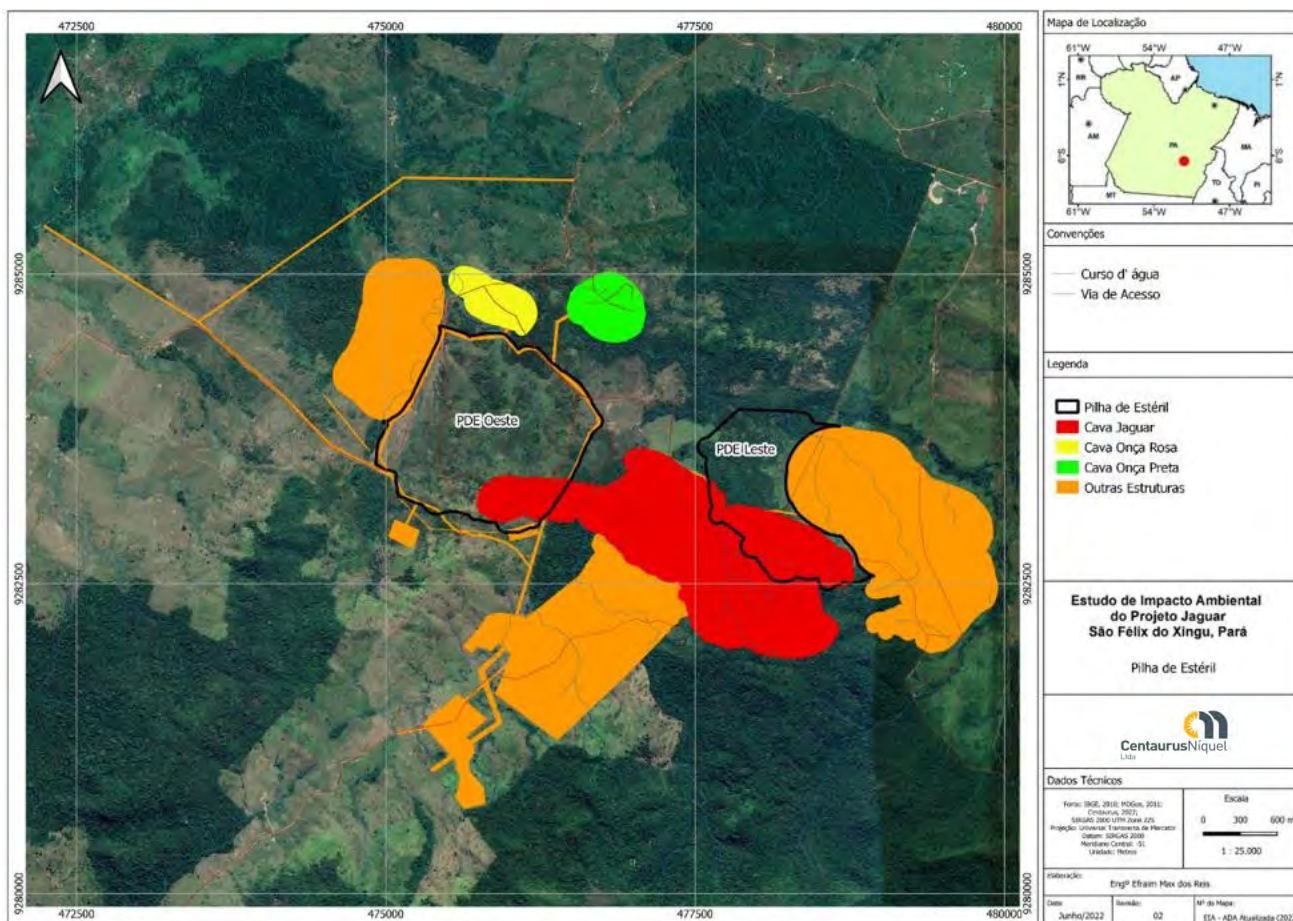


**Figura 6.3.24: Traçado das vias de transporte de minério das cavas até o pátio de ROM.**  
 Fonte: Centaurus (2022).

**6.3.2.3.1.1.10 Processo de disposição de estéril**

A disposição do estéril será feita por pilhas próximas às cavas, de modo também a minimizar a distância de transporte do estéril e reduzir as emissões atmosféricas. A operação prevê que os caminhões descarreguem o estéril na pilha e as retroescavadeiras retomam o material e o espalham na pilha. Antes do início da disposição do estéril na pilha, a drenagem do pé da pilha deve estar concluída, para evitar que as chuvas erodam sua base.

Na **Figura 6.3.25**, abaixo, estão apresentados alguns detalhes sobre as alternativas finais para a disposição de estéril no Projeto Jaguar.



**Figura 6.3.25: Localização das pilhas de estéril no Projeto Jaguar.**  
 Fonte: Centaurus (2022).

O material estéril retirado das cavas será disposto nas pilhas de estéril e nas cavas, conforme a Tabela 6.3.13.

**Tabela 6.3.13: Dimensões das pilhas de estéril e origem do estéril.**

Pilha de estéril / Cavas	Área (ha)	Altura (m)	Volume (Mm³)	Origem do estéril
Pilha Oeste	237	236	161	Onças, Jaguar Norte, Oeste e Central
Pilha Leste	111	185	81	Jaguar Nordeste, Sul e Geral
Cava Jaguar Oeste	18	177	9	Jaguar Oeste e Central
Cava Jaguar Nordeste	37	307	27	Jaguar Sul
Maciço da barragem de rejeitos da flotação	-	-	25	Jaguar Central e Nordeste
<b>TOTAL</b>			<b>303</b>	-

Fonte: Centaurus (2022).

### 6.3.2.3.1.2 Processo de beneficiamento

O beneficiamento do minério tem o objetivo principal de elevar a concentração de níquel a partir do minério (teor médio próximo a 1%) de modo a produzir sulfato de níquel com teor de 22%, além de recuperar também o máximo teor possível de zinco e cobalto. Para tanto, é necessário separar esses metais do restante dos componentes do minério, os quais não tem interesse comercial. Na **Figura 6.3.26** é apresentado o local da planta de beneficiamento no Projeto Jaguar.

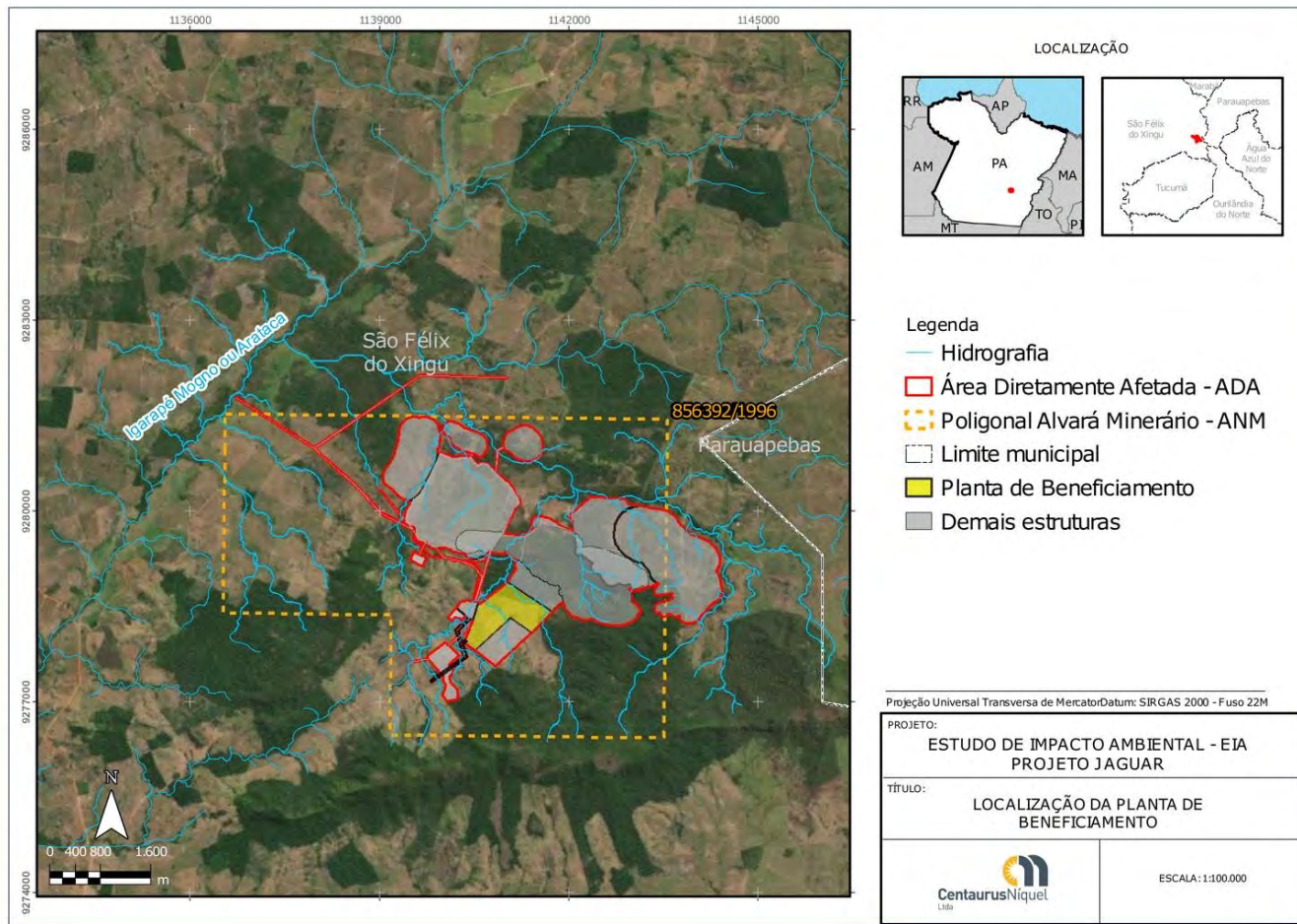


Figura 6.3.26: Planta de beneficiamento no Projeto Jaguar.

Fonte: Centaurus (2022).

Para se determinar a melhor maneira de concentrar o minério, é necessário compreender bem sua composição química. Assim, pode-se aplicar o método mais eficaz para liberar os metais, com um custo mais baixo possível.

Atualmente, a flotação é uma das técnicas mais utilizadas para a concentração de minérios em função de sua eficiência na obtenção dos concentrados. O que torna esta técnica mais eficaz que as outras é a sua versatilidade. Outras técnicas baseiam-se apenas nas diferenças das propriedades físicas entre os minerais. A flotação é um processo físico-químico que possui a vantagem de manipular as características superficiais dos minerais, tornando possível a separação destes ainda que possuam densidade e granulometria bastante semelhantes. Neste contexto, é possível aplicar esta técnica para uma vasta gama de minerais, já que cada um possui uma característica superficial específica.

Para que as partículas possam ser arrastadas na flotação, é necessário que elas sejam coloidais, ou seja, que tenham o diâmetro entre 1 nm e 1000 nm. Por isso, antes de realizar a concentração do minério *per se*, ele tem que ser britado e peneirado, de modo a garantir que as partículas que entrarão na célula de flotação têm o diâmetro adequado.

Portanto, ao final do processo de concentração por flotação, o sobrenadante, que contém os metais, é separado dos resíduos que sedimentam no fundo (rejeito). O sobrenadante é então espessado e filtrado, de modo a retirar o excesso de água, que é recirculada. O rejeito também é espessado, para que a água possa ser reaproveitada e o volume de rejeito a ser disposto em barragem seja reduzido.

O concentrado de níquel (produto intermediário com cerca de 16% de Ni) é então submetido ao tratamento hidrometalúrgico que consiste na oxidação sob pressão em autoclaves e a extração de níquel por solventes.

O fluxograma do processo produtivo, bem como o balanço de massa e de água são apresentados na **Figura 6.3.27**.

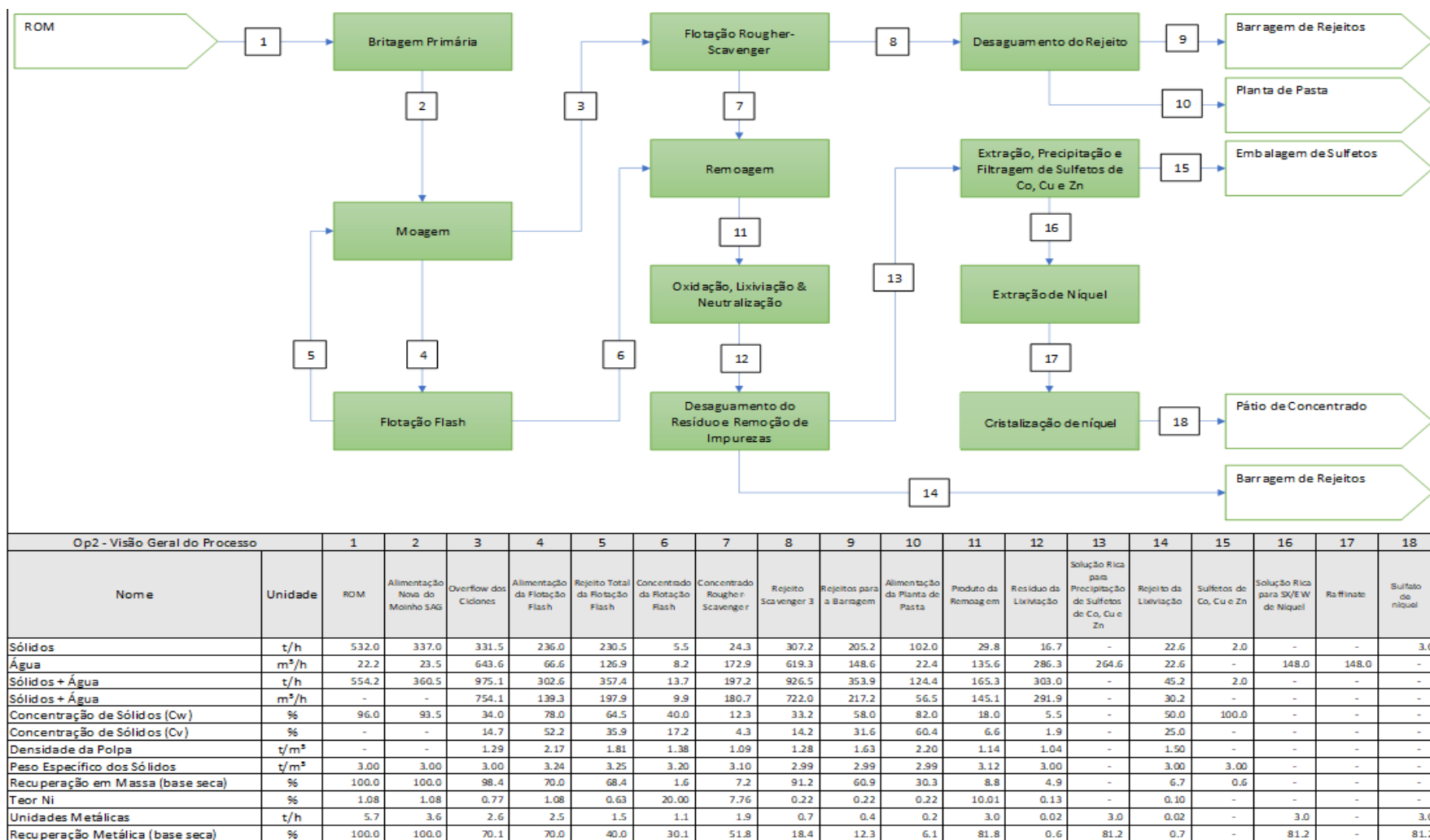


Figura 6.3.27: Fluxograma, balanço de massa e balanço hídrico do processo produtivo.

Fonte: Centaurus (2022).

A seguir apresenta-se uma descrição pormenorizada do processo de beneficiamento do Projeto Jaguar, que foi planejado com base nas seguintes premissas:

- Taxa média de alimentação da planta de 2,8 Mtpa de ROM, podendo chegar a 3,5 Mtpa em alguns anos;
- Teor médio de alimentação do ROM de 0,8% Ni; e
- Disponibilidade média da planta de 91,3%, ou seja, 8.000 horas por ano.

O minério considerado de alto teor (> 0,6% Ni) será trazido das frentes de lavra por caminhões diretamente para a pilha pulmão. O minério de baixo teor (0,3% - 0,6% Ni) será empilhado para então ser submetido à separação mineral (“*ore sorting*”) para elevar o teor médio e depois será levado até a pilha pulmão. 84% do minério é de alto teor e somente 16% é de baixo teor e será então submetido à separação mineral. O ROM será retomado da pilha pulmão por carregadeiras, que alimentarão o silo.

São diversas as etapas que compõem o processo de beneficiamento mineral, e serão descritas a seguir nos próximos itens deste documento.

#### **6.3.2.3.1.2.1 Britagem primária**

Uma grelha estática de 1.000 x 1.000 mm será instalada na entrada do silo de ROM para reter material com dimensões maiores do que 1.000 mm. O silo de ROM foi projetado para um tempo de retenção de 20 minutos.

Haverá aspersão de água constantemente na entrada da grelha estática, de modo a controlar a suspensão de material particulado deste ponto até a alimentação do britador primário.

Três alimentadores de sapata receberão o ROM do silo e o conduzirão até o britador primário, sendo que somente dois dos alimentadores já seriam capazes de alimentar 150% da taxa nominal do moinho semiautógeno (SAG).

Na saída dos alimentadores de sapata/entrada do britador primário haverá aspersão de água constantemente a fim de evitar a suspensão de material particulado deste ponto até a correia transportadora de minério britado.

Com base na taxa de alimentação e nas características competentes do minério obtidas a partir dos testes, o britador primário selecionado foi um britador de mandíbulas. O diâmetro máximo do ROM a ser alimentado no britador primário será de 1.000 mm. O tamanho nominal do britador primário de mandíbulas é de 1.200 x 1.400 mm, que confere a ele capacidade de britar 3 Mtpa, com P100 = 250 mm e P80 = 130 mm.

Uma correia transportadora receberá o minério britado e o alimentará na pilha de minério britado.

Na correia transportadora de minério britado haverá aspersão de água constantemente a fim de evitar a suspensão de material particulado deste ponto até o moinho SAG. O volume de água a ser aspergido será controlado com base na umidade encontrada na pilha de minério britado.

A pilha de minério britado foi projetada com uma capacidade útil de 8 horas e capacidade total (incluindo zonas mortas) de 24 horas, que pode ser expandida empurrando a pilha com uma carregadeira ou trator para permitir manutenções mais longas do britador primário. Se necessário, um trator pode ser usado para retomar o material da zona morta da pilha e alimentar o circuito de moagem.

Três alimentadores de retomada conduzirão o minério britado até a correia de alimentação do moinho SAG.

#### **6.3.2.3.1.2.2 Moagem, classificação e flotação instantânea**

O circuito de moagem foi projetado com flexibilidade suficiente para absorver potenciais flutuações nos parâmetros do minério identificados nos ensaios já realizados. Assim, foi selecionado um moinho SAG convencional e um moinho de bolas, com um circuito de recirculação para britagem de seixos, de modo a alcançar uma alimentação da flotação com P80 de 75 µm, que é típico para projetos dessa magnitude com minério competente. O moinho SAG foi projetado para operar em circuito aberto (exceto na britagem de recirculação de refugos acima das dimensões) e o moinho de bolas funcionará em circuito fechado com os hidrociclones. Este circuito de moagem foi projetado utilizando uma carga circulante de 250%, que é comum para circuitos desse tipo com minérios similares. Hidrociclones de 400 mm de diâmetro foram selecionados com base no diâmetro de corte estabelecido de 75 µm.

As características principais do moinho SAG são:

- Potência instalada – 4.500 kW;
- Dimensões da concha (diâmetro x comprimento efetivo do moinho) – 7,3 x 4 m; e
- Diâmetro do material moído < 12 mm.

O moinho SAG é o primeiro ponto onde se adiciona água ao processo de beneficiamento, portanto, a partir daqui o processo é feito via úmida e conseqüentemente o potencial para suspensão de material particulado é consideravelmente reduzido.

Na saída do moinho SAG haverá uma peneira rotativa que fará a classificação do material separando o seixo (com diâmetro maior do que 12 mm, a ser britado e recirculado) do material passante, com diâmetro menor do que 12 mm, que irá para o moinho de bolas.

O circuito de rebritagem de seixos será composto por um silo de alimentação único, com um alimentador de retomada que conduzirá os seixos até um britador de seixos cônico, com potência instalada de 300 kW, com P100 = 12 mm e P80 = 10 mm. Uma correia transportará os seixos britados até a correia de alimentação do moinho SAG, fechando o circuito de britagem de seixos.

O material passante na peneira rotativa na saída do moinho SAG irá para a tremonha que alimentará duas bombas, as quais levarão o material até a bateria de ciclones. A tremonha também receberá materiais de outras fontes, quais sejam:

- Seixos britados que caíam no piso da área de britagem de seixos;
- Material que caía no piso de qualquer ponto da área de moagem; e
- Material passante na peneira rotativa na saída do moinho de bolas (a ser apresentado mais adiante).

A tremonha é outro ponto onde se adiciona água no processo, portanto, a probabilidade de suspensão de material particulado é reduzida ainda mais.

A bateria de ciclones será composta por 16 ciclones, sendo 12 em operação constante. O concentrado da bateria de ciclones terá concentração de sólidos acima de 78% e o sobrenadante terá concentração de sólidos menor do que 34%.

O material sobrenadante da bateria de ciclones vai para o amostrador primário do sobrenadante dos ciclones. O concentrado é enviado para o moinho de bolas, cujas principais características são:

- Potência instalada – 4.900 kW;
- Dimensões da concha (diâmetro x comprimento efetivo do moinho) – 5,5 x 9,6 m; e
- Diâmetro do material moído < 8 mm.

Na saída do moinho de bolas haverá uma peneira rotativa que fará a classificação do material separando o material retido do material passante que é recirculado para a tremonha.

Parte do concentrado da bateria de ciclones alimentará um circuito de flotação instantânea (“*flash flotation*”), cujo objetivo principal é coletar rapidamente partículas minerais com teor desejado que já estão liberadas antes delas retornarem para o moinho de bolas para nova moagem. Com isso, evita-se que esses minerais sejam moídos em excesso. Há adição de água na alimentação do circuito de flotação instantânea.

O circuito de flotação instantânea é composto por uma célula *rougher* e uma célula *cleaner*, sendo que ao final, o teor de sólidos do concentrado será de 40% e este concentrado será produzido a uma taxa de 5,47 t/h. Este concentrado da flotação instantânea já é conduzido diretamente para o processo de produção de concentrado de níquel.

#### **6.3.2.3.1.2.3 Flotação Rougher-Scavenger**

O tanque de condicionamento da flotação receberá o “*overflow*” da bateria de ciclones, já livre dos detritos retidos no peneiramento. Neste tanque a polpa receberá os seguintes reagentes:

- Espumante Huntsman W22 a uma taxa de 20 g/t ou 6,14 L/h;
- Coletor SIBX a uma taxa de 150 g/t;
- Ativador de sulfato de cobre a uma taxa de 50 g/t ou 75 L/h; e
- Depressor a base de guar (para ganga mineral não sulfetada) a uma taxa de 300 g/t ou 489 L/h.

O tempo de residência da polpa neste tanque será de cinco minutos. O tanque de condicionamento também receberá a drenagem de piso desta área, que será coletada em “*sumps*” e transferida por bombeamento.

A polpa já condicionada transbordará do tanque de condicionamento e seguirá por gravidade para o banco de células de flotação rougher-scavenger, com sete células (tipo “*Tank Cell*” com capacidade de 70 m<sup>3</sup> cada), das quais as duas primeiras realizam o estágio *rougher* e as demais o estágio *scavenger*.



O concentrado *rougher* (flotado) será coletado em calhas e transferido para uma tremonha, da qual será bombeado para o espessador da remoagem. A polpa será amostrada por um amostrador de pressão instalado na tubulação. Caso o teor permita, este concentrado poderá ser desviado o espessador de concentrado através de uma linha alternativa, derivada da linha principal. O rejeito *rougher* (afundado) seguirá por gravidade para as células do estágio *scavenger*, instaladas no mesmo banco que as células *rougher*.

O concentrado *scavenger* (flotado) será coletado em calhas e transferido para uma tremonha, da qual será bombeado para o espessador da remoagem. A polpa será amostrada por um amostrador de pressão instalado na tubulação. O rejeito *scavenger* (afundado) será coletado em uma tremonha e bombeado para o espessador de rejeitos.

Haverá adição de água nas calhas das células de flotação, com a finalidade de abater espuma e auxiliar no escoamento do material flotado. Nas tremonhas também haverá adição de água para controle do nível de polpa, a fim de evitar cavitação nas bombas.

A aeração das células de flotação será feita por sopradores de ar. Estes sopradores deverão ser enclausurados em salas dotadas de isolamento acústico a fim de minimizar o ruído produzido.

#### **6.3.2.3.1.2.4 Remoagem**

O espessador da remoagem (tipo “*high rate*”, com diâmetro de 10 m) será alimentado com os concentrados *rougher* e *scavenger*. Nele também são adicionados água de diluição e floculante. Neste espessador a polpa será adensada a 40% de sólidos. O “*underflow*”, com 40% de sólidos, será bombeado para a tremonha de alimentação da remoagem, enquanto o “*overflow*” seguirá por gravidade para a barragem de água de processo.

A drenagem de piso da área do espessador da remoagem será coletada em um “*sump*” e bombeada de volta ao espessador.

Da tremonha de alimentação da remoagem a polpa será bombeada para um moinho vertical com potência instalada de 770 kW. O produto deste moinho, que deverá apresentar um P80 de 20 µm, será coletado em uma tremonha, onde será diluído a 18% de sólidos e bombeado para o estágio de flotação *pre-cleaner*.

Os corpos moedores da remoagem serão entregues no site em bags de 2.000 kg. A adição dos corpos moedores será feita descarregando os corpos moedores diretamente no chute de alimentação do moinho por meio de talha elétrica.

#### **6.3.2.3.1.2.5 Flotação Pre-Cleaner**

O estágio *pre-cleaner* será feito em uma coluna de flotação de 70 m<sup>3</sup> de capacidade. O concentrado deste estágio será coletado na mesma tremonha que recebe o concentrado *cleaner*, da qual ambos são bombeados para o espessador de concentrado. Seu rejeito seguirá por gravidade para a alimentar o banco de células de flotação do estágio *cleaner*.

Este estágio de flotação deverá compartilhar a mesma área de contenção que o estágio *cleaner*, portanto a drenagem de piso será comum aos dois estágios.

Haverá adição de água para lavagem da espuma e na calha da coluna de flotação, com a finalidade de abater espuma e auxiliar no escoamento do material flotado.

A aeração da coluna de flotação será feita por sopradores de ar. Estes sopradores deverão ser enclausurados em salas dotadas de isolamento acústico a fim de minimizar o ruído produzido

#### **6.3.2.3.1.2.6 Flotação Cleaner**

O estágio *cleaner* será feito em um banco com seis células de flotação (tipo “*Tank Cell*” de 20 m<sup>3</sup> de capacidade cada). O concentrado deste estágio será coletado na mesma tremonha que recebe o concentrado *pre-cleaner*, e desta ambos são bombeados para o espessador de concentrado. Seu rejeito é coletado em uma tremonha e bombeado para o espessador de rejeitos.

A drenagem de piso da área será coletada em um “*sump*” e bombeada de volta à primeira célula do banco de flotação.

Haverá adição de água nas calhas das células de flotação, com a finalidade de abater espuma e auxiliar no escoamento do material flotado. Na tremonha também haverá adição de água para controle do nível de polpa, a fim de evitar cavitação nas bombas.

A aeração das células de flotação será feita por sopradores de ar. Estes sopradores deverão ser enclausurados em salas dotadas de isolamento acústico a fim de minimizar o ruído produzido

#### **6.3.2.3.1.2.7 Espessamento e filtragem do concentrado**

O concentrado final da flotação será composto pelos concentrados produzidos pelos estágios “*flash flotation*”, *pre-cleaner*, *cleaner* e, eventualmente, *rougher*.

O espessador de concentrado será do tipo “*high rate*”, com diâmetro de 10 m e dotado de sistema de auto-diluição. À alimentação deste espessador será adicionado floculante diluído. Seu *overflow* seguirá por gravidade para a barragem de água de processo. O *underflow*, com concentração de sólidos igual a 62%, será bombeado para o tanque pulmão da filtragem.

O tanque pulmão da filtragem será agitado e terá capacidade para estocar polpa suficiente para 24 horas de operação. A polpa estocada neste tanque será bombeada para um filtro prensa horizontal com 180 m<sup>2</sup> de área de filtragem.

O filtrado será coletado em uma tremonha e bombeado de volta à alimentação do espessador de concentrado. A torta do filtro será descarregada em uma baía localizada no piso do prédio da filtragem. Esta baía terá capacidade para estocar um volume de concentrado equivalente a 24 horas de operação da planta.

O concentrado será retomado da baía por carregadeiras para ser acondicionado em containers de 20 t de capacidade, ou estocado em baias de produto acabado. Estas baias terão capacidade total de estocagem equivalente a duas semanas de produção. Já os containers carregados serão estocados em uma área próxima com capacidade equivalente a sete dias de produção.

Tanto a descarga do filtro quanto o manuseio do concentrado seco deverão gerar material particulado em suspensão. Portanto, a filtragem e as baias produto acabado serão instaladas em um único prédio, dotado de sistema de despoeiramento, coberto e fechado nas laterais.

O ar-comprimido para os filtros será fornecido por compressores dedicados apenas à filtragem. Estes compressores deverão ser enclausurados em salas dotadas de isolamento acústico a fim de minimizar o ruído produzido.

O espessamento e a filtragem serão instalados em áreas de contenção independentes. Porém, tanto a drenagem de piso da área do espessador quanto a drenagem de piso da área da filtragem serão bombeadas de volta à alimentação do espessador.

#### **6.3.2.3.1.2.8 Espessamento e disposição de rejeitos**

O rejeito final será composto pelos rejeitos produzidos pelos estágios *scavenger* e *cleaner*. Este espessador será do tipo “*high rate*”, com diâmetro de 20 m e dotado de sistema de auto-diluição. À alimentação deste espessador será adicionado floculante diluído. Seu overflow seguirá por gravidade para o reservatório de água de processo. O *underflow* deverá ter concentração de sólidos igual a 58% e será bombeado para a barragem de rejeitos da flotação.

A drenagem de piso da área será coletada em um “*sump*” e bombeada de volta à alimentação do espessador.

#### **6.3.2.3.1.2.9 Oxidação, lixiviação e neutralização**

O produto da remoagem será bombeado para o tanque de pré-tratamento ácido. Neste tanque será adicionado ácido sulfúrico concentrado à razão 0,9 kg/t, visando reduzir o pH da polpa para o valor de 2.

A polpa acidificada será bombeada para o tanque de alimentação das autoclaves, e deste para as autoclaves. As autoclaves irão operar à temperatura de 165°C e 900 kPa de pressão, com adição de oxigênio sob pressão e água para resfriamento. Os gases gerados na autoclave serão lavados com água de processo e o efluente resultante seguirá por gravidade para o tanque de neutralização de resíduo.

As autoclaves irão descarregar o resíduo em tanques de arrefecimento para reduzir a temperatura a 97°C, aproximadamente. Destes tanques o resíduo será transferido por gravidade para os tanques de neutralização.

A neutralização será composta de dois tanques agitados. O primeiro tanque receberá o resíduo da lixiviação, que será transferido por transbordo para o segundo tanque.

Nos tanques de neutralização o resíduo receberá a adição de calcário para elevar seu pH de 0,75 para 2, aproximadamente. A adição de calcário também promoverá a precipitação de hidróxido de ferro e sulfato de cálcio. Os gases gerados na neutralização serão lavados com água de processo.

O resíduo neutralizado será bombeado do segundo tanque de neutralização para o primeiro espessador de resíduos.

#### **6.3.2.3.1.2.10 Desaguamento do resíduo da lixiviação**

Este circuito será composto de seis espessadores em série, operando em contracorrente. Os metais dissolvidos (Ni, Co, Cu e Zn) serão recuperados por meio da adição de solução ácida no último estágio do circuito. Desta forma, nos espessadores 2 a 5, o *underflow* do estágio a montante será misturado ao *overflow* do estágio imediatamente a jusante. O *overflow* do primeiro espessador será transferido por gravidade para o estágio de purificação da solução rica, enquanto o *underflow* do último espessador será bombeado para o circuito de neutralização de rejeitos.

#### **6.3.2.3.1.2.11 Purificação da solução rica**

O circuito de purificação da solução rica será formado por cinco tanques agitados e conectados por calhas de transbordo. Nestes tanques íons de ferro, manganês e alumínio serão precipitados da solução pela adição de calcário, em quantidade suficiente para ajustar o pH da solução em cada estágio.

Nos dois primeiros estágios o pH alvo será 2, nos demais estágios a solução deverá apresentar pH 3,5. Ar em baixa pressão e hidrossulfeto de sódio (NaHS) também serão adicionados aos tanques para auxiliar a precipitação.

O transbordo do quinto tanque será transferido por gravidade para um espessador tipo “*high rate*” com diâmetro de 20 metros. Neste equipamento os precipitados serão adensados a 50% de sólidos em peso. O *underflow* do espessador será, em sua maior parte, bombeado para o circuito de neutralização de rejeitos. O volume restante será bombeado de volta ao primeiro tanque para servir como semente de precipitação. O “*overflow*” do espessador (licor) será bombeado para um *pond* com 24 horas de capacidade de estocagem.

#### **6.3.2.3.1.2.12 Extração múltipla por solventes – Co, Cu e Zn**

O circuito de extração por solventes múltipla é composto três estágios de extração, dois estágios de lavagem e três estágios de reextração, todos realizados em células de fluxo reverso. Este circuito deverá operar com temperatura em torno de 50°C e pH entre 4,1 e 6.

O licor será bombeado do *pond* de estocagem para o primeiro estágio de extração. A fase líquida irá fluir até o terceiro estágio de extração, de onde será transferida para um *pond* de decantação de refinado para remover qualquer vestígio da fase orgânica que tenha sido carregado junto com a fase aquosa. Deste *pond* o refinado será bombeado para o circuito de extração de solventes de níquel.

A fase orgânica será adicionada no terceiro estágio de extração e irá fluir até o primeiro estágio de extração, em contracorrente com a fase aquosa. O extrato, fase orgânica carregada com íons metálicos, irá fluir por gravidade para o segundo estágio de lavagem.

Do segundo estágio de lavagem, o extrato irá fluir até o primeiro estágio de lavagem em contracorrente com a fase aquosa do terceiro estágio de reextração, adicionada no primeiro estágio de lavagem.

O extrato será então bombeado para terceiro estágio de reextração e irá fluir até o primeiro estágio de reextração em contracorrente com a solução eletrolítica que vem do estágio de precipitação de sulfetos.

A fase orgânica, agora completamente descarregada, retornará ao estágio de extração. O licor da reextração fluirá por gravidade para o tanque de solução eletrolítica da reextração. Deste tanque, parte do licor retornará para o estágio de lavagem e o restante será bombeado para o circuito de precipitação de sulfetos.

#### **6.3.2.3.1.2.13 Precipitação e desaguamento de sulfetos – Co, Cu e Zn**

O circuito de precipitação e desaguamento de sulfetos será composto de dois tanques agitados, um pré-aquecedor, um espessador, um filtro de pressão e um secador rotativo.

O licor do circuito de extração por solvente será bombeado para o primeiro tanque de precipitação, onde serão adicionados hidrossulfeto de sódio e hidróxido de sódio. Deste tanque o licor será bombeado através de um pré-aquecedor, que irá elevar sua temperatura para 95°C, para o segundo tanque de precipitação. Deste tanque, a polpa de sulfetos será bombeada para um espessador de 20 metros de diâmetro.

O *overflow* do espessador fluirá por gravidade para o tanque de solução eletrolítica e será bombeada para o *pond* de solução eletrolítica exaurida. Deste *pond* retornará por bombeamento para primeiro estágio de reextração da extração por solventes de cobalto, cobre e zinco.

O *underflow* do espessador será bombeado para o tanque pulmão da filtragem de sulfetos. Deste tanque os sulfetos espessados serão bombeados para um filtro de pressão.

O filtrado será bombeado para o tanque de solução eletrolítica, onde será misturado ao overflow do espessador para retornar ao circuito de extração por solventes de Co, Ni e Zn.

A torta do filtro será secada em um secador rotativo e levada por caminhões para estrutura de disposição final do rejeito da hidrometalurgia.

#### **6.3.2.3.1.2.14 Extração de níquel por solvente**

O circuito de extração por solventes é composto três estágios de extração, dois estágios de lavagem e três estágios de reextração, todos realizados em células de fluxo reverso. Este circuito deverá operar com temperatura em torno de 55°C e pH entre 5,5 e 6.

O refinado do circuito de extração por solventes de Co, Ni e Zn será bombeado do *pond* de estocagem para o primeiro estágio de extração. A fase líquida irá fluir até o terceiro estágio de extração, de onde será transferida para um *pond* de decantação de refinado para remover qualquer vestígio da fase orgânica que tenha sido carregado junto com a fase aquosa. Deste *pond* o refinado será bombeado para o circuito de desaguamento do resíduo da lixiviação.

A fase orgânica será adicionada no terceiro estágio de extração e irá fluir até o primeiro estágio de extração, em contracorrente com a fase aquosa. O extrato, fase orgânica carregada com íons metálicos, irá fluir por gravidade para o segundo estágio de lavagem.

Do segundo estágio de lavagem, o extrato irá fluir até o primeiro estágio de lavagem em contracorrente com a fase aquosa do terceiro estágio de reextração, adicionada no primeiro estágio de lavagem.

O extrato será então bombeado para terceiro estágio de reextração e irá fluir até o primeiro estágio de reextração em contracorrente com a solução eletrolítica exaurida do circuito de eletrorrecuperação de níquel.

A fase orgânica, agora completamente descarregada, retornará ao estágio de extração. O licor da reextração fluirá por gravidade para o tanque de solução eletrolítica da reextração. Deste tanque, parte do licor retornará para o estágio de lavagem e o restante será bombeado para o circuito de eletrorrecuperação de níquel.

#### **6.3.2.3.1.2.15 Cristalização de níquel**

O níquel extraído na etapa anterior é removido e lavado. A solução de níquel resultante, que é de alto teor e pureza, é então evaporada em um cristalizador DTB ("*draft, tube and baffle*"), que concentra a solução. O resultado são cristais de níquel sulfato hexahidratado com 2 mm de diâmetro. Estes cristais são continuamente separados, filtrados e finalmente ensacados para venda.

#### **6.3.2.3.1.2.16 Remoção de lodo**

O lodo formado no circuito de extração por solventes múltipla será removido por bombeamento para o tanque de lodo. Neste tanque agitado o lodo receberá a adição de bentonita e será bombeado para uma centrífuga. O efluente da centrífuga retornará ao circuito de extração por solventes múltipla e os sólidos terão destinação final adequada a resíduos sólidos classe I (resíduos perigosos).

#### **6.3.2.3.1.2.17 Planta de preparação de cal**

Cal virgem em pó será entregue no site por caminhões graneleiros. A cal será transferida pneumaticamente do caminhão para um silo de estocagem com 180 t de capacidade. Do silo de estocagem a cal será retomada

através de um alimentador helicoidal, que irá descarregar em um misturador tipo vórtex, no qual será adicionada água bruta em quantidade suficiente para produzir uma solução 20% em massa.

Essa mistura seguirá por gravidade para o tanque de hidratação e deste para uma peneira vibratória. O passante na peneira seguirá por gravidade para um tanque pulmão com capacidade de estocagem equivalente a 24 horas de operação. O retido nas peneiras será descarregado por um transportador helicoidal em uma baía, que será periodicamente limpa por carregadeira.

A solução de cal circulará pela planta em um anel que retornará ao tanque pulmão. Ela será dosada na alimentação do moinho SAG e no circuito de flotação através de válvulas automáticas.

A drenagem de piso da área será coletada em um “*sump*” e bombeada de volta ao tanque pulmão.

#### **6.3.2.3.1.2.18 Coletor – SIBX**

O isobutil xantato de sódio (SIBX) será entregue no site na forma de pellets acondicionados em bags de 850 kg, aproximadamente, e estocado no galpão de reagentes.

Os bags de SIBX serão içados por uma talha elétrica até um silo dotado de facas, de onde os pellets caem no tanque de diluição, onde é adicionada água bruta para formar uma solução com concentração de 20% em peso por volume.

Do tanque de diluição a solução é transferida para um tanque de estocagem com capacidade equivalente a 48 horas de operação. Deste tanque a solução é dosada no circuito de flotação através de bombas diafragma individuais.

Ambos os tanques de diluição e estocagem serão fechados e dotados de respiros.

#### **6.3.2.3.1.2.19 Ativador – sulfato de cobre**

O sulfato de cobre será entregue no site na forma de pó acondicionado em bags de 1.000 kg, aproximadamente, e estocado no galpão de reagentes.

Os bags de sulfato de cobre serão içados por uma talha elétrica até um silo dotado de facas, de onde o pó cai no tanque de diluição, onde é adicionada água bruta para formar uma solução com concentração de 20% em peso por volume.

Do tanque de diluição a solução é transferida para um tanque de estocagem com capacidade equivalente a 132 horas de operação. Deste tanque a solução é dosada no circuito de flotação através de bombas diafragma individuais.

Ambos os tanques de diluição e estocagem serão fechados.

#### **6.3.2.3.1.2.20 Depressor de silicatos – Guar**

O guar será entregue no site na forma de pó acondicionado em bags de 1.000 kg, aproximadamente, e estocado no galpão de reagentes.

Os bags de guar serão içados por uma talha elétrica até um silo dotado de facas, de onde o pó cai no tanque de diluição, onde é adicionada água bruta para formar uma solução com concentração de 20% em peso por volume.

Do tanque de diluição a solução é transferida para um tanque de estocagem com capacidade equivalente a 24 horas de operação. Deste tanque a solução é dosada no circuito de flotação através de bombas diafragma individuais.

Ambos os tanques de diluição e estocagem serão fechados.

#### **6.3.2.3.1.2.21 Depressor de sulfetos de ferro – MSP**

O monofosfato de sódio (MSP) será entregue no site na forma de pó acondicionado em bags de 1.000 kg, aproximadamente, e estocado no galpão de reagentes.

Os bags de MSP serão içados por uma talha elétrica até um silo dotado de facas, de onde o pó cai no tanque de diluição, onde é adicionada água bruta para formar uma solução com concentração de 20% em peso por volume.

Do tanque de diluição a solução é transferida para um tanque de estocagem com capacidade equivalente a 62 horas de operação. Deste tanque a solução é dosada no circuito de flotação através de bombas diafragma individuais.

Ambos os tanques de diluição e estocagem serão fechados.

#### **6.3.2.3.1.2.22 Depressor de esfarelita – dextrina amarela**

A dextrina amarela será entregue no site na forma de pó acondicionado em bags de 1.000 kg, aproximadamente, e estocada no galpão de reagentes.

Os bags de dextrina amarela serão içados por uma talha elétrica até um silo dotado de facas, de onde o pó cai no tanque de diluição, onde é adicionada água bruta para formar uma solução com concentração de 20% em peso por volume.

Do tanque de diluição a solução é transferida para um tanque de estocagem com capacidade equivalente a 24 horas de operação. Deste tanque a solução é dosada no circuito de flotação através de bombas diafragma individuais.

Ambos os tanques de diluição e estocagem serão fechados.

#### **6.3.2.3.1.2.23 Floculante**

O floculante será entregue no site na forma de pó acondicionado em bags de 1.000 kg, aproximadamente, e estocado no galpão de reagentes.

Os bags de floculante serão içados por uma talha elétrica até um silo dotado de facas, de onde o pó é retomado por um alimentador helicoidal e misturado com água bruta em um sistema do tipo “*wetted head*” e diluída em um tanque agitado para formar uma solução com concentração de 0,2% em peso por volume.

Do tanque de diluição a solução é transferida por gravidade para um tanque de estocagem e dosada nos espessadores através de bombas tipo parafuso individuais.

#### **6.3.2.3.1.3 Transporte do minério**

As concentrações variadas do minério e sua disposição inconstante ao longo dos corpos mineralizados tornam imperativo que haja mobilidade nas frentes de lavra, assim, decidiu-se pelo emprego de caminhões para o

transporte do minério e estéril, em detrimento às correias transportadoras. Ainda, em função das características mais vantajosas, serão adotados caminhões tradicionais com capacidade útil de 40 ton.

Os principais impactos ambientais associados a esse tipo de transporte são: emissões atmosféricas, geração de efluentes oleosos na lavagem dos veículos e ruído.

O transporte do produto final (sulfato de níquel) também será feito por caminhões. Os impactos ambientais gerados por este transporte são basicamente os mesmos gerados no transporte interno. Contudo, o número de caminhões será consideravelmente menor no transporte de produto, pois o minério estará concentrado e, obviamente, não haverá transporte externo de estéril.

As 91 mil toneladas de sulfato de níquel a serem produzidas anualmente no Projeto Jaguar, além das 7 mil toneladas do precipitado cobalto, cobre e zinco serão transportadas da planta de beneficiamento até o destino final por caminhões. Em base mensal, serão transportadas 8.167 toneladas/mês de produtos.

Os veículos a serem utilizados são carretas com capacidade útil de 40 toneladas. Dessa forma, serão, em média, 6,8 carretas por dia transportando os produtos. Portanto, um número bem pequeno de caminhões, especialmente se comparado ao volume de tráfego já existente na via de acesso a ser usada para escoamento da produção (vicinal Laranjeira, no trecho entre o futuro empreendimento e a cidade de Ourilândia do Norte), que, conforme levantamento feito no diagnóstico socioeconômico, é de 156 veículos por dia. Ou seja, o transporte do produto representará um acréscimo de 4,4% no tráfego existente.

#### **6.3.2.3.1.4 Processos de disposição de rejeito**

Os rejeitos gerados durante o beneficiamento são basicamente três:

- o material que sedimenta no fundo da célula de flotação, que é classificado como resíduo classe II B (não perigoso e inerte);
- o resíduo do processo hidrometaúrgico (oxidação, lixiviação e neutralização), que é classificado como resíduo classe II A (não perigoso e não inerte); e
- o lodo resultante do processo de metais por solvente, que é classificado como resíduo classe I (perigoso).

Conforme descrito anteriormente o rejeito da flotação é espessado com a finalidade de recircular a água no próprio processo de beneficiamento do minério.

Uma vez que o índice pluviométrico da região apresenta valores elevados (aproximadamente 2000 mm/ano), não é recomendada a implantação de barramento em talwegues que concentram grandes áreas de contribuição a montante da seção, pois o volume de água pluvial afluente ao reservatório pode ser considerável o que geraria necessidade de uma operação mais complexa da estrutura, além de dificultar a redução do aporte de escoamento superficial para dentro do reservatório.

O rejeito da flotação em polpa será disposto em estrutura de co-disposição com estéril, a ser localizada fora de talwegues que concentram vazões de grande magnitude, de modo a evitar afluxo excessivo de água para o reservatório. Esse método de disposição é chamado de co-disposição porque combina a disposição de rejeitos com a disposição de estéril, que circunda todo o perímetro do barramento, conferindo um fator de segurança geotécnico-estrutural ainda maior ao maciço.

Assim, a estrutura será circundada por blocos de rocha ao longo de todo o perímetro do barramento, pretendendo-se evitar, desse modo, que haja:



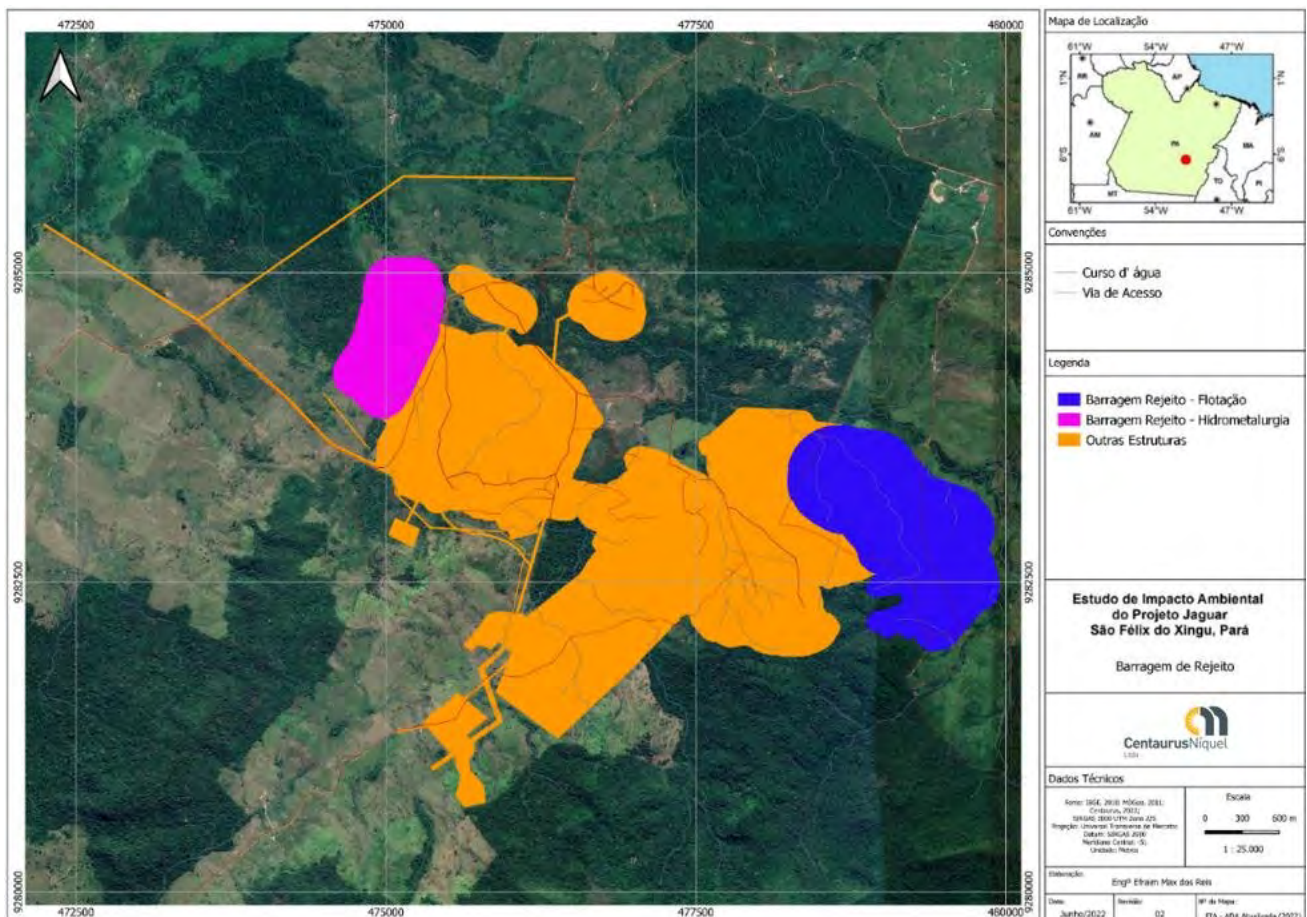
- aporte externo de água pluvial para a barragem; e
- percolação e vertimento de efluente líquido da barragem de rejeitos, sendo que a água acumulada no reservatório oriunda de precipitação direta será reutilizada no processo.

Como explicado no capítulo de alternativas tecnológicas e locacionais, essa alternativa para a co-disposição de rejeitos e estéril é considerada atualmente uma das mais seguras do mundo, pois não há curso de água afluente ao reservatório da barragem e a segurança estrutural geotécnica é maximizada.

Para a disposição dos rejeitos da hidrometalurgia, serão construídas células que serão totalmente impermeabilizadas com material geossintético de modo a impedir a infiltração do rejeito no maciço do barramento e no solo da fundação.

Já o lodo resultante do processo, este será retirado regularmente por empresa especializada em destinação final de resíduos perigosos.

No **Figura 6.3.28**, abaixo, estão apresentados alguns detalhes sobre a alternativa final para as estruturas de disposição de rejeitos do Projeto Jaguar.



**Figura 6.3.28: Estruturas de disposição de rejeitos no Projeto Jaguar.**  
 Fonte: Centaurus (2022).

### 6.3.2.3.2 Operações unitárias auxiliares

#### 6.3.2.3.2.1 Mobilização e mão de obra

A mão de obra da fase de operação será prioritariamente constituída por funcionários da Centaurus, sendo a terceirização utilizada somente na lavra. Assim, estima-se que serão mobilizados 1.200 funcionários, sendo 950 das contratadas que farão as atividades de suporte e a lavra (a céu aberto e subterrânea, que se inicia no ano 9) e 250 da Centaurus.

Quanto à qualificação profissional necessária para a realização das atividades de operação, 87% dos funcionários terão nível técnico e 13%, curso superior completo.

O **Figura 6.3.29**, abaixo, mostra a distribuição dos perfis profissionais prevista para a fase de operação.

Gerência/Supervisão	Efetivo	Nível Superior	Efetivo	Técnicos/Operacional	Efetivo
Gerência geral	6	Administrador	12	Topógrafo	6
Gerência de beneficiamento	4	Engenheiro de processo	12	Assistente de topógrafo	11
Gerência de mina	4	Engenheiro de minas	15	Amostrador	11
Gerência de manutenção	4	Geólogo	16	Técnico de mineração	21
Gerência de meio ambiente, saúde e segurança	4	Engenheiro mecânico	12	Auxiliar de detonação	16
Gerência administrativa e de RH	4	Engenheiro elétrico	12	Operador de perfuratriz	29
Gerência de suprimentos	4	Engenheiro ambiental	9	Auxiliar de sondagem	31
Gerência de TI	4	Engenheiro florestal	2	Operador de escavadeira	31
Gerência de segurança patrimonial	2	Biólogo	3	Motorista de caminhão de minério/estéril	410
Gerência jurídica	2	Economista	2	Operador de trator de esteira/pneu	26
		Administrador de sistema	5	Operador de carregadeira	16
		Nutricionista	2	Motorista de caminhão-pipa, munck, bombeiros, explosivos e comboio	60
		Engenheiro civil	5	Operador de motoniveladora	16
		Médico	2	Técnico industrial	21
		Enfermeira	6	Motorista de ônibus	16
		Advogado	4	Operador de jumbo (mina subterrânea)	11
				Operador de britador	21
				Motorista de carreta	13
				Operador de peneiras	21
				Operador de LHD (mina subterrânea)	11
				Auxiliar de mecânica	26
				Operador de retroescavadeira	16
				Serviços auxiliares	50
				Técnico de segurança	26
				Técnico de meio ambiente	29
				Segurança patrimonial	27
				Técnico em mecânica automotiva	21
				Cozinha industrial/refeitório	25
				Auxiliar administrativo	25
Total (gerência)	38	Total (nível superior)	119	Total (nível técnico)	1043

**Figura 6.3.29: Perfil profissional durante a operação do Projeto Jaguar.**

Fonte: Centaurus (2022).

Os equipamentos de lavra serão, em sua maioria, movidos a óleo diesel. O óleo diesel a ser utilizado será o S10. as máquinas e equipamentos a serem usados estão apresentados na **Tabela 6.3.14** abaixo.

**Tabela 6.3.14: Máquinas e Equipamentos a serem usados na fase de operação.**

Máquina / Equipamento	Quantidade	Máquina / Equipamento	Quantidade
Trator de esteira (Cat D8)	5	Retroescavadeira (JCB ICX)	3
Trator de pneu	3	Retroescavadeira (Caterpillar 416)	2
Escavadeira (Komatsu PC 800)	10	Caminhão-pipa (Scania P310 CB 6x4)	3
Caminhões offroad (Scania 8x4)	93	Caminhão Munck (Scania P310 CB 6x4)	4
Motoniveladora (Cat 14')	4	Guindaste 50 ton	1
Caminhonetes 4x4	38	Guindaste 25 ton	1
Caminhão comboio (Scania P310 CB 6x4)	5	Carregadeira (CAT 988)	5
Perfuratriz (Pantera DP 1500 – 4" ou Sandvik DL431 - 7C)	9	Minicarregadeira	1
Ambulância	1	Caminhão de explosivos	6
Ônibus	4	Carreta (Scania Series R 6x4)	4
Caminhão-bombeiros (Scania P310 CB 6x4)	1	Empilhadeira	1
LHD (Cat R1700G)	3	Jumbo (Sandvik DD21-60C)	3

Fonte: Centaurus (2022).

#### 6.3.2.3.2.1.1 Supressão vegetal e afugentamento/salvamento de fauna

Antes de iniciar a lavra propriamente dita, é necessário fazer o desmatamento das porções das futuras cavas que contém vegetação. O desmatamento compreende a remoção da vegetação existente para permitir a circulação livre de pessoas e equipamentos.

A metodologia de supressão que será empregada no projeto baseia-se em uma proposta de corte, com aproveitamento dos produtos e subprodutos vegetais, de acordo com as melhores práticas atuais.

Entre os objetivos específicos das atividades de supressão, citam-se:

- facilitar o monitoramento e acompanhamento das operações de supressão vegetal por parte dos técnicos locais e dos órgãos de fiscalização ambiental;
- mitigar impacto à fauna que habita as áreas a serem suprimidas;

- ordenar e conduzir as tarefas de supressão vegetal, bem como armazenar os produtos e subprodutos, de tal forma que sejam minimizados os impactos ambientais associados; e
- ordenar e conduzir o salvamento de propágulos e germoplasma autóctones, de forma a manter ao máximo a viabilidade e uso futuro desses recursos.

As atividades de supressão serão conduzidas de acordo com a seguinte sequência operacional:

- talhamento da área a ser suprimida;
- broqueamento, marcação das árvores de valor comercial, coleta de sementes e resgate de epífitas, e salvamento de fauna;
- traçado da rede de acessos;
- abertura dos pátios de estocagem de madeira comercial;
- supressão de vegetação; e
- remoção e estocagem de solo orgânico.

Serão utilizados tratores de esteira para fazer a derrubada e motosserras para fazer o corte dos indivíduos com diâmetro comercial em toras. Carregadeiras adaptadas para madeira farão o carregamento da madeira em caminhões.

A supressão vegetal será conduzida de forma a induzir e facilitar o afugentamento da fauna. Dar-se-á preferência ao afugentamento, em detrimento ao resgate, para as espécies da fauna que tenham condições de locomoção. Aqueles indivíduos que, por qualquer motivo, não consigam se locomover, serão resgatados e soltos em local seguro, com características similares àquelas da área onde eles foram encontrados.

Os responsáveis técnicos pelo acompanhamento da supressão vegetal e pelo salvamento de fauna definirão, antes do início da supressão e em consonância com o programa específico proposto para esse fim, as rotas de fuga e as áreas de soltura dos animais.

Na hipótese da área a ser suprimida constituir uma ilha de vegetação circundada por áreas degradadas, os animais visualizados serão capturados e soltos em área previamente estabelecida. Esta área será similar, fitofisionomicamente, à área a ser suprimida.

#### **6.3.2.3.2 Sistema de fornecimento de combustíveis**

O óleo diesel será utilizado para abastecer os veículos pesados e leves. Haverá um posto de abastecimento no projeto com capacidade total de 800 m<sup>3</sup>, distribuídos em oito tanques aéreos de 100 m<sup>3</sup> cada. O óleo diesel será levado até os veículos pesados nas frentes de lavra por caminhão-comboio. Essa tancagem será suficiente para abastecer o projeto com diesel por 16 dias.

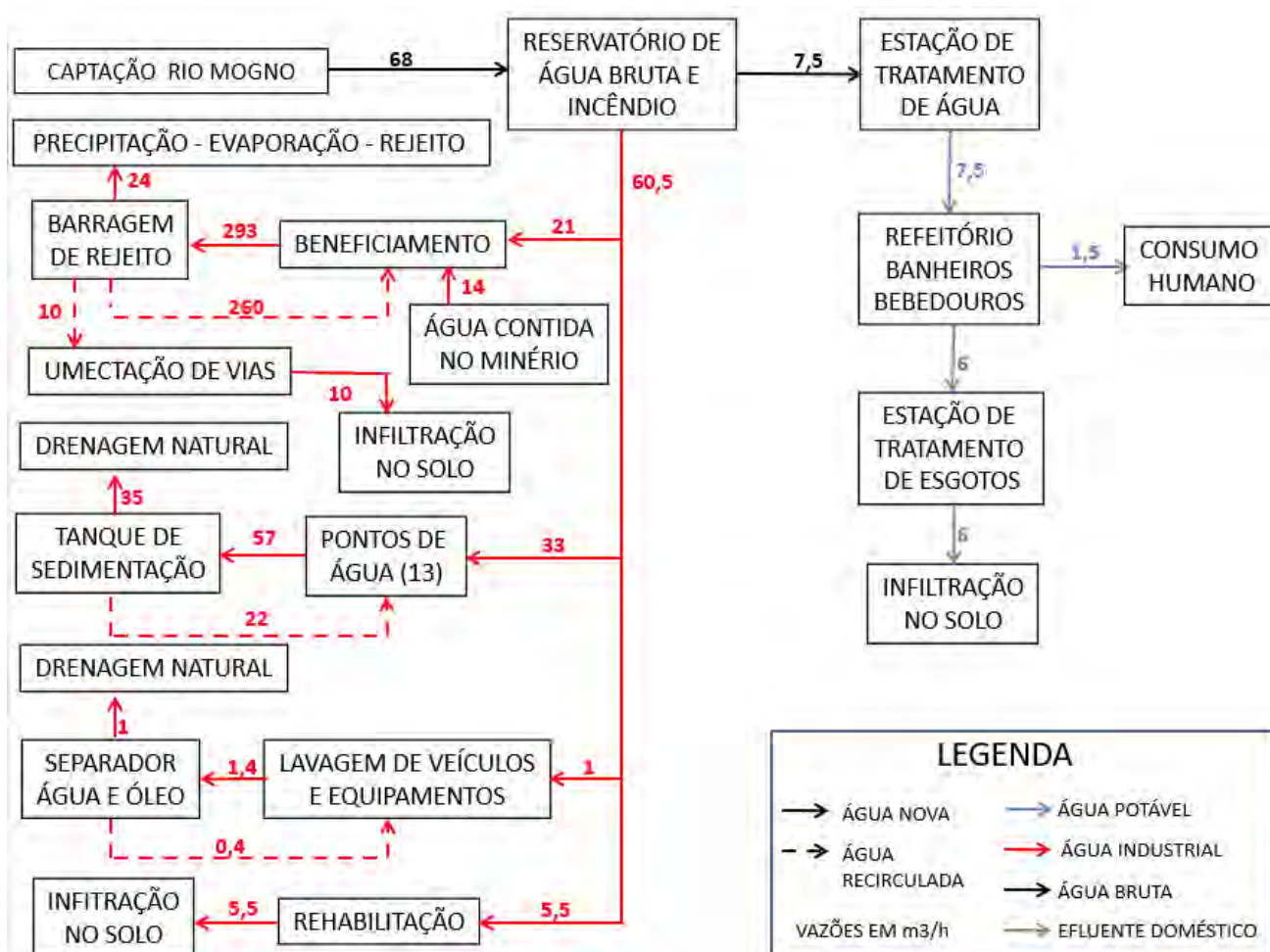
Todas medidas de controle ambiental visando aspectos como vazamento ou transbordo de líquidos ou sólidos; vazamento de gás ou líquido em tubulações e geração de efluentes oleosos serão executadas. Estas são

ações que fazem parte dos Programas de Controle e Monitoramento de Efluentes e da Qualidade da Água; Programa de Manutenção Preventiva e Corretiva, Programa de Atendimento a Emergências Ambientais, etc.

### 6.3.2.3.3 Sistema de abastecimento de água

A água a ser usada na fase de operação do empreendimento, tanto para abastecimento humano, quanto industrial, será captada no igarapé Mogno e bombeada até o reservatório de água bruta, antes de ser distribuída para a estação de tratamento de água ou para a planta de beneficiamento.

A exemplo do que foi apresentado para Fase de Implantação, também aqui na Fase de Operação está prevista a recirculação da água utilizada. A captação será feita da mesma forma e no mesmo ponto já instalado e a **Figura 6.3.30**, mostra esquematicamente o balanço hídrico do empreendimento em sua Fase de Operação.



**Figura 6.3.30: Balanço hídrico na Fase de Operação.**  
Fonte: Centaurus (2022).

### 6.3.2.3.2.4 Sistema de distribuição de energia elétrica

É previsto que a fonte de energia para o Projeto Jaguar será estabelecida por meio de linha de transmissão (LT) de energia de 230kV que interligará o projeto à rede de energia elétrica já existente da rede básica. Deve-se ressaltar que essa linha de transmissão é objeto de um processo de licenciamento específico junto a SEMAS que por sua vez contará com estudo ambiental específico e, portanto, sua avaliação não faz parte do presente estudo.

#### **6.3.2.3.2.5 Outros insumos para fase de operação**

As bolas a serem usadas no moinho são itens de desgaste que devem ser substituídas de tempos em tempos. O óleo lubrificante e desengraxante é utilizado em todo o tipo de equipamento para manter engrenagens funcionando bem.

O ar comprimido e o floculante serão usados no processo de flotação. O ar será inserido no fundo da célula de modo forças as partículas de minério revestidas com o floculante para cima. E o floculante faz com que a água não adira à superfície das partículas do minério

#### **6.3.2.3.3 Operações unitárias de controle ambiental para fase de operação**

##### **6.3.2.3.3.1 Aspectos ambientais na planta de beneficiamento**

Ao longo do processo produtivo, e em especial no processo de beneficiamento do minério existem diversos aspectos ambientais que demandam controles. A **Tabela 6.3.15** apresenta essa extensa relação.

**Tabela 6.3.15: Aspectos ambientais a controlar na planta de beneficiamento.**

Etapa	Aspectos a controlar
Britagem primária	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Emissão de gases de combustão e ruído pelos equipamentos que formarão as pilhas de estoque de ROM e que alimentarão o britador primário.</li> <li>■ Emissão de material particulado na grelha do silo de alimentação do ROM no britador primário.</li> <li>■ Emissão de material particulado e ruído na descarga do alimentador de sapata/entrada do britador primário.</li> <li>■ Emissão de material particulado e ruído no britador primário.</li> <li>■ Emissão de material particulado e ruído nos chutes de transferência da britagem primária.</li> <li>■ Emissão de material particulado e ruído na descarga do transportador de correia que alimenta a pilha pulmão.</li> <li>■ Emissão de material particulado e ruído nos alimentadores de sapata que retomam o material estocado na pilha pulmão.</li> </ul>
Moagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Emissão de material particulado e ruído na alimentação do moinho SAG.</li> <li>■ Emissão de ruído no moinho SAG.</li> <li>■ Emissão de ruído no moinho de bolas.</li> <li>■ Emissão de ruído durante o enchimento dos silos de corpos moedores.</li> <li>■ Emissão de ruído no britador de seixos.</li> <li>■ Vazamentos de polpa nas bombas e tubulações</li> <li>■ Transbordo de polpa na tremonha dos moinhos.</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas de piso</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas de alimentação da bateria de ciclones.</li> <li>■ Transbordo de polpa nas células de “flash flotation”.</li> <li>■ Transbordo de polpa na tremonha de concentrado do “flash flotation”.</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas de concentrado do “flash flotation”.</li> <li>■ Transbordo de polpa na baia de detritos.</li> <li>■ Vazamentos na tubulação de solução de cal.</li> <li>■ Vazamentos nas tubulações de reagentes de flotação.</li> </ul>

Etapa	Aspectos a controlar
Flotação Rougher-Scavenger	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Transbordo das calhas de concentrado.</li> <li>■ Transbordo da tremonha de concentrado rougher.</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas de concentrado rougher.</li> <li>■ Transbordo da tremonha de concentrado scavenger.</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas de concentrado scavenger.</li> <li>■ Transbordo da tremonha de rejeito scavenger.</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas de rejeito scavenger.</li> <li>■ Transbordo das células de flotação.</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas de piso.</li> <li>■ Emissão de ruído nos agitadores das células de flotação.</li> <li>■ Vazamentos na tubulação de cal.</li> <li>■ Vazamentos nas tubulações de reagentes.</li> <li>■ Emissão de ruído nos sopradores das células de flotação.</li> </ul>
Remoagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Transbordo do espessador.</li> <li>■ Transbordo da caixa de alimentação do espessador.</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas de piso da área do espessador.</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas do underflow do espessador.</li> <li>■ Vazamento nas tubulações de polpa.</li> <li>■ Vazamento na tubulação de floculante.</li> <li>■ Transbordo da tremonha de alimentação da remoagem.</li> <li>■ Transbordo do tanque pulmão da remoagem.</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas de alimentação da remoagem.</li> <li>■ Emissão de ruído no moinho vertical.</li> <li>■ Transbordo da tremonha de produto da remoagem.</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas de produto da remoagem.</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas de piso da área da remoagem.</li> </ul>



Etapa	Aspectos a controlar
Flotação Pre-Cleaner	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Emissão de ruído nos sopradores de ar da coluna de flotação.</li> <li>■ Transbordo das calhas da coluna de flotação.</li> <li>■ Emissão de ruído na bomba de recirculação da coluna de flotação.</li> <li>■ Vazamentos nas tubulações de reagentes.</li> </ul>
Flotação Cleaner	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Emissão de ruído nos sopradores das células de flotação.</li> <li>■ Transbordo das calhas das células de flotação.</li> <li>■ Transbordo da tremonha de concentrado da flotação.</li> <li>■ Emissão de ruído nos agitadores das células de flotação.</li> <li>■ Vazamentos nas tubulações de reagentes.</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas de concentrado da flotação.</li> <li>■ Transbordo da tremonha de rejeito da flotação.</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas de rejeito da flotação.</li> <li>■ Vazamentos nas tubulações de polpa.</li> </ul>

Etapa	Aspectos a controlar
Espessamento e filtragem do concentrado	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Transbordo do espessador.</li> <li>■ Transbordo da caixa de alimentação do espessador.</li> <li>■ Emissão de ruído na bomba de piso da área do espessador.</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas do underflow do espessador.</li> <li>■ Vazamento nas tubulações de polpa.</li> <li>■ Vazamento na tubulação de floculante.</li> <li>■ Transbordo do tanque pulmão da filtragem.</li> <li>■ Emissão de ruído nos agitadores do tanque pulmão.</li> <li>■ Emissão de ruído na bomba de piso da área da filtragem.</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas de alimentação do filtro.</li> <li>■ Emissão de ruído nos compressores do filtro.</li> <li>■ Emissão de ruído no filtro.</li> <li>■ Vazamento de polpa entre as placas do filtro.</li> <li>■ Emissão de material particulado na descarga do filtro.</li> <li>■ Transbordo da tremonha de filtrado.</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas de filtrado.</li> <li>■ Emissão de gases de combustão e material particulado pelos equipamentos de manuseio de concentrado.</li> <li>■ Emissão de material particulado na retomada de concentrado.</li> <li>■ Emissão de material particulado no carregamento de containers.</li> <li>■ Emissão de gases de combustão e material particulado no despacho de containers.</li> </ul>
Espessamento e disposição do rejeito	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Transbordo do espessador.</li> <li>■ Transbordo da caixa de alimentação do espessador.</li> <li>■ Emissão de ruído na bomba de piso da área do espessador.</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas do underflow do espessador.</li> <li>■ Vazamento nas tubulações de polpa.</li> <li>■ Vazamento na tubulação de floculante.</li> </ul>

Etapa	Aspectos a controlar
Oxidação e lixiviação em alta pressão	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Emissão de vapores ácidos.</li> <li>■ Emissão de ruído.</li> <li>■ Aquecimento das autoclaves.</li> <li>■ Explosão das autoclaves.</li> <li>■ Transbordo de efluentes contendo metais pesados dissolvidos.</li> <li>■ Incêndio.</li> </ul>
Neutralização do resíduo da lixiviação	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Emissão de vapores ácidos.</li> <li>■ Transbordo de efluentes contendo metais pesados dissolvidos.</li> </ul>
Desaguamento do resíduo da lixiviação	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Transbordo do espessador.</li> <li>■ Transbordo da caixa de alimentação do espessador.</li> <li>■ Emissão de ruído na bomba de piso da área do espessador.</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas do underflow do espessador.</li> <li>■ Vazamento nas tubulações de polpa.</li> </ul>
Purificação da solução rica	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Emissão de vapores ácidos.</li> <li>■ Transbordo de efluentes contendo metais pesados dissolvidos.</li> <li>■ Emissão de ruído.</li> </ul>
Extração por solventes – Cu, Co e Zn	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Emissão de vapores ácidos.</li> <li>■ Transbordo de efluentes contendo metais pesados dissolvidos.</li> <li>■ Emissão de ruído.</li> </ul>
Precipitação e desaguamento de sulfetos – Cu, Co e Zn	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Emissão de vapores ácidos.</li> <li>■ Transbordo de efluentes contendo metais pesados dissolvidos.</li> <li>■ Emissão de ruído.</li> <li>■ Emissão de material particulado, potencialmente inflamável, na área de secagem e embalagem.</li> <li>■ Emissão de gases de combustão no manuseio, carregamento e despacho de produtos.</li> </ul>
Extração por solventes - Ni	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Emissão de vapores ácidos.</li> <li>■ Emissão de vapores de amônia.</li> <li>■ Transbordo de efluentes contendo metais pesados dissolvidos.</li> <li>■ Emissão de ruído.</li> </ul>

Etapa	Aspectos a controlar
Cristalização do níquel	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Emissão de vapores ácidos.</li> <li>■ Emissão de vapores de amônia.</li> <li>■ Transbordo de efluentes contendo metais pesados dissolvidos.</li> <li>■ Emissão de ruído.</li> <li>■ Emissão de gases de combustão no manuseio, carregamento e despacho de produtos.</li> </ul>
Planta de preparação de reagentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Emissão de gases de combustão e material particulado pelos caminhões de entrega de reagentes.</li> <li>■ Emissão de gases de combustão e material particulado pelos equipamentos de manuseio de bags.</li> <li>■ Emissão de material particulado na operação de alimentação dos tanques de diluição de reagentes.</li> <li>■ Emissão de vapores ácidos.</li> <li>■ Emissão de vapores de amônia.</li> <li>■ Transbordo dos tanques de preparação e estocagem de reagentes.</li> <li>■ Rompimento de bags de reagentes durante o manuseio e estocagem.</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas de transferência de reagentes.</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas de dosagem de reagentes.</li> <li>■ Emissão de ruído na bomba de piso da planta de reagentes.</li> <li>■ Emissão de ruído nos agitadores dos tanques de preparação.</li> <li>■ Vazamentos nas linhas de transferência de reagentes.</li> <li>■ Vazamentos nas linhas de dosagem de reagentes.</li> </ul>

Etapa	Aspectos a controlar
Planta de Preparação de cal	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Emissão de gases de combustão e material particulado pelos caminhões graneleiros.</li> <li>■ Emissão de material particulado na operação de alimentação do silo de cal virgem.</li> <li>■ Emissão de material particulado na retomada de cal virgem.</li> <li>■ Transbordo do tanque de hidratação de cal.</li> <li>■ Aquecimento do tanque de hidratação de cal.</li> <li>■ Transbordo do chute de alimentação da peneira de "grit".</li> <li>■ Transbordo do tanque pulmão de solução de cal hidratada.</li> <li>■ Emissão de ruído nos agitadores dos tanques.</li> <li>■ Emissão de ruído na peneira de "grit".</li> <li>■ Emissão de ruído nas bombas de dosagem.</li> <li>■ Emissão de ruído na bomba de piso.</li> <li>■ Vazamentos na tubulação do anel de dosagem.</li> </ul>

Etapa	Aspectos a controlar
Moagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Emissão de material particulado e ruído na alimentação do moinho SAG.</li> <li>▪ Emissão de ruído no moinho SAG.</li> <li>▪ Emissão de ruído no moinho de bolas.</li> <li>▪ Emissão de ruído durante o enchimento dos silos de corpos moedores.</li> <li>▪ Emissão de ruído no britador de seixos.</li> <li>▪ Vazamentos de polpa nas bombas e tubulações</li> <li>▪ Transbordo de polpa na tremonha dos moinhos.</li> <li>▪ Emissão de ruído nas bombas de piso</li> <li>▪ Emissão de ruído nas bombas de alimentação da bateria de ciclones.</li> <li>▪ Transbordo de polpa nas células de “flash flotation”.</li> <li>▪ Transbordo de polpa na tremonha de concentrado do “flash flotation”.</li> <li>▪ Emissão de ruído nas bombas de concentrado do “flash flotation”.</li> <li>▪ Transbordo de polpa na baia de detritos.</li> <li>▪ Vazamentos na tubulação de solução de cal.</li> <li>▪ Vazamentos nas tubulações de reagentes de flotação.</li> </ul>

Etapa	Aspectos a controlar
Flotação Rougher-Scavenger	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Transbordo das calhas de concentrado.</li> <li>▪ Transbordo da tremonha de concentrado rougher.</li> <li>▪ Emissão de ruído nas bombas de concentrado rougher.</li> <li>▪ Transbordo da tremonha de concentrado scavenger.</li> <li>▪ Emissão de ruído nas bombas de concentrado scavenger.</li> <li>▪ Transbordo da tremonha de rejeito scavenger.</li> <li>▪ Emissão de ruído nas bombas de rejeito scavenger.</li> <li>▪ Transbordo das células de flotação.</li> <li>▪ Emissão de ruído nas bombas de piso.</li> <li>▪ Emissão de ruído nos agitadores das células de flotação.</li> <li>▪ Vazamentos na tubulação de cal.</li> <li>▪ Vazamentos nas tubulações de reagentes.</li> <li>▪ Emissão de ruído nos sopradores das células de flotação.</li> </ul>

Etapa	Aspectos a controlar
Remoagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Transbordo do espessador.</li> <li>▪ Transbordo da caixa de alimentação do espessador.</li> <li>▪ Emissão de ruído nas bombas de piso da área do espessador.</li> <li>▪ Emissão de ruído nas bombas do underflow do espessador.</li> <li>▪ Vazamento nas tubulações de polpa.</li> <li>▪ Vazamento na tubulação de floculante.</li> <li>▪ Transbordo da tremonha de alimentação da remoagem.</li> <li>▪ Transbordo do tanque pulmão da remoagem.</li> <li>▪ Emissão de ruído nas bombas de alimentação da remoagem.</li> <li>▪ Emissão de ruído no moinho vertical.</li> <li>▪ Transbordo da tremonha de produto da remoagem.</li> <li>▪ Emissão de ruído nas bombas de produto da remoagem.</li> <li>▪ Emissão de ruído nas bombas de piso da área da remoagem.</li> </ul>
Flotação Pre-Cleaner	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Emissão de ruído nos sopradores de ar da coluna de flotação.</li> <li>▪ Transbordo das calhas da coluna de flotação.</li> <li>▪ Emissão de ruído na bomba de recirculação da coluna de flotação.</li> <li>▪ Vazamentos nas tubulações de reagentes.</li> </ul>



Etapa	Aspectos a controlar
Flotação Cleaner	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Emissão de ruído nos sopradores das células de flotação.</li> <li>▪ Transbordo das calhas das células de flotação.</li> <li>▪ Transbordo da tremonha de concentrado da flotação.</li> <li>▪ Emissão de ruído nos agitadores das células de flotação.</li> <li>▪ Vazamentos nas tubulações de reagentes.</li> <li>▪ Emissão de ruído nas bombas de concentrado da flotação.</li> <li>▪ Transbordo da tremonha de rejeito da flotação.</li> <li>▪ Emissão de ruído nas bombas de rejeito da flotação.</li> <li>▪ Vazamentos nas tubulações de polpa.</li> </ul>

<p>Espressamento e filtragem do concentrado</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Transbordo do espessador.</li><li>▪ Transbordo da caixa de alimentação do espessador.</li><li>▪ Emissão de ruído na bomba de piso da área do espessador.</li><li>▪ Emissão de ruído nas bombas do underflow do espessador.</li><li>▪ Vazamento nas tubulações de polpa.</li><li>▪ Vazamento na tubulação de floculante.</li><li>▪ Transbordo do tanque pulmão da filtragem.</li><li>▪ Emissão de ruído nos agitadores do tanque pulmão.</li><li>▪ Emissão de ruído na bomba de piso da área da filtragem.</li><li>▪ Emissão de ruído nas bombas de alimentação do filtro.</li><li>▪ Emissão de ruído nos compressores do filtro.</li><li>▪ Emissão de ruído no filtro.</li><li>▪ Vazamento de polpa entre as placas do filtro.</li><li>▪ Emissão de material particulado na descarga do filtro.</li><li>▪ Transbordo da tremonha de filtrado.</li><li>▪ Emissão de ruído nas bombas de filtrado.</li><li>▪ Emissão de gases de combustão e material particulado pelos equipamentos de manuseio de concentrado.</li><li>▪ Emissão de material particulado na retomada de concentrado.</li><li>▪ Emissão de material particulado no carregamento de containers.</li><li>▪ Emissão de gases de combustão e material particulado no despacho de containers.</li></ul>
---	---

Etapa	Aspectos a controlar
Espessamento e disposição do rejeito	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Transbordo do espessador.</li> <li>▪ Transbordo da caixa de alimentação do espessador.</li> <li>▪ Emissão de ruído na bomba de piso da área do espessador.</li> <li>▪ Emissão de ruído nas bombas do underflow do espessador.</li> <li>▪ Vazamento nas tubulações de polpa.</li> <li>▪ Vazamento na tubulação de floculante.</li> </ul>
Oxidação e lixiviação em alta pressão	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Emissão de vapores ácidos.</li> <li>▪ Emissão de ruído.</li> <li>▪ Aquecimento das autoclaves.</li> <li>▪ Explosão das autoclaves.</li> <li>▪ Transbordo de efluentes contendo metais pesados dissolvidos.</li> <li>▪ Incêndio.</li> </ul>
Neutralização do resíduo da lixiviação	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Emissão de vapores ácidos.</li> <li>▪ Transbordo de efluentes contendo metais pesados dissolvidos.</li> </ul>
Desaguamento do resíduo da lixiviação	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Transbordo do espessador.</li> <li>▪ Transbordo da caixa de alimentação do espessador.</li> <li>▪ Emissão de ruído na bomba de piso da área do espessador.</li> <li>▪ Emissão de ruído nas bombas do underflow do espessador.</li> <li>▪ Vazamento nas tubulações de polpa.</li> </ul>

Etapa	Aspectos a controlar
Purificação da solução rica	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Emissão de vapores ácidos.</li> <li>▪ Transbordo de efluentes contendo metais pesados dissolvidos.</li> <li>▪ Emissão de ruído.</li> </ul>
Extração por solventes – Cu, Co e Zn	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Emissão de vapores ácidos.</li> <li>▪ Transbordo de efluentes contendo metais pesados dissolvidos.</li> <li>▪ Emissão de ruído.</li> </ul>
Precipitação e desaguamento de sulfetos – Cu, Co e Zn	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Emissão de vapores ácidos.</li> <li>▪ Transbordo de efluentes contendo metais pesados dissolvidos.</li> <li>▪ Emissão de ruído.</li> <li>▪ Emissão de material particulado, potencialmente inflamável, na área de secagem e embalagem.</li> <li>▪ Emissão de gases de combustão no manuseio, carregamento e despacho de produtos.</li> </ul>
Extração por solventes - Ni	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Emissão de vapores ácidos.</li> <li>▪ Emissão de vapores de amônia.</li> <li>▪ Transbordo de efluentes contendo metais pesados dissolvidos.</li> <li>▪ Emissão de ruído.</li> </ul>

Etapa	Aspectos a controlar
Cristalização do níquel	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Emissão de vapores ácidos.</li> <li>▪ Emissão de vapores de amônia.</li> <li>▪ Transbordo de efluentes contendo metais pesados dissolvidos.</li> <li>▪ Emissão de ruído.</li> <li>▪ Emissão de gases de combustão no manuseio, carregamento e despacho de produtos.</li> </ul>
Planta de preparação de reagentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Emissão de gases de combustão e material particulado pelos caminhões de entrega de reagentes.</li> <li>▪ Emissão de gases de combustão e material particulado pelos equipamentos de manuseio de bags.</li> <li>▪ Emissão de material particulado na operação de alimentação dos tanques de diluição de reagentes.</li> <li>▪ Emissão de vapores ácidos.</li> <li>▪ Emissão de vapores de amônia.</li> <li>▪ Transbordo dos tanques de preparação e estocagem de reagentes.</li> <li>▪ Rompimento de bags de reagentes durante o manuseio e estocagem.</li> <li>▪ Emissão de ruído nas bombas de transferência de reagentes.</li> <li>▪ Emissão de ruído nas bombas de dosagem de reagentes.</li> <li>▪ Emissão de ruído na bomba de piso da planta de reagentes.</li> <li>▪ Emissão de ruído nos agitadores dos tanques de preparação.</li> <li>▪ Vazamentos nas linhas de transferência de reagentes.</li> <li>▪ Vazamentos nas linhas de dosagem de reagentes.</li> </ul>

Etapa	Aspectos a controlar
Planta de Preparação de cal	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Emissão de gases de combustão e material particulado pelos caminhões graneleiros.</li> <li>▪ Emissão de material particulado na operação de alimentação do silo de cal virgem.</li> <li>▪ Emissão de material particulado na retomada de cal virgem.</li> <li>▪ Transbordo do tanque de hidratação de cal.</li> <li>▪ Aquecimento do tanque de hidratação de cal.</li> <li>▪ Transbordo do chute de alimentação da peneira de “grit”.</li> <li>▪ Transbordo do tanque pulmão de solução de cal hidratada.</li> <li>▪ Emissão de ruído nos agitadores dos tanques.</li> <li>▪ Emissão de ruído na peneira de “grit”.</li> <li>▪ Emissão de ruído nas bombas de dosagem.</li> <li>▪ Emissão de ruído na bomba de piso.</li> <li>▪ Vazamentos na tubulação do anel de dosagem.</li> </ul>

Fonte: Centaurus (2022).

Com base no levantamento de todos os possíveis aspectos listados acima, foram definidos sistemas de controle ambiental para cada um deles. Esses controles são citados na **Tabela 6.3.16** abaixo e detalhados a seguir.

**Tabela 6.3.16: Controles ambientais na planta de beneficiamento.**

Aspecto ambiental	Local de geração	Principais medidas de controle ambiental	Programa ambiental relacionado*
Emissão de gases de combustão	Veículos e equipamentos móveis	Qualidade do combustível Inspeção veicular Modelagem numérica preditiva (capítulo de impactos ambientais)	Programa de controle e monitoramento das emissões atmosféricas e qualidade do ar Programa de gestão e monitoramento de carbono

Aspecto ambiental	Local de geração	Principais medidas de controle ambiental	Programa ambiental relacionado*
Emissão de gases	Oxidação sob pressão, neutralização dos resíduos da lixiviação e extração por solventes	Lavador de gases Enclausuramento de fontes fixas	Programa de monitoramento meteorológico
Emissão de ruído	Veículos e equipamentos móveis	Especificação dos fabricantes Modelagem numérica preditiva (capítulo de impactos ambientais)	Programa de controle e monitoramento de ruído e vibração
	Equipamentos fixos	Especificação dos fabricantes Modelagem numérica preditiva (capítulo de impactos ambientais) Enclausuramento acústico (se necessário)	
Emissão de material particulado	Equipamentos fixos desde o silo de alimentação da britagem até a estocagem de produto	Enclausuramento de chutes, casas de transferência e locais de armazenamento de partículas Modelagem numérica preditiva (capítulo de impactos ambientais)	Programa de controle e monitoramento das emissões atmosféricas e qualidade do ar Programa de monitoramento meteorológico
Vazamento ou transbordo de líquidos ou sólidos	Todos os tanques, reatores e locais de estocagem temporária	Estocagem segundo orientações dos fabricantes (FISPQs de insumos anexas) Bacias de contenção onde necessário (NBR 12.235/1992) Sistema de prevenção e combate a incêndio	Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Programa de Atendimento a Emergências Ambientais
Vazamento de gás ou líquido em tubulações	Todas as tubulações	Sistema de medição constante de pressão das tubulações Sistema de prevenção e combate a incêndio	Programa de Manutenção Preventiva e Corretiva Programa de Atendimento a Emergências Ambientais
Aquecimento ou explosão de autoclave	Oxidação sob pressão	Sistema automático de controle de temperatura e pressão das autoclaves Sistema de prevenção e combate a incêndio	
Geração de efluentes oleosos	Motores instalados na planta	Sistema de drenagem pluvial Sistema de tratamento de efluentes oleosos	Programa de Controle e Monitoramento de Efluentes e da Qualidade da Água

Aspecto ambiental	Local de geração	Principais medidas de controle ambiental	Programa ambiental relacionado*
Geração de rejeitos	Desaguamento do rejeito da flotação e da oxidação, lixiviação e neutralização	Classificação preliminar dos rejeitos Disposição final dos rejeitos em barragem sem geração de efluente Fechamento e integração da barragem à paisagem natural Monitoramento de estabilidade geotécnica de estruturas	Programa de Atendimento a Emergências Ambientais Programa Conceitual de Fechamento (Descomissionamento)
Geração de lodo	Extração por solventes	Classificação preliminar dos resíduos Disposição final adequada a resíduos perigosos	Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

Fonte: Centaurus (2022).

A seguir a **Figura 6.3.31** apresenta-se o fluxograma da produção com indicação das etapas do processo onde há aspectos ambientais (geração de produtos, resíduos sólidos, efluentes líquidos ou emissões atmosféricas). As letras que indicam os aspectos ambientais são as seguintes:

- P – Produtos;
- RS – Resíduos sólidos;
- EL – Efluentes líquidos; e
- EA – Emissões atmosféricas (material particulado e/ou gases).



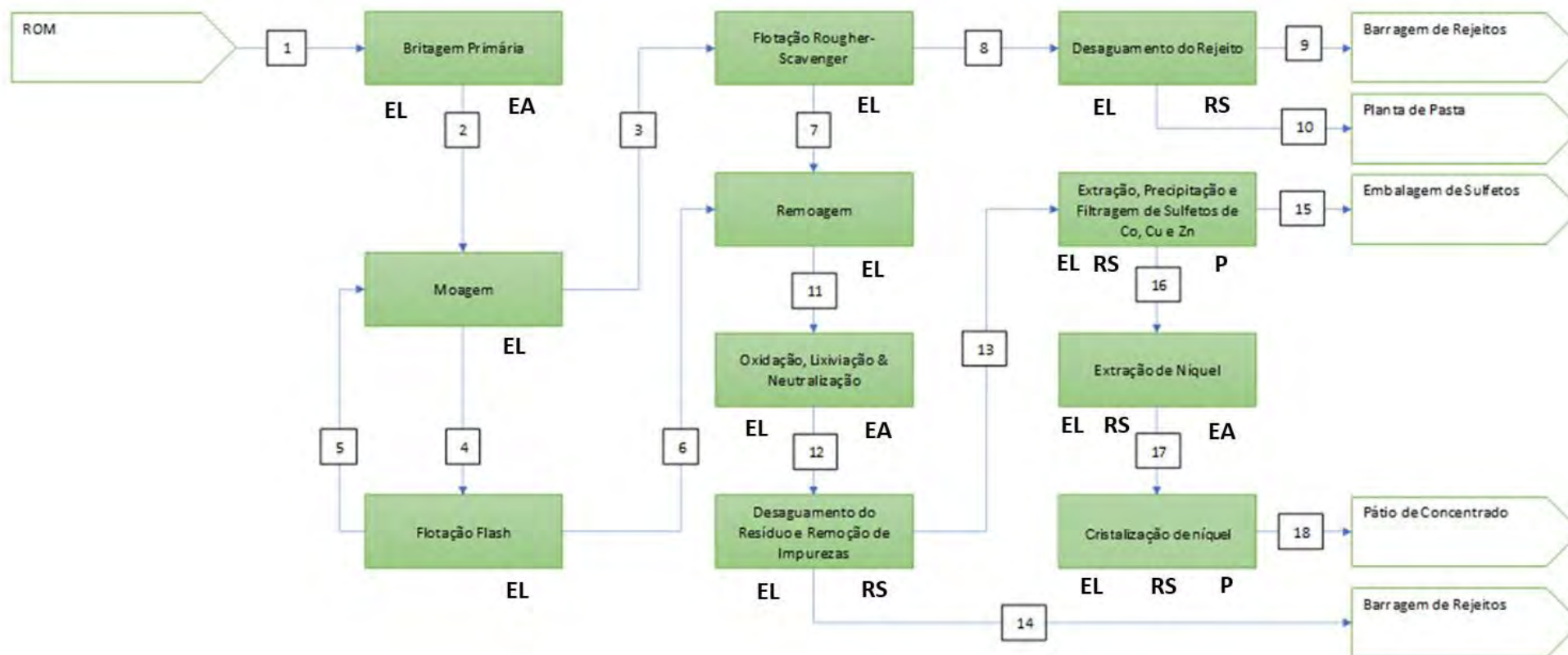


Figura 6.3.31: Fluxograma indicando pontos com aspectos ambientais.

Fonte: Centaurus (2022).

### 6.3.2.3.3.2 Efluentes líquidos

Os efluentes líquidos a serem gerados pelo Projeto Jaguar na fase de operação são efluentes oleosos, domésticos e a drenagem superficial das pilhas de estéril (apesar de não ser conceitualmente um efluente líquido).

As fontes de geração de efluentes, e sua respectiva estimativa de vazão gerada, para fase de operação previstas são listadas abaixo na **Tabela 6.3.17**:

**Tabela 6.3.17: Fontes e estimativa de geração de efluentes para fase de operação.**

Tipo	Fonte	Geração estimada* (m <sup>3</sup> /h)
Efluentes oleosos <sup>a</sup>	Posto de combustível	1
	Oficina	2
	Planta de beneficiamento	1
Efluentes domésticos <sup>b</sup>	Oficina	1,0
	Escritórios	0,5
	Posto de combustível	1,0
	Usina de beneficiamento	0,5
	Central de estocagem de resíduos (CER)	1,0
	Refeitório	0,5
	Portaria	1,0
	Cavas	0,5

**Legenda:** a = Os valores apresentados são as quantidades médias a serem produzidas por fonte geradora e representam a vazão de efluente bruto; b = As quantidades apresentadas são os valores máximos que podem ser produzidos por fonte geradora e representam a vazão de efluente bruto (água e óleo).

Fonte: Centaurus (2022).

O tratamento desses efluentes será o mesmo descrito no Item **6.3.2.2.6.1**, uma vez que as estruturas de controle ambiental dos efluentes gerados pelo empreendimento, instaladas para fase de instalação, serão as mesmas para fase de operação.

Haverá também a geração de um efluente oriundo do processo hidrometalúrgico (extração de níquel), rico em sulfato de sódio, cálcio e magnésio. Estes três compostos têm valor comercial e serão precipitados para gerar estes sulfatos, os quais serão então comercializados pela Centaurus. O efluente deste processo de cristalização será lançado na barragem de rejeitos de flotação. A composição esperada deste efluente é apresentada na **Tabela 6.3.18**.

**Tabela 6.3.18: Composição esperada do efluente – processo de hidrometalurgia.**

Elemento Químico	Valor	Unidade
As total	0,49	mg/L
Ba total	-	mg/L
Bo total	-	mg/L
Cd total	< 0,005	mg/L
Pb total	0,2	mg/L
CN total	-	mg/L
CN free	-	mg/L
Cu dissolvido	< 0,03	mg/L
Cr hexavalente	< 0,01	mg/L
Cr trivalente	< 0,01	mg/L
Sn total	-	mg/L
Fe dissolvido	< 0,3	mg/L
Fluoreto total	0,5	mg/L
Mn dissolvido	0,6	mg/L
Hg total	0,001	mg/L
Ni total	< 0,01	mg/L
Nitrogênio amoniacal	1	mg/L
Ag total	< 0,005	mg/L
Se total	< 0,01	mg/L
Sulfetos	< 0,1	mg/L
Zn total	1,5	mg/L

Fonte: Centaurus (2022).

### 6.3.2.3.3 Drenagem superficial

Como dito anteriormente, apesar de não ser um efluente líquido na concepção do termo, a precipitação direta sobre a área das pilhas de estéril irá gerar um fluxo de água no pé das pilhas. O tratamento deste fluxo de água só se torna necessário porque enquanto as pilhas são formadas, há parte delas que ainda não estão revegetadas, assim, pode haver o carreamento de partículas por esse fluxo.

Na medida em que a revegetação avança sobre a área das pilhas, o volume de partículas de solo carregadas diminui. Até que esse carreamento cesse, haverá diques de contenção de sedimentos instalados imediatamente a jusante de todas as pilhas de estéril.

O desempenho nominal dos diques de contenção de sedimentos foi estabelecido para que partículas a partir de 1 mm sejam contidas nos diques. A limpeza dos diques será feita semestralmente, de modo a garantir que seu volume útil permaneça disponível para a decantação das partículas.

Os sólidos retirados dos diques de contenção serão levados de volta para as pilhas de estéril.

#### 6.3.2.3.3.4 Drenagem ácida

No que se refere à drenagem ácida, foram avaliados o estéril e os rejeitos para fins de estimativa do potencial de geração. Em 2011, os seguintes testes foram conduzidos em diferentes rochas da área do projeto:

- MABA (*Modified Acid Base Accounting* – ensaio estático para avaliação do potencial de drenagem ácida) – 64 amostras de rochas;
- MABA (*Modified Acid Base Accounting* – ensaio estático para avaliação do potencial de drenagem ácida) – 2 amostras de rejeitos de flotação;
- Teste de lixiviação (NBR 10.005) – subgrupo de 30 amostras das 64 acima; e
- Teste de solubilização (NBR 10.006) – subgrupo de 30 amostras das 64 acima.

Mais recentemente entre 2019 foram selecionadas 42 amostras de rocha que incluíram todos os litotipos encontrados na área do empreendimento. Essas amostras foram submetidas aos seguintes testes:

- MABA (*Modified Acid Base Accounting* – ensaio estático para avaliação do potencial de drenagem ácida) – 33 amostras;
- Teste de solubilização inorgânica de metais – 10 amostras; e
- Net *acid generation* (ensaio estático para avaliação do potencial de drenagem ácida) – 21 amostras.

Com base nesses resultados, foram selecionadas:

- 3 amostras que foram submetidas a ensaios dinâmicos de avaliação do potencial de drenagem ácida;
- 63 amostras de estéril dos diferentes depósitos minerais que foram submetidas a:
  - MABA (*Modified Acid Base Accounting* – ensaio estático para avaliação do potencial de drenagem ácida) – todas as 63 amostras;
  - Teste de classificação de resíduos (NBR 10.004/2004) – 30 amostras; e
  - Net *acid generation* (ensaio estático para avaliação do potencial de drenagem ácida) – 17 amostras.
- 4 amostras de rejeito, que foram submetidas aos seguintes testes:
  - *Modified sobek* teste (ensaio estático para avaliação do potencial de drenagem ácida); e
  - Teste de classificação de resíduos (NBR 10.004/2004).

Em 2020 mais 47 amostras foram testadas para avaliar o potencial de geração de drenagem ácida. Essas últimas 47 amostras foram amostras compostas que representam cada uma das seções de pesquisa mineral em todas as cavas. A composição das amostras foi feita com base na proporção de cada litologia naquela seção da cava. Assim, essas amostras representam bem o estéril que será depositado nas pilhas.

Em vista do exposto acima sobre todo o trabalho feito para avaliação do potencial de geração de drenagem ácida no Projeto Jaguar, pode se dizer que:

- O volume de amostras coletadas e, conseqüentemente, de informações sobre o potencial de drenagem ácida é suficiente para se chegar às conclusões abaixo e excede consideravelmente o que é normalmente feito no Brasil;
- O estéril do projeto apresenta baixo potencial de geração de drenagem ácida, portanto, as pilhas de estéril serão projetadas de modo a neutralizar esse potencial e os diques de contenção localizados imediatamente a jusante das pilhas serão monitorados regularmente; e
- O monitoramento rotineiro da qualidade das águas superficiais e subterrâneas deve ser feito para confirmar essas conclusões.

Todos os laudos de avaliação do potencial de drenagem ácida realizados com amostras de estéril são apresentados no **ANEXO G**.

### 6.3.2.3.5 Resíduos sólidos

Todos os resíduos sólidos e efluentes a serem gerados durante o processo de lavra e transporte de minério e estéril no Projeto Jaguar são mostrados no abaixo na **Tabela 6.3.19**.

**Tabela 6.3.19: Resíduos sólidos e efluentes gerados na lavra e transporte de minério e estéril.**

Tipo resíduo/ efluente	Local de geração	Quantidade estimada	Descrição qualitativa
Efluente oleoso	Posto de combustível	1 m³/h	Resíduos classe I (perigosos)
	Caminhão comboio nas frentes de trabalho	Geração acidental	
	Oficina (equipamentos de mina)	2 m³/h	
Efluente doméstico (esgoto sanitário)	Oficina (equipamentos de mina) - instalações sanitárias	0,2 m³/h	Resíduos classe I (perigosos)
	Cavas - banheiros químicos e instalações sanitárias	0,8 m³/h	
Papel e papelão	Posto de combustível	Geração esporádica	Resíduos classe II A (não perigosos, não inertes)
	Oficina (equipamentos de mina)		
	Cavas – frentes de trabalho		
Plástico	Posto de combustível	Geração esporádica	Resíduos classe II B (não perigosos, inertes)
	Oficina (equipamentos de mina)		
	Cavas – frentes de trabalho		
Estéril	Cavas do Jaguar	414 milhões de toneladas	Resíduos classe II A (não perigosos, não inertes**)
	Cavas de Onça	65 milhões de toneladas	
Madeira não comercial*	Desmatamento da área das cavas	6.300 m³	Resíduos classe II B (não perigosos, inertes)

**Legenda: \* = Apesar de estar incluída aqui como resíduo, a madeira não comercial será doada para a comunidade vizinha; \*\* = Nenhum dos parâmetros do Anexo F da NBR 10.004/2004 (ensaio de lixiviação) foi excedido por nenhuma das amostras de estéril testada. Somente os parâmetros alumínio total e ferro total excederam os limites do Anexo G da NBR10.004/2004 (ensaio de solubilização) em parte das amostras de estéril testadas.**

Fonte: Centaurus (2022).

Todos os laudos de classificação de resíduo realizados com as amostras de estéril são apresentados no **ANEXO H**.

Com relação aos resíduos sólidos gerados no beneficiamento do minério, o **Tabela 6.3.20** mostra os detalhes de tais resíduos. Os laudos laboratoriais de classificação dos rejeitos do beneficiamento estão no **ANEXO H**.

**Tabela 6.3.20: Resíduos sólidos gerados no beneficiamento do minério.**

Tipo de resíduo	Local de geração	Quantidade estimada	Descrição qualitativa
Rejeitos	Flotação rougher-scavenger	8.900 ton/dia	Resíduo classe II B (não perigoso e inerte)
	Oxidação, lixiviação e neutralização	970 ton/dia	Resíduo classe II A (não perigoso e não inerte)
Lodo	Extração de cobalto, cobre e zinco por solventes	100 L/dia	Resíduo classe I (perigosos)
	Extração de níquel por solventes		

Fonte: Centaurus (2022).

A disposição dos resíduos listados para fase de operação seguirá com a descrição estabelecida no Item **6.3.2.2.6.2** para a fase de implantação.

#### **6.3.2.3.3.6 Rejeitos**

Os rejeitos serão gerados na planta de beneficiamento, como subproduto do processo de concentração de minério de níquel. Essa geração só ocorrerá na fase de operação do empreendimento. A quantidade de rejeito a ser gerada pelo Projeto Jaguar é, em média, cerca de 1,86 milhões de metros cúbicos anuais, totalizando 41 milhões de metros cúbicos durante a vida útil do projeto, em base úmida. Esse total é composto de rejeito da flotação (90%) e rejeito da hidrometalurgia (10%). O rejeito da flotação terá, no lançamento, 58% de sólidos e 42% de água. O rejeito da hidrometalurgia, depois de filtrado, terá apenas 20% de água. Importante ressaltar que do volume total de água que irá para o reservatório da barragem de rejeitos da flotação, apenas 20% ficará retido no rejeito, que é a fração de água que não é liberada.

Os testes de drenagem ácida (**ANEXO G**) realizados com quatro amostras de rejeito mostram que o rejeito do Projeto Jaguar não tem potencial de geração de acidez, uma vez que a média ponderada (com base no volume que cada amostra de rejeito representará do total) do potencial líquido de produção de acidez foi de -5,8 Kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/ton. Esse resultado negativo indica que o rejeito consome acidez, em vez de produzir.

#### **6.3.2.3.3.7 Emissões atmosféricas**

Conforme mencionado anteriormente por realizou-se um levantamento qualitativo de todas possíveis fontes de emissões atmosféricas, independentemente dessas fontes terem capacidade de alterar a qualidade do ar ou não.

Os poluentes atmosféricos e suas respectivas fontes no projeto são apresentados abaixo:

- Material particulado (partículas totais, partículas inaláveis e  $PM_{2.5}$ ) – pilhas de estéril, peneiramento, britagem, transferências, pilha pulmão de ROM, área de carregamento do produto, emissões de veículos nas vias internas e cavas a céu aberto.

Contudo, uma medida que está prevista principalmente para as cavas e vias de circulação de veículos não pavimentadas é a umectação de vias. Ela será feita por caminhões pipa e a frequência será definida em função da necessidade, assim, na época das chuvas na região (novembro a abril do ano seguinte), provavelmente não haverá necessidade de umectação tão frequentemente quanto na época da seca (maio a outubro).

Para o tratamento das emissões do processo de oxidação sob pressão (autoclave), será utilizado um lavador de gases, cujo princípio de funcionamento é baseado na aplicação de solução aquosa para “lavar” as partículas e gases, retendo, com isso esses poluentes. O equipamento é dotado de um mecanismo de água pulverizada e bicos pressurizados. O processo de funcionamento do lavador de gases ocorre por meio da colisão de partículas e contato dos gases com a solução aquosa que retém as partículas sólidas e reage com os gases formando partículas que também são retidas.

Os lavadores de gases funcionam com sprays de água e muita pressão, o lavador de gases se responsabiliza por neutralizar os gases resultantes de depósitos residuais de maneira que eles fiquem inofensivos para o meio ambiente e para as pessoas.

A eficiência nominal do lavador de gases é de 95% para remoção de material particulado e de 90% para remoção de  $SO_2$ .

#### **6.3.2.3.3.8 Ruído**

Na fase de operação, haverá fontes de ruídos fixas (associados às atividades de lavra e beneficiamento, principalmente as britagens e peneiramentos) e móveis (caminhões basculantes principalmente). Os equipamentos que serão as principais fontes de ruído na fase de operação são caracterizados nas **Tabela 6.3.21** e **Tabela 6.3.22** a seguir.

**Tabela 6.3.21: Fontes e estimativa de ruídos durante o beneficiamento de minério.**

Fonte	Quantidade	Caracterização	
		Qualitativa	Potência sonora - pwl
Britadores primários de mandíbulas	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	112
Correia transportadora do minério britado	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	94 / metro linear
Motor da correia transportadora do minério britado	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	112
Correia transportadora de alimentação da pilha de material britado	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	94 / metro linear
Motor da correia transportadora do minério britado	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	112
Alimentador de sapata	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	99
Moinho semiautógeno (SAG)	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	117
Moinho de bolas	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	117
Motor do agitador do tanque rougher da flotação instantânea	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	110
Motor da bateria de ciclones	16	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	107
Britador cônico de seixos	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	115
Peneira vibratória de resíduos	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	111
Motor do agitador do tanque cleaner da flotação instantânea	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	110
Bomba do produto do moinho	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Bomba do concentrado da flotação instantânea	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Bomba do piso da área de moagem	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Bomba do piso da área de britagem de seixos	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Peneira rotatória do moinho SAG	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	113
Peneira rotativa do moinho de bolas	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	113



Fonte	Quantidade	Caracterização	
		Qualitativa	Potência sonora - pwl
Transportador de correias de alimentação do moinho SAG	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	94 / metro linear
Transportador de correias de alimentação do britador cônico de seixos	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	94 / metro linear
Agitador do tanque de preparação do rougher	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	110
Bomba do concentrado do rougher	2	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Bomba do concentrado do scavenger	2	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Bomba do rejeito do scavenger	2	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Bomba do piso da área do rougher	2	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Bomba de recirculação do minério de alto e baixo teor amostrado	2	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Agitador do tanque de estocagem de concentrado	2	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	110
Moinho de remoagem	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	117
Bomba da área de remoagem	8	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Motor do adensador do material remoido	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	107
Bomba do rejeito do adensador da flotação	3	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Bomba do piso da área do adensador dos rejeitos	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Agitador do tanque de paste	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	110
Bomba do filtro a vácuo do paste	10	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Agitador do tanque de pré-tratamento do ácido	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	110
Agitador do tanque de alimentação da autoclave	1	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	110
Agitador das duas autoclaves	10	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	110
Bomba do sistema de alimentação das autoclaves	31	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101

Fonte	Quantidade	Caracterização	
		Qualitativa	Potência sonora - pwl
Agitador do tanque de neutralização do resíduo das autoclaves	8	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	110
Agitador do tanque de precipitação de impurezas	5	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	110
Bombas dos tanques de precipitação de impurezas	7	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Agitador do tanque de neutralização de rejeito	2	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	110
Bomba do rejeito neutralizado	3	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Agitador do tanque de mistura para extração de cátion por solvente	16	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	110
Bomba do sistema de extração de cátion por solvente	9	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Bomba de precipitação de sulfeto	12	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Agitador do tanque de mistura para extração de níquel por solvente	16	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	110
Bomba para agitador do tanque de mistura para extração de níquel por solvente	8	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Agitador dos tanques de sólidos (crud)	4	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	110
Bomba do sistema de sólidos (crud)	8	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Bomba do sistema de retrolavagem	9	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Bombas dosadoras	21	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Bombas para insumos e reagentes	30	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Bombas diversas	27	Fonte fixa e nível sonoro aproximadamente constante	101
Caminhonete 4x4	10	Fonte móvel e nível sonoro variável	90
Ambulância	1	Fonte móvel e nível sonoro variável	100
Ônibus (30 lugares)	4	Fonte móvel e nível sonoro variável	95
Caminhão de bombeiros	1	Fonte móvel e nível sonoro variável	103
Caminhão pipa	3	Fonte móvel e nível sonoro variável	70

Fonte	Quantidade	Caracterização	
		Qualitativa	Potência sonora - pwl
Caminhão munck	1	Fonte móvel e nível sonoro variável	86
Guindaste 50 ton	1	Fonte móvel e nível sonoro variável	116
Guindaste 25 ton	1	Fonte móvel e nível sonoro variável	109
Plataforma elevatória	1	Fonte móvel e nível sonoro variável	103
Carregadeira grande (13 m <sup>3</sup> ) para ROM	1	Fonte móvel e nível sonoro variável	119
Manipulador telescópico de 3 ton	1	Fonte móvel e nível sonoro variável	97
Minicarregadeira	1	Fonte móvel e nível sonoro variável	85
Empilhadeira (3,5 ton)	1	Fonte móvel e nível sonoro variável	89

Fonte: Centaurus (2022).

**Tabela 6.3.22: Fontes e estimativa de ruídos durante a lavra.**

Fonte	Quantidade	Caracterização	
		Qualitativa	Potência sonora - pwl
Trator de esteira (Cat D8)	5	Móvel, nível sonoro variável	110
Trator de pneu	3	Móvel, nível sonoro variável	105
Escavadeira (Komatsu PC 800)	10	Móvel, nível sonoro variável	113
Caminhões offroad (Scania 8x4)	93	Móvel, nível sonoro variável	115
Motoniveladora (Cat 14')	4	Móvel, nível sonoro variável	123
Caminhonetes 4x4	38	Móvel, nível sonoro variável	100
Caminhão comboio (Scania P310 CB 6x4)	5	Móvel, nível sonoro variável	115
Perfuratriz (Pantera DP 1500 – 4" ou Sandvik DL431 - 7C)	9	Móvel, nível sonoro variável	101
Ambulância	1	Móvel, nível sonoro variável	120
Ônibus	4	Móvel, nível sonoro variável	105
Caminhão-bombeiros (Scania P310 CB 6x4)	1	Móvel, nível sonoro variável	105
Retroescavadeira (JCB ICX)	3	Móvel, nível sonoro variável	101
Retroescavadeira (Caterpillar 416)	2	Móvel, nível sonoro variável	100
Caminhão-pipa (Scania P310 CB 6x4)	4	Móvel, nível sonoro variável	115
Caminhão munck (Scania P310 CB 6x4)	4	Móvel, nível sonoro variável	105

Fonte	Quantidade	Caracterização	
		Qualitativa	Potência sonora - pwl
Guindaste 50 ton	1	Móvel, nível sonoro variável	123
Guindaste 25 ton	1	Móvel, nível sonoro variável	121
Carregadeira (CAT 988)	5	Móvel, nível sonoro variável	130
Minicarregadeira	1	Móvel, nível sonoro variável	78
Caminhão de explosivos	6	Móvel, nível sonoro variável	115
Carreta (Scania Series R 6x4)	4	Móvel, nível sonoro variável	127
Empilhadeira	1	Móvel, nível sonoro variável	89
LHD (Cat R1700G)	3	Móvel, subterrânea, nível sonoro variável	103
Jumbo (Sandvik DD21-60C)	3	Móvel, subterrânea, nível sonoro variável	126

Fonte: Centaurus (2022).

#### 6.3.2.3.3.9 Vibração

Em relação a vibrações, a única fonte relevante é a detonação do maciço rochoso nas cavas a céu aberto e nas minas subterrâneas para desmonte e transporte do minério e do estéril. Desta forma, foi feito um estudo específico para estimar a velocidade e aceleração das partículas em função das detonações. Esta nota técnica está no **ANEXO I**.

Como pode ser visto no layout do empreendimento, as estruturas mais próximas das cavas e minas subterrâneas que podem ser afetadas pelas vibrações causadas pelas detonações são as barragens (de rejeitos da flotação e de rejeitos da hidrometalurgia) e as pilhas de estéril leste e oeste. Portanto, a nota técnica foi preparada para estimar as situações críticas a essas estruturas.

Com base nos resultados da nota técnica, foi avaliado o possível impacto das vibrações causadas pelas detonações sobre as estruturas selecionadas para todos os cenários exigidos pela NBR 13.028, quais sejam:

- Final de construção nos taludes de montante e jusante;
- Operação com rede de fluxo em condição normal de operação, nível máximo do reservatório;
- Operação com rede de fluxo em condição extrema, nível máximo do reservatório; e
- Solicitação sísmica induzida (detonações), com nível máximo do reservatório.

O objetivo do presente tema é o último desses cenários: solicitação sísmica induzida pelas detonações nas frentes de lavra próximas, com reservatório no nível máximo. Foram simuladas as situações mais críticas nesse cenário de solicitação sísmica induzida, onde as estruturas ficam mais próximas dos locais de detonação.

A **Tabela 6.3.23** e a **Tabela 6.3.24** mostram os resultados obtidos e os respectivos limites de segurança mínimos definidos pela NBR 13.028.

**Tabela 6.3.23: Fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade utilizando o método de GLE/Morgenstern-Price – Barragem IWL (rejeito do processo de flotação).**

Seção	Etapa	Condição de solicitação	Talude	FS obtido	FS Admissível NBR 13.028 (ABNT, 2017)
EST-13	1º Alçamento	Final de Construção	Montante	1,61	1,30
		Final de Construção	Jusante	2,29	1,30
		Operação Normal	Jusante	2,30	1,50
		Condição Extrema	Jusante	2,22	1,30
		Solicitação Sísmica Induzida	Jusante	2,08	1,10
	Maciço Final	Final de Construção	Montante	1,58	1,30
		Final de Construção	Jusante	2,16	1,30
		Operação Normal	Jusante	2,15	1,50
		Condição Extrema	Jusante	1,93	1,30
		Solicitação Sísmica Induzida	Jusante	1,90	1,10
EST-56	Maciço Inicial	Final de Construção	Montante	1,59	1,30
		Final de Construção	Jusante	2,39	1,30
		Operação Normal	Jusante	2,38	1,50
		Condição Extrema	Jusante	2,28	1,30
		Solicitação Sísmica Induzida	Jusante	1,93	1,10
	1º Alçamento	Final de Construção	Montante	1,58	1,30
		Final de Construção	Jusante	2,42	1,30
		Operação Normal	Jusante	2,24	1,50
		Condição Extrema	Jusante	2,19	1,30
		Solicitação Sísmica Induzida	Jusante	2,08	1,10
	Maciço Final	Final de Construção	Montante	1,59	1,30
		Final de Construção	Jusante	2,22	1,30
		Operação Normal	Jusante	2,18	1,50
		Condição Extrema	Jusante	1,72	1,30
		Solicitação Sísmica Induzida	Jusante	1,99	1,10
IWL-02D	Maciço Inicial	Final de Construção	Montante	1,58	1,30
		Final de Construção	Jusante	2,01	1,30

Seção	Etapa	Condição de solicitação	Talude	FS obtido	FS Admissível NBR 13.028 (ABNT, 2017)	
		Operação Normal	Jusante	2,40	1,50	
		Condição Extrema	Jusante	1,88	1,30	
		Solicitação Sísmica Induzida	Jusante	1,98	1,10	
	1º Alçamento	Final de Construção	Montante	1,58	1,30	
		Final de Construção	Jusante	2,31	1,30	
		Operação Normal	Jusante	2,27	1,50	
		Condição Extrema	Jusante	2,13	1,30	
		Solicitação Sísmica Induzida	Jusante	2,17	1,10	
	Maciço Final	Final de Construção	Montante	1,59	1,30	
		Final de Construção	Jusante	2,19	1,30	
		Operação Normal	Jusante	2,24	1,50	
		Condição Extrema	Jusante	1,90	1,30	
		Solicitação Sísmica Induzida	Jusante	1,99	1,10	
	EST-128	Maciço Inicial	Final de Construção	Montante	1,58	1,30
			Final de Construção	Jusante	2,70	1,30
Operação Normal			Jusante	2,46	1,50	
Condição Extrema			Jusante	2,20	1,30	
Solicitação Sísmica Induzida			Jusante	1,91	1,10	
1º Alçamento		Final de Construção	Montante	1,58	1,30	
		Final de Construção	Jusante	2,14	1,30	
		Operação Normal	Jusante	2,11	1,50	
		Condição Extrema	Jusante	1,98	1,30	
		Solicitação Sísmica Induzida	Jusante	1,96	1,10	
Maciço Final		Final de Construção	Montante	1,59	1,30	
		Final de Construção	Jusante	2,13	1,30	
		Operação Normal	Jusante	2,18	1,50	
		Condição Extrema	Jusante	1,83	1,30	
		Solicitação Sísmica Induzida	Jusante	1,96	1,10	
	Maciço Inicial	Final de Construção	Montante	1,58	1,30	

Seção	Etapa	Condição de solicitação	Talude	FS obtido	FS Admissível NBR 13.028 (ABNT, 2017)
EST-156		Final de Construção	Jusante	2,33	1,30
		Operação Normal	Jusante	2,18	1,50
		Condição Extrema	Jusante	2,14	1,30
		Solicitação Sísmica Induzida	Jusante	1,82	1,10
	1º Alçamento	Final de Construção	Montante	1,58	1,30
		Final de Construção	Jusante	2,40	1,30
		Operação Normal	Jusante	2,45	1,50
		Condição Extrema	Jusante	2,36	1,30
		Solicitação Sísmica Induzida	Jusante	2,14	1,10
	Maciço Final	Final de Construção	Montante	1,58	1,30
		Final de Construção	Jusante	2,32	1,30
		Operação Normal	Jusante	2,36	1,50
		Condição Extrema	Jusante	2,22	1,30
		Solicitação Sísmica Induzida	Jusante	2,11	1,10

Fonte: Centaurus (2022).

**Tabela 6.3.24: Fatores de segurança obtidos nas análises de estabilidade utilizando o método de GLE/Morgenstern-Price – Barragem POX (rejeito do processo de hidrometalurgia).**

Seção	Condição de solicitação	Talude	FS obtido	FS Admissível NBR 13.028 (ABNT, 2017)
POX-2N	Final de Construção	Montante	1,41	1,30
		Jusante	1,70	1,30
	Operação Normal	Jusante	1,99	1,50
	Solicitação Sísmica Induzida	Jusante	1,74	1,10
	Condição Extrema	Jusante	1,36	1,30
POX-03	Final de Construção	Montante bacia 1	1,42	1,30
		Jusante bacia 1	1,50	1,30
	Operação Normal	Jusante bacia 1	1,75	1,50
	Solicitação Sísmica Induzida	Jusante bacia 1	1,57	1,10
	Condição Extrema	Jusante bacia 1	1,39	1,30
POX-04	Final de Construção	Montante	1,53	1,30
		Jusante	1,74	1,30
	Operação Normal	Jusante	2,03	1,50
	Solicitação Sísmica Induzida	Jusante	1,78	1,10
	Condição Extrema	Jusante	1,53	1,30
POX-05	Final de Construção	Montante bacia 2	1,45	1,30
		Jusante bacia 2	1,41	1,30
	Operação Normal	Jusante bacia 2	1,66	1,50
	Solicitação Sísmica Induzida	Jusante bacia 2	1,48	1,10
	Condição Extrema	Jusante bacia 2	1,46	1,30
POX-06	Final de Construção	Montante	1,41	1,30
		Jusante	1,70	1,30
	Operação Normal	Jusante	1,99	1,50
	Solicitação Sísmica Induzida	Jusante	1,74	1,10
	Condição Extrema	Jusante	1,50	1,30
POX-06N	Final de Construção	Montante	1,50	1,30
		Jusante	1,70	1,30
	Operação Normal	Jusante	1,99	1,50
	Solicitação Sísmica Induzida	Jusante	1,74	1,10
	Condição Extrema	Jusante	1,41	1,30
POX-07	Final de Construção	Montante	1,41	1,30
		Jusante	1,72	1,30



Seção	Condição de solicitação	Talude	FS obtido	FS Admissível NBR 13.028 (ABNT, 2017)
	Operação Normal	Jusante	2,01	1,50
	Solicitação Sísmica Induzida	Jusante	1,77	1,10
	Condição Extrema	Jusante	1,54	1,30
POX-09	Final de Construção	Montante bacia 3	1,41	1,30
		Jusante bacia 3	1,47	1,30
	Operação Normal	Jusante bacia 3	1,72	1,50
	Solicitação Sísmica Induzida	Jusante bacia 3	1,54	1,10
	Condição Extrema	Jusante bacia 3	1,58	1,30
POX-09E	Final de Construção	Montante	1,41	1,30
		Jusante	1,70	1,30
	Operação Normal	Jusante	1,99	1,50
	Solicitação Sísmica Induzida	Jusante	1,74	1,10
	Condição Extrema	Jusante	1,42	1,30

Fonte: Centaurus (2022).

Com base nos resultados acima, não há risco à estabilidade de nenhuma das barragens, tampouco das pilhas de estéril, em virtude das detonações nas frentes de lavra do Projeto Jaguar.

#### 6.3.2.3.4 Insumos para fase de operação

Os insumos da fase de operação estão organizados conforme o tipo e local onde são empregados. Os principais, que serão descritos neste documento são:

- Abastecimento de água: recursos hídricos;
- Suprimento de energia: energia elétrica;
- Abastecimento de combustíveis: óleo diesel;
- Outros insumos:
  - bolas de moinho;
  - óleo lubrificante;
  - ar comprimido;
  - desengraxante; e
  - floculante.

A **Tabela 6.3.25** a seguir apresenta os principais insumos a serem utilizados na fase de operação no Projeto Jaguar.

**Tabela 6.3.25: Principais insumos para a fase de operação do Projeto Jaguar.**

Insumo	Local de uso	Quantidade estimada	Estocagem	Caracterização / segurança
Cal virgem	Flotação Neutralização	11 ton/h	Silo de 180 toneladas	<b>ANEXO F</b>
Espumante	Flotação	0,24 ton/dia	Tanque de 1 m <sup>3</sup>	<b>ANEXO F</b>
Ácido sulfúrico	Extração por solvente	1,5 ton/h	Tanque de aço carbono de 72 m <sup>3</sup>	<b>ANEXO F</b>
Hidrosulfeto de sódio	Precipitação de zinco, cobre e cobalto	24 ton/dia	Sacos estocados em galpão	<b>ANEXO F</b>
Coletor (SIBX – isobutil xantato de sódio)	Flotação	1,1 ton/dia	Big bags no galpão de reagentes	<b>ANEXO F</b>
Ativador – sulfato de cobre	Flotação	0,4 ton/dia	Big bags no galpão de reagentes	<b>ANEXO F</b>
Depressor de ganga não sulfetada – goma de guar	Flotação	6 ton/dia	Big bags no galpão de reagentes	<b>ANEXO F</b>
Depressor de sulfeto de ferro – MSP (monofosfato de sódio)	Flotação	1 ton/dia	Big bags no galpão de reagentes	<b>ANEXO F</b>
Depressor de esfalerita – Dextrina	Flotação	4 ton/dia	Big bags no galpão de reagentes	<b>ANEXO F</b>
Floculante – Magnafloc LT	Remoagem e no espessamento do concentrado e do rejeito	0,4 ton/dia	Big bags no galpão de reagentes	<b>ANEXO F</b>
Bolas para moagem – 125 mm	Moagem e remoagem	7 ton/dia	Big bags ou tambores no galpão de reagentes	Bolas de aço ou de cerâmica
Bolas para moagem – 65 mm	Moagem e remoagem	10 ton/dia	Big bags ou tambores no galpão de reagentes	Bolas de aço ou de cerâmica
Extratante – Cyanex 272	Extração do cobalto	20 L/dia	Tanques no galpão de reagentes	<b>ANEXO F</b>
Extratante – LIX84-I	Extração do níquel	20 L/dia	Tanques no galpão de reagentes	<b>ANEXO F</b>
Diluyente catiônico múltiplo – Vivasol 2046	Diluição dos extratantes	500 L/dia	Tanque de 15 m <sup>3</sup> no galpão de reagentes	<b>ANEXO F</b>
Diluyente para extração de níquel – Vivasol 2046	Diluição dos extratantes	500 L/dia	Tanque de 15 m <sup>3</sup> no galpão de reagentes	<b>ANEXO F</b>
Amônia anidra	Circuito de extração de metais	1 ton/dia	Tanque de 190 m <sup>3</sup> , no galpão de reagentes	<b>ANEXO F</b>

Insumo	Local de uso	Quantidade estimada	Estocagem	Caracterização / segurança
Surfactante - Lauril sulfato de sódio	Eletrorecuperação	10 L/dia	Tambor de 200 L no galpão de reagentes	<b>ANEXO F</b>
Modificador de pH – Hidróxido de sódio	Eletrorecuperação e circuito de remoção de impurezas	16 ton/dia	Tanque de 50 m <sup>3</sup> no galpão de reagentes	<b>ANEXO F</b>
Oxigênio dissolvido	Oxidação sob pressão	400 ton/dia	A ser produzido por planta de oxigênio a ser instalada no site. O oxigênio dissolvido será estocado em tanque de 1.350 m <sup>3</sup>	Não aplicável
Água nova	Em todo o processo de beneficiamento, incluindo pontos de água da planta	44 m <sup>3</sup> /hora	Tanque de água bruta de 2.000 m <sup>3</sup>	Não aplicável
Diesel S10	Frentes de lavra, transporte de materiais e pessoas e equipamentos da planta de beneficiamento	50 m <sup>3</sup> /dia	8 tanques aéreos de 100 m <sup>3</sup> cada	<b>ANEXO F</b>
Pneus	Frentes de lavra e transporte de materiais	863 pneus/ano*	Oficina da mina	Borracha natural e sintética, aço, negro de fumo, óxido de zinco/ácido esteárico, agente vulcanizador e antidegradantes.
Emulsão (explosivos)	Frentes de lavra	20 ton/dia	Paio	Anexo E
Óleo lubrificante	Frentes de lavra e transporte de materiais	100 L/dia	Oficina da mina	Anexo E
Água potável	Todo o projeto	7,5 m <sup>3</sup> /h**	Tanque de água potável de 1.000 m <sup>3</sup>	Não aplicável
Água industrial (água nova)	Frentes de lavra e pontos de água da oficina da mina	16,5 m <sup>3</sup> /h***	Tanque de água bruta de 2.000 m <sup>3</sup>	Não aplicável
Energia elétrica	Todo o projeto	27.102 MWh/mês****	Não aplicável	Não aplicável
Desengraxante	Frentes de lavra e transporte de materiais	5 m <sup>3</sup> /ano	Oficina da mina	<b>ANEXO F</b>
Líquido de arrefecimento	Frentes de lavra e transporte de materiais	10 L/dia	Oficina da mina	<b>ANEXO F</b>

**Legenda:** \* = Incluem pneus para todos os tipos de veículos e equipamentos a serem usados na fase de operação do empreendimento; \*\* = Valor referente a 1.200 trabalhadores.; \*\*\* = Volume necessário para umectação de vias, lavagem de veículos e equipamentos de mina e compactação das pilhas de estéril e maciço da barragem; \*\*\*\* = Demanda de energia inclui iluminação das vias, frentes de lavra, oficina da mina e para ventilação das minas subterrâneas.

### **6.3.2.3.5 Cronograma da fase de operação**

A vida útil prevista da mina é de 20 anos. Entretanto, como é comum em qualquer mina no mundo, durante a operação, a pesquisa mineral continua e podem ser encontrados outros corpos mineralizados ou mais mineralização em profundidade ou nas proximidades, de modo que esta vida útil seja estendida.

### **6.3.2.4 Fase de fechamento**

Com o exaurimento dos recursos minerais nas jazidas do Projeto Jaguar, deve ser planejado o fechamento do empreendimento como uma etapa que pode causar, potencialmente, impactos ambientais. O fechamento não planejado de um empreendimento minerário pode representar riscos negativos aos meios físico, biótico e antrópico. Assim sendo, as atividades apresentadas aqui buscam evitar os impactos potenciais, fazendo com que o encerramento das atividades minerárias seja o início de outras atividades a serem realizadas na área.

Alguns fatores devem ser analisados para que a estratégia de fechamento de um empreendimento seja elaborada. No caso particular do Projeto Jaguar, temos que ressaltar que:

- a área onde se pretende implantar o empreendimento é ocupada preponderantemente por atividades agropastoris; e
- não há, atualmente, previsão de alteração dessa situação nos próximos 10 anos.

Com base na premissa acima, a estratégia de desativação do Projeto Jaguar foi elaborada com base nas seguintes diretrizes:

- redução da duração das atividades de desativação;
- minimização de mão de obra, com a máxima utilização da mão de obra local possível;
- aproveitamento da infraestrutura existente; e
- manutenção dos sistemas de controle ambiental.

No sentido de reduzir a duração das atividades de desativação, durante todas as etapas do empreendimento, as atividades serão feitas concomitantemente, ou seja, as estruturas que não serão mais utilizadas serão desmontadas, as áreas externas onde não haverá mais trabalho serão reconformadas topograficamente e revegetadas.

A minimização da mão de obra, com utilização de trabalhadores locais será alcançada por meio de:

- Capacitação prévia para a obra; e
- Mecanização das atividades de desmontagem e demolição.

A capacitação da mão de obra para trabalhar na fase de fechamento do projeto será realizada antes do início desta etapa e será feita na região onde o projeto está localizado. Essa capacitação ajudará a reduzir a necessidade de trabalhadores à medida que profissionais bem treinados são mais produtivos e uma maior produtividade representa menor demanda por pessoal.

Ainda com o intuito de controlar a demanda por mão de obra, a desativação do Projeto Jaguar será conduzida com um elevado grau de mecanização e automação, consequentemente, tarefas repetitivas e braçais que podem ser realizadas por equipamentos, serão realmente feitas por máquinas.

Os trabalhadores durante a fase de fechamento ficarão alojados em Tucumã e vilas próximas e as atividades só serão realizadas durante o dia.

A infraestrutura existente será, na máxima extensão possível, aproveitada para a fase de fechamento. Para tanto, prevê-se a manutenção e utilização de:

- Ponto de combustível;
- Central de estocagem de resíduos (CER);
- Sistema de tratamento de esgotos; e
- Sistema de abastecimento de água.

Na fase de fechamento, as estruturas de apoio serão gradativamente desmontadas e removidas, de modo que em menos de 1 ano a única estrutura de apoio a ser mantida definitivamente será a portaria. A manutenção dos sistemas de controle ambiental na fase de fechamento também é necessária, pois sem eles instalados, alguns aspectos ambientais, que acontecem nesta etapa do projeto, poderiam ocorrer sem controle. Os sistemas de controle ambiental que serão mantidos na fase de fechamento incluem:

- Sistema de gerenciamento de resíduos sólidos;
- Sistema de drenagem pluvial; e
- Umectação de vias não pavimentadas.

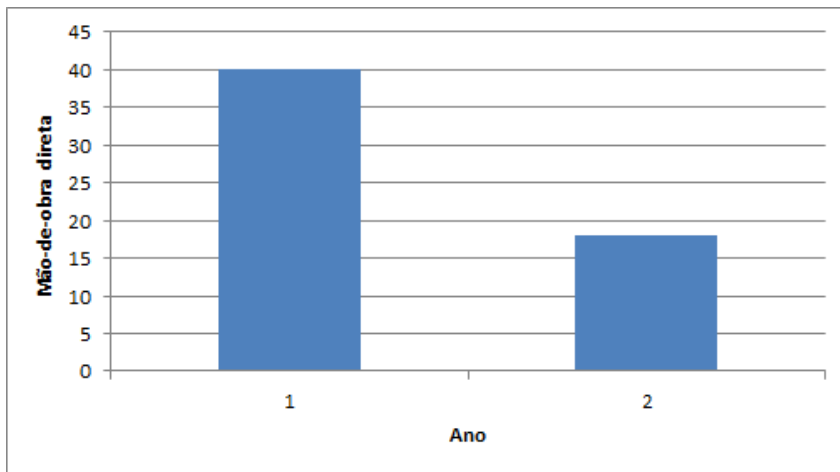
As atividades previstas para serem executadas durante a fase de fechamento do empreendimento são as seguintes:

- Reabilitação e revegetação;
- Desmobilização das instalações;
- Manutenção das estruturas físicas;
- Autossustentabilidade das estruturas remanescentes;
- Monitoramento pós-fechamento;

- Revisão do plano conceitual de fechamento; e
- Revisão do plano executivo de fechamento.

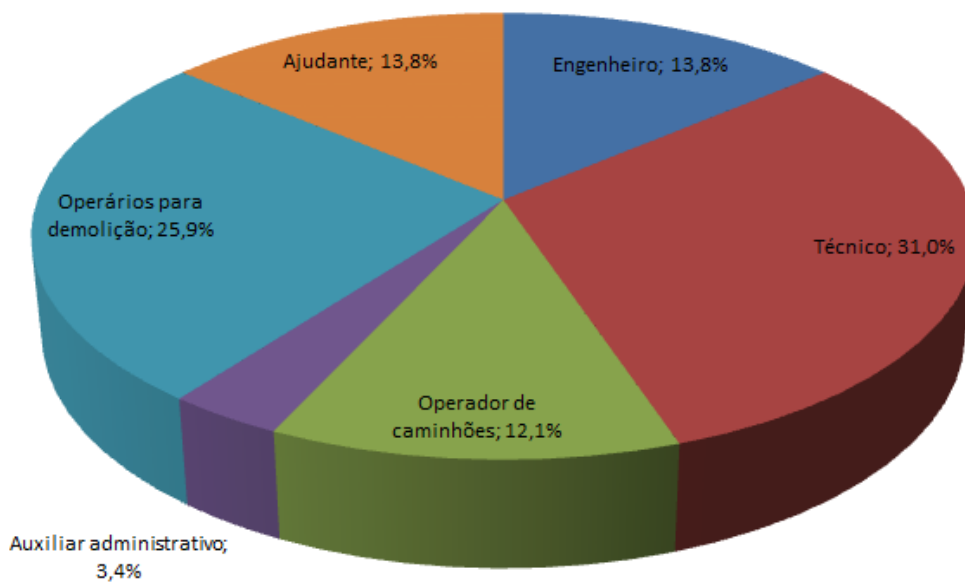
#### 6.3.2.4.1 Mobilização e mão de obra

A mão de obra da fase de fechamento será composta, em sua maioria, por funcionários terceirizados. Estima-se que sejam mobilizados 5 funcionários da Centaurus e 35 funcionários terceirizados, no pico da obra e, na média, seja um total de 25 pessoas. Todos os empregados na fase de fechamento serão mão de obra direta. O histograma de mão de obra para a fase de fechamento é mostrado na **Figura 6.3.32** e a distribuição dos perfis profissionais a serem alocados às atividades da fase de fechamento é mostrada na **Figura 6.3.33**.



**Figura 6.3.32: Histograma da mão de obra no fechamento do Projeto Jaguar.**

Fonte: Centaurus (2022).



**Figura 6.3.33: Perfis profissionais no fechamento do Projeto Jaguar.**

Fonte: Centaurus (2022).

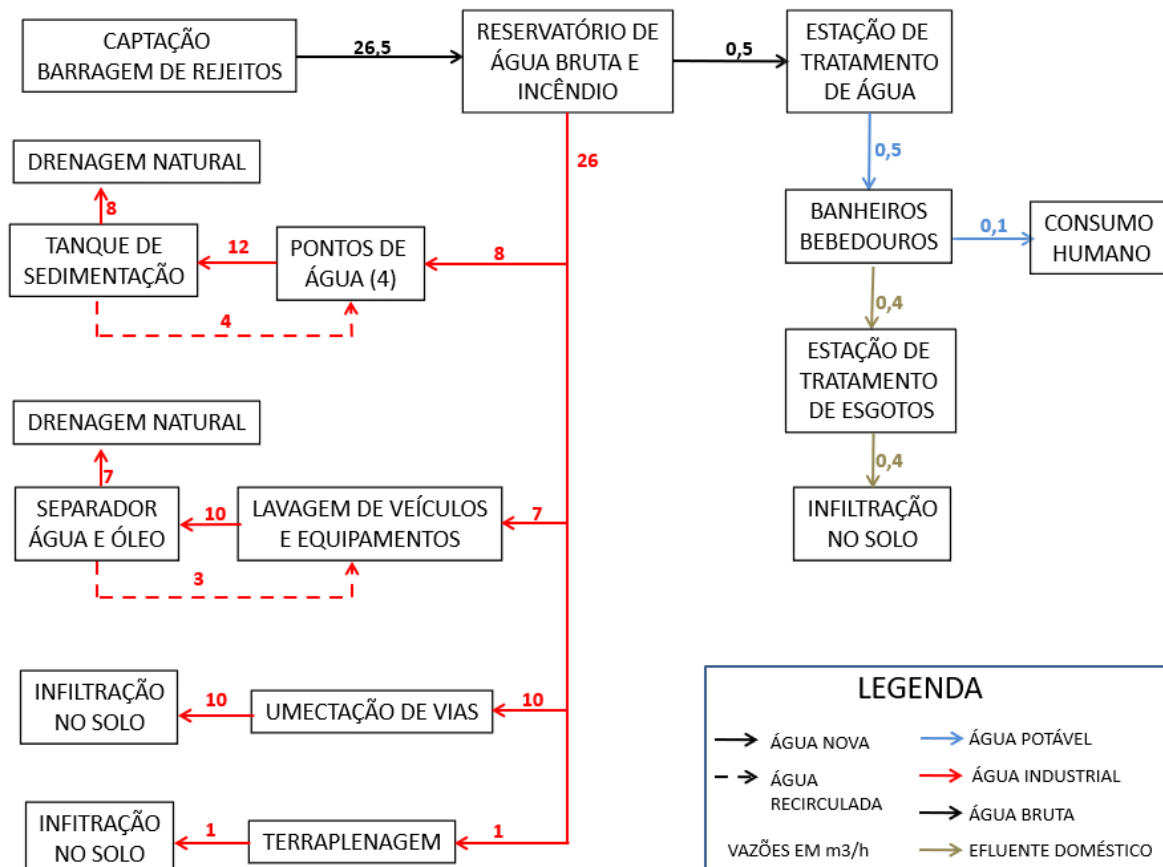
### 6.3.2.4.2 Operações unitárias auxiliares

#### 6.3.2.4.2.1 Sistema de fornecimento de combustíveis

Na Fase de Fechamento do Projeto Jaguar, será empregado apenas o óleo diesel como combustível para os equipamentos, máquinas e veículos que ainda estarão em circulação no empreendimento. Este será armazenado em tanque aéreo de 30 m<sup>3</sup>, já construído para as fases precedentes, e será consumido a uma taxa de 5 m<sup>3</sup> por dia.

#### 6.3.2.4.2.2 Sistema de abastecimento de água

O abastecimento de água para a fase de fechamento continuará empregando o mesmo ponto de captação e a mesma adutora já utilizados nas fases precedentes do empreendimento. O balanço hídrico para a Fase de Fechamento está mostrado na **Figura 6.3.34** abaixo.



**Figura 6.3.34: Balanço hídrico na Fase de Fechamento.**

Fonte: Centaurus (2022).

### 6.3.2.4.3 Operações unitárias de controle ambiental para fase de fechamento

#### 6.3.2.4.3.1 Efluentes líquidos

Os únicos efluentes líquidos a serem gerados pelo Projeto Jaguar na fase de fechamento são efluentes oleosos e os domésticos, conforme apresentado na **Tabela 6.3.26**.

**Tabela 6.3.26: Fontes e estimativa de geração de efluentes para fase de fechamento.**

Tipo	Fonte	Geração estimada (m <sup>3</sup> /h)
Efluentes oleosos <sup>a</sup>	Posto de combustível	1,00
Efluentes domésticos <sup>b</sup>	Posto de combustível	0,03
	Central de estocagem de resíduos (CER)	0,10
	Portaria	0,03

**Legenda:** a = Os valores apresentados são as quantidades médias a serem produzidas por fonte geradora e representam a vazão de efluente bruto; b = As quantidades apresentadas são os valores máximos que podem ser produzidos por fonte geradora e representam a vazão de efluente bruto (água e óleo).

Fonte: Centaurus (2022).

O tratamento desses efluentes será o mesmo descrito no Item 6.3.2.2.6.1, uma vez que as estruturas de controle ambiental dos efluentes gerados pelo empreendimento, instaladas para fase de instalação, serão as mesmas para fase de fechamento

#### 6.3.2.4.3.2 Resíduos sólidos

Na fase de fechamento as estruturas para segregação, transporte e disposição final de resíduos sólidos continuarão em atividade. Após a desmobilização das unidades produtivas e de apoio operacional, a CER também será desmobilizada.

#### 6.3.2.4.3.3 Ruído

A fase de fechamento demandará, principalmente, serviços de desmontagem de arranjos eletromecânicos e civis. Desta forma, com o encerramento da atividade de lavra e beneficiamento, as principais fontes de emissão de ruídos serão as frentes de trabalho das obras de fechamento, que são fontes móveis. As fontes principais desta etapa do empreendimento são caracterizadas na **Tabela 6.3.27**, a seguir.

**Tabela 6.3.27: Fontes e estimativa de ruídos durante a Fase de Fechamento.**

Fonte	Caracterização	
	Qualitativa	Quantitativa [dB (A)]*
Caminhões Munck	Móvel, nível sonoro variável	86
Caminhões basculantes	Móvel, nível sonoro variável	55
Carregadeiras de pneus	Móvel, nível sonoro variável	101
Tratores de esteiras	Móvel, nível sonoro variável	110



Fonte	Caracterização	
	Qualitativa	Quantitativa [dB (A)]*
Rolos compactadores	Móvel, nível sonoro variável	80
Retroescavadeiras sob pneus	Móvel, nível sonoro variável	64
Compressores	Móvel, nível sonoro aproximadamente constante	95

**Legenda: \* Medido a 1 metro da fonte.**

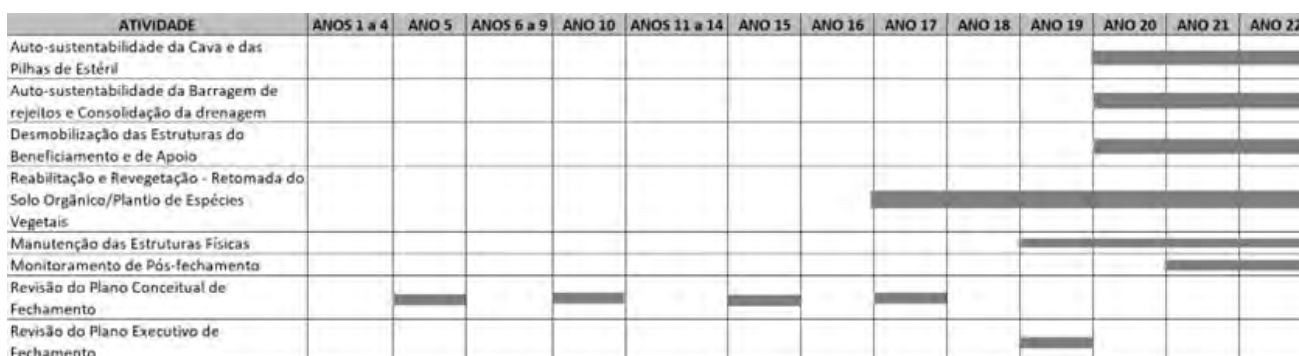
Fonte: Centaurus (2022).

#### 6.3.2.4.4 Insumos para fase de fechamento

Durante a fase de fechamento do empreendimento, não haverá consumo relevante de insumos. Os únicos insumos dignos de nota neste documento, para esta fase, são água e combustíveis, que serão descritos nos próximos itens.

#### 6.3.2.4.5 Cronograma da fase de fechamento

O cronograma da Fase de Fechamento do Projeto é apresentado na **Figura 6.3.35** Conforme será explicado no capítulo de fechamento, ele será realizado paralelamente à operação do projeto, naquelas áreas onde isso é possível. Portanto, o cronograma dessa etapa mostra todos os 20 anos previstos de operação e os últimos anos de fechamento propriamente dito.



**Figura 6.3.35: Cronograma de Fechamento do Projeto Jaguar.**

## 7.0 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

O presente capítulo objetiva analisar a legislação ambiental aplicável ao Projeto Jaguar, buscando verificar sua adequação e compatibilidade às normas legais pertinentes à matéria ambiental. Para tanto, a legislação aplicável encontra-se relacionada a seguir, agrupada conforme a organização político-administrativa do Brasil, dividida nas três esferas de Poder (Federal, Estadual e Municipal) e na distribuição de suas competências fixadas na Constituição Federal.

Assim, o presente documento procurou reunir o arcabouço legal sobre o qual deve ser submetida a atividade da mineração, de forma a permitir o seu adequado cumprimento, tanto por parte do empreendedor e quanto pelos órgãos de competência relacionada, em resposta à intenção dos legisladores com vista a preservar e conservar o meio ambiente e promover o uso sustentável dos recursos naturais.

O licenciamento ambiental é uma imposição constitucional à instalação de qualquer empreendimento ou atividade potencialmente poluidora ou degradadora do meio ambiente, estando suas diretrizes na Esfera Federal previstas na Lei n. 6.938/1981, que dispõe sobre a política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e a sua regulamentação encontra-se na Resolução CONAMA n. 237/1997.

Além desses dispositivos, a própria Constituição Federal de 1988, Artigo 225, § 1º, trata do procedimento de licenciamento ao *“exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente degradadora do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade”*.

O conteúdo deste Capítulo está distribuído em subtítulos por Esfera de Governo que expediu a legislação, enfocando temas relacionados à legislação aplicável ao empreendimento do Projeto Jaguar, visando facilitar a identificação e a análise do assunto que se pretende consultar.

Em razão da sua localização, as atividades do empreendimento sofrerão a incidência da legislação ambiental vigente oriunda da União Federal, do Estado do Pará e do município de São Felix do Xingu. O processo de licenciamento ambiental do empreendimento deverá considerar, de maneira geral, de forma direta ou indireta, os seguintes requisitos legais relacionados a seguir.

## 7.1 Legislação Federal

### 7.1.1 Meio ambiente e licenciamento ambiental

- **Constituição Federal de 1988:** Promulgada em 05.10.1988 a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 é a Lei fundamental e suprema do Brasil, servindo de parâmetro de validade a todas as demais espécies normativas, situando-se no topo do ordenamento jurídico brasileiro.
- **Constituição Federal de 1988, Art. 20:** Define que são bens da União "os recursos minerais, inclusive os do subsolo";
- **Constituição Federal de 1988, Art. 22:** estabelece que compete privativamente à União legislar sobre "jazidas, minas, outros recursos minerais e metalurgia";
- **Constituição Federal de 1988, Art. 23:** Estabelece que é competência comum da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios "registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios". O Parágrafo único deste artigo determina que "lei complementar fixará normas para a cooperação entre a União e os estados, o Distrito Federal e os municípios, tendo em vista o equilíbrio do desenvolvimento e do bem-estar em âmbito nacional";
- **Constituição Federal de 1988, Art. 176:** Estabelece que "As jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União, garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra". Os parágrafos 1º a 4º deste artigo definem como se dá a concessão para pesquisa e aproveitamento destes recursos, e como é dada a participação do proprietário do solo nos resultados deste aproveitamento;
- **Constituição Federal de 1988 – Capítulo VI – Do Meio Ambiente – Artigo 225, in verbis:**

“Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º - Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

- i) preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas; **(Regulamento)**
- ii) preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético; **(Regulamento)**
- iii) definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção; **(Regulamento)**
- iv) exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade; **(Regulamento)**
- v) controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente; **(Regulamento)**
- vi) promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;
- vii) proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade. **(Regulamento)**

§ 2º - Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

§ 3º - As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

§ 4º - A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.

§ 5º - São indisponíveis as terras devolutas ou arrecadadas pelos Estados, por ações discriminatórias, necessárias à proteção dos ecossistemas naturais.

§ 6º - As usinas que operem com reator nuclear deverão ter sua localização definida em lei federal, sem o que não poderão ser instaladas.

- **Lei 6.938/1981**, alterada pelas Leis 7.804/1989, 9.960/2000, 10.165/2000, 11.284/2006 e 12.651/2012): Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências.

Estabelece em seu artigo 10 que: “A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva e potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento ambiental.”.

Dispõe no Artigo 11, e seus parágrafos 1º e 2º, da PNMA que: “Compete ao IBAMA propor ao CONAMA normas e padrões para implantação, acompanhamento e fiscalização do licenciamento previsto no artigo anterior, além das que forem oriundas do próprio CONAMA.” (Redação dada pela Lei Nº 7.804/1989).

A Lei n. 6.938/81 dispõe ainda, acerca dos Termos de Referência para elaboração do Plano de Controle Ambiental (PCA) e do Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD). A saber, que, nesta fase do licenciamento para este empreendimento, obtenção da Licença Prévia, não é requerida a elaboração do PCA detalhado ou executivo.

PRAD – A recuperação de áreas degradadas foi estabelecida como um dos princípios da Política Nacional do Meio Ambiente. O Decreto nº 97.632/1989 regulamenta do artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938/1981 e estabelece que os empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais deverão apresentar junto ao órgão ambiental competente, o Plano de Recuperação de Área Degradada - PRAD. O mesmo Decreto estabelece que a recuperação deve ter por objetivo o retorno da área degradada a uma forma de utilização, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente;

- **Lei 7.347/1985:** Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e dá outras providências;
- **Lei 7.804/1989:** Altera a Lei 6.938/81, tratando, entre outros aspectos do rol e das competências dos órgãos integrantes do SISNAMA e dá outras providências;
- **Lei 9.605/1998:** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências;
- **Lei 9.795/1999:** Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências;
- **Lei 10.165/2000:** Altera a Lei Nº 6.938, de 31.08.1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências;
- **Lei 11.284/2006:** Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro - SFB; cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal - FNDF; altera as Leis nos 10.683, de 28 de maio de 2003, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, 4.771, de 15 de setembro de 1965, 6.938, de 31 de agosto de 1981, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973; e dá outras providências.
- **Lei 12.187/2009:** Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências.
- **Lei 140/ 2011:** Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981.
- **Lei 12.787:** Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação; altera o art. 25 da Lei no 10.438, de 26 de abril de 2002; revoga as Leis nos 6.662, de 25 de junho de 1979, 8.657, de 21 de maio de 1993, e os Decretos-Lei nos 2.032, de 9 de junho de 1983, e 2.369, de 11 de novembro de 1987; e dá outras providências.
- **Decreto 96.044/1988:** Aprova o regulamento para transporte rodoviário de produtos perigosos;
- **Decreto 97.632/1989:** Exige de todos os empreendimentos de mineração a apresentação de PRAD - Plano de Recuperação de Áreas Degradadas;

- **Decreto. 97.634/1989:** Dispõe sobre o controle da produção e da comercialização de substâncias que comportam risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;
- **Decreto 99.274/1990:** Reformula o Dec. 88.351 de 01/06/83, regulamenta a Lei 6.938/81 que estabelece o Sistema Nacional de Meio Ambiente e o Sistema de Licenciamento Ambiental;
- **Decreto 99.556/1990:** Dispõe sobre a proteção de cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional;
- **Decreto 98.830/1990:** Dispõe sobre a coleta, por estrangeiros, de dados e materiais científicos no Brasil e dá outras providências;
- **Decreto 6.514/2008:** Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências;
- **Resolução CONAMA Nº 05/1989:** Institui o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR.
- **Resolução CONAMA Nº 01/1990:** Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política.
- **Resolução CONAMA Nº 08/1990:** Dispõe sobre o estabelecimento de limites máximos de emissão de poluentes no ar para processos de combustão externa de fontes fixas de poluição.
- **Resolução CONAMA Nº 09/1990:** Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral, classes I, III a IX;
- **Resolução CONAMA Nº 10/1990:** Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral, classes II;
- **Resolução CONAMA 237/1997** - Regulamenta os procedimentos e competências do licenciamento ambiental, de forma a efetivar o sistema de licenciamento como instrumento de gestão ambiental, instituído pela Política Nacional do Meio Ambiente;
- **Resolução CONAMA Nº 378/2006** (Alterado pela Resolução Nº. 428/2010): Define os empreendimentos potencialmente causadores de impacto ambiental nacional ou regional para fins do disposto no inciso III, § 1o, art. 19 da Lei no 4.771/65 e dá outras providências;
- **Resolução CONAMA Nº 382/2006:** Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas;
- **Resolução CONAMA Nº 436/2011:** Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007. Complementa a Resolução CONAMA nº 382, de 26.12.2006;
- **Resolução CONAMA Nº 473/2015:** Prorroga os prazos previstos no §2º do art. 1º e inciso III do art. 5º da Resolução Nº 428, de 17 de dezembro de 2010, que dispõe no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do artigo 36 da Lei Nº 9.985 de 18 de julho de 2000;

- **Portaria Interministerial Nº 60/2015:** Estabelece procedimentos administrativos que disciplinam a atuação dos órgãos e entidades da administração pública federal em processos de licenciamento ambiental de competência do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA;
- **Resolução CONAMA Nº 491/2018:** Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Revoga a Resolução CONAMA Nº 03/1990.

### 7.1.2 Fauna e flora

- **Lei Federal 5.197/1967:** Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências;
- **Lei 11.284/2006:** Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro - SFB; cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal - FNDF; altera as Leis nºs 10.683, de 28 de maio de 2003, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, 4.771, de 15 de setembro de 1965, 6.938, de 31 de agosto de 1981, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973; e dá outras providências;
- **Lei 12.651/2012 - Novo Código Florestal Brasileiro –** Esta Lei estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos.
- **Decreto 97.633/1989:** Dispõe sobre o Conselho Nacional de Proteção à Fauna – CNPF;
- **Decreto 2.519/1998:** Ratifica a Convenção sobre Diversidade Biológica, criada durante a Conferência da Organização das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – CNUMAD, em 1992, dando origem à Política Nacional da Biodiversidade;
- **Decreto 3.420/2000:** Cria o Programa Nacional de Florestas, com o fim de propor o uso sustentável, a conservação e a recuperação de florestas e respectivos atributos naturais. Classifica os biomas brasileiros em: (i) Amazônia; (ii) Cerrado e Pantanal; (iii) Caatinga; (iv) Mata Atlântica e Campos Sulinos. Alterado e revogado em partes pelo Decreto Federal Nº 4.864/2003 e pelo Decreto Federal Nº. 5.794/2006);
- **Decreto 4.339/2002:** Dispõe sobre a Política Nacional de Biodiversidade. No Art. 10, prevê como objetivo específico do Conhecimento da Biodiversidade: “10.1.10. Estabelecer mecanismos para exigir, por parte do empreendedor, de realização de inventário da biodiversidade daqueles ambientes especiais (por exemplo, canga ferrífera, platôs residuais) altamente ameaçados pela atividade de exploração econômica, inclusive a mineral”. Quanto à Educação, Sensibilização Pública, Informação e Divulgação sobre Biodiversidade, o objetivo específico elencado no Artigo 15.2.3 é: “Promover campanhas junto aos setores produtivos, especialmente os setores agropecuário, pesqueiro e de exploração mineral, e ao de pesquisas sobre a importância das reservas legais e áreas de preservação permanentes no processo de conservação da biodiversidade”;
- **Decreto 4.864/2003:** Acresce e revoga dispositivos do Decreto nº 3.420, de 20 de abril de 2000, que dispõe sobre a criação do Programa Nacional de Florestas – PNF;
- **Portaria IBAMA Nº 113/1995:** Dispõe sobre a exploração das florestas primitivas e demais formas de vegetação arbórea, e dá outras providências.
- **Instrução Normativa MMA Nº 03/2003:** Lista das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção (de Mamíferos, Aves, Répteis, Anfíbios e Invertebrados Terrestres);

- **Instrução Normativa Nº 05/2004:** Reconhece como espécies ameaçadas de extinção e espécies sobre-explotadas ou ameaçadas de sobre-explotação, os invertebrados aquáticos e peixes, constantes dos Anexos a esta Instrução Normativa. Art. 3º As espécies consideradas ameaçadas de extinção constantes do Anexo I a esta Instrução Normativa estão proibidas de serem capturadas, nos termos da legislação em vigor, exceto para fins científicos, mediante autorização especial do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA;
- **Instrução Normativa N.º 52/2005:** Altera os Anexos I e II da Instrução Normativa nº 5 do Ministério do Meio Ambiente, de 21 de maio de 2004, publicada no Diário Oficial da União de 28 de maio de 2004, Seção 1, página 136 a 142. Exclui a coluna “Unidade da Federação” do Anexo I da IN Nº 5, de 2004, de forma a reduzir a possibilidade de interpretações equivocadas sobre a distribuição das espécies e/ou abrangência nacional do referido ato normativo;
- **Instrução Normativa MMA Nº 06/2006:** Dispõe sobre a reposição florestal e o consumo de matéria-prima florestal, e dá outras providências.
- **Instrução Normativa IBAMA Nº 146/2007:** Estabelece critérios para procedimentos relativos ao manejo de fauna silvestre em áreas de influência de empreendimentos e atividades consideradas efetiva ou potencialmente causadoras de impactos à fauna sujeitas ao licenciamento ambiental, como definido pela lei n.º 6938/81 e pelas Resoluções CONAMA n.º 001/86 e Nº 237/97.
- **Instrução Normativa MMA Nº 06/2008:** Lista das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção;
- **Instrução Normativa MMA Nº 443/2014:** Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da 'Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção' - Lista que inclui o grau de risco de extinção de cada espécie, em observância da Portaria Nº 43/2014;
- **Instrução Normativa MMA Nº 444/2014:** Reconhece como espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da 'Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção' - Lista, em observância da Portaria Nº 43/2014;
- **Instrução Normativa MMA Nº 445/2014:** Reconhece como espécies de peixes e invertebrados aquáticos da fauna brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da 'Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção - Peixes e Invertebrados Aquáticos' - Lista, em observância da Portaria Nº 43/2014.

### 7.1.3 Mineração

- **Lei 7.805/1989:** Altera o Decreto-Lei Nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, cria o regime de permissão de lavra garimpeira, extingue o regime de matrícula, e dá outras providências.
- **Lei 9.314/1996:** Reformula o código de Mineração (Lei 227, de 28/02/67);
- **Lei 12.334/2010:** Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do artigo 35 da Lei Nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, e do artigo 4º da Lei Nº 9.984, de 17 de julho de 2000.
- **Lei 13. 575/2017:** Cria a Agência Nacional de Mineração (ANM); extingue o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM); altera as Leis nos 11.046, de 27 de dezembro de 2004, e 10.826, de 22 de

dezembro de 2003; e revoga a Lei no 8.876, de 2 de maio de 1994, e dispositivos do Decreto-Lei no 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração).

- **Decreto 3.365/1941:** Dispõe sobre desapropriação por utilidade pública (define mineração como sendo de “utilidade pública”);
- **Decreto 62.934/1968** – Aprova o Regulamento do Código de Mineração;
- **Instrução Normativa DNPM Nº 01/2000:** Estabelece critérios para concessão de Guia de Utilização para extração mineral na etapa de Pesquisa Mineral;
- **Portaria DNPM Nº 237/2001:** Aprova as Normas Reguladoras de Mineração – NRM, de que trata o Art. 97 do Decreto-Lei Nº227, de 28 de fevereiro de 1967;
- **Ordem de Serviço do Diretor-Geral do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM Nº 001/2010:** Dispõe sobre a fiscalização e cobrança da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM;
- **Portaria DNPM Nº 144/2007:** Dispõe sobre a regulamentação do § 2º do art. 22 do Código de Mineração, que trata da extração de substâncias minerais antes da outorga de concessão de lavra;
- **Resolução CNRH Nº 143/2012:** Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo volume do reservatório;
- **Resolução CNRH Nº 144/2012:** Estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
- **Portaria DNPM Nº 526/2013:** Estabelece a periodicidade de atualização e revisão, a qualificação do responsável técnico, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Ação de Emergência das Barragens de Mineração (PAEBM);
- **Resolução ANM Nº 95/2022:** Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração.

#### 7.1.4 Recursos hídricos

- **Lei 9.433/1997** - 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 - Foi criada com o objetivo de assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos; e a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. Para isso, foram estabelecidos instrumentos pelos quais esses objetivos pudessem ser atingidos, como os Planos de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; a compensação a municípios; e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos;



- **Lei 9.966/2000:** Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências. Para os efeitos desta lei, plataformas são instalações ou estruturas, fixa ou móvel, localizada em águas sob jurisdição nacional, **destinada a atividade direta ou indiretamente relacionada com a pesquisa e a lavra de recursos minerais oriundos do leito das águas interiores ou de seu subsolo**, ou do mar, da plataforma continental ou de seu subsolo;
- **Resolução CNRH Nº 16/2001:** Estabelece critérios gerais para a outorga de direito de uso de recursos hídricos;
- **Resolução CNRH Nº 29/2002:** Dispõe sobre o uso de recursos hídricos relacionados à atividade minerária e sujeitos a outorga;
- **Resolução CNRH Nº 91/2008:** Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos;
- **Resolução CNRH Nº 92/2008:** Estabelece critérios e procedimentos gerais para proteção e conservação das águas subterrâneas no território brasileiro.
- **Resolução CONAMA Nº 357/2005:** 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.”. Alterada pelas Resoluções Nº 370, de 2006, Nº 397, de 2008, Nº 410, de 2009, e Nº 430, de 2011. Complementada pela Resolução Nº 393, de 2009;
- **Resolução CONAMA Nº 396/2008:** Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas;
- **Resolução CONAMA Nº 430/2011:** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes, e complementa e altera a Resolução CONAMA Nº 357. De acordo com essa resolução, o lançamento indireto de efluentes no corpo receptor deverá observar o disposto na resolução quando verificada a inexistência de legislação ou normas específicas, disposições do órgão ambiental competente, bem como diretrizes da operadora dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário. De acordo com o artigo 3º, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos na Resolução CONAMA Nº 430/2011 e em outras normas aplicáveis.

### 7.1.5 Resíduos

- **Lei 12.305/2010:** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei 9.605 de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências;
- **Resolução CONAMA Nº 307/2002:** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil;
- **Resolução CONAMA Nº 313/2002:** Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais;
- **Resolução CONAMA Nº 358/2005:** Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.

- **Resolução da Diretoria Colegiada – RDC Nº 222/2018 da ANVISA:** Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências
- **PORTARIA MMA Nº 280/2020:** Regulamenta os arts. 56 e 76 do Decreto Nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, e o art. 8º do Decreto Nº 10.388, de 5 de junho de 2020, institui o Manifesto de Transporte de Resíduos - MTR nacional, como ferramenta de gestão e documento declaratório de implantação e operacionalização do plano de gerenciamento de resíduos, dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos e complementa a Portaria Nº 412, de 25 de junho de 2019.

### 7.1.6 Terras, povos tradicionais, saúde e cultura

- **Constituição Federal/88, Arts. 68 (Ato das Disposições Transitórias), 215, 216 e 231:** Estabelece os direitos dos Povos Indígenas. Define direitos originários sobre as terras que tradicionalmente ocupam, competindo à União demarcá-las, proteger e fazer respeitar todos os seus bens e que o aproveitamento dos recursos hídricos, incluídos os potenciais energéticos, a pesquisa e a lavra das riquezas minerais em terras indígenas só podem ser efetivadas com autorização do Congresso Nacional, ouvidas as comunidades afetadas, ficando-lhes assegurada participação nos resultados da lavra, na forma da lei. Importa ressaltar que, ainda não foi aprovada lei que estabeleça os critérios, exigências e procedimentos para a exploração de recursos minerais em Terra Indígenas. O Congresso Nacional discute essa regulamentação há pelo menos 21 anos;
- **Lei 6.001/1973:** Dispõe sobre o Estatuto do Índio;
- **Lei 11.516/2007:** Dispõe sobre a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Instituto Chico Mendes. Em seu Art. 14 estabelece que os órgãos públicos incumbidos da elaboração de parecer em processo visando à emissão de licença ambiental deverão fazê-lo em prazo a ser estabelecido em regulamento editado pela respectiva esfera de governo;
- **Lei 12.288/2010:** Institui o Estatuto da Igualdade Racial, garantindo às comunidades remanescentes de quilombos os benefícios dos incentivos à saúde, educação, cultura e acesso à terra, por meio do desenvolvimento de políticas públicas;
- **Lei 12.343/2010:** Institui o Plano Nacional de Cultura e cria o Sistema Nacional de Informações e Indicadores Culturais, em busca de reconhecer e preservar as culturas das comunidades tradicionais;
- **Lei 12.960/2014:** Altera a Lei Nº 9.394/1996 (que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional), determinando a exigência de manifestação do órgão normativo do sistema de ensino para o fechamento de escolas do campo, indígenas e quilombolas, com a observância dos possíveis impactos, considerando a justificativa apresentada pela Secretaria de Educação para tal ação;
- **Lei 13.043/2014:** Acrescentou à Lei Nº 9.393/1996 o artigo 3º-A, que determina a isenção do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR) aos imóveis rurais oficialmente reconhecidos como áreas ocupadas por remanescentes de comunidades de quilombos que estejam sob a ocupação direta e sejam explorados, individual ou coletivamente, por membros destas comunidades;
- **Lei 14.021/2020:** Dispõe sobre medidas de proteção social para prevenção do contágio e da disseminação da Covid-19 nos territórios indígenas; Cria o Plano Emergencial para Enfrentamento à Covid-19 nos territórios indígenas; Estipula medidas de apoio às comunidades quilombolas, aos pescadores artesanais e aos demais povos e comunidades tradicionais para o enfrentamento à Covid-19

- **Lei 14.029/2020:** Dispõe sobre a transposição e reprogramação dos saldos financeiros remanescentes do Fundo Nacional de Assistência Social, de exercícios anteriores, com a destinação exclusiva à realização de ações de assistência social para o atendimento de minorias sociais, como a população indígena e quilombola;
- **Lei 14.399/2022:** A Lei institui a Política Nacional Aldir Blanc de Fomento à Cultura, que tem como um dos seus objetivos a proteção e preservação do patrimônio cultural e imaterial de comunidades tradicionais, por meio de ações de incentivo direto a programas, projetos e produções artísticas em áreas de comunidades tradicionais.

### 7.1.7 Solo

- **Lei Nº 6.766/1979:** Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências.
- **Decreto Nº 6.640/2008:** Dá nova redação aos artigos 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os artigos 5-A e 5-B ao Decreto no 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional.
- **Resolução CONAMA Nº 420/2009:** Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias antrópicas;

### 7.1.8 Unidades de conservação

- **Lei 9.985/2000** – Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências;
- **Parecer 525/2010/FM/PROGE/DNPM** – Mineração em Unidade de Conservação;
- **Parecer PROGE Nº 500/2009\_HP de 2009** – Exigências legais ambientais - outorga de títulos minerários e realização de atividades de mineração nas unidades de conservação e zonas de amortecimento;
- **Resolução CONAMA Nº 428/2010:** Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental, sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o artigo 36, § 3º, da Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências.

### 7.1.9 Áreas de preservação permanente (APP's)

- **Lei 6.902/1981:** Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências;
- **Lei 12.651/2012:** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências;

- **Decreto Nº 99.274/1990:** Regulamenta a Lei Nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente, sobre a criação de estações ecológicas e áreas de proteção ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências;
- **Resolução CONAMA Nº 10/1988:** Dispõe sobre as Áreas de Proteção Ambiental – APA;
- **Resolução CONAMA Nº 303/2002:** Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente;
- **Resolução CONAMA Nº 369/2006:** Dispõe sobre casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental que possibilitam a intervenção ou supressão vegetal em Área de Preservação Permanente (**Modificada**); No caso das Atividades de Pesquisa e Extração de Substâncias Minerais em APP, a Resolução CONAMA 369 define os casos excepcionais em que o IPAAM pode autorizar a intervenção ou supressão de vegetação nessas áreas para a implantação de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou de interesse social, ou para a realização de ações consideradas eventuais e de baixo impacto ambiental. De acordo com a referida Resolução CONAMA 369/06, a intervenção ou supressão de vegetação em APP para a extração de substâncias minerais é permitida;
- **Instrução Normativa MMA Nº 05/2009:** Dispõe sobre os procedimentos metodológicos para restauração e recuperação das Áreas de Preservação Permanente e da Reserva Legal instituídas pela Lei Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965;
- **Resolução CONAMA Nº 429/2011:** Dispõe sobre a metodologia de recuperação das Áreas de Preservação Permanente – APPs.

#### 7.1.10 Compensação ambiental – SNUC

- **Lei 9.985/2000:** Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências;
- **Decreto 6.848/2009:** Regulamenta a compensação ambiental prevista na Lei Nº 9.985/2009.

#### 7.1.11 Patrimônio histórico, arqueológico e artístico.

- **Lei 1528/1982:** Dispõe sobre a proteção do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado do Amazonas, em particular em seu Art. 1º, Inciso IV, relativo às questões específicas da arqueologia;
- **Lei 10.257/2001:** Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal de 1988, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências (Estatuto das Cidades).
- **Decreto-Lei 25/1937:** Organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional;
- **Decreto-Lei 3924/1961:** Dispõe sobre os monumentos históricos e arqueológicos e pré-históricos no Brasil;
- **Portaria IPHAN/MINC Nº 07/1988:** Normatiza e legaliza as ações de intervenção no patrimônio arqueológico nacional;

- **Portaria IPHAN Nº 07/1988:** Estabelece os procedimentos necessários à comunicação prévia, às permissões e autorizações para pesquisas e escavações arqueológicas; autorização de projetos que afetem, direta ou indiretamente, sítios arqueológicos;
- **Portaria IBAMA Nº 887/1990:** Dispõe sobre a realização de diagnóstico da situação do Patrimônio Espeleológico Nacional.
- **Portaria IPHAN Nº 230/2002:** Define os procedimentos para a obtenção das licenças ambientais, referentes à apreciação e acompanhamento das pesquisas arqueológicas para os casos de licenciamento de empreendimentos potencialmente capazes de afetar o patrimônio arqueológico. Para a fase de obtenção da Licença Prévia a referida portaria orienta que se proceda à contextualização arqueológica e etno-histórica da área de influência do empreendimento, por meio de levantamento exaustivo de dados secundários e levantamento arqueológico de campo e à elaboração dos Programas de Prospecção e de Resgate;
- **Portaria IPHAN Nº 127/2009:** Regulamenta a Chancela Paisagem Cultural Brasileira;
- **Instrução Normativa IPHAN Nº 001/2015:** Estabelece procedimentos administrativos a serem observados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional nos processos de licenciamento ambiental dos quais participe;
- **Resolução CONAMA Nº 347/2004:** Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico.
- **Resolução CONAMA Nº 378/2006:** Define os empreendimentos potencialmente causadores de impacto ambiental nacional ou regional para fins do disposto no inciso III, § 1º, art. 19 da Lei Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e dá outras providências.
- **Parecer Nº 456/2010/PROGE/DNPM** - Consulta sobre os procedimentos legais para a outorga de títulos minerários em áreas tombadas;
- **Parecer Nº 457/2010/PROGE/DNPM** – Consulta sobre os procedimentos legais para a outorga de títulos minerários em regiões ocupadas por comunidades quilombolas.

#### **7.1.12 Outras resoluções do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente)**

- **Resolução CONAMA Nº 1/1986:** Regulamenta os procedimentos para a realização e apresentação dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA), e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente;
- **Resolução CONAMA Nº 1A/1986:** Dispõe sobre transporte de produtos perigosos;
- **Resolução CONAMA Nº 9/1987:** Disciplina a realização de audiências públicas para apreciação do conteúdo dos Estudos e Relatório de Impacto Ambiental. Estabelece a obrigatoriedade de audiência pública quando esta for solicitada por entidade civil, pelo Ministério Público, ou por 50 (cinquenta) ou mais cidadãos;
- **Resolução CONAMA Nº 1/1990:** Dispõem sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política.

As medições deverão ser efetuadas de acordo com a NBR-10.151 - Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade, da ABNT;

- **Resolução CONAMA Nº 3/1990:** Estabelece de novos padrões de qualidade do ar mediante informações científicas a respeito. Amplia o número de poluentes atmosféricos passíveis de monitoramento e controle no País, estabelece métodos de amostragem e análise de poluentes;
- **Resolução CONAMA Nº 02/1991:** Disciplina procedimentos em relação a cargas deterioradas, contaminadas, fora de especificações ou abandonadas, as quais têm um grande potencial de gerar dados ambientais. Cabendo aos infratores responsabilidade civil e penal;
- **Resolução CONAMA Nº 01/1996:** Dispõe sobre critérios básicos e, diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental;
- **Resolução CONAMA Nº 279/2001:** Estabelecer procedimento simplificado para o licenciamento ambiental, com prazo máximo de sessenta dias de tramitação, dos empreendimentos com impacto ambiental de pequeno porte. Os procedimentos e prazos estabelecidos nessa Resolução aplicam-se, em qualquer nível de competência, ao licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental;
- **Resolução CONAMA Nº 286/2001:** Dispõe sobre o licenciamento ambiental de empreendimentos nas regiões endêmicas de malária;
- **Resolução CONAMA Nº 347/2004:** Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico;
- **Resolução CONAMA Nº 378/2004:** Alterada pela Resolução Nº 428/2010. Define os empreendimentos potencialmente causadores de impacto ambiental nacional ou regional para fins do disposto no inciso III, § 1º, art. 19 da Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965, e dá outras providências;
- **Resolução CONAMA Nº 362/2005:** Revoga a Resolução Nº 09, de 1993. Alterada pela Resolução Nº 450, de 2012. Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado;
- **Resolução CONAMA Nº 382/2006:** Complementada pela Resolução Nº 436, de 2011. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas;
- **Resolução CONAMA Nº 398/2008:** Dispõe sobre o conteúdo mínimo do plano de Emergência individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, originados em portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos, sondas terrestres, plataformas e suas instalações de apoio, refinarias, estaleiros, marinas, clubes náuticos e instalações similares, e orienta a sua elaboração;
- **Resolução CONAMA Nº 436/2011:** Complementa as Resoluções Nº 05/1989 e Nº 382/2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anterior a 02 de janeiro de 2007.

### 7.1.13 Normas de outros órgãos federais

- **Portaria Nº 204/1997 do Ministério dos Transportes:** Estabelece normas para transporte de produtos perigosos e o sistema de classificação de produtos perigosos;

- **Portaria Nº 16/2001 do CNRH:** Regulamenta a outorga de uso de recursos hídricos;
- **Instrução Normativa INCRA Nº 112/2021:** Dispõe sobre procedimentos para anuência do uso de áreas em projetos de assentamento do INCRA, por atividades ou empreendimentos minerários, de energia e de infraestrutura.

## 7.2 Legislação Estadual

### 7.2.1 Meio ambiente e licenciamento ambiental

- **Constituição do Estado do Pará:** A Constituição do Estado do Pará é a Lei político-jurídica maior no âmbito do estado sob a Constituição Nacional e Leis do Congresso Nacional. Foi promulgada pela Assembleia Estadual Constituinte na data de 5 de outubro de 1989;
- **Lei Nº 5.887/1995:** Alterada pela Lei nº 6.671, de 2004 Alterada pela Lei nº 6.745, de 2005 Alterada pela Lei nº 6.986, de 2007 Alterada pela Lei nº 8.096, de 2015 - Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente e dá outras providências;
- **Lei Nº 6.489/2002:** Dispõe sobre a Política de Incentivos ao Desenvolvimento Socioeconômico do Estado do Pará;
- **Lei Nº 9.048/2020:** Institui a Política Estadual sobre Mudanças Climáticas do Pará (PEMC/PA), e dá outras providências;
- **Decreto Nº 5.615/2002:** Aprova o Regulamento da Lei Nº 6.489, de 27 de setembro de 2002, que dispõe sobre a Política de Incentivos ao Desenvolvimento Socioeconômico do Estado do Pará;
- **Decreto Nº 2.593/2006:** Altera o Decreto nº 857, de 30 de janeiro de 2004, que dispõe sobre o licenciamento ambiental, no território sob jurisdição no Estado do Pará, das atividades que discrimina.
- **Decreto Nº 2.131/2010:** Altera dispositivos do Decreto Nº 5.615, de 29 de outubro de 2002, que aprova o Regulamento da Lei Nº 6.489, de 27 de setembro de 2002, que dispõe sobre a Política de Incentivos ao Desenvolvimento Socioeconômico do Estado do Pará;
- **Decreto Nº 1.942/2021:** Regulamenta o § 5º do art. 9º da Lei Estadual Nº 9.048, de 29 de abril de 2020, que dispõe sobre o Comitê Gestor do Sistema Estadual sobre Mudanças Climáticas (COGES Clima), e dá outras providências;
- **Decreto Nº 2.281/2022:** Altera e revoga dispositivos do Decreto Estadual Nº 1.942, de 21 de outubro de 2021, que regulamenta o § 5º do art. 9º da Lei Estadual Nº 9.048, de 29 de abril de 2020, que dispõe sobre o Comitê Gestor do Sistema Estadual sobre Mudanças Climáticas (COGES-Clima), e dá outras providências.
- **Resolução SEMAS Nº 91/2011:** O CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE, no uso das atribuições que lhe confere o art. 255, inciso VIII, da Constituição do Estado do Pará e art. 8º, Inciso I, da Lei 5.885, de 09 de maio de 1995, que institui a Política Estadual de Meio Ambiente;
- **Portaria Nº 362/2022:** Tornar público o resultado definitivo das metas institucionais da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade - SEMAS, referente ao décimo Ciclo de Avaliação da GDGA,

compreendido no período de 01 de novembro de 2021 a 28 de fevereiro de 2022, conforme anexo único, parte integrante desta portaria.

## 7.2.2 Fauna e Flora

- **Lei Nº 5.977/1996:** Dispõe sobre a proteção à fauna silvestre no Estado do Pará;
- **Lei Nº 6.462/2002:** Dispõe sobre a Política Estadual de Florestas e demais Formas de Vegetação e dá outras providências;
- **Lei Nº 7.369/2009:** Dispõe sobre a recomposição de áreas desmatadas situadas em reserva legal no âmbito do Estado do Pará, mediante o plantio de espécies nativas frutíferas de porte arbóreo e palmáceas;
- **Lei Nº 9.593/2022:** Institui o Código de Proteção aos Animais do Estado do Pará;
- **Decreto Nº 802/2008:** Cria o Programa Estadual de Espécies Ameaçadas de Extinção - Programa Extinção Zero, declara as espécies da fauna e flora silvestre ameaçadas de extinção no Estado do Pará, e dá outras providências.
- **Decreto Nº 2.596/2022:** Regulamenta o cadastro de atividade florestal, o Sistema Estadual de Gestão de Informações Ambientais e a licença para transporte de produtos e subprodutos de origem florestal no Estado do Pará;
- **Resolução COEMA Nº 54/2007:** Homologa a lista de espécies da flora e da fauna ameaçadas no Estado do Pará.
- **Decreto Nº 2.099/2010:** Dispõe sobre a manutenção, recomposição, condução da regeneração natural, compensação e composição da área de Reserva Legal de imóveis rurais no Estado do Pará e dá outras providências;
- **Instrução Normativa SEMAS Nº 2/2011:** Dispõe sobre os procedimentos para utilização de resíduos florestais ou lenha e dá outras providências;
- **Instrução Normativa SEMAS Nº 6/2011:** Definir procedimentos de conversão de uso do solo através de autorização de Supressão florestal nos imóveis e propriedades rurais na Amazônia Legal;
- **Instrução Normativa SEMAS Nº 2/2015:** Dispõe sobre a Autorização de Supressão de Vegetação - ASV, no âmbito dos processos de licenciamento ambiental da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará - SEMAS/PA, e dá outras providências;
- **Instrução Normativa SEMAS Nº 8/2015:** Define procedimentos administrativos para a realização de limpeza e autorização de supressão, a serem realizadas nas áreas de vegetação secundária em estágio inicial de regeneração, localizadas fora da Reserva Legal e da Área de Preservação Permanente - APP dos imóveis rurais, no âmbito do Estado do Pará, e dá outras providências;
- **Instrução Normativa SEMAS Nº 1/2022:** Estabelece os procedimentos e critérios para solicitação e concessão de autorização para transporte estadual, interestadual e para exportação de produtos e subprodutos de origem florestal do estado do Pará e dá outras providências;



### 7.2.3 Mineração

- **Lei Nº 18/1994:** Institui o Programa Especial de Mineração do Estado do Pará, estabelece normas para a utilização da participação do resultado da Exploração dos Minerais do Estado e dá outras providências;
- **Lei Nº 5.807/1994:** Cria o Conselho Consultivo da Política Minerária e Hídrica do Estado do Pará;
- **Lei Nº 6.381/2001:** Define a política Minerária e Hídrica do Estado do Pará, seus objetivos, diretrizes e instrumentos, e dá outras providências;
- **Lei Nº 7.591/2011:** Institui a Taxa de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerários - TFRM e o Cadastro Estadual de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerários – CERM;
- **Decreto Nº 386/2012:** Regulamenta a Lei no 7.591, de 28 de dezembro de 2011, que institui a Taxa de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerários - TFRM e o Cadastro Estadual de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerários – CERM;
- **Decreto Nº 564/2012:** Considerando a necessidade de o Estado planejar, organizar, dirigir, coordenar e avaliar as ações setoriais relativas à utilização dos recursos minerais e à gestão e ao desenvolvimento de sistemas de produção, transformação, expansão, distribuição e comércio de bens minerais, conforme estabelecido nos arts. 245 a 248 da Constituição do Estado do Pará.
- **Decreto Nº 1.432/2015:** Altera o Decreto Nº 386, de 23 de março de 2012 que regulamenta a Lei Nº 7.591, de 28 de dezembro de 2011, que institui a Taxa de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerários - TFRM e o Cadastro Estadual de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerários – CERM;
- **Resolução Nº 159/2020:** Estabelece os estudos ambientais e as etapas do licenciamento ambiental da atividade de pesquisa mineral, com lavra experimental de minério de manganês, no Estado do Pará, e dá providências;
- **Decreto Nº 1.353/2021:** Altera o Decreto Nº 386, de 23 de março de 2012 que regulamenta a Lei Nº 7.591, de 28 de dezembro de 2011, que institui a Taxa de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerários - TFRM e o Cadastro Estadual de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerários – CERM;
- **Instrução Normativa Nº 006/2012:** Dispõe sobre os procedimentos relativos ao recolhimento da Taxa de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerários - TFRM.
- **Instrução Normativa Nº 001/2012:** Cria a Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Mineração e dá outras providências;

- **Instrução Normativa Nº 006/2014:** Dispõe sobre procedimentos e critérios, no âmbito da Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Pará- SEMA/PA, para o licenciamento ambiental referente à extração de minério (areias, cascalhos e saibros) e beneficiamento associado, para utilização imediata na construção civil, e dá outras providências;
- **Instrução Normativa Nº 002/2018:** Estabelece os procedimentos e critérios para elaboração e apresentação do Plano de Segurança da Barragem de Acumulação de Água e de Disposição de Resíduos Industriais - PSB, de que trata a Lei Federal Nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, e dá outras providências;
- **Instrução Normativa Nº 012/2019:** Estabelece a periodicidade de execução e/ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Ação de Emergência - PAE das barragens de acumulação de água e disposição de resíduos industriais;

#### 7.2.4 Recursos hídricos

- **Lei Nº 5.630/1990:** Estabelece normas para a preservação de áreas dos corpos aquáticos, principalmente as nascentes, inclusive os "olhos d'água" de acordo com o artigo 255, inciso II da Constituição Estadual;
- **Lei Nº 5.807/1994:** Cria o Conselho Consultivo da Política Minerária e Hídrica do Estado do Pará.
- **Lei Nº 6.381/2001:** Define a política Minerária e Hídrica do Estado do Pará, seus objetivos, diretrizes e instrumentos, e dá outras providências.
- **Lei 6.713/2005:** Dispõe sobre a Política Pesqueira e Aquícola no Estado do Pará, incluindo a pesca de subsistência, praticada pelas comunidades tradicionais;
- **Decreto Nº 1.686/2021:** Estabelece os critérios para a formalização de acordos de pesca em comunidades pesqueiras no âmbito do Estado do Pará.
- **Decreto Nº 1.686/2021:** Estabelece os critérios para a formalização de acordos de pesca em comunidades pesqueiras no âmbito do Estado do Pará.
- **Resolução CERH Nº 3, de 03/09/2008:** Dispõe sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos e dá outras providências.
- **Resolução CERH Nº 10, de 03/09/2010:** Dispõe sobre os critérios para análise de Outorga Preventiva e de Direito de uso dos recursos hídricos e dá outras providências.

#### 7.2.5 Terras e povos tradicionais

- **Constituição do Estado do Pará, de 1989:** Reconhece, em seu artigo 322, a propriedade definitiva das terras pertencentes aos remanescentes das comunidades de quilombos e ocupadas por eles;
- **Lei Nº 9.130/2020:** Declara e reconhece como utilidade pública a Associação dos Caboclos, Indígenas e Quilombolas da Amazônia;

- **Lei Ordinária Nº 9.341/2021:** Institui o Estatuto da Equidade Racial no Estado do Pará, garantindo às comunidades remanescentes de quilombos os benefícios dos incentivos à saúde, educação, cultura por meio do desenvolvimento de políticas públicas, além de defender os interesses individuais e coletivos e combater a discriminação;
- **Decreto Nº 2.280/2010:** Institui o Programa Estadual de Assentamentos, com a modalidade de Território Estadual Quilombola, reconhecendo a propriedade dos territórios aos remanescentes das comunidades de quilombos;
- **Decreto Nº 2.561/2010:** Determina a reserva de uma porção de terras estaduais situadas em florestas públicas para fins de regularização fundiária, levando em conta a ocupação desse espaço por comunidades tradicionais;
- **Decreto Nº 2.061/2018:** Institui Grupos de Estudos de Consultas Prévias, Livres e Informadas aos povos e populações tradicionais, observando os termos da Convenção n 169 da Organização Internacional do Trabalho.

## 7.2.6 Compensação Ambiental

- **Decreto Estadual nº. 2.033/2009:** Disciplina e adequa a compensação ambiental por empreendimentos com significativo impacto ambiental.
- **Instrução Normativa Nº 005/2014:** Estabelece procedimentos para o cálculo de gradação de impacto ambiental, para fins de compensação ambiental, nos casos de licenciamento de empreendimentos de significativo impacto ambiental e dá outras providências.

▪

## 7.3 Legislação Municipal (São Félix do Xingu, PA)

### 7.3.1 Meio ambiente e licenciamento ambiental

- **Lei Orgânica do Município, de 15 de dezembro de 1993:** Estabelece a todos, dentre outros direitos constitucionais abarcados pela lei, o pleno exercício dos direitos culturais e o acesso às fontes da cultura municipal, através da valorização e difusão das manifestações culturais, assim como determina a defesa do meio ambiente;
- **Lei Complementar Nº 016/2007:** Institui o novo Código Municipal de Meio Ambiente de São Félix do Xingu;
- **Lei Nº 406/2010:** Institui a atuação e o poder de polícia administrativa para os servidores lotados na função de fiscal ambiental, integrantes da Secretaria de Meio Ambiente e Turismo, além de determinar os procedimentos a serem seguidos para a abertura e andamento de um eventual processo administrativo;
- **Lei Complementar Nº 58/2011:** Cria a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Saneamento (SEMMAS), cujo objetivo é executar atividades de apoio e desenvolvimento sustentável na região e atuar nas políticas de proteção ao meio ambiente;
- **Lei Nº 546/2018:** Institui o Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de São Félix do Xingu, suas diretrizes e dá outras providências;

- **Lei Complementar Nº 136/2020:** Determina a destinação de 100% dos repasses estaduais provenientes da Lei Estadual Nº 7638/2012 (ICMS Verde) para o Fundo Municipal de Meio Ambiente;
- **Lei Nº 594/2020:** Dispõe sobre doação de imóvel urbano pertencente ao Município para uso exclusivo da Polícia Ambiental Militar do Estado do Pará.

### 7.3.2 Mineração

- **Decreto 008/2021:** Dispõe sobre a nomeação ao cargo de agente político de Secretário Executivo Municipal de Meio Ambiente e Mineração e dá outras providências;
- **Decreto 009/2021:** Dispõe sobre a nomeação ao cargo de agente político de Secretário Adjunto Executivo Municipal de Meio Ambiente e Mineração e dá outras providências;
- **Portaria Nº 035/2021:** Dispõe sobre designação de servidora para Liquidante da Secretaria Executiva Municipal do Meio Ambiente e Mineração e dá outras providências;
- **Portaria Nº 0782/2022:** Dispõe sobre designação de servidor para Liquidante da Secretaria Executiva Municipal de Meio Ambiente e Mineração e dá outras providências.

### 7.3.3 Recursos hídricos

- **Lei Ordinária 463/2013:** Autoriza o Poder Executivo a criar o Programa Municipal de Desenvolvimento da Cadeia Produtiva da Aquicultura Familiar, bem como utilizar recursos na promoção de ações de apoio e incentivo à atividade, e dá outras providências.

### 7.3.4 Terras e comunidades tradicionais

- **Lei Nº 442/2012:** Estabelece a doação de área ao Distrito Sanitário Especial Indígena Kaiapó do Pará;
- **Lei Complementar Nº 128/2019:** Determina a reformulação da política pública de assistência social no Município, buscando garantir a proteção social de famílias indígenas, ribeirinhos, e outras comunidades tradicionais;
- **Lei Nº 579/2020:** Estabelece a doação de um imóvel urbano, pertencente ao patrimônio do Município, para uso exclusivo do projeto de construção da Unidade de Casa de Saúde Indígena;
- **Decreto Nº 306/2021:** Dispõe sobre a criação e o funcionamento de Escolas Municipais de Ensino Fundamental Indígenas dos Povos Mebêngokrê.

### 7.3.5 Solo

- **Decreto Nº 023/2021:** Dispõe sobre a nomeação ao cargo de agente político de Secretário Municipal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento e dá outras providências;

- **Decreto Nº 024/2021:** Dispõe sobre a nomeação ao cargo de agente político de Secretária Adjunta Municipal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento e dá outras providências;
- **Portaria Nº 0330/2021:** Dispõe sobre designação de servidor para Fiscal de Contrato da Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento e dá outras providências;
- **Portaria Nº 0331/2021:** Dispõe sobre designação de servidora para Liquidante da Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento e dá outras providências.

### 7.3.6 Unidades de conservação

- **Decreto Nº 091/2021:** Dispõe sobre a nomeação ao cargo em comissão de Chefe de Departamento de Conservação, Limpeza e Fiscalização do Patrimônio Turístico e dá outras providências.

### 7.3.7 Patrimônio histórico, arqueológico e artístico

- **Lei Orgânica do Município, de 15 de dezembro de 1993:** Estabelece a todos, dentre outros direitos constitucionais abarcados pela lei, o pleno exercício dos direitos culturais e o acesso às fontes da cultura municipal, através da valorização e difusão das manifestações culturais, assim como determina a defesa do meio ambiente;
- **Lei Complementar Nº 057/2011:** Cria a Secretaria Municipal de Cultura - SEMCULT, e dá outras providências;
- **Lei Ordinária Nº 436/2011:** Dispõe sobre autorização para contratação temporária por prazo determinado para atender excepcional interesse público, convênios e projetos na Secretaria Municipal de Educação e Cultura, nos termos do art. 37, IX, da Constituição Federal, e dá outras providências;
- **Lei Nº 446-A/2012:** Dispõe sobre a criação do Conselho Municipal de Cultura e Tombamento Histórico, Cultural e Artístico de São Félix do Xingu e dá outras providências;
- **Lei Complementar Nº 142/2020:** Dispõe sobre o Sistema Municipal de Cultura do Município de São Félix do Xingu e dá outras providências;
- **Lei Complementar Nº 143/2020:** Altera disposições da Lei Nº 446-A/2012, que dispõe sobre a criação do Conselho Municipal de Cultura e Tombamento Histórico, Cultural e Artístico de São Félix do Xingu e dá outras providências;
- **Decreto Nº 014/2021:** Dispõe sobre a nomeação ao cargo de agente político de Secretário Municipal de Cultura e dá outras providências;
- **Decreto Nº 046/2021:** Dispõe sobre a nomeação ao cargo de agente político de Secretário Adjunto Municipal de Cultura e dá outras providências;
- **Decreto Nº 133/2021:** Dispõe sobre a nomeação de servidora ao cargo em comissão de Coordenador Espaço Mais Cultura e dá outras providências;

- **Decreto Nº 169/2021:** Dispõe sobre a exoneração de cargo de agente político de Secretário Municipal de Cultura e dá outras providências;
- **Decreto Nº 215/2021:** Dispõe sobre a nomeação de servidora ao cargo em comissão de Diretora de Cultura e Eventos e dá outras providências;
- **Decreto Nº 232/2021:** Dispõe sobre a nomeação ao cargo em comissão de Chefe de Departamento de Ação e Marketing Cultural e dá outras providências;
- **Decreto Nº 259/2021:** Dispõe sobre a nomeação ao cargo em comissão de Gerente de Cultura e dá outras providências;
- **Decreto Nº 267/2021:** Dispõe sobre a nomeação ao cargo de comissão de Chefe do Departamento de Memória e Patrimônio Cultural e dá outras providências;
- **Decreto Nº 280/2021:** Dispõe sobre nomeação de gestor substituto do Fundo Municipal de Cultura do Município de São Félix do Xingu e dá outras providências;
- **Portaria Nº 0170/2021:** Dispõe sobre lotação de servidor para a Secretaria Municipal de Cultura e dá outras providências;
- **Portaria Nº 0881/2021:** Dispõe sobre designação de servidor para fiscal de Contrato da Secretaria Municipal de Cultura e dá outras providências;
- **Portaria Nº 055/2022:** Dispõe sobre constituição de comissão técnica de apoio administrativo no âmbito da Secretaria Municipal de Cultura e dá outras providências;
- **Portaria Nº 0506/2022:** Dispõe sobre a comissão técnica de apoio administrativo no âmbito da Secretaria Municipal de Cultura e dá outras providências;
- **Decreto Nº 793/2022:** Institui a Comissão Técnica de Gerenciamento da Lei Complementar Nº 195, de 08/07/2022 (Lei Paulo Gustavo) no âmbito da Secretaria Municipal de Cultura e dá outras providências.

## 7.4 Análise dos Principais Aspectos da Legislação Ambiental

Uma vez relacionados os diplomas normativos acima, cumpre abordar alguns pontos específicos que merecem uma reflexão mais pormenorizada, de forma a avaliar a adequação e a compatibilidade do empreendimento às normas legais pertinentes.

### 7.4.1 Legislação ambiental

A estruturação de padrões de qualidade ambiental pode ser compreendida como um pré-requisito para a atuação do Poder Público na consecução dos objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente, que tem como finalidade precípua, o estabelecimento de parâmetros de referência para o controle da utilização dos recursos ambientais no desenvolvimento das mais variadas atividades econômicas, bem como configurar diretrizes destinadas a melhoria da qualidade do meio ambiente, estabelecendo metas de aperfeiçoamento do manejo dos recursos naturais.

Normalmente aplicados no gerenciamento da poluição hídrica e atmosférica, os padrões de qualidade ambiental referem-se à definição de limites máximos para o descarte de determinadas substâncias no meio ambiente, considerando sua concentração por unidade de efluente gerado, bem como a capacidade de absorção por parte dos ecossistemas e da saúde humana.

#### **7.4.1.1 Padrões ambientais relacionados ao ar atmosférico**

Com relação à qualidade do ar, a legislação vem regulando os patamares máximos de lançamento de efluentes atmosféricos a partir do controle e do monitoramento das fontes móveis ou estacionárias geradoras de efluentes.

Nesse sentido, o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR), instituído pela Resolução CONAMA Nº 05, de 15/06/1989, fixou as estratégias de ação do Poder Público no gerenciamento da poluição atmosférica, estabelecendo limites máximos de emissão, classes de usos pretendidos, inventário e licenciamento de fontes de poluição, além de um acompanhamento permanente dos padrões estabelecidos.

Ainda no âmbito do PRONAR, a Resolução CONAMA Nº 03, de 28/06/1990, estabeleceu padrões primários e secundários de qualidade do ar, como parâmetros para uma série de poluentes atmosféricos passíveis de monitoramento e controle no País. Esta, por sua vez, foi recentemente revogada pela Resolução CONAMA Nº 491, de 19/11/2018, definindo os padrões de qualidade do ar em âmbito nacional, a qual incluiu na relação dos poluentes regulamentados o chumbo (Pb) e as partículas respiráveis (MP<sub>2,5</sub>).

Por sua vez, a Resolução CONAMA Nº 382, de 26/12/2006 (complementada pela Resolução CONAMA Nº 436, de 22/12/2011), estabeleceu os limites máximos de emissão para os processos de combustão externa em fontes fixas, provenientes de sistemas de geração de calor. Por outro lado, importante observar que permanecem aplicáveis os critérios e limites estabelecidos na Resolução CONAMA Nº 08, de 06/12/1990, para os processos de geração de calor não abrangidos pela mencionada Resolução CONAMA Nº 382/2006.

#### **7.4.1.2 Padrões ambientais relacionados aos ruídos**

As normas que tratam dos níveis de ruído ambiental estão organizadas, fundamentalmente, na Resolução CONAMA Nº 1, de 08/03/1990, sendo previsto, inclusive que a emissão de ruídos decorrentes de atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, devem, no interesse da saúde e do sossego público, obedecer aos parâmetros estabelecidos.

Nesse sentido, cabe ressaltar que os padrões de qualidade para ruídos amparam-se nas normas técnicas NBR 10151 e NBR 10152, ambas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, que tratam da “Avaliação do ruído em áreas habitadas visando ao conforto da comunidade e dos Níveis de ruído para o conforto acústico”, respectivamente.

Em relação à atividade minerária, a regulamentação de padrões de emissão de ruídos é estabelecida pela Norma Reguladora de Mineração - NRM Nº 16, aprovada pela Portaria Nº 237, de 18/10/2001 do DNPM, dispondo que o monitoramento de vibração no solo e o ruído no ar decorrentes de detonações devem ser realizados em obras civis próximas ao local de detonação, especificando, outrossim, limites máximos a serem observados, sendo certo que a norma funda-se na necessidade de proteção das estruturas vizinhas à mina que faz uso de explosivos.

### **7.4.1.3 Padrões ambientais relacionados aos recursos hídricos**

No que se refere ao manejo de recursos hídricos, a elaboração de padrões de qualidade ambiental é realizada mediante o enquadramento dos corpos d'água em classes, conforme seus usos preponderantes, com o intuito de: a) assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas; e b) proporcionar a diminuição dos custos de combate à poluição das águas, mediante a estruturação de ações preventivas permanentes.

O enquadramento estabelece as restrições e vedações aos usos dos recursos hídricos que contribuam para a deterioração e redução de qualidade a patamares inferiores àqueles estabelecidos para a respectiva classe.

Por outro lado, este mesmo instrumento fixa as metas a serem alcançadas pelo Poder Público para que as coleções hídricas que se encontrem em desacordo com as características de sua classe possam ser devidamente recuperadas.

De todo modo, os padrões de qualidade de recursos hídricos diferem fundamentalmente dos padrões de lançamento de efluentes nas coleções de água, sendo que os padrões de qualidade daquele consideram o corpo hídrico e seus respectivos usos, enquanto os padrões desse consideram o efluente gerado.

### **7.4.1.4 Instrumentos de gestão de recursos hídricos**

Os instrumentos de gestão de recursos hídricos foram previstos no artigo 5º da Lei Nº 9.433/1997, tendo por objetivo implantar as diretrizes traçadas pela Política Nacional de Recursos Hídricos.

#### **Domínio dos corpos de água na Constituição de 1988**

Em nosso ordenamento, há previsão constitucional de que os lagos, rios e quaisquer correntes de águas presentes no território nacional, constituem bem público pertencente à União ou aos Estados-membros, dependendo da sua localização geográfica.

A Constituição da República foi bastante centralizadora, tendo destinado à União a competência exclusiva para instituir o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, além de definir critérios de outorga dos direitos relativos ao seu uso, bem como fixar diretrizes para o saneamento básico.

Não bastasse, a CR/88 também atribuiu competência privativa à União para legislar sobre águas, cabendo à lei federal definir a prioridade para o aproveitamento econômico e social dos rios e das massas hídricas represadas ou represáveis nas regiões de baixa renda, sujeitas a secas periódicas. Ademais, exclui qualquer possibilidade de interferência legislativa dos Estados nessa seara, sendo-lhes permitido apenas suplementar a disciplina das variáveis ecológicas intrínsecas aos aquíferos de superfície ou subterrâneos, a eles cabendo, outrossim, no tocante às águas sob sua titularidade, estabelecer as diretivas necessárias ao exercício do poder de polícia sobre os correspondentes usuários, respeitados, sempre, os mecanismos gerenciais fixados na legislação federal.

#### **Política nacional de recursos hídricos**

Com o intuito de regulamentar o Artigo 21, inciso XIX, da CR/88, foi estruturada através da Lei Nº 9.433/1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos, bem como o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, estabelecendo-se assim, contornos normativos bem definidos, bases de estruturação de uma política de desenvolvimento sustentado da utilização de recursos hídricos e de proteção aos corpos d'água.

A lei estabelece como fundamento da Política Nacional de Recursos Hídricos os seguintes preceitos: a) a identificação da água como bem de domínio público e recurso natural limitado, dotado de valor econômico; b) a prioridade de utilização dos recursos hídricos, em situações de escassez, para o consumo humano e a dessedentação de animais; c) a adoção do princípio da utilização compartilhada ou múltipla dos recursos hídricos; d) a adoção da bacia hidrográfica como unidade territorial de gerenciamento; e) a descentralização



da gestão dos recursos hídricos, que deverá contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

A Lei adota, de forma expressa, a bacia hidrográfica como unidade de gestão, consagrando, ademais, o princípio do uso compartilhado ou múltiplo dos recursos hídricos. Segundo tal princípio, deve haver um equilíbrio entre os diversos usos desses recursos, de sorte que permita seu manejo para otimização dos benefícios sociais que se podem extrair de sua utilização e minimização dos impactos dela decorrentes.

Para consecução dos objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente, a Lei Nº 9.433/1997 prevê, em seu art. 5º, como seus instrumentos: a) os Planos de Recursos Hídricos; b) o enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes da água; c) a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; d) a cobrança pelo uso de recursos hídricos; e) a compensação a Municípios (embora figure no art. 5º como instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos, a compensação a Municípios ficou prejudicada com o veto apostado ao artigo 24 da Lei Nº 9.433/1997); f) o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

### **Plano de recursos hídricos**

Os planos de Recursos Hídricos constituem instrumento de planejamento das políticas públicas concernentes aos recursos hídricos, sendo compreendidos pela lei como “planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos”.

Os aludidos planos visam integrar os diversos níveis de planejamento, os quais deverão ser estabelecidos tomando-se as bacias hidrográficas como unidades de gestão, devendo ser estabelecido um plano de gestão específico para cada bacia.

Os planos são de longo prazo, com uma perspectiva de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos e, tendo como conteúdo mínimo: a) diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos; b) análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo; c) balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais; d) metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis; e) medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas; f) prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos; g) diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos; h) propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.

### **Outorga do direito de uso de água**

O regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos objetiva assegurar o efetivo controle quantitativo e qualitativo dos usos e o exercício dos direitos e acesso à água.

A outorga de direito de uso é condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos, devendo respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado, preservando, assim, seu uso múltiplo. O prazo de vigência, que poderá ser renovável, não poderá exceder a 35 anos. Entretanto, caso não seja observado os requisitos previstos em lei, poderá a outorga de uso ser suspensa parcial ou totalmente, em definitivo ou por prazo determinado.

### **Resolução CNRH Nº 29, 11/12/2002 - uso de recursos hídricos sujeitos a outorga e relacionados à atividade minerária**

A Resolução CNRH Nº 29/2002 determina, em seu artigo 3º, que a autoridade outorgante competente para emitir a manifestação prévia e a outorga de direito de uso de recursos hídricos deverá observar as especificidades dos regimes de aproveitamento de substâncias minerais previstos no Decreto-Lei Nº 227/1967 (Código de Mineração) e na Lei Nº 9.827, de 27/08/1999.

Dessa forma, para uso de recursos hídricos no regime de concessão de lavra, o requerente deverá apresentar, além dos documentos exigidos, o comprovante da aprovação do Relatório Final de Pesquisa.

Para o regime de licenciamento mineral, regime de permissão de lavra garimpeira e registro de extração, o requerente deverá solicitar à autoridade outorgante competente a manifestação prévia e apresentar os respectivos títulos de direitos minerários.

Já na fase de pesquisa mineral, o requerente deverá solicitar a outorga de direito de uso de recursos hídricos pelo prazo necessário à realização da pesquisa, observada a legislação vigente, sendo que, avaliada a estimativa das demandas hídricas do futuro empreendimento minerário, o interessado poderá solicitar manifestação prévia à autoridade outorgante competente apresentando, além dos documentos exigidos, a cópia do alvará de autorização de pesquisa.

### **Cobrança pelo uso da água**

O uso dos bens públicos pode ser gratuito ou retribuído. A cobrança pelo uso das águas é um dos objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente, que prevê ao usuário a imposição de contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos. Há ainda a previsão na Lei Nº 12.787, de 11/01/2013, que dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação, estabelecendo um pagamento baseado na vazão máxima outorgada para fins de irrigação e atividades similares.

Entretanto, tais dispositivos legais, não obstante pudessem justificar a pretensão retributiva pelo uso da água, não foram aplicados com esse propósito, prevalecendo, como traço cultural do País, a percepção de abundância da oferta hídrica, a justificar a plena gratuidade no acesso a este recurso.

Noutro sentido, ao ser reconhecido como um recurso natural limitado, dotado de valor econômico, a questão da cobrança foi redirecionada, inserindo-a como um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, passando assim a reconhecer esse bem como econômico, incentivando a racionalização de seu uso e, por fim, buscando obter recursos financeiros para o financiamento de programas e intervenções contempladas no plano de recursos hídricos da respectiva bacia hidrográfica.

Em princípio, estão sujeitos à cobrança todos os múltiplos usos das águas passíveis de outorga de direitos de uso, sendo utilizado para a fixação dos valores a serem cobrados as derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação. Nos casos de lançamento de esgoto e demais resíduos líquidos ou gasosos, deverão ser observados o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do efluente.

Cabe destacar que a lei prevê um sistema de cobrança dimensionado a partir de um critério de eficiência de uso, de modo que os valores a serem efetivamente pagos dependem diretamente da quantidade de água utilizada e da qualidade do efluente final gerado, motivando o usuário a racionalizar o consumo e a devolver a água em melhores condições ao meio ambiente.

### **7.4.1.5 Áreas e biomas ambientalmente protegidos**

#### **7.4.1.5.1 Unidades de Conservação (UC)**

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) foi instituído em 18 de junho de 2000 pela Lei Federal Nº 9.985 para regulamentar o Art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal. Os objetivos eram: possibilitar a definição de espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, propiciar a preservação da diversidade e a integridade dos processos ecológicos no país, permitir a preservação e restauração dos processos ecológicos essenciais, e realizar a promoção do manejo ecológico das espécies e ecossistemas, e promover a educação ambiental, entre outros (BRASIL, 1988).

A Unidade de Conservação (UC) é definida, de acordo com o SNUC, como um espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes. A UC deve ser legalmente instituída pelo Poder Público, com o objetivo de conservação e com limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam as garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000).

#### 7.4.1.5.2 Áreas de preservação permanente (APP)

No Código Florestal Brasileiro (Lei Federal 12.651, de 25/05/12) e Lei Florestal Mineira (Lei Estadual 20.922, de 16/10/13) existe a previsão de que algumas áreas naturais, de singular importância para o meio ambiente, tal como as Áreas de Preservação Permanente – APP, devem ser objeto de especial proteção, e a interferência ou supressão dessas áreas depende de autorização do poder público.

A chamada Área de Preservação Permanente é definida no Código Florestal Brasileiro, em seu Capítulo I, art. 3º, inciso II, como sendo “*área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.*”

O status de preservação permanente independe da existência física de florestas e demais formas de vegetação natural, sepultando-se, assim, antiga controvérsia estabelecida nessa matéria. Assim sendo, conclui-se que os objetos legais de proteção serão as regiões ou formações geográficas e paisagísticas em que estejam funcionalmente inseridas, do que necessariamente as formações florestais e demais formas de vegetação.

Ademais, há um claro reconhecimento da lei no que se refere à interação entre a cobertura vegetal e a preservação das características geomorfológicas naturais do domínio espacial em que ela ocorre.

Basicamente, tais áreas protegidas podem ser classificadas em:

- Áreas de Preservação Permanente por força de definição legal (ou por efeito da lei), listadas no artigo 4º do Código Florestal:
  - As faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: a) 30 (trinta) metros, para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura; b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d’água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; c) 100 (cem) metros, para os cursos d’água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura; d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d’água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura; e e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d’água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;
  - As áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de: a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d’água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros; b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;
  - As áreas no entorno dos reservatórios d’água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d’água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;
  - As áreas no entorno das nascentes e dos olhos d’água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;
  - As encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;
  - As restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
  - Os manguezais, em toda a sua extensão;
  - As bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

- No topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;
  - As áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;
  - Em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.
- Não será exigida Área de Preservação Permanente no entorno de reservatórios artificiais de água que não decorram de barramento ou represamento de cursos d'água naturais.
- Áreas de Preservação Permanente por ato declaratório, definidas por ato expresso do Poder Público reconhecendo-lhes tal condição, conforme disposto no artigo 6º do Código Florestal.

Apesar do que sugere sua denominação, consolidou-se o entendimento segundo o qual esses espaços ambientais não se submetem a um tratamento restritivo absoluto, podendo ser excepcionalmente suprimidos e utilizados com finalidades econômicas, hipóteses que devem se restringir aos casos de utilidade pública ou interesse social e aos demais requisitos previstos no Código Florestal, ou, ainda, em hipóteses classificadas como eventuais e de baixo impacto ambiental, conforme definido em regulamento.

Faz-se mister consignar, então, que o artigo 2º, inciso I, alínea “c” da Resolução CONAMA Nº 369/2006 expressamente declarou de utilidade pública “as atividades de pesquisa e extração de substâncias minerais, outorgadas pela autoridade competente, exceto areia, argila, saibro e cascalho”, tendo sido a exploração destas últimas substâncias inseridas dentre as hipóteses de interesse social, nos termos do inciso II, alínea “d” do mesmo dispositivo.

No que concerne à instalação de estruturas necessárias à mineração, adotou o CONAMA regramento mais restritivo, ao dispor, no artigo 7º, § 6º, que a intervenção em áreas de preservação permanente, no caso de “depósitos de estéril e rejeitos, de sistemas de tratamento de efluentes, de beneficiamento e de infraestrutura das atividades minerárias”, só será admitida em hipóteses excepcionais, reconhecidas no curso do licenciamento ambiental, exigindo-se a comprovação de inexistência de alternativa técnica e locacional às obras, planos, atividades ou projetos propostos, nos termos do artigo 3º, inciso I, todos da Resolução Nº 369/2006.

Desse modo, os estudos ambientais a serem elaborados para o projeto em questão deverão trabalhar, de forma cuidadosa, os requisitos estabelecidos para o desenvolvimento da atividade minerária em áreas de preservação permanente, dedicando-se, particularmente, à demonstração de que não existem alternativas técnicas e locais para as estruturas propostas.

#### **7.4.1.5.3 Áreas de proteção especial**

Áreas de Proteção Especial - APEs são porções territoriais com limites físicos determinados, criadas para proteger os recursos naturais do processo de expansão das cidades, através da instituição de medidas de controle dos projetos de parcelamento do solo urbano.

Com efeito, conforme disposto no artigo 13, inciso I da Lei Nº 6.766, de 19/12/1979, aos Estados caberá disciplinar a aprovação, pelos Municípios, de loteamentos e desmembramentos quando localizados em áreas de interesse especial, tais como as de proteção aos mananciais ou ao patrimônio cultural, histórico, paisagístico e arqueológico.

Constituem as APEs, portanto, típicos instrumentos de política urbana, destinadas ao controle preventivo dos efeitos da expansão desordenada das cidades, sujeitando ao crivo analítico dos Estados projetos de parcelamento do solo com fins, exclusiva ou predominantemente, residenciais, antes mesmo que seja submetido à aprovação por parte da autoridade municipal competente.

Fácil é perceber, nesse contexto, que as APEs, nada obstante desempenharem algumas das funções inerentes às áreas protegidas, permitindo a tutela do ambiente nas regiões adensadas em termos populacionais, escapam totalmente ao enquadramento dentre as categorias de unidades de conservação, não tendo sido como tais reconhecidas pela Lei Nº 9.985/2000, que não as contemplou em nenhum de seus dois grupos, sejam eles o de proteção integral ou de uso sustentável.

Desse modo, não podendo ser técnica ou legalmente consideradas como unidades de conservação, inexiste no regime jurídico peculiar às Áreas de Proteção Especial qualquer sorte de zona de amortecimento ou entorno protetivo que onere os terrenos situados ao seu redor, não sendo aplicáveis, sob essa ótica, os preceitos insculpidos no artigo 25 da Lei do SNUC e no artigo 27 do Decreto Nº 99.274/1990.

Por outro lado, é importante ressaltar que, no direito brasileiro, as únicas modalidades de espaços ambientais capazes de rivalizarem com o aproveitamento econômico das minas são as UCs de proteção integral, cujos objetivos restritivos de manejo, ao teor do que se contém na Lei do SNUC, não se harmonizam com os impactos negativos que, em regra, derivam desse segmento produtivo.

No caso, porém, das APEs, as quais, conforme visto, não podem ser consideradas como unidades de conservação, descabe totalmente - sobretudo pela ausência de parâmetro legal que o autorize -, a imposição de óbices às atividades minerárias, o que tanto mais se confirma pelo fato de a Lei Nº 6.766/1979 somente admitir, nessas áreas protegidas, limitações quanto aos projetos de loteamento ou de desmembramento do solo urbano.

#### **7.4.1.5.4 Reserva legal dos imóveis afetados pelo projeto**

Consoante disposto no Código Florestal Brasileiro (Lei Federal 12.651, de 25/05/12), o instituto da reserva legal corresponde à área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do artigo 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa, sendo nela vedada a exploração florestal mediante corte raso, bem como a alteração de sua destinação, nos casos de transferência a qualquer título, desmembramento ou retificação do perímetro do imóvel.

A utilidade da reserva legal é, por tal modo, conformar o exercício das faculdades dominiais a uma serventia ambiental, certo que a Constituição da República, se por um lado incluiu a propriedade no rol dos direitos e garantias fundamentais (art. 5º, inciso XXII), por outro condicionou seu exercício ao atendimento de uma função social (inciso XXIII do mesmo artigo), consubstanciada na defesa e preservação do meio ambiente e na utilização adequada dos recursos naturais disponíveis (art. 170, inciso VI c/c art. 186, inciso II).

Prevendo o Código que as florestas e outras formas de vegetação nativa são susceptíveis de exploração desde que mantidos os percentuais nele consignados, a reserva legal configura, assim, encargo incidente sobre todos os imóveis rurais sujeitos à exploração florística, como pressuposto interno constitutivo dos direitos de propriedade e posse, embora mantidos seus titulares na disponibilidade direta de todas as prerrogativas a eles inerentes.

E, nessa linha de raciocínio, há que se atentar para a necessidade de que os imóveis cuja cobertura vegetal será suprimida tenham sua Reserva Legal previamente regularizada, requisito indispensável para a obtenção do Autorização de Supressão Vegetal - ASV.

Ainda nesse sentido, cabe ressaltar que nos casos em que a área coberta por vegetação nativa seja inexistente ou inferior aos parâmetros legais de referência, permanece o proprietário ou o possuidor obrigado a constituir, manter ou restaurar a RL em seu imóvel.

Importante salientar que ocorrendo a impossibilidade de compensar a Reserva Legal dentro de uma mesma microbacia hidrográfica, o órgão ambiental competente deverá aplicar o critério da proximidade entre a propriedade desprovida da reserva e a área escolhida para a compensação, desde que na mesma bacia hidrográfica e no mesmo Estado e, quando houver, deverá ser atendido o Plano da Bacia Hidrográfica.

Assim, após a individualização da reserva legal, torna-se proibido a alteração de sua destinação precípua, passando a se revestir de forte caráter de intangibilidade, não se admitindo mais a modificação de seu status protetivo, ainda que o domínio seja transferido, ou desmembrado em duas ou mais glebas.

#### **7.4.1.5 Servidões ambiental e florestal**

A Lei Nº 11.284/2006 introduziu na Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Nº 6.938/1981) o artigo 9º-A, facultando ao proprietário rural instituir, mediante registro próprio, servidão ambiental, pela qual voluntariamente renuncia, em caráter permanente ou temporário, total ou parcialmente, a direito de uso, exploração ou supressão de recursos naturais existentes na propriedade. Este instituto acaba por constituir no imóvel rural um verdadeiro espaço ambiental protegido.

#### **7.4.1.6 Flora**

A utilização de recursos da flora e a proteção das florestas e das demais formas de vegetação natural repousam sobre determinadas estruturas jurídicas que, em linhas gerais, objetivam controlar previamente os impactos sobre a retirada da cobertura vegetal, bem como colocar os recursos florísticos a salvo das atividades exploratórias, além de submeter esses empreendimentos a exigências relativas ao restabelecimento dos ambientes florestados.

É nessa exata medida que se devem destacar quatro instrumentos fundamentais, quais sejam as autorizações de desmate, a reposição florestal, a definição de espécies imunes ao corte e espécies da flora ameaçadas de extinção.

##### **7.4.1.6.1 Autorização de desmate e supressão vegetal para o uso alternativo do solo**

A exploração de florestas e de suas formações sucessoras, bem como a adoção de técnicas de condução, exploração, reposição florestal e manejo compatíveis com os ecossistemas naturais por ela formados, dependem de autorização prévia de órgão competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA.

É previsto em nosso ordenamento um mecanismo permissório específico para a retirada da cobertura arbórea, que tem por objetivo, além de disciplinar a execução de técnicas de manejo adequadas à conversão do uso do solo, manter registros sobre os quantitativos de rendimento lenhoso oriundos do corte autorizado, permitindo que sejam implementados outros instrumentos, como a reposição florestal, além da composição de planos e programas de auto-suprimento de matéria-prima, produtos e subprodutos florestais.

##### **7.4.1.6.2 Reposição florestal**

O Decreto Nº 5.975, de 30/11/06, regulamentado pela Instrução Normativa MMA Nº 6, de 15/12/06, obriga toda pessoa física ou jurídica que explore, utilize, transforme, consuma matéria-prima florestal ou detenha autorização para supressão vegetal a promover o plantio de espécies - preferencialmente nativas - que

assegure uma produção equivalente ao volume anual necessário à atividade econômica desenvolvida, configurando a reposição florestal uma forma de compensação do volume de matéria-prima extraído de vegetação natural pelo volume de matéria-prima resultante de plantio florestal para geração de estoque ou recuperação de cobertura florestal (artigo 13 do Decreto Nº 5.975/2006).

#### **7.4.1.6.3 Definição de espécies imunes ao corte**

De acordo com o artigo 70, II, da Lei Nº 12.651/2012, qualquer árvore poderá ser declarada imune ao corte, mediante ato específico do Poder Público, em decorrência de sua "... localização, raridade, beleza ou condição de porta-sementes".

Assim, as espécies que forem declaradas imunes ficarão insusceptíveis de supressão parcial ou total, a corte raso (corte rente à base). Entretanto, nos casos que seja necessária à execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social, poderá ser admitida a supressão, mediante prévia autorização do poder público.

Na legislação federal, são como protegidas o açazeiro (Lei Nº 6.576, de 30/09/78), o pequizeiro (Portaria IBAMA Nº 113, de 29/12/95), a Aroeira Legítima ou Aroeira do Sertão, a Braúna e o Gonçalves Alves (Portaria Normativa IBAMA Nº 83, de 26/09/91).

#### **7.4.1.6.4 Listas de espécies da flora ameaçadas de extinção**

Para a identificação dos táxons ameaçados de extinção, foram consultadas as listas oficiais vigentes das espécies da flora ameaçadas de extinção. Em âmbito nacional, baseou-se na Portaria do MMA Nº 443 de 17 de dezembro de 2014. Em âmbito estadual, considerou-se a Resolução COEMA nº 54, de 24 de outubro de 2007.

### **7.4.1.7 Fauna**

#### **7.4.1.7.1 Tutela jurídica da fauna terrestre e aquática**

Conferindo tratamento distintivo à fauna brasileira, a Constituição da República associa diretamente as atribuições atinentes à tutela dos animais com os encargos relativos à conservação e ao manejo dos recursos da flora.

A CR/88 confere a todos os entes federados a competência comum para preservar as florestas, a fauna e a flora, atribuindo à União, aos Estados e ao Distrito Federal, o poder-dever de legislar concorrentemente sobre florestas, caça, pesca e fauna.

No que tange as legislações infraconstitucionais, tais obrigações se materializam no tocante às espécies aquáticas, além dos exemplares faunísticos silvestres, abrangendo os animais de qualquer espécie, em qualquer fase de seu desenvolvimento e que vivem naturalmente fora de cativeiro, bem como seus ninhos, abrigos e criadouros naturais, os quais são considerados propriedades do Estado sendo proibida - senão quando devidamente autorizado - sua utilização, perseguição, destruição, caça ou apanha.

Nesse sentido, cabe salientar que a caça profissional é proibida em nosso ordenamento, bem assim o comércio de espécimes da fauna silvestre e de produtos e objetos que impliquem na sua caça, perseguição, destruição ou apanha.

A caça amadora e desportiva podem eventualmente ser permitida se peculiaridades regionais comportarem seu exercício, sendo proibida, no entanto, quando realizada: a) com visgos, atiradeiras, fundas, bodoque, veneno, incêndio ou armadilhas que maltratem a caça; b) com armas a bala, a menos de três quilômetros de

qualquer via férrea ou rodovia pública; c) com armas de calibre 22 para animais de porte superior ao tapiti (*Sylvilagus brasiliensis*); d) com armadilhas constituídas de armas de fogo; e) nas zonas urbanas, suburbanas, povoados e nas estâncias hidrominerais e climáticas; f) nos estabelecimentos oficiais e açudes de domínio público, bem como nos terrenos adjacentes, até a distância de cinco quilômetros; g) na faixa de quinhentos metros de cada lado do eixo das vias férreas e rodovias públicas; h) nas áreas destinadas à proteção da fauna, da flora e das belezas naturais; i) nos jardins zoológicos, nos parques e jardins públicos; j) fora do período de permissão de caça, mesmo em propriedades privadas; l) à noite, exceto em casos especiais e no caso de animais nocivos; m) do interior de veículos de qualquer espécie.

#### **7.4.1.7.2 Listas de espécies da fauna ameaçadas de extinção**

Para a identificação dos táxons ameaçados de extinção, foram consultadas as listas oficiais vigentes das espécies da flora ameaçadas de extinção. Em âmbito nacional, baseou-se nas Portarias do MMA N° 444 (fauna terrestre) e n°445 (peixes e invertebrados aquáticos), ambas de 17 de dezembro de 2014. Em âmbito estadual, considerou-se a Resolução COEMA n° 54, de 24 de outubro de 2007.

#### **7.4.1.7.3 Manejo, salvamento e resgate de fauna**

É comum que a área onde se pretende executar a lavra abrigue diversas espécies da fauna silvestre, as quais, por certo, sofrerão os impactos decorrentes do funcionamento da mina.

Para minimizar tais impactos foi editada a Instrução Normativa IBAMA N° 146, de 10/01/07, que estabelece critérios e padroniza os procedimentos relativos à fauna silvestre, no âmbito do licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades sobre ela impactantes.

Para que o manejo seja realizado de forma eficaz, deverá ser feito o levantamento na área de influência da atividade, seguidos do monitoramento, salvamento, resgate e destinação, sendo que, para cada fase, deverão ser requeridas, junto ao órgão competente, as devidas autorizações de captura, coleta e transporte.

O levantamento na área de influência da atividade deverá preceder qualquer outra ação relacionada à fauna silvestre, sendo que essa etapa compreende a elaboração de uma lista de espécies descritas para a localidade, baseada em dados secundários, inclusive com indicação de espécies constantes em listas oficiais de indivíduos ameaçados com distribuição potencial na área do empreendimento, independentemente do grupo animal a que pertencem.

Ademais, para a fase de levantamento é imprescindível a descrição detalhada da metodologia a ser utilizada no registro de dados primários, que, além de atender aos requisitos contidos nos artigos 4 e 23, § 1º, da Instrução Normativa IBAMA N° 146/2007, deverá contemplar os grupos de importância para a saúde pública regional, cada uma das classes de vertebrados e de invertebrados pertinentes.

Os resultados dessa primeira etapa deverão ser apresentados por meio de relatório ao órgão competente, na forma descrita no artigo 5º da IN. Esse estudo norteará o programa de monitoramento da fauna, a ser autorizado pela autoridade ambiental e executado durante a implantação do empreendimento.

Os dados colhidos nesse programa também deverão ser repassados ao Poder Público que determinará se há - ou não - necessidade de execução de programas de resgate ou salvamento da fauna.

As exigências que devem ser atendidas nessa última fase do manejo faunístico, caso necessário, encontram-se discriminadas nos artigos 13 e 23, § 2º da Instrução Normativa IBAMA N° 146/2007, sendo que sua apresentação deve ser feita juntamente com o Plano de Controle Ambiental - PCA, elaborado para a fase de Licença de Instalação (LI) da atividade proposta.



#### **7.4.1.8 Patrimônio cultural brasileiro**

Conforme estabelece o artigo 216, inciso I, da CR/1988, os sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico configuram patrimônio cultural brasileiro, devendo ser protegidos pelo Poder Público por meio de inventários, registros, vigilância, tombamento e desapropriação, nos termos do § 1º do mesmo dispositivo.

Demais disso, os sítios arqueológicos e pré-históricos integram o patrimônio da União, nos termos do artigo 20, inciso X da CR/1988.

O licenciamento ambiental de bens culturais acautelados em nível federal deverá seguir os procedimentos estabelecidos pela Instrução Normativa IPHAN Nº 001, de 25/03/2015, a qual estabelece procedimentos administrativos a serem observados por esse órgão

#### **7.4.1.9 Cavidades naturais subterrâneas**

Assim como os sítios arqueológicos e pré-históricos, as cavidades naturais subterrâneas foram constitucionalmente incluídas no patrimônio da União, sendo que o regime jurídico voltado para sua proteção e uso se encontra, principalmente, no artigo Nº. 20, inciso X da Constituição Federal de 1988, no Decreto Nº 99.556, de 01/10/90, com redação alterada pelo Decreto Nº 6.640, de 07/11/08.

Representando também fonte de potenciais conflitos e questionamentos, as cavidades eventualmente impactadas pelo empreendimento deverão ser classificadas de acordo com seu grau de relevância, que poderá ser máximo, alto, médio ou baixo, para tanto se adotando os critérios definidos na Instrução Normativa do MMA Nº 02, de 30/08/2017 (regulamenta o art. 5º do Decreto Nº 6.640/2008 e revoga a Instrução Normativa MMA Nº 02, de 20/08/09).

Bem de ver que, se acaso a caverna for enquadrada no grau máximo de relevância, fica vedada a produção de impactos negativos irreversíveis sobre ela. Já na hipótese de empreendimentos causadores de impactos negativos sobre cavidades de importância considerada alta, será exigida a preservação, em caráter permanente, de outras duas cavidades, desde que com a mesma litologia, com similaridade de atributos e relevância e preferencialmente em área contínua e no mesmo grupo geológico daquela impactada.

Há, ainda, a Instrução Normativa do ICMBio Nº 01, de 24/01/17, que estabelece procedimentos administrativos e técnicos para a execução de compensação espeleológica de que trata o artigo 4º, § 3º, do Decreto Nº 99.556/1990, para empreendimentos que ocasionem impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea classificada com grau de relevância alto e que não possuam na sua área, conforme análise do órgão licenciador, outras cavidades representativas que possam ser preservadas sob a forma de cavidades testemunho.

Tratando-se de cavidade natural de grau de relevância médio, o empreendedor ficará obrigado a adotar medidas e financiar ações que contribuam para a conservação e o uso adequado do patrimônio espeleológico brasileiro, sendo que, para o caso de impacto adverso sobre cavidades de baixo grau de relevância, não será exigida qualquer medida conservacionista equivalente.

## 8.0 COMPATIBILIDADE DO EMPREENDIMENTO COM PLANOS E PROGRAMAS GOVERNAMENTAIS

Neste capítulo são apresentados os principais Planos e Programas Governamentais que se relacionam com a região de inserção do Projeto Jaguar, quais sejam:

- Plano Amazônia Sustentável – PAS;
- Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa – PLANAVEG;
- Plano Nacional Anual de Biodiversidade – PLANABIO;
- Planos de Ação Nacional para a Conservação de Espécies Ameaçadas – PANs;
- Zoneamentos Ecológico-Econômico dos Estados da Amazônia Legal;
- Unidades de Conservação e Preservação Ecológica;
- Áreas Prioritárias para Conservação;
- Terras Indígenas;
- Projetos de Assentamentos Agrários.

A seguir são apresentadas as principais características destes planos e programas.

### 8.1 Plano Amazônia Sustentável (PAS)

O Plano Amazônia Sustentável (PAS) foi construído a partir de um termo de compromisso firmado em 2003 pelo presidente da república e governadores dos estados constituintes da Amazônia Legal. Este plano detalha diretrizes estratégicas para que sejam cumpridos uma série de compromissos elencados pelo governo visando o desenvolvimento da região com sustentabilidade.

*Dessa forma “o PAS surge com o desafio de evitar que o cumprimento de metas nacionais seja meramente transferido para a Amazônia, sem levar em conta suas especificidades e sem internalizar os benefícios gerados ao país, tal como foi feito no passado. Mudar este paradigma é condição necessária para o sucesso das ações estruturantes do desenvolvimento regional” (MMA, 2008).*

Destaca-se que não há relações de incompatibilidade entre o Plano Amazônia Sustentável e o Projeto Jaguar. Ressalta-se que o Projeto Jaguar contribuirá para a ampliação da infraestrutura local, buscando a redução de impactos ao priorizar a ocupação de áreas já desmatadas e a utilização de acessos existentes para implantação das estruturas necessárias à sua operacionalidade.

### 8.2 Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG)

O Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG) visa ampliar e fortalecer políticas públicas, incentivos financeiros, mercados, tecnologias de recuperação, boas práticas agropecuárias e outras medidas necessárias para a recuperação da vegetação nativa, principalmente em áreas de preservação

permanente - APP e reserva legal - RL, mas também em áreas degradadas com baixa produtividade agrícola (MMA, 2017).

O PLANAVEG é formado por três eixos (motivar, facilitar e implementar), subdivididos em oito iniciativas estratégicas listadas abaixo:

▪ **Eixo: Motivar**

- **Iniciativa Estratégica: Sensibilização** – lançar movimento de comunicação com foco em agricultores, agronegócio, população urbana, credores, líderes de opinião e tomadores de decisão, a fim de promover a consciência sobre o que é a recuperação da vegetação nativa, onde e como deve ser realizada, quais benefícios ela traz e como se envolver e apoiar este processo;

▪ **Eixo: Facilitar**

- **Iniciativa Estratégica: Sementes & Mudas** – Promover a cadeia produtiva da recuperação da vegetação nativa por meio do aumento da capacidade de viveiros, de produtores de sementes e demais estruturas para produção de espécies nativas e racionalizar as políticas para melhorar a quantidade, qualidade e acesso as sementes e mudas de espécies nativas;
- **Iniciativa Estratégica: Mercados** – Fomentar mercados para os produtos e serviços ecossistêmicos gerados durante o processo de recuperação ou em áreas já recuperadas, gerando receita para os proprietários de terras envolvidos por meio da comercialização de produtos madeireiros e não-madeireiros, bem como o pagamento pela provisão de serviços ecossistêmicos como a proteção de corpos hídricos e áreas de recargas de aquíferos, aumento do estoque de carbono, entre outros;
- **Iniciativa Estratégica: Instituições** – Definir os papéis e responsabilidades entre os órgãos de governo, empresas e a sociedade civil, e alinhar e integrar as políticas públicas existentes e novas em prol da recuperação da vegetação nativa;

▪ **Eixo Implementar**

- **Iniciativa Estratégica: Mecanismos Financeiros** – Desenvolver mecanismos financeiros inovadores para incentivar a recuperação da vegetação nativa, incluindo empréstimos bancários preferenciais, doações, compensações ambientais, isenções fiscais específicas e títulos florestais;
- **Iniciativa Estratégica: Extensão Rural** – Expandir os serviços de extensão rural (públicos e privados) com objetivo de contribuir para capacitação dos proprietários de terras, com destaque para os métodos de recuperação de baixo custo;
- **Iniciativa Estratégica: Planejamento Espacial & Monitoramento** – Implementar um sistema nacional de planejamento espacial e de monitoramento para apoiar o processo de tomada de decisão para a recuperação da vegetação nativa;
- **Iniciativa Estratégica: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação** – Aumentar a escala e o foco do investimento em pesquisa, desenvolvimento e inovação para reduzir o custo, melhorar a qualidade e aumentar a eficiência da recuperação da vegetação nativa, considerando os fatores ambientais, sociais e econômicos.

Destaca-se que não há relações de incompatibilidade entre o PLANAVEG e o Projeto Jaguar.

Merece informar que a Centaurus, titular do Projeto Jaguar, irá desenvolver programas e iniciativas similares ao descrito no Plano, além das ações/programas apresentados no **Capítulo 15**.

### 8.3 Plano Nacional Anual de Biodiversidade (PLANABIO)

O Plano Nacional Anual de Biodiversidade (PLANABIO) estabelece as diretrizes e organização das ações anuais de uso sustentável da biodiversidade desenvolvidas pelo IBAMA (IBAMA, 2022). São objetivos do PLANABIO do ano de 2022:

- i) promover o uso sustentável dos recursos da biodiversidade;
- ii) formalizar parcerias por meio da celebração de acordos de cooperação técnica, com vistas a harmonizar procedimentos, evitar lacunas e a fragmentação de controles;
- iii) estimular investimentos e melhoria da gestão dos Centros de Triagem de Animais Silvestres (CETAS), contribuindo para a destinação adequada de animais silvestres recepcionados pelo órgão ambiental federal;
- iv) contribuir para a elaboração e implementação de planos de prevenção, controle e monitoramento de espécies exóticas invasoras;
- v) promover ações de recuperação ambiental por meio de programas e projetos ambientais com uso de mecanismos de estímulo à recuperação ou recomposição da vegetação nativa e ao uso de práticas sustentáveis;
- vi) fortalecer a conversão de multas ambientais em serviços de preservação, melhoria e recuperação da qualidade do meio ambiente as ações;
- vii) contribuir para o cumprimento dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) e das metas de Aichi; e
- viii) aprimorar os sistemas de monitoramento ambiental.

Destaca-se que não há relações de incompatibilidade entre o PLANABIO e o Projeto Jaguar, e que o futuro empreendimento irá implementar o Programa de Monitoramento dos Grupos Faunísticos Bioindicadores, conforme apresentado no **Capítulo 15**.

### 8.4 Planos de Ação Nacionais para a Conservação de Espécies Ameaçadas (PANs)

Os Planos de Ação Nacional para a Conservação de Espécies Ameaçadas (PANs) constituem uma ferramenta proposta pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) com o objetivo de melhorar o estado de conservação das espécies ameaçadas de extinção (ICMBIO, 2018).

Ainda segundo ICMBio (2018), são planejadas e implementadas ações de pesquisa, manejo, articulação, educação e sensibilização, prioritárias para combater as ameaças às espécies em conjunto com instituições governamentais, não-governamentais e diferentes setores da sociedade.

Os PANs do bioma amazônico brasileiro são listados na **Tabela 8.4.1**.

**Tabela 8.4.1: Planos de Ação Nacional (PANs) do bioma amazônico brasileiro.**

Identificador do PAN	Nome do Plano de Ação Nacional	Biomias do PAN
CBC_01.01	(Finalizado) Lepidópteros	Amazônia
CBC_02.01	(Elaborado) Insetos Polinizadores	Amazônia
CECAV_03.01	Cavernas do Brasil	Amazônia
CEMAVE_04.01	(Finalizado) Aves de Rapina	Amazônia
CEMAVE_05.01	(Finalizado) Galliformes	Amazônia
CEMAVE_14.01	(Finalizado) Aves Limícolas Migratórias - 1º ciclo	Amazônia
CEMAVE_16.01	(Finalizado) Aves da Amazônia - 1º ciclo	Amazônia
CEMAVE_21.02	Papagaios - 2º ciclo	Amazônia
CEMAVE_28.02	Aves Limícolas Migratórias - 2º ciclo	Amazônia
CENAP_01.01	(Finalizado) Ariranha - 1º ciclo	Amazônia
CENAP_03.01	(Finalizado) Onça-pintada	Amazônia
CENAP_06.01	(Finalizado) Cachorro-vinagre	Amazônia
CENAP_07.01	(Finalizado) Pequenos Felinos - 1º ciclo	Amazônia
CENAP_08.02	Ariranha - 2º ciclo	Amazônia
CENAP_09.01	Grandes Felinos	Amazônia
CENAP_10.01	Canídeos	Amazônia
CENAP_11.01	Ungulados	Amazônia
CENAP_12.02	Pequenos Felinos - 2º ciclo	Amazônia
CENAP_14.01	Pequenos Mamíferos de Áreas Florestais	Amazônia
CEPAM_01.01	(Finalizado) Baixo e Médio Xingu	Amazônia
CEPAM_02.01	Peixes Amazônicos	Amazônia
CMA_04.01	(Finalizado) Sirênios	Amazônia
CMA_05.01	Mamíferos Aquáticos Amazônicos	Amazônia
CNPT_01.01	(Finalizado) Manguezal	Amazônia
CPB_04.01	(Finalizado) Sauim-de-coleira	Amazônia
CPB_07.01	Primatas Amazônicos	Amazônia
CPB_09.02	Sauim-de-coleira - 2º ciclo	Amazônia
CPB_11.01	Tamanduá-bandeira e Tatus	Amazônia
RAN_05.01	(Finalizado) Quelônios Amazônicos	Amazônia

Boa parte dos PANs do bioma amazônico brasileiro já se encerrou. E, dos ativos, há alguns que não se aplicam ao Projeto Jaguar, como o de Cavernas do Brasil e o Sauim-de-coleira (2º ciclo) por exemplo. Os demais,

podem guardar relação com espécies ameaçadas encontradas na região de inserção do Projeto Jaguar, onde estas espécies poderão ser observadas e monitoradas no âmbito da execução do Programa de Monitoramento dos Grupos Faunísticos Bioindicadores apresentado no **Capítulo 15**.

Destaca-se que não há relações de incompatibilidade entre os PANs e o Projeto Jaguar.

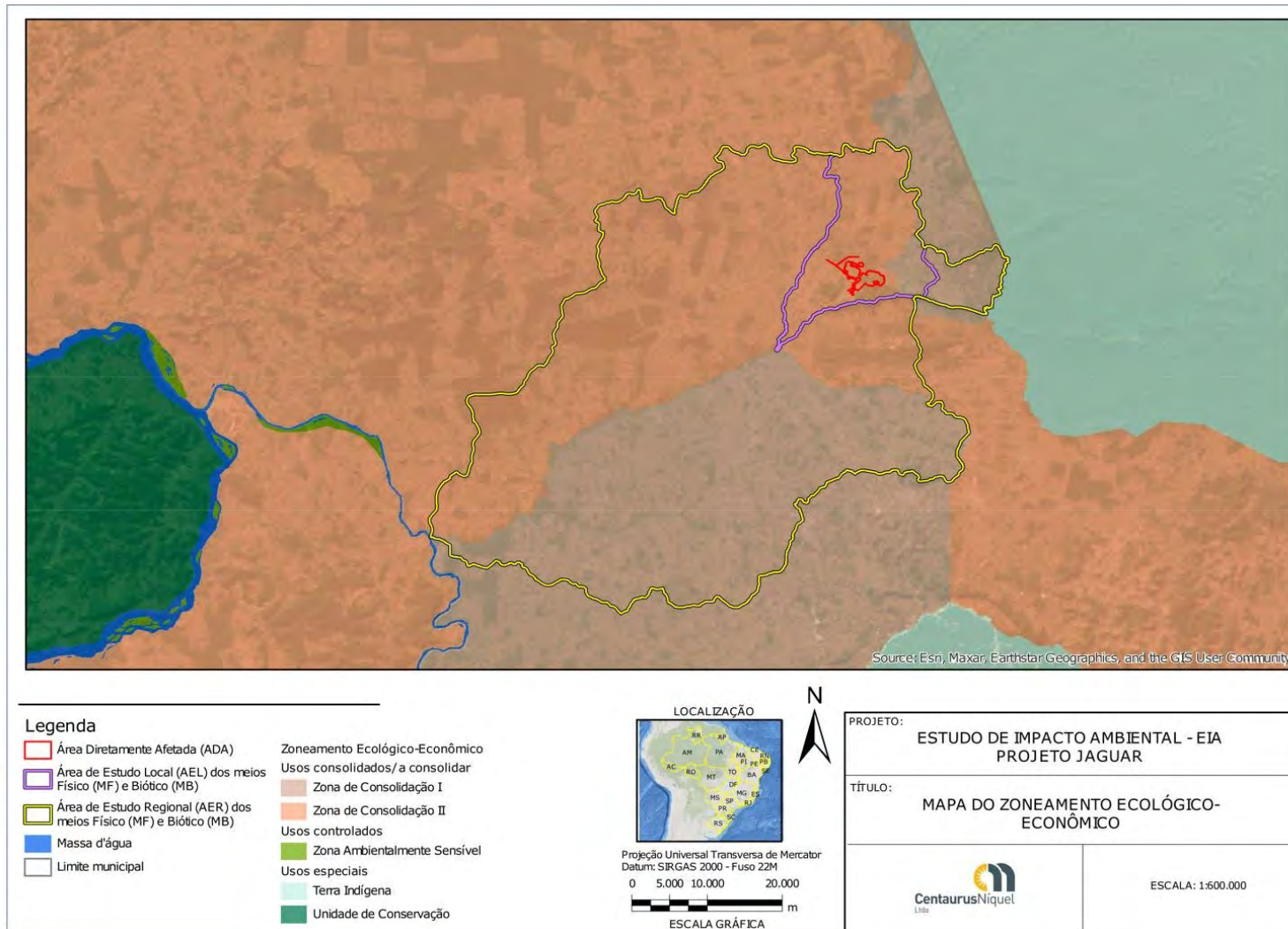
## **8.5 Zoneamentos Ecológico-Econômico dos Estados da Amazônia Legal**

O MacroZEE da Amazônia Legal tem por objetivo assegurar a sustentabilidade do desenvolvimento regional, indicando estratégias produtivas e de gestão ambiental e territorial em conformidade com a diversidade ecológica, econômica, cultural e social da Amazônia. O MacroZEE da Amazônia Legal foi aprovado pelo Decreto N° 7.378, de 1º de dezembro de 2010 (BRASIL, 2010).

A Área Diretamente Afetada do Projeto Jaguar está sob a Categoria Zona da Consolidação II, a qual é caracterizada por:

- **Zona de Consolidação II** - para agropecuária familiar, sistema agroflorestal (madeireiro e manejo florestal) e com atividade pecuária. De acordo a Lei Federal nº 11.326/06 (Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais), Lei Federal nº 8.1.

A **Figura 8.5.1** localiza a área de estudo do Projeto Jaguar em relação ao Zoneamento Ecológico-Econômico.



**Figura 8.5.1: Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia Legal.**  
 Fonte: Centaurus (2022).

## 8.6 Unidades de Conservação e Preservação Ecológica

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) foi instituído em 18 de junho de 2000 pela Lei Federal Nº. 9.985 para regulamentar o Art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal (Brasil, 1988). Os objetivos eram: possibilitar a definição de espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, propiciar a preservação da diversidade e a integridade dos processos ecológicos no país, permitir a preservação e restauração dos processos ecológicos essenciais, e realizar a promoção do manejo ecológico das espécies e ecossistemas, e promover a educação ambiental, entre outros.

A unidade de conservação (UC) é definida, de acordo com o SNUC, como um espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes. A UC deve ser legalmente instituída pelo Poder Público, com o objetivo de conservação e com limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam as garantias adequadas de proteção (Brasil, 2000).

### 8.6.1 Categorias de Unidades de Conservação do SNUC

O SNUC define duas categorias de unidades de conservação:

- Unidade de Conservação de Proteção Integral: têm como objetivo básico preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos recursos naturais:
  - Estação Ecológica;
  - Reserva Biológica;
  - Parque Estadual;
  - Monumento Natural;
  - Refúgio de Vida Silvestre.
  
- Unidade de Conservação de Uso Sustentável: têm como objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela de seus recursos naturais:
  - Área de Proteção Ambiental;
  - Área de Relevante Interesse Ecológico;
  - Florestas Estadual/Nacional;
  - Reserva Extrativista;
  - Reserva de Fauna;
  - Reserva de Desenvolvimento Sustentável;
  - Reservas Particulares do Patrimônio Natural.

Visando compreender o mosaico das UCs existentes no entorno expandido do Projeto Jaguar, foram identificadas as áreas protegidas nesse termo em âmbito federal e estadual, constantes nas bases geoespaciais do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

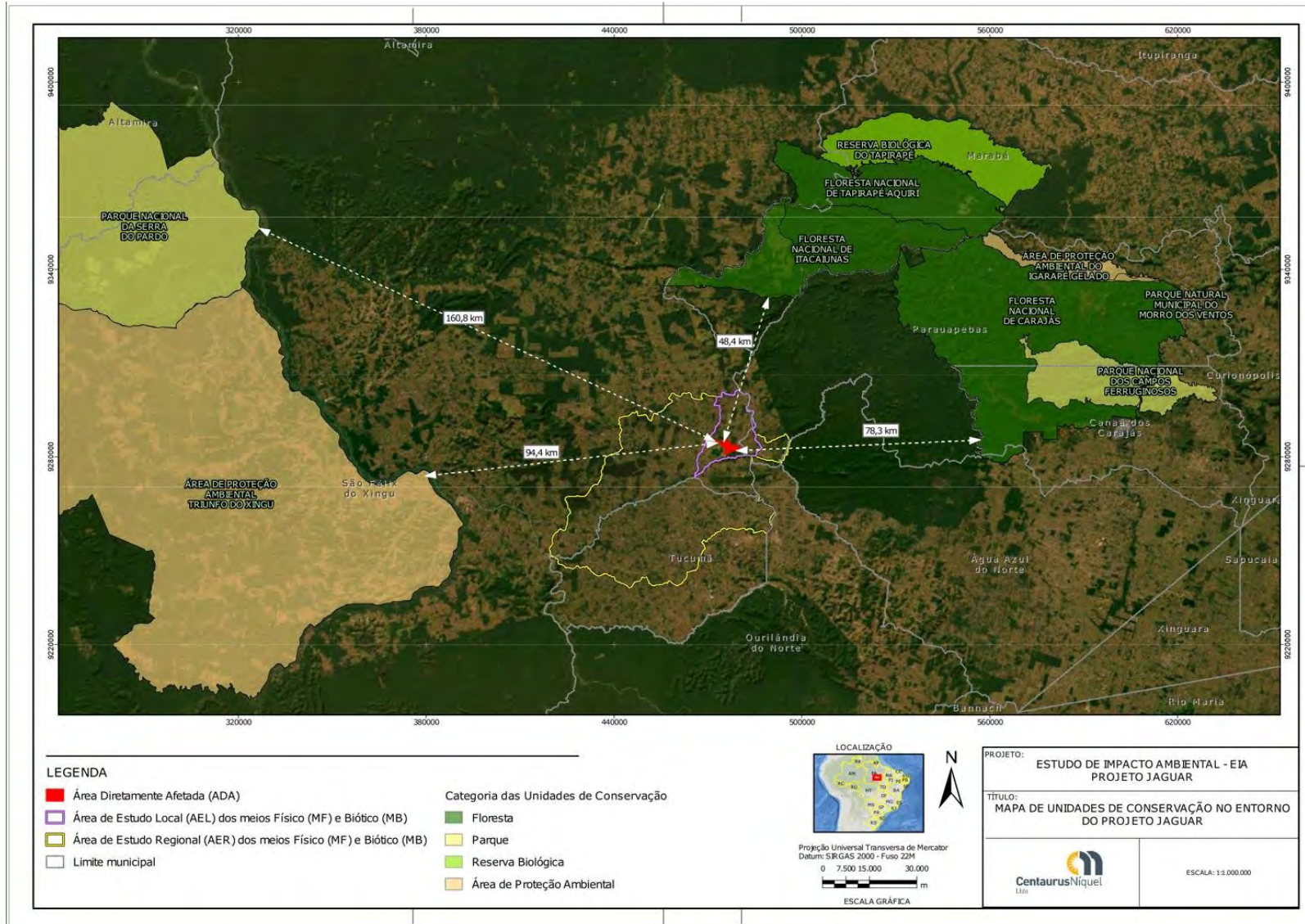
Em um primeiro momento foram selecionadas as UCs existentes nos municípios de São Felix do Xingu, Ourilândia do Norte e Tucumã, considerando-se um limite suficientemente expandido da área do Projeto. Nos três municípios investigados não foi identificada nenhuma unidade de conservação.



A análise do Projeto Jaguar em relação às Unidades de Conservação existentes no Estado do Pará mostra que não haverá interferência do Projeto nestas unidades, principalmente pela distância física, acima de 45 km, como ilustra a **Tabela 8.6.1**, a qual enumera as UCs mais próximas do empreendimento, por categoria e subcategoria do SNUC e a **Figura 8.6.1**, a qual apresenta a distâncias destas UCs para o Projeto Jaguar.

**Tabela 8.6.1: Unidades de conservação (UC) identificadas mais próximas ao Projeto Jaguar.**

<b>Categoria da UC</b>	<b>Subcategoria</b>	<b>Quantidade de UCs</b>
Proteção Integral	Parque Nacional	1
Uso Sustentável	Floresta Nacional/Estadual	2
	Área de Proteção Ambiental	1
<b>Total</b>		<b>4</b>



**Figura 8.6.1: Unidade de Conservação no entorno do Projeto Jaguar.**  
 Fonte: Centaurus (2022).

## 8.7 Áreas Prioritárias para Conservação

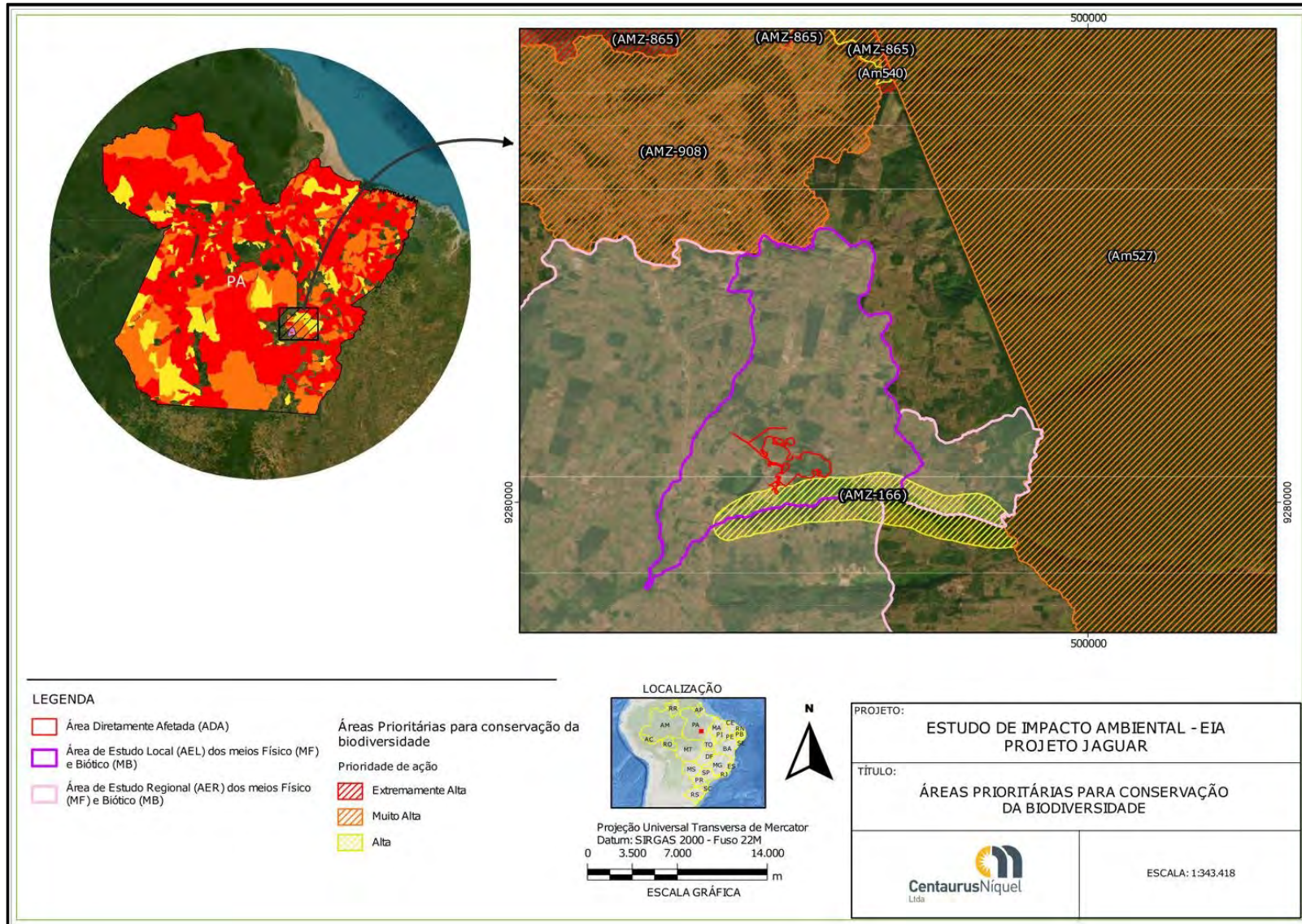
As Áreas e Ações Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade são um instrumento de política pública que subsidia tomadas de decisão, de forma objetiva e participativa, sobre planejamento e implementação de medidas adequadas à conservação, à recuperação e ao uso sustentável de ecossistemas. Inclui iniciativas como a criação de unidades de conservação (UCs), o licenciamento de atividades potencialmente poluidoras, a fiscalização, o fomento ao uso sustentável e a regularização ambiental (MMA, s.d.).

O primeiro exercício para a definição de áreas e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade foi lançado em 2004. Em 2006, houve a 1ª Atualização, que contou com o apoio de diversas instituições e parceiros. A 2ª atualização, finalizada em 2018, avança e refina informações sobre distribuição e ocorrência de espécies e ecossistemas, utilizados no cálculo de alvos e metas de conservação (dados cedidos pelo ICMBIO, principalmente).

Considerando a 2ª atualização das áreas prioritárias para conservação da biodiversidade de 2018 (MMA, 2018), uma pequena parte da área do Projeto Jaguar está localizada na área AMZ-166. Essa área prioritária abrange basicamente a Serra Arqueada e sua relevância está associada aos campos rupestres ferruginosos, com a presença de espécies endêmicas, além de cavernas e espécies recém-descobertas (MMA, 2018). Existem dois critérios de hierarquização dessas áreas prioritárias para conservação: importância biológica e prioridade de ação. Estes critérios são ranqueados em importância alta, muito alta ou extremamente alta. A área AMZ-166 é classificada como de biológica alta e prioridade de ação também alta.

É importante ressaltar que a pequena porção da ADA do Projeto Jaguar se encontra na borda da AMZ-166, em área de pastagem, nos pés da Serra Arqueada. Não há campos rupestres ferruginosos ou cavernas na ADA do Projeto Jaguar, o que suscitaria preocupação conservacionista. Pelo contrário, a área é composta por pastagens, não possuindo qualquer destaque biológico ou importância no contexto de conservação da serra Arqueada.

A **Figura 8.7.1** ilustra as Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade (2ª Atualização de 2018) no entorno do Projeto Jaguar.



**Figura 8.7.1: Áreas Prioritárias para a conservação da Biodiversidade 2ª Atualização (MMA, 2018).**  
 Fonte: Centaurus (2022).

## 8.8 Terras Indígenas

Terra indígena (TI) é uma porção do território nacional, de propriedade da União, habitada por um ou mais povos indígenas, por ele utilizada para suas atividades produtivas, imprescindível à preservação dos recursos ambientais necessários a seu bem-estar e necessária à sua reprodução física e cultural, segundo seus usos, costumes e tradições. Trata-se de um tipo específico de posse, de natureza originária e coletiva, que não se confunde com o conceito civilista de propriedade privada (FUNAI).

A Terra Indígena não é criada por ato constitutivo, e sim reconhecida a partir de requisitos técnicos e legais, nos termos da Constituição Federal de 1988.

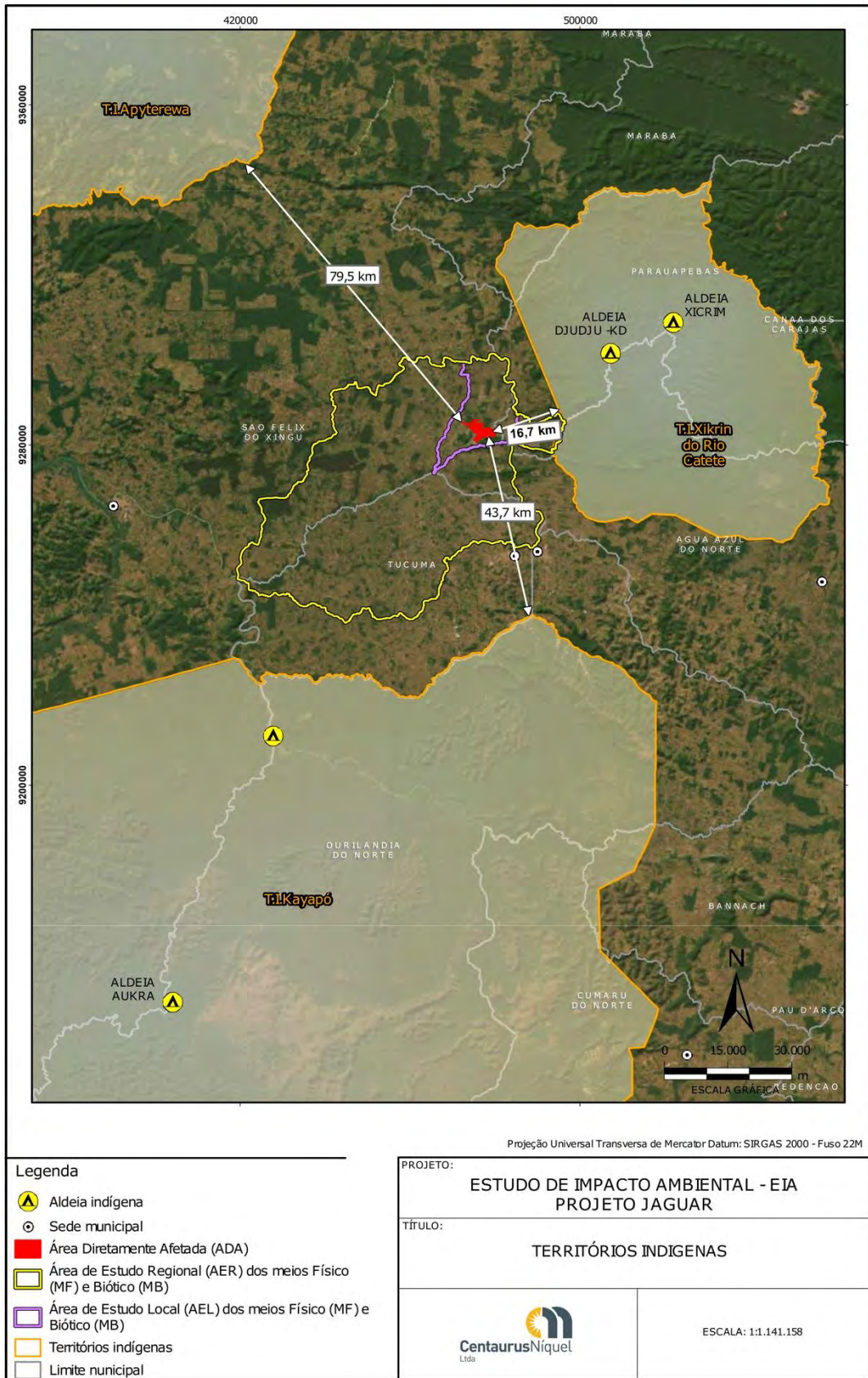
Atualmente, constam 680 áreas nos registros da Funai, dentre as quais 443 áreas são locais cujos processos de demarcação se encontram homologados/regularizados e 237 locais se encontram sob análise. Essas áreas representam 13,75% do território brasileiro, estando localizadas em todos os biomas, sobretudo na Amazônia Legal (FUNAI, 2021).

O estudo das TIs localizadas nas proximidades do Projeto Jaguar utilizou a base de dados geoespaciais disponibilizada pela Fundação Nacional do Índio (FUNAI, s.d.). Após análise, observou-se que todas as três (3) T.I.s mais próximas do empreendimento estão localizadas a mais de 10 km<sup>1</sup> de distância da ADA do Projeto Jaguar, sendo: T.I. Xikrin do Rio Catete (localizada há 16,7km), T.I. Kayapó (43,7km) e T.I. Apyterewa (79,5km).

A **Figura 8.8.1** apresenta a localização das Terras Indígenas mais próximas ao Projeto Jaguar.

---

<sup>1</sup> Distância limite da terra indígena para presunção da área sujeita aos impactos da implantação e operação do empreendimento, definida no Anexo I da Portaria Interministerial nº 60/MMA/MJ/MC/MS, de 24 de março de 2015, para empreendimentos de mineração na Amazônia Legal.



**Figura 8.8.1: Terras Indígenas no entorno do Projeto Jaguar.**  
 Fonte: Centaurus (2022).

## 8.9 Projetos de Assentamento Agrário do INCRA

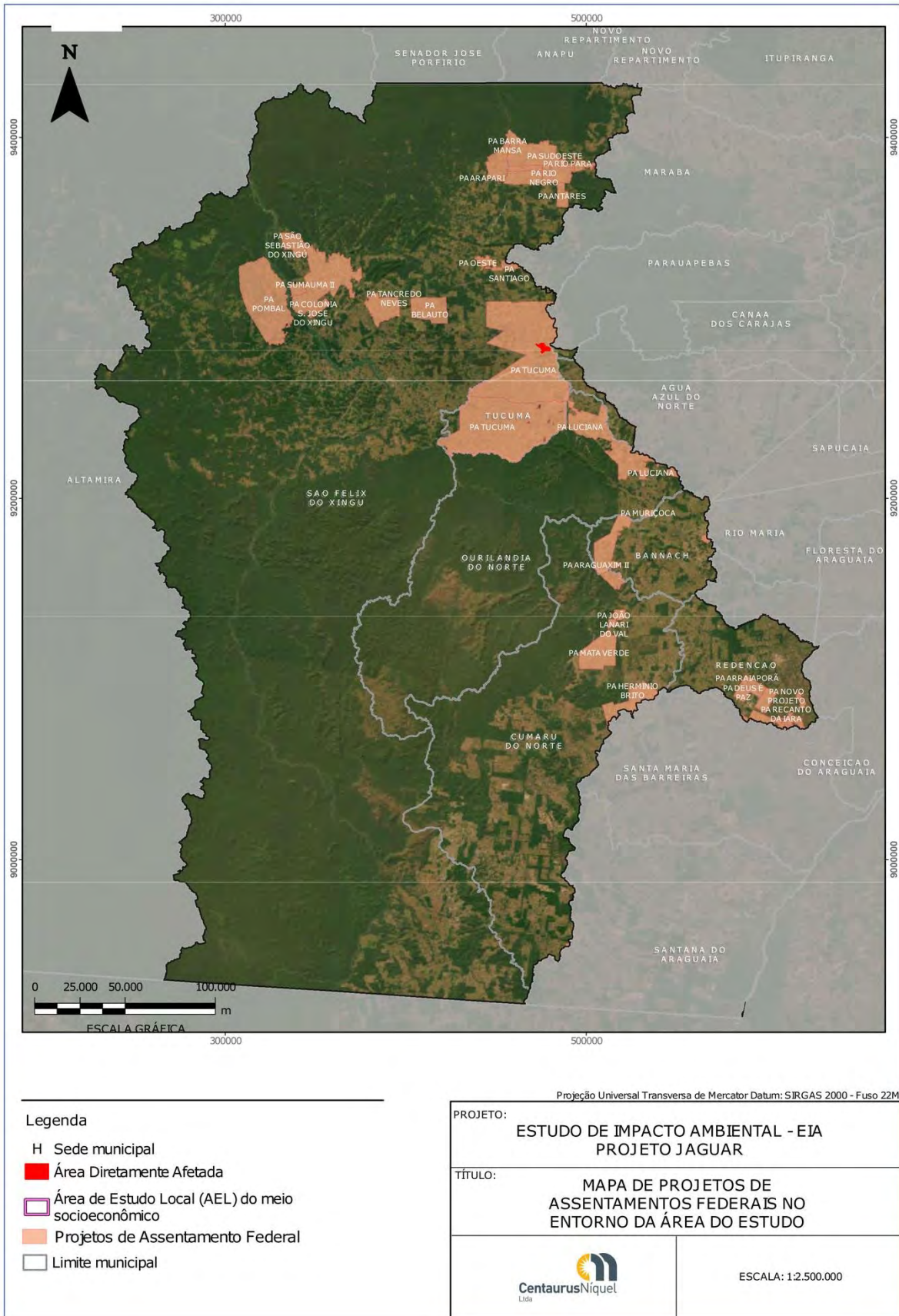
O assentamento de reforma agrária é um conjunto de unidades agrícolas, instaladas pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA em um imóvel rural. Cada uma dessas unidades, chamada de parcelas ou lotes, é destinada a uma família de agricultor ou trabalhador rural sem condições econômicas de adquirir um imóvel rural. A família beneficiada deve residir e explorar o lote, com o desenvolvimento de atividades produtivas diversas. O assentamento tem, também, áreas de uso comunitária e para construção de estruturas coletivas, como igrejas, centros comunitários, agroindústrias, escolas, unidades de saúde e áreas esportivas. Toda área de reforma agrária tem ainda locais de preservação ambiental, como reserva legal e área de proteção permanente (INCRA, 2020).

O Projeto Jaguar está inserido na área do Projeto de Assentamento Agrário (PA) Tucumã (código do projeto no INCRA - MB0025000). Esse PA foi criado por meio da Resolução INCRA nº 16 A de 02 de abril de 1991, e possui uma área total de 400.000 hectares. Ele encontra-se na fase 03 (assentamento criado), conta com uma capacidade de assentamento de 6.500 famílias e possui 3.555 famílias assentadas, segundo informações do INCRA com data de 18/10/2022 (INCRA, 2022).

A **Figura 8.9.1** mostra a localização do Projeto Jaguar e os limites do Projeto de Assentamento Agrário (PA) Tucumã.

Dentro deste PA estão incluídas as sedes municipais de Tucumã e Ourilândia do Norte, estradas, como a PA-279, empreendimentos minerários, garimpos entre outros.

Destaca-se que as propriedades na Área Diretamente Afetada pelo Projeto Jaguar e seu entorno nunca houve assentamentos.



**Figura 8.9.1: Localização do Projeto Jaguar na área do Projeto de Assentamento Agrário (PA) Tucumã.**  
 Fonte: Centaurus, 2022



## 9.0 DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Para uma adequada avaliação ambiental é necessário estabelecer inicialmente as áreas de estudo, com a finalidade de identificar os possíveis efeitos que podem incidir sobre os meios físico, biótico, socioeconômico e cultural, em decorrência da implantação e operação de determinado empreendimento.

A partir das informações obtidas, por meio do levantamento de dados secundários, se estabelece preliminarmente, como área de estudo, a área diretamente afetada e as áreas que poderão sofrer influência do empreendimento em graus variáveis, com foco na estrutura socioeconômica regional, na ocupação do território e nas características ambientais e ecossistemas predominantes na bacia hidrográfica em que se pretende inserir o empreendimento.

Duas áreas geográficas, regional e local, devem ser delimitadas para serem estudadas sob a ótica do desenvolvimento do diagnóstico ambiental, estabelecendo os limites específicos conforme as peculiaridades dos fatores ambientais. Significa dizer que os meios físico, biótico e socioeconômico e cultural poderão não ter recortes espaciais coincidentes, no que diz respeito à abrangência das interferências ambientais a que os meios possam estar expostos.

Sendo assim, é mais adequado adotar um recorte espacial diferenciado para as áreas de estudo dos meios físico, biótico e socioeconômico. Para definição dos níveis de abrangência de cada recorte espacial, sugere-se uma abordagem focada no mais abrangente, de maneira a assegurar a inserção dos efeitos diretos e indiretos do empreendimento, podendo permitir reduções de suas áreas. As reduções da abrangência do empreendimento podem ocorrer após a consolidação do diagnóstico, prognóstico ambiental e avaliação dos impactos, quando serão devidamente estabelecidas as áreas de influência direta (AID) e indireta (AII) dos impactos ambientais decorrentes do empreendimento, que é um dos principais objetivos do Estudo de Impacto Ambiental - EIA.

## 9.1 Meios Físico e Biótico

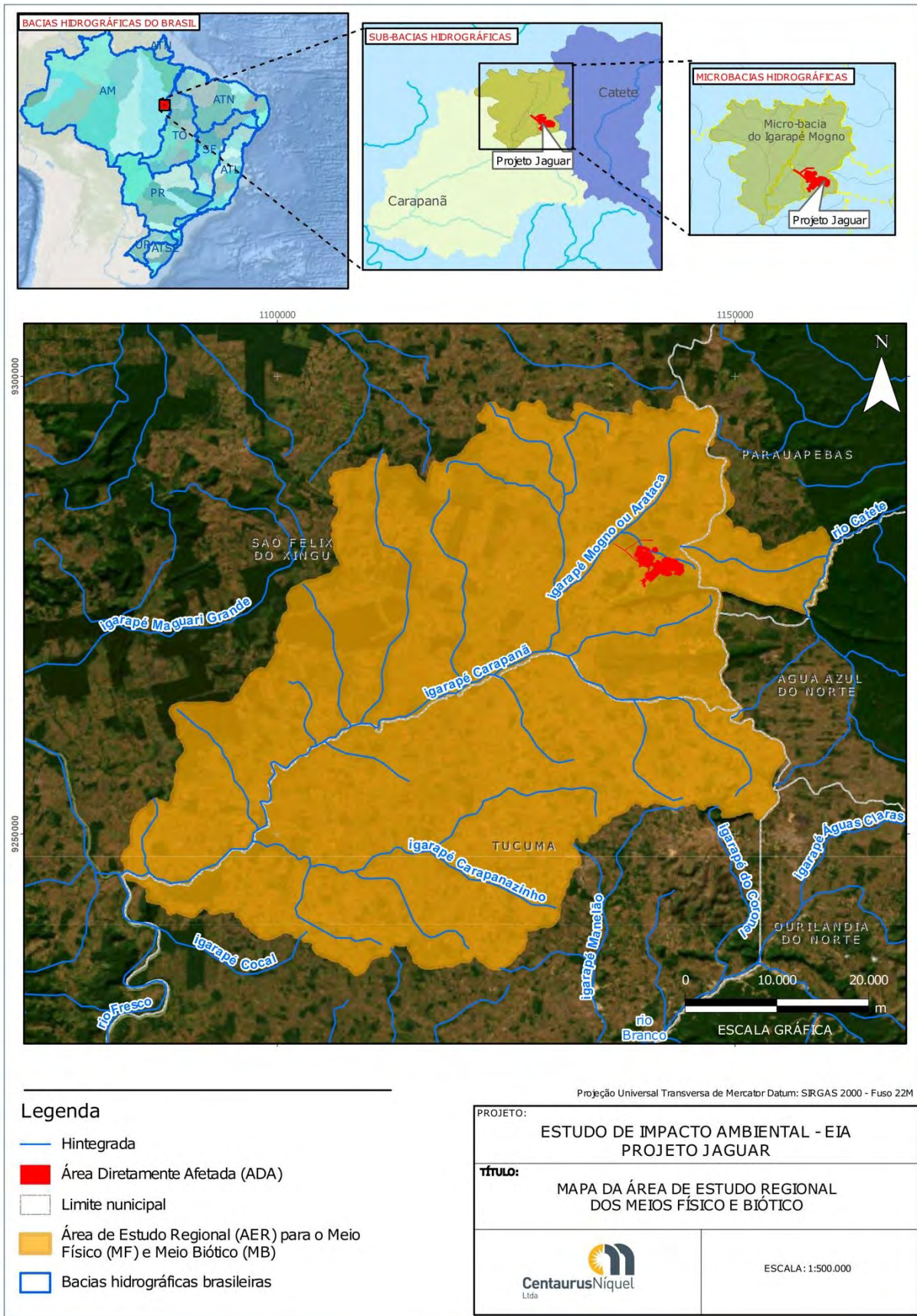
### 9.1.1 Área de Estudo Regional (AER) dos meios físico e biótico

O diagnóstico da Área de Estudo Regional (AER) representa uma contextualização ambiental da região de implantação do empreendimento. Nessa região, são considerados os gradientes ambientais físicos e biológicos, associados à caracterização de sua qualidade ambiental. Nesse conceito, a AER, delimitada em abrangência suficiente, sobretudo em função das bacias hidrográficas, propicia a integração entre os fatores ambientais abióticos e bióticos. A análise desses fatores permite, para o espaço geográfico delimitado, identificar o estabelecimento das inter-relações entre esses meios, com e sem a implantação do empreendimento, de forma que o prognóstico ambiental e os impactos ambientais identificados possam ser adequadamente avaliados.

Desta forma, como base para a delimitação dos divisores de drenagem das bacias hidrográficas, foram utilizadas as curvas de nível extraídas do Modelo Digital de Elevação (MDE) ALOS PALSAR, com resolução de 12,5m. Sendo assim, as linhas de cumeada que definem os limites das bacias hidrográficas foram vetorizadas no software ArcGis, versão 10.8.1, onde foram identificados os divisores de drenagem, as baixadas, os talwegues, em associação à hidrografia obtida a partir da base da Divisão Hidrográfica Nacional (DHN250), disponibilizada pelo IBGE (2021).

Tendo como referência as barreiras físicas naturais estabelecidas pela rede de drenagem e elevações topográficas frente à localização geográfica do Projeto Jaguar, foi definido o conjunto formado pela sub-bacia do Igarapé Mutum e pela bacia hidrográfica do Igarapé Carapanã como limite da AER dos Meios Físico e Biótico, conformando uma área de aproximadamente 285.220,49 ha.

A AER dos meios físico e biótico do Projeto Jaguar são apresentadas na **Figura 9.1.1**.



**Figura 9.1.1: Área de Estudo Regional dos Meio Físico e Biótico do Projeto Jaguar.**  
Fonte: Centaurus, 2022.

### 9.1.2 Área de Estudo Local (AEL) dos meios físico e biótico

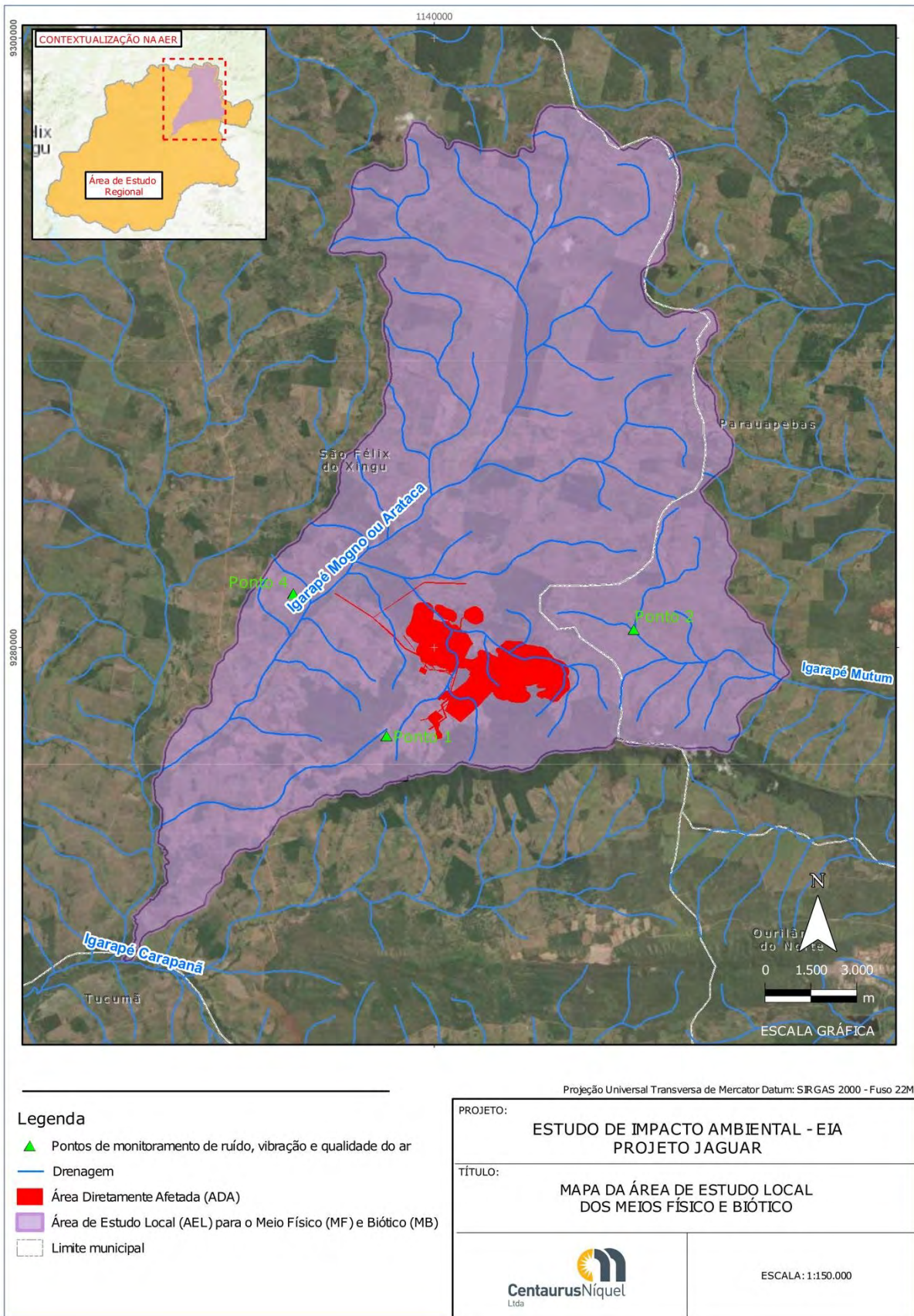
A Área de Estudo Local (AEL) dos meios físico e biótico foi delimitada com base no recorte espacial previsto para estruturas a serem instaladas pelo empreendimento (Planta de Beneficiamento; Cava Jaguar, Cava Onça Preta e Cava Onça Rosa; Pilhas de Depósito de Estéril Leste e Oeste; Pilha de ROM; Barragens de Flotação e Hidrometalurgia; Paiol; Subestação Principal; Adutora; Ponto de Abastecimento; Áreas Administrativas e Operacionais; e vias de acesso, e demais estruturas de apoio) e componentes ambientais de natureza abiótica e biótica, considerando-se a bacia hidrográfica como a unidade especial de referência para delimitação desse espaço.

Tal qual definido para a AER, a delimitação da AEL dos meios físico e biótico foi fundamentada tendo em vista a delimitação natural promovida pelas bacias hidrográficas. Sendo assim, os mesmos critérios topográficos utilizados na definição da AER, como a vetorização dos divisores no software ArcGis, versão 10.8.1, tendo como base a Divisão Hidrográfica Nacional (DHN250) e o Modelo Digital de Elevação (MDE) ALOS PALSAR, foram utilizados para a delimitação da AEL.

Portanto, para delimitação da AEL foi adotado como limite norte, oeste e noroeste a sub-bacia hidrográfica do Igarapé Mogno, no trecho que recebe as drenagens que recortam a área do Projeto Jaguar, até a sua confluência com o Igarapé Carapanã, sendo o limite sul marcado pela linha de cumeada promovida por parte da Serra Arqueada e pelo interflúvio até a confluência com o talvegue principal do Igarapé Mogno, enquanto o limite leste é marcado pelo alto curso do Igarapé Mutum, abarcando uma área de aproximadamente 28.529,40 hectares.

Devido ao caráter específico dos parâmetros de qualidade do ar, ruído e vibração, o limite da Área de Estudo Local está condicionado, sobretudo, às variáveis atmosféricas, à topografia e à presença de receptores, como as comunidades localizadas nas imediações do projeto. Dessa maneira, os limites da AEL para qualidade do ar, ruído e vibração não são coincidentes com os limites espaciais definidos para a AEL conforme descrito no parágrafo acima. Para o monitoramento da qualidade do ar, ruído e vibração foram selecionados três pontos em propriedades rurais nas proximidades do projeto, inseridos dentro dos limites definidos para a AEL.

Os limites da AEL dos meios físico e biótico do Projeto Jaguar são apresentados na **Figura 9.1.2**.



**Figura 9.1.2: Área de Estudo Local dos Meios Físico e Biótico do Projeto Jaguar.**

Fonte: Centaurus, 2022.

## 9.2 Meio Socioeconômico e Cultural

As áreas de estudo do meio socioeconômico do Projeto Jaguar (Regional e Local) foram definidas com base em três critérios: especificidades do contexto territorial paraense, porte do empreendimento e projeção preliminar dos prováveis impactos sobre o meio socioeconômico decorrentes do empreendimento.

### 9.2.1 Área de Estudo Regional (AER) do meio socioeconômico e cultural

Levando-se em conta o contexto regional de inserção socioeconômica, política e cultural do Projeto Jaguar no Estado do Pará, considerou-se a microrregião de São Félix do Xingu, acrescida do município de Redenção, como a principal área potencial para receber os efeitos do empreendimento, além de ser a referência socioinstitucional para o projeto. A microrregião de São Félix do Xingu é composta pelos municípios de São Félix do Xingu, Tucumã, Ourilândia do Norte, Bannach e Cumaru do Norte. Estes municípios e o município de Redenção, onde a ampla e diversificada oferta dos serviços de saúde e educacionais geram um efeito polarizador, formam a Área de Estudo Regional, de acordo com a **Figura 9.2.1**.

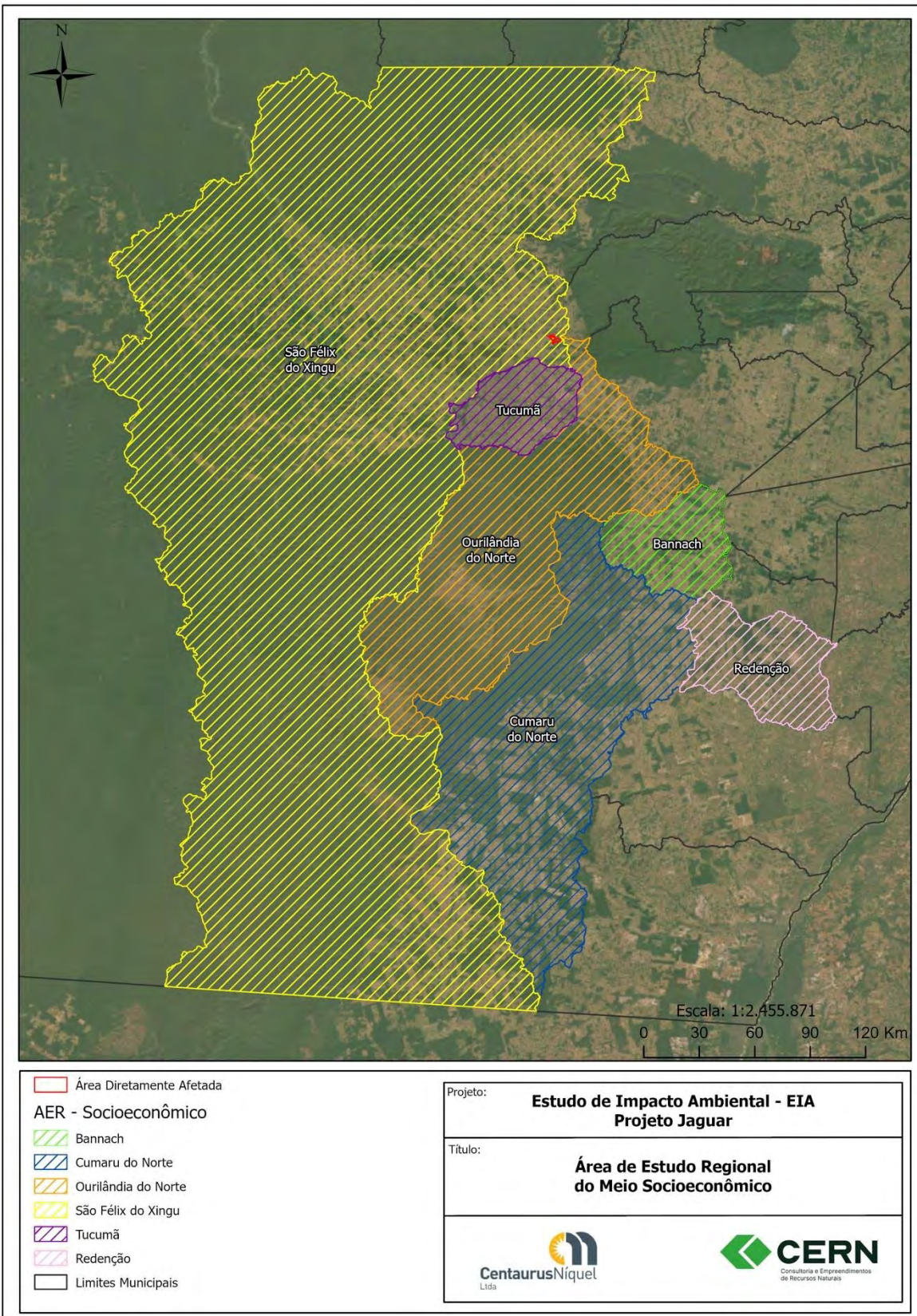


Figura 9.2.1: Área de Estudo Regional do meio socioeconômico e cultural do Projeto Jaguar.

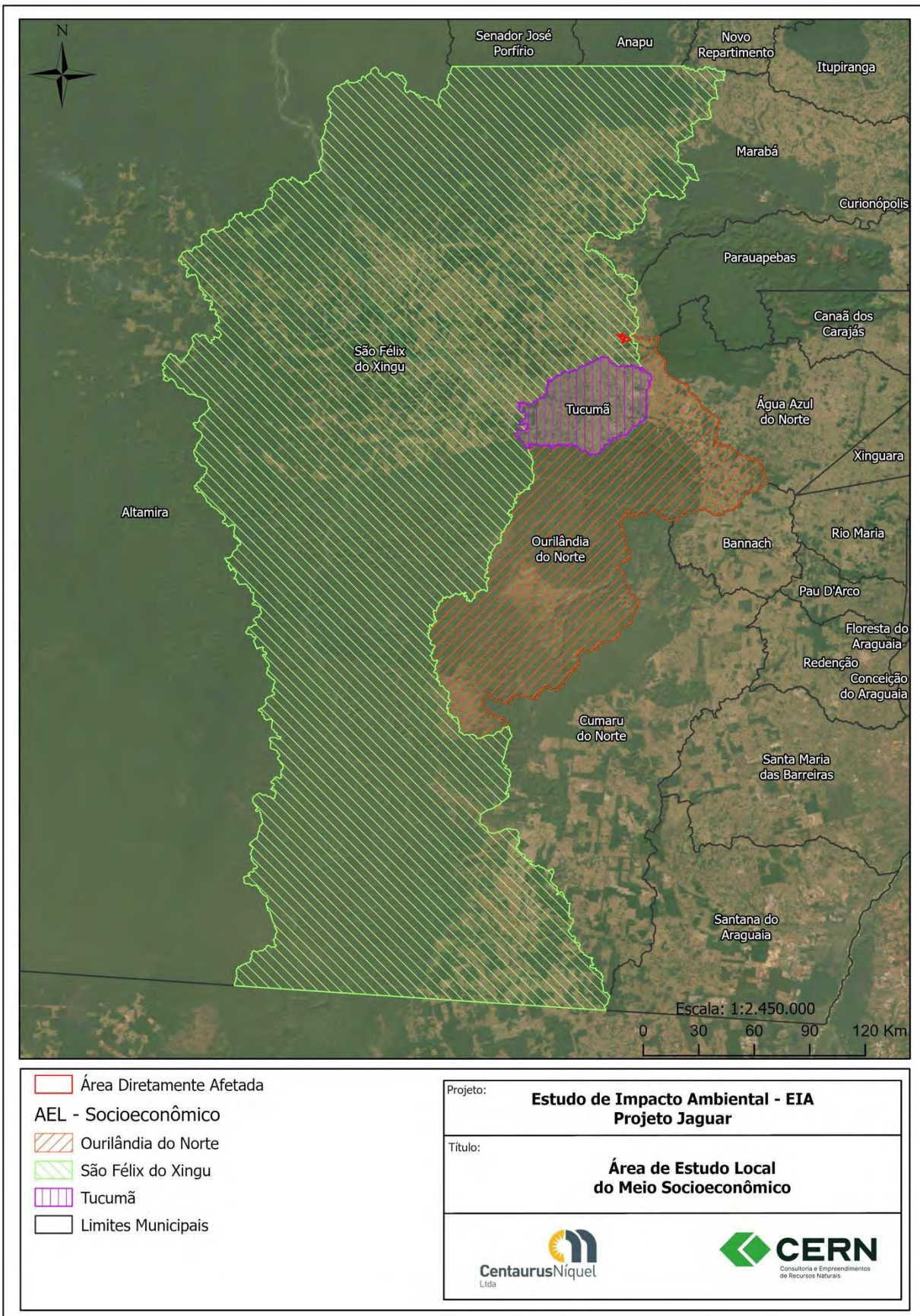
### 9.2.2 Área de Estudo Local (AEL) do meio socioeconômico e cultural

A Área de Estudo Local (AEL) corresponde ao conjunto das áreas sujeitas aos efeitos mais significativos do empreendimento. Na delimitação da AEL considerou-se os diversos planos espaciais com os quais o Projeto Jaguar irá interagir ao longo do tempo. Com base nesta premissa, o delineamento da AEL foi traçado a partir de sua dimensão socioespacial mais elementar até atingir dimensões mais amplas e estruturalmente complexas. A AEL, para efeitos analíticos e compreensivos, é formada por quatro dimensões socioespaciais que serão, a seguir, consideradas.

Por um lado, tem-se duas pequenas aglomerações urbanas, vila Minerasul e o distrito de Ladeira Vermelha, que distam 09 e 14 km, respectivamente, da área prevista para implantação do projeto. Por outro lado, encontram-se dois grandes centros urbanos, as sedes municipais de Tucumã e Ourilândia do Norte, situadas a, aproximadamente, 45 km da ADA. Sendo as localidades urbanas mais próximas à ADA, estarão, conseqüentemente, mais sujeitas às múltiplas afetações inerentes a um projeto de grande porte e com elevado potencial de atração de pessoas. O município de São Félix do Xingu, onde está inserida a ADA e todas as dimensões socioespaciais tratadas, salvo as sedes municipais de Ourilândia do Norte e de Tucumã, situa-se a mais de 100 km do local do empreendimento.

Em decorrência da maior proximidade da ADA em relação às sedes municipais de Tucumã e Ourilândia do Norte, a AEL assume, no âmbito do Projeto Jaguar, dimensões socioespaciais de três municípios. De uma forma geral, considerando seus diversos planos espaciais constituintes, a AEL é formada pelos municípios de São Félix do Xingu (vila Minerasul e distrito de Ladeira Vermelha), Tucumã e Ourilândia do Norte.

A **Figura 9.2.2**, a seguir, apresenta os limites das Áreas de Estudo Local (AEL) e Área de Estudo Regional (AER) considerados na abordagem do meio socioeconômico e cultural.



**Figura 9.2.2: Área de Estudo Local do meio socioeconômico e cultural do Projeto Jaguar.**  
 Fonte: Centaurus, 2022.



## RELATÓRIO

Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Jaguar  
*São Félix do Xingu, PA*

Submetido para:

**Centaurus Níquel Ltda.**

ESTRADA VICINAL SIDÃO Nº, s/n.

São Félix do Xingu - PA.

CEP 68.380-000

Enviado por:

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

Rua Pernambuco, 554, 5º Andar, sala 501, Bairro Funcionários,

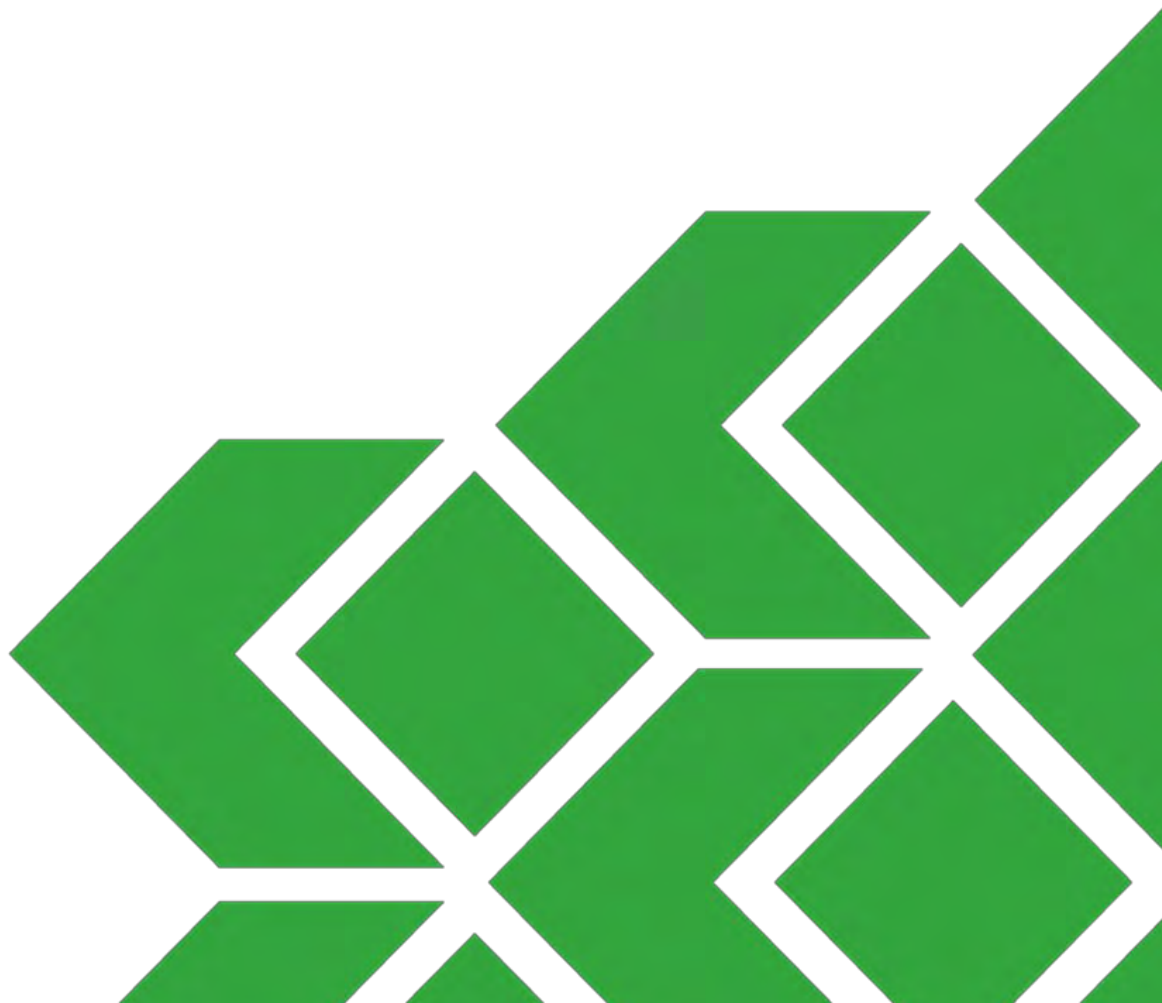
Belo Horizonte, MG, CEP 30.130-156, Brasil

+55 31 3261-7766

## VOLUME II

**Diagnóstico Ambiental - Meio Físico**

Junho, 2023



## Lista de distribuição

01 e-cópia: Centaurus Níquel Ltda.

01 e-cópia: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade - SEMAS

# Índice Geral

## VOLUME I

1.0	INTRODUÇÃO.....	21
2.0	DADOS DO EMPREENDEDOR E DA EMPRESA DE CONSULTORIA .....	22
2.1	Dados de Identificação do Empreendedor.....	22
2.2	Dados de Identificação da Empresa de Consultoria Responsável pelo EIA/RIMA .....	22
3.0	LOCALIZAÇÃO E ACESSO AO EMPREENDIMENTO .....	23
4.0	METODOLOGIA DE REALIZAÇÃO DOS ESTUDOS.....	24
5.0	ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E LOCACIONAIS.....	27
5.1	Método de Lavra .....	28
5.1.1	Alternativas tecnológicas .....	28
5.1.2	Alternativa tecnológica escolhida e avaliação ambiental .....	28
5.1.3	Alternativas locacionais .....	28
5.2	Transporte de Minério e Estéril da Cava .....	30
5.2.1	Alternativas tecnológicas .....	30
5.2.2	Alternativa tecnológica escolhida e avaliação ambiental .....	30
5.3	Disposição de Estéril.....	31
5.3.1	Alternativas tecnológicas .....	31
5.3.2	Alternativa tecnológica escolhida e avaliação ambiental .....	31
5.3.3	Alternativas locacionais .....	31
5.3.4	Alternativa locacional escolhida e avaliação ambiental.....	33
5.4	Beneficiamento de Minério de Níquel; .....	33
5.4.1	Alternativas tecnológicas .....	33
5.4.2	Alternativa tecnológica escolhida e avaliação ambiental .....	38
5.4.3	Alternativa locacional escolhida e avaliação ambiental.....	38
5.5	Disposição de Rejeitos.....	39

---

5.5.1	Alternativas tecnológicas .....	39
5.5.2	Alternativa tecnológica escolhida e avaliação ambiental .....	41
5.5.3	Alternativas locacionais .....	42
5.5.4	Alternativa locacional escolhida e avaliação ambiental.....	43
5.6	Abastecimento de Água .....	44
5.6.1	Alternativas tecnológicas e locacionais .....	44
5.6.2	Alternativa tecnológica e locacional escolhida e avaliação ambiental .....	46
5.7	Apresentação do Plano Diretor .....	47
6.0	CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO .....	49
6.1	Histórico do Empreendimento.....	49
6.2	Objetivos e Justificativas.....	50
6.3	Informações Gerais.....	52
6.3.1	Estimativa de investimento de capital.....	53
6.3.2	Descrição das fases do empreendimento .....	53
7.0	LEGISLAÇÃO APLICÁVEL .....	175
7.1	Legislação Federal.....	176
7.1.1	Meio ambiente e licenciamento ambiental .....	176
7.1.2	Fauna e flora.....	180
7.1.3	Mineração .....	181
7.1.4	Recursos hídricos .....	182
7.1.5	Resíduos.....	183
7.1.6	Terras, povos tradicionais, saúde e cultura .....	184
7.1.7	Solo.....	185
7.1.8	Unidades de conservação .....	185
7.1.9	Áreas de preservação permanente (APP's) .....	185
7.1.10	Compensação ambiental – SNUC.....	186

7.1.11	Patrimônio histórico, arqueológico e artístico.....	186
7.1.12	Outras resoluções do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente).....	187
7.1.13	Normas de outros órgãos federais .....	188
7.2	Legislação Estadual .....	189
7.2.1	Meio ambiente e licenciamento ambiental .....	189
7.2.2	Fauna e Flora.....	190
7.2.3	Mineração .....	191
7.2.4	Recursos hídricos .....	192
7.2.5	Terras e povos tradicionais.....	192
7.2.6	Compensação Ambiental.....	193
7.3	Legislação Municipal (São Félix do Xingu, PA) .....	193
7.3.1	Meio ambiente e licenciamento ambiental .....	193
7.3.2	Mineração .....	194
7.3.3	Recursos hídricos .....	194
7.3.4	Terras e comunidades tradicionais.....	194
7.3.5	Solo.....	194
7.3.6	Unidades de conservação .....	195
7.3.7	Patrimônio histórico, arqueológico e artístico.....	195
7.4	Análise dos Principais Aspectos da Legislação Ambiental.....	196
7.4.1	Legislação ambiental .....	196
8.0	COMPATIBILIDADE DO EMPREENDIMENTO COM PLANOS E PROGRAMAS GOVERNAMENTAIS .....	208
8.1	Plano Amazônia Sustentável (PAS) .....	208
8.2	Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG).....	208
8.3	Plano Nacional Anual de Biodiversidade (PLANABIO) .....	210
8.4	Planos de Ação Nacionais para a Conservação de Espécies Ameaçadas (PANs).....	210

8.5	Zoneamentos Ecológico-Econômico dos Estados da Amazônia Legal .....	212
8.6	Unidades de Conservação e Preservação Ecológica.....	214
8.6.1	Categorias de Unidades de Conservação do SNUC.....	214
8.7	Áreas Prioritárias para Conservação .....	217
8.8	Terras Indígenas .....	219
8.9	Projetos de Assentamento Agrário do INCRA.....	221
9.0	DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO .....	223
9.1	Meios Físico e Biótico .....	223
9.1.1	Área de Estudo Regional (AER) dos meios físico e biótico.....	223
9.1.2	Área de Estudo Local (AEL) dos meios físico e biótico.....	225
9.2	Meio Socioeconômico e Cultural .....	227
9.2.1	Área de Estudo Regional (AER) do meio socioeconômico e cultural .....	227
9.2.2	Área de Estudo Local (AEL) do meio socioeconômico e cultural.....	229

## VOLUME II

10.0	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	253
10.1	Meio Físico .....	253
10.1.1	Clima e meteorologia .....	253
10.1.2	Qualidade do ar .....	271
10.1.3	Ruídos e vibrações .....	281
10.1.4	Geologia.....	298
10.1.5	Geomorfologia .....	329
10.1.6	Pedologia .....	348
10.1.7	Recursos hídricos .....	366
10.1.8	Patrimônio espeleológico.....	460

## VOLUME III

10.0	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	496
10.2	Meio Biótico.....	496
10.2.1	Flora.....	496
10.2.2	Fauna.....	769

**VOLUME IV**

10.0	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	1001
10.3	Meio Socioeconômico.....	1001
10.3.1	Procedimento metodológico.....	1001
10.3.2	Caracterização do meio socioeconômico da Área de Estudo Regional (AER).....	1004
10.3.3	Caracterização do meio socioeconômico em localidades no entorno da Área Diretamente Afetada (ADA).....	1153
10.3.4	Caracterização do meio socioeconômico da Área Diretamente Afetada (ADA).....	1163

**VOLUME V**

11.0	ANÁLISE INTEGRADA.....	1191
11.1	Metodologia.....	1191
11.2	Síntese das Condições Socioambientais.....	1199
11.3	Síntese da Sensibilidade Ambiental.....	1205
12.0	PROGNÓSTICO AMBIENTAL.....	1208
12.1	Introdução.....	1208
12.2	Prognóstico Sem o Empreendimento.....	1208
12.3	Prognóstico Com o Empreendimento.....	1209
12.4	Síntese e Análise de Tendência.....	1210
13.0	IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS.....	1218
13.1	Metodologia.....	1218
13.2	Meio Físico.....	1227
13.2.1	Alteração da qualidade do ar.....	1231
13.2.2	Alteração dos níveis de ruído e vibração.....	1235
13.2.3	Alteração do terreno e da dinâmica erosiva e de assoreamento.....	1239
13.2.4	Alteração da qualidade do solo.....	1243
13.2.5	Alteração na dinâmica e disponibilidade hídrica superficial.....	1247
13.2.6	Alteração na dinâmica e disponibilidade hídrica subterrânea.....	1251
13.2.7	Alteração de vazão de base e interferências em nascentes.....	1254
13.2.8	Alteração da qualidade das águas superficiais.....	1257
13.2.9	Alteração da qualidade das águas subterrâneas.....	1261
13.3	Meio Biótico.....	1264
13.3.1	Aumento do conhecimento sobre a biodiversidade local.....	1269

13.3.2	Impactos sobre a flora .....	<b>1272</b>
13.3.3	Impactos sobre a fauna .....	<b>1282</b>
13.4	Meio Socioeconômico e Cultural .....	1314
13.4.1	Geração de expectativas na população .....	<b>1316</b>
13.4.2	Alteração da paisagem .....	<b>1320</b>
13.4.3	Alteração do uso e dinâmica socioeconômica da área diretamente afetada .....	<b>1323</b>
13.4.4	Aumento da arrecadação pública .....	<b>1326</b>
13.4.5	Aumento do tráfego de veículos leves e pesados .....	<b>1330</b>
13.4.6	Aumento da pressão ocupacional .....	<b>1335</b>
13.4.7	Aumento da pressão sobre infraestrutura e os serviços públicos .....	<b>1338</b>
13.4.8	Aumento dos problemas sociais e de saúde .....	<b>1342</b>
13.4.9	Elevação no nível geral do emprego .....	<b>1344</b>
13.4.10	Elevação da renda e dinamização da economia .....	<b>1347</b>
13.4.11	Geração de incômodos .....	<b>1350</b>
13.4.12	Interferência em patrimônio histórico e sítio arqueológico .....	<b>1355</b>
13.5	Avaliação dos Impactos Cumulativos e Sinérgicos .....	1359
13.6	Síntese da AIA do Projeto Jaguar .....	1381
14.0	ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO EMPREENDIMENTO .....	1426
14.1	Áreas de Influência dos Impactos do Meio Físico .....	1426
14.1.1	Área de Influência Direta (AID) .....	<b>1426</b>
14.1.2	Área de Influência Indireta (AII) .....	<b>1427</b>
14.2	Áreas de Influência dos Impactos do Meio Biótico .....	1429
14.2.1	Área de influência direta (AID) .....	<b>1429</b>
14.2.2	Área de influência indireta (AII) .....	<b>1430</b>
14.3	Áreas de Influência do Meio Socioeconômico .....	1432
14.3.1	Área de Influência Direta (AID) .....	<b>1432</b>
14.3.2	Áreas de Influência Indireta (AII) .....	<b>1433</b>
<b>VOLUME VI</b>		
15.0	AÇÕES, PLANOS E PROGRAMAS AMBIENTAIS .....	1457
15.1	Programas do Meio Físico .....	1459
15.1.1	Programa de Controle das Emissões Atmosféricas e de Monitoramento da Qualidade do Ar .....	1459



15.1.2	Programa de Controle e Monitoramento de Ruído e Vibração .....	1468
15.1.3	Programa de Prevenção, Monitoramento e Controle de Processos Erosivos .....	1477
15.1.4	Programa de Monitoramento dos Recursos Hídricos e Controle de Vazões.....	1484
15.1.5	Programa de Controle e Monitoramento dos Efluentes e da Qualidade da Água .....	1488
15.1.6	Programa de Conservação e Monitoramento de Nascentes .....	1500
15.1.7	Programa de Gestão de Resíduos Sólidos (PGRS).....	1506
15.1.8	Programa de Monitoramento Climato-Meteorológico.....	1512
15.1.9	Programa de Monitoramento Hidrogeológico Quantitativo e Qualitativo .....	1516
15.2	Programas do Meio Biótico.....	1527
15.2.1	Programa Operacional de Supressão (POS) e Aproveitamento dos Recursos Florestais ....	1527
15.2.2	Subprograma de Resgate e Reintrodução da Flora.....	1537
15.2.3	Subprograma de Acompanhamento da Supressão Vegetal e Manejo da Fauna.....	1543
15.2.4	Programa de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais.....	1552
15.2.5	Programa de Implantação de Corredores Ecológicos.....	1558
15.2.6	Programa de Prevenção Contra o Atropelamento da Fauna .....	1570
15.2.7	Programa de Monitoramento dos Grupos Faunísticos Bioindicadores .....	1577
15.2.8	Subprograma de Monitoramento da Avifauna.....	1581
15.2.9	Subprograma de Monitoramento da Mastofauna Não Voadora.....	1587
15.2.10	Subprograma de Monitoramento da Herpetofauna .....	1592
15.2.11	Subprograma de Monitoramento das Comunidades Aquáticas.....	1597
15.3	Programas do Meio Socioeconômico e Cultural .....	1602
15.3.1	Programa de Educação no Trânsito e Segurança nas Vias de Acesso ao Empreendimento .....	1602
15.3.2	Programa de Desenvolvimento dos Fornecedores Locais.....	1608
15.3.3	Programa de Gestão da Mão de Obra .....	1614
15.3.4	Programa de Monitoramento dos Indicadores Socioeconômicos .....	1620
15.3.5	Programa de Educação Ambiental .....	1626
15.3.6	Programa de Comunicação Social .....	1633
15.3.7	Plano de Ação de Controle da Malária (PACM) .....	1638
15.3.8	Programa de Prospecção e Resgate Arqueológico .....	1638
15.4	Plano Ambiental de Construção .....	1639
15.4.1	Descrição do programa .....	1639
15.4.2	Justificativa .....	1639

---

15.4.3	Objetivo.....	1640
15.4.4	Metas e indicadores ambientais .....	1640
15.4.5	Público-alvo .....	1640
15.4.6	Metodologia/Atividades.....	1640
15.4.7	Cronograma .....	1641
15.4.8	Equipe técnica .....	1643
15.4.9	Instituições envolvidas.....	1643
15.4.10	Inter-relação com outros programas.....	1643
15.4.11	Atendimento a requisitos legais.....	1643
15.5	Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) .....	1643
15.5.1	Descrição do Programa .....	1643
15.5.2	Justificativa .....	1643
15.5.3	Objetivo.....	1643
15.5.4	Metas e indicadores.....	1644
15.5.5	Público-alvo .....	1644
15.5.6	Metodologia/Atividades.....	1644
15.5.7	Cronograma .....	1647
15.5.8	Equipe técnica .....	1649
15.5.9	Instituições envolvidas.....	1649
15.5.10	Inter-relação com outros programas.....	1649
15.5.11	Normas técnicas aplicáveis e requisitos legais .....	1649
15.6	Plano de Ação de Emergência (PAE) .....	1649
15.6.1	Descrição do Programa .....	1649
15.6.2	Justificativa .....	1650
15.6.3	Objetivo.....	1650
15.6.4	Metas e indicadores ambientais .....	1650
15.6.5	Público-alvo .....	1650
15.6.6	Metodologia/Atividades.....	1650
15.6.7	Cronograma .....	1664
15.6.8	Equipe técnica .....	1666
15.6.9	Instituições envolvidas.....	1666
15.6.10	Inter-relação com outros programas.....	1666

---

15.6.11	Normas técnicas aplicáveis e requisitos legais .....	1667
15.7	Plano de Gestão e Monitoramento do Carbono .....	1667
15.8	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) .....	1668
15.8.1	Descrição do programa .....	1668
15.8.2	Justificativa .....	1668
15.8.3	Objetivo .....	1668
15.8.4	Metas e Indicadores ambientais .....	1669
15.8.5	Público-alvo .....	1669
15.8.6	Metodologia/Atividades.....	1669
15.8.7	Cronograma .....	1674
15.8.8	Equipe técnica .....	1676
15.8.9	Instituições envolvidas .....	1676
15.8.10	Inter-relação com outros programas.....	1676
15.8.11	Atendimento a requisitos legais .....	1676
15.9	Plano de Compensação Ambiental .....	1677
15.9.1	Descrição do programa .....	1677
15.9.2	Justificativa .....	1677
15.9.3	Objetivo.....	1677
15.9.4	Metas e Indicadores ambientais .....	1678
15.9.5	Público-alvo .....	1678
15.9.6	Metodologia/Atividades.....	1678
15.9.7	Cronograma .....	1682
15.9.8	Equipe técnica .....	1682
15.9.9	Instituições envolvidas .....	1682
15.9.10	Inter-relação com outros programas.....	1683
15.9.11	Atendimento a requisitos legais.....	1683
15.10	Plano de Descomissionamento .....	1683
15.10.1	Descrição do programa .....	1683
15.10.2	Justificativa .....	1684
15.10.3	Objetivo .....	1684
15.10.4	Metas e indicadores ambientais .....	1684
15.10.5	Público-alvo .....	1684

15.10.6	Metodologia/Atividades.....	1685
15.10.7	Cronograma.....	1717
15.10.8	Equipe técnica.....	1719
15.10.9	Instituições envolvidas.....	1719
15.10.10	Inter-relação com outros programas.....	1719
15.10.11	Atendimento a requisitos legais.....	1719

## VOLUME VII

16.0	ANÁLISE DE RISCO.....	1734
16.1	Identificação e Avaliação Qualitativa dos Eventos Perigosos.....	1734
16.2	Metodologia Empregada.....	1734
16.3	Resultados.....	1996
16.4	Medidas para Redução e Reavaliação dos Riscos.....	1996
16.5	Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR).....	2007
16.6	Plano de Ação de Emergência (PAE).....	2007
17.0	CONCLUSÃO.....	2008
17.1	Sobre o Projeto.....	2008
17.2	Diagnóstico Ambiental.....	2009
17.3	Impactos e Ações de Mitigação e Controle.....	2010
17.3.1	Meio Físico.....	2010
17.3.2	Meio Biótico.....	2011
17.3.3	Meio Socioeconômico e Cultural.....	2012
17.4	Considerações Finais.....	2015
18.0	EQUIPE TÉCNICA.....	2016
18.1	CERN.....	2016
18.2	Centaurus.....	2016
18.3	Subcontratadas Centaurus ou Vale.....	2017
19.0	GLOSSÁRIO.....	2019
19.1	Meio Físico.....	2019
19.2	Meio Biótico.....	2033
19.3	Meio Socioeconômico.....	2041
20.0	REFERÊNCIAS.....	2046
20.1	Caracterização do Empreendimento.....	2046

20.2	Compatibilidade do Empreendimento com Planos e Programas Governamentais .....	2047
20.3	Diagnóstico - Meio Físico.....	2048
20.4	Diagnóstico - Meio Biótico.....	2052
20.5	Diagnóstico - Meio Socioeconômico.....	2069
20.6	Análise Integrada .....	2070
20.7	Prognóstico Ambiental .....	2071
20.8	Identificação e Avaliação do Impactos Ambientais.....	2071

# Índice

<b>10.0 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL</b> .....	<b>253</b>
10.1 Meio Físico .....	253
10.1.1 Clima e meteorologia .....	253
10.1.2 Qualidade do ar .....	271
10.1.3 Ruídos e vibrações .....	281
10.1.4 Geologia.....	298
10.1.5 Geomorfologia .....	329
10.1.6 Pedologia .....	348
10.1.7 Recursos hídricos .....	366
10.1.8 Patrimônio espeleológico.....	460
<b>TABELAS</b>	
Tabela 10.1.1: Quantificação em hectares da ADA .....	253
Tabela 10.1.2- Informações da estação meteorológica de São Félix do Xingu/PA. ....	256
Tabela 10.1.3- Dados de máximo absoluto da precipitação acumulada 24 horas (mm) por ano na Estação Meteorológica avaliada.....	258
Tabela 10.1.4- Dados de temperatura média compensada (bulbo seco), Máxima e Mínima mensal (°C), na estação meteorológica avaliada. ....	261
Tabela 10.1.5- Dados de temperatura máximo e mínimo absoluto (°C) por ano na Estação Meteorológica avaliada. ....	262
Tabela 10.1.6- Dados de Umidade Relativa do Ar (%) – Média Compensada na Estação São Félix do Xingu .....	263
Tabela 10.1.7- Dados de Umidade Relativa do Ar máximo e mínima absoluta (%) por ano na Estação Meteorológica avaliada.....	264
Tabela 10.1.8- Dados de Umidade Relativa do Ar Horária na Estação Meteorológica avaliada.....	265
Tabela 10.1.9-Dados de evaporação total (Evaporímetro de Piche) e evapotranspiração potencial.....	266
Tabela 10.1.10-Insolação total por mês, na estação meteorológica avaliada. ....	267
Tabela 10.1.11-Nebulosidade (décimos) por mês, na estação Meteorológica avaliada. ....	268
Tabela 10.1.12-Intensidade dos Ventos (m.s <sup>-1</sup> ) e direção resultante (graus) predominantes na Estação Meteorológica avaliada.....	269
Tabela 10.1.13-Descrição dos equipamentos utilizados.....	272
Tabela 10.1.14-Padrões de Qualidade do Ar estabelecidos na Resolução CONAMA 491/18.....	273
Tabela 10.1.15-Níveis de Atenção, Alerta e Emergência para poluentes e suas concentrações (estabelecidos na Resolução CONAMA 491/18).....	273

Tabela 10.1.16-Identificação dos locais das medições.....	275
Tabela 10.1.17-Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período. ....	282
Tabela 10.1.18-Identificação e localização dos pontos de medição de níveis de pressão sonora. ....	284
Tabela 10.1.19-Descrição dos equipamentos utilizados para medição de ruído.....	286
Tabela 10.1.20-Nível de pressão sonora residual - Lres dos pontos amostrados.....	287
Tabela 10.1.21-Comparação do Lres com o RL <sub>Aeq</sub> atual. ....	288
Tabela 10.1.22-Descrição dos equipamentos utilizados para medição de vibração. ....	290
Tabela 10.1.23-Identificação e localização dos pontos de medição de vibração. ....	292
Tabela 10.1.24-Lista de Sismos ocorridos nos municípios presentes na AER do Projeto Jaguar. ....	295
Tabela 10.1.25-Valores de velocidade de vibração de partículas pico - VVPP (mm/s).....	296
Tabela 10.1.26-Limites de níveis de velocidade de vibração de partículas - pico – VVPP. ....	296
Tabela 10.1.27-Confrontação do VVPP medido com o VVPP indicado na D.D. CETESB 215/2007/E. ....	297
Tabela 10.1.28-Seleção e descrição das variáveis para vulnerabilidade geotécnica.....	299
Tabela 10.1.29-Principais características das unidades geológicas presentes na AER do Projeto Jaguar....	305
Tabela 10.1.30-Principais características das unidades geológicas presentes na AEL do Projeto Jaguar. ...	308
Tabela 10.1.31-Unidades litoestratigráficas mapeadas na ADA do Projeto Jaguar. ....	308
Tabela 10.1.32-Resultado da análise de Vulnerabilidade Geotécnica. ....	328
Tabela 10.1.33-Índices de dissecação do relevo. ....	344
Tabela 10.1.34-Síntese do Mapeamento Geomorfológico.....	345
Tabela 10.1.35-Classes secundárias/terciárias e a superfície de ocorrência de cada uma das classes de solos na AER do Projeto Jaguar. ....	355
Tabela 10.1.36-Ocorrência das unidades de mapeamento de solos na AEL e ADA do Projeto Jaguar.....	362
Tabela 10.1.37-Seleção e descrição das Variáveis. ....	363
Tabela 10.1.38-Classes de suscetibilidade à erosão na AER, AEL e ADA do Projeto Jaguar. ....	365
Tabela 10.1.39-Pontos de amostragem de qualidade das águas subterrâneas e parâmetros analisados em 2010/2011 (MDGEO, 2011) e 2020 (BICHO DO MATO, 2021).....	367
Tabela 10.1.40-Dados dos poços instalados pela Vale e pela REDE (MDGEO, 2011). ....	377
Tabela 10.1.41-Características hidrodinâmicas das unidades hidrogeológicas. ....	379
Tabela 10.1.42-Seleção e descrição das Variáveis. ....	380
Tabela 10.1.43-Resultado da análise de Potencial de Contaminação dos Aquíferos. ....	381
Tabela 10.1.44-Relação das variáveis que apresentaram desconformidade com a Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas destinadas a consumo humano e os respectivos pontos de ocorrência. ....	403
Tabela 10.1.45-Características das estações fluviométricas analisadas.....	405
Tabela 10.1.46-Pontos de monitoramento hídrico de cota (m) e vazão (m <sup>3</sup> /s) na Área de Estudo Local do Projeto Jaguar (FONTE: MDGEO, 2011; CENTAURUS, 2020).....	406
Tabela 10.1.47-Características morfométricas da bacia hidrográfica do igarapé Carapanã.....	412

Tabela 10.1.48-Estação Próximo Colinas de Tocantins – Vazões médias mensais (m <sup>3</sup> /s).....	412
Tabela 10.1.49-Estação Ponte Rio Piranhas – Vazões médias mensais (m <sup>3</sup> /s).....	413
Tabela 10.1.50-Estação Paraupebas – Vazões médias mensais (m <sup>3</sup> /s). ....	414
Tabela 10.1.51-Vazões de permanência na estação Colina de Tocantins (23130000). ....	416
Tabela 10.1.52-Vazões de permanência na estação Ponte Rio Piranhas (27380000). ....	417
Tabela 10.1.53-Vazões de permanência na estação Paraupebas (29070100). ....	418
Tabela 10.1.54-Balanco Hídrico Climatológico na Área de Estudo, estação climatológica de São Félix do Xingu. ....	419
Tabela 10.1.55-Características morfométricas da bacia hidrográfica do igarapé Mogno ou Arataca. ....	426
Tabela 10.1.56-Características morfométricas da bacia hidrográfica do Igarapé Mutum .....	427
Tabela 10.1.57-Resultados do monitoramento hídrico superficial quantitativo nos pontos na área de estudo local realizado pela MDGEO (2010). ....	427
Tabela 10.1.58-Resultados do monitoramento realizado pela Centaurus nos anos de 2019 e 2020 (Fonte: BICHO DO MATO, 2021) .....	429
Tabela 10.1.59- Seleção e descrição das variáveis .....	431
Tabela 10.1.60-Registro de nascentes e olhos d’água inventariadas na área de influência direta e local e suas respectivas características (legenda: Temp. água = temperatura da água; OD = oxigênio dissolvido; Cond = Condutividade).....	436
Tabela 10.1.61-Nascentes interceptadas e suprimidas na área do empreendimento.....	438
Tabela 10.1.62-Pontos de amostragem de qualidade das águas superficiais e parâmetros analisados em 2010/2011 (MDGEO, 2011) e 2019/2020 (BICHO DO MATO, 2021).....	440
Tabela 10.1.63-Faixas de classificação do Índice de Qualidade de Água (IQA) (ANA. 2020). ....	443
Tabela 10.1.64-Índice de Qualidade de Água (IQA) para os pontos de águas superficiais na área de estudo do empreendimento. Legenda cores: laranja – IQA ruim; amarela – IQA médio; verde – IQA bom. (Fonte: calculado com base nos dados MDGEO, 2011 e Bicho do Mato, 2021). ....	452
Tabela 10.1.65-Resultados analíticos dos dados monitorados no futuro ponto de lançamento de efluentes. Destaque em negrito para valores acima do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces Classe 2. ....	454
Tabela 10.1.66-Cadastro (“Cad”) de usuários na Área de Estudo Local e entorno, com suas respectivas coordenadas e características físicas e químicas como temperatura do ar (T ar); temperatura da água (T água), condutividade elétrica (Cond), potencial hidrogeniônico (pH), potencial redox (Eh), profundidade do poço (Prof) e cota do poço (cota poço) .....	456
Tabela 10.1.67-Cavidades registradas no município de São Félix do Xingu/PA.....	463
Tabela 10.1.68-Grau de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil de acordo com a litologia. ....	467
Tabela 10.1.69-Espeleometria e coordenadas das cavidades identificadas na AEL do Projeto Jaguar.....	468

## FIGURAS

Figura 10.1.1 - Localização da estação meteorológica de São Félix do Xingu em relação ao Projeto Jaguar .....	255
Figura 10.1.2 - Gráfico da precipitação média mensal na estação meteorológica avaliada.....	259



Figura 10.1.3 - : Anemograma de frequência da direção de origem e intensidade de precipitação (mm/h) para a Estação Climatológica de São Félix do Xingu no período de 01/01/2017 a 31/12/2021.....	260
Figura 10.1.4 - : Gráfico da temperatura média anual na estação meteorológica avaliada. ....	261
Figura 10.1.5 - Gráfico da umidade relativa do ar na Estação Meteorológica avaliada. ....	263
Figura 10.1.6 - Umidade Relativa do Ar Horária na Estação Meteorológica avaliada. ....	265
Figura 10.1.7 - Evaporação total e evapotranspiração potencial na Estação Meteorológica avaliada. ....	266
Figura 10.1.8 - Insolação total (horas) na Estação Meteorológica avaliada. ....	267
Figura 10.1.9 - Nebulosidade (décimos) na Estação Meteorológica avaliada. ....	268
Figura 10.1.10 - Gráfico de intensidade do vento anual na Estação Meteorológica avaliada. ....	269
Figura 10.1.11 - Anemograma de frequência da direção de origem e intensidade do vento para a Estação Climatológica de São Félix do Xingu no período de 01/01/2017 a 31/12/2021.....	270
Figura 10.1.12 - Histograma de frequência da intensidade do vento para a Estação Climatológica de São Félix do Xingu no período de 01/01/2017 a 31/12/2021.....	270
Figura 10.1.13 - Pontos onde foram realizadas as medições da qualidade do ar. ....	275
Figura 10.1.14 - Detalhe dos equipamentos de medição de qualidade do ar no ponto P1 .....	276
Figura 10.1.15 - Aspectos do posicionamento dos equipamentos de medição de qualidade do ar no ponto P3. ....	276
Figura 10.1.16 - Detalhe dos equipamentos de medição de qualidade do ar no ponto P4 .....	276
Figura 10.1.17 - Gráfico com os resultados da amostragem convencional de PTS.....	277
Figura 10.1.18 - Gráfico com os resultados da amostragem convencional de MP10. ....	277
Figura 10.1.19 - Gráfico com os resultados da amostragem convencional de MP2.5. ....	278
Figura 10.1.20 - Gráfico com os resultados da amostragem convencional de CO.....	278
Figura 10.1.21 - Gráfico com os resultados da amostragem convencional de O3. ....	279
Figura 10.1.22 - Gráfico com os resultados da amostragem convencional de NO2. ....	279
Figura 10.1.23 - Gráfico com os resultados da amostragem convencional de SO2.....	280
Figura 10.1.24 - Pontos onde foram realizadas as medições de ruídos.....	283
Figura 10.1.25 - Detalhe do posicionamento dos equipamentos para a realização da aferição de ruídos no ponto P1 .....	284
Figura 10.1.26 - Ponto P3, ilustrando o posicionamento dos equipamentos para a medição de ruído. ....	284
Figura 10.1.27 - Detalhe do posicionamento dos equipamentos para a aferição de ruídos no ponto P4. ....	285
Figura 10.1.28 - Comparação do Lres com o RLAEq atual. ....	288
Figura 10.1.29 - Pontos onde foram realizadas as medições de vibração. ....	291
Figura 10.1.30 - Detalhe do posicionamento em campo dos equipamentos e da medição de vibração no ponto P1. ....	292
Figura 10.1.31 - Aspecto do posicionamento em campo dos equipamentos de medição de vibração no ponto P3. ....	292
Figura 10.1.32 - Detalhe do posicionamento em campo dos equipamentos no ponto P4. ....	293
Figura 10.1.33 - Mapa de Sismos do Brasil. Polígono em vermelho indica a região do empreendimento. ....	294

Figura 10.1.34 - Gráfico comparando o VVPP medido com o VVPP indicado na D.D. CETESB 215/2007/E. ....	297
Figura 10.1.35 - Associações tectônicas e recursos minerais do Domínio Carajás. Domínios Tectônicos: Domínio Rio Maria – DRM, Domínio Carajás – DCJ, Domínio Bacajás – DBJ, Cinturão Araguaia – CAR, Domínio Irixi-Xingu – DIX. Polígono vermelho região do empreendimento. ....	301
Figura 10.1.36 - Mapa Geológico. ....	304
Figura 10.1.37 - Geologia semi-regional após Costa <i>et al</i> (2016). O depósito de sulfeto de níquel Jaguar está localizado na junção das falhas McCandless e Canaã 9 km ao Norte do depósito de níquel laterítico Onça e 14 km a oeste do depósito de níquel laterítico de Puma. Linhas pontilhadas azuis e linhas verdes escuras representam diques e/ou falhas gerados durante a abertura da Bacia neo-proterozóica do Araguaia. ....	306
Figura 10.1.38 - Perfil estratigráfico esquemático na Área de Estudo Local. ....	307
Figura 10.1.39 - Variação na mineralogia média dos principais prospectos dispostos de noroeste a sudeste. Legenda: JagN=Jaguar Norte, JagCN=Jaguar Central-Norte, JagC=Jaguar Central, JagSW=Jaguar Sudoeste, JagSC=Jaguar Central Sul, JagSE=Jaguar Sudeste. % \$=porcentagem total de sulfeto. De Sudeste a Noroeste as principais mudanças são o aumento gradual de magnetita e sulfetos às custas de diminuições de feldspato, biotita e quartzo. Fonte: MODA, 2020; 2021. ....	311
Figura 10.1.40 - Esboço esquemático de uma seção transversal NS do depósito Jaguar mostrando a alteração interpretada e a mineralização. ....	315
Figura 10.1.41 - Plano e vista de seção transversal do depósito Salobo Cu-Au no Cinturão IOCG Norte. ....	316
Figura 10.1.42 - Planos e vistas da seção transversal NS do depósito Jaguar Ni no Cinturão IOCG Sul. ....	317
Figura 10.1.43 - Vista da seção longitudinal do depósito de Ni Jaguar Central voltado para o norte. Os resultados destacados são para furos de perfuração JAG-DD-20-104 (a esquerda) e o JAG-DD-20-101 (a direita) que perfurou o topo do alvo de alto teor. A localização da seção EF é mostrada na Figura 10.1.42. ....	317
Figura 10.1.44 - Dados estruturais do alvo de sondagem do Depósito Jaguar. Parcelas de áreas iguais do hemisfério inferior. Na imagem é possível observar que a foliação e os veios têm distribuições quase idênticas e ambos mostram dobras cruzadas menores sobre um plano axial NNE subvertical (linha tracejada). ....	318
Figura 10.1.45 - Dados de sondagem orientadas dos depósitos Onça Rosa e Onça Preta. Parcelas de áreas iguais do hemisfério inferior. Observe que a foliação e os veios têm distribuições semelhantes. ....	319
Figura 10.1.46 - Linha de rochas, sobreposto ao solo residual de granitoide, observado em corte de acesso a ADA do empreendimento. ....	321
Figura 10.1.47 - Aluvião em planície de inundação de igarapé na região nordeste da ADA do empreendimento. ....	322
Figura 10.1.48 - Regiões alagadas identificadas na área da ADA do empreendimento. ....	323
Figura 10.1.49 - Detalhe de área alagada identificada na ADA do empreendimento. ....	323
Figura 10.1.50 - Solo residual de granitoide. ....	323
Figura 10.1.51 - Solo residual silte argiloso. ....	324
Figura 10.1.52 - Saprólito de subvulcânica ácida em corte de acesso. ....	324
Figura 10.1.53 - Afloramento/blocos em fundo de drenagem. ....	325
Figura 10.1.54 - Mapa de vulnerabilidade Geotécnica. ....	327
Figura 10.1.55 - Mapa de unidades de relevo do Brasil (Modificado de: 2º ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006). O quadrado vermelho representa a região do empreendimento, localizado na porção sudoeste da Província Mineral de Carajás. ....	331

Figura 10.1.56 - Mapa Geomorfológico.....	333
Figura 10.1.57 - Mapa Hipsométrico. ....	336
Figura 10.1.58 - Mapa de Declividade.....	337
Figura 10.1.59 - Aspecto do relevo suave ondulado observado dentro da unidade geomorfológica de Superfície Aplainada. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°28'42.70"; W51°14'7.05"/ UTM 22S - E: 473983m; S: 9283891m. ....	338
Figura 10.1.60 - Detalhe de morro com morfologia convexa na unidade geomorfológica de Superfície Aplainada. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°28'53.79"; W51°14'17.19" / UTM 22S - E: 473672m; S: 9283550m.....	338
Figura 10.1.61 - Detalhe da cobertura coluvial sobre elúvio de Argissolo. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°28'12.33"; W51°12'38.65" / UTM 22S - E: 473672m; S: 9283550m. ....	339
Figura 10.1.62 - Destaque para a Serra Arqueada, evidenciando seu eixo longitudinal alongado e forte expressão topográfica na área de estudo local. ....	340
Figura 10.1.63 - Aspecto da morfologia ligeiramente plana no topo da Serra Arqueada, próximo ao contato com a unidade de Superfície Aplainada. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°29'30.10"; W51°15'2.02"/ UTM 22S - E: 472296m; S: 9282435m. ....	341
Figura 10.1.64 - Detalhe da ocorrência de solo dentro da unidade de Planícies Fluviais. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°28'42.70"; W51°14'7.05" / UTM 22S - E: 473983m; S: 9283891m. ....	342
Figura 10.1.65 - Detalhe do ambiente de terraço fluvial com a ocorrência de solo hidromórfico dentro da unidade de Planícies Fluviais. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°28'42.70"; W51°14'7.05" / UTM 22S - E: 473983m; S: 9283891m. ....	342
Figura 10.1.66 - Presença de sedimento areno-argiloso às margens de curso d'água. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°28'52.56"; W51°14'15.27"/ UTM 22S - E: 473731m; S: 9283588m. ....	343
Figura 10.1.67 - Mapa Pedológico .....	354
Figura 10.1.68 - Aspecto da paisagem associada à ocorrência do Argissolo. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°29'21.79"; W51°15'27.07"/ UTM 22S - E: 471526m; S: 9282689m.....	358
Figura 10.1.69 - Argissolo na área de Superfície Aplainada. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°29'26.35"; W51°15'22.07 / UTM 22S - E: 471680m; S: 9282549m. ....	359
Figura 10.1.70 - Ambiente de ocorrência dos Gleissolos em área de planície fluvial do Igarapé Mogno. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°29'28.79"; W51°15'18.26" / UTM 22S - E: 471797m; S: 9282475m. ....	361
Figura 10.1.71 - Detalhe do Gleissolo observado na AEL. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°28'24.74"; W51°13'20.96"/ UTM 22S - E: 475399m; S: 9284443m.....	361
Figura 10.1.72 - Localização dos pontos de monitoramento de águas subterrâneas .....	370
Figura 10.1.73 - Mapa de Domínios Hidrogeológicos.....	371
Figura 10.1.74 - Área úmida sobre canga.....	374
Figura 10.1.75 - Área encharcada.....	376
Figura 10.1.76 - Mapa potenciométrico da ADA e entorno.....	378
Figura 10.1.77 - Mapa de Potencial de Contaminação dos Aquíferos.....	382
Figura 10.1.78 - Resultados de pH nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. ....	384
Figura 10.1.79 - Concentração de fenóis totais nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha pontilhada indica o valor de referência mínimo (0,003 mg/L) de fenóis totais preconizado pela	

Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas subterrâneas com uso preponderante de consumo humano.....	385
Figura 10.1.80 - Alumínio total (mg/L) e alumínio dissolvido nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (0,2 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica.	386
Figura 10.1.81 - Bário total (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (0,7 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica.....	387
Figura 10.1.82 - Boro total (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (0,5 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica.....	387
Figura 10.1.83 - Cobalto total (mg/L) e dissolvido (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (1,0 mg/L). Eixos das abcissas em escala logarítmica. ....	388
Figura 10.1.84 - Cobre total (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (2,0 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica.....	389
Figura 10.1.85 - Chumbo total e dissolvido (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (0,01 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica. ....	390
Figura 10.1.86 - Ferro total (mg/L) e Ferro dissolvido (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (0,3 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica.	392
Figura 10.1.87 - Lítio total (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas destinadas à irrigação (0,3 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica. ....	392
Figura 10.1.88 - Manganês total (mg/L) e manganês dissolvido (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (0,1 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica para o gráfico de manganês total. ....	393
Figura 10.1.89 - Molibdênio total (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (0,07 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica.....	394
Figura 10.1.90 - Níquel total (mg/L) e níquel dissolvido (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (0,02 mg/L). Eixos das abcissas em escala logarítmica. ....	395
Figura 10.1.91 - Silício dissolvido (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. ....	396
Figura 10.1.92 - Vanádio total (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (0,05mg/L). Eixos das abcissas em escala logarítmica. ....	397
Figura 10.1.93 - Zinco total (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (5,0 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica.....	397
Figura 10.1.94 - Fósforo total (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. ....	398

Figura 10.1.95 - Nitrato (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (10,0 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica.....	399
Figura 10.1.96 - Nitrito (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (1,0 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica.....	399
Figura 10.1.97 - Nitrogênio amoniacal (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. ....	400
Figura 10.1.98 - Concentração de coliformes termotolerantes nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de limite de detecção do método (1,0 UFC/100 mL). Eixo da abcissa em escala logarítmica. ....	401
Figura 10.1.99 - Demanda bioquímica de oxigênio (DBO; mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Eixo da abcissa em escala logarítmica. ....	401
Figura 10.1.100 - Demanda química de oxigênio (DQO; mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Eixo da abcissa em escala logarítmica. ....	402
Figura 10.1.101 - Mapa de Bacias Hidrográficas .....	404
Figura 10.1.102 - Localização dos pontos de monitoramento de vazão realizados na área do empreendimento. ....	408
Figura 10.1.103 - Curva de Permanência da estação Colina de Tocantins (23130000). ....	415
Figura 10.1.104 - Curva de Permanência da estação Ponte Rio Piranhas (27380000).....	416
Figura 10.1.105 - Curva de Permanência da estação Paraupebas (29070100).....	417
Figura 10.1.106 - Regressão linear entre as estações Fluviométricas analisadas (sendo x a variável independente, neste caso, a área de drenagem da bacia em interesse).....	418
Figura 10.1.107 - Extrato do balanço hídrico mensal registrado na estação São Félix do Xingu .....	420
Figura 10.1.108 - Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica registrado na estação São Félix do Xingu .....	420
Figura 10.1.109 - Capacidade de armazenamento (CAD) e armazenamento (ARM) mensal medidos pela estação São Félix do Xingu.....	421
Figura 10.1.110 - Curso d'água localizado no interior de mata preservada. Coordenadas: 472411 m W, 9282543 m S. ....	422
Figura 10.1.111 - Ambiente alagado evidenciado em área de pasto. Coordenadas: 472382 m W, 9282514 m S. ....	422
Figura 10.1.112 - Foto panorâmica de um dos pequenos afluentes do igarapé Mogno, destacando a degradação da mata ciliar. Coordenadas: 472382 m W, 9282514 m S. Fonte: Bicho do Mato (2021). ....	422
Figura 10.1.113 - Pequeno canal afluente do igarapé Mogno com a presença de mata ciliar Coordenadas: UTM: 474272 mW, 9284338 m S.....	423
Figura 10.1.114 - Pequeno canal afluente do igarapé Mogno com a presença de mata ciliar. Coordenadas: UTM: 474253 m W, 9284342 m S.....	423
Figura 10.1.115 - Área brejosa. Coordenadas UTM: 474230 m W, 9284198 m S. ....	423
Figura 10.1.116 - Área alagada com mata ciliar. Coordenadas UTM: 474230 m W, 9284198 m S.....	423
Figura 10.1.117 - Foto panorâmica da área C4. Destaca-se a presença de uma cerca em volta da área alagada, instalada a fim de evitar a presença de gado. Coordenadas UTM: 475569 m W, 9284824 m S. Fonte: Bicho do Mato (2021). ....	424

Figura 10.1.118 - Igarapé preservado com mata ciliar. Coordenadas UTM: 475398 m W, 9284438 m S.....	424
Figura 10.1.119 - Igarapé preservado com mata ciliar. Coordenadas UTM: 475406 m W, 9284455 m S.....	424
Figura 10.1.120 - Área alagada e vegetação adjacente em regeneração (R1). Coordenadas UTM: 479120 m W, 9284799 m S.....	425
Figura 10.1.121 - Área alagada e vegetação ciliar no entorno em regeneração (R1). Coordenadas UTM: 479130 m W, 9284744 m S.....	425
Figura 10.1.122 - Área alagada (R2) com intervenção antrópica e pisoteio de gado. Coordenadas UTM: S6°30'3.19"; W51°12'21.26".....	425
Figura 10.1.123 - Área alagada (R2) próxima à canal de igarapé exibindo mata ciliar preservada. Coordenadas UTM: S6°30'2.89"; W51°12'20.49".....	425
Figura 10.1.124 - Valores de vazão obtidos durante o monitoramento hídrico superficial quantitativo realizado pela MDGEO (2010).....	428
Figura 10.1.125 - Valores de vazão obtidos durante o monitoramento realizado pela Centaurus nos anos de 2019 e 2020. ....	429
Figura 10.1.126 - Mapa de Suscetibilidade ao Assoreamento.....	433
Figura 10.1.127 - Localização das nascentes inventariadas na ADA e entorno.....	435
Figura 10.1.128 - Localização dos pontos de monitoramento de águas superficiais .....	442
Figura 10.1.129 - Temperatura da água (°C) superficial na área de estudo do empreendimento .....	443
Figura 10.1.130 - Concentrações de turbidez (NTU) na área de estudo do empreendimento. Eixo da abcissa em escala logarítmica. Linha pontilhada indica o valor de referência da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces Classe 2.....	444
Figura 10.1.131 - Concentração de sólidos dissolvidos totais (mg/L) nas águas superficiais na área de estudo do empreendimento. ....	445
Figura 10.1.132 - Resultados de pH nas águas superficiais na área de estudo do empreendimento. Linha pontilhada indica o valor de referência mínimo (6) e máximo (9) da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2.....	445
Figura 10.1.133 - Concentração de oxigênio dissolvido (mg/L) nas águas superficiais na área de estudo do empreendimento. Linha pontilhada indica o valor de referência mínimo (5,0 mg/L) de OD preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces Classe 2. ....	446
Figura 10.1.134 - Concentração de nitrato (mg/L) nas águas superficiais na área de estudo do empreendimento. ....	447
Figura 10.1.135 - Concentração de fósforo total nas águas superficiais na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2.....	447
Figura 10.1.136 - Concentração de coliformes termotolerantes nas águas superficiais na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2 (1000 UFC/100mL). Eixo da abcissa em escala logarítmica. ....	448
Figura 10.1.137 - Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L) nas águas superficiais na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2 (5,0 mg/L).....	449
Figura 10.1.138 - Alumínio total e dissolvido (mg/L) nas águas superficiais na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2 (0,1 mg/L).....	450

Figura 10.1.139 - Ferro total e dissolvido (mg/L) nas águas superficiais na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2 (0,3 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica. ....	451
Figura 10.1.140 - Manganês total (mg/L) nas águas superficiais na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2 (0,1 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica. ....	452
Figura 10.1.141 - Localização do levantamento de cadastro de usuários na área de estudo local. ....	459
Figura 10.1.142 - Relação quantitativa de cavidades registradas por estado no Brasil. ....	462
Figura 10.1.143 - Mapa de Potencial Espeleológico. ....	466
Figura 10.1.144 - Mapa Espeleológico. ....	470

## ANEXOS

## 10.0 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

### 10.1 Meio Físico

O diagnóstico do meio físico das áreas de estudo do Projeto Jaguar foi realizado a partir da compilação de dados secundários e primários levantados na área do empreendimento, sendo utilizado como base geral de informações geográficas um conjunto de dados espaciais, como mosaicos ortorretificados (**ANEXO J**), cartas topográficas (**ANEXO K**), além do mapa da malha hídrica cartográfica (**ANEXO L**), a caracterização da vegetação efetuada a partir das imagens digitais (NDVI) (**ANEXO M**) e caracterização dos corpos de água produzida utilizando as informações das imagens digitais (NDWI) (**ANEXO N**).

No que se refere ao levantamento de dados, cabe destacar que o mesmo foi fundamentado na consulta aos estudos já realizados na região, principalmente o primeiro Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Jaguar (BICHO DO MATO, 2021); Diagnóstico Ambiental dos Meios Biótico e Físico do Projeto Níquel do Jaguar (BRANDT, 2012), Estudo de Impacto Ambiental do Projeto Onça Puma (BRANDT, 2004), Diagnóstico Geoespeleológico, Diagnóstico Bioespeleológico e Análise de Relevância do Projeto Jaguar (CARSTE, 2012).

Complementarmente, para avaliar as informações apresentadas nos estudos realizados, assim como a necessidade de atualização de informações, foram consultados em ambiente Sistema de Informação Geográfica (SIG) os dados das bases de referência, como a do IBGE, CPRM, ANM e ANA, além de artigos e publicações científicas relacionados à área do projeto. Dessa forma, foram levantados dados secundários nas bases oficiais de espeleologia, solos e suscetibilidade à erosão, geomorfologia, geologia, recursos hídricos superficiais e subterrâneos, além de dados climatológicos.

Adicionalmente, com vistas à avaliação e reconhecimento dos estudos do meio físico já realizados para o empreendimento, entre os dias 22 e 26 de agosto de 2022 quando foi executada uma visita técnica de campo por equipe especializada

Na sequência, apresenta-se o diagnóstico do meio físico para a área do Projeto Jaguar, em observância às diretrizes e critérios técnicos gerais determinados no Termo de Referência emitido pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade - DLA/CMINA/GEMIM.

A **Tabela 10.1.1** a seguir apresenta a quantificação em hectares da ADA do Projeto Jaguar.

**Tabela 10.1.1: Quantificação em hectares da ADA**

Área	Quantitativo (hectares)
Área Diretamente Afetada (ADA)	965,20

#### 10.1.1 Clima e meteorologia

##### 10.1.1.1 Introdução

A climatologia é caracterizada como a ciência responsável pela análise do comportamento médio da atmosfera em determinado local, por um determinado período homogêneo, e suas pesquisas se dão por meio do estudo do modelo estatístico da variabilidade dos parâmetros meteorológicos, tais como: temperatura, precipitação, insolação, nebulosidade, evaporação e ventos. Dessa forma, o presente relatório trata das principais características climáticas da região em que o Projeto Jaguar está inserido.



### **10.1.1.2 Metodologia**

Para a caracterização dos aspectos climáticos foi realizada uma pesquisa bibliográfica em literatura especializada, com o intuito de levantar os dados e os parâmetros necessários para contribuir com a discussão dos resultados das variáveis ambientais presentes nas áreas de estudo do Projeto Jaguar. Para tanto, foram utilizados dados dos parâmetros meteorológicos disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes à estação meteorológica de São Félix do Xingu, distante aproximadamente 70km das áreas de estudo previstas para o empreendimento (**Figura 10.1.1**).



Figura 10.1.1 - Localização da estação meteorológica de São Félix do Xingu em relação ao Projeto Jaguar.

Cabe destacar que os dados compilados pelo INMET possuem um intervalo temporal de 30 anos, obtidos entre 1981 e 2010, configurando uma normal climatológica conforme recomendação da OMM (Organização Meteorológica Mundial). A **Tabela 10.1.2** abaixo apresenta as informações da estação utilizada no presente estudo.

**Tabela 10.1.2- Informações da estação meteorológica de São Félix do Xingu/PA.**

Código OMM e Nome da Estação	Fonte	UF	Coordenadas Geográficas (Datum Sirgas 2000)		Coordenadas Métricas (SIRGAS 2000 22S)		Altitude (m)	Tipo
			Latitude	Longitude	Latitude	Longitude		
82668 – São Félix do Xingu	INMET	PA	- 6,63°	- 51,97°	9265984	394217	206	Superfície Convencional

Fonte: Golder, 2023.

Complementarmente, além dos dados da Normal Climatológica de 1981 – 2010, para a análise da pluviometria e regime de ventos na região do Projeto Jaguar foram utilizados os dados horários de precipitação, intensidade e direção dos ventos, obtidos entre 01/01/2017 e 31/12/2021 na estação automática A216, localizada em São Félix do Xingu e mantida pelo INMET. Para a elaboração do anemograma foi utilizado o software WRPLOT View, da *Lakes Environmental Software*.

Cabe destacar que no ano de 2008 o INMET instalou a Estação Automática Tucumã-A234, localizada na área central do município de Tucumã/PA, a cerca de apenas 30km da área do empreendimento. É importante ressaltar, entretanto, que essa estação não foi adotada no presente estudo em função da mesma não possuir dados para compor uma normal climatológica, que requer 30 anos de dados consistidos para que seja realizada a avaliação. Dessa forma, foi adotado no presente estudo a estação de São Félix do Xingu, código OMM 82668.

### 10.1.1.3 Descrição do padrão climático regional

O clima na área do Projeto Jaguar é classificado como Equatorial quente e úmido, caracterizado pela ocorrência de elevada umidade e altos índices pluviométricos, com um a três meses secos (IBGE, 2002). De acordo com a classificação climática de Köppen (1948), o clima na região do empreendimento é classificado como Clima de Monção (Am), caracterizado pelo elevado índice pluviométrico anual, que é um aspecto notável que influencia diretamente nos caudais dos igarapés que drenam a área do empreendimento.

No que se refere à circulação atmosférica na Amazônia durante o verão austral, cabe destacar a presença de uma baixa térmica existente sobre a região do Chaco, que ocorre em associação à máxima nebulosidade sobre a Amazônia Central e o Altiplano da Bolívia no período de maior atividade e intensidade da Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS (MARENGO & NOBRE, 2009). Segundo Quadro (1994), a ZCAS é caracterizada por uma banda de nebulosidade praticamente estacionária (períodos de 04 a 20 dias), orientada no sentido NW/SE, que se estende desde a Amazônia até o oceano Atlântico Sul, configurando um sistema atmosférico importante para a região, uma vez que sua ocorrência pode provocar fortes chuvas, de forma que as chuvas associadas à atuação desse sistema podem provocar precipitações acima da média da normal climatológica (MARENGO & NOBRE, 2009).

Ademais, durante o verão austral, além do fluxo intenso de umidade da Amazônia para latitudes maiores na América do Sul, a entrada das frentes frias que vem do sul provoca a ocorrência de uma maior atividade convectiva intensa sobre as regiões sul e oeste da Amazônia (MARENGO & NOBRE, 2009).

Outro aspecto da dinâmica climática regional que merece destaque e que ocorre nos níveis superiores da atmosfera, está relacionado a grande elevação do Altiplano da Bolívia-Peru e à liberação de calor latente na forma de cúmulo-nimbos intensos durante o verão, que determinam a configuração de Alta Troposférica da Bolívia. De acordo com Carvalho (1989), a Alta da Bolívia constitui um anticiclone que ocorre na alta troposfera nos meses de verão sobre a América do Sul, e está associado às chuvas mais intensas na região amazônica, enquanto nos anos menos chuvosos a intensidade da Alta da Bolívia é menor.

Ainda no Verão, cabe salientar que a porção sul da Amazônia é fortemente aquecida pela intensificação do gradiente zonal de temperatura e do fluxo intenso meridional em altos níveis.

No inverno, por sua vez, a dinâmica de circulação em altos níveis atmosféricos é marcada pelo enfraquecimento do fluxo sobre os trópicos, de forma que o jato sub-tropical de altos níveis é mais intenso e fica mais próximo ao equador, quando comparado ao verão, condizente com o ramo descendente da circulação de Hadley (MARENGO & NOBRE, 2009). A célula de Hadley é responsável pela elevação do ar quente e úmido no Equador, que desce nos Trópicos, e pela circulação de ventos dos centros de baixa pressão equatoriais para os de alta pressão tropicais.

Em baixos níveis, por outro lado, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) se desloca mais para o norte, acompanhada com a baixa pressão equatorial e as águas superficiais mais quentes do Atlântico tropical Norte. A ZCIT é formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul. O choque entre esses ventos faz com que o ar quente e úmido ascenda e provoque a formação das nuvens, carregando umidade do oceano para os altos níveis da atmosfera, ocorrendo, então, a formação das nuvens.

Ademais, os padrões de circulação em superfície no inverno também evidenciam a entrada de massas de ar frio e seco de latitudes mais altas do Hemisfério Sul, que podem alterar o estado do tempo porção oeste da Amazônia, produzindo as chamadas friagens.

No que se refere à atuação de outros sistemas que provocam alterações sazonais e interanuais na região do Projeto Jaguar, cabe destacar os fenômenos *El Niño* e *La Niña*.

De acordo com Oliveira (2001), o *El Niño* é caracterizado pelo aquecimento anômalo das águas superficiais do setor centro-leste do Oceano Pacífico, predominantemente na sua faixa equatorial. O *El Niño* também é marcado por variações na atmosfera sobre a região de águas anormalmente aquecidas, ocorrendo em intervalos de 4 anos com duração de 6 a 15 meses. Este fenômeno oceânico-atmosférico afeta o clima regional e global, uma vez que ele muda a circulação geral da atmosfera, estando relacionado aos anos considerados secos ou muito secos. A Oscilação Sul, por sua vez, atua como um balanço atmosférico de massa de grande escala, balanço este que envolve trocas de ar entre os hemisférios leste e oeste, centradas nas latitudes tropicais e subtropicais (FUNCEME, 2005).

O *El Niño*, portanto, é formado da seguinte maneira: em condições normais, os ventos Alísios sopram em direção à costa da Austrália e Indonésia, transportando as águas superficiais mais aquecidas do oceano Pacífico para essa direção. Com isso, as águas mais profundas e frias afloram na costa oeste da América do Sul, causando o fenômeno de ressurgência. O litoral do Peru é muito influenciado por essa ressurgência, e tem uma atividade pesqueira beneficiada por isso. O acúmulo de águas mais quentes próximo à costa leste da Oceania forma um Centro de Baixa Pressão, induzindo uma circulação conhecida como Célula de Walker. Nessa região ocorre formação de grandes nuvens e fortes chuvas, enquanto a circulação flui em direção a costa oeste da América do Sul, mais seca. Dessa forma, sobre o Atlântico equatorial, incluindo o leste da Amazônia e Semiárido Nordeste, nota-se predominância de um ramo de ar descendente inibindo a formação de nuvens.

O fenômeno *La Niña*, por sua vez, corresponde ao resfriamento anômalo das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial. Este fenômeno, que é natural, tem como consequência direta fortes mudanças na dinâmica geral da atmosfera, alterando assim o comportamento climático. Em função dessas alterações, os ventos alísios ficam mais intensos e as águas mais frias, situações que caracterizam o fenômeno. As alterações estendem-se numa faixa de largura de cerca de 10 graus de latitude ao longo do equador desde a costa peruana até aproximadamente 180 graus de longitude no Pacífico Central (CPTEC, 2022).

Em geral um episódio de *La Niña* se inicia e atinge a intensidade máxima no mesmo ano em que se iniciou, vindo a dissipar-se no final do ano seguinte. Essa é a evolução geral, no entanto, esse fenômeno pode durar até dois anos (CPTEC, 2022).

Os episódios de *La Niña* acabam contribuindo para a chegada de frentes frias, favorecendo a ocorrência de chuvas acima da média associado ao Dipolo Térmico do Atlântico favorável, ou seja, com temperatura da superfície do mar acima da média no Atlântico Tropical Sul e abaixo da média no Atlântico Tropical Norte (CPTEC, 2022). Ou seja, a atuação do fenômeno *La Niña* resulta em aumento moderado dos eventos pluviométricos, marcando um período com chuvas acima das médias.

#### 10.1.1.4 Parâmetros meteorológicos

Os parâmetros meteorológicos abordados no presente estudo foram: precipitação pluviométrica média, temperatura (média, máxima e mínima), umidade relativa do ar, evaporação, nebulosidade, ventos (direção predominante e velocidade média) e insolação, que seguem descritos abaixo.

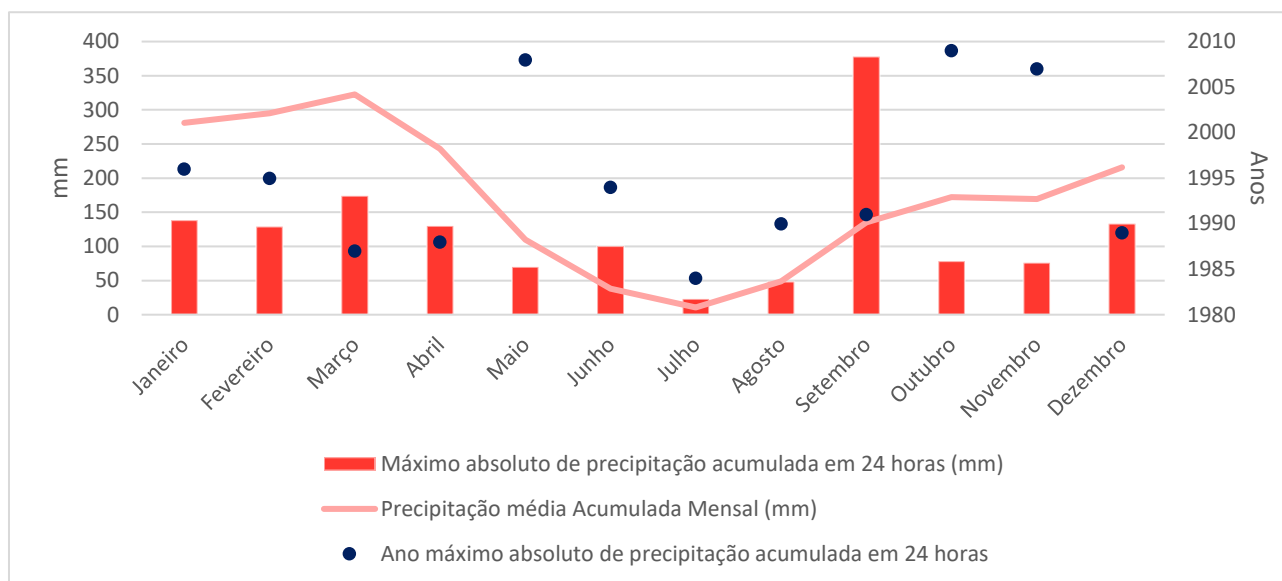
##### 10.1.1.4.1 Precipitação pluviométrica

Os dados de precipitação média anual na estação adotada mostram que há uma sazonalidade marcada por um período seco e um período mais úmido. Conforme é possível observar na **Tabela 10.1.3** e na **Figura 10.1.2**, os meses que apresentam as maiores precipitações médias variam entre setembro e maio, com a ocorrência de pico chuvoso no mês de março (322,6mm), e um período menos chuvoso entre os meses de junho e agosto. Os dados pluviométricos também revelam que o período chuvoso, entre dezembro e abril, concentra aproximadamente 67% do total pluviométrico anual.

**Tabela 10.1.3- Dados de máximo absoluto da precipitação acumulada 24 horas (mm) por ano na Estação Meteorológica avaliada**

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Precipitação (mm)	138,2	129,2	174	130	70,2	100,4	23,2	48,2	377,9	78,4	76,2	133,2
Ano	1996	1995	1987	1988	2008	1994	1984	1990	1991	2009	2007	1989

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas, período 1981-2010 (Golder, 2023).

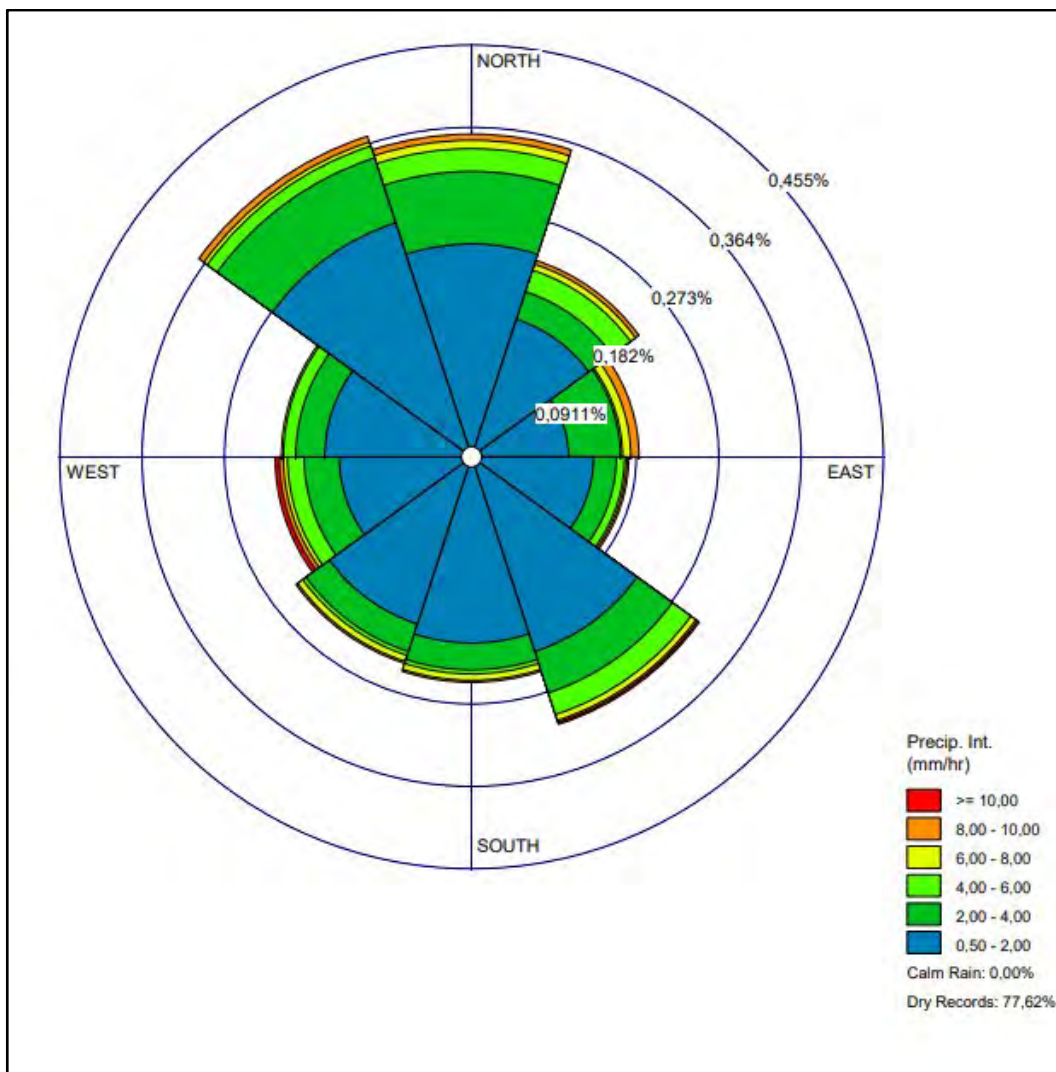


**Figura 10.1.2 - Gráfico da precipitação média mensal na estação meteorológica avaliada.**

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas, período 1981-2010 (Golder, 2023).

Ainda sobre a **Figura 10.1.2**, é possível constatar que a maior precipitação registrada em 24 horas no período de 1981-2010 ocorreu no mês de setembro de 1991, quando houve o registro de 377,9mm, aproximadamente o triplo do estimado pela média acumulada mensal em apenas 24 horas. Nesse aspecto, cabe destacar que eventos pluviométricos mais intensos incrementam o risco de deflagração de processos erosivos, movimentos de massa, enchentes e inundações.

No que se refere à avaliação da frequência da direção de origem e intensidade da chuva para a estação meteorológica de São Félix do Xingu no período de 01/01/2017 a 31/12/2021, conforme ilustrado na **Figura 10.1.3**, é possível observar que os volumes de precipitação são bem distribuídos, sem uma direção preferencial bem definida para as principais frentes de chuva.



**Figura 10.1.3 - Anemograma de frequência da direção de origem e intensidade de precipitação (mm/h) para a Estação Climatológica de São Félix do Xingu no período de 01/01/2017 a 31/12/2021.**

Fonte: Dados INMET (2022).

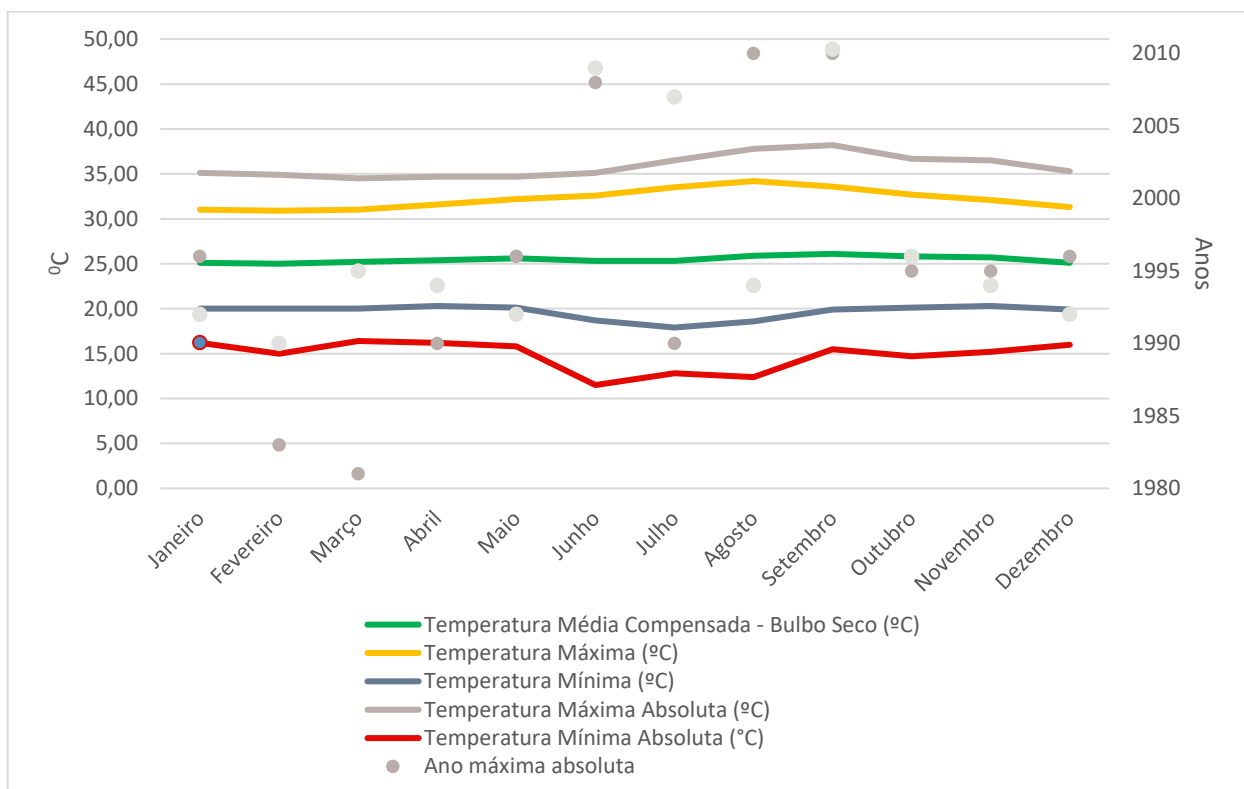
#### 10.1.1.4.2 Temperatura

De acordo com os dados de temperatura média compensada (bulbo seco) da estação São Félix do Xingu (INMET), é possível constatar a baixa amplitude térmica anual, que oscila em torno de 1°C. As maiores temperaturas médias anuais, por sua vez, ocorreram nos meses de agosto, setembro, outubro, novembro, com médias acima de 25,7°C, com pico no mês de setembro, que registra 26,1°C, conforme é possível observar na **Tabela 10.1.3** e na **Figura 10.1.4**.

**Tabela 10.1.4- Dados de temperatura média compensada (bulbo seco), Máxima e Mínima mensal (°C), na estação meteorológica avaliada.**

Meses	Temperatura Média Compensada - Bulbo Seco (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)
Janeiro	25,10	31,00	20,00
Fevereiro	25,00	30,90	20,00
Março	25,20	31,00	20,00
Abril	25,40	31,60	20,30
Maió	25,60	32,20	20,10
Junho	25,30	32,60	18,70
Julho	25,30	33,50	17,90
Agosto	25,90	34,20	18,60
Setembro	26,10	33,60	19,90
Outubro	25,80	32,70	20,10
Novembro	25,70	32,10	20,30
Dezembro	25,10	31,30	19,90
Ano	25,50	32,20	19,70

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas, período 1981-2010 (Golder, 2023).



**Figura 10.1.4 - Gráfico da temperatura média anual na estação meteorológica avaliada.**

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas período 1981-2010 (Golder, 2023).

Em relação aos dados das temperaturas médias mínimas, pode-se observar na **Tabela 10.1.3** e na **Figura 10.1.4** que a menor temperatura média mínima ocorre no mês de julho, que registra 17,9°C. A média máxima mensal de temperatura, em contrapartida, é registrada na estação de São Félix do Xingu no mês de agosto,



com valor de 34,2 °C, conforme apresentado na **Tabela 10.1.3** e na **Figura 10.1.4**. Os dados de temperatura máxima e mínima absoluta (°C) por ano na estação de São Félix do Xingu, por sua vez, são apresentados na **Tabela 10.1.5** e na **Figura 10.1.4**.

**Tabela 10.1.5- Dados de temperatura máximo e mínimo absoluto (°C) por ano na Estação Meteorológica avaliada.**

Meses	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Ano Máxima Absoluta	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Ano Mínima Absoluta
Janeiro	35,1	1996	16,2	1992
Fevereiro	34,9	1983	15,0	1990
Março	34,5	1981	16,4	1995
Abril	34,7	1990	16,2	1994
Maiο	34,7	1996	15,8	1992
Junho	35,1	2008	11,5	2009
Julho	36,5	1990	12,8	2007
Agosto	37,8	2010	12,4	1994
Setembro	38,2	2010	15,5	2010
Outubro	36,7	1995	14,7	1996
Novembro	36,5	1995	15,2	1994
Dezembro	35,3	1996	16,0	1992

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas, período 1981-2010 (Golder, 2023).

#### 10.1.1.4.3 Umidade relativa do ar

O parâmetro meteorológico de umidade relativa (UR) mede o quão próximo o ar está da saturação, e não a quantidade real de vapor d'água no ar, sendo expressa através da razão entre o conteúdo real de vapor d'água (e) e o conteúdo necessário para saturar (es), multiplicada por 100, que corresponde a porcentagem, conforme a equação apresentada abaixo:

$$UR = \frac{e}{es} \times 100$$

A umidade absoluta (UA) do ar, por sua vez, mensura a quantidade real de vapor d'água no ar, sendo estipulada como a massa de vapor d'água (mv), por unidade de volume (V) em m³:

$$UA = \frac{mv}{V}$$

Como a medição direta da UA é difícil, usualmente mede-se a Umidade Relativa (UR). De acordo com Varejão (2006), a variação anual da UR também está relacionada às condições atmosféricas locais e, assim como outros parâmetros meteorológicos, a UR pode ser relacionada aos diferentes tipos de cobertura vegetal, a

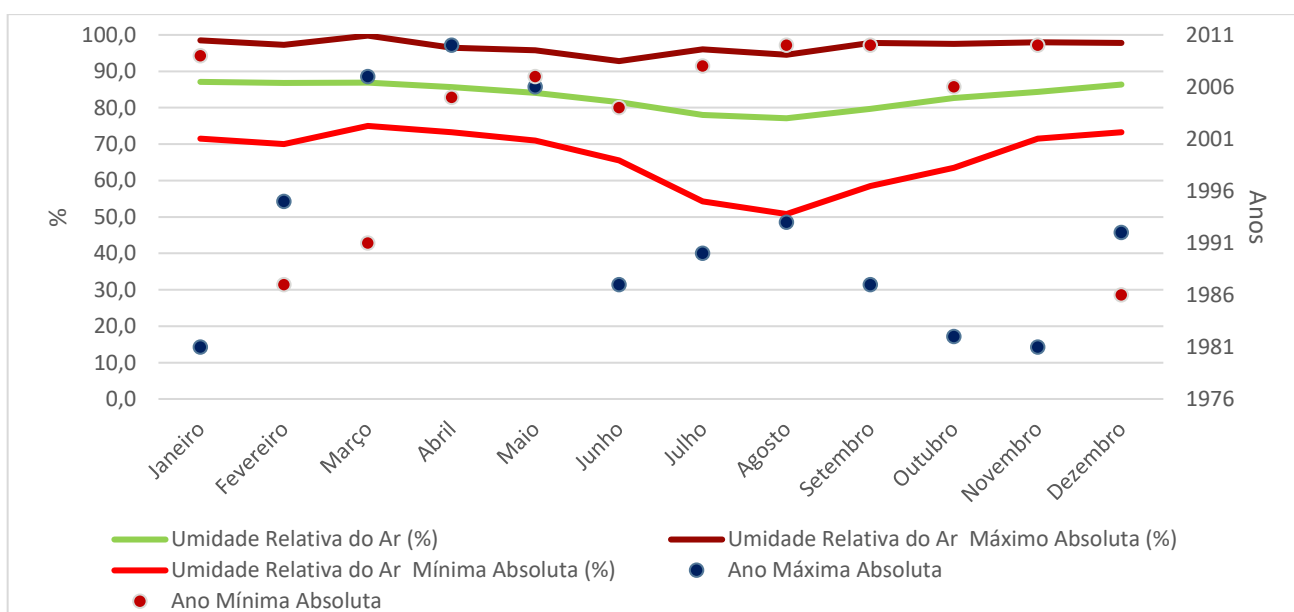
condições de precipitação, e a condições favoráveis a incêndios florestais em períodos mais secos. Segundo Ayoade (2002), a UR é a variável mais adotada para medir a sensação térmica em dias muito secos ou muito úmidos.

A umidade relativa média na estação de São Félix do Xingu varia entre 87,1%, no mês de janeiro e 77,1%, no mês de agosto, conforme apresentado na **Tabela 10.1.5** e na **Figura 10.1.5**. Entre os meses de dezembro e agosto as médias mantêm-se acima de 80%, enquanto entre setembro e novembro os valores ficam entre 79,6% e 79,3%. A umidade relativa média anual é de 83,4%, que, de acordo com Vianello (2000), é um resultado comum na região equatorial da Floresta Amazônica. Conforme é possível observar nos dados apresentados na **Tabela 10.1.6** e ilustrados na **Figura 10.1.5**, em agosto de 2010 a umidade relativa do ar registrou o seu menor valor, atingindo um mínimo absoluto de 50,8%, indicando que os valores mais sensíveis na região do Projeto Jaguar ocorrem entre julho e setembro, quando os registros são inferiores a 60%, nível ideal indicado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para a saúde dos seres humanos.

**Tabela 10.1.6- Dados de Umidade Relativa do Ar (%) – Média Compensada na Estação São Félix do Xingu**

Nome da Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anua I
São Félix do Xingu	87,1	86,8	86,9	85,7	84,1	81,5	78,0	77,1	79,7	82,7	84,3	86,4	83,4

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas período 1981-2010 (Golder, 2023).



**Figura 10.1.5 - Gráfico da umidade relativa do ar na Estação Meteorológica avaliada.**

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas, período 1981-2010 (Golder, 2023).

**Tabela 10.1.7- Dados de Umidade Relativa do Ar máximo e mínima absoluta (%) por ano na Estação Meteorológica avaliada.**

Meses	Umidade Relativa do Ar Máximo Absoluta (%)	Ano Máxima Absoluta	Umidade Relativa do Ar Mínima Absoluta (%)	Ano Mínima Absoluta
Janeiro	98,5	1981	71,5	2009
Fevereiro	97,3	1995	70,0	1987
Março	99,8	2007	75,0	1991
Abril	96,5	2010	73,3	2005
Mai	95,8	2006	71,0	2007
Junho	92,8	1987	65,5	2004
Julho	96,0	1990	54,3	2008
Agosto	94,5	1993	50,8	2010
Setembro	97,8	1987	58,5	2010
Outubro	97,5	1982	63,5	2006
Novembro	98,0	1981	71,5	2010
Dezembro	97,8	1992	73,3	1986

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas, período 1981-2010 (Golder, 2023).

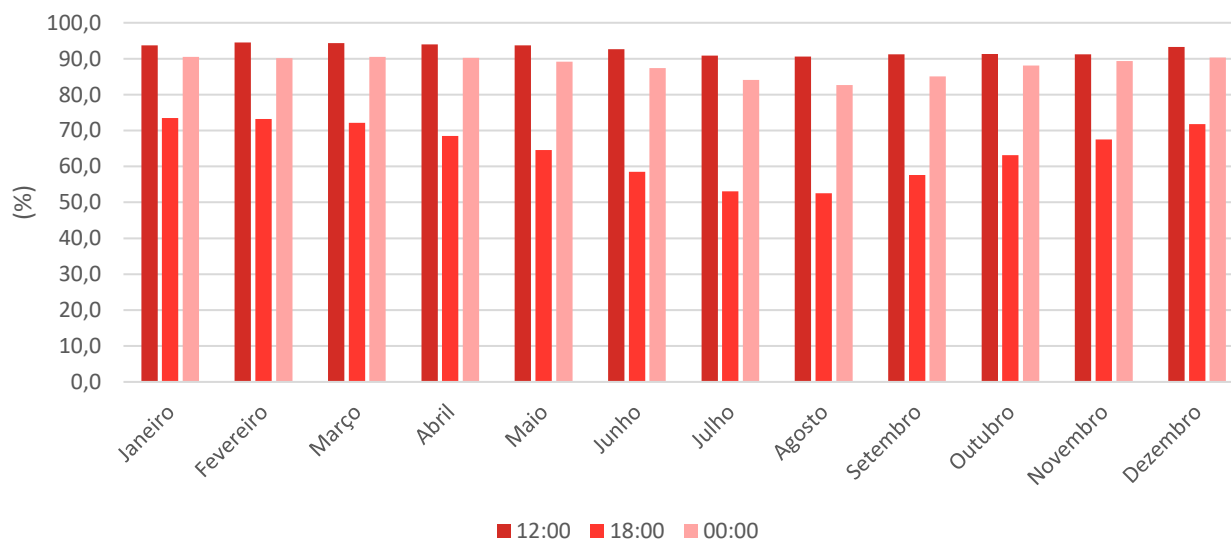
A umidade também possui uma variabilidade horária ao longo de um dia nos diferentes meses do ano. A **Figura 10.1.6** apresenta a variável umidade relativa do ar horária para a estação de São Félix do Xingu, com as Normais Climatológicas de umidade relativa do ar horária (%) para o período de 1981 a 2010 para os doze meses do ano, as 12:00h, 18:00h e 24:00h.

No que se refere à variabilidade horária ao longo de um dia nos diferentes meses do ano, os dados apresentados na **Tabela 10.1.8** e ilustrados na **Figura 10.1.6** apontam a variabilidade da umidade relativa do ar horária para a estação de São Félix do Xingu para os doze meses do ano, sendo possível observar que a variação da umidade horária possui maior amplitude nos meses de junho a setembro. A umidade relativa do ar anual, por sua vez, possui os registros de 92,6% para 12:00, 64,7% para 18:00 e às 00:00, 88,1%.

**Tabela 10.1.8- Dados de Umidade Relativa do Ar Horária na Estação Meteorológica avaliada.**

Meses	Horário do registro		
	12:00	18:00	00:00
Janeiro	93,7	73,5	90,5
Fevereiro	94,5	73,2	90,1
Março	94,3	72,1	90,5
Abril	94,0	68,5	90,2
Maio	93,7	64,6	89,2
Junho	92,6	58,5	87,4
Julho	90,9	53,1	84,1
Agosto	90,6	52,5	82,7
Setembro	91,2	57,6	85,1
Outubro	91,3	63,1	88,1
Novembro	91,2	67,5	89,3
Dezembro	93,3	71,8	90,3

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas período 1981-2010 (Golder, 2023).



**Figura 10.1.6 - Umidade Relativa do Ar Horária na Estação Meteorológica avaliada.**

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas período 1981-2010 (Golder, 2023).

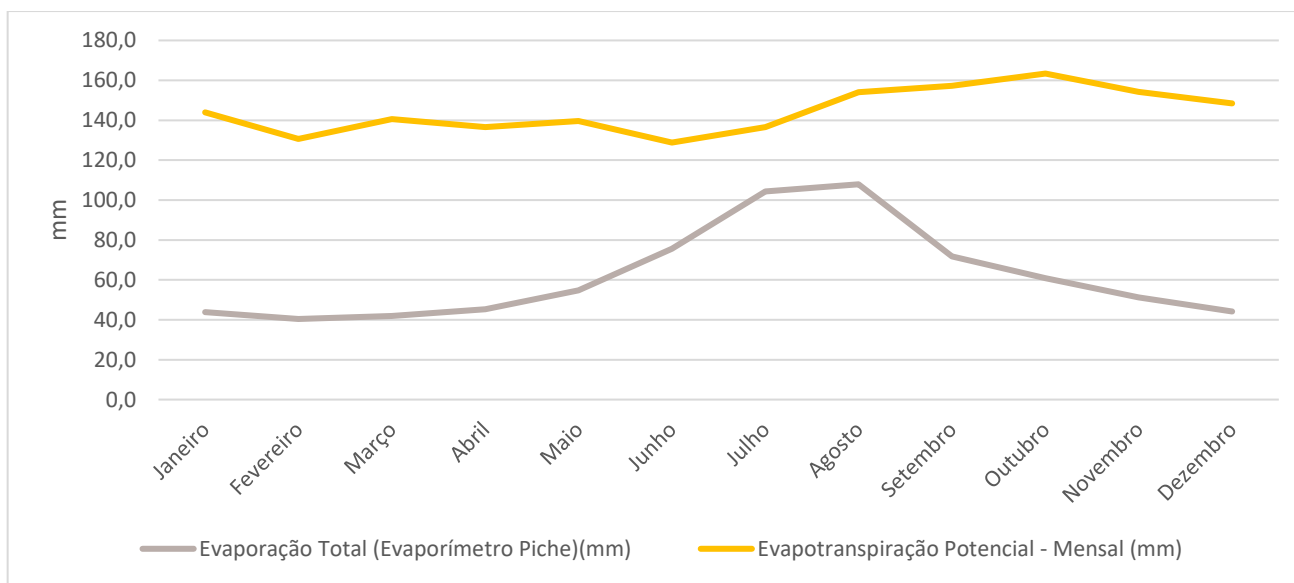
#### 10.1.1.4.4 Evaporação

A **Tabela 10.1.9** apresenta os dados de evaporação e a **Figura 10.1.7** ilustra graficamente os valores de evaporação total (Evaporímetro de Piche) e evapotranspiração potencial o período de 1981 a 2010 ao longo dos doze meses do ano. Os dados revelam que evapotranspiração total anual é de 741,9mm, o que representa cerca de 36% da precipitação média total anual. Já a evapotranspiração potencial mensal média anual é de 144,5mm por mês, o que representa um total de 1.734mm por ano e equivale a aproximadamente 85% do volume médio total de chuva anual.

**Tabela 10.1.9-Dados de evaporação total (Evaporímetro de Piche) e evapotranspiração potencial.**

Meses	Evaporação Total Evaporímetro Piche (mm)	Evapotranspiração Potencial - Mensal (mm)
Janeiro	43,8	143,9
Fevereiro	40,4	130,6
Março	41,9	140,5
Abril	45,3	136,6
Maio	54,7	139,6
Junho	75,6	128,8
Julho	104,3	136,6
Agosto	107,9	154,0
Setembro	71,8	157,2
Outubro	60,8	163,4
Novembro	51,2	154,2
Dezembro	44,2	148,5
Ano	741,9	734

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas período 1981-2010 (Golder, 2023).



**Figura 10.1.7 - Evaporação total e evapotranspiração potencial na Estação Meteorológica avaliada.**

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas período 1981-2010 (Golder, 2023).

O mês com maior valor de evaporação total é agosto, que registra 107,9 mm, enquanto fevereiro apresenta o menor valor de evaporação total, de 40,4mm. Em relação à evapotranspiração potencial, o mês que registra o maior valor é outubro, com 163,4mm, enquanto o menor é junho, que registra 128,8mm.

### 10.1.1.4.5 Insolação e nebulosidade

De acordo com Porfírio *et al.* (2011), a insolação é definida a partir da radiação solar recebida pela Terra, sendo a sua medição representada pela quantidade de horas de brilho solar que uma superfície recebe, compondo um parâmetro meteorológico essencial para a análise climática de uma região.

Essa energia que a Terra recebe do Sol na forma de radiação é imprescindível para a ocorrência dos processos termodinâmicos, como o aquecimento e resfriamento de uma parcela de ar, a transferência, transformação e armazenamento de energia, sendo fundamental para a ocorrência dos fenômenos climáticos produzidos na troposfera.

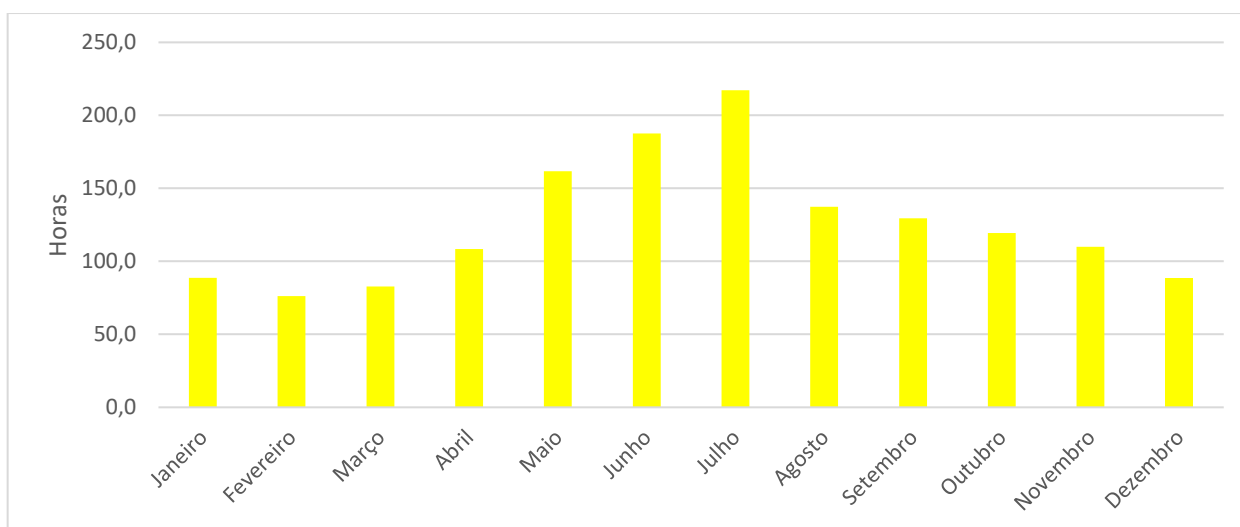
A insolação é mensurada a partir do número de horas durante o dia em que um disco solar é visível para um observador situado em um local com horizonte livre na superfície terrestre. Dessa forma, a insolação consiste no intervalo total de tempo (entre o nascimento e o pôr do sol) em que o disco solar não esteve obstruído por nuvens ou fenômenos atmosféricos de qualquer natureza. De acordo com Ayoade (2002), a insolação é sempre menor ou, no máximo, igual ao fotoperíodo, sendo este denominado como a insolação máxima teoricamente possível.

Dessa forma, de acordo com os dados das normais climatológicas disponibilizadas pelo INMET, foram contabilizadas, para o presente estudo, a média de horas de radiação direta recebida durante cada mês do ano, assim como o total dessas horas ao longo do ano na região do empreendimento, conforme os dados apresentados na **Figura 10.1.10**. A média anual de insolação nas estações analisadas registrou valores acima de 1.500 horas por ano de insolação. A distribuição das horas de insolação por mês pode ser observada na **Figura 10.1.8**.

**Tabela 10.1.10-Insolação total por mês, na estação meteorológica avaliada.**

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Insolação total (horas)	88,6	76,2	82,8	108,4	161,7	187,7	217,1	137,4	129,4	119,5	109,9	88,6	1507,3

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas, período 1981-2010 (Golder, 2023).



**Figura 10.1.8 - Insolação total (horas) na Estação Meteorológica avaliada.**

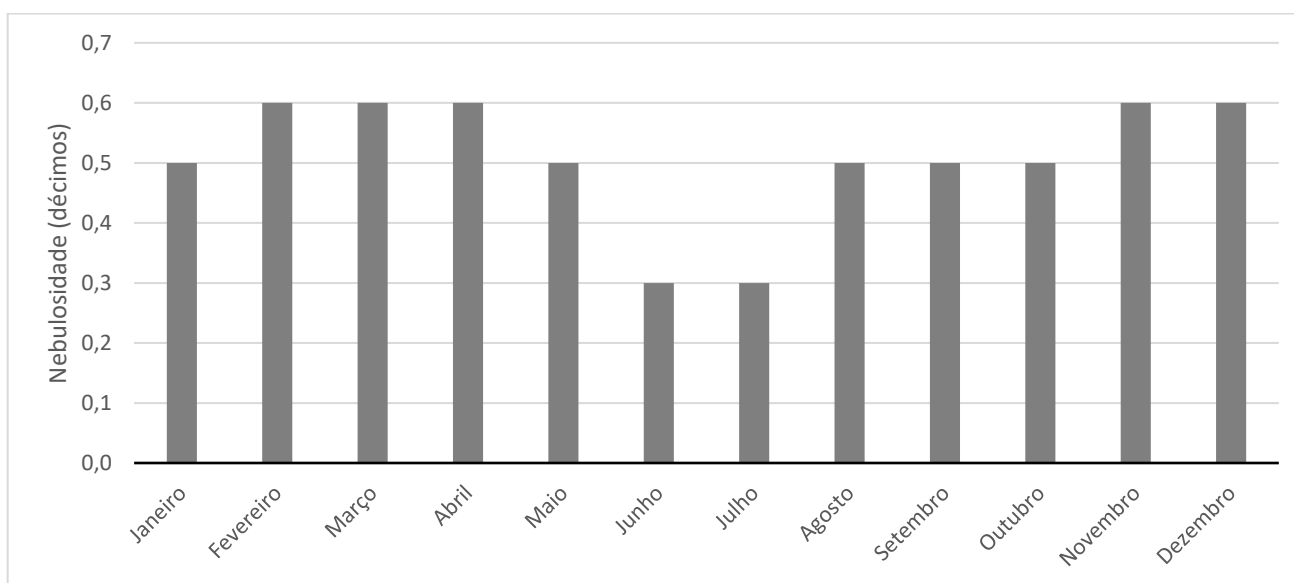
Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas, período 1981-2010 (Golder, 2023).

No que se refere à nebulosidade, conforme os dados apresentados na **Tabela 10.1.10-Insolação total por mês, na estação meteorológica avaliada**, **Tabela 10.1.11** e na **Figura 10.1.9**, os meses com os maiores registros de nebulosidade são novembro, dezembro, fevereiro, março e abril, que também configuram os meses de maior precipitação pluviométrica na região. Os meses de junho e julho, por sua vez, registram os menores valores de nebulosidade, que coincidem justamente com os meses em que há o registro de maior insolação. Em relação à nebulosidade média anual, a estação de São Félix do Xingu, para o período 1981-2010, apresenta um valor de 0,5.

**Tabela 10.1.11-Nebulosidade (décimos) por mês, na estação Meteorológica avaliada.**

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Nebulosidade (décimos)	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas, período 1981-2010 (Golder, 2023).



**Figura 10.1.9 - Nebulosidade (décimos) na Estação Meteorológica avaliada.**

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas, período 1981-2010 (Golder, 2023).

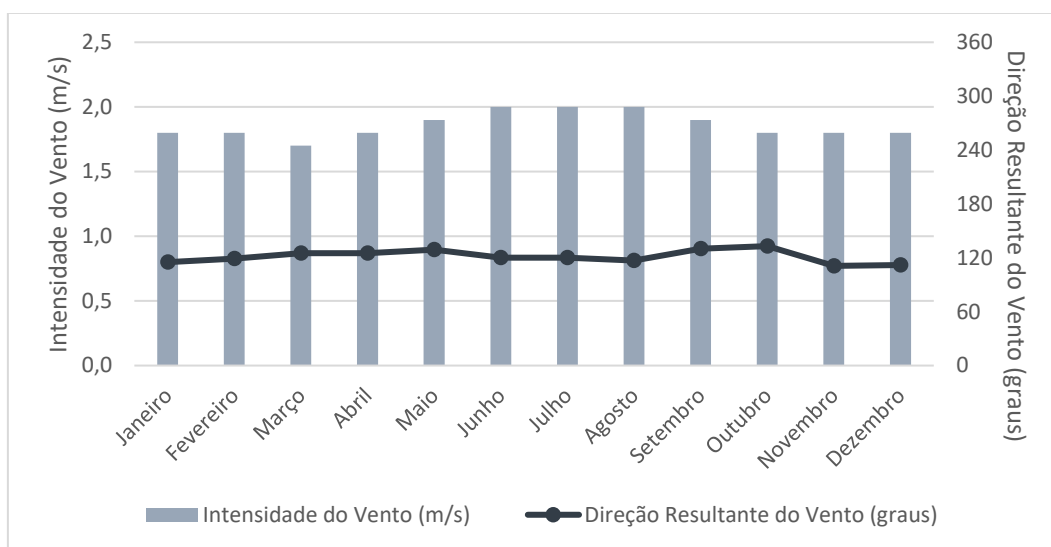
#### 10.1.1.4.6 Ventos – direção predominante e velocidade média

A partir dos dados contidos na **Tabela 10.1.12** e apresentados graficamente na **Figura 10.1.10**, observa-se que a velocidade média dos ventos, de acordo com a escala Beaufort, pode ser considerada fraca na região do empreendimento, sendo caracterizada como brisa leve. Os meses de junho, julho e agosto registram os maiores valores de velocidade média, quando chegam a 2,0 m/s. No que se refere à direção resultante do vento, a partir dos dados é possível observar que os ventos na região do empreendimento possuem baixa variabilidade ao longo do ano, alternando entre 111 e 133 graus, com uma direção predominante do vento ao longo do ano de 121,3°, ESE (este-sudeste).

**Tabela 10.1.12-Intensidade dos Ventos (m.s<sup>-1</sup>) e direção resultante (graus) predominantes na Estação Meteorológica avaliada.**

Meses	Intensidade do Vento (m.s <sup>-1</sup> )	Direção Resultante do Vento (graus)
Janeiro	1,8	115,0
Fevereiro	1,8	119,0
Março	1,7	125,0
Abril	1,8	125,0
Maiο	1,9	129,0
Junho	2,0	120,0
Julho	2,0	120,0
Agosto	2,0	117,0
Setembro	1,9	130,0
Outubro	1,8	133,0
Novembro	1,8	111,0
Dezembro	1,8	112,0
<b>Ano</b>	<b>1,9</b>	<b>121,3</b>

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas, período 1981-2010 (Golder, 2023).

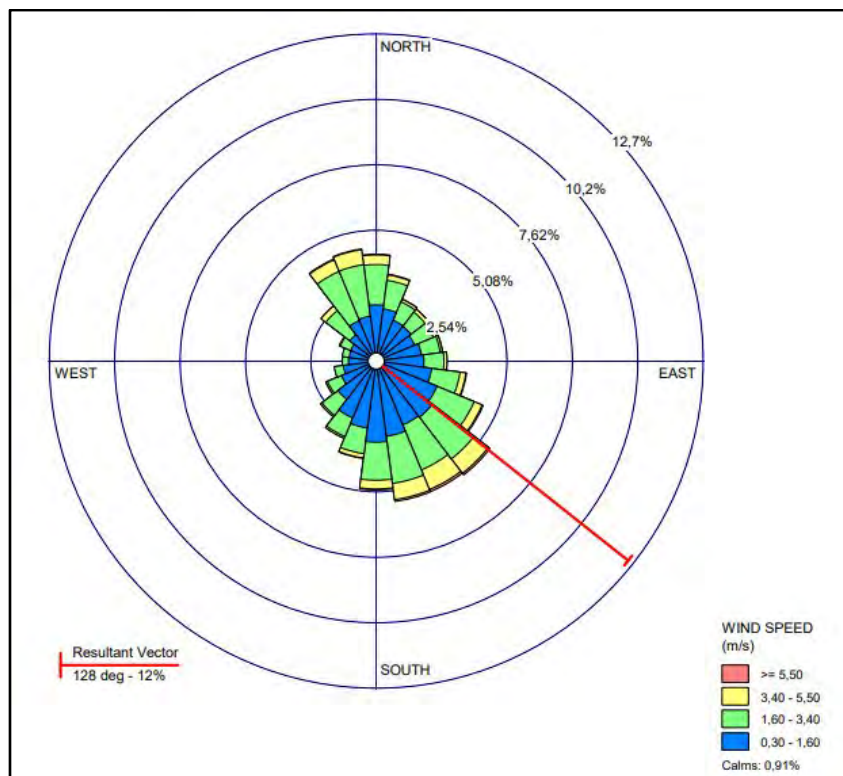


**Figura 10.1.10 - Gráfico de intensidade do vento anual na Estação Meteorológica avaliada.**

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas período 1981-2010 (Golder, 2023).

O anemograma apresentado na **Figura 10.1.11**, feito com os dados horários de direção e intensidade dos ventos de 2017 a 2021 da estação meteorológica de São Félix do Xingu, revelam que, pelo vetor resultante (128° em 12% do tempo), os ventos tendem a soprar do sudeste, o que é um resultado coerente com o observado para a normal climatológica de 1981-2010, que apresenta um azimute médio de aproximadamente 120°. No que se refere à velocidade predominante dos ventos, os dados apresentaram um valor médio de 1,6m/s, que é um vento classificado como brisa leve, de acordo com a escala de Beaufort.

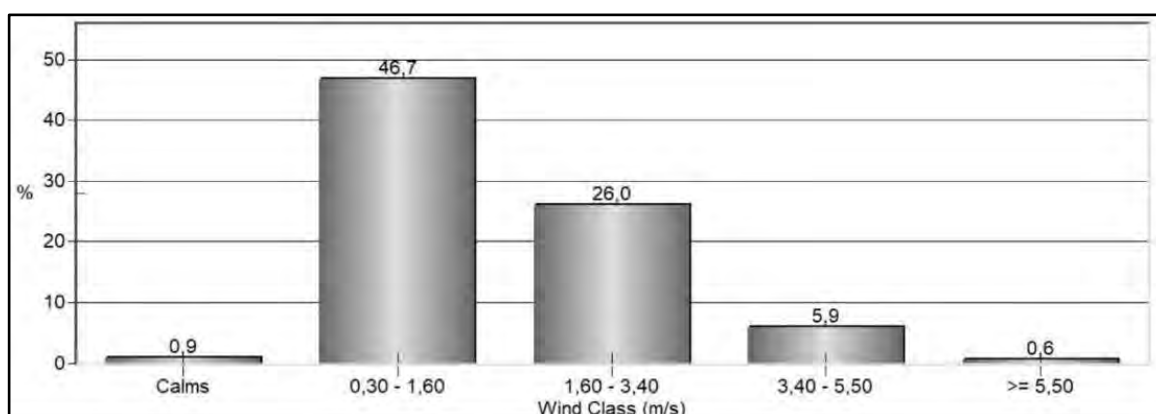




**Figura 10.1.11 - Anemograma de frequência da direção de origem e intensidade do vento para a Estação Climatológica de São Félix do Xingu no período de 01/01/2017 a 31/12/2021.**

Fonte: Dados INMET (2022).

A **Figura 10.1.12** a seguir traz um histograma dos ventos onde é possível perceber que os ventos da classe de 0,3 a 1,6m/s (do tipo aragem) é o mais frequente na área, ocorrendo em 46,7% do tempo. Na sequência, são registrados os ventos com intensidade de 1,6 a 3,4m/s, da classe tipo brisa leve, que ocorrem em 26% do tempo, seguidos dos ventos com intensidade de 3,4 a 5,5 (brisa fraca) em 5,9% do tempo e, por fim, dos ventos com intensidade superior a 5,5m/s, que possuem registro em apenas 0,6% do tempo.



**Figura 10.1.12 - Histograma de frequência da intensidade do vento para a Estação Climatológica de São Félix do Xingu no período de 01/01/2017 a 31/12/2021.**

Fonte: Dados INMET (2022).

### 10.1.1.5 Considerações finais

Os dados apresentados no presente diagnóstico permitem concluir que a região em que o Projeto Jaguar está inserido apresenta um clima Equatorial quente e úmido, caracterizado pela ocorrência de elevada umidade e altos índices pluviométricos, com um a três meses secos, com uma baixa amplitude térmica média mensal ao longo do ano.

Os dados da Normal Climatológica de 1981 – 2010 da estação meteorológica São Félix do Xingu, a estação do INMET mais próxima da área do projeto, apontam temperaturas médias anuais acima dos 17°C, enquanto os dados pluviométricos registram dois períodos distintos, com chuvas concentradas entre os meses de dezembro e abril, e um período menos chuvoso entre os meses de junho e agosto.

Nos períodos sazonais de maior temperatura atmosférica, quando o solo é aquecido mais intensamente pela radiação solar, a ascensão do ar aquecido forma nuvens convectivas típicas de verão, que aumentam a nebulosidade e podem originar tempestades, típicas de um clima equatorial. Em relação ao regime de chuvas, o volume de precipitação médio anual registrado na estação meteorológica de São Félix do Xingu é de 2.041mm.

No que se refere à ação do vento, os meses de junho, julho e agosto registram os maiores valores de velocidade média, quando chegam a 2,0m/s, sendo a direção resultante do vento na região do empreendimento predominante ESE (este-sudeste) (Golder, 2023).

## 10.1.2 Qualidade do ar

### 10.1.2.1 Introdução

A qualidade do ar de uma região está diretamente relacionada com o clima e com as atividades antrópicas ali desenvolvidas, podendo sofrer variações e atingir níveis de contaminação nocivos à saúde humana, dos animais e da vegetação. Entre os principais poluentes atmosféricos que são utilizados globalmente como indicadores de qualidade do ar, e escolhidos em razão da frequência de ocorrência de seus efeitos adversos, destacam-se o Material Particulado (MP), o Monóxido de Carbono (CO), o Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>), o Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e o Ozônio (O<sub>3</sub>).

No Brasil, os limites aceitáveis para a presença desses poluentes no ar são estabelecidos pela Resolução CONAMA nº491/2018. Em seu Artigo 2, inciso I, esta Resolução determina como poluente atmosférico:

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

Sendo assim, no presente relatório, serão apresentadas as concentrações dos poluentes e seus respectivos padrões regulamentados pela CONAMA 491/2018, com o objetivo de caracterizar a qualidade do ar da região onde será implantado o Projeto Jaguar.

### 10.1.2.2 Metodologia

Para a caracterização da qualidade do ar na área do Projeto Jaguar foram utilizados os dados primários e relatórios produzidos pela empresa Bicho do Mato (Bicho do Mato, 2021) e pela empresa Q3A (Q3A, 2020; Q3A, 2021). Dessa forma, com vistas à caracterização da qualidade do ar da área do empreendimento, foram realizadas duas campanhas de medições as quais obedeceram a sazonalidade local. A primeira campanha

ocorreu entre os dias 23 e 29 de julho de 2020, enquanto a segunda foi realizada entre 25 de novembro e 01 de dezembro de 2020.

### 10.1.2.2.1 Materiais

A **Figura 10.1.13**, abaixo, apresenta os instrumentos adotados nas medições de qualidade do ar, enquanto os certificados de calibração podem ser visualizados no **ANEXO O** do presente relatório.

**Tabela 10.1.13-Descrição dos equipamentos utilizados.**

Equipamento		Fabricante	Modelo	Certificado Calibração	Data Calibração	Validade Calibração
*AGV	CPV	Energética	CPV-0641	RECPV001/20	07/01/2020	24 meses
	Manômetro	Energética	M400374B	REMN001/20	09/01/2020	24 meses
Estação de Qualidade do Ar		Environmental Instruments Ltd	AQMesh	AQM26/2019 AQMPM26/19	05/07/2019	18 meses
Barômetro		Vectus	WS110	1352/2019	04/07/2019	24 meses
GPS		Garmin	62	-	-	-
Câmera		Nikon	S33	-	-	-

(\*) Amostrador de Grande Volume - AGV cuja calibração deve ser realizada em campo livre no ato da sua instalação, utilizando acessórios calibrados em laboratório acreditado pela NBR 17025, como, por exemplo, o Calibrador Padrão de Vazão - CPV e o Manômetro. As planilhas utilizadas em campo livre para a calibração do AGV estão apresentadas no ANEXO O. Fonte: Q3A (2020; 2021) apud Bicho do Mato (2021).

Para o parâmetro PTS foi utilizada um Amostrador de Grande Volume (AGV), que é composto por um moto-aspirador acoplado a um separador inercial de partículas (cabeça separadora do teto em duas águas), de forma que os procedimentos de coleta em campo foram realizados observando a norma ABNT NBR 9547/86 - Material Particulado em Suspensão no ar ambiente - Determinação da concentração total pelo método do AGV. Após a realização do monitoramento, as amostras de PTS foram coletadas e submetidas a ensaios gravimétricos que foram executados pelo laboratório da empresa MEAM – Medições Ambientais, acreditado segundo a norma ISO/IEC 17.025 (Bicho do Mato, 2021).

Os gases SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO e O<sub>3</sub>, por sua vez, foram medidos em modo contínuo por meio de sensores eletroquímicos de detecção automática, enquanto as Partículas Inaláveis MP<sub>2.5</sub> e MP<sub>10</sub> foram contadas por meio de sensores ópticos, também em contínuo, de forma que todas as medições foram realizadas em uma estação automática compacta de qualidade do ar (Bicho do Mato, 2021).

### 10.1.2.2.2 Normas e regulamentações para qualidade do ar

Os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela CONAMA 491/18 encontram-se apresentados na **Tabela 10.1.14**, assim como os níveis de criticidade das concentrações dos poluentes, que foram divididos entre Nível de Atenção, Nível de Alerta e Nível de Emergência, e estão apresentados na **Tabela 10.1.15**.

**Tabela 10.1.14-Padrões de Qualidade do Ar estabelecidos na Resolução CONAMA 491/18.**

Poluente	Período de Referência	PI-1*	PI-2*	PI-3*	PF*	
		µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	ppm
Material Particulado - MP <sub>10</sub>	24 horas	120	100	75	50	---
	Anual <sup>1</sup>	40	35	30	20	---
Material Particulado - MP <sub>2,5</sub>	24 horas	60	50	37	25	---
	Anual <sup>1</sup>	20	17	15	10	---
Dióxido de Enxofre - SO <sub>2</sub>	24 horas	125	50	30	20	---
	Anual <sup>1</sup>	40	30	20	---	---
Dióxido de Nitrogênio - NO <sub>2</sub>	1 hora <sup>2</sup>	260	240	220	200	---
	Anual <sup>1</sup>	60	50	45	40	---
Ozônio - O <sub>3</sub>	8 horas <sup>3</sup>	140	130	120	100	---
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	---
	Anual <sup>1</sup>	40	35	30	20	---
Monóxido de Carbono - CO	8 horas <sup>3</sup>	---	---	---	---	9
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24 horas	---	---	---	240	---
	Anual <sup>4</sup>	---	---	---	80	---
Chumbo - Pb <sup>5</sup>	Anual <sup>1</sup>	---	---	---	0,5	---

\* Padrões de Qualidade do Ar Intermediários (PI-1, PI-2 e PI-3) e Final (PF). <sup>1</sup> - média aritmética anual; <sup>2</sup> - média horária; <sup>3</sup> - máxima média móvel obtida no dia; <sup>4</sup> - média geométrica anual; <sup>5</sup> - medido nas partículas totais em suspensão. Fonte: Resolução CONAMA 491/2018.

**Tabela 10.1.15-Níveis de Atenção, Alerta e Emergência para poluentes e suas concentrações (estabelecidos na Resolução CONAMA 491/18).**

Nível	Poluentes e concentrações					
	SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup> (média de 24h)	Material Particulado		CO ppm (média móvel de 8h)	O <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup> (média móvel de 8h)	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup> (média de 1h)
		MP10	MP2,5			
		µg/m <sup>3</sup> (média de 24h)	µg/m <sup>3</sup> (média de 24h)			
Atenção	800	250	125	15	200	1.130
Alerta	1.600	420	210	30	400	2.260
Emergência	2.100	500	150	40	600	3.000

Legenda: SO<sub>2</sub> = dióxido de enxofre; MP<sub>10</sub> = material particulado com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 10 µm; MP<sub>2,5</sub> = material particulado com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 2,5 µm; CO = monóxido de carbono; O<sub>3</sub> = ozônio; NO<sub>2</sub> = dióxido de nitrogênio µg/m<sup>3</sup>; ppm = partes por milhão. Fonte: Resolução CONAMA 491/18.

Os padrões definidos na Resolução deverão ser adotados sequencialmente considerando três etapas intermediárias (PI-1, PI-2, PI-3) e uma final (PF). Os padrões da etapa 1 (PI-1) entraram em vigor a partir da publicação da Resolução, enquanto os padrões PI-2, PI-3 e PF serão alcançados de forma subsequente, conforme os Planos de Controle de Emissões Atmosféricas e os Relatórios de Avaliação da Qualidade do Ar elaborados por órgãos estaduais e distrital de meio ambiente. Para os poluentes monóxido de carbono, partículas totais em suspensão e chumbo, a CONAMA 491/18 determina a adoção imediata dos valores finais (etapa PF) recomendados pela Organização Mundial de Saúde.

Cabe destacar que de acordo com os incisos 1º e 2º do artigo 3º da Resolução CONAMA nº 491/2018, os parâmetros Chumbo e Fumaça possuem conceituações de obrigatoriedade de monitoramento diferenciadas dos demais parâmetros e não foram monitorados para elaborar o presente relatório. Abaixo são apresentados os incisos 1º e 2º do artigo 3º da Resolução CONAMA nº 491/2018:

§ 1º. O Chumbo no material particulado é um parâmetro a ser monitorado em áreas específicas, em função da tipologia das fontes de emissões atmosféricas e a critério do órgão ambiental competente.

§ 2º. As Partículas Totais em Suspensão - PTS e o Material Particulado em Suspensão na forma de Fumaça – FMC são parâmetros auxiliares, a serem utilizados em situações específicas, a critério do órgão ambiental competente”.

### **10.1.2.2.3 Malha amostral**

Para a definição dos pontos de medição de qualidade do ar foi considerada toda área do empreendimento, sendo realizado um levantamento por fotointerpretação de imagem de satélite das moradias e/ou estruturas de comunidades que estão dispostas no seu entorno, a fim de priorizando sempre que possível a seleção de locais com Receptores Potencialmente Críticos (Bicho do Mato, 2021).

A **Figura 10.1.13** abaixo apresenta a espacialização dos pontos de medição e a **Tabela 10.1.16** apresenta a localização de cada ponto.

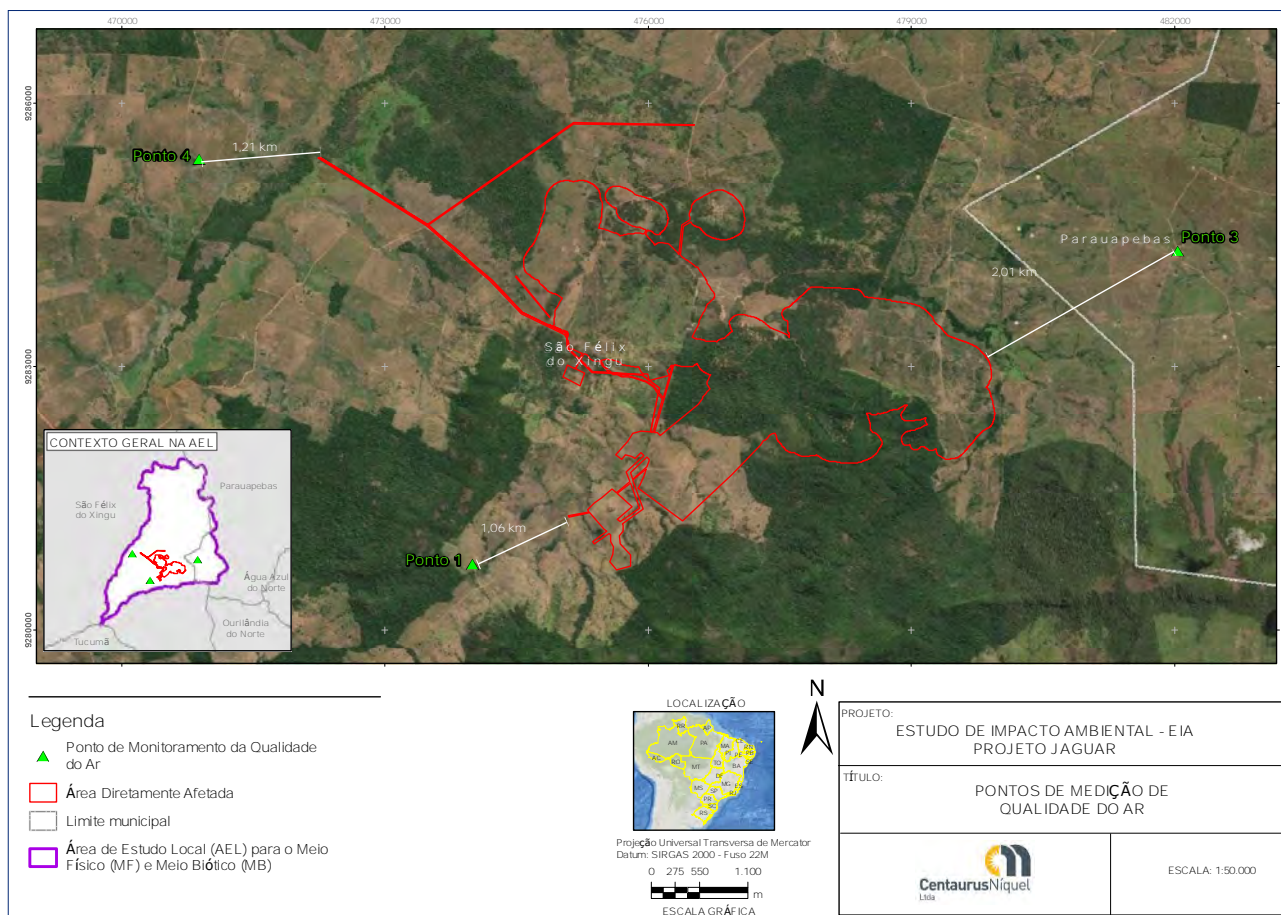


Figura 10.1.13 - Pontos onde foram realizadas as medições da qualidade do ar.

Tabela 10.1.16-Identificação dos locais das medições.

Ponto	Coord. Geográfica (Datum Sirgas 2000)		Coord. Métricas (Sirgas 2000 – 22S)		Descrição
	Latitude	Longitude	Longitude	Latitude	
P1	6°30'24.84 "S	51°14'6.90" O	473990	9280755	Ponto localizado ao lado da residência do Sr. Edir Carlos Moreira Coelho, estrada vicinal, s/nº, zona rural de São Félix do Xingu – PA.
P3	6°28'28.78 "S	51° 9'45.17"O	482027	9284322	Ponto localizado ao lado da residência do Sr. Sergio Luiz Lopes, estrada vicinal, s/nº, zona rural de São Félix do Xingu – PA.
P4	6°27'54.50 "S	51°15'47.95 "O	470884	9285370	Ponto localizado ao lado da residência do Sr. Cícero Wanderley, estrada vicinal, s/nº, zona rural de São Félix do Xingu – PA.

Fonte: Q3A (2020, 2021) apud Bicho do Mato (2021).



**Figura 10.1.14 - Detalhe dos equipamentos de medição de qualidade do ar no ponto P1**  
Fonte: Q3A (2020) apud Bicho do Mato (2021).



**Figura 10.1.15 - Aspectos do posicionamento dos equipamentos de medição de qualidade do ar no ponto P3.**  
Fonte: Q3A (2020) apud Bicho do Mato (2021).



**Figura 10.1.16 - Detalhe dos equipamentos de medição de qualidade do ar no ponto P4**  
Fonte: Q3A (2020) apud Bicho do Mato (2021).

### 10.1.2.3 Resultados

De maneira geral, a paisagem no entorno do Projeto Jaguar apresenta um uso do solo predominantemente rural, marcada por pastagens, baixa densidade demográfica, residências dispersas e cobertura vegetal localizada em remanescentes florestais. Nesse contexto, cabe destacar que as principais fontes de emissão atmosférica são oriundas do tráfego de veículos em estradas não pavimentadas, queimadas, além da suspensão de poeiras pelo vento em estradas e terrenos com solo exposto (Bicho do Mato, 2021).

Abaixo são apresentados os gráficos elaborados para cada concentração de poluente analisado, sendo a amostragem convencional para PTS e amostragem automática de partículas e gases em todos os pontos durante dois dias, conforme apresentado na metodologia. No **ANEXO P** e no **ANEXO Q** são apresentados os resultados quantitativos obtidos nas medições da primeira e segunda campanhas, respectivamente.

### 10.1.2.3.1 Partículas totais em suspensão (PTS)

De acordo com a Resolução CONAMA 491/2018, os padrões de qualidade estabelecidos para PTS consideram dois períodos de referência, sendo eles diário e o anual, com limites de 240 e 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente.

De acordo com os resultados obtidos, não foi observada ultrapassagem ao padrão diário, conforme é possível visualizar na **Figura 10.1.17**. A maior concentração, de 190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  foi registrada no primeiro dia de amostragem do ponto P4, enquanto a menor concentração, de 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , foi registrada no segundo dia de amostragem do ponto P1, localizado na Estância São Sebastião (Bicho do Mato, 2021).

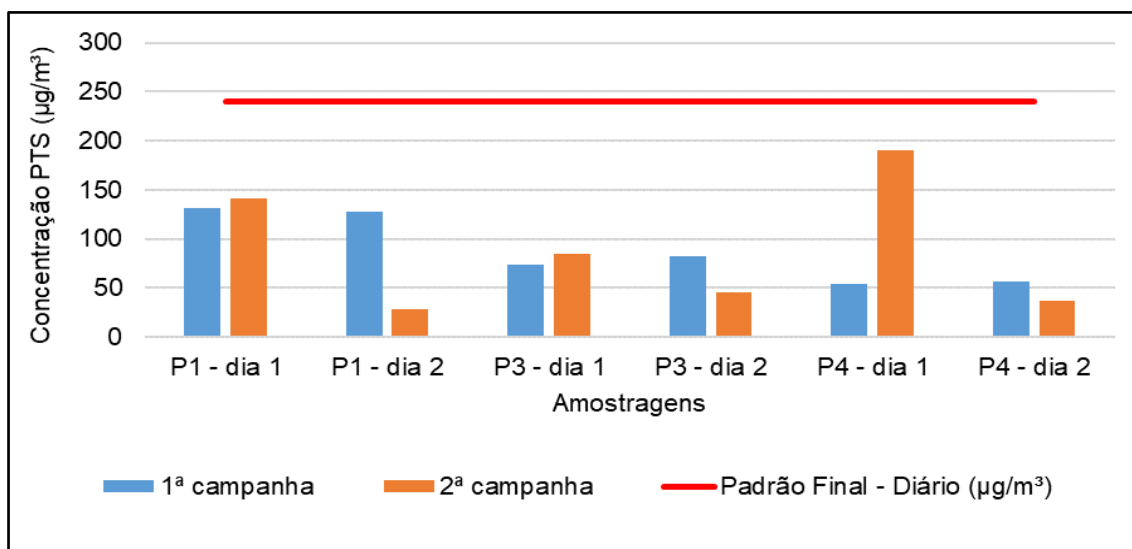


Figura 10.1.17 - Gráfico com os resultados da amostragem convencional de PTS.

Fonte: Q3A (2020, 2021) apud Bicho do Mato (2021).

### 10.1.2.3.2 Partículas inaláveis (PM<sub>10</sub>)

Para fins de comparação com o Padrão PI-1 da Resolução CONAMA 491/2018, foram determinadas as médias diárias de 24 horas, cujo limite é de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para PM<sub>10</sub>. A **Figura 10.1.18** apresenta o gráfico com as concentrações médias de 24 horas de PM<sub>10</sub>, não sendo observada ultrapassagem ao padrão diário.

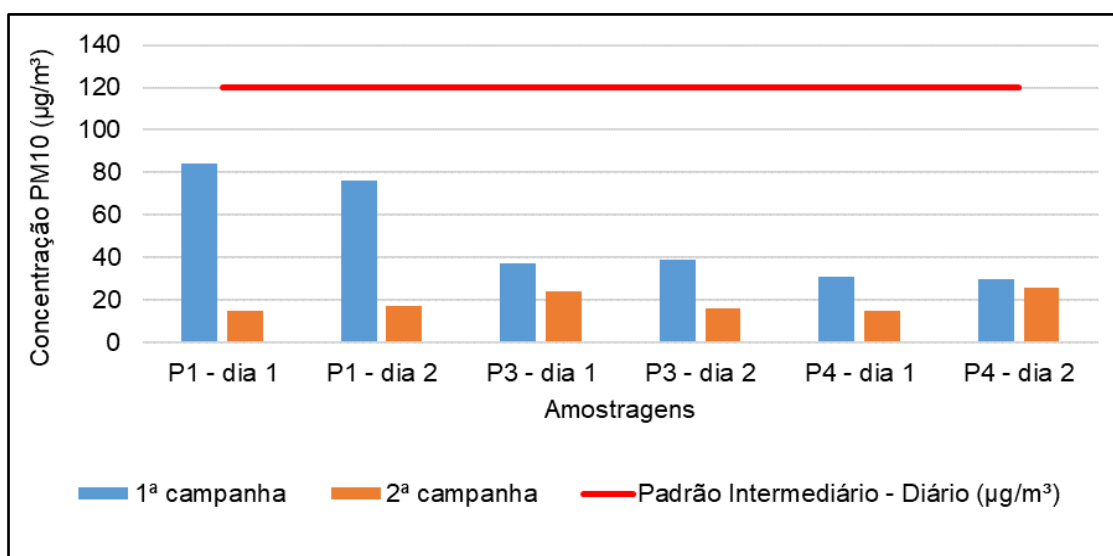


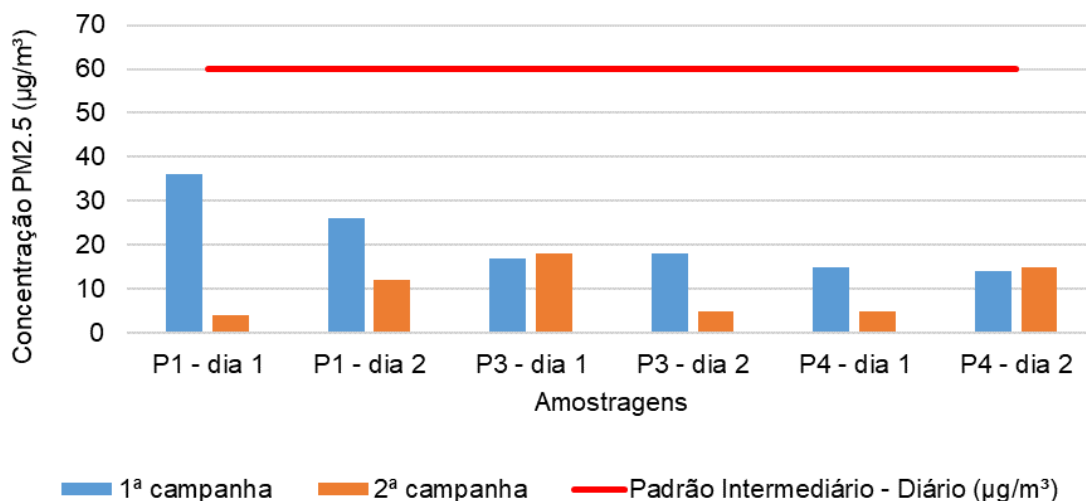
Figura 10.1.18 - Gráfico com os resultados da amostragem convencional de MP10.

Fonte: Q3A (2020, 2021) apud Bicho do Mato (2021).



### 10.1.2.3.3 Partículas Finas (PM<sub>2.5</sub>)

Para fins de comparação com o Padrão PI-1 da Resolução CONAMA 491/2018, foram determinadas as médias diárias de 24 horas, cujo limite é de 60µg/m<sup>3</sup>. A **Figura 10.1.19** apresenta o gráfico com as concentrações médias de 24 horas de PM<sub>2.5</sub>, não sendo observada ultrapassagem ao padrão diário.

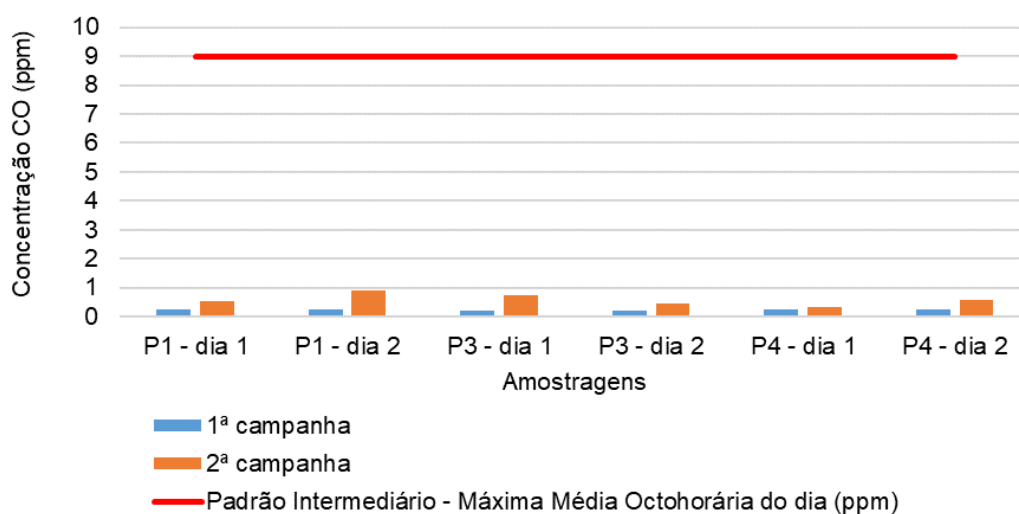


**Figura 10.1.19 - Gráfico com os resultados da amostragem convencional de MP2.5.**

Fonte: Q3A (2020, 2021) apud Bicho do Mato (2021).

### 10.1.2.3.4 Monóxido de carbono (CO)

Na **Figura 10.1.20** estão indicadas as concentrações médias de monóxido de carbono registradas em campo, onde não se observa ultrapassagens ao padrão estabelecido pela resolução CONAMA 491/2018, que é de 9ppm (10.304µg/m<sup>3</sup> a 25°C) para um período de referência de 8h.

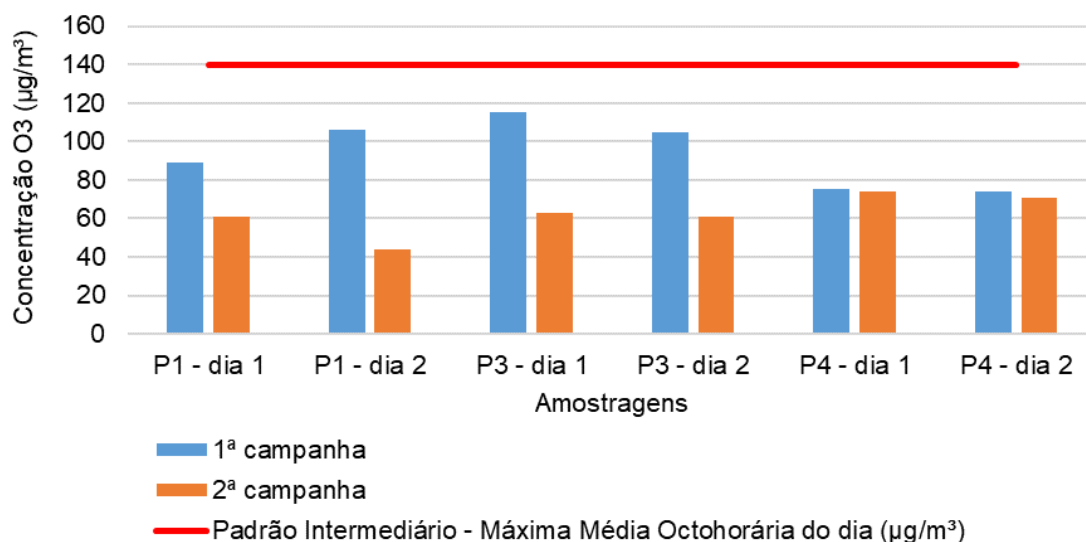


**Figura 10.1.20 - Gráfico com os resultados da amostragem convencional de CO.**

Fonte: Q3A (2020, 2021) apud Bicho do Mato (2021).

### 10.1.2.3.5 Ozônio (O3)

O período de avaliação para este poluente é de 8 h, com limite de 140 µg/m³ (72 ppb), segundo a CONAMA 491/2018. Nesse sentido, não foi observada a ultrapassagem ao padrão estabelecido pela resolução CONAMA 491/2018 para este parâmetro, conforme é possível observar na **Figura 10.1.21**.

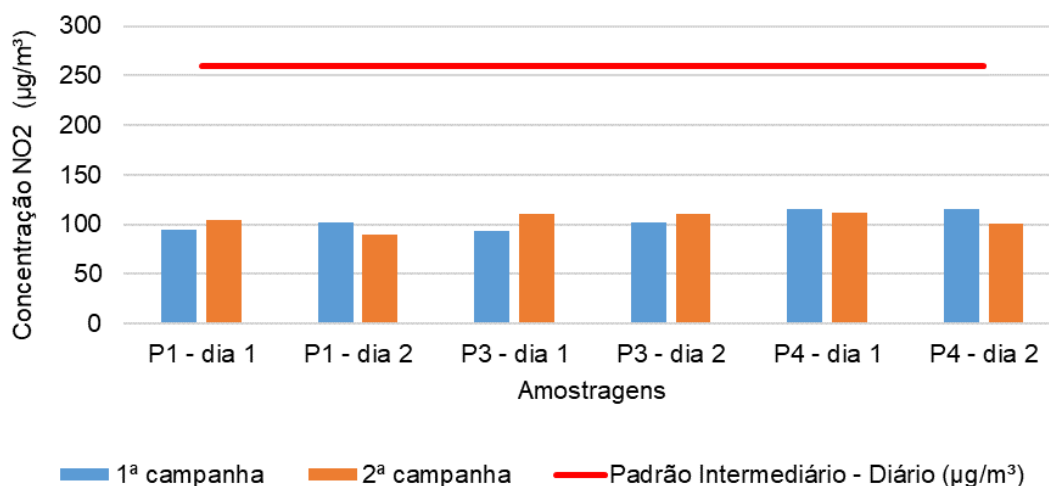


**Figura 10.1.21 - Gráfico com os resultados da amostragem convencional de O3.**

Fonte: Q3A (2020, 2021) apud Bicho do Mato (2021).

### 10.1.2.3.6 Dióxido de nitrogênio (NO2)

Para o poluente dióxido de nitrogênio, a CONAMA 491/18 estabelece como padrão (PI-1) 200 µg/m³ para o período de 1 hora e 60 µg/m³ anual. Em relação ao padrão de curta exposição (1h), cujo limite é de 260 µg/m³, não foram constatadas violações nas amostragens realizadas, conforme é possível observar na **Figura 10.1.22**.

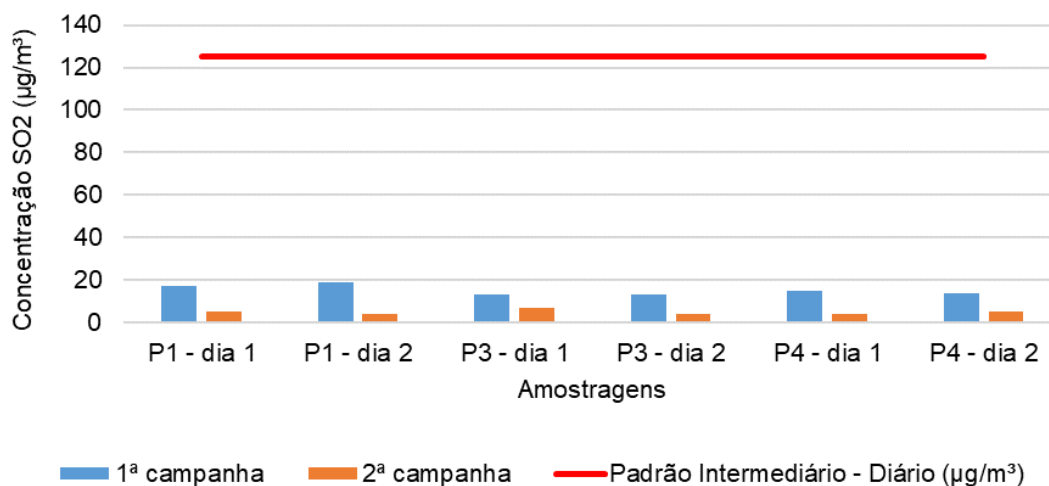


**Figura 10.1.22 - Gráfico com os resultados da amostragem convencional de NO2.**

Fonte: Q3A (2020, 2021) apud Bicho do Mato (2021).

### 10.1.2.3.7 Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>)

Para o poluente SO<sub>2</sub>, os períodos de exposição definidos pela CONAMA 491/18 são dois, sendo eles: exposição diária (24 h) e exposição anual, com limites de 125µg/m<sup>3</sup> e 40µg/m<sup>3</sup>, respectivamente. No que se refere ao padrão de exposição diária (24h), não foram constatadas violações nas amostragens realizadas, conforme é possível observar na **Figura 10.1.23**, onde os valores ficaram abaixo dos 125µg/m<sup>3</sup>.



**Figura 10.1.23 - Gráfico com os resultados da amostragem convencional de SO<sub>2</sub>.**

Fonte: Q3A (2020, 2021) apud Bicho do Mato (2021).

### 10.1.2.4 Considerações finais

De acordo com o presente diagnóstico, foi possível constatar que, para os poluentes atmosféricos monitorados entre os dias 23 e 29 de julho de 2020 (primeira campanha) e entre 25 de novembro e 01 de dezembro de 2020 (segunda campanha), não houve o registro de violação aos padrões primários regulamentados pela Resolução CONAMA 491/2018 para os poluentes atmosféricos CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e PTS, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>.

As análises dos registros das concentrações de background de gases e material particulado na área de influência do empreendimento, em São Félix do Xingu, evidenciaram comportamentos tipicamente de áreas rurais nos parâmetros medidos.

Os resultados do monitoramento, de forma geral, evidenciam níveis baixos de comprometimento da qualidade do ar, sem registros de violação aos Padrões de Qualidade estabelecidos pela CONAMA 491/2018 durante as campanhas realizadas. Cabe destacar, no entanto, que apesar dos parâmetros estarem dentro dos padrões diários ou horários, dependendo do parâmetro, os resultados evidenciaram níveis elevados para alguns dos parâmetros quando anualizados, corroborando com as análises das concentrações médias anuais obtidas remotamente por satélite no período de 2003 a 2020 (Bicho do Mato, 2021).

Considerando a metodologia adotada para avaliação da qualidade do ar, o valor projetado para a média anual de PTS foi de 78,08 µg/m<sup>3</sup>, valor correspondente a 98% do limite máximo estabelecido pela Resolução Conama 491/18, que é de 80 µg/m<sup>3</sup>. Para o parâmetro PM<sub>10</sub>, o valor projetado para média anual foi de 33,29 µg/m<sup>3</sup>, valor correspondente a 83% do limite máximo estabelecido por essa mesma resolução para o Padrão de Qualidade do Ar Intermediário-1, que é de 40 µg/m<sup>3</sup> (Golder, 2023).

### **10.1.3 Ruídos e vibrações**

#### **10.1.3.1 Diagnóstico de ruído ambiental**

##### **10.1.3.1.1 Introdução**

O presente item do diagnóstico tem como objetivo caracterizar os níveis de pressão sonora no entorno do Projeto Jaguar, considerando as possíveis alterações dos padrões atuais dos níveis de pressão sonora decorrentes de atividades construtivas e operacionais do empreendimento, com vistas ao atendimento das normas vigentes e a manutenção de condições adequadas relacionadas ao conforto acústico no entorno do projeto.

Nesse sentido, foram executadas medições em período anterior à instalação do empreendimento para aferição dos níveis de pressão sonora em pontos previamente definidos, dos quais os valores obtidos serão utilizados como referência para as fases posteriores, para que os impactos da alteração dos níveis de pressão sonora decorrentes das atividades do processo construtivo e da operação do empreendimento sejam monitorados e mitigados.

##### **10.1.3.1.2 Metodologia**

Para a caracterização dos níveis de pressão sonora na área do Projeto Jaguar foram utilizados os dados primários e relatórios produzidos pela empresa Bicho do Mato (Bicho do Mato, 2021) e pela empresa Q3A (Q3A, 2020a). Dessa forma, com vistas à caracterização dos níveis de pressão sonora da área do empreendimento, foi realizada uma campanha de campo entre os dias 25 e 29 de julho de 2020, em que foram aferidos os níveis de pressão sonora em períodos diurno e noturno, com foco em Receptores Potencialmente Críticos.

É importante destacar que as medições foram executadas em atendimento à NBR-10.151:2019/Er1:2020, uma vez que esta é a norma técnica vigente, que determina os procedimentos de medição e os limites a serem considerados no que tange à poluição sonora emitida por atividades industriais.

A partir dos dados levantados e das ações realizadas em campo, foram apresentados os pontos de monitoramento de níveis de pressão sonora com suas respectivas medições e, posteriormente, comparados aos níveis admissíveis segundo a NBR-10.151:2019/Er1:2020.

##### **10.1.3.1.2.1 Normas e regulamentações para níveis de pressão sonora**

##### **10.1.3.1.2.2 Resolução CONAMA nº 001/1990**

A Resolução CONAMA nº 001/1990 estabelece critérios e padrões para emissões de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais e recreativas. Esta Resolução indica a observância da Norma NBR-10.151/2019, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Esta Resolução indica que os ruídos com níveis superiores aos aceitáveis pela NBR-10.151 são prejudiciais à saúde e ao sossego público. Além disso, na execução de projetos de construção para atividades heterogêneas, o nível de som produzido não pode ser maior que os níveis estabelecidos na NBR-10.151.

##### **10.1.3.1.2.3 NBR-10.151/2019**

A NBR-10.151 regula os procedimentos para medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas, com aplicação para uso geral, visando o conforto da comunidade. Nesta norma é fixado um método para a medição do nível de pressão sonora, além de preconizar o método de avaliação para medições do nível

de pressão sonora, em decibéis (dB), ponderados em “A”. Ademais, estabelece os equipamentos adequados (medidor de nível de pressão sonora e calibrador acústico, ambos certificados) para realizar medições, assim como os procedimentos que devem ser adotados. Em seguida, é determinada a avaliação do nível de pressão sonora em ambientes externos e se o nível é aceitável ou não aceitável, levando em consideração as informações apresentadas na **Tabela 10.1.17**, referente aos limites dos níveis de pressão sonora, de acordo com a ocupação humana da área e o período (noturno ou diurno), denominado  $RLA_{eq}$ .

**Tabela 10.1.17-Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período.**

Tipos de Áreas	RLAeq – Limites de níveis de pressão sonora (dB)	
	Período Diurno	Período Noturno
Áreas de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: Tabela 3 da Norma da ABNT NBR-10.151:2019/Er1:2020.

#### **10.1.3.1.2.4 Locais de monitoramento de níveis de pressão sonora**

Os locais com maior possibilidade de apresentar variação nos níveis de pressão sonora são aqueles circunvizinhos às locações das estruturas do projeto, dos canteiros de obras e áreas de apoio, bem como das principais vias de acessos que serão utilizadas.

Para a definição dos pontos de medição de níveis de pressão sonora foi considerada toda área do empreendimento, sendo realizado um levantamento por fotointerpretação de imagem de satélite das moradias e/ou estruturas de comunidades que estão dispostas no seu entorno, a fim de priorizando sempre que possível a seleção de locais com Receptores Potencialmente Críticos (Bicho do Mato, 2021).

A **Figura 10.1.24**, abaixo, apresenta a espacialização dos pontos de medição e a **Tabela 10.1.18** apresenta a localização de cada ponto.

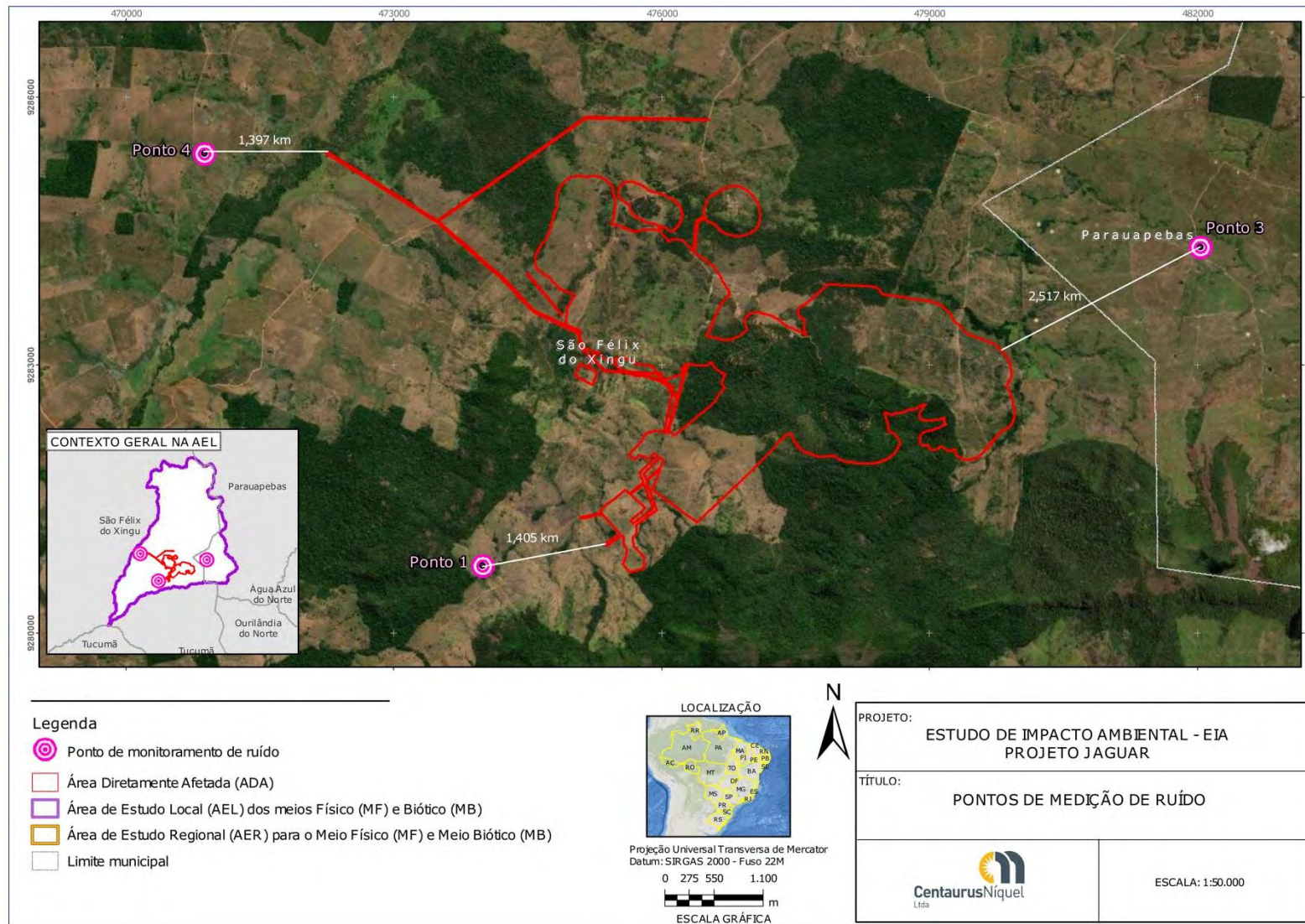


Figura 10.1.24 - Pontos onde foram realizadas as medições de ruídos.

**Tabela 10.1.18-Identificação e localização dos pontos de medição de níveis de pressão sonora.**

Ponto	Coordenadas Geográficas		Coordenadas Métricas (Sirgas 2000 – 22S)		Descrição
	Latitude	Longitude	Longitude	Latitude	
P1	6°30'24.84" S	51°14'6.90"O	473990	9280755	Ponto localizado ao lado da residência do Sr. Edir Carlos Moreira Coelho, estrada vicinal, s/nº, zona rural de São Félix do Xingu – PA.
P3	6°28'28.78" S	51° 9'45.17"O	482027	9284322	Ponto localizado ao lado da residência do Sr. Sergio Luiz Lopes, estrada vicinal, s/nº, zona rural de São Félix do Xingu – PA.
P4	6°27'54.50" S	51°15'47.95" O	470884	9285370	Ponto localizado ao lado da residência do Sr. Cícero Wanderley, estrada vicinal, s/nº, zona rural de São Félix do Xingu – PA.

Fonte:Q3A (2020, 2021) apud Bicho do Mato (2021).

Na sequência, da **Figura 10.1.25** a **Figura 10.1.27**, são apresentados os registros fotográficos da realização das medições de níveis de pressão sonora nas áreas definidas.



**Figura 10.1.25 - Detalhe do posicionamento dos equipamentos para a realização da aferição de ruídos no ponto P1**

Fonte: Q3A (2020a) apud Bicho do Mato (2021).



**Figura 10.1.26 - Ponto P3, ilustrando o posicionamento dos equipamentos para a medição de ruído.**

Fonte: Q3A (2020a) apud Bicho do Mato (2021).



**Figura 10.1.27 - Detalhe do posicionamento dos equipamentos para a aferição de ruídos no ponto P4.**

Fonte: Q3A (2020a) *apud* Bicho do Mato (2021).

### 10.1.3.1.3 Procedimentos de medições de níveis de pressão sonora

As medições de níveis de pressão sonora na área do Projeto Jaguar foram realizadas pela empresa Bicho do Mato (2021), tendo como referência a NBR 10.151:2019 - “Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral”, cujos procedimentos seguem descritos abaixo.

Nos pontos de monitoramento foram realizadas amostragens nos períodos diurno e noturno, uma a cada 01 segundo, no tempo de 10 minutos por ponto. O período diurno foi definido entre 07:00 e 22:00 e o período noturno entre 22:00 e 07:00. Cabe destacar que a campanha de medição nos períodos diurno e noturno teve como objetivo caracterizar os níveis de pressão sonora ambientais (som residual), devido à inexistência de fonte emissora específica do empreendimento (som específico).

O procedimento adotado para a campanha de medição de níveis de pressão sonora seguiu o Método Simplificado da NBR-10151/2019, o qual é utilizado para medições em ambientes externos ou internos às edificações, para avaliação decorrente de fontes sonoras contínuas e intermitentes, uma vez que não foram identificadas fontes sonoras com características de sons tonais<sup>1</sup> e impulsivos<sup>2</sup> antes de iniciar as medições.

Para a avaliação, o sonômetro foi configurado utilizando o descritor do nível sonoro denominado  $L_{Aeq,T}$ , que corresponde ao nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A e integrado em um intervalo de tempo T. Tal descritor foi medido diretamente por meio da aferição do nível de pressão sonora em um tempo T (10 minutos), em decibels (dB), e foi avaliado conforme os objetivos da medição para medir o nível de pressão sonora residual ( $L_{res}$ ).

No decorrer das medições externas, foi utilizado um anemômetro para garantir que as medições não ocorressem com ventos de intensidade superior a 5 m/s. Importante destacar que o microfone foi instalado a 1,2 m do solo e afastado a mais de 2,00 m de superfícies refletoras. O sonômetro passou pelo procedimento de ajuste, com fonte calibrada de 94,0 dB, em 1000 Hz, antes e após qualquer série de medição, não havendo variação superior a 0,5 dB em 1000Hz entre os dois ajustes.

No **ANEXO R** são apresentados os histogramas dos valores dos níveis de pressão sonora registrados, em que as linhas verdes representam o nível de pressão sonora residual -  $L_{res}$ .

<sup>1</sup> **Sons tonais:** Nível de pressão sonora contínua, na banda de 1/3 de oitava, excedendo o nível de pressão sonora das bandas adjacentes, conforme Tabela 2 da NBR 10151/2019.

<sup>2</sup> **Sons impulsivos:** Quando o resultado da subtração aritmética entre  $L_{AFmax}$  e o  $L_{Aeq,T}$  é maior ou igual a 6dB.



### 10.1.3.1.3.1 Materiais

A **Tabela 10.1.18** abaixo apresenta os instrumentos utilizados nas medições acústicas. Os certificados de calibração dos equipamentos encontram-se no **ANEXO S**.

**Tabela 10.1.19-Descrição dos equipamentos utilizados para medição de ruído.**

Equipamento	Fabricante Modelo	Modelo	nº de Série	IECs Atendidas	Certificado de calibração	Data da calibração	Validade da calibração
Sonômetro	01 dB	Fusion	11929	61672	RBC3- 10663-670	13/03/2019	24 meses**
				61260			
Calibrador	Chrompack	SmartCal	CAL0000000862	60942:2003	113059	17/03/2020	24 meses
Anemômetro	TSI	9515	T95450804006	NA*	130897/19	19/07/2019	24 meses
GPS	Garmin	S62	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*
Câmera	Nikon	S33	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*
Tripé	NA*		NA*	NA*	NA*	NA*	NA*

Nota: \* Não se aplica; \*\* Segundo a NBR 10.151:2019. Fonte: Q3A (2020a) apud Bicho do Mato (2021).

### 10.1.3.1.4 Resultados

#### 10.1.3.1.4.1 Medições dos níveis de pressão sonora na área de estudo local

A **Tabela 10.1.19** abaixo apresenta os níveis de ruído residual aferidos nos períodos diurno e noturno, nos três pontos de medição no entorno do Projeto Jaguar

**Tabela 10.1.20-Nível de pressão sonora residual - Lres dos pontos amostrados.**

Ponto <sup>1</sup>	Lres Dia <sup>2</sup>	Data	Hora	Lres Noite <sup>3</sup>	Data	Hora	Vento (m/s)	Fontes de Emissão Sonora
P1	41	28/07/2020	16:28 - 16:38	40	28/07/2020	22:01 - 22:11	<5	Vocalização humana, sons da fauna e da ação do vento sobre a vegetação.
P3	45	25/07/2020	14:09 - 14:19	50	29/07/2020	01:37 - 01:47	<5	Vocalização humana, sons de música advindos de um rádio, sons da fauna e da ação do vento sobre a vegetação.
P4	49	27/07/2020	16:01 - 16:11	36	28/07/2020	22:44 - 22:54	<5	Vocalização humana, sons da fauna e da ação do vento sobre a vegetação.

Nota: (1) Local do ponto de aferição. (2) Nível de pressão sonora residual medido no período diurno. (3) Nível de pressão sonora residual medido no período noturno. Fonte: Q3A (2020a) apud Bicho do Mato (2021).

De acordo com os dados obtidos para o período diurno e noturno, o ponto com maior nível de pressão sonora residual para o período diurno foi no ponto P4, que registrou 49dB, enquanto o maior valor para o período noturno foi identificado no P3, que registrou 50dB. Cabe destacar que durante a aferição, em todos os pontos, foi identificada como fonte de emissão sonora a vocalização humana, sons de fauna e vento sobre a vegetação, comuns a todos os pontos. É importante ressaltar, entretanto, que além dessas fontes de emissão, no ponto P3, também houve a identificação de sons de música advindos de um rádio.

No que se refere ao enquadramento do tipo de área em que o empreendimento está inserido, tendo em vista a classificação apresentada na Norma NBR-10.151:2019, estabelecida pela Resolução CONAMA 01/90, é possível caracterizá-la por seu aspecto rural, marcado pelo predomínio de pastagens, uso de maquinário escasso, residências dispersas, baixa densidade demográfica. Nesse sentido, as principais fontes de ruído

decorrem da fauna e do vento sobre a vegetação, além da vocalização humana e de ruídos provocados pelo tráfego de veículos e de pequenas obras (Bicho do Mato, 2021).

Dessa forma, tendo como referência a classificação definida pela na Norma NBR 10.151:2019 (Tabela 10.1.16), interpreta-se que todos os pontos de medição podem ser classificados como sendo localizados em “área de residências rurais”, que é congruente com as características da paisagem dos locais onde foram realizadas as aferições dos níveis de pressão sonora, em função do predomínio de propriedades de uso rural, com residências dispersas.

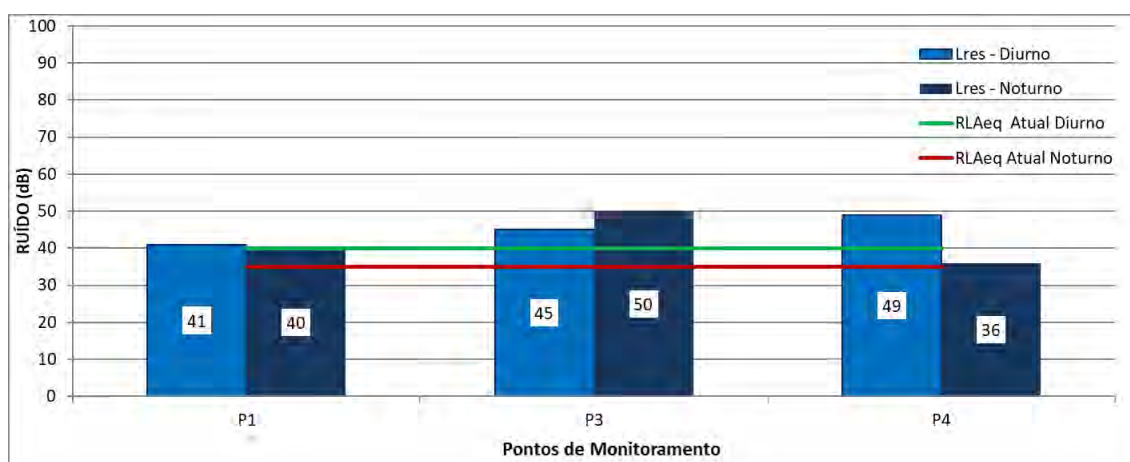
O RL<sub>Aeq</sub> definido para comparação nos três pontos de medição localizados no entorno do Projeto Jaguar foi de 40 (dB) no período diurno e 35 (dB) no período noturno. A Tabela 10.1.20 apresenta os tipos de áreas dos pontos de monitoramento e a comparação entre os níveis admissíveis segundo a NBR 10.151:2019 e os obtidos na campanha realizada antes do início do projeto.

**Tabela 10.1.21-Comparação do L<sub>res</sub> com o RL<sub>Aeq</sub> atual.**

Local <sup>1</sup>	Tipo de área <sup>2</sup>	L <sub>res</sub> diurno <sup>3</sup>	RL <sub>Aeq</sub> diurno <sup>4</sup>	L <sub>res</sub> noturno <sup>3</sup>	RL <sub>Aeq</sub> noturno <sup>4</sup>
P1	Áreas de residências rurais	41	40	40	35
P3		45		50	
P4		49		36	

Legenda: (1) Identificação do ponto de medição. (2) Tipo de área segundo a NBR 10.151:2019. (3) Nível de pressão sonora residual medido no período diurno e noturno. (4) Valor limite de emissão sonora estabelecido para o período diurno e noturno segundo a NBR 10.151:2019. Fonte: Q3A (2020a) apud Bicho do Mato (2021).

A Figura 10.1.28, por sua vez, ilustra graficamente os resultados da aferição em relação aos limites estabelecidos pela NBR 10.151:2019.



**Figura 10.1.28 - Comparação do L<sub>res</sub> com o RL<sub>Aeq</sub> atual.**

Fonte: Q3A (2020a) apud Bicho do Mato (2021).

A partir dos resultados é possível constatar que em todos os pontos amostrados, tanto no período diurno quanto no período noturno, houve a ultrapassagem do valor limite de pressão sonora estabelecido pela NBR

10.151:2019 para a classificação de uso do solo atual, o que evidencia que os níveis atuais estão acima dos limites estabelecidos pelas normativas.

#### **10.1.3.1.5 Considerações finais**

Os níveis de pressão sonora gerados pela implantação, operação e desativação do Projeto Jaguar irão se somar aos níveis de pressão sonora ambiental preexistentes no entorno do empreendimento que, de acordo com os resultados da aferição, já se encontram acima dos limites estabelecidos pela NBR 10.151:2019. Ademais, cabe destacar que a emissão sonora do empreendimento poderá ser percebida por alguns grupos da fauna, marcadamente aqueles que empregam a vocalização para estabelecer comunicação e proteger território, como primatas e aves (Golder, 2023).

### **10.1.3.2 Diagnóstico de vibração ambiental**

#### **10.1.3.2.1 Introdução**

Para a caracterização dos níveis atuais de vibração na área de estudo do Projeto Jaguar foi realizado um estudo dos potenciais receptores existentes no entorno do empreendimento, para que fossem disponibilizados dados de background da área antes da implantação e operação. Os dados de background poderão ser utilizados como referência posteriormente, para que os impactos de vibração decorrentes das atividades do processo construtivo, da operação e desativação do empreendimento sejam monitorados e mitigados.

#### **10.1.3.2.2 Metodologia**

Tal qual realizado para o diagnóstico de ruído, para a caracterização da vibração foram utilizados os dados primários e relatórios produzidos pela empresa Bicho do Mato (Bicho do Mato, 2021) e pela empresa Q3A (Q3A, 2020b).

No que se refere à legislação sobre vibrações, no Brasil não são encontradas legislações federais específicas, sendo que a que mais se aproxima é a norma NBR 9653 (ABNT, 2018), que, de acordo com Brito (2011), não trata o tema de maneira satisfatória, mesmo considerando sua revisão realizada em 2018. Cabe destacar, no entanto, que no estado de São Paulo por meio da Decisão de Diretoria da CETESB nº 215/2007/E de 07/11/2007, foi definida uma normativa que dispõe sobre a sistemática para a avaliação de incômodo causado por vibrações geradas em atividades poluidoras, o que atende ao objetivo deste diagnóstico e, por esse motivo, foram adotados como referência no presente Estudo de Impacto Ambiental.

Com vistas à caracterização do ambiente vibracional da área de influência do Projeto Jaguar, foi realizada uma campanha de campo entre os dias 25 e 29 de julho de 2020, em que foram aferidos os níveis de vibração em períodos diurno e noturno, próximo a três residências que foram identificadas como Receptores Potencialmente Críticos - RPCs. Em relação às medições, estas foram integralizadas de 1 em 1 segundo ao longo de 10 minutos por ponto, nos períodos diurno, estabelecido entre 07:00 e 20:00 e noturno, definido entre 20:00 e 07:00 (Bicho do Mato, 2021).

No que se refere à configuração do medidor de vibração, antes do início das medições o mesmo foi configurado para registrar em modo contínuo, de forma automática, eventos de vibração quando fosse ultrapassado o nível de 0,13 mm/s, que foi ajustado em campo e definido como o "trigger", em função dos valores baixos de velocidade de vibração observados em todos os pontos aferidos (Bicho do Mato, 2021).

No que se refere à instalação do acelerômetro, ele foi posicionado próximo a edificações, em superfície concretada, para que fosse facilitada a recepção da velocidade de vibração de partículas pelo eixo “x” (longitudinal) e também pelas componentes transversal (eixo z) e vertical (eixo y) do medidor de vibração (Bicho do Mato, 2021). No decorrer das medições, foi utilizado um anemômetro para garantir que as medições não ocorressem com ventos de intensidade superior a 5 m/s (Bicho do Mato, 2021).

Para análise de possíveis eventos sismográficos, foi utilizado o software dBFa disponibilizado pelo próprio fabricante do medidor de vibração. Os histogramas dos valores dos níveis de vibração registrados são apresentados no **ANEXO R**, sendo os trechos indicados por linhas amarelas correspondentes ao nível de Velocidade de Vibração de Partícula - Pico – VVPP (mm/s) (Bicho do Mato, 2021).

Por fim, no que se refere à caracterização da sismicidade natural da área do Projeto Jaguar, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, utilizando os dados dos principais observatórios e estações sismográficas existentes no país e disponibilizados pela Rede Sismográfica Brasileira (RSBR), que possui dados compilados de diversas instituições.

#### 10.1.3.2.2.1 Materiais

A **Tabela 10.1.21** abaixo apresenta os instrumentos utilizados nas medições de vibração. Os certificados de calibração dos equipamentos encontram-se no **ANEXO T**. Cabe destacar que os materiais utilizados nas medições de vibração atendem a DD nº 215/2007/E da CETESB de 07/11/2007 (Bicho do Mato, 2021).

**Tabela 10.1.22-Descrição dos equipamentos utilizados para medição de vibração.**

Equipamento	Fabricante e Modelo	nº de Série	ISO e PTB Atendidas	Certificado de calibração	Data da calibração	Validade da calibração
Medidor de Vibração	01 dB	21041	16063-21	RBC5-11056-494-2	09/04/2020	24 meses
	CAC1008000		PTB-1.63-4093038			
Anemômetro	TSI	T95450804006	NA*	130897/19	19/07/2019	24 meses
	9515					
GPS	Garmin	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*
	S62					
Câmera	Nikon	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*
	S33					
Tripé	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*

Legenda: \* Não se aplica; \*\* Segundo a NBR 10.151:2019.

Fonte: Q3A (2020b) apud Bicho do Mato (2021).

#### 10.1.3.2.2.2 Locais de Monitoramento de Vibração

No que se refere aos pontos de monitoramento de vibração, a rede amostral levou em consideração os mesmos três pontos selecionados para a aferição dos níveis de pressão sonora, que contemplou a seleção de locais com Receptores Potencialmente Críticos (Bicho do Mato, 2021). A **Figura 10.1.29**, abaixo, apresenta a espacialização dos pontos de medição e a **Tabela 10.1.22** apresenta a localização de cada ponto.

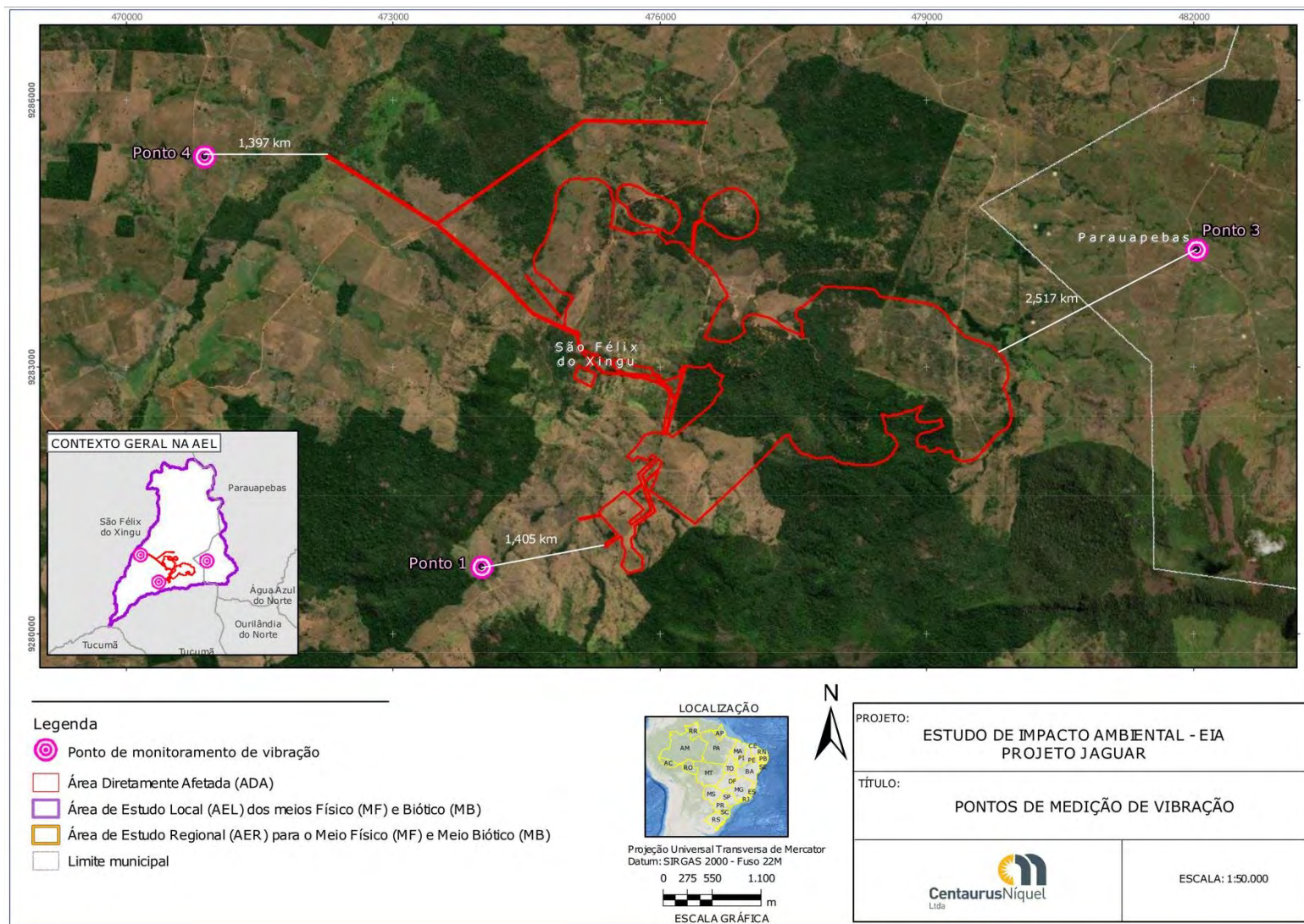


Figura 10.1.29 - Pontos onde foram realizadas as medições de vibração.

**Tabela 10.1.23-Identificação e localização dos pontos de medição de vibração.**

Ponto	Coordenadas Geográficas (SIRGAS, 2000)		Coordenadas Métricas (SIRGAS 2000 – 22S)		Descrição
	Latitude	Longitude	Latitud e	Longitude	
P1	6°30'24.84" S	51°14'6.90"O	9280755	473990	Ponto localizado ao lado da residência do Sr. Edir Carlos Moreira Coelho, estrada vicinal, s/nº, zona rural de São Félix do Xingu – PA.
P3	6°28'28.78" S	51°9'45.17"O	9284322	482027	Ponto localizado ao lado da residência do Sr. Sergio Luiz Lopes, estrada vicinal, s/nº, zona rural de São Félix do Xingu – PA.
P4	6°27'54.50" S	51°15'47.95" O	9285370	470884	Ponto localizado ao lado da residência do Sr. Cícero Wanderley, estrada vicinal, s/nº, zona rural de São Félix do Xingu – PA.

Fonte:Q3A (2020, 2021) apud Bicho do Mato (2021).

Na sequência, da **Figura 10.1.30** a **Figura 10.1.32**, são apresentados os registros fotográficos da realização das medições de níveis de pressão sonora nas áreas definidas.



**Figura 10.1.30 - Detalhe do posicionamento em campo dos equipamentos e da medição de vibração no ponto P1.**



**Figura 10.1.31 - Aspecto do posicionamento em campo dos equipamentos de medição de vibração no ponto P3.**  
 Fonte: Q3A (2020b) apud Bicho do Mato (2021).



**Figura 10.1.32 - Detalhe do posicionamento em campo dos equipamentos no ponto P4.**

Fonte: Q3A (2020b) apud Bicho do Mato (2021).

### 10.1.3.2.3 Resultados

#### 10.1.3.2.3.1 Sismicidade natural da área de estudo regional

Os sismos da Região Norte, onde se localizará o empreendimento, registrados nos bancos de dados oficiais, são pequenos quando comparados à outras regiões do Brasil, como a Nordeste, que apresenta uma intensidade considerável. A sismicidade observada na região norte é marcada, sobretudo, pelos efeitos da atividade sísmica da região Andina. Cabe destacar, no entanto, que a maior parte desses sismos acarretam poucos efeitos observáveis na superfície.

A **Figura 10.1.33**, abaixo, ilustra a densidade de sismos na área do empreendimento, onde também é possível observar que a Região Nordeste (Província da Borborema) é uma das principais zonas de atividade sísmica no Brasil, conforme mencionado anteriormente, assim como a região dos Andes, próximo ao limite da margem ativa.



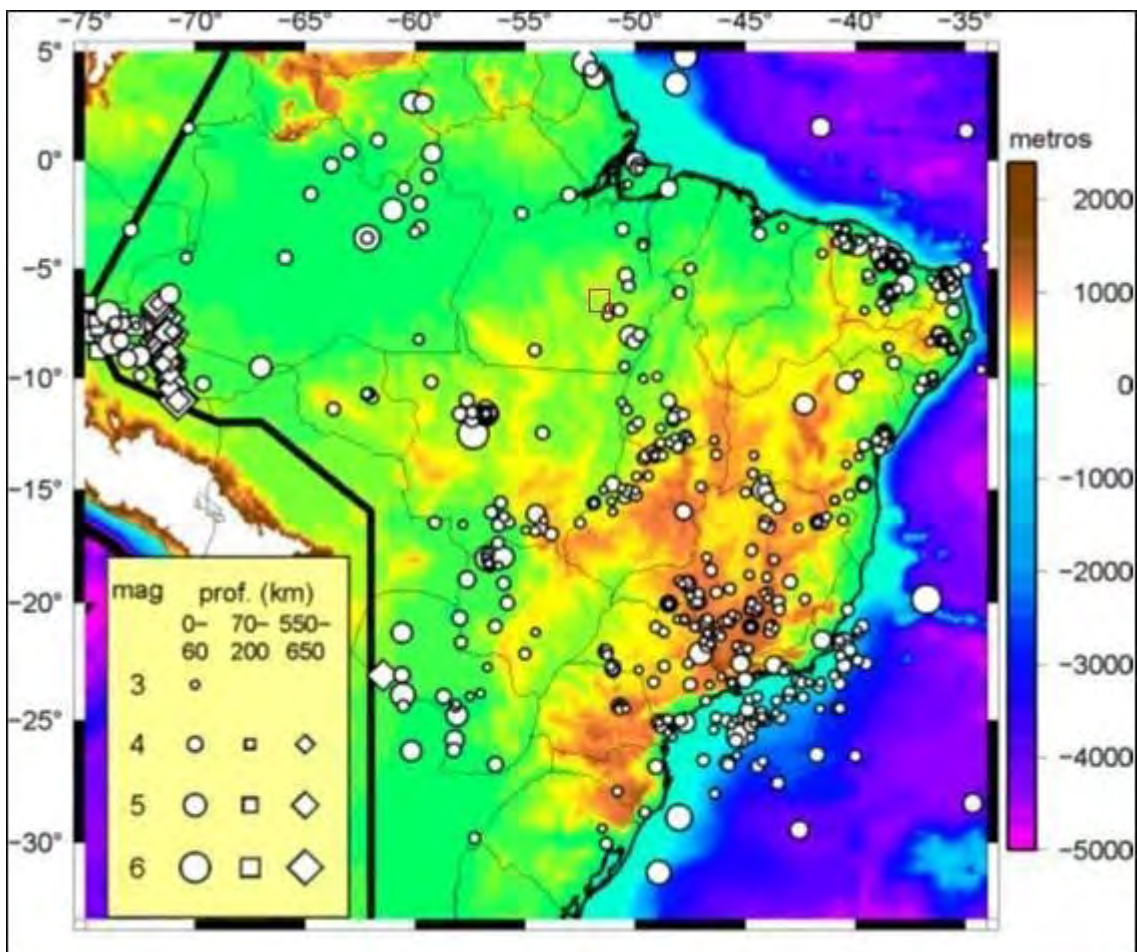


Figura 10.1.33 - Mapa de Sismos do Brasil. Polígono em vermelho indica a região do empreendimento.

Fonte: OBSIS. (Golder, 2023)

Os dados históricos apresentados na **Figura 10.1.33** indicam que a maioria dos sismos no Brasil apresenta baixa magnitude, com valores até 3,4. Tais dados permitem associar a origem dos tremores com eventos localizados, envolvendo pequenas movimentações e reajustes de blocos crustais, marcadamente em associação à província mineral de Carajás.

A listagem apresentada na **Tabela 10.1.23** é uma síntese de todas as informações relevantes relativas a cada evento sísmico ocorrido nos municípios existentes dentro da AER do Projeto Jaguar.

**Tabela 10.1.24-Lista de Sismos ocorridos nos municípios presentes na AER do Projeto Jaguar.**

Dia	Mês	Ano	Longitude	Latitude	UTM – 22S Sirgas 2000		Magnitude	Escala	Região
					E	S			
30	09	2017	-50,845	-6,046	517152	9331708	2,4	mR	Ourilândia do Norte - PA
17	05	1997	-51,250	-7,140	472395	9210767	3,2	mR	São Félix do Xingu - PA
11	12	1987	-51,200	-6,800	477900	9248355	3,0	mR	São Félix do Xingu - PA
17	11	2019	-50,550	-5,849	549815	9353467	3,3	mR	Parauapebas - PA
02	08	2019	-50,631	-5,839	540849	9354579	3,0	mR	Parauapebas - PA
14	04	2019	-49,970	-5,449	614104	9397606	3,2	mR	Parauapebas - PA
06	03	2019	-50,629	-5,864	541068	9351815	3,3	mR	Parauapebas - PA
17	07	2018	-50,558	-5,762	548937	9363085	3,3	mR	Parauapebas - PA
06	04	2018	-50,451	-5,957	560763	9341518	3,1	mR	Parauapebas - PA
04	10	2017	-50,503	-5,791	555023	9359874	2,9	mR	Parauapebas - PA
04	10	2017	-50,547	-5,779	550153	9361205	3,4	mR	Parauapebas - PA
04	10	2017	-50,651	-5,760	538640	9363313	2,1	MLv	Parauapebas - PA
01	10	2017	-50,563	-5,832	548377	9355347	3,3	mR	Parauapebas - PA
26	09	2017	-50,628	-5,930	541174	9344519	2,7	mR	Parauapebas - PA
11	07	2017	-50,612	-5,815	542954	9357230	2,6	mR	Parauapebas - PA
14	04	2017	-50,609	-5,780	543289	9361099	3,3	mR	Parauapebas - PA
11	02	2017	-50,543	-5,669	550606	9373364	3,4	mR	Parauapebas - PA
22	05	2014	-50,184	-5,942	590318	9343140	3,3	mR	Parauapebas - PA

Fonte: RSB (2022) (Golder, 2023).

A partir das informações compiladas, pode-se diagnosticar a baixa magnitude dos sismos historicamente observados na região em estudo.

#### 10.1.3.2.4 Medições de vibração na área de estudo local

A Tabela 10.1.24, abaixo, apresenta os valores médios de velocidade de vibração de partículas - pico (mm/s) das três resultantes vetoriais (x, y e z) aferidas nos pontos P1, P3 e P4 localizados no entorno do Projeto Jaguar, tanto no período diurno, entre 07:00h e 20:00h, quanto no período noturno, entre 20:00h e 07:00h.

**Tabela 10.1.25-Valores de velocidade de vibração de partículas pico - VVPP (mm/s).**

Local Ponto	VVP P Dia	Data	Hora	VVPP Noite	Data	Hora	Vento [m/s]	Fontes de Emissão de Vibração
P1	0,02	28/07/2020	16:28 - 16:38	0,03	28/07/2020	22:01 - 22:11	<5	Não foi percebida pelo técnico nenhuma fonte de emissão de vibração
P3	0,05	25/07/2020	14:09 - 14:19	0,04	29/07/2020	01:37 - 01:47	<5	
P4	0,03	27/07/2020	16:01 - 16:11	0,02	28/07/2020	22:44 - 22:54	<5	

Fonte: Q3A (2020b) apud Bicho do Mato (2021).

De acordo com os dados obtidos no monitoramento, o ponto que registrou o maior nível de vibração foi o P3, tanto no período diurno, quanto no noturno, com os valores de 0,05 VVPP (mm/s) e 0,04 VVPP (mm/s), respectivamente. Cabe destacar que no ponto P3 foi detectado em campo sons de música provenientes de um rádio, entretanto, essa pressão acústica foi avaliada como insuficiente para gerar ondas vibratórias.

Ademais, cabe salientar que durante a execução das medições nos pontos P1, P3 e P4 não foi possível identificar qualquer fonte de vibração nem mesmo senti-las no solo (Bicho do Mato, 2021).

De acordo com a norma técnica DD nº 215/2007/E da CETESB, o limite de emissão de Velocidade de Vibração de Partículas - Pico (VVPP - mm/s) considerado como recomendável para conforto humano e para a segurança de edificações é apresentado na **Tabela 10.1.25**, abaixo.

**Tabela 10.1.26-Limites de níveis de velocidade de vibração de partículas - pico – VVPP.**

Tipos de Áreas	Limites de Velocidade de Partícula - Pico (mm/s)	
	Diurno	Noturno
Áreas de hospitais, casas de saúde, creches e escolas	0,3	0,3
Área predominantemente residencial	0,3	0,3
Área mista, com vocação comercial e administrativa	0,4	0,3
Área predominantemente industrial	0,5	0,5

Nota: 1. Estes valores não se aplicam às avaliações de vibração de partícula gerada pela atividade de desmonte de rocha mediante utilização de explosivos (fogo primário). 2. Os limites são valores de referência para avaliação do incômodo. Caso os valores medidos, após a adoção de medidas de controle, forem superiores a estes, mas o incômodo cessar, não há necessidade da continuidade das ações de controle. Fonte: DD nº 215/2007/E da CETESB, 2007.

Em função das características da paisagem dos pontos de monitoramento, foi considerado no presente diagnóstico que os pontos onde foram realizadas as aferições se enquadram na tipologia de “área predominantemente residencial”, uma vez que entre as classificações indicadas na norma técnica DD nº 215/2007/E da CETESB, essa é a que apresenta maior similaridade com as características dos locais em que foram realizados os levantamentos (Bicho do Mato, 2021).

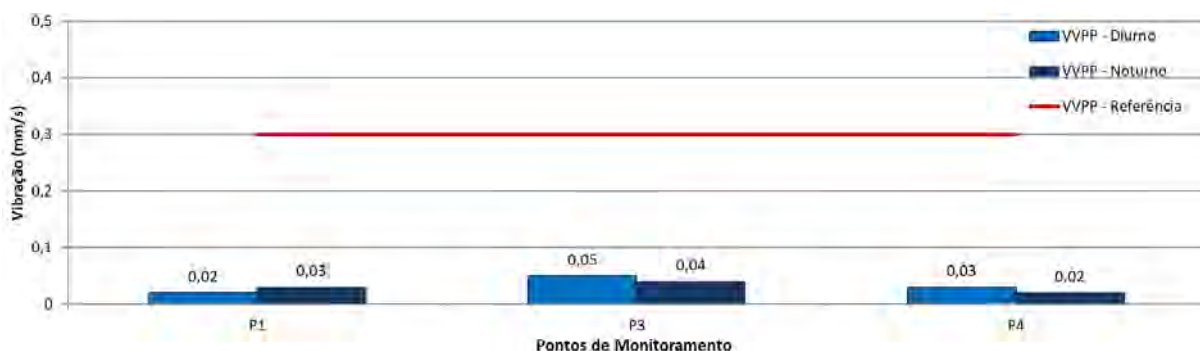
Dessa forma, o limite de emissões de vibração (VVPP) estabelecido para os três pontos de medição e que não deve ser ultrapassado em todas as fases de implantação e operação é de 0,3 (mm/s), tanto no período diurno, quanto no noturno. Para melhor visualização dos resultados, a **Tabela 10.1.26** e a **Figura 10.1.34** apresentam

a comparação entre os níveis de vibração (VVPP) medidos nos pontos P1, P3 e P4 com valor limite de emissão de vibração, conforme DD nº 215/2007/E da CETESB.

**Tabela 10.1.27-Confrontação do VVPP medido com o VVPP indicado na D.D. CETESB 215/2007/E.**

(1) Local	(2) Tipo de área	(3) VVPP diurno	(4) VVPP diurno	(3) VVPP noturno	(4) VVPP noturno
P1	Área predominantemente residencial	0,02	0,3	0,03	0,3
P3		0,05		0,04	
P4		0,03		0,02	

Nota: (1) Identificação do ponto de medição. (2) Tipo de área segundo a DD nº 215/2007/E da CETESB . (3) Nível de velocidade de vibração de partícula - pico medido no período diurno e noturno. (4) Valor limite de emissão de velocidade de vibração de partícula - pico para o período diurno e noturno segundo a DD nº 215/2007/E da CETESB . Fonte: Q3A (2020b) apud Bicho do Mato (2021).



**Figura 10.1.34 - Gráfico comparando o VVPP medido com o VVPP indicado na D.D. CETESB 215/2007/E.**

Fonte: Q3A (2020b) apud Bicho do Mato (2021).

### 10.1.3.3 Considerações finais

De maneira geral, a paisagem no entorno do Projeto Jaguar apresenta um uso do solo predominantemente rural, marcada por pastagens, baixa densidade demográfica, residências dispersas e cobertura vegetal localizada em remanescentes florestais. Nesse contexto, cabe destacar que as principais fontes de vibração e pressão sonora são emitidas pela fauna local, além do vento sobre a vegetação e a vocalização humana. Ademais, ondas vibratórias oriundas do tráfego rodoviário e pequenas obras de construção eventualmente podem contribuir enquanto fontes de vibração (Bicho do Mato, 2021).

Em relação à sismicidade natural, a partir das informações levantadas observou-se uma baixa magnitude dos sismos historicamente observados na região do empreendimento. Entretanto, cabe destacar que as vibrações provocadas pelos sismos também devem ser consideradas nos projetos de engenharia para prevenir possíveis danos às estruturas do empreendimento e ao meio ambiente.

No que se refere à avaliação das medições realizadas no presente estudo, os resultados indicam que o baixo nível atual de vibração registrado nos pontos P1, P3 e P4 é compatível com os níveis de vibrações naturais, não induzidas, sendo integralmente compatível ao relativo nível de antropização da região no entorno do Projeto Jaguar (Bicho do Mato, 2021).

## 10.1.4 Geologia

### 10.1.4.1 Introdução

Neste item será apresentado o mapeamento das unidades litoestratigráficas presentes na área de inserção do Projeto Jaguar. Trata-se de uma região mineralizada em níquel sulfetado, inserida em um complexo contexto geotectônico composto por terrenos granito-*greenstone belts* englobados na Província Estrutural Carajás.

Serão considerados os aspectos estratigráficos, litológicos e estruturais para as Áreas de Estudo Regional (AER), Local (AEL) e Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento. Além disso, serão apresentadas as informações geológico-geotécnicas para a ADA do Projeto Jaguar.

### 10.1.4.2 Metodologia

Como base para a elaboração do diagnóstico de geologia foram utilizados os mapas geológicos disponíveis no GEOSGB - Serviço Geológico do Brasil - CPRM, como a Carta geológica do Brasil ao Milionésimo - Folha Araguaia SB.22 (CPRM 2004), Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará (VAZQUEZ *et al*, 2008). Além destes, foram consultados os seguintes documentos para reconhecimento e descrição das unidades litoestratigráficas das áreas de estudo regional, local e da área diretamente afetada: EIA – Projeto Jaguar (BICHO DO MATO, 2021), relatórios da Vale S.A. referentes ao mapeamento do alvo Jaguar para fins de pesquisa mineral e estudos ambientais (BRANDT, 2012; MDGEO, 2011), estudo ambiental do projeto Onça Puma (BRANDT, 2000) e os dados do memorial descritivo do Projeto Básico de Disposição de Rejeitos Compartilhados com Estéril do Projeto Jaguar, apresentado no **ANEXO B** (TEC3, 2022).

Além disso, é apresentado no âmbito do presente diagnóstico o Mapa de Vulnerabilidade Geotécnica, na escala 1:100.000, que representa a classe de vulnerabilidade geotécnica existentes nas AER, AEL e ADA do empreendimento. A Metodologia utilizada para determinação das classes de vulnerabilidade geotécnica das Áreas de Estudo do empreendimento foi realizada por meio da análise integrada do mapa geológico (CPRM 2004), geomorfológicos (BDIA – IBGE, 2022), pedológicos (BDIA – IBGE, 2022) e imagens de satélites, modelo digital de elevação e mapa de uso e ocupação do solo da área do Projeto Jaguar. Assim, foi possível identificar, de modo qualitativo e quantitativo, classes de vulnerabilidade geotécnica.

Esta classificação é constituída pela análise dos elementos constituintes da paisagem das áreas de estudo do empreendimento, tais como: características texturais, composicionais e estruturais das rochas, características do relevo, declividade, atuação dos processos de intemperismo e erosão das diferentes unidades pedológicas, presença de áreas inundáveis, bem como no uso e ocupação do solo.

A metodologia utilizada para o mapeamento foi realizada a partir do processo decisório booleano (FERREIRA, 2014), operada em ambiente de SIG considerando uma análise matemática, um *overlap* das camadas e a soma dos valores associados, conforme atribuído por especialistas técnicos na **Tabela 10.1.27**.

**Tabela 10.1.28-Seleção e descrição das variáveis para vulnerabilidade geotécnica.**

Ranking	Variável	Classe	Valor	Justificativa dos pesos
1	Áreas Sujeitas a Inundação	Áreas sujeitas a inundação	1	
6	Solos	Neossolo Litólico	0,5	Foram atribuídos valores conforme relação do tipo de solo com o relevo e declividade.
		Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	0,25	
		Nitossolo Vermelho	0,4	
3	Uso e Cobertura do Solo	Água	0	Maior importância para classes com menor cobertura florestal e menor importância para as áreas com maior cobertura florestal.
		Área Antropizada	0,3	
		Área Edificada	0	
		Formação Florestal	0,1	
5	Declividade / Fases de relevo (%)	0 a 3	0,2	Classificação dos gradientes de atuação dos processos de intemperismo e erosão sobre o substrato geológico. Dessa forma, as maiores declividades estão relacionadas com a maior velocidade de escoamento das águas, aumentando a capacidade erosiva.
		3 a 8	0,3	
		8 a 20	0,4	
		20 a 45	0,5	
		>45	0,6	
2	Geomorfologia / Unidades de Relevo	Depressões Amazônia Meridional	0,1	Relação entre o relevo, declividade e a suscetibilidade a processos erosivos.
		Serras Residuais da Amazônia Meridional	0,5	
		Formas Agradacionais Atuais e Subatuais interioranas	0,3	
4	Litologia	Granodiorito Rio Maria (A3Yrm)	0,5	Consiste nas classes de risco geotécnico das unidades litoestratigráficas.
		Grupo Tucumã(A3tm1)	0,1	
		Complexo Xingu (A3PP2xi)	0,4	
		Granito Plaquê (A3Y2pq)	0,5	

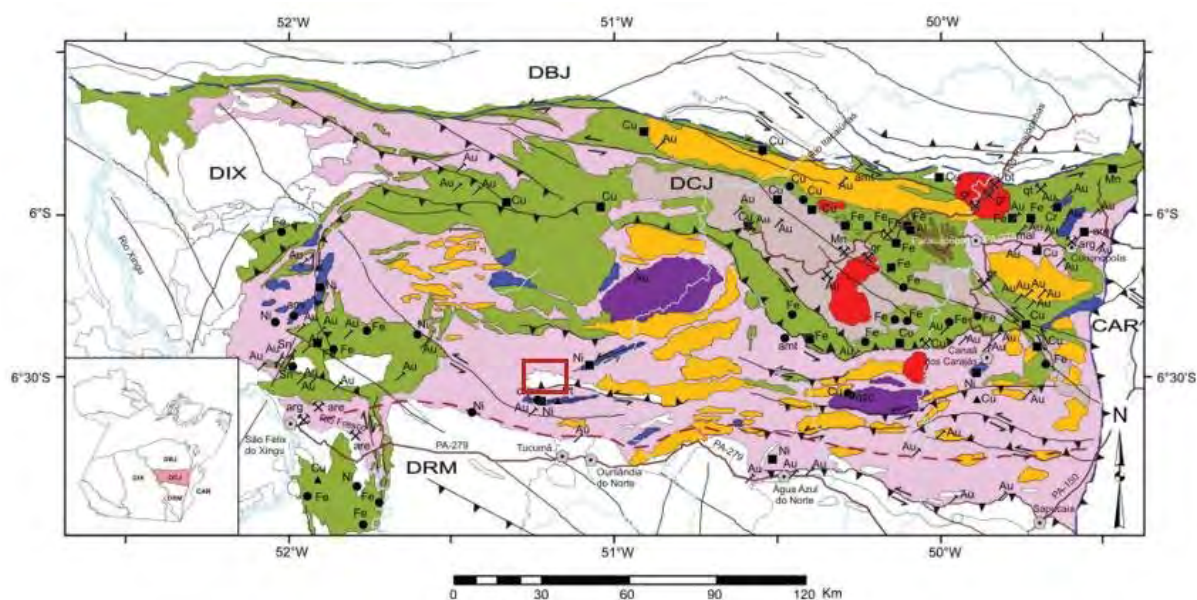
Ranking	Variável	Classe	Valor	Justificativa dos pesos
		Grupo Sapucaia (A3sa)	0,15	
		Grupo São Félix (A3sf)	0,1	
		Suíte Intrusiva Cateté (PP1muc)	0,5	

No presente capítulo são apresentadas informações geotécnicas obtidas a partir dos dados do memorial descritivo do Projeto Básico de Disposição de Rejeitos Compartilhados com Estéril do Projeto Jaguar, **ANEXO U** (TEC3, 2022), extrapolados para as demais unidades geológicas observadas na ADA do empreendimento.

### 10.1.4.3 Geologia da Área de Estudo Regional

A AER do Projeto Jaguar está localizada no sul-sudeste do estado do Pará, nos municípios São Félix do Xingu, Paraupabas, Ourilândia do Norte e Tucumã, na porção sudeste da Província Estrutural Carajás. Esta província situada na parte leste-sudeste do Cráton Amazônico, é uma das mais importantes províncias metalogenéticas do mundo, com reservas minerais de Fe, Mn, Cu, Au e Ni.

Segundo VAZQUEZ *et al* (2008) a Província Carajás é subdividida em dois domínios geotectônicos: Domínio Rio Maria, ao sul, e o Domínio Carajás, ao norte (**Figura 10.1.35**). O primeiro compreende sequências de greenstone belts e granitóides tipo TTG, representando uma crosta juvenil mesoarqueana. Já o Domínio Carajás é composto por uma sequência metavulcanosedimentares e granitóides de alto potássio, que representam uma crosta continental, predominantemente, neoarqueana.



**Figura 10.1.35 - Associações tectônicas e recursos minerais do Domínio Carajás. Domínios Tectônicos: Domínio Rio Maria – DRM, Domínio Carajás – DCJ, Domínio Bacajás – DBJ, Cinturão Araguaia – CAR, Domínio Iriri-Xingu – DIX. Polígono vermelho região do empreendimento.**

Fonte: Adaptado de Vazquez et al., 2008.

Conforme é possível observar **Figura 10.1.35**, a região do empreendimento está localizada na porção sudoeste da Província Mineral de Carajás, sendo composta majoritariamente por gnaisses localmente migmatizados do Complexo Xingu, granitos alcalinos neoarqueanos deformados da Suíte Plaqué (ARAÚJO *et al.* 1994; MACAMBIRA *et al.*, 1996 apud BICHO DO MATO, 2021) e granitos Paeloproterozoicos (GIBBS *et al.*, 1986; MACHADO *et al.*, 1991; MACAMBIRA & LAFON, 1995 apud BICHO DO MATO, 2021).

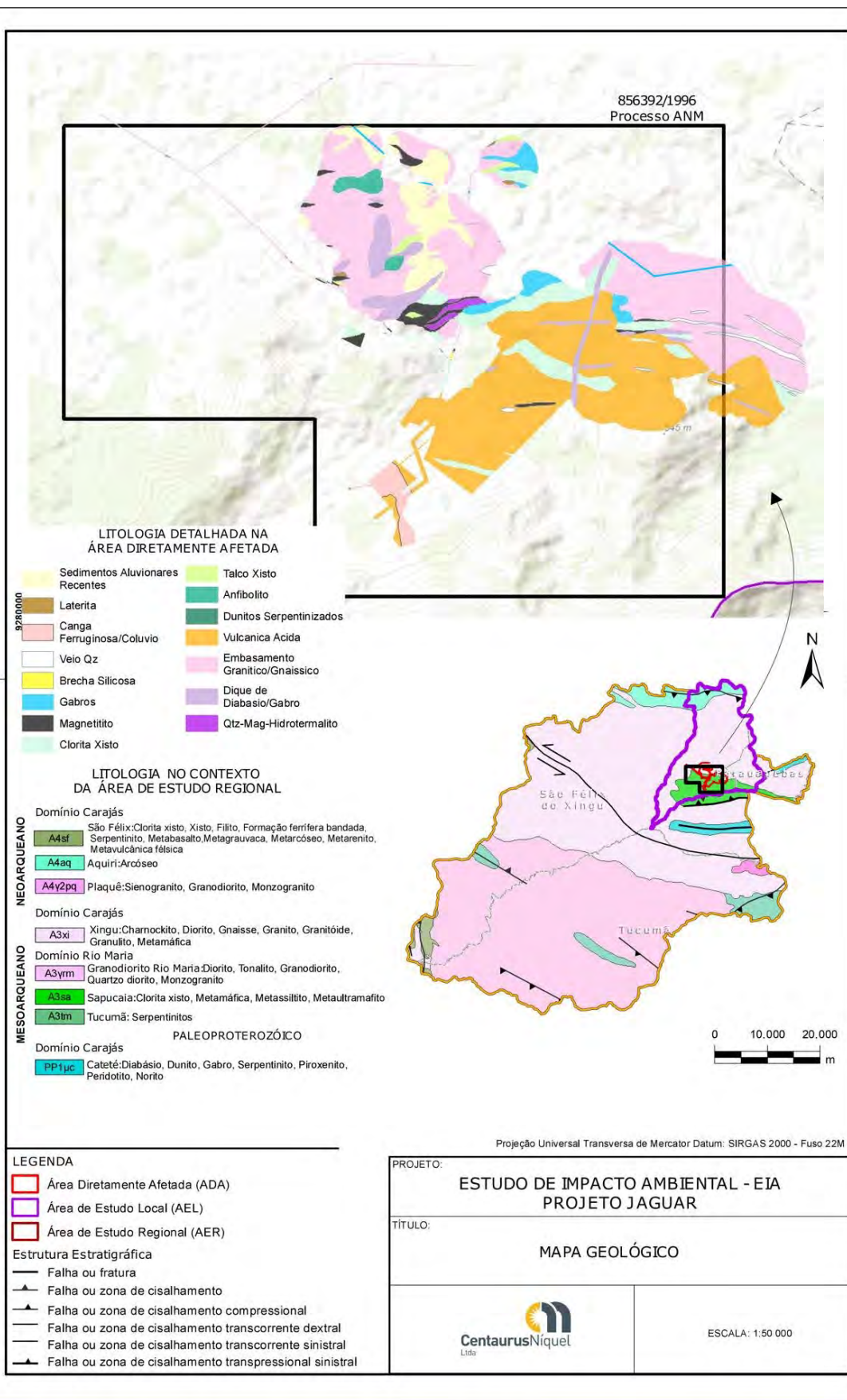
Ademais, porções de terrenos de granito-greenstone, que compõe parte da Serra Arqueada, são marcados pela ocorrência de sequências metavulcanosedimentares e foram englobadas no Grupo Tucumã, do Supergrupo Andorinhas (BICHO DO MATO, 2021). Por fim, ainda são observadas na AER rochas intrusivas



máficas-ultramáficas pertencentes a Suíte Cateté, além de gabros e diabásios do Mesozoico e coberturas recentes representadas por colúvios, alúvios e lateritas (MDGEO, 2011).

No que se refere aos aspectos estruturais da AER, cabe destacar os lineamentos de direção preferencial E-W, representados por zonas de cisalhamento reativadas durante o arqueano e o paleoproterozoico, além da presença de diques máficos-ultramáficos que indicam eventos de extensão que ocorreram no paleoproterozoico (BICHO DO MATO, 2021). Além destas estruturas, na área do projeto há falhas e fraturas regionais de direção NE-SW.

A **Tabela 10.1.28** apresenta as principais informações das unidades geológicas que recobrem a área de estudo regional, enquanto a **Figura 10.1.36** exhibe o Mapa Geológico, o qual representa, na escala 1:50.000, as unidades litoestratigráficas existentes na AER do Projeto Jaguar.



**Figura 10.1.36 - Mapa Geológico.**

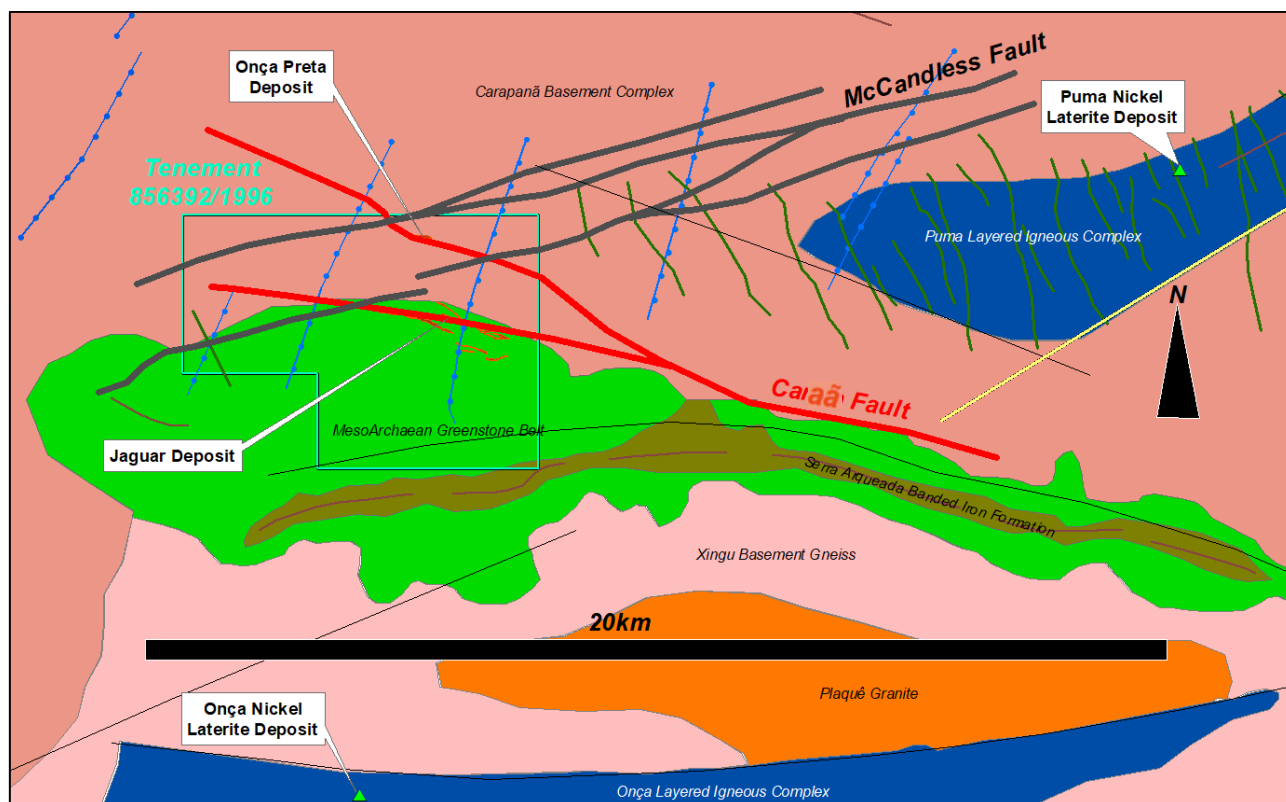
**Tabela 10.1.29-Principais características das unidades geológicas presentes na AER do Projeto Jaguar.**

Unidade	Éon e Era	Litologia	Superfície de Ocorrência AER	
			Área (ha)	Percentual (%)
Suíte Intrusiva Cateté (PP1muc)	Proterozoico Paleoproterozoico	Diabásio, Dunito, Gabro, Norito, Peridotito, Piroxenito, Serpentinito, Rochas ígneas máfico-ultramáficas, de caráter diferenciado, não-metamorfizado, intrusivo.	3553,7	1,2
Grupo Aquiri (A4aq)	Arqueano Neoarqueano	Metabasaltos, metaultramáficas, metadacitos a metarriolitos, metatufos, xistos paraderivados, FFBS e rochas metassedimentares clásticas. Metamorfismo em fácies xisto verde a anfibolito. Contém ocorrências de Fe e Au.	6730,4	2,4
Granito Plaquê (A3Y2pq)		Granodiorito, Monzogranito, Sienogranito.	1398,2	0,5
Grupo Sapucaia (A3sa)		Vulcanossedimentar: Metassiltito, Metamáfica, Clorita Xisto, Metaultramafito.	7528,0	2,6
Grupo São Félix (A3sf)		Metavulcanossedimentar:Anfibolito, Filito, Xisto, Formação Ferrífera Bandada, Quartzito, Metabasalto, Serpentinito, Metarcóseo, Metarenito, Metagrauvaca, Metavulcânica Félsica, Clorita Xisto.	2489,1	0,9
Granodiorito Rio Maria (A3 Yrm)		Diorito, Tonalito, Granodiorito, Quartzito diorito, Monzogranito	121825,1	42,7
Grupo Tucumã (A3tm1)	Arqueano Mesoarqueano	metavulcânicas:Serpentinito, Talco xisto, Actinolita Xisto, Antofilita-Cordierita Xisto, Formações ferríferas.	7488,6	2,6
Complexo Xingu (A3PP2xi)		Charnockito, Diorito, Granito, Granitóide, Anfibolito, Gnaiss, Granulito, Metamáfica.	134206,4	47,1

Fonte: Unidades geológicas (CPRM 2004) (Golder, 2023).

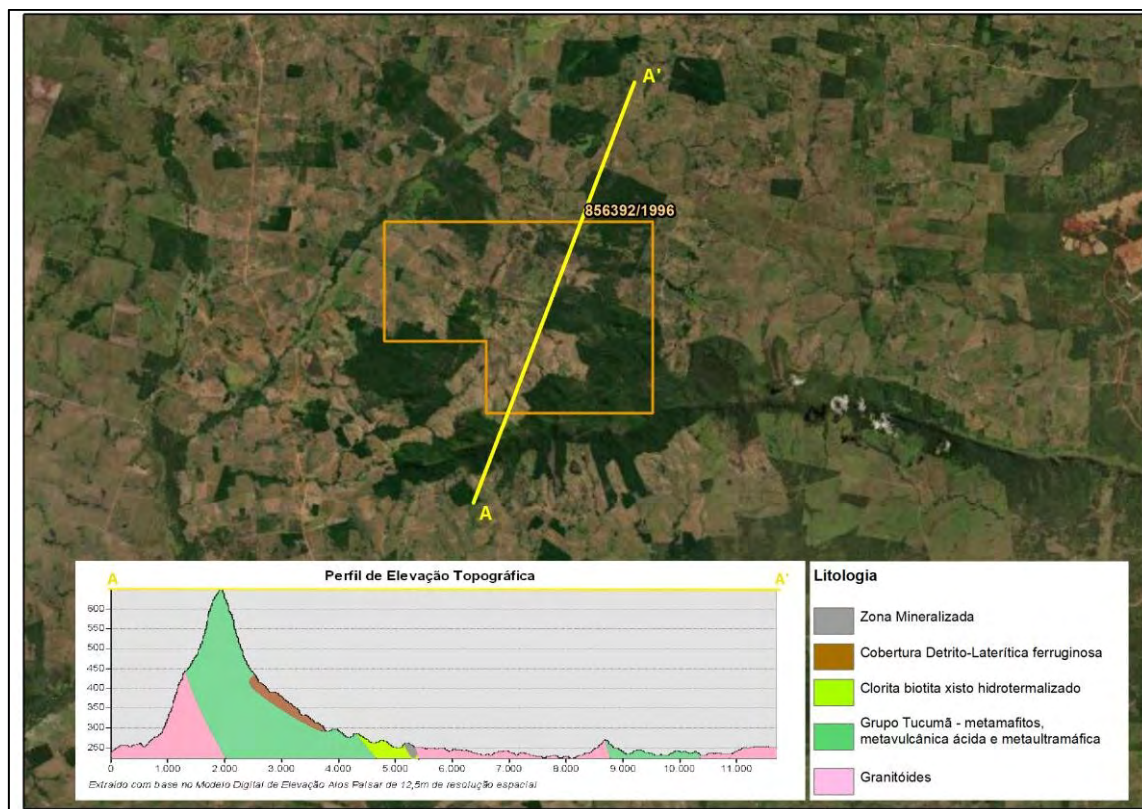
#### 10.1.4.4 Geologia da Área de Estudo Local e da Área Diretamente Afetada

A AEL do Projeto Jaguar abrange rochas ortognaissicas do Complexo Xingu, e as rochas vulcanossedimentares do Grupo Sapucaia. Ambas estão alinhadas de acordo com as estruturas regionais da área, Falha Canaã de trend WSW e da Falha McCandless (também conhecida como Carapanã) de trend ENE, no contato entre o cinturão de rocha verde (Greenstone) meso-arqueano da Serra Arqueada e o gnaiss de embasamento do Complexo neo-arqueano do Xingu imediatamente ao sul do Complexo Máfico-Ultramáfico neo-arqueano do Puma, que hospeda o depósito Puma de níquel laterítico (**Figura 10.1.37**).



**Figura 10.1.37 - Geologia semi-regional após Costa *et al* (2016). O depósito de sulfeto de níquel Jaguar está localizado na junção das falhas McCandless e Canaã 9 km ao Norte do depósito de níquel laterítico Onça e 14 km a oeste do depósito de níquel laterítico de Puma. Linhas pontilhadas azuis e linhas verdes escuras representam diques e/ou falhas gerados durante a abertura da Bacia neo-proterozóica do Araguaia.**

Os depósitos mineralizados do Jaguar estão alojados nos dacitos do cinturão de Greenstone da Serra Arqueada adjacente ao contato com tonalito intrusivo no gnaiss do complexo do Xingu, enquanto os depósitos Onça Preta e Onça Rosa estão hospedados no tonalito (**Figura 10.1.38**). Ao sul da Falha McCandless, as principais litologias incluem: porfírio dacítico sub-vulcânico, diques de diabase, tonalito e gnaiss do embasamento, bem como variedades alteradas e deformadas destas unidades. Estas unidades são cortadas por diabasio tardio e diques de lamprófito delgados. Ao norte da falha McCandless, remanescentes do Complexo Puma máfico-ultramáfico existem com gabro mais ao norte da área de pesquisa.



**Figura 10.1.38 - Perfil estratigráfico esquemático na Área de Estudo Local.**

Fonte: Modificado de Centaurus (2022).

A **Tabela 10.1.29** apresenta as principais informações das unidades geológicas que recobrem a área de estudo local, enquanto a **Figura 10.1.36** exibe o Mapa Geológico, o qual representa, na escala 1:50.000, as unidades litoestratigráficas existentes na AEL do Projeto Jaguar.

**Tabela 10.1.30-Principais características das unidades geológicas presentes na AEL do Projeto Jaguar.**

Unidade	Éon e Era	Litologia	Superfície de Ocorrência AEL	
			Área (ha)	Percentual (%)
Grupo Aquiri (A4aq)	Arqueano Neoarqueano	Metabasaltos, metaultramáficas, metadacitos a metarriolitos, metatufo, xistos paraderivados, FFBs e rochas metassedimentares clásticas. Metamorfismo em fácies xisto verde a anfibolito. Contém ocorrências de Fe e Au.	2595,1	9,1
Grupo Sapucaia (A3sa)		Vulcanossedimentar: Metassiltito, Metamáfica, Clorita Xisto, Metaultramafito.	4905,6	17,2
Complexo Xingu (A3PP2xi)	Arqueano Mesoarqueana	Charnockito, Diorito, Granito, Granitóide, Anfibolito, Gnaisse, Granulito, Metamáfica.	21026,5	73,7

Fonte: Unidades geológicas (CPRM 2004). (Golder, 2023)

No que se refere à geologia da ADA do empreendimento, de acordo com as informações bibliográficas disponíveis, das quais se destacam Bicho do Mato (2021) e TEC3 (2022), foram identificadas 7 unidades litoestratigráficas. A **Tabela 10.1.30**, a seguir, apresenta as principais características das unidades geológicas e respectivas litologias na ADA do empreendimento.

**Tabela 10.1.31-Unidades litoestratigráficas mapeadas na ADA do Projeto Jaguar.**

Unidade litoestratigráfica	Éon e Era	Principais Litotipos
Complexo Xingu Suíte Plaquê	Arqueano	Charnockito, Diorito, Granito, Granitóide, Anfibolito, Gnaisse, Granulito, Metamáfica, Migmatitos.
Grupo Tucumã		Vulcânicas e subvulcânicas ácidas a intermediárias + alterações hidrotermais.
		Subvulcânicas básicas hidrotermalizadas.
		Formação Ferrífera.

Unidade litoestratigráfica	Éon e Era	Principais Litotipos
Complexo Xingu Suíte Plaqué		Charnockito, Diorito, Granito, Granitóide, Anfibolito, Gnaiss, Granulito, Metamáfica, Migmatitos.
Suíte Intrusiva Cateté		Dunitos, peridotitos, piroxenitos e gabros + alterações hidrotermais.
Rochas hidrotermalizadas		Principais assembleias minerais: (a) biotita-clorita, (b) anfibólio-biotita e (c) magnetita-apatita-quartzo.
Diques de Gabros e diabásio	Fanerozoico Mesozoico	Gabros e diabásios constituídos por plagioclásio e piroxênio.
Cobertura Cenozoica	Fanerozoico Cenozoico	Depósitos aluvionares recentes, coberturas coluvionares constituídas por blocos de canga laterítica em meio a solos silto-argiloso.

Fonte: Modificado de MDGEO (2011) (Golder, 2023).

As descrições realizadas a seguir, referentes às Unidades Litológicas que recobrem a ADA do empreendimento, suas respectivas litologias, paragênese mineral, e caracterizações petrológicas, estão dispostas em uma sequência geológica que se inicia da mais antiga até a mais recente.

#### 10.1.4.4.1 Unidades litoestratigráficas da Área Diretamente Afetada

##### 10.1.4.4.1.1 Complexo xingu e suíte plaqué – embasamento cristalino.

As rochas do Complexo Xingu e da Suíte Plaqué são as mais antigas da ADA, apresentam uma baixa quantidade de afloramentos, em sua maioria intemperizados e cobertos por intenso manto de alteração, e por isso não foi possível identificar o contato entre elas e assim, diferenciá-las. Constituem o embasamento cristalino da região e estão associadas ao relevo mais deprimido. Sendo assim, este conjunto de litotipos intemperizados no mapeamento realizado pela Vale (2009) apud MDGEO (2011) foram tratadas como embasamento.

Apesar de não haver diferenças litológicas claras, durante as sondagens de pesquisa mineral foi possível observar que as rochas da Suíte Plaqué são mais abundantes no sul da área, enquanto as unidades do complexo Xingu predominam na região norte. Ambas são intrudidas por suítes vulcânicas e rochas do Grupo Tucumã.

Segundo Vale (2009) apud MDGEO (2011) os principais litotipos identificados são: granodioritos, gnaisses e granitos. Os granodioritos apresentam coloração esbranquiçada, devido à grande quantidade de plagioclásio e quartzo, e poucos minerais opacos (<5%). Estruturalmente é possível identificar duas famílias de fraturas recortando alguns corpos, nas direções NS e E-W, sendo comuns os movimentos transcorrentes. Contudo, alguns corpos não se apresentam fraturados. O gnaiss apresenta coloração cinza claro, textura porfírica com orientação preferencial dos grãos dos minerais de quartzo, k-feldspatos, plagioclásios e minerais máficos. Já o granito é uma rocha coloração rosa, textura porfírica, granulação média, que apresenta a seguinte paragênese mineral predominante: K-feldspato (70%), quartzo (15 %), máficos (10%), micas (5%). Esta unidade também apresenta uma grande quantidade de fraturas em direções preferenciais segundo os trends N45E e N20W (BRANDT, 2012).

Brandt (2012) identificou uma rocha de aspecto xistoso nas áreas onde há intrusão de rocha vulcânica, de coloração negra, em fluxo ascendente, indicando auréola de metamorfismo de contato nestes granodioritos. Nestes locais, estas rochas que geralmente são homogêneas, apresentam foliação paralela a intrusão.



#### 10.1.4.4.1.2 Grupo tucumã

O Grupo Tucumã é a unidade mais importante da ADA do empreendimento, pois é o litotipo hospedeiro da mineralização de níquel. Esta rocha aflora em uma faixa alongada de direção E-W, na região da Serra Arqueada. Compreende rochas vulcânicas e subvulcânicas ácidas a intermediárias; subvulcânicas básicas e formação ferrífera bandada (xistos, quartzitos, filitos, metaultramafitos e BIFs).

Segundo Bicho do Mato (2021) estas rochas vulcânicas e subvulcânicas ácidas a intermediárias compreendem rochas vulcânicas porfíricas dacíticas a subvulcânicas com porções de quartzo e localmente cristais de plagioclásio de granulação grossa a muito grossa. Quando esta rocha é substituída por biotita, clorita e magnetita, se aproxima da mineralização pela porcentagem crescente de alteração do K-Mg-Fe. Também é caracterizada por ser isotrópica massiva, de textura porfírica, coloração cinza escura com fenocristais azuis de quartzo. Próximo a zonas de alteração ou cisalhamento torna-se laminada. Ademais, é marcada por uma matriz de granulação muito fina de quartzo, plagioclásio (albita) e biotita subordinada, clorita e anfibólio, podendo conter abundantes fenocristais euédricos a subédricos de plagioclásio (albita), quartzo e feldspato potássico.

Esta abundância de fenocristais em uma rocha maciça sugere uma origem subvulcânica. Contudo, os fenocristais de quartzo de até 5mm e mostram formações de corrosão típicos de rochas vulcânicas a subvulcânicas. Já os fenocristais de plagioclásio são cristais tabulares de até 4mm e, em alguns pontos, podem corresponder a mais de 50% do volume da rocha. Os fenocristais de feldspato potássico, por sua vez, são menos abundantes. Os minerais acessórios são: apatita, magnetita, ilmenita, alanita, titanita e carbonatos. Esta composição mineralógica sugere uma composição dacítica. Minerais subordinados, como biotita, clorita e anfibólio tornam-se progressivamente mais abundantes perto das zonas de minério e comumente ocorrem em rochas ligeiramente foliadas e magnéticas (BICHO DO MATO, 2021).

De acordo com Bicho do Mato (2021), as rochas subvulcânicas básicas hidrotermalizadas compreendem duas gerações de rochas, uma mais antiga afetada pela alteração hidrotermal e uma mais jovem e não mineralizada. Ambos são diques de diabásio. O diabásio mais antigo (DIAV) e hidrotermalizado, é uma rocha de coloração cinza escuro, moderadamente magnética e comumente de textura porfírica. Apresenta uma matriz com textura intergranular, de granulação fina composta por plagioclásio, clinopiroxênio e anfibólio menor (actinolita). Os fenocristais são de plagioclásio com até 6mm. Também são observados agregados de cristais de clinopiroxênio (augita).

O processo de hidrotermalismo alterou minerais ígneos primários destas rochas para biotita fina, clorita e anfibólio. Os minerais acessórios são: magnetita, ilmenita, carbonato, apatita e sulfetos (pirita > pirotita > calcopirita) (BICHO DO MATO, 2021).

Já os diabásios mais jovens (DIA) apresentam coloração cinzas escuros, são isotrópicos, moderadamente magnéticas e cortam a mineralização de Ni e suas rochas encaixantes. Apresentam paragénese mineral de característica ígnea primitiva e textura ofítica ou subofítica. Apresentam idades de cerca de 0.75 Ga, podendo ser interpretados como uma intrusão que ocorreu imediatamente antes da abertura da Bacia do Araguaia (Tavares *et al*, 2018 apud Bicho do Mato, 2021). Também estão inseridas nesta unidade micro-gabro local e diorito vesicular.

Nas sondagens foi possível observar rochas máficas de granulação fina com forma interpretada como almofada, com bordas delineadas por uma mistura de quartzo, clorita e magnetita de granulação grossa que pode ter substituído o material original da margem da almofada durante o evento de alteração do óxido de ferro. Contudo, não foi possível determinar se esta estrutura é de natureza extrusiva ou, em vez disso, reflete a alteração (BICHO DO MATO, 2021).

Esta unidade ainda inclui as rochas da Formação Ferrífera Bandada, que sustentam a Serra Arqueada e compreendem bandas alternadas de magnetita, anfibólio e bandas silicosas. Estas rochas se estendem na direção E-W por mais de 20km, e são interpretadas como uma camada de sedimentos químicos depositados entre os derrames das rochas subvulânicas anteriormente descritas. O contato entre estas rochas apresenta-se intensamente afetado por tectonismo, formando anfibólio-clorita-xistos, resultado das alterações hidrotermais e milonitização (MDGEO, 2011).

#### 10.1.4.4.1.3 Suíte intrusiva cateté

A Suíte Intrusiva Cateté (MACAMBIRA & VALE, 1997 apud BICHO DO MATO, 2021) corresponde a um conjunto de grandes e médias intrusões máficas-ultramáficas alongadas, orientadas segundo a direção regional EW e NS, (MACAMBIRA & FERREIRA FILHO, 2002 apud Bicho do Mato, 2021). Essas intrusões acamadadas apresentam a base do corpo ígneo com espessas zonas ultramáficas, no qual depósitos de laterita de Ni desenvolvem-se sobre dunitos serpentinizados, mostrando fracionamento extenso em relação aos cumalados máficos (Macambira & Ferreira Filho, 2002 apud BICHO DO MATO, 2021),

Esta suíte, portanto, compreende rochas ultramáficas: dunitos, peridotitos e piroxenitos, na parte norte onde afloram rochas da base da intrusão acamadada, e leucogabros e gabros, na porção sul, topo da intrusão. O afloramento de dunito apresenta-se serpentizado e entrecortado por vênulos de magnetita. Nas bordas destes corpos máficos-ultramáficos há rochas xistosas com talco.

#### 10.1.4.4.1.4 Rochas hidrotermalizadas

O depósito Jaguar compreende rochas hospedeiras subvulcânicas dacíticas intensamente alteradas, com obliteração parcial a total de texturas ígneas primárias e dos minerais. Estas rochas formam corpos anostomosados, sub-verticais a verticais, que tiveram sua formação estruturalmente controlada pela zona de cisalhamento milonítica dúctil-frágil regional. Muitas vezes apresenta restos de rochas hospedeiras mal alteradas para inalteradas. A alteração hidrotermal parece ter ocorrido simultânea ou pós processo de deformação. A **Figura 10.1.39** mostra a variação na mineralogia média, conforme determinado a partir de um estudo de amostras compostas metalúrgicas por MODA (2020; 2021) de cada um dos principais prospectos dispostos de noroeste a sudeste na área do Projeto Jaguar.

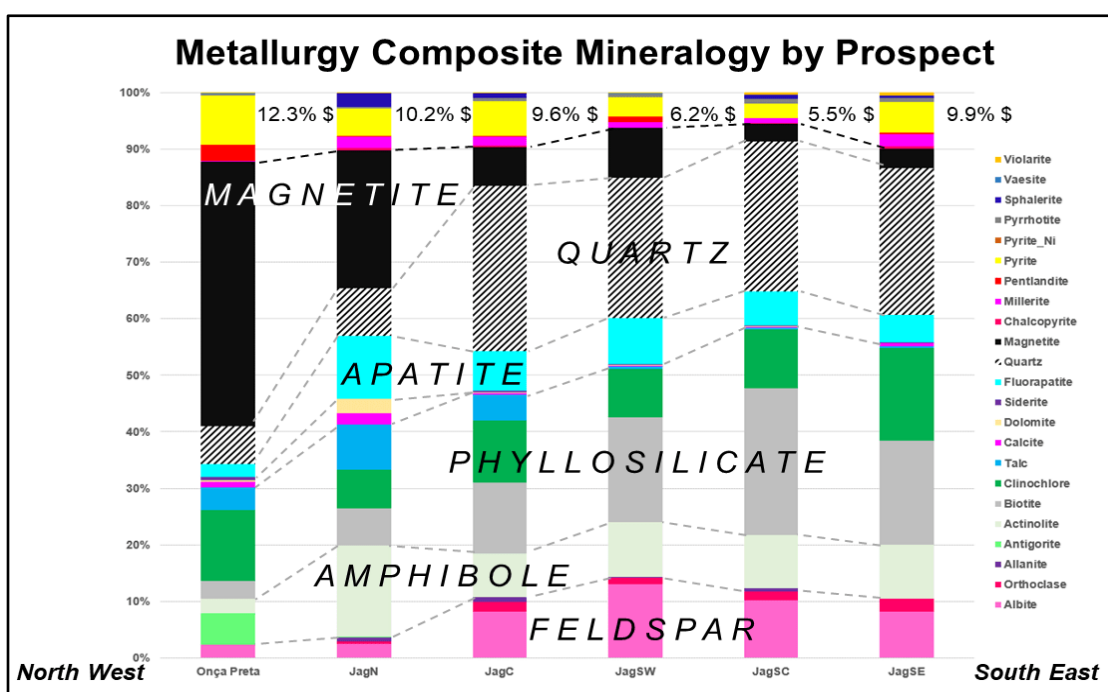


Figura 10.1.39 - Variação na mineralogia média dos principais prospectos dispostos de noroeste a sudeste. Legenda: JagN=Jaguar Norte, JagCN=Jaguar Central-Norte, JagC=Jaguar Central, JagSW=Jaguar Sudoeste,

**JagSC=Jaguar Central Sul, JagSE=Jaguar Sudeste. % S=porcentagem total de sulfeto. De Sudeste a Noroeste as principais mudanças são o aumento gradual de magnetita e sulfetos às custas de diminuições de feldspato, biotita e quartzo.** Fonte: MODA, 2020; 2021.

Segundo Ferraz de Oliveira (2017) três tipos principais de assembleias de alteração podem ser reconhecidos no depósito Jaguar: (a) biotita-clorita, (b) anfibólio-biotita e (c) magnetita-apatita-quartzo (**Figura 10.1.39**). Estas assembleias minerais, relacionadas a alteração hidrotermal, dependem da composição do protólito, e por isso se desenvolvem de forma variável em torno do corpo mineralizado. Rochas hidrotermalizadas exibem predominantemente feições fortemente foliadas a miloníticas com brechas desenvolvidas localmente em associações ricas em sulfeto de magnetita-apatita.

A seguir serão descritos e caracterizados os três tipos de assembleia de alteração hidrotermal observados.

A alteração formada pela assembleia mineral biotita-clorita foi formada em um evento precoce, variando de uma substituição menor a moderada (aproximadamente 30% em volume) dos minerais da rocha hospedeira até dos corpos de alteração invasivos formando biotititos. Este tipo de alteração compreende um intercrescimento de grãos de biotita e clorita de granulação fina, podendo conter grãos de magnetita, pirita e anfibólio menor (actinolita /hornblenda) e apatita.

Nesta assembleia, o mineral clorita pode ocorrer tanto em sincronia com a biotita ou como uma substituição tardia deste mineral, e é a variedade mineral rica em Mg, o clinocloro. Os minerais fluorita, ilmenita, turmalina, epidoto, alanita, titanita e zircão são minerais acessórios comuns observados nestas rochas. As Litologias fracamente alteradas comumente mostram sericita substituindo plagioclásio (albita) da rocha hospedeira félsica sub-vulcânica. As lamelas de biotita e clorita de granulação fina definem tipicamente bandas foliadas miloníticas alternadas com bandas ricas em quartzo e plagioclásio de granulação fina. Restos de fenocristais de quartzo exibem sombras de pressão em rochas subvulcânicas félsicas alteradas envolvidas pela foliação milonítica.

Os fenocristais de quartzo e albita são tipicamente fraturados e são completamente substituídos pelo conjunto de alteração em zonas altamente alteradas e cortadas. Os grãos de magnetita de granulação fina ocorrem como fitas orientadas junto com a foliação milonítica.

Localmente ocorrem dobras intra-foliais, que exibem clivagem de crenulação definida por clorito. Embora a biotita e a clorita sejam comumente associadas, a porcentagem modal de biotita e clorita nas zonas de alteração é altamente variável e podem formar bandas alternadas com decímetros de espessura.

Já a assembleia mineral de alteração formada pelo par anfibólio-biotita é menos comum e ocorre associada a zonas de alteração de biotita-clorita e magnetita-apatita-quartzo como lentes descontínuas. O principal anfibólio é a actinolita de granulação fina, mas a também pode ocorrer hornblenda de granulação média a grossa, principalmente se associados à alteração e mineralização de magnetita-apatita-quartzo. Essa alteração forma corpos maciços a foliados e pode representar uma substituição tardia da assembleia biotita-clorita. Esta cronologia das alterações é confirmada próximo à zona mineralizada, onde a alteração da biotita anfibólio corta a feição milonítica definido pela alteração mais antiga da biotita-clorita. A alteração anfibólio-biotita também está associada a presença dos seguintes minerais: biotita de grão fino, talco, magnetita, apatita e clorita menor, sericita e quartzo. Este estilo de alteração é comumente desenvolvido nos diques de diabásio mais antigos.

A assembleia mineral de alteração formada por magnetita-apatita-quartzo ± sulfeto forma veios e brechas sub-verticais, estruturalmente controlados, e compreendem a unidade com os maiores teores de minério no depósito de Jaguar, embora a mineralização de sulfeto nem sempre esteja presente. Este estágio de alteração corta e se sobrepõe aos estágios anteriores e se difunde em direção à zona de minério com corpos de brecha comumente envolvidos pelas rochas de alteração biotita-clorita. A alteração hidrotermal difusa resulta em corpos maciços de magnetita portadora de sulfeto consistindo principalmente de magnetita de granulação

grossa, fraturada euédrica a subédrica cortada por veios de sulfeto, embora magnetita estéril também possa ocorrer dentro de zonas de alteração de biotita-clorita sem apatita, quartzo e sulfeto.

A alteração hidrotermal gera apatita e magnetita subédrica de granulação média com quartzo fino intercalado com sulfetos. Os grãos de apatita formam agregados de cristais com sulfetos intersticiais. Já os grãos de anfibólio (actinolita) e da biotita podem estar associados à alteração da magnetita-apatita-quartzo, embora esses minerais sejam normalmente menos abundantes do que em outros estágios de alteração.

O mineral talco de grãos menores é comumente associado à alteração de magnetita-apatita-quartzo, seja como uma borda rica em talco desenvolvida em torno dos sulfetos e apatita em contato com zonas de alteração de biotita-clorita, ou como lentes ricas em talco em contato com corpos ricos em magnetita. Os minerais Talco e clorita também ocorrem preenchendo fraturas em cristais de apatita e magnetita. Os grãos de quartzo apresentam-se altamente deformados, com forte extinção ondulante. Os minerais acessórios associados são: monazita, ilmenita, titanita e alanita. Carbonatos de Fe, fluorita, titanita e quartzo ocorrem como pequenos preenchimentos de veios em fraturas que cruzam todas as zonas de alteração e mineralizadas. A calcita localmente abundante está associada à mineralização de sulfeto.

#### **10.1.4.4.1.5 Diques de gabro e diabásiomesozóicos**

Esta unidade compreende diques que cortam as rochas supracitadas e estão relacionados a eventos distensivos. Apresentam granulação fina nos Gabros e grossa nos Diabásios, sendo constituídos predominantemente por plagioclásios e piroxênio (MDGEO, 2011 apud BICHO DO MATO, 2021).

#### **10.1.4.4.1.6 Coberturas fanerozóicas**

Correspondem aos depósitos aluvionares recentes que preenchem as áreas com relevo deprimido, geralmente relacionadas as rochas do embasamento cristalino. Além disso, esta unidade engloba as coberturas coluvionares, constituídas por blocos de canga laterítica e formações ferríferas bandadas, em meio a solo silto-argiloso, proveniente da erosão da Serra Arqueada (MDGEO, 2011 apud BICHO DO MATO, 2021).

#### **10.1.4.4.2 Litogeoquímica**

Para a avaliação geoquímica das zonas de alteração e mineralizações do depósito Jaguar foram utilizados todos os resultados analíticos do banco de dados da VALE/Centaurus combinados (em 29 de abril de 2020), resultando em um total de 35.979 amostras de 187 furos com resultados analíticos para os seguintes 31 elementos: Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Sc, Sr, Ti, V, W, Y, Zn e Zr.

O elemento enxofre (S) não foi incluído porque não fazia parte da rotina de todos os lotes de ensaio da VALE e, embora Sn esteja disponível, foi rejeitado porque todos os dados da VALE estão no limite inferior de detecção.

Esta avaliação litogeoquímica envolveu Análise de Componentes Principais seguida por Análise de Agrupamento K-Means (*Cluster*). Os resultados confirmam que a mineralização é produto da alteração crescente do dacito hospedeiro (SVAP) como proposto por Ferraz de Oliveira (2017). Uma zona de alteração externa de Clorita-Biotita circunda uma zona de alteração interna de Biotita que é hospedeira para a mineralização contendo Ni de baixo e alto teor, mais intensamente alterada. O tipo de alteração externa predomina para o oeste (Jaguar Oeste), enquanto o tipo de alteração interna predomina para o leste (Jaguar Central, Norte, Nordeste, Sul e Sudeste).

Além das unidades SVAP alteradas (equivalente a 40% da população total das amostras), e a mineralização de Ni de baixo e alto teor (equivalente a 9% e 1% da população total da amostra, respectivamente), o estudo distingue SVAP estéril (29%), litologias máficas intrusivas (12%) e granito (ou seja, tonalito - 10%). Uma comparação qualitativa entre as descrições litológicas históricas e a litogeoquímica de todo o conjunto de dados revela que o mineral de alteração dominante é biotita (62%), seguido por clorita (18%) e magnetita (18%) com anfibólio menor e talco, com apatita e sulfetos sendo os principais minerais de alteração nas zonas portadoras de Ni. Uma análise semelhante de amostras compostas metalúrgicas de um número selecionado de furos (MODA, 2020; 2021) revela que a ganga compreende 28% de biotita, 20% de quartzo, 12% de clinocloro, 12% de actinolita, 8% de fluorapatita, 7% de magnetita e 7% de albita.

A rocha dacito hospedeira (SVAP) no depósito Jaguar (caracterizado por Al, Na, Zr) é interpretada como progressivamente alterada produzindo um membro final rico em K-Mg-Li-(Fe) (Clorita-Biotita) e um membro final rico em Al-Ba-Be-La e pobre em Fe (Biotita) à medida que o Na está esgotado. As relações espaciais sugerem que o último se desenvolveu a partir da alteração progressiva do primeiro.

As zonas portadoras de Ni são enriquecidas em Ca, Fe, P, S e Y (apatita, magnetita e sulfeto), bem como um conjunto de metais básicos (Baixo teor de Ni=As, Bi, Co e Alto teor=Ag, Cd, Cu, Pb, Sb, W, Zn) e quartzo.

O SVAP inalterado (*Cluster 7*) altera-se progressivamente para o leste através da zona externa de clorita-Biotita (*Cluster 5*), que é substituída pela zona interna alterada de biotita (*Cluster 4*) envolvendo as zonas de mineralização milonítica. A mineralização de Ni de baixo teor (*Cluster 1*) é localmente alterada para mineralização de Ni de alto teor (*Cluster 6*) devido à passagem de um fluido magmato-hidrotérmal fortemente oxidante (**Figura 10.1.40**), e o processo pode ter sido episódico (multi-pulso).

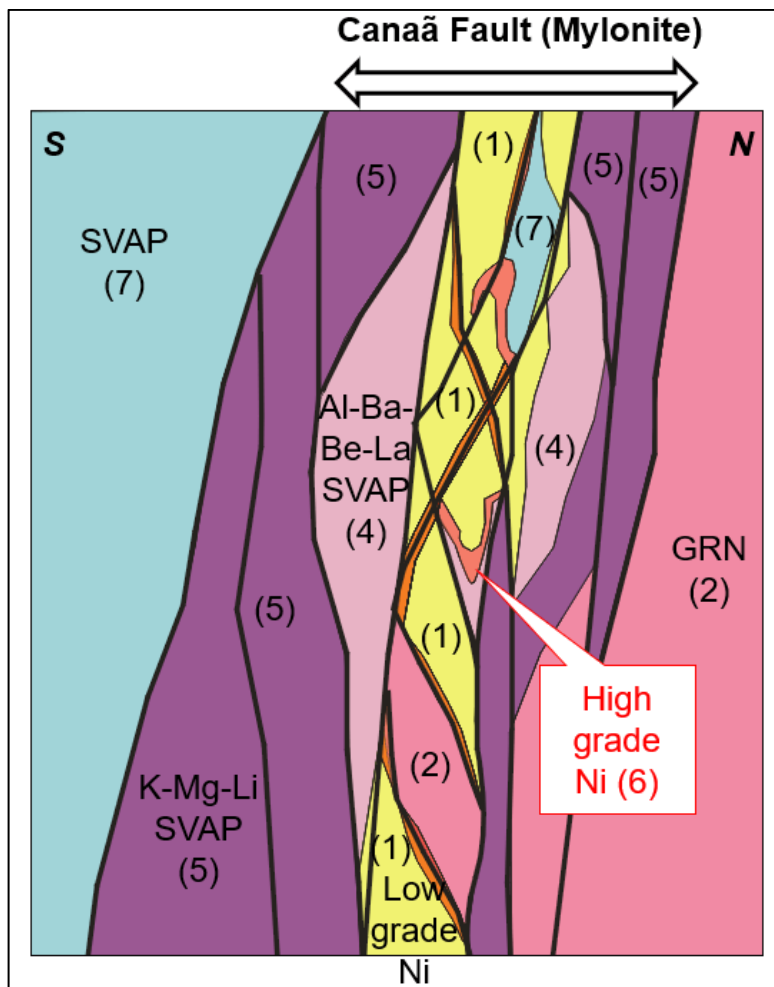


Figura 10.1.40 - Esboço esquemático de uma seção transversal NS do depósito Jaguar mostrando a alteração interpretada e a mineralização.

Fonte: Centaurus, 2023.

#### 10.1.4.4.3 Geologia estrutural

A área do Projeto Jaguar apresenta uma mineralização extremamente relacionada à geologia estrutural regional, que é composta por três grandes sistemas de falhas meso-arqueanas reativadas, que cruzam o Domínio Carajás.

A primeira é a Zona de Cisalhamento do Cinzento, ao norte da área do projeto, e que hospeda o cinturão IOCG do Norte, onde estão inseridos os depósitos: Grota Funda, Igarapé Bahia-Corpo Alemão, Igarapé Cinzento/GT46, Salobo, que apresentam mineralização datadas em aproximadamente 2.6-2.45 Ga.

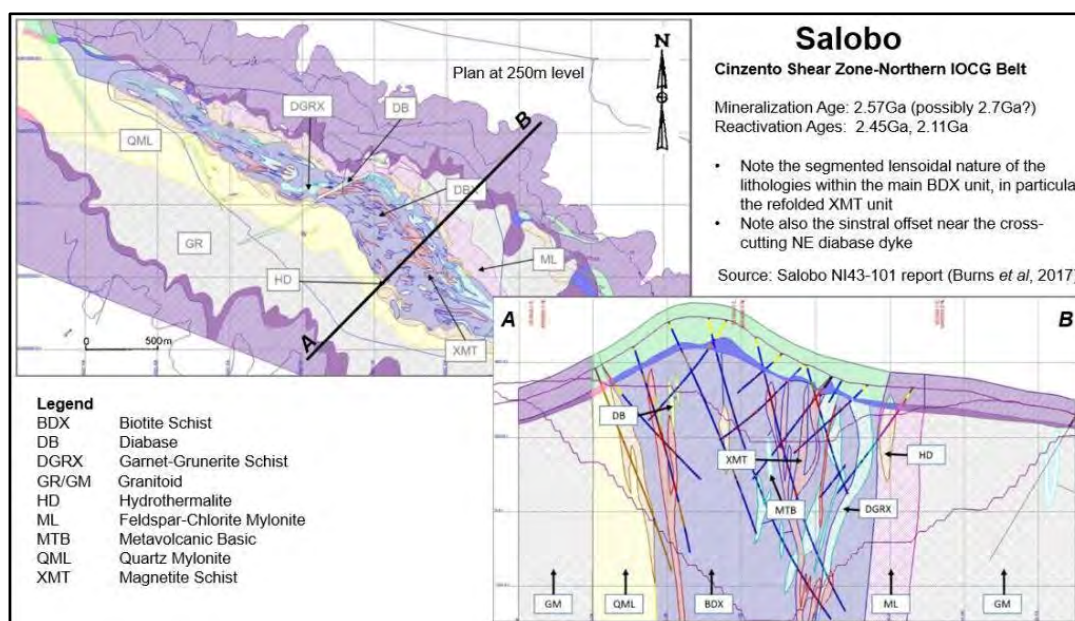
A segunda é a falha de Canaã, localizada na região meridional da área, que constitui uma zona de cisalhamento anastomosante no contexto do embasamento meso-arqueano ao sul da sucessão neo-arqueana de *Greenstone* e hospeda o cinturão IOCG meridional com mineralização datada de cerca de 2.72-2.68 Ga, onde se inserem os depósitos: Bacaba, Bacurí, Visconde, Cristalino, GT34, Corta Goela, Sossego, Alvo 118.

A terceira é a Zona de Cisalhamento de Carajás, que se encontra dentro da sucessão neo-arqueana de *Greenstone*, entre as duas primeiras zonas de cisalhamento, e acredita-se que reflita uma estrutura verticalmente cumulativa. Essa zona abriga os depósitos Breves e Estrela Cu-Au, de aproximadamente 1.88Ga, e o depósito Azul Mn dentro da Formação Águas Claras, que compreende um pacote de rochas sedimentares marinhas fluviais a rasas, de idade controversa, mas provavelmente arqueana, com base na idade de 2.6-2.7 Ga de diques máficos cortantes transversais.

Estas estruturas controlam fortemente as feições estruturais da área do projeto Jaguar, e são interpretadas como zonas de cisalhamento transcorrentes sub-verticais. Estas feições se desenvolveram no embasamento durante o meso-arqueano e foram reativados como estruturas verticais acrescivas, propagando-se para cima quando o embasamento foi sobreposto pela sucessão neo-arqueana de *Greenstones*, e novamente reativadas durante o magmatismo félsico anorogênico paleoproterozoico. São representados por duas direções principais: Dúctil ESE–WNW do embasamento meso-arqueano; Sistema de falha rúptil-dúctil de orientação aproximadamente NE – SW.

No depósito do Jaguar, a Falha Canaã e a Falha McCandless são exemplos de cada uma destas, respectivamente, com a última hospedando intrusões máfica-ultramáficas neo-arqueanas marcantes NE – SW, como os complexos Puma e Carapanã.

É possível traçar paralelos entre a geometria dos depósitos Salobo (na Zona de Cisalhamento do Cinzento - **Figura 10.1.41**) e Jaguar (na Falha Canaã - **Figura 10.1.42**) em várias escalas. Ambos se encontram em Zonas de Cisalhamento meso-arqueanas e exibem os padrões litológicos anastomosados típicos de zonas de milonito em vistas de plano e de seção transversal. Existem também semelhanças no estilo estrutural entre o depósito Sequeirinho-Sossego e Jaguar no que diz respeito à falha pós-mineral ao longo de sistemas de falha rúptil-dúctil marcantes de NE – SW.



**Figura 10.1.41 - Plano e vista de seção transversal do depósito Salobo Cu-Au no Cinturão IOCG Norte.**

Fonte: Centaurus, 2023.

Existem fortes paralelos entre a geometria e a evolução estrutural em Salobo e o depósito Jaguar mostrado na **Figura 10.1.42** abaixo.

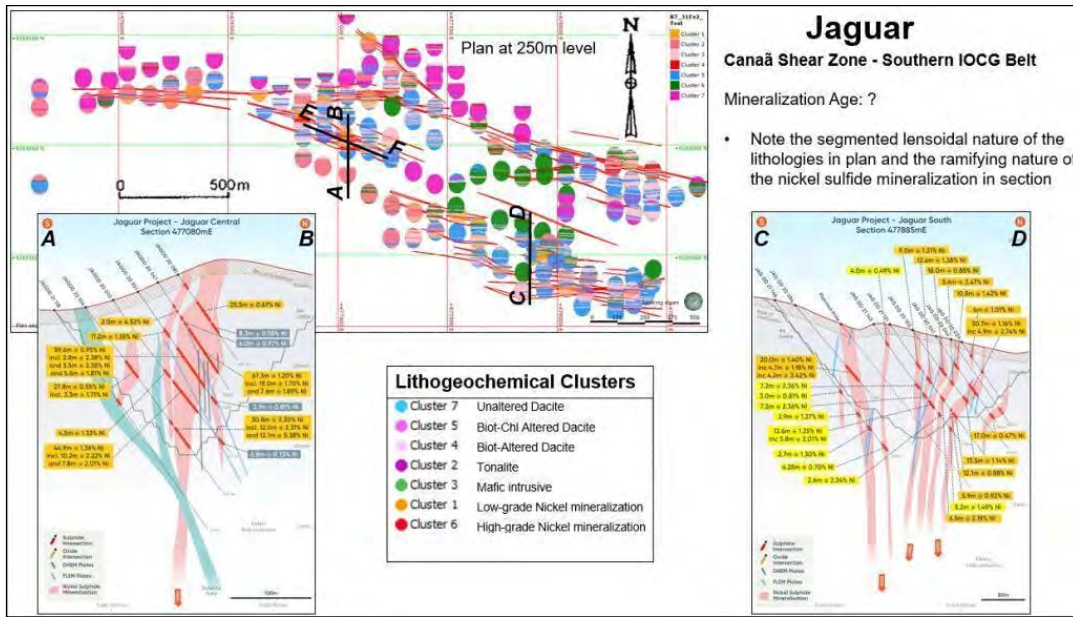


Figura 10.1.42 - Planos e vistas da seção transversal NS do depósito Jaguar Ni no Cinturão IOCG Sul.

Fonte: Centaurus, 2023.

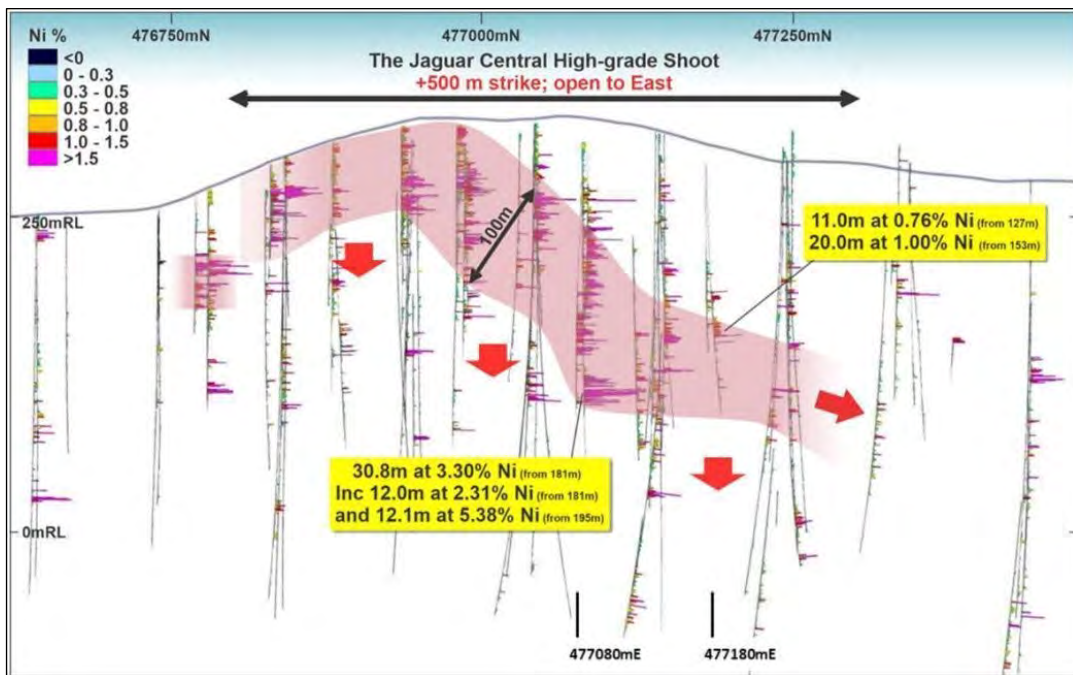


Figura 10.1.43 - Vista da seção longitudinal do depósito de Ni Jaguar Central voltado para o norte. Os resultados destacados são para furos de perfuração JAG-DD-20-104 (a esquerda) e o JAG-DD-20-101 (a direita) que perfurou o topo do alvo de alto teor. A localização da seção EF é mostrada na Figura 10.1.42.

Fonte: Centaurus, 2023.

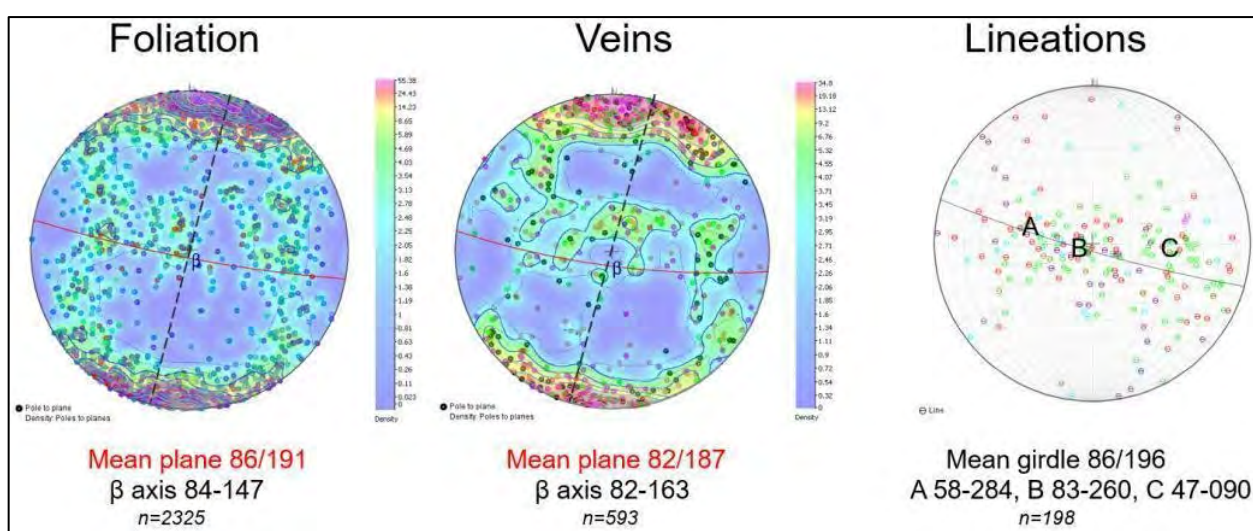
Os afloramentos na área do depósito são escassos, portanto, as características estruturais foram determinadas a partir de uma combinação de observações de campo, medições no alvo da sondagem adequadamente orientadas, com auxílio de interpretação de imagens geofísicas.

Dessa forma, o depósito do Jaguar está hospedado dentro de uma zona de milonito sub-vertical com orientação EW-ESE, que é interpretada como uma ramificação da falha regional Canaã. As zonas de cisalhamento são



caracterizadas por uma foliação milonítica e penetrativa que gera bandas composicionais. Onde a deformação é mais intensa, as foliações S-C são paralelas e um padrão semelhante ao losango se desenvolve, resultando em alvos de minério em forma lenticular que apresentam, caracteristicamente, associações estreitas entre a mineralização de níquel e o conteúdo de magnetita.

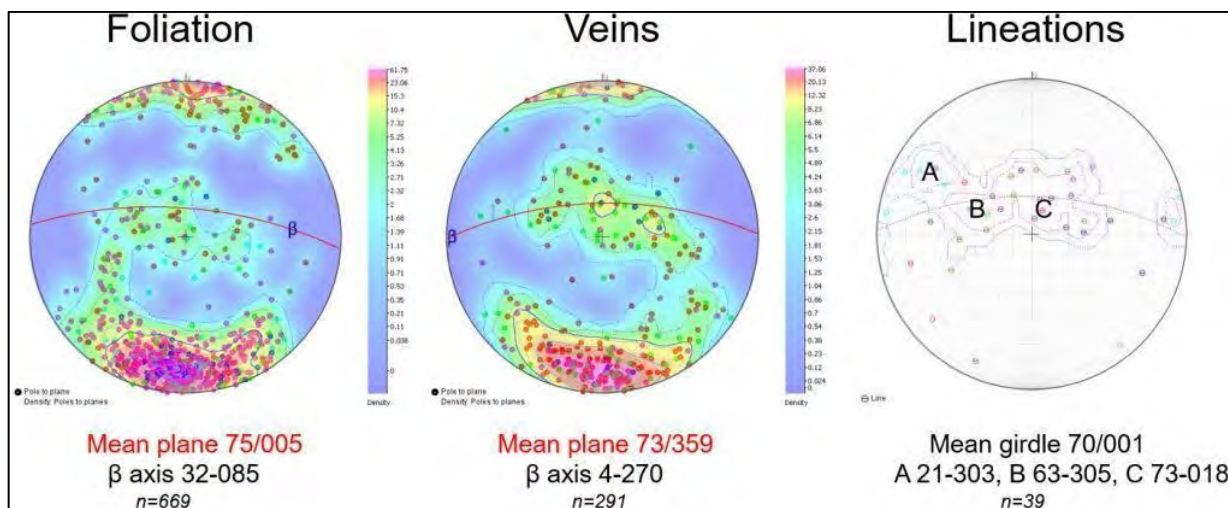
A foliação inicial é transposta pela foliação milonítica que mergulha a  $86^{\circ}/191^{\circ}$ , e esta foliação, por sua vez, é observada como tendo sido dobrada em torno de um eixo de impacto subvertical orientado NNE, resultando em um padrão de interferência do tipo 1 com dobras cruzadas mergulhando rasamente a oeste e leste ao longo da foliação principal (**Figura 10.1.44**). As lineações minerais mergulham moderadamente acentuadamente a oeste e moderadamente a leste, resultando no desenvolvimento de alvos de minério arqueados, semelhantes a um bumerangue, quando vistos em seção longitudinal. É interpretado que o evento de dobra cruzada reflete a reativação sinistral tardia da Falha Canaã.



**Figura 10.1.44 - Dados estruturais do alvo de sondagem do Depósito Jaguar. Parcelas de áreas iguais do hemisfério inferior. Na imagem é possível observar que a foliação e os veios têm distribuições quase idênticas e ambos mostram dobras cruzadas menores sobre um plano axial NNE subvertical (linha tracejada).**

Fonte: Centaurus, 2023.

Os depósitos Onça Preta e Onça Rosa estão hospedados ao longo dos contatos do diábasio mais antigo (DIAV) intrusivo no tonalito, sugerindo que a mineralização foi colocada durante um estágio de dilatação. A orientação média da mineralização hospedada por foliação em Onça Preta e Onça Rosa é  $75^{\circ}/005^{\circ}$  (**Figura 10.1.45**). As lineações minerais mergulham moderadamente abruptamente a Oeste e moderadamente a Leste, como o Jaguar.



**Figura 10.1.45 - Dados de sondagem orientadas dos depósitos Onça Rosa e Onça Preta. Parcelas de áreas iguais do hemisfério inferior. Observe que a foliação e os veios têm distribuições semelhantes.**

Fonte: Centaurus, 2023.

#### 10.1.4.4.4 Mineralização

No depósito Jaguar há dois tipos de mineralização de sulfeto de Ni, com apatita como um acessório integral. Os conjuntos de sulfeto são semelhantes em ambos os tipos, diferindo apenas na composição modal e a estrutura dos sulfetos.

O tipo de mineralização de sulfeto mais abundante constitui a mineralização de níquel de baixo teor e está associada à alteração biotita-clorita, bem como anfibólio, magnetita, quartzo, apatita e talco, ocorrendo como veios e sulfetos de *stringer*.

Os sulfetos geralmente ocorrem dentro de veios concordantes com a foliação, mas também podem preencher fraturas discordantes ou ocorrer como grãos disseminados em zonas de alteração. Perto do contato de veios de sulfeto e rochas alteradas ricas em biotita, a biotita é comumente afetada pela cloritização posterior e formação de talco, desenvolvendo uma borda rica em clorita e talco. A mineralização forma redes de veios anastomosadas e pode desenvolver módulos semi-maçicos localmente onde os veios/vênulas e *stringers* se aglutinam.

Este estilo de mineralização é caracterizado geoquimicamente por valores médios anômalos dos elementos siderófilos As, Fe, Mo e P e dos elementos litófilos Ca, La e Y e tem um teor médio de 0,19% Ni, 16,61% Fe e 0,08% Zn.

O segundo tipo de mineralização de sulfeto está associado à alteração magnetita-apatita-quartzo e constitui mineralização de Ni de alto teor. É menos abundante, mas tem os teores mais altos ocorrendo como veios e corpos de brecha consistindo em fragmentos irregulares de rochas hospedeiras extensivamente alteradas dentro de uma matriz rica em sulfeto-magnetita-apatita. As brechas mineralizadas formam corpos semi-maçicos de sulfeto de até 15m de espessura paralelos ou transversais a zonas ricas em biotita-clorita. As brechas são predominantemente suportadas por clastos, mas as brechas de sulfeto suportadas por matriz também são reconhecidas. Assim como sulfetos, magnetita, apatita e quartzo, este estilo de mineralização contém anfibólitos menores, biotita e clorita. Corpos de sulfeto massivos podem ter até 5 m de espessura.

A pirita forma cristais euédricos a subédricos e agregados anédricos irregulares. A pentlandita forma agregados em blocos grossos cercados por uma matriz intergranular de pirrotita ou pirita. Pode ser moderadamente alterado para violarita ao longo dos limites e divisões de grãos e pode formar chamadas de exsolução menores dentro da pirrotita. A millerita forma grãos grossos ou uma rede intergranular de granulação muito fina ao redor

dos grãos de pirita e envolvendo pequenos agregados de pirita e pode ser fortemente alterada para violarita. É mais comum na mineralização de alto teor que ocorre na porção central e sul do depósito Jaguar. A calcopirita forma agregados irregulares de granulação muito fina, geralmente associados à pirita, mas também encerrados em silicatos. Os sulfetos estão associados ao quartzo, apatita e magnetita, principalmente na mineralização de Ni de alto teor, onde envolvem magnetita euédrica a subédrica ou agregados de magnetita, bem como apatita. Os cristais de magnetita também encerram grãos ou agregados de sulfeto, e pequenos grãos e agregados de magnetita, pentlandita, pirrotita e calcopirita podem ser encerrados em cristais de pirita. Esfalerita comumente exhibe inclusões alinhadas de granulação fina de calcopirita.

A mineralização de alto teor de Ni é caracterizada geoquimicamente por valores médios anômalos dos elementos calcófilos Ag, Bi, Cd, Co, Cu, Pb, S, Sb, os elementos siderófilos Ni e W; e litófilo Zn, e tem um teor médio de 1.09% Ni, 13.21% Fe, 1.70% Zn. Embora as análises não estejam disponíveis para todas as amostras, a mineralização de alto teor também carrega valores anômalos dos elementos siderófilos Au, Pd e Pt (valores máximos de 5.27 g/t, 1.05 g/t e 0.22 g/t respectivamente, porém os valores sejam predominantemente <0.65 g/t, <0.4 g/t e <0.1 g/t respectivamente).

O exame microscópico de amostras compostas de minério de um número selecionado de furos de sondagem (MODA, 2020; 2021) revela que o conteúdo médio de sulfeto no Jaguar Sul (7,4%) compreende um conjunto de pirita (51%), milerita (19%), pentlandita (9%), esfalerita (8%), violarita (7%), pirrotita (3%), vaesita (2%) e traços de pirita níquelífera e calcopirita.

O teor médio de sulfeto das amostras compostas de minério do depósito Onça Preta é de 10.4% constituindo uma assembleia de pirita (66%), pentlandita (29%), pirrotita (2.6%), violarita (1.3%) e millerita (0.4%) com traços de pirita níquel, esfalerita, vaesita e calcopirita.

Os sulfetos do Jaguar Sul são geralmente mais alterados e fraturados, e mostram evidências de enriquecimento de Ni (millerita, vaesita, violarita) por fluidos hidrotermais, como evidenciado pela presença de fluorapatita (8%) e traços de alanita. Os sulfetos contendo níquel representam 37% do sulfeto total. No Onça Preta, a assembleia de sulfetos é mais uniforme e de origem magmática predominantemente primária com sulfetos contendo Ni compreendendo 31.6% dos sulfetos totais e há evidências de um evento carbonato tardio (calcita, dolomita e siderita).

#### 10.1.4.4.5 Intemperismo e oxidação

O regolito no depósito é *in-situ* e compreende uma fina camada de solo sobreposta a saprólita decomposta e rocha saprolítica (agrupados como saprólita), por sua vez sobreposta a uma zona fina onde rocha fresca e rocha saprolítica são misturadas (agrupadas como zona de transição). A espessura da zona de saprólito geralmente varia de 1 a 2 m (máx. 5 m) e a espessura da zona de transição geralmente varia de 0 a 22 m (máx. 34 m).

O enriquecimento supergênico em relação aos valores de rocha fresca é mínimo. As, Be, Co, Cr, Cu, Fe, La, Sc e Y mostram um enriquecimento médio fraco na zona de saprolito; Ag, Al, Ba, Bi, Mn, Pb, Sb, V, W e Zr mostram um enriquecimento médio fraco na zona de transição; enquanto os seguintes elementos são esgotados no regolito - Ca, Cd, K, Li, Mg, Mo, Na, Ni, P, S, Sr, Ti e Zn.

#### 10.1.4.5 Unidades geológico-geotécnicas

Conforme o mapeamento geológico-geotécnico realizado pela empresa TEC3 (2022) para o memorial descritivo do Projeto de disposição de rejeitos compartilhados com estéril do Projeto Jaguar, foram identificadas

sete unidades geotécnicas distintas, sendo elas: colúvio, aluvião, planícies de inundação/áreas alagadas, solos residuais (granitoide e subvulcânica ácida), saprólito de subvulcânica ácida e afloramentos/blocos rochosos.

Estas unidades podem ser extrapoladas para as demais áreas da AEL e ADA do empreendimento, de acordo com as características das unidades. Cabe destacar, no entanto, que a presença de cobertura vegetal na área é um limitador para a identificação e caracterização dos litotipos ali existentes (TEC3, 2022). Abaixo segue a descrição detalhada das unidades geológico-geotécnicas identificadas:

#### 10.1.4.5.1.1 Colúvio

A unidade geotécnica colúvio, compreende os solos de vertentes, parcialmente alóctone ou de pequeno transporte, que podem ocorrer também em áreas de baixada, por vezes nas proximidades das drenagens, combinados com solos e fragmentos de rochas trazidos das zonas mais altas, geralmente mal classificado e mal selecionado.

São solos de matriz silte arenosa a argilo siltosa, marrom a vermelho claro, com plasticidade de baixa a média, espessura variável, e associados a presença de blocos de tamanho dessimétricos de quartzo lateria e rochas alteradas (TEC3, 2022). Em cortes de estrada frequentemente foi possível observar feições do tipo linhas de rocha, onde há um alinhamento e concentração de material mineral mais selecionado, conforme ilustrado na (Figura 10.1.46).



**Figura 10.1.46 - Linha de rochas, sobreposto ao solo residual de granitoide, observado em corte de acesso a ADA do empreendimento.**

Fonte: TEC3, 2022 (Golder, 2023).

#### 10.1.4.5.1.2 Aluvião

A unidade geotécnica Aluvião ocorrem em planícies de inundação e áreas alagadas (**Figura 10.1.47**). Geralmente apresentam textura arenosa (areia fina a grossa, principalmente de quartzo), podendo conter porções siltosas. As sondagens e investigações geológico-geotécnicas registraram uma espessura média de cerca de 1,80 m para esta unidade (TEC3, 2022).



**Figura 10.1.47 - Aluvião em planície de inundação de igarapé na região nordeste da ADA do empreendimento.**

Fonte: TEC3, 2022 (Golder, 2023)

#### 10.1.4.5.1.3 Áreas alagadas

Unidade geotécnica relacionada às áreas alagadas é observada em regiões de baixada, próximas às drenagens. Estas podem ser naturais ou formadas devido a pequenos barramentos. Esta unidade é caracterizada pela presença constante de água, em regiões de brejos e planícies de inundações que contém água durante todo o ano. Contudo, no período chuvoso podem alcançar grandes extensões e quantidades significativas de água. Sendo assim, nestas áreas o solo é argiloso e geralmente contém quantidades significativas de matéria orgânica, conforme ilustrado na Figura 10.1.48 e na **Figura 10.1.49** (TEC3, 2022).



**Figura 10.1.48 - Regiões alagadas identificadas na área da ADA do empreendimento.**

Fonte: TEC3, 2022 (Golder, 2023).



**Figura 10.1.49 - Detalhe de área alagada identificada na ADA do empreendimento.**

Fonte: TEC3, 2022 (Golder, 2023).

#### **10.1.4.5.1.4 Solo residual de granitoide**

O solo residual de granitoide é a unidade geotécnica predominante na ADA do empreendimento. Segundo TEC3 (2022), é caracterizado como solo areno argiloso a areno siltoso ou silte argiloso, com areia fina a grossa de quartzo e plagioclásio, geralmente com a presença de pedregulhos finos a grossos de quartzo, com espessura variável. Apresenta plasticidade baixa a média e podem ocorrer sotoposto a unidade geotécnica colúvio (**Figura 10.1.50**).



**Figura 10.1.50 - Solo residual de granitoide.**

Fonte: TEC3, 2022 (Golder, 2023).

#### **10.1.4.5.1.5 Solo residual/saprólito de subvulcânica ácida**

Esta unidade geotécnica, apresenta textura silte argilosa a areno siltosa (areia fina a média), comumente associado a pedregulhos finos a médios de rocha subvulcânica ácida alterada e quartzo (TEC3, 2022). Apresenta plasticidade média e coloração vermelho a verde (**Figura 10.1.51**) e espessura variável. Nos locais

de maior declividade, como nas encostas da serra arqueada, esta unidade tende a possuir textura areno siltosa e estrutura da rocha preservada, com pórfiros de quartzo azul do protólito, como pode ser observado na **Figura 10.1.52** (TEC3, 2022).



**Figura 10.1.51 - Solo residual silte argiloso.**

Fonte: TEC3, 2022 (Golder, 2023).



**Figura 10.1.52 - Saprólito de subvulcânica ácida em corte de acesso.**

Fonte: TEC3, 2022 (Golder, 2023).

#### 10.1.4.5.1.6 Afloramentos/ blocos rochosos

Esta unidade geotécnica pode ser observada, principalmente nas calhas de drenagens, conforme ilustrado na **Figura 10.1.53**, e nos altos topográficos, ocorrendo de forma pontual na ADA em forma de pequenos corpos de afloramento/ blocos rochosos, parcialmente cobertos por solo residual (TEC3, 2022).



**Figura 10.1.53 - Afloramento/blocos em fundo de drenagem.**

Fonte: TEC3, 2022 (Golder, 2023).

#### 10.1.4.5.1.7 Vulnerabilidade geotécnica

Conforme descrito nos itens anteriores, as litologias encontradas na região do empreendimento são compostas, principalmente, por gnaisses do embasamento, granitoides, rochas metavulcanossedimentares, diques de diábasio, tonalitos, bem como variedades alteradas e deformadas deles, que foram agrupadas em sete unidades geológico-geotécnicas distintas, sendo elas: colúvio, aluvião, planícies de inundação/áreas alagadas, solos residuais (granitoide e subvulcânica ácida), saprólito de subvulcânica ácida e afloramentos/blocos rochosos.

Em relação aos aspectos geotécnicos, as unidades litológicas apresentam características de comportamento mecânico e resistência diversos frente aos processos que atuam sobre as rochas expostas, podendo ocorrer litotipos muito ou pouco resistentes, com espessuras variadas. Sendo assim, o aspecto de resistência das rochas está relacionado diretamente com a sua composição, ou seja, com as texturas e estruturas relacionadas com os fatores externos ambientais.

Devido a estas características, cabe destacar que na região do empreendimento predominam áreas com relevo pouco movimentado, onde a influência da declividade sobre a vulnerabilidade geotécnica é menor. Este ambiente está associado a ocorrência das unidades geológico-geotécnicas de colúvio e de solo residual de granitoide, onde as características pedológicas e geológicas assumem grande relevância no comportamento mecânico dos materiais, variando de acordo com as texturas, o tamanho dos grãos e principalmente a coesão entre estes grãos.

Outro aspecto que costuma ser relevante nos estudos geotécnicos é o papel da declividade topográfica dos terrenos, que pode potencializar a atuação dos processos erosivos e a ocorrência de processos gravitacionais de massa, os quais interferem na estabilidade geotécnica. Esses aspectos justificam a área da Serra Arqueada



apresentar a maior classe de vulnerabilidade geotécnica, onde são observadas as unidades geológico-geotécnicas de solo residual/saprólito de subvulcânica ácida, bem como afloramentos/blocos rochosos.

Por fim, cabe destacar os ambientes de baixada e de planície fluvial que estão suscetíveis à dinâmica de enchentes e inundação. Enchentes são caracterizadas pela elevação do nível d'água nos canais de drenagem em decorrência do aumento das vazões, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar, enquanto a inundação é marcada pelo transbordamento das águas dos canais fluviais, atingindo as planícies de inundação (IPT, 2007). Esses ambientes ocorrem em associação às unidades geológico-geotécnicas de aluvião e áreas alagadas, e, em função da dinâmica de inundação, apresentam uma vulnerabilidade geotécnica elevada.

A **Tabela 10.1.31** a seguir mostra o resultado em percentual das áreas de acordo com o grau de vulnerabilidade, bem como apresenta a análise de risco geológico associado às classes mapeadas. Os resultados dos graus de vulnerabilidade geotécnica na AEL e ADA do empreendimento podem ser visualizados no Mapa de Vulnerabilidade Geotécnica (**Figura 10.1.54**).

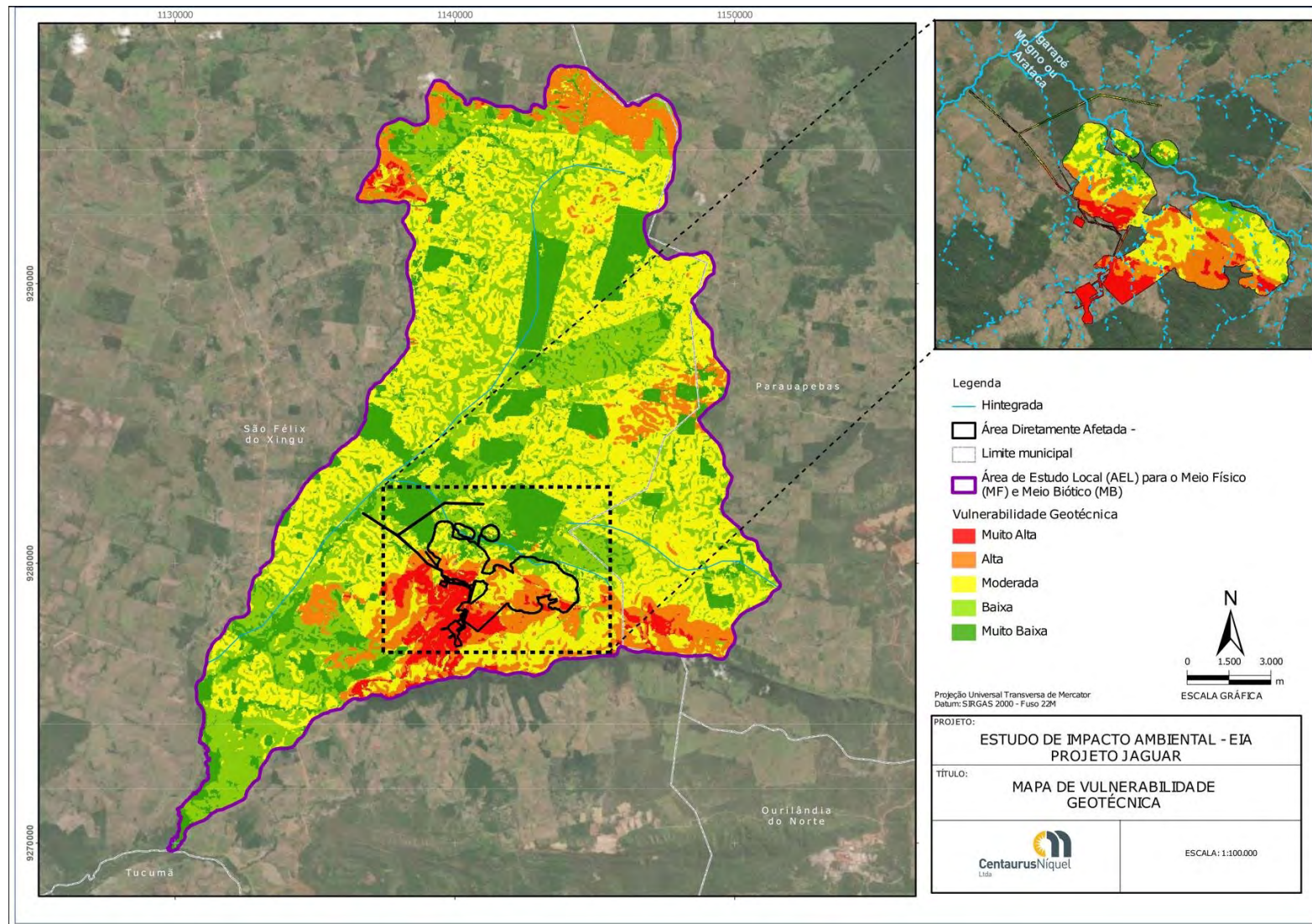


Figura 10.1.54 - Mapa de vulnerabilidade Geotécnica.

**Tabela 10.1.32-Resultado da análise de Vulnerabilidade Geotécnica.**

Vulnerabilidade e Geotécnica	Riscos geológicos associados	AEL - Área (ha)	AEL - Percentual da Área (%)	ADA - Área (ha)	ADA - Percentual da Área (%)
Muito Baixa	Possibilidade de ocorrências pontuais de processos erosivos, com pequenas dimensões.	1717,6	19,0	77,1	8,0
Baixa	Deposição de sedimentos finos após as enchentes por decantação. Erosão laminar muito fraca sem evidências erosivas marcantes. Ocorrências pontuais de erosão em sulcos e desbarrancamentos na margem dos canais.	1895,3	21,0	120,6	12,5
Moderada	Ocorrência de alagadiços e enchentes sazonais. Atuação menos frequente de processos de erosão laminar e linear acelerada (sulcos e ravinas). Erosão laminar muito fraca sem evidências erosivas marcantes.	3200,0	35,4	332,7	34,5
Alta	Processos difusos de erosão laminar. Ocorrências menos frequente de processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas). Ocorrência de alagadiços e enchentes sazonais. Ocorrências pontuais de erosão em sulcos.	1458,2	16,1	280,3	29,0
Muito Alta	Erosão acelerada por escoamento concentrado; formação de sulcos e ravinas e desenvolvimento de caneluras. Instabilidade em encostas - movimentos de massa. Ocorrências de processos de erosão linear acelerada com fluxo subsuperficial (voçorocas). Ocorrência de alagadiços e enchentes sazonais.	771,2	8,5	154,5	16,0

### 10.1.4.6 Considerações finais

De acordo com o presente diagnóstico foi possível constatar que a AER do Projeto Jaguar está inserida a sudoeste da Província Carajás, sendo composta, predominantemente, por ortognaisses do Complexo Xingu, que representam rochas do embasamento arqueano. Em relação a AEL, além das rochas deste complexo, é possível destacar as rochas vulcanossedimentares do Grupo Sapucaia.

Toda a área do projeto apresenta um forte controle estrutural, com corpos rochosos alinhados de acordo com as estruturas regionais da área, como a Falha Canaã, de *trend* WSW, e a Falha McCandless (também conhecida como Carapanã), que apresentam *trend* ENE.

No que se refere à mineralização do Projeto Jaguar, cabe destacar que se trata de uma área com depósitos mineralizados alojados nos dacitos do cinturão de rochas verdes (*greenstones*) da Serra Arqueada, adjacente à fronteira com tonalito intrusivo no gnaiss do embasamento do Xingu.

A principal unidade litológica da área, e na qual está inserida a mineralização, está associada a rochas hidrotermalizadas, com três principais assembleias minerais de alteração, sendo elas: biotita-clorita, anfibólio-biotita e magnetita-apatita-quartzo. Esta última está presente nas rochas que apresentam os maiores teores de minério no depósito Jaguar e são associadas ao dacito hospedeiro (SVAP) que pode ser caracterizado por Al, Na, Zr, sendo interpretada como progressivamente alterada produzindo um membro final rico em K-Mg-Li-(Fe) (Clorita-Biotita) e um membro final rico em Al-Ba-Be-La, pobre em Fe (Biotita) à medida que o Na está esgotado.

As análises litogeoquímicas das zonas portadoras de Ni indicam zonas enriquecidas em Ca, Fe, P, S e Y (apatita, magnetita e sulfeto), bem como um conjunto de metais básicos (Baixo teor de Ni = As, Bi, Co e Alto teor=Ag, Cd, Cu, Pb, Sb, W, Zn) e quartzo.

Em relação ao comportamento geológico-geotécnico, o mapa de vulnerabilidade geotécnica, que aponta as possíveis áreas de instabilidade geológica e identifica as áreas de risco para deslizamento e/ou desmoronamento, propensão à erosão e inundação, indica que predominam na AEL e ADA do empreendimento as classes moderada, baixa e muito baixa de vulnerabilidade geotécnica. Essas áreas estão associadas à ocorrência de alagadiços e enchentes sazonais, à atuação menos frequente de processos de erosão laminar e linear acelerada. Cabe destacar, no entanto, que tanto na AEL, quanto na ADA do Projeto Jaguar foram mapeadas áreas de vulnerabilidade geotécnica muito alta, com 8,5 e 16 %, respectivamente. Essas áreas estão mais suscetíveis à ocorrência de processos erosivos por escoamento concentrado, à formação de sulcos e ravinas e desenvolvimento de caneluras, bem como à processos gravitacionais de massa (Golder, 2023).

### 10.1.5 Geomorfologia

#### 10.1.5.1 Introdução

Localizado na porção sudoeste da Província Mineral de Carajás, o Projeto Jaguar está situado no ambiente geomorfológico continental, em terrenos cujo modelado do relevo é caracterizado pela evolução geomorfológica de longo tempo.

O domínio geomorfológico continental, cujo substrato geológico é composto por rochas cristalinas, é marcado pela ocorrência de feições como colinas e morros dissecados, serras esculpidas sob forte controle lito-estrutural, além de planícies fluviais cujos depósitos estão associados à dinâmica de sedimentação dos Igarapés que recortam a região.

Dessa forma, o presente estudo contém a caracterização geomorfológica das Áreas de Estudo do empreendimento, apresenta o papel dos condicionantes lito-estruturais na evolução do relevo e aborda os aspectos morfodinâmicos atuais, correlacionando o uso do solo com o desenvolvimento de feições deposicionais de assoreamento nas drenagens e feições erosivas nas encostas, como ravinas e voçorocas.

### 10.1.5.2 Metodologia

A elaboração do estudo geomorfológico do Projeto Jaguar se deu a partir do levantamento de dados secundários e primários. Os dados secundários foram adquiridos por meio de um levantamento bibliográfico detalhado, em que os principais mapeamentos associados à geomorfologia foram consultados, com destaque para o Projeto RADAMBRASIL (1974), o Mapa de unidades de relevo do Brasil (IBGE, 2006), o levantamento de Geodiversidade do Estado do Pará (CPRM, 2013), o Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (IBGE, 2009) e o mapa geomorfológico do IBGE (IBGE, 2022).

Adicionalmente, para uma melhor avaliação dos aspectos fisiográficos e identificação dos compartimentos geomorfológicos na área do empreendimento, foram levantadas as cartas topográficas de São Félix do Xingu (SB-22-Y-B, escala 1:250.000), Fazenda Anaporã (SB-22-Y-B-III, escala 1:100.000), Rio Branco (SB-22-Y-B-VI, escala 1:100.000), enquanto para as análises morfométricas, fundamentadas nos aspectos geométricos, foram extraídas a declividade e a hipsometria a partir do modelo digital de elevação (MDE), gerado com base nas imagens de radar TOPODATA (INPE, 2011).

No que se refere à análise dos processos morfodinâmicos das unidades de relevo de cada compartimento geomorfológico identificado, integrada à dinâmica de uso e ocupação do solo em associação ao desenvolvimento de feições erosivas e deposicionais, cabe destacar que foi utilizado como referência a proposta desenvolvida por Tricart (1977) e adaptada por Ross (1994) e IBGE (2009), que a partir da classificação dos ambientes em categorias ecodinâmicas, definiu os meios em estáveis, *intergrades* (em transição) e instáveis.

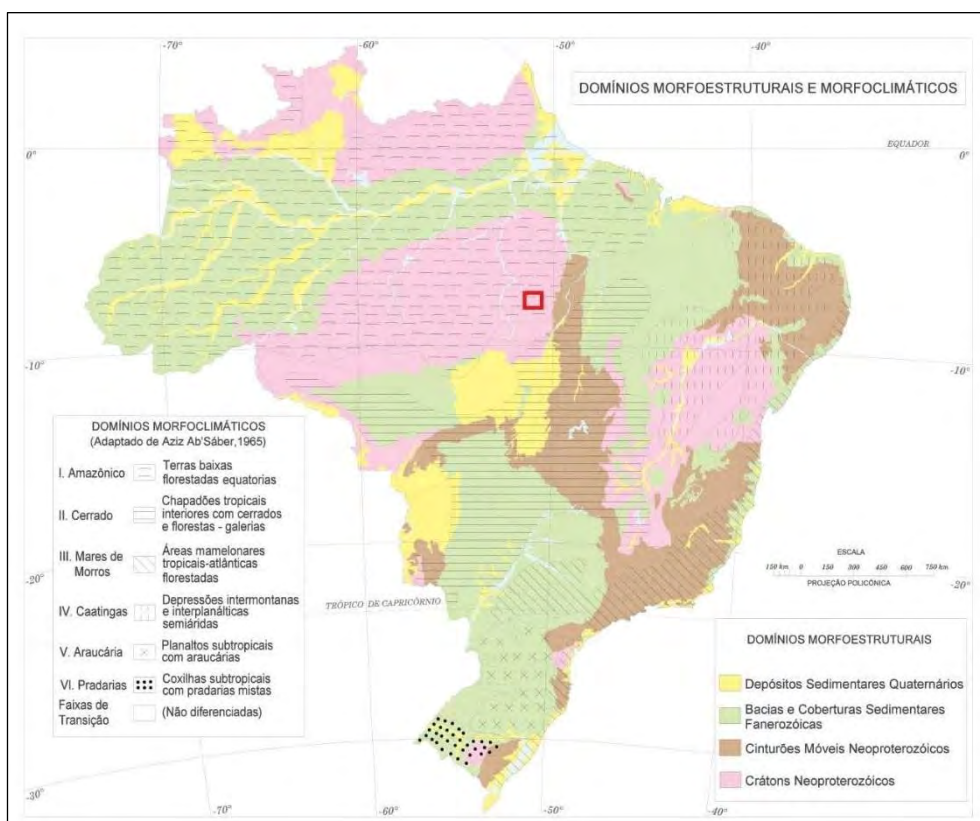
Complementarmente, com vistas à um maior detalhamento dos mapeamentos exploratórios existentes na AEL, foram consultados os estudos ambientais desenvolvidos para a região do Projeto Jaguar, com destaque para BRANDT (2012) e BRANDT (2004), consolidados e apresentados em Bicho do Mato (2021). Ademais, com vistas à avaliação e reconhecimento dos estudos geomorfológicos já realizados na AEL foi executada uma visita de campo em agosto de 2022.

No que diz respeito à escala de apresentação dos mapas geomorfológicos nas Áreas de Estudo, é importante destacar que os sistemas de relevo mapeados foram delimitados e identificados a partir de uma divisão hierárquica em diferentes táxons. Para a Área de Estudo Regional (AER) foram analisados os táxons de Domínios Morfoestrutural e Regiões Geomorfológicas, enquanto para a Área de Estudo Local (AEL) e Área Diretamente Afetada (ADA) foram avaliados os táxons de Unidades Geomorfológicas e de Modelados do relevo.

O primeiro táxon, Domínio Morfoestrutural, pode ser entendido como a base para a compartimentação do relevo, já que o relevo é interpretado nesse nível como consequência da estrutura geológica local (ROSS, 1990). O segundo táxon, Região Geomorfológica, é caracterizado pela influência dos agentes morfogenéticos exógenos, como clima, organismos e tempo de exposição sobre as variadas estruturas geológicas e litotipos. O terceiro táxon, por sua vez, é designado como Unidades Geomorfológicas, sendo marcado a partir da seleção de áreas que apresentam um elevado grau de similaridade topográfica, aglutinando um conjunto específico de padrões morfométricos. Os Modelados, por fim, constituem o quarto táxon e são formados por polígonos que abrangem um padrão de formas de relevo que possuem definição geométrica similar.

### 10.1.5.3 Geomorfologia da Área de Estudo Regional

A análise da relação entre os aspectos geomorfológicos e geológicos possibilita o reconhecimento de diferentes compartimentos geomorfológicos (SILVA, 2002). A identificação desses conjuntos de formas de relevo que estão associados às principais estruturas geológicas regionais na AER do Projeto Jaguar conduziu à identificação dos Domínio Morfoestrutural de Crátons Neoproterozoicos, conforme ilustrado na **Figura 10.1.55**.



**Figura 10.1.55 - Mapa de unidades de relevo do Brasil (Modificado de: 2º ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006). O quadrado vermelho representa a região do empreendimento, localizado na porção sudoeste da Província Mineral de Carajás.**

Esse domínio é composto por planaltos residuais, cuja superfície se estende por vastas porções do centro-sul do Estado do Pará, com cotas que variam na AER entre 200 metros, na confluência do Igarapé Carapanã com o Rio Fresco, e 739 metros no topo da Serra Arqueada, o ponto mais elevado na Área de Estudo. O domínio de Crátons Neoproterozoicos também é marcado pela presença de terrenos irregulares, influenciados pela dinâmica de erosão, com a presença de colinas e morros dissecados, além de relevos residuais em formas de serras que tem como embasamento rochas cristalinas, pertencentes ao complexo embasamento ígneo-metamórfico do Cráton Amazônico. Nesse aspecto, cabe destacar a Serra Arqueada, cujo substrato é composto por rochas metavulcanos sedimentares do Grupo Tucumã.

Localmente, às margens do Igarapé Carapanã ainda é possível observar a presença do domínio de Depósitos Sedimentares Quaternários, que é formado por vários níveis de terraços e planícies de inundação.

As Regiões Geomorfológicas, por sua vez, podem ser definidas como uma superfície, cujo modelado é gerado sobre uma ou diversas estruturas geológicas, através da ação de agentes exógenos, tais como o clima, organismos e tempo, correlacionando processos/agentes intempéricos com processos/agentes pedogenéticos na gênese do relevo.

Segundo o mapeamento realizado pelo IBGE (2022), este táxon comporta as seguintes Regiões Geomorfológicas na AER do Projeto Jaguar: Depressões da Amazônia Meridional, Serras Residuais da Amazônia Meridional e Formas Agradacionais Atuais e Subatuais Interioranas. As Regiões Geomorfológicas presentes na AER do Projeto Jaguar podem ser visualizadas no mapa geomorfológico (**Figura 10.1.56**).

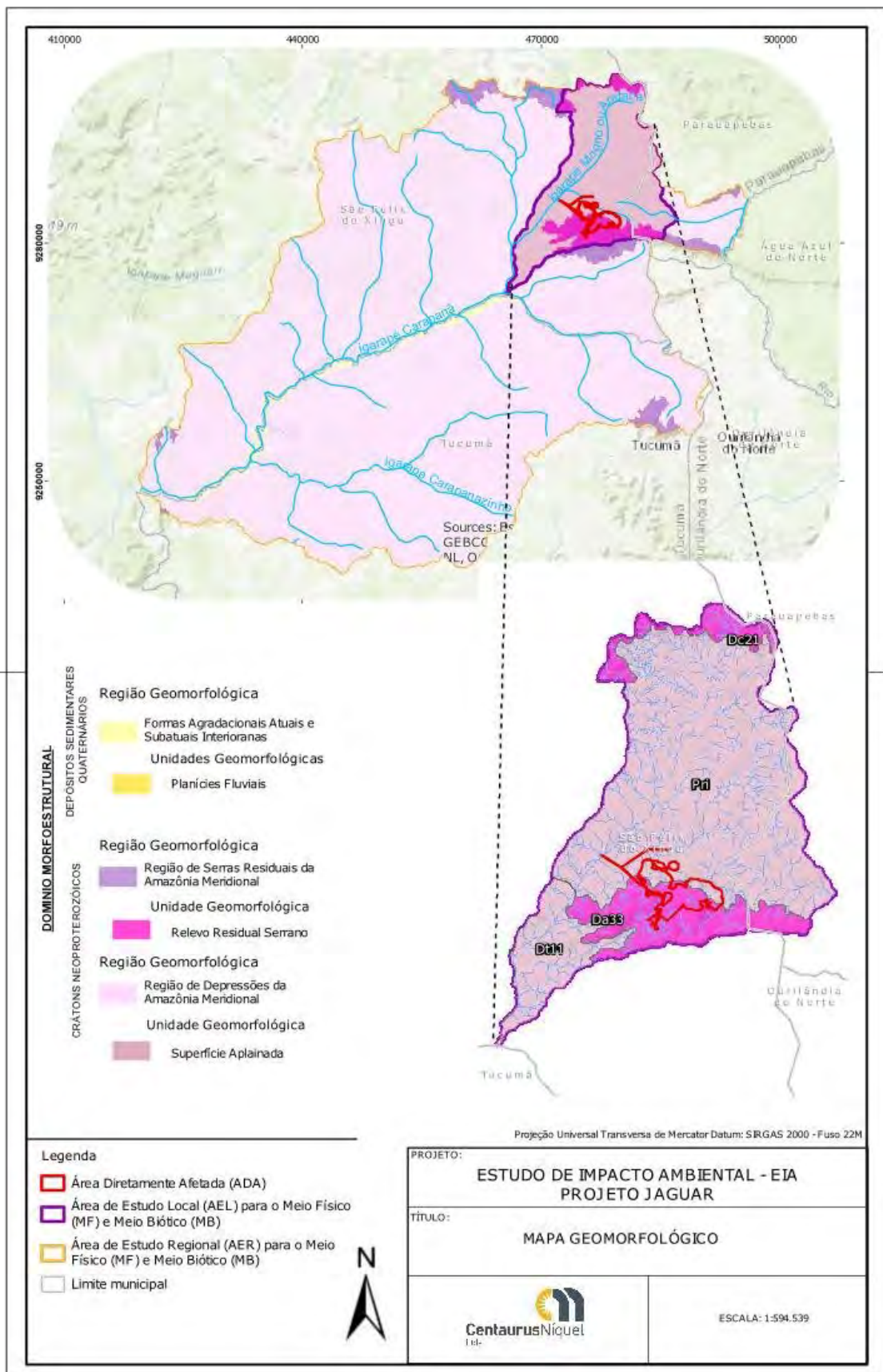


Figura 10.156 - Mapa Geomorfológico.



### **10.1.5.3.1 Região de Depressões da Amazônia Meridional**

A Região de Depressões da Amazônia Meridional é caracterizada uma extensa superfície aplanada, suavemente dissecada, com cotas que variam de 100 a 300m, e que são recortadas por drenagens com padrão dendrítico, onde são observados relevos residuais de forma destacada na paisagem, em forma de morros isolados e conjuntos serranos, como os da Serra Arqueada.

A gênese das superfícies aplainadas está relacionada à mudança de nível de base regional provocada por movimentos epirogenéticos pós-cretácicos, que se desenvolveram ao longo do Cenozoico, em um período marcado pela estabilidade crustal. Processos de dissecção de idade Quaternária, no entanto, retrabalharam a superfície aplainada, resultando em na dissecção de colinas com formas convexas e de topos tabulares, esculpidas em litologias pré-cambrianas (marcadamente granitos e gnaisses). As formações superficiais observadas nas Depressões da Amazônia Meridional são formadas predominantemente por Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos, cuja cobertura originária de vegetação de Floresta Ombrófila vem ao longo das últimas décadas sendo substituída por pastagens.

No que se refere especificamente à AER do Projeto Jaguar, é possível observar que predominam na área terrenos aplainados com cotas inferiores a 300 metros, cuja morfologia é marcada pela ocorrência de amplas superfícies planas (predomínio de declividades inferiores a 8%), que são recortadas pelo Igarapé Carapaná e seus afluentes, como o Igarapé Carapanãzinho e o Igarapé Mogno, além do Igarapé Mutum.

### **10.1.5.3.2 Região de Serras Residuais da Amazônia Meridional**

A Região de Serras Residuais da Amazônia Meridional é marcada pela presença de ressaltos topográficos que estabelecem contatos abruptos com a Depressão do Médio Xingu, que envolve os maciços residuais, sendo caracterizada pela Serra Arqueada na AER. De acordo com CPRM (2013) o relevo desse conjunto serrano residual está relacionado à uma paleocordilheira arrasada que integrava parte de uma grande superfície aplainada no Cretáceo superior. No entanto, o intenso processo de dissecção do relevo provocado pelo rebaixamento do nível de base regional entre o Mesozoico e o Paleógeno foi responsável pelo processo de erosão diferencial, isolando e destacando na paisagem porções cujo substrato geológico era mais resistentes à erosão e ao intemperismo, enquanto aplainou áreas extensas no entorno, onde as rochas possuíam uma menor resistência às intempéries (Ab'Sáber, 1996).

Especificamente em relação à AER do Projeto Jaguar, cabe destacar que a Serra Arqueada apresenta seu topo alinhado com direção preferencial leste-oeste, sendo limitada por vertentes íngremes em suas faces norte e sul, evidenciando um forte controle lito-estrutural, com amplitude de relevo de aproximadamente 400 metros (300 m sopé e cume a 739 m) e declividades elevadas (majoritariamente entre 20 a 45%). As formações superficiais associadas às Serras Residuais são caracterizadas pelo predomínio de solos litólicos com a ocorrência de afloramentos rochosos e depósito de tálus em seu sopé.

### **10.1.5.3.3 Formas agradacionais atuais e subatuais interioranas**

Dentro da AER do Projeto Jaguar essa região é formada pela colmatagem de sedimentos em suspensão ao longo dos igarapés, como observado ao longo do Igarapé Carapanã. A formação das planícies de inundação e terraços é orientada por ajustes tectônicos, como é possível observar pela direção preferencial nordeste associada aos depósitos fluviais identificados às margens do Igarapé Carapanã. Estes depósitos são formados por níveis de argilas, siltes e areias muito finas a grosseiras, estratificadas, localmente intercaladas por concreções ferruginosas.

#### **10.1.5.3.4 Hipsometria e declividade da AER**

Conforme é possível observar no mapa hipsométrico (**Figura 10.1.57**), ao longo da AER do Projeto Jaguar é possível observar que as maiores cotas se encontram em sua porção meridional, associadas à elevação promovida pela Serra Arqueada, cujos divisores atingem cotas superiores a 700 metros. Já a porção setentrional apresenta cotas mais baixas, de cerca de 450 metros. Os Igarapés Carapanã, Carapanãzinho e Mogno configuram os níveis de base locais que controlam a dissecação da superfície aplainada dentro da AER do Projeto Jaguar. A partir dessas drenagens, conectam-se tributários que recortam progressivamente o substrato geológico, composto majoritariamente por litologias cristalinas Neoproterozoicas.

A transição de relevo entre a Serra Arqueada para a superfície aplainada se dá a partir de vertentes com uma declividade que variam de 20 a 75 %, conforme é possível observar no mapa de declividade (**Figura 10.1.58**). Ao analisar a declividade na AER evidencia-se a concentração das maiores declividades ao longo da rede de drenagem, marcadamente nas regiões de cabeceira localizadas na Serra Arqueada.

#### **10.1.5.4 Geomorfologia da Área de Estudo Local e da Área Diretamente Afetada**

Para a descrição da Geomorfologia da Área de Estudo Local e da Área Diretamente Afetada foram avaliados os táxons de Unidades Geomorfológicas e de Modelados do relevo.

A delimitação das unidades geomorfológicas é fundamentada no conceito de homogeneidade das formas de relevo e sua gênese comum, considerando os fatores litoestruturais e climáticos, a compartimentação topográfica e retrata a paisagem das AEL e ADA do Projeto Jaguar. As unidades geomorfológicas podem ser visualizadas no mapa geomorfológico (**Figura 10.1.56**).

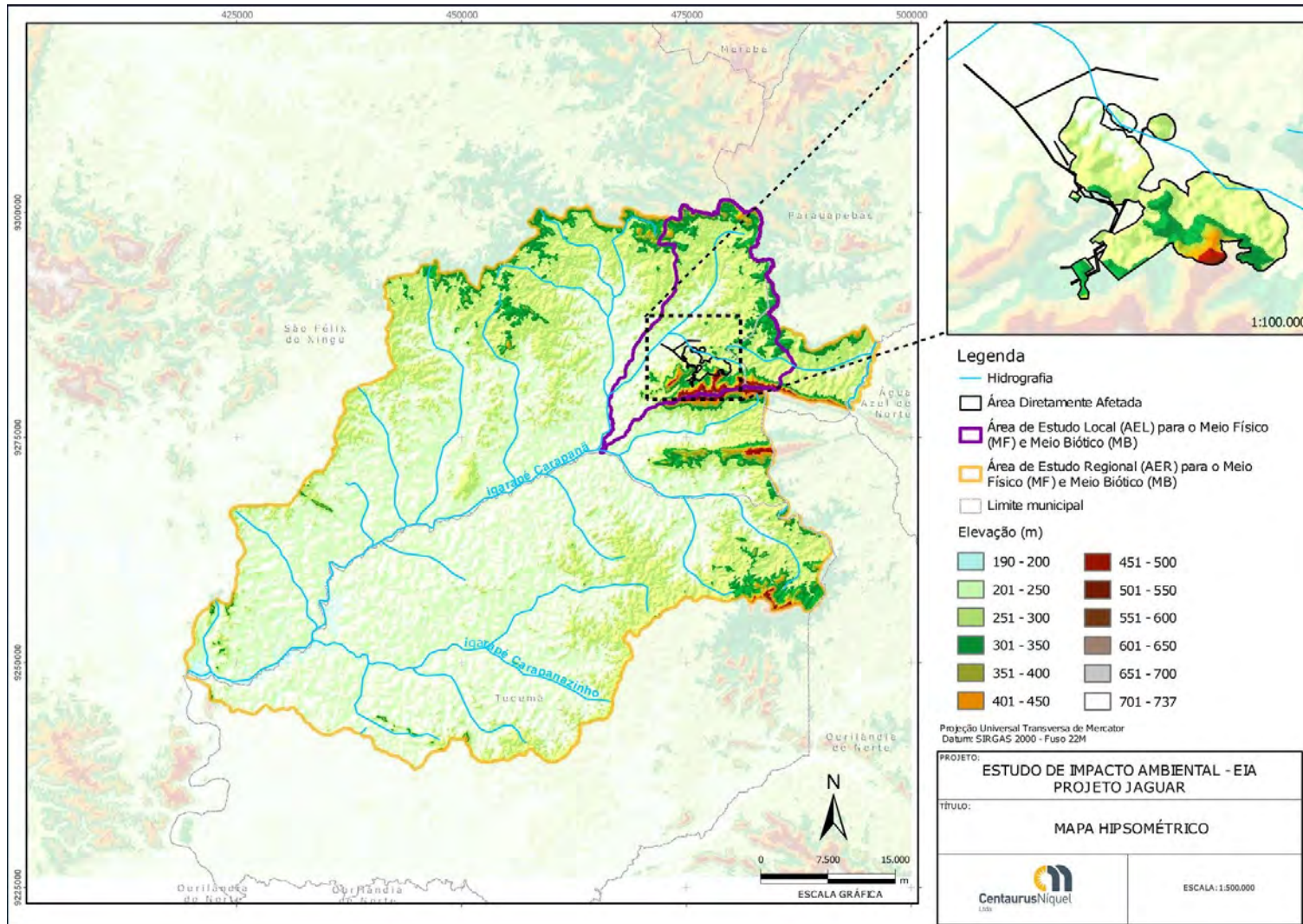


Figura 10.1.57 - Mapa Hipsométrico.

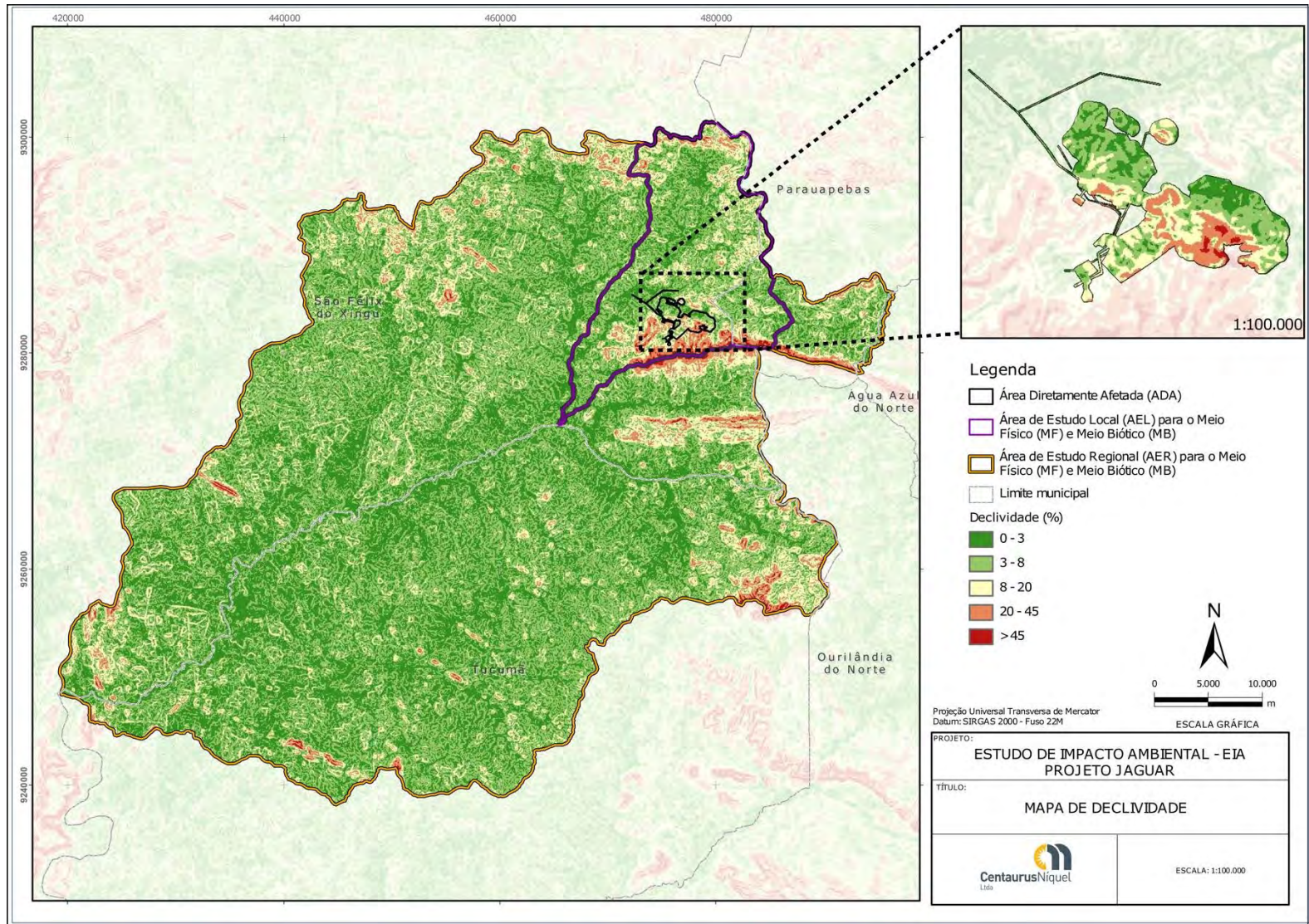


Figura 10.1.58 - Mapa de Declividade.

#### 10.1.5.4.1 Relevos de degradação

##### 10.1.5.4.1.1 Superfície aplainada

A unidade de Superfície Aplainada é caracterizada por um relevo de baixa amplitude topográfica, com cotas entre 200 e 350 metros, onde são observadas colinas que alternam geometrias tabulares e convexas, com a presença de relevos residuais, como morros e serras. Essa unidade, portanto, marca uma zona de circundesnudação do entorno dos relevos residuais, cuja gênese está associada aos processos de denudação geoquímica e à dinâmica de erosão e sedimentação provocada pela alternância entre períodos úmidos e secos ao longo do Quaternário, conforme apontado por RADAMBRASIL (1974).

Com declividades que alternam entre 0 e 8%, as classes de relevo plano e suave ondulado predominam dentro desta unidade geomorfológica (**Figura 10.1.59**), no entanto, em meio à superfície dissecada pelo trabalho fluvial do Igarapé Mogno é possível observar a presença de porções mais resistentes do embasamento cristalino, que se destacam na paisagem da superfície aplainada por meio de morros, que alternam entre a morfologia de topo alongado e suavemente inclinado e a morfologia ligeiramente convexa no topo e nas vertentes, conforme é possível observar na **Figura 10.1.60**.



**Figura 10.1.59** - Aspecto do relevo suave ondulado observado dentro da unidade geomorfológica de Superfície Aplainada. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°28'42.70"; W51°14'7.05" / UTM 22S - E: 473983m; S: 9283891m. Fonte: Bicho do Mato, 2021.



**Figura 10.1.60** - Detalhe de morro com morfologia convexa na unidade geomorfológica de Superfície Aplainada. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°28'53.79"; W51°14'17.19" / UTM 22S - E: 473672m; S: 9283550m. Fonte: Bicho do Mato, 2021.

Em relação às coberturas superficiais associadas à essa unidade geomorfológica, conforme BRANDT (2012) estas são marcadas pelo predomínio de coberturas superficiais autóctones, onde os processos pedogenéticos deram origem a Argissolos Vermelho-Amarelos. Secundariamente, são observadas coberturas alóctones, de origem coluvial, que é caracterizada pelo transporte de material ao longo das vertentes, principalmente por efeito de gravidade. De acordo com Bicho do Mato (2021), em campo é possível observar que os colúvios se distribuem na baixa vertente das encostas, estando por diversas vezes sobrepostos aos Argissolos, conforme ilustrado na **Figura 10.1.61**.



**Figura 10.1.61 - Detalhe da cobertura coluvial sobre elúvio de Argissolo. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°28'12.33"; W51°12'38.65" / UTM 22S - E: 473672m; S: 9283550m.**

Fonte: Bicho do Mato, 2021.

No que se refere aos aspectos morfodinâmicos, cabe destacar os aspectos de estabilidade e de transição observados na paisagem, onde a dinâmica de erosão se dá, majoritariamente, pelo processo erosão laminar, sendo localmente observada a presença de erosão em ravinas, sobretudo nos solos marcados pelo forte gradiente textural, como os Argissolos. Seguindo a classificação desenvolvida por Ross (1994), a fragilidade potencial do relevo desta unidade geomorfológica é classificada como moderada no ambiente de morros e colinas e baixa na ampla superfície plana e suave ondulada (BICHO DO MATO, 2021).

O principal aspecto para a maior suscetibilidade à erosão observado na unidade geomorfológica de Superfície Aplainada está associado ao tipo de solo predominante, o Argissolo. O forte gradiente textural característico dos Argissolos conferem uma maior suscetibilidade a ocorrência escoamento pluvial concentrado no interior do solo em decorrência da descontinuidade hidráulica presente na interface existente entre o horizonte superficial arenoso e o horizonte muito argiloso (B textural) posicionado abaixo deste. Nesse sentido, cabe destacar que a textura do solo afeta diretamente na erosão devido ao fato de algumas frações granulométricas serem removidas mais facilmente que outras. Farmer (1973) apud GUERRA (1994) diagnosticou que a remoção de sedimentos é maior na fração de areia média e diminui progressivamente nas partículas maiores

e menores. O teor de areia, portanto, é de fundamental importância na remoção (*detachment*) de sedimentos, contribuindo assim para o aumento da erodibilidade nos solos que contenham alto teor de areia.

#### 10.1.5.4.1.2 Relevo residual serrano

Com amplitudes topográficas superiores a 400 m, esta unidade geomorfológica caracteriza-se na AEL e ADA pela presença da Serra Arqueada, que representa um remanescente da superfície de aplainamento formada por movimentos epirogenéticos pós-cretácicos, arrasada e dissecada por processos de denudação e erosão que se desenvolveram ao longo do Cenozoico.

De acordo com AB' Saber, 1986, a presença de laterita no topo da Serra Arqueada constitui um aspecto responsável pela preservação do seu relevo mais elevado, dada a sua maior resistência ao intemperismo e à erosão, o que teria provocado a inversão do relevo no decorrer do Mesozóico e início do Terciário.

A Serra Arqueada possui uma geometria alongada, longitudinal, de direção preferencial leste-oeste, constituindo a maior expressão topográfica da área de estudo local. Sua base encontra-se por volta da cota de 350m e os divisores estão posicionados topograficamente acima dos 700 metros. Outro aspecto marcante da Serra Arqueada é que esta possui vertentes íngremes (declividades que variam de 20 a 45% e 45 a 75%), com drenagens encaixadas, que drenam de forma paralela para norte e sul, sem a formação de planícies de inundação (**Figura 10.1.62**). O topo da Serra Arqueada, por sua vez, é marcado por sua morfologia estreita e alongada (**Figura 10.1.63**), delimitada por escarpas que evidenciam o forte controle lito-estrutural do substrato geológico que a sustenta.



**Figura 10.1.62 - Destaque para a Serra Arqueada, evidenciando seu eixo longitudinal alongado e forte expressão topográfica na área de estudo local.**

Fonte: BRANDT (2012) apud Bicho do Mato (2021).



**Figura 10.1.63 - Aspecto da morfologia ligeiramente plana no topo da Serra Arqueada, próximo ao contato com a unidade de Superfície Aplainada. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°29'30.10"; W51°15'2.02"/ UTM 22S - E: 472296m; S: 9282435m.**

Fonte: Bicho do Mato (2021).

As médias vertentes da Serra Arqueada, no entanto, possuem declividades mais suaves, sendo caracterizada pela alternância entre morfologias convexas, que são observadas nos esporões da serra, e ligeiramente côncavas nos anfiteatros e reentrâncias, que constituem as cabeceiras de drenagem das nascentes dos igarapés que drenam pela ADA do Projeto Jaguar. As feições côncavas, além de sua extrema importância na dinâmica evolutiva do relevo (MEIS, 1981), possuem uma grande relevância para o sistema de drenagem do Projeto Jaguar, uma vez que nelas são observados canais efêmeros e de primeira ordem, além de surgências que alimentam o Igarapé e afluentes da rede de drenagem dos Igarapés que atravessam a ADA do empreendimento.

De acordo com BRANDT (2004) no que se refere às formações superficiais observadas nessa unidade geomorfológica, cabe destacar a ocorrência de regolitos que são marcados por uma sequência composta por saprolito na base, onde há a mistura de minerais primários e secundários (resultantes do intemperismo físico-químico) e são observados vestígios da estrutura original da rocha matriz, e "solum" nas porções mais superficiais, formado pelo conjunto dos horizontes A e B do solo. No que se refere aos aspectos pedogenéticos, cabe salientar a influência do substrato geológico na composição dos solos que ocorrem na Serra Arqueada, cujas características reliquiais da rocha matriz, de origem metavulcano sedimentar, são observadas nos neossolos litólicos e nas coberturas lateríticas. Ademais, cabe destacar a presença de depósitos coluvionares nas vertentes retilíneas e menos íngremes.

No que se refere aos aspectos morfodinâmicos, cabe destacar o elevado grau de instabilidade associada à esta unidade geomorfológica, em função da alta suscetibilidade à erosão dos solos rasos que recobrem este relevo. A amplitude topográfica marcante da Serra Arqueada potencializa o trabalho erosivo das drenagens que nascem na serra, sobretudo nas porções de cabeceira, que configuram o trabalho erosivo à remontante dos canais de drenagem de primeira ordem, que atuam no desgaste erosivo de suas porções mais elevadas por meio da dinâmica de ravinamento. Conforme BRANDT (2004), outro aspecto morfodinâmico associado à Serra Arqueada está relacionada aos movimentos gravitacionais de massa, como queda de bloco e escorregamentos, que predominam na dinâmica do relevo atual e cujos processos podem ser identificados por meio da presença de depósitos de tálus ao longo das vertentes da serra, evidenciando uma forte fragilidade potencial do relevo, conforme proposto por Ross (1994).



#### 10.1.5.4.2 Relevos de agradação (acumulação)

##### 10.1.5.4.2.1 Planícies fluviais

Apesar de não ter sido cartografada no mapa geomorfológico dentro da AEL e da ADA do Projeto Jaguar, em função da escala de mapeamento, cabe destacar a ocorrência desta unidade que é composta predominantemente por sedimentos holocênicos inconsolidados, depositados pela rede de drenagem nos fundos de vale, sempre próximos aos eixos dos igarapés que drenam o empreendimento, variando de acordo com a topografia local.

Conforme indicado por Bicho do Mato (2021), essa unidade, de maneira geral, é marcada pela proximidade do lençol freático com a superfície, sendo caracterizada pela ocorrência de solos hidromórficos, com baixa capacidade de suporte, e pela presença de terraços fluviais nas margens (**Figura 10.1.64** e **Figura 10.1.65**).



**Figura 10.1.64** - Detalhe da ocorrência de solo dentro da unidade de Planícies Fluviais. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°28'42.70"; W51°14'7.05" / UTM 22S - E: 473983m; S: 9283891m.

Fonte: Bicho do Mato, 2021.



**Figura 10.1.65** - Detalhe do ambiente de terraço fluvial com a ocorrência de solo hidromórfico dentro da unidade de Planícies Fluviais. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°28'42.70"; W51°14'7.05" / UTM 22S - E: 473983m; S: 9283891m.

Fonte: Bicho do Mato, 2021.

Associadas à unidade de Planícies Fluviais ocorrem formas de agradação do tipo barra de canal, ilhas fluviais, além de depósito de sedimentos finos e rico em matéria orgânica (**Figura 10.1.66**), sendo o processo mais recorrente relacionado à dinâmica do relevo a deposição de sedimentos na planície de inundação, em decorrência do aporte sedimentar proveniente dos processos de erosão nas encostas e do solapamento das margens dos cursos d'água (BICHO DO MATO, 2021).



**Figura 10.1.66 - Presença de sedimento areno-argiloso às margens de curso d'água. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°28'52.56"; W51°14'15.27"/ UTM 22S - E: 473731m; S: 9283588m.**  
Fonte: Bicho do Mato, 2021.

Em relação aos aspectos morfo-dinâmicos, cabe salientar que o grau de fragilidade desta unidade geomorfológica é classificado como baixo e muito baixo, conforme proposto por Ross (1994), tendo em vista o aspecto sub-horizontal das planícies, a baixa amplitude de relevo e o grau de incisão de drenagem fraco. Nesse sentido, cabe destacar que a suscetibilidade à erosão associada à esta unidade está relacionada à erodibilidade dos solos e das coberturas aluvionares, que são formados, respectivamente, por agregados pouco coesos e sedimentos inconsolidados, de forma que nos locais onde são observados solos hidromórficos e argilosos a erodibilidade é muito baixa (Bicho do Mato, 2021).

Os modelados, por sua vez, constituem a quarta ordem de grandeza taxonômica e são formados por polígonos que abrangem um padrão de formas de relevo que possuem definição geométrica similar, em decorrência de uma gênese comum e dos processos morfogenéticos atuantes, que resultam em um padrão dos materiais correlativos superficiais (IBGE, 2009). Os modelados do relevo presentes nas AEL e ADA do Projeto Jaguar podem ser visualizados no mapa geomorfológico (**Figura 10.1.56**).

A dissecação homogênea foi mapeada com a sigla (D), sendo caracterizada pela dissecação fluvial em litotipos diversos, não apresentando um controle estrutural aparente, sendo formada por colinas e morros com variados padrões de drenagem. Foram ainda caracterizadas as formas dos topos dos modelados de dissecação, sendo divididos em tabulares (t), aguçados (a) e convexos (c) (IBGE, 2009).

A densidade da drenagem foi avaliada a partir da relação entre o comprimento total dos canais e a área amostrada, sendo compartimentada em: 1) muito grosseira; 2) grosseira; 3) média; 4) fina; e 5) muito fina. O aprofundamento das incisões fluviais, por sua vez, foi definido pelo desnível topográfico entre os divisores e o fundo de vale, sendo classificado como: 1) muito fraco; 2) fraco; 3) médio; 4) forte; 5) muito forte. O quadro abaixo (**Tabela 10.1.32**) apresenta estas cinco classes de densidade e de aprofundamento da rede de drenagem:

**Tabela 10.1.33-Índices de dissecação do relevo.**

Aprofundamento das incisões (2º dígitos)	Densidade de Drenagem (1º Dígito)				
	Muito Grosseira	Grosseira	Média	Fina	Muito Fina
Muito Fraco	11	21	31	41	51
Fraco	12	22	32	42	52
Médio	13	23	33	43	53
Forte	14	24	34	44	54
Muito Forte	15	25	35	45	55

Fonte: Adaptado de IBGE (2009) (Golder, 2023).

Por fim, os modelados de aplanamento, que são caracterizados por superfícies aplanadas, parcialmente conservadas e pouco dissecadas, foram mapeados na AEL e ADA do Projeto Jaguar por meio da sigla Pri.

O modelado Pri ocorre em ambientes de depressões pediplanadas interplanálticas e é formado durante sucessivas fases de retomada de erosão sem perder, no entanto, o aspecto aplainado do relevo. Esse modelado pode apresentar cobertura detrítica e/ou encouraçamentos com espessura variável, apontando sucessivas alterações (Pri).

A **Tabela 10.1.33**, a seguir, sintetiza a hierarquia taxonômica da classificação geomorfológica das Áreas de Estudo do Projeto Jaguar, de forma a facilitar o entendimento da distribuição das unidades de mapeamento realizado para o presente diagnóstico, bem como apresenta as principais características dinâmicas do relevo.

Tabela 10.1.34-Síntese do Mapeamento Geomorfológico.

Domínios Morfoestruturais	Regiões Geomorfológicas	Superfície de Ocorrência AER (ha)	% AER	Unidades Geomorfológicas AEL	Características morfológicas e morfodinâmicas do relevo	Amplitude Altimétrica (m)	Superfície de Ocorrência AEL (ha)	% AEL	Superfície de Ocorrência ADA (ha)	% ADA
Depósitos Sedimentares Quaternários	Formas Agradacionais Atuais e Subatuais Interioranas	2615,120	0,92%	Planícies Fluviais	Unidade marcada por feições de topografia plana - horizontal a sub-horizontal formada por depósitos argiloarenosos, ricos em matéria orgânica. O ambiente de baixa energia de transporte favorece a deposição de sedimentos na planície de inundação, em decorrência do aporte sedimentar proveniente dos processos de erosão nas encostas e do solapamento das margens dos cursos d'água.	200 a 220	1,037	0,004%	Sem ocorrência na ADA	Sem ocorrência na ADA

Domínios Morfoestruturais	Regiões Geomorfológicas	Superfície de Ocorrência AER (ha)	% AER	Unidades Geomorfológicas AEL	Características morfológicas e morfodinâmicas do relevo	Amplitude Altimétrica (m)	Superfície de Ocorrência AEL (ha)	% AEL	Superfície de Ocorrência ADA (ha)	% ADA
Crátons Neoproterozoico	Região de Serras Residuais da Amazônia Meridional	13839,57	4,85%	Relevo Residual Serrano	Unidade composta por um relevo movimentado, serrano. Alta densidade de drenagem e depósitos de tálus e colúvios nas porções mais baixas das vertentes. A amplitude topográfica, em associação à ocorrência de vertentes íngremes recobertas por solos litólicos configuram uma alta suscetibilidade à erosão.	350 a 750	5403,967	18,942%	552,966	57,29%

Domínios Morfoestruturais	Regiões Geomorfológicas	Superfície de Ocorrência AER (ha)	% AER	Unidades Geomorfológicas AEL	Características morfológicas e morfodinâmicas do relevo	Amplitude Altimétrica (m)	Superfície de Ocorrência AEL (ha)	% AEL	Superfície de Ocorrência ADA (ha)	% ADA
	Região de Depressões da Amazônia Meridional	268765,80	94,23%	Superfície Aplainada	Unidade marcada por sua superfície aplainada, com a presença de colinas e morros isolados, apresentando densidade de drenagem com padrão dendrítico. A suscetibilidade à erosão observado nesta unidade está relacionado ao tipo de solo predominante, o Argissolo, cujo gradiente textural confere um elevado grau de erodibilidade.	200 a 350	23124,404	81,055%	412,237	42,71%

### **10.1.5.5 Considerações finais**

De acordo com o presente relatório foi possível constatar a complexidade do relevo do ponto de vista geomorfológico. Um relevo que foi e continua sendo modelado até os dias atuais, com forte controle de estruturas de tempos geológicos pretéritos, que são frequentemente retrabalhadas por processos morfodinâmicos atuais, através de feições erosivas de escoamento superficial e gravitacional (movimentos de massa). Vale ressaltar que a diversidade litológica e a existência de diferentes níveis de base locais ao longo das Áreas de Estudo do Projeto Jaguar configuram distintos compartimentos topográficos, com respostas hidrológicas e erosivas específicas para cada unidade de relevo mapeada.

Em relação aos relevos de degradação, é importante salientar a unidade geomorfológica de Relevo Residual Serrano, marcada pela ocorrência da Serra Arqueada, que é caracterizada por sua amplitude topográfica que pode ultrapassar os 400 metros, se destacando na paisagem regional. Essa elevação, associada à presença de vertentes íngremes, com a ocorrência de escarpas, indicam um ambiente de alta energia de transporte de materiais e, por consequência, a maior probabilidade de ocorrência de processos gravitacionais de transporte de massa. Da mesma forma, cabe destacar a ocorrência de coberturas superficiais rasas, associadas à presença de neossolos litólicos, que possuem uma alta suscetibilidade à erosão.

Outra unidade geomorfológica associada aos relevos de degradação observada nas áreas de estudo do Projeto Jaguar é a de Superfícies Aplainadas. Essa unidade é marcada pela baixa amplitude de relevo, com cotas que variam entre 200 e 350 metros, compondo uma paisagem caracterizada pelo predomínio de um relevo plano e suave ondulado, com a presença de colinas que alternam geometrias tabulares e convexas. O principal aspecto relacionado a suscetibilidade à erosão observado na unidade geomorfológica de Superfície Aplainada está associado ao tipo de solo predominante, o Argissolo, cujo forte gradiente textural confere uma maior erodibilidade.

No que diz respeito às formas agradacionais do relevo, como planícies de inundação e terraços fluviais, cabe destacar a sua presença no baixo curso dos igarapés que drenam o empreendimento, bem como às margens do Igarapé Mogno e Carapanã. Cabe destacar, no entanto, a ausência de planícies e terraços no alto curso dos igarapés que nascem na Serra Arqueada, cujas drenagens encontram-se encaixadas em estruturas geológicas, como falhas e fraturas. Portanto, enquanto na região de alto curso, como na Serra Arqueada, os igarapés entalham o relevo na forma de ravinas, sem planícies, com um padrão de drenagem paralelo, os médios e baixo cursos dos igarapés presentes nas áreas de estudo apresentam a presença de pacotes aluviais em suas margens e evidenciam um padrão de drenagem dendrítico (Golder, 2023).

## **10.1.6 Pedologia**

### **10.1.6.1 Introdução**

A pedologia é a ciência que estuda os solos e suas características. De acordo com a Embrapa (2018), solo pode ser entendido como a camada ou horizonte de material mineral e/ou orgânico inconsolidado superficial que ocorre sobre as rochas, em evolução permanente, por meio da alteração destas rochas.

O estudo do solo, o conhecimento das suas propriedades e da sua distribuição na paisagem é fundamental para a compreensão das suas potencialidades, limitações e fragilidades. O planejamento inadequado do uso e ocupação das terras pode provocar grandes impactos, como a perda de nutrientes e da massa de solo por lixiviação e/ou processos erosivos, prejudicando a produção de alimentos, o estoque de carbono, entre outras funções ecológicas.

### 10.1.6.2 Metodologia

Para a elaboração do diagnóstico de pedologia foi realizada uma pesquisa de dados secundários em gabinete, que se deu a partir do levantamento, análise e sistematização do material básico disponível para a região do empreendimento. Dessa forma, o mapeamento e a caracterização dos solos seguiram as orientações dos seguintes estudos/publicações:

- Base Contínua de Pedologia do Brasil. (IBGE, 2021);
- Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015);
- Manual de descrição e coleta de solo no campo (SANTOS *et al.*, 2015); e
- Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2018).

Complementarmente, para um maior detalhamento da Área de Estudo Local foram compilados e analisados os dados apresentados no diagnóstico elaborado pela Brandt (2012), cujos dados foram obtidos por meio de levantamento de campo com análise laboratorial, além dos dados primários coletados pela empresa Bicho do Mato durante campanha de campo realizada em março de 2020 (Bicho do Mato, 2021). Ademais, com vistas à avaliação e reconhecimento dos estudos pedológicos já realizados na AEL foi executada uma visita de campo em agosto de 2022.

### 10.1.6.3 Atributos diagnósticos

Os atributos diagnósticos descritos a seguir, foram definidos de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos EMBRAPA (2018). Serão apresentados somente os atributos identificados nos solos inseridos nas Áreas de Estudo do empreendimento para facilitar a leitura e compreensão das classes de solos apresentadas nos mapeamentos.

#### 10.1.6.3.1 Horizontes diagnósticos superficiais

- **Horizonte A:** horizonte superficial mineral, no qual a feição enfatizada é a acumulação de matéria orgânica decomposta, intimamente associada com a fração mineral.
- **Horizonte A moderado:** é um horizonte superficial que apresenta teores de carbono orgânico variáveis, espessura e/ou cor que não satisfaçam as condições requeridas para caracterizar um horizonte A chernozêmico ou proeminente.
- **Horizonte A chernozêmico:** é um horizonte mineral superficial, espesso, de cor escura, alta saturação por bases, teores elevados de carbono orgânico e de carbonato de cálcio. Saturação por bases > 65%, com predomínio do íon cálcio e/ou magnésio.

#### 10.1.6.3.2 Horizontes diagnósticos subsuperficiais

- **Horizonte B Latossólico:** constitui um horizonte mineral subsuperficial, cujos constituintes evidenciam avançado estágio de intemperização, que pode ser comprovado pela alteração quase completa dos minerais primários. Esse horizonte também é caracterizado por apresentar intensa lixiviação de bases e



concentração residual de sesquióxidos, além de quantidades variáveis de óxidos de ferro e de alumínio. A sua espessura é, usualmente, superior a 50 cm e a diferenciação entre os sub-horizontes é pouco nítida.

- **Horizonte B textural:** é um horizonte mineral subsuperficial, no qual há evidências de acumulação, por iluviação, de argila silicatada. O horizonte B textural possui um acréscimo de argila em comparação com o horizonte sobrejacente eluvial e, usualmente, apresenta cerosidade.
- **Horizonte B nítico:** é um horizonte mineral subsuperficial, não hidromórfico, de textura argilosa ou muito argilosa, sem incremento de argila do horizonte superficial para o subsuperficial. O horizonte B nítico apresenta transição gradual ou difusa entre os seus sub-horizontes, podendo ser encontrado sem superfície em caso de erosão do horizonte A.

### 10.1.6.3.3 Grupamentos de classes de textura

A textura, na pedologia, corresponde a composição granulométrica da terra fina seca ao ar (TFSA), obtida em laboratório. Foram consideradas as seguintes classes de textura, conforme os teores de argila, areia e silte determinados em laboratório:

- **Textura muito argilosa:** identifica solos com mais de 600 g de argila/kg;
- **Textura argilosa:** quando o solo tem entre 350 e 600 g de argila/kg;
- **Textura média:** quando o solo contém 350 g de argila e mais de 150 g de areia/kg, excluídas as classes texturais areia e areia-franca;
- **Textura arenosa:** refere-se às classes texturais areia e areia-franca.

Para as classes de solos com significativa variação textural entre horizontes superficiais e subsuperficiais, a textura é expressa em forma de fração, por exemplo, textura média/argilosa.

### 10.1.6.3.4 Grupamentos de classes de drenagem

Referem-se à quantidade e velocidade com que a água recebida pelo solo infiltra e/ou escoar, afetando as condições hídricas do solo (período em que permanece seco, úmido, molhado ou encharcado).

- **Bem drenado:** a água é removida do solo com facilidade, porém, não rapidamente. Os solos com esta classe de drenagem comumente apresentam textura argilosa ou média, normalmente, não ocorrem mosqueados, devido a processos de oxidação e redução. Entretanto, quando presente, o mosqueado ocorre em profundidade, localizando-se a mais de 150 cm da superfície e/ou a mais de 30 cm do topo do horizonte B ou C.
- **Mal drenado:** a água é removida do perfil tão lentamente que este permanece molhado por uma grande parte do ano. O lençol freático comumente está à superfície ou próximo dela. É frequente a ocorrência de mosqueado no perfil e características de gleização.
- **Muito mal drenado:** a água é removida tão lentamente que o lençol freático permanece à superfície durante a maior parte do ano. Estes solos ocupam áreas planas e/ou depressões onde há estagnação da água. São comuns características de gleização e/ou acúmulo superficial de matéria orgânica.

#### 10.1.6.3.5 Fases

O critério de fases tem como objetivo fornecer informações adicionais sobre as condições ambientais. São comumente empregadas fases de relevo, pedregosidade e rochosidade.

- **Cascalhenta:** define-se o termo “fase cascalhenta” para solos com quantidade significativa de cascalhos nos horizontes superficiais e subsuperficiais.
- **Pedregosidade:** utilizam-se os termos “fase pedregosa” ou “fase muito pedregosa” para caracterizar solos com quantidades de calhaus e matações na parte superficial ou subsuperficial do solo, suficientes para impedir ou restringir o uso de implementos agrícolas.
- **Rochosidade:** denominam-se solos pela fase rochosa quando há presença de matações com diâmetro maior do que 100 cm na superfície do solo ou para designar a presença de lajes de rochas com uma camada ou um horizonte de solo (A) na superfície.

#### 10.1.6.3.6 Relevo

O nome da fase de relevo acompanha a descrição da unidade de solos com o intuito de auxiliar na determinação da susceptibilidade à erosão. As formas de relevo que acompanham a designação da unidade de solos são as seguintes.

- **Relevo plano:** corresponde a superfícies de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis entre 0 e 3%.
- **Relevo suave ondulado:** caracteriza superfícies de topografia pouco movimentada, constituída por conjuntos de colinas (elevações de altitudes relativas até 100 m), apresentando declives suaves, entre 3 e 8%.
- **Relevo ondulado:** designa superfícies de topografia pouco movimentada, constituídas por conjunto de colinas, com declives moderados, entre 8 e 20%.
- **Relevo forte ondulado:** corresponde a superfícies de topografia movimentada, formadas por morros (elevações de 100 a 200 m de altitudes relativas) e, raramente, colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20 a 45%.
- **Relevo montanhoso:** caracteriza superfícies com topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas e maciços montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes (superiores a 200 m) e declives fortes ou muito fortes, predominantemente variáveis de 45 a 75%.
- **Relevo Escarpado:** Formado por Serras, bordas de tabuleiros e maciços com descontinuidades abruptas, alto controle estrutural e declividades acima de 75%.

**Implicações para uso e manejo** – A partir do terceiro nível categórico do SiBCS, são relacionadas as características das classes do solo e as implicações para uso e manejo.

- **Terceiro nível categórico (grandes grupos)**
  - **Distrófico:** Solos de baixa fertilidade.

- **Eutrófico:** Solos de alta fertilidade.
- **Plintossólico:** Solos com caráter plíntico ou horizonte plíntico
- **Alumínico:** Está associado ao teor de alumínio extraível  $\geq 4$  cmolc/kg de solo associado à atividade de argila  $< 20$  cmolc/kg de argila, além de apresentar saturação por alumínio  $\geq 50\%$  e/ou saturação por bases  $< 50\%$ .

#### **10.1.6.4 Classificação dos tipos de solos na área de estudo regional**

No levantamento realizado para a AER do Projeto Jaguar foram identificadas três classes distintas de solos, sendo elas: Argissolos, Neossolos e Nitossolos. Os Argissolos ocorrem em maior expressão dentro AER e recobrem as colinas e o relevo de superfícies aplainadas, enquanto os Nitossolos são observados onde o substrato geológico é composto por rochas metavulcano sedimentares do Grupo Tucumã. Os Neossolos mapeados na AER, por sua vez, são verificados em associação ao relevo mais movimentado. Abaixo segue a descrição detalhada das classes de solos mapeadas dentro da AER do empreendimento.

##### **10.1.6.4.1 Argissolos**

Do latim “argilla”, se referem aos solos com processo de acumulação de argila. Os Argissolos são solos bem intemperizados, evoluídos, bem drenados e profundos. As cores dos Argissolos podem ser avermelhadas ou amareladas e, excepcionalmente, brunadas ou acinzentadas. A textura no horizonte A pode variar de arenosa a argilosa e de média a muito argilosa no horizonte B textural (Bt), sempre com o aumento de argila do horizonte A para o Bt. Esse aspecto faz com que a característica mais marcante dessa classe de solo seja o aumento de argila ao longo do perfil em relação aos horizontes superficiais (EMBRAPA, 2018).

##### **10.1.6.4.1.1 Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVAd)**

Os Argissolos Vermelho-Amarelos são solos minerais, não hidromórficos, bem drenados, intemperizados e bastante desenvolvidos, apresentando horizonte Bt abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa. Sendo assim, essa classe de solo apresenta uma evidente diferenciação textural entre os horizontes A e B, sendo o horizonte Bt formado pela acumulação de argila com sequência de horizontes A, Bt, C. No que diz respeito às cores, os Argissolos Vermelho-Amarelos tem cores mais amarelas do que o matiz 2,5YR e mais vermelhas do que o matiz 7,5YR (EMBRAPA, 2018).

Os Argissolos Vermelho-Amarelo Distróficos ocorrem na AER sobre a unidade geomorfológica de Superfícies Aplainadas, esculpidas sobre as rochas do embasamento cristalino, configurando a classe de solo com maior distribuição espacial dentro da AER.

##### **10.1.6.4.2 Neossolos**

Do grego “neos”, novo, compreende a ordem de solos jovens, em processo inicial de formação. Os Neossolos são formados por material mineral ou material orgânico, de pouca espessura, que não apresenta alteração marcante em relação ao material parental, sobretudo por conta da fraca atuação de processos pedogenéticos. A baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos pode ocorrer em função das próprias características relativas ao material parental, como maior resistência ao intemperismo físico e ao intemperismo químico, ou mesmo em decorrência da atuação dos fatores de formação solo, como clima, relevo ou tempo, que também influenciam na evolução dos solos (EMBRAPA, 2018).

#### **10.1.6.4.2.1 Neossolo Litólico distrófico (RLd)**

Os Neossolos Litólicos constituem solos com contato lítico ou lítico fragmentário ao longo dos primeiros 50 cm do perfil, contando a partir da superfície, com a presença da ocorrência de horizonte A ou hístico sobre a substrato geológico ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos grosseiros, com diâmetro maior que 2 mm (EMBRAPA, 2018). O caráter distrófico se dá em função da saturação por bases ser menor do que 50% na maior parte dos horizontes nos primeiros 50 cm a partir da sua superfície. Na AER os Neossolos ocorrem nas porções mais movimentadas do relevo, com sua gênese relacionada à dinâmica erosiva do relevo residual serrano.

#### **10.1.6.4.3 Nitossolos**

Do latim “nitidu”, brilhante, é caracterizado por suas superfícies brilhantes em unidades estruturais. Os Nitossolos são marcados pela ocorrência de um horizonte B nítico, que constitui um horizonte subsuperficial, com moderado ou forte desenvolvimento estrutural, que pode ser observado na forma de prismas ou blocos que possuem suas superfícies reluzentes, relacionadas a cerosidade e à presença de superfícies de fricção (slickensides). Os Nitossolos apresentam textura argilosa ou muito argilosa, com teores de argila iguais ou superiores a 350 g kg<sup>-1</sup> de TFSA (EMBRAPA, 2018).

##### **10.1.6.4.3.1 Nitossolo Vermelho eutrófico / Nitossolo Vermelho distrófico (NVe/NVd)**

De acordo com EMBRAPA (2018), os Nitossolos Vermelhos são solos constituídos por material mineral, registrando a ocorrência de um horizonte B nítico abaixo do horizonte A, com argila de atividade baixa ou atividade, em associação ao caráter alumínico, ao longo dos primeiros 100 cm do horizonte B. A variação de cor dentro de 150 cm a partir da superfície do solo é utilizada como critério adicional em sua classificação, sendo os solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B definidos como Nitossolos Vermelhos.

Os Nitossolos também são caracterizados por possuírem textura argilosa ou muito argilosa, com baixo gradiente textural, sendo, de forma geral, moderadamente ácidos a ácidos, com saturação por bases baixa a alta, sendo classificados como distróficos para valores de saturação inferiores a 50% e eutróficos para saturação por bases igual ou superior a 50% (IBGE, 2018). Na AER os Nitossolos ocorrem em associação às rochas metavulcano sedimentares do Grupo Tucumã.

#### **10.1.6.4.4 Descrição das unidades de mapeamentos de solos na AER**

A descrição das unidades de mapeamentos de solos, assim como as classes secundárias/terciárias e a superfície de ocorrência de cada uma das classes de solos na AER do empreendimento, são apresentadas na **Tabela 10.1.34**. O mapa pedológico (**Figura 10.1.67**) apresenta os polígonos das unidades de mapeamento identificadas na Área de Estudo Regional do Projeto Jaguar.

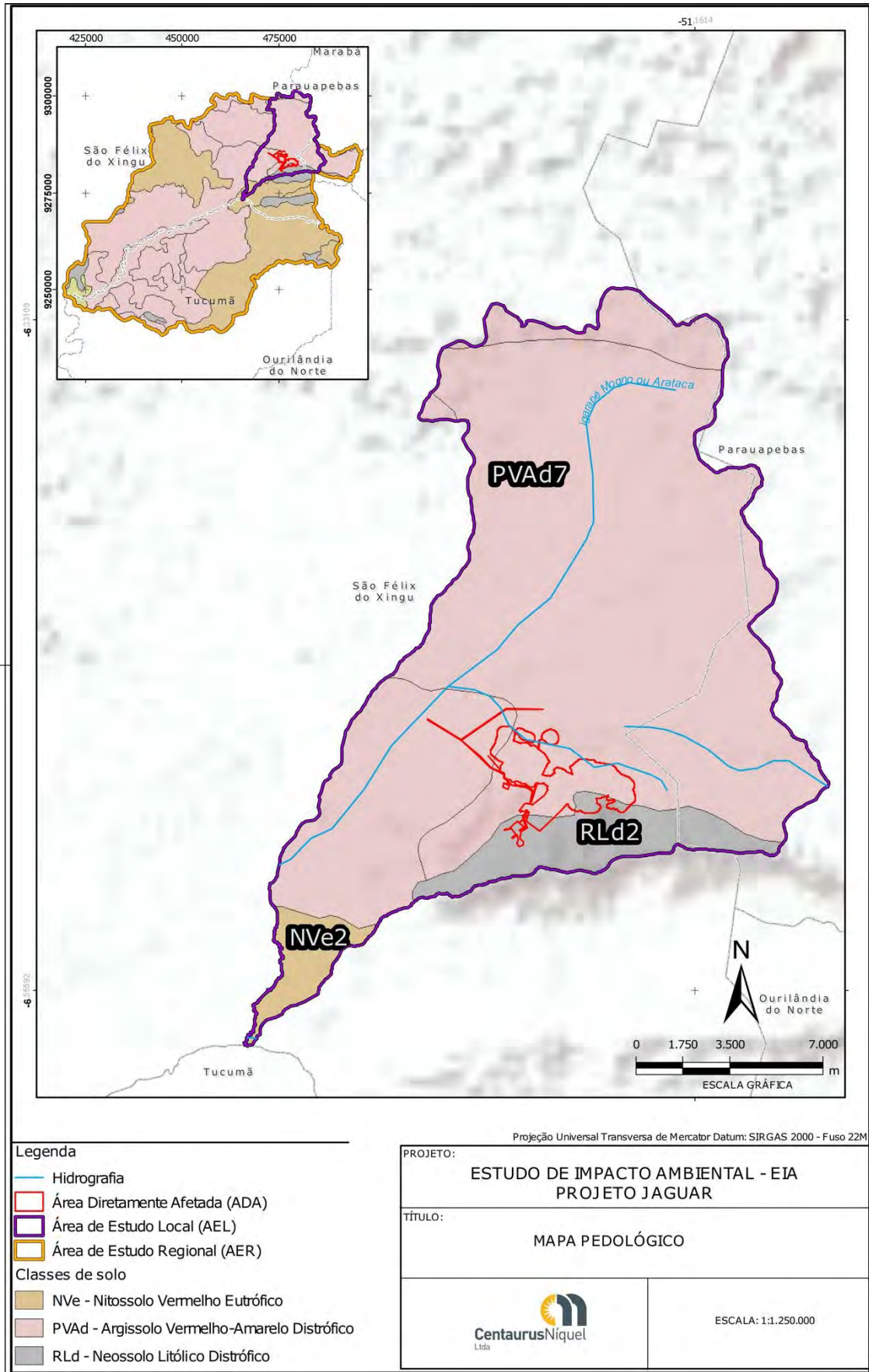


Figura 10.1.67 - Mapa Pedológico

**Tabela 10.1.35-Classes secundárias/terciárias e a superfície de ocorrência de cada uma das classes de solos na AER do Projeto Jaguar.**

Unidade de Mapeamento de Solos	Legenda	Classes de Solos Componentes	Superfície de Ocorrência AER (ha)	% AER
RLd1	RLd - Neossolo Litólico Distrófico	NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico argilosa e média A moderado pedregosa rochosa ondulado + NITOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argilosa e média/argilosa A chernozêmico forte ondulado + AFLORAMENTOS DE ROCHAS forte ondulado	8218,3	2,83
RLd2	RLd - Neossolo Litólico Distrófico	NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico média e média cascalhenta A moderado pedregosa forte ondulado e montanhoso + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico média/argilosa e média muito cascalhenta/argilosa muito cascalhenta A moderado, relevo forte ondulado + AFLORAMENTOS DE ROCHAS montanhoso e escarpado	10084,6	3,47
NVe1	NVe - Nitossolo Vermelho Eutrófico	NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico argilosa/muito argilosa A chernozêmico suave ondulado e ondulado + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico argilosa A moderado ondulado	26589,5	9,16
NVe2	NVe - Nitossolo Vermelho Eutrófico	NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico argilosa/muito argilosa A moderado suave ondulado e plano + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico muito argilosa A moderado forte ondulado	8181,1	2,82
NVe3	NVe - Nitossolo Vermelho Eutrófico	NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico argilosa/muito argilosa A moderado suave ondulado + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico média/argilosa e média cascalhenta/argilosa A moderado suave ondulado + ARGISSOLO VERMELHO Distrófico textura argilosa/muito argilosa e argilosa cascalhenta/muito argilosa A moderado suave ondulado e ondulado	3686,3	1,27
NVe4	NVe - Nitossolo Vermelho Eutrófico	NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico argilosa A moderado suave ondulado e ondulado + NITOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argilosa A moderado suave ondulado e ondulado + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico média e média/argilosa cascalhenta A	50169,9	17,28

		moderado suave ondulado e ondulado + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico argilosa e média A moderado plano		
NVd1	NVd - Nitossolo Vermelho Distrófico	NITOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argilosa pouco cascalhenta/muito argilosa cascalhenta e média/argilosa A moderado plano e suave ondulado + NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico média/muito argilosa pouco cascalhenta e argilosa/muito argilo cascalhenta A moderado plano e suave ondulado + LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico muito argilosa A moderado plano	2907,3	1,00
PVAd1	PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico plintossólico média/argilosa A moderado plano + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico média/argilosa A moderado pedregosa plano + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico média muito cascalhenta, moderado suave ondulado	12685,4	4,37
PVAd2	PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico plintossólico média muito cascalhenta/argilosa cascalhenta, média cascalhenta/argilosa e média cascalhenta/muito argilosa cascalhenta A moderado pedregosa e não pedregosa plano + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico plintossólico muito argilosa e argilosa A moderado pedregosa e não pedregosa plano + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico	29636,8	10,21
PVAd3	PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico média/argilosa, média pouco cascalhenta/argilosa cascalhenta e média/argilosa cascalhenta A moderado plano + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico argilosa muito cascalhenta A moderado forte ondulo	1726,8	0,59
PVAd4	PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico média/argilosa A moderado ondulado e forte ondulado + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico média cascalhenta A moderado pedregosa rochosa ondulado e forte ondulado	10537,4	3,63

PVAd5	PVAd - Argissolo Vermelho- Amarelo Distrófico	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico arenosa/média A moderado plano + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico plintossólico média/argilosa e média muito cascalhenta/argilosa cascalhenta A moderado plano	11994,8	4,13
PVAd6	PVAd - Argissolo Vermelho- Amarelo Distrófico	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico plintossólico e típico média pouco cascalhenta/argilosa cascalhenta e arenosa pouco cascalhenta/argilosa A moderado pedregosa plano + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico argilosa e média A moderado suave ondulado + GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico argilosa A moderado plano	72337,1	24,92
PVAd7	PVAd - Argissolo Vermelho- Amarelo Distrófico	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico média/argilosa A moderado suave ondulado e ondulado + ARGISSOLO VERMELHO- AMARELO Eutrófico típico média/argilosa A moderado suave ondulado e ondulado	41540,7	14,31

Fonte: Adaptado de IBGE (2022) (Golder, 2023).



### 10.1.6.5 Classificação dos tipos de solos na Área de Estudo Local e na Área Diretamente Afetada

No levantamento realizado para o presente diagnóstico foram identificadas quatro classes distintas de solos na AEL e ADA do Projeto Jaguar, sendo elas: Argissolos, Neossolos, Nitossolos e Gleissolos (sendo essa uma associação secundária do Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico – PVAd).

Os Argissolos possuem a maior expressão dentro AEL e recobrem o relevo associado às superfícies aplainadas, bem como as colinas que compõem o relevo suave ondulado, cujo substrato é marcado pela ocorrência de rochas cristalinas Neoproterozoicas. A **Figura 10.1.68** ilustra o ambiente de ocorrência dos Argissolos Amarelos, em ponto próximo à planície fluvial do Igarapé Mogno.



**Figura 10.1.68 - Aspecto da paisagem associada à ocorrência do Argissolo. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°29'21.79"; W51°15'27.07"/ UTM 22S - E: 471526m; S: 9282689m.**

Fonte: Bicho do Mato, 2021.

O intenso processo de intemperismo que caracteriza o processo pedogenético desses solos é responsável pela baixa taxa de fertilidade natural, em função da perda por lixiviação dos nutrientes, configurando, assim, o caráter distrófico. Sendo assim, apresentam saturação por bases baixa ( $V < 50\%$ ) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (EMBRAPA, 2018). Em relação ao material parental, na AEL e na ADA do empreendimento, essa classe de solo pode ocorrer tanto sobre rochas cristalinas do Complexo Xingú, quanto sobre as rochas metavulcano sedimentares do Grupo Tucumã.

Em relação à capacidade de uso e as intervenções associadas à implantação do empreendimento, cabe destacar que os Argissolos apresentam características favoráveis às fundações e demais obras civis, em decorrência de seu espesso perfil de alteração (solo residual maduro), superior a 2 metros, com condições de drenagem favoráveis e nível d'água profundo.

Em relação à suscetibilidade à erosão, cabe destacar a sua variação conforme a topografia, de forma que nas porções de relevo mais movimentado a suscetibilidade é maior quando comparada às porções de relevo suave ondulado e plano, que são naturalmente menos vulneráveis à erosão. Ademais, no que diz respeito aos Argissolos localizados no ambiente de colinas e morros, é importante salientar que a descontinuidade hidráulica existente em função do gradiente textural nos horizontes subsuperficiais apontam uma maior suscetibilidade à erosão, o que demanda atenção no que se refere à prevenção do desenvolvimento de feições erosivas.

De acordo com Brandt (2012), a análise de um perfil de Argissolo dentro da AEL apresenta as seguintes características:

“Horizontes A-Bt com transição abrupta. O horizonte A, com espessura de 9 cm, possui textura francoargiloarenosa, densidade baixa (1,09 g/cm<sup>3</sup>) e cor bruno (2.5Y

4/4), com mosqueado vermelho. Seu caráter é eutrófico e moderadamente ácido (pH = 5,6). A acidez potencial desse horizonte é relativamente alta ( $H+Al = 3,42$  cmol.carga/dm<sup>3</sup>), se comparada às outras amostras analisadas nesta área de estudo. O horizonte Bt, com espessura maior que 80 cm, possui textura argilo/arenosa, estrutura moderada colunar muito pequena, consistência plástica e muito pegajosa, muitos poros muito pequenos e pequenos, densidade variando de baixa a média (1,21 g/cm<sup>3</sup>), raízes poucas e finas, drenagem acentuada e cor cinzento amarelado (2.5Y 5/6), com mosqueado vermelho e presença de plintitas e nódulos (concreções lateríticas) em porções mais profundas. Seu caráter é álico e extremamente ácido (pH = 4,6), e sua acidez potencial é relativamente mediana ( $H+Al = 2,96$  cmol.carga/dm<sup>3</sup>)”- PERFIL 8.



**Figura 10.1.69 - Argissolo na área de Superfície Aplainada. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°29'26.35"; W51°15'22.07 / UTM 22S - E: 471680m; S: 9282549m.**

Fonte: Bicho do Mato, 2021.

Os Nitossolos observados na AEL e ADA, por sua vez, ocorrem áreas cujo substrato geológico é composto por rochas metavulcano sedimentares do Grupo Tucumã, caracterizado pela ocorrência de rochas básicas e metabásicas o que confere uma baixa concentração de alumínio e menor acidez aos solos. Os Nitossolos também são marcados pelo alto teor de argila nos horizontes A e B, bem como pela presença de agregados fortemente coesos e de estruturas em blocos resistentes, em forma de prismas ou blocos. Ademais, cabe destacar que em sua composição mineralógica é marcada por uma grande quantidade de minerais primários que são fortemente intemperizáveis e atuam como fontes de nutrientes, conferindo uma boa aptidão agrícola que deve ser manejada tendo em vista sua vulnerabilidade à compactação, o que restringe sua utilização para o desenvolvimento de práticas agrícolas intensivas que demandem cultivo mecanizado (BICHO DO MATO, 2021).

De acordo com Brandt (2012), a análise de um perfil de Nitossolo dentro da AEL apresenta as seguintes características:

*“Horizontes A-Bw(B nítico)-B2 com transições abruptas. O horizonte A, com 38 cm de espessura, possui textura franco/arenosa, densidade aparente muito alta (1,52 g/cm<sup>3</sup>) e cor bruno-oliva-escuro (2.5Y 3/3), correspondendo a uma crosta de*

*concreções ferruginosas. Seu caráter é eutrófico e moderadamente ácido (pH = 6,2), e sua acidez potencial é relativamente mediana ( $H+Al = 2,17 \text{ cmol.carga/dm}^3$ ). A elevada densidade aparente desse horizonte ( $1,52 \text{ g/cm}^3$ ) indica baixa capacidade de infiltração de água. O horizonte Bw (B nítico), com 15 cm de espessura, possui textura argilosa, estrutura moderada em blocos subangulares muito pequenos a pequenos, consistência muito plástica e muito pegajosa, cerosidade forte, poucos poros muito pequenos, densidade aparente alta ( $1,25 \text{ g/cm}^3$ ), raízes poucas e finas, boa drenagem e cor bruno ( $2.5Y 4/6$ ). O horizonte B2 possui espessura maior que 58 cm, textura franco/argilosa, densidade aparente baixa ( $1,08 \text{ g/cm}^3$ ) e cor amarelado ( $2.5Y 5/3$ ), com presença de mosqueados pretos, amarelos e vermelhos. O caráter de ambos os horizontes Bw e B2 é eutrófico e moderadamente ácido (pH = 6,2 e 5,7 respectivamente), sendo sua acidez potencial igual a 1,96 e 2,10  $\text{cmol.carga/dm}^3$  respectivamente” – Perfil 10.*

Já os Neossolos Litólicos, por sua vez, ocorrem nas porções de relevo mais movimentado, com sua gênese relacionada à dinâmica erosiva existente na Serra Arqueada. Os Neossolos Litólicos são solos minerais não hidromórficos, rasos ou muito rasos, com sequência típica de horizontes A-C ou A sobre rocha, sendo, portanto, considerado um solo jovem e pouco desenvolvido. Esta característica morfológica é importante, uma vez que solos com essas propriedades podem ser bastante susceptíveis à erosão, principalmente se removida a cobertura vegetal protetora deixando exposta a fina camada superficial.

Dessa forma, em relação aos usos associados aos Neossolos Litólicos, sua ocorrência em relevos movimentados, serranos, com vertentes declivosas, em associação à baixa capacidade de infiltração e de mecanização, fazem com que sejam solos indicados para de preservação da flora e da fauna, conforme apontado por Ramalho & Beek (1995).

De acordo com Brandt (2012), a análise de um perfil de Neossolo Litólico dentro da AEL apresenta as seguintes características:

*“Horizontes A-C com transição abrupta. O horizonte A possui 9 cm de espessura, textura francoarenosa cascalhenta, densidade aparente alta ( $1,34 \text{ g/cm}^3$ ) e cor preto-oliváceo ( $5Y 3/2$ ), indicando elevada presença de matéria orgânica. Seu caráter é eutrófico e moderadamente ácido (pH = 6,2), e sua acidez potencial é relativamente mediana ( $H+Al = 2,59 \text{ cmol.carga/dm}^3$ ). O horizonte C possui espessura maior que 20 cm e cor oliva-acinzentado ( $5Y 4/2$ )” – PERFIL 7.”*

Os Gleissolos, por sua vez, configuram solos minerais hidromórficos, que se encontram permanente ou periodicamente saturados por água. Apresentam horizonte glei, em decorrência do ambiente redutor virtualmente livre de oxigênio dissolvido em razão da saturação por água dentro de 50 cm, a partir da superfície ou a profundidades entre 50 e 150 cm, desde que imediatamente abaixo de horizontes A ou E. Os Gleissolos apresentam cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas e são mal ou muito mal drenados em condições naturais (EMBRAPA, 2018).

Dentro da AEL, sua ocorrência se dá em associação aos Argissolos, sendo observado às margens do Igarapé Mogno, assim como dos seus principais afluentes. No que se refere ao uso agrícola deste solo, a proximidade do lençol freático com a superfície e o teor elevado de alumínio restringem sua fertilidade natural, com risco de toxidez causada pela concentração de minerais lixiviados das rochas presentes em seu entorno (BICHO DO MATO, 2021).



**Figura 10.1.70 - Ambiente de ocorrência dos Gleissolos em área de planície fluvial do Igarapé Mogno. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°29'28.79"; W51°15'18.26" / UTM 22S - E: 471797m; S: 9282475m. Fonte: Bicho do Mato, 2021.**



**Figura 10.1.71 - Detalhe do Gleissolo observado na AEL. Ponto de coordenada: Geográfica - S6°28'24.74"; W51°13'20.96" / UTM 22S - E: 475399m; S: 9284443m. Fonte: Bicho do Mato, 2021.**

De acordo com Brandt (2012), a análise de um perfil de Gleissolo dentro da AEL apresenta as seguintes características:

“horizontes glei A-C com transição clara. O horizonte A possui 30 cm de espessura, textura francoarenosa, densidade aparente média (1,24 g/cm<sup>3</sup>) e cor cinzento-esverdeado (7.5 GY 5/1), com muitos mosqueados avermelhados. A camada C possui espessura maior que 40 cm, textura francoargiloarenosa, densidade aparente média (1,25 g/cm<sup>3</sup>) e cor cinzento-esverdeado (10 GY 6/1), com presença de mosqueados marrons. O caráter do horizonte A e da camada C é distrófico e fortemente ácido (pH = 4,9 e 5,0 respectivamente), e a acidez potencial é relativamente mediana, sendo a da camada C (H+Al = 3,10 cmol.carga/dm<sup>3</sup>) maior que a do A (H+Al = 2,19 cmol.carga/dm<sup>3</sup>). A estrutura do horizonte A e da camada C é maciça – PERFIL 9.”

#### **10.1.6.5.1 Descrição das unidades de mapeamentos de solos na AEL e na ADA**

A descrição das unidades de mapeamentos de solos, assim como as classes secundárias/terciárias e a superfície de ocorrência de cada uma das classes de solos identificada na AEL e na ADA do empreendimento, são apresentadas na **Tabela 10.1.35**. O mapa pedológico (**Figura 10.1.67**) apresenta os polígonos das unidades de mapeamento identificadas na Área de Estudo Local e ADA do Projeto Jaguar.

**Tabela 10.1.36-Ocorrência das unidades de mapeamento de solos na AEL e ADA do Projeto Jaguar.**

Unidade de Mapeamento de Solos	Legenda	Classes de Solos Componentes	Superfície de Ocorrência AEL (ha)	% AEL	Superfície de Ocorrência ADA (ha)	% ADA
NVe2	NVe - Nitossolo Vermelho Eutrófico	NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico argilosa/muito argilosa A moderado suave ondulado e plano + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico muito argilosa A moderado forte ondulado	883,660	3,10	Sem ocorrência na ADA	Sem ocorrência na ADA
PVAd4	PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico média/argilosa A moderado ondulado e forte ondulado + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico média cascalhenta A moderado pedregosa rochosa ondulado e forte ondulado	1252,860	4,39	Sem ocorrência na ADA	Sem ocorrência na ADA
PVAd6	PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico plintossólico e típico média pouco cascalhenta/argilosa cascalhenta e arenosa pouco cascalhenta/argilosa A moderado pedregosa plano + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico argilosa e média A moderado suave ondulado + GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico argilosa A moderado plano	4630,495	16,23	49,579	5,14
PVAd7	PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico média/argilosa A moderado suave ondulado e ondulado + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico média/argilosa A moderado suave ondulado e ondulado	19611,421	68,75	758,564	78,59
RLd2	RLd - Neossolo Litólico Distrófico	NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico média e média cascalhenta A moderado pedregosa forte ondulado e montanhoso + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico média/argilosa e média muito cascalhenta/argilosa muito cascalhenta A moderado, relevo forte ondulado + AFLORAMENTOS DE ROCHAS montanhoso e escarpado	2148,757	7,53	157,060	16,27

Fonte: Adaptado de IBGE (2022) (Golder, 2023).

### 10.1.6.6 Avaliação da vulnerabilidade natural à erosão

Cada tipo de solo apresenta propriedades que os diferenciam de outros e que são responsáveis pela maior ou menor facilidade de ser erodido. Além disso, a influência da geomorfologia e declividade da área deve ser considerada na avaliação de vulnerabilidade à erosão.

Nesse sentido, cabe destacar que a erosão é o processo causado por um conjunto de ações, atuando em conjunto ou separadamente, que modelam a paisagem, através da alteração das rochas, solos e coberturas vegetais, conhecidos como agentes erosivos (água da chuva, de rios, vento, gelo, correntes, marés, embate de ondas), que desagregam, transportam e depositam as partículas do solo no nível de base de erosão, onde se acumulam.

#### 10.1.6.6.1 Metodologia

A análise de dados secundários a partir dos diversos aspectos naturais (geomorfologia, pedologia, uso e cobertura do solo e declividade) é a base para a caracterização de áreas que apresentem maior suscetibilidade a processos erosivos nas áreas de estudo do Projeto Jaguar.

Para a realização dos trabalhos analíticos foi utilizada uma modelagem sequencial através do *software* ArcGIS, versão 10.4 *for Desktop* da *Esri Inc.*, onde foi aplicada a ferramenta *union*, com análise multicritério. Este método realiza uma análise matemática operada em ambiente de SIG, por meio de um *overlap* das diferentes camadas dos *shapefiles* temáticos do meio físico e a soma dos valores associados, cujos valores seguem apresentados na **Tabela 10.1.36**.

**Tabela 10.1.37-Seleção e descrição das Variáveis.**

Variável	Classe	Valor	Justificativa dos pesos	Fonte
Solos	Neossolo Litólico	0,3	Foram hierarquizados de acordo com características de cada tipo de solo.	Mapeamento Pedológico em Escala 1:250.000 – Banco de Informações Ambientais – IBGE (2018)
	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	0,1		
	Nitossolo Vermelho	0,05		
Uso e Cobertura do Solo	Área Não Vegetada	0,3	Maior importância para classes com menor cobertura florestal e menor importância para as áreas com maior cobertura florestal.	Cobertura da Terra (MAPBIOMAS).
	Agropecuária	0,1		
	Formação Natural Não Florestal	0,05		
	Floresta	0,01		
	Corpo d'Água	0		
Declividade / Fases de relevo (%)	0 a 3	0	Classificação dos gradientes de atuação dos processos de intemperismo e erosão sobre o substrato geológico. Dessa	Modelo Digital de Elevação - TOPODATA – INPE (2011)
	3 a 8	0,05		

Variável	Classe	Valor	Justificativa dos pesos	Fonte
	8 a 20	0,1	forma, as maiores declividades estão relacionadas com a maior velocidade de escoamento das águas, aumentando a capacidade erosiva.	
	20 a 45	0,15		
	>45	0,2		
Geomorfologia / Regiões Geomorfológicas	Depressões da Amazônia Meridional,	0,1	Relação entre o relevo, declividade e a suscetibilidade a processos erosivos.	Mapeamento Geomorfológico em Escala 1:250.000 – Banco de Informações Ambientais – IBGE (2018)
	Serras Residuais da Amazônia Meridional e	0,4		
	Formas Agradacionais Atuais e Subatuais Interioranas	0,2		

Cabe destacar que a classificação do grau de vulnerabilidade dos aspectos pedológicos, geomorfológicos, fitogeográficos e de declividade da região foram expressos pela atribuição de valores de estabilidade, que variam de 0 a 1. Sendo assim, a partir dessa escala de vulnerabilidade, as unidades que apresentam maior estabilidade foram representadas por valores próximos de 0,0, as unidades de estabilidade intermediária representadas por valores próximos de 0,5, enquanto as unidades mais vulneráveis foram representadas por valores próximos de 1,0.

No que diz respeito ao valor final atribuído a vulnerabilidade à erosão, este foi obtido a partir da soma dos valores individuais dos temas de Pedologia, Geomorfologia, Declividade, Uso e Ocupação do Solo identificados nas áreas de estudo do Projeto Jaguar. O modelo matemático que corresponde à avaliação do grau de vulnerabilidade natural é representado pela equação:

$$V = (R + D + P + US)$$

Onde:

V = vulnerabilidade;

R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia (Relevo);

D = vulnerabilidade para o tema Declividade;

P = vulnerabilidade para o tema Pedologia; e

US = vulnerabilidade para o tema Uso e Ocupação do Solo.

#### 10.1.6.6.2 Resultados

A partir da elaboração do mapa de suscetibilidade à erosão, obteve-se como resultado a classificação das áreas com suscetibilidade à erosão, definidas em cinco unidades distintas, caracterizadas como: Muito Alta, Alta, Moderada, Baixa e Muito Baixa. Na **Tabela 10.1.37** abaixo apresenta-se as superfícies de ocorrência e percentual de cada uma das classes de suscetibilidade à erosão dentro da AER, AEL e ADA do Projeto Jaguar.

**Tabela 10.1.38-Classes de suscetibilidade à erosão na AER, AEL e ADA do Projeto Jaguar.**

Classes de suscetibilidade à erosão	Área AER (km <sup>2</sup> )	Percentual AER (%)	Área AEL (ha)	Percentual AEL (%)	Área ADA (ha)	Percentual ADA (%)
Muito Baixa	460,4	16,1	1086,3	12,0	64,9	6,7
Baixa	2013,5	70,6	3871,4	42,8	356,2	36,9
Moderada	258,7	9,1	2016,2	22,3	348,1	36,1
Alta	82,5	2,9	1248,3	13,8	130,3	13,5
Muito Alta	37,1	1,3	820,2	9,1	65,8	6,8

Áreas com grau de suscetibilidade Alta a Muito Alta estão relacionadas às encostas íngremes da Serra Arqueada. A declividade elevada nesse ambiente e a presença de Neossolos Litólicos (com presença de blocos de rocha, areia, argila) de espessuras variadas conferem a esta região um grau de suscetibilidade forte, constituindo áreas sujeitas a diversos tipos de erosão, como por exemplo movimentos gravitacionais de massa.

Contudo, o grau de suscetibilidade a erosão predominante tanto na AER, quanto na AEL é o grau Moderado a Muito Baixo, que está relacionado ao relevo aplainado, que apresenta declividades menos acentuadas, rochas do Embasamento Cristalino Neoproterozoico e grandes espessuras de solo associadas aos Argissolos e Nitossolos.

A ADA do Projeto Jaguar está localizada em uma área onde predomina o grau de suscetibilidade a processos erosivos fraco, onde predominam as classes Moderada e Baixa. Apenas as regiões de meia encosta associadas à Serra Arqueada são consideradas de grau Alto, devido à declividade observada nestas áreas.

### 10.1.6.7 Considerações finais

No levantamento realizado para o presente diagnóstico foram identificadas quatro classes distintas de solos predominantes nas áreas de estudo do Projeto Jaguar, sendo elas: Argissolos, Nitossolos, Neossolos e Gleissolos (sendo essa uma associação secundária do Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico – PVAd). Essa diversidade de unidades pedológicas se dá por conta da influência das características da paisagem regional nos processos pedogenéticos.

Em relação aos aspectos construtivos do empreendimento, as características mais favoráveis às fundações e demais obras civis na AEL estão associadas aos Argissolos, que, em geral, apresentam um espesso perfil de solo, superior a 2 metros, com condições de drenagem favoráveis.

No que diz respeito às características adversas à construção, vale salientar o ambiente associado aos Gleissolos, cuja gênese está relacionada à dinâmica fluvial de inundação e deposição, assim como das variações do nível do lençol freático. Ademais, o fato desses solos ocorrerem em relevo plano, em terrenos predominantemente mal drenados, gera uma suscetibilidade natural às enchentes, marcadamente às margens do Igarapé Mogno na AEL.

Outro solo que merece atenção em função da sua alta suscetibilidade à erosão é o Neossolo Litólico, que ocorre dentro da AEL em associação à Serra Arqueada, marcadamente em suas vertentes mais declivosas. A descontinuidade hidráulica existente no contato solo/rocha dos Neossolos Litólicos confere problemas de erosão associada ao fluxo em subsuperfície, que cria instabilidade no material que está acima dele, deflagrando erosões e escorregamentos.



Por fim, cabe destacar a ocorrência dos Nitossolos, que ocorrem na AEL em áreas cujo substrato geológico é composto por rochas básicas e metabásica, que proporcionam uma baixa concentração de alumínio e menor acidez aos solos, conferindo uma boa aptidão agrícola (Golder, 2023).

## **10.1.7 Recursos hídricos**

### **10.1.7.1 Hidrogeologia**

#### **10.1.7.1.1 Introdução**

Neste item será apresentado o mapeamento das unidades hidrogeológicas presentes área de inserção do Projeto Jaguar. Estas unidades são relacionadas aos aspectos litológicos, estruturais e geomorfológicos para as Áreas de Estudo Regional (AER), Local (AEL) e Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento. Além disso, serão apresentadas as informações relacionadas ao potencial de contaminação destes aquíferos que compõe a ADA do Projeto Jaguar.

#### **10.1.7.1.2 Metodologia**

Como base para elaboração do presente estudo foram utilizados os mapas geológicos disponíveis no GEOSGB - Serviço Geológico do Brasil - CPRM, como a Carta geológica do Brasil ao Milionésimo - folha Araguaia SB.22 (CPRM 2004). Além destes, foram consultados os seguintes documentos para reconhecimento e descrição das unidades hidrogeológicas das áreas de estudo regional, local e área diretamente afetada: EIA – Projeto Jaguar (BICHO DO MATO, 2021), relatórios internos da Vale S.A. referentes ao mapeamento do alvo Jaguar para fins de pesquisa mineral e estudos ambientais (BRANDT, 2012; MDDEO, 2011), estudo ambiental do Projeto Onça Puma (BRANDT, 2000), os dados do memorial descritivo do Projeto Básico de Disposição de Rejeitos Compartilhados com Estéril do Projeto Jaguar (TEC3, 2022), bem como o Mapa Hidrogeológico do Brasil (CPRM, 2007).

A partir das referências supracitadas foi possível elaborar o Mapa Hidrogeológico, o qual representa, na escala 1:500.00, as unidades hidrogeológicas existentes nas AER, AEL e ADA do empreendimento. Para a ADA do empreendimento também foi elaborado o mapa de potencial de contaminação das unidades hidrogeológicas, relacionando unidades, as descontinuidades e geologia estrutural da área.

#### **10.1.7.1.2.1 Classificação das águas subterrâneas**

Quando abordadas questões de águas subterrâneas, cita-se a Resolução CONAMA nº 396 de 03 de abril de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais específicas para este tipo de recurso. A própria resolução indica que a caracterização das águas subterrâneas é essencial para estabelecer a referência de sua qualidade, buscando viabilizar o seu enquadramento em classes, priorizando a proteção da qualidade, já que a despoluição, descontaminação ou remediação é lenta e onerosa. Assim como nas águas superficiais, a bacia hidrográfica (ou sub-bacia) continua sendo sua unidade de planejamento e a unidade de enquadramento se torna o aquífero, conjunto de aquífero ou porções.

A classificação das águas subterrâneas tem como base os usos preponderantes mais restritivos atuais ou pretendidos. Compreende 6 classes, que variam de classe especial (águas destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e que contribuam para corpos hídricos de classe especial) a classe 5 (aquíferos potencialmente contaminados por atividades antrópicas, destinadas a atividades sem requisito para qualidade de uso).

### 10.1.7.1.2.2 Caracterização da qualidade das águas subterrâneas

Foram obtidos dados primários de qualidade de água subterrânea para pontos na área do empreendimento, realizadas entre os anos de 2010 e 2011 (MDGEO, 2011) e em duas campanhas no ano de 2020, contemplando os períodos de seca e chuva na região.

Os pontos de monitoramento em MDGEO (2011) foram utilizados nesta base de dados, quando foram monitorados 15 (quinze) pontos, que originalmente receberam o código de GWT. Dos pontos monitorados neste levantamento, GWT-07, GWT-08, GWT-13, GWT-14 e ALT-02 não estão localizados na AEL, mas sim na AER. Foram analisados neste conjunto de pontos, um total de 32 parâmetros, tendo como valor de referência de qualidade da água subterrânea a Resolução CONAMA nº 396 de 03 de abril de 2008. A fim de complementar os dados na área do empreendimento, foram incluídos 05 (cinco) pontos de monitoramento no ano de 2020, dispostos na AEL, num total de 69 parâmetros físicos, químicos e microbiológicos.

Os dados no presente diagnóstico estão apresentados em formato de gráficos, sendo analisados à luz da Resolução CONAMA nº 396. Os dados também estão apresentados em tabelas no **ANEXO A**, laudos no **ANEXO V**, e localização de pontos amostrais na **Tabela 10.1.38** e na **Figura 10.1.72**. Para melhor compreensão e apresentação dos dados, os pontos monitorados em 2010, 2011 e 2020 foram renomeados conforme ordem cronológica de estudos utilizados, sendo utilizado o termo “SUB” seguido de número sequencial crescente (**Tabela 10.1.38**).

**Tabela 10.1.39-Pontos de amostragem de qualidade das águas subterrâneas e parâmetros analisados em 2010/2011 (MDGEO, 2011) e 2020 (BICHO DO MATO, 2021).**

Ponto (renomeado)	Ponto correspondente	Ano	Tipo/nome	Coordenadas Métricas (SIRGAS 2000 22S)		Coordenadas Geográficas (Datum Sirgas 2000)	
				Lat.	Long.	Lat.	Long.
SUB-01	GWT-01 (MDGEO, 2011)	2010 e 2011	Poço de monitoramento	9283242	476243	-6,49	-51,21
SUB-02	GWT-02 (MDGEO, 2011)	2010 e 2011	Poço de monitoramento	9284744	476832	-6,47	-51,21
SUB-03	GWT-03 (MDGEO, 2011)	2010 e 2011	Poço de monitoramento	9282281	478342	-6,49	-51,2
SUB-04	GWT-04 (MDGEO, 2011)	2010 e 2011	Poço de monitoramento	9282466	477443	-6,49	-51,2
SUB-05	GWT-06 (MDGEO, 2011)	2010 e 2011	Poço de monitoramento	9283237	477133	-6,48	-51,21
SUB-06	GWT-07 (MDGEO, 2011)	2010 e 2011	Poço de monitoramento	9284988	480039	-6,47	-51,18

Ponto (renomeado)	Ponto correspondente	Ano	Tipo/nome	Coordenadas Métricas (SIRGAS 2000 22S)		Coordenadas Geográficas (Datum Sirgas 2000)	
				Lat.	Long.	Lat.	Long.
SUB-07	GWT-08 (MDGEO, 2011)	2010 e 2011	Poço de monitoramento	9287840	481631	-6,44	-51,17
SUB-08	GWT-09 (MDGEO, 2011)	2010 e 2011	Poço de monitoramento	9283443	475440	-6,48	-51,22
SUB-09	GWT-10 (MDGEO, 2011)	2010 e 2011	Poço escavado	9283237	477133	-6,48	-51,21
SUB-10	GWT-11 (MDGEO, 2011)	2010 e 2011	Furo jorrante	9282792	477126	-6,49	-51,21
SUB-11	GWT-12 (MDGEO, 2011)	2010 e 2011	Furo jorrante	9282446	478054	-6,49	-51,2
SUB-12	GWT-13 (MDGEO, 2011)	2010 e 2011	Poço escavado	9290441	477161	-6,42	-51,21
SUB-13	GWT-14 (MDGEO, 2011)	2010 e 2011	Poço escavado	9287022	471398	-6,45	-51,26
SUB-14	GWT-15 (MDGEO, 2011)	2010 e 2011	Poço escavado	9284280	475333	-6,48	-51,22
SUB-15	ALT-02 (MDGEO, 2011)	2010 e 2011	Poço escavado	9284508	482117	-6,47	-51,16
SUB-16	DH00109 (Amostra 1)  (Bicho do Mato, 2021)	2020	DH00109	9283182	475816	-6,49	-51,22
SUB-17	DH00120 (Amostra 2)  (Bicho do Mato, 2021)	2020	DH00120	9282793	478595	-6,49	-51,19

Ponto (renomeado)	Ponto correspondente	Ano	Tipo/nome	Coordenadas Métricas (SIRGAS 2000 22S)		Coordenadas Geográficas (Datum Sirgas 2000)	
				Lat.	Long.	Lat.	Long.
SUB-18	Poço André (Amostra 3)  (Bicho do Mato, 2021)	2020	Poço André	9285666	479683	-6,46	-51,18
SUB-19	Poço Borges (Amostra 4)  (Bicho do Mato, 2021)	2020	Poço Borges	9284362	475222	-6,48	-51,22
SUB-20	Poço Oziel (Amostra 5)  (Bicho do Mato, 2021)	2020	Poço Oziel	9284345	473195	-6,48	-51,24

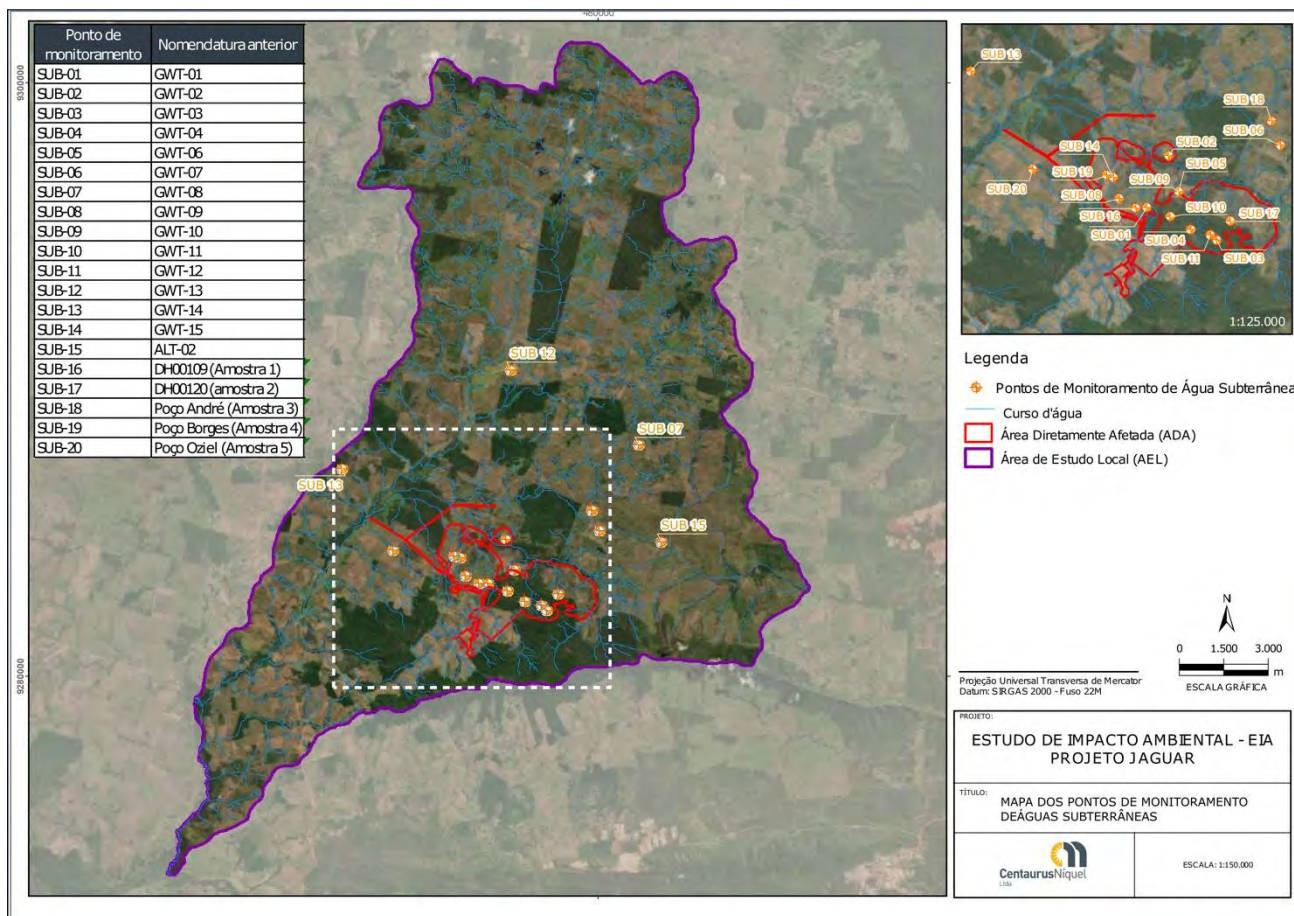


Figura 10.1.72 - Localização dos pontos de monitoramento de águas subterrâneas

### 10.1.7.1.3 Hidrogeologia da Área de Estudo Regional

No que se refere ao contexto hidrogeológico regional, cabe destacar que a AER está inserida em uma área onde predominam rochas do embasamento cristalino, que formam aquíferos fissurais ou fraturados. Entretanto, as unidades litoestratigráficas interagem diferencialmente com o sistema hidrológico, em função dos diferentes tipos de rochas que as compõem, bem como do grau de alteração, condicionando, dessa forma, a capacidade de armazenamento, direção e velocidade dos fluxos da água subterrânea.

A caracterização hidrogeológica da AER foi elaborada a partir do mapa de Domínios Hidrogeológicos do Brasil (CPRM, 2014), que se refere a uma compartimentação de conjuntos de rochas, baseado nas suas características, agrupando-as de acordo com as suas afinidades hidrogeológicas (CPRM, 2014). A partir desses dados é possível afirmar que a AER está inserida no contexto de dois domínios hidrogeológicos, sendo eles: Domínio Cristalino e Domínio metassedimentos-metavulcânicas. Ambos são caracterizados como aquíferos fissurais ou fraturados. A Figura 10.1.73 exibe o mapa hidrogeológico, o qual representa, na escala 1:500.000, os domínios hidrogeológicos existentes na AER do Projeto Jaguar.

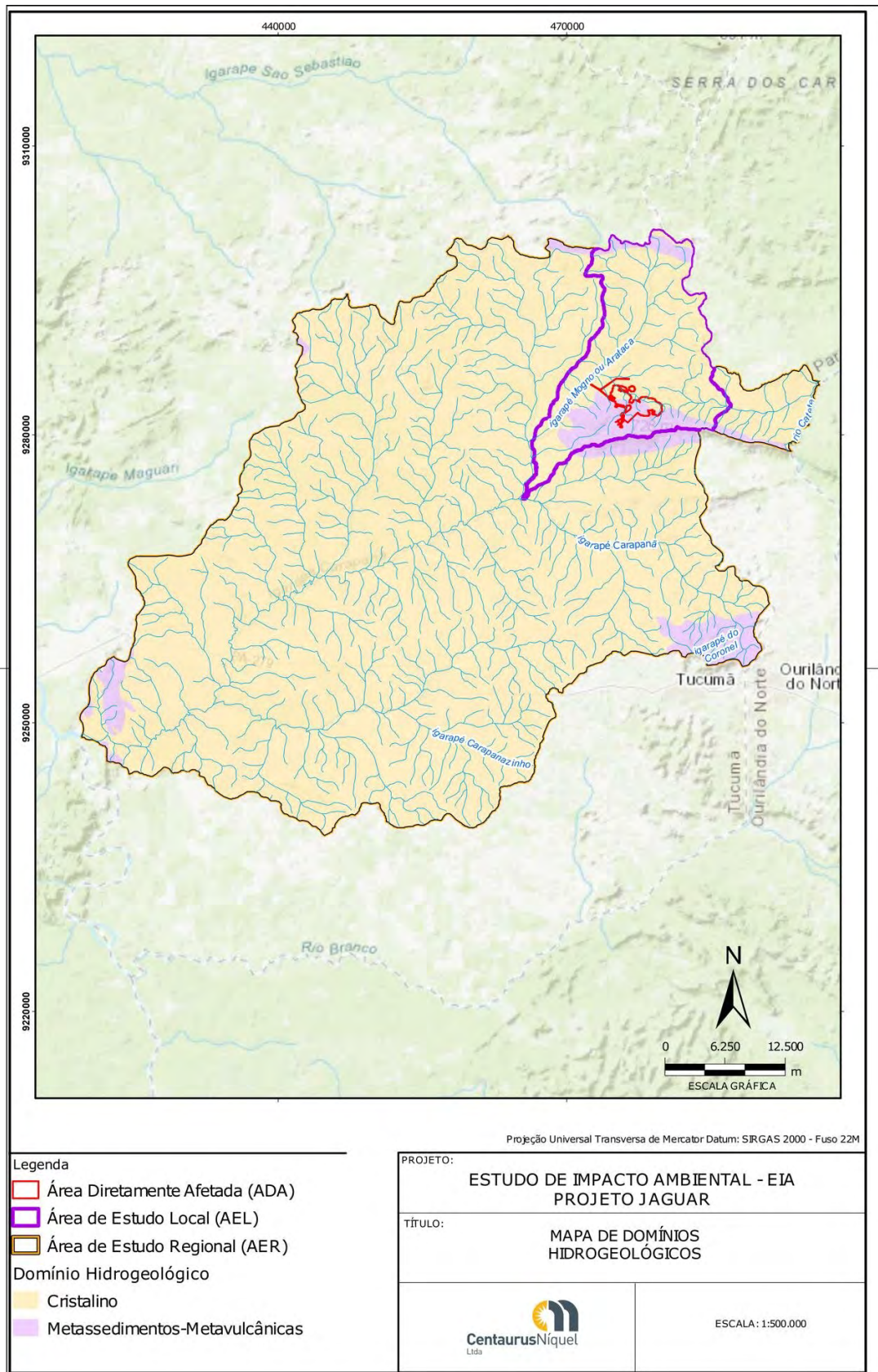


Figura 10.1.73 - Mapa de Domínios Hidrogeológicos.

O Domínio Cristalino compreende áreas de ocorrência das rochas das unidades do Embasamento Cristalino Arqueano, e é caracterizado por apresentar baixa a muito baixa favorabilidade hidrogeológica (capacidade de armazenar/fornecer água). Dentro deste contexto, as vazões produzidas por poços são pequenas, e, na maioria das vezes, a água apresenta salinidade considerável, principalmente em função da falta de circulação ocasionada pela escassez de meios porosos e pela falta de conexão entre os aquíferos (CPRM, 2002).

Este domínio é composto predominantemente por rochas do Complexo Xingu constituído por rochas gnáissicas, às vezes migmatizadas, de composições tonalíticas, trondhjemíticas e/ou granodioríticas, tidas como retrabalhamento metamórfico sobre terrenos graníticos arqueanos; intrusões graníticas arqueanas e paleoproterozóicas; rochas granodioríticas com tonalitos e monzogranitos subordinados (Granodiorito Rio Maria); dunitos, peridotitos, piroxenitos e gabros (Suíte Intrusiva Cateté); granulitos, charnockitos, enderbitos e kinzingitos (Complexo Pium); e muscovita-biotita leucogranitos (Suíte Plaquê). Estas litologias formam aquíferos tipicamente Fissurais ou Fraturados, com porosidade secundária. Sendo assim, as características destas rochas condicionam a ocorrência de água subterrânea à porosidade secundária, ou seja, a água está presente nas fraturas, falhas e demais descontinuidades geológicas. Neste tipo de aquífero, o que garante o armazenamento da água, assim como a interconectividade entre tais estruturas, é a porosidade secundária, que gera reservatórios diversos, anisotrópicos, em que as propriedades variam conforme as diferentes direções.

Já o domínio metassedimentos-metavulcânicas, é caracterizado pela presença de unidades geológicas metassedimentares, tanto arqueanas quanto proterozoicas, que englobam xistos, filitos, metarenitos, metassiltitos, anfíbolitos, quartzitos, ardósias, metagrauvascas, além de metavulcânicas diversas. É importante ressaltar, no entanto, que estas rochas também apresentam pouca porosidade primária, ou seja, estes aquíferos, assim como o domínio cristalino, também são condicionados por falhas/fraturas, gerando reservatórios descontínuos e de pequena extensão, apresentando baixa favorabilidade hidrogeológica.

Entretanto, vale salientar que as unidades formadas por metassedimentos-metavulcânicas apresentam comportamento diferente das rochas do domínio cristalino, uma vez que apresentam estruturação e competência diferente e, dessa maneira, reagem de forma diferente aos esforços causadores das fendas e fraturas responsáveis pelo acúmulo e fornecimento de água. Neste contexto, este domínio, apesar de semelhante ao domínio cristalino, quando comparado, espera-se uma maior favorabilidade hidrogeológica do que o identificado para o domínio cristalino tradicional. Vale ressaltar que neste domínio encontra-se enquadrada grande parte das *supracrustais*, incluindo os *greenstones belts* que ocorrem na região do empreendimento.

#### **10.1.7.1.3.1 Produtividade aquífera**

O mapa hidrogeológico do Brasil apresenta classes de produtividade aquífera, esta classificação é apresentada no Manual de cartografia hidrogeológica (2014), e foi elaborada a partir da metodologia de Struckmeier & Margat (1995), a qual propõem classes baseadas em valores dos coeficientes hidráulicos dos aquíferos (capacidades específicas, transmissividades e condutividades hidráulicas), além de feições como expectativa de vazões e produtividades de água subterrânea.

A partir desta classificação os aquíferos observados na área são Classe (5), apresentam vazão entre 1 e 10 m<sup>3</sup>/h, o que significa uma produtividade geralmente muito baixa, porém localmente pode ser apenas baixa. Sendo assim, fornecimentos contínuos dificilmente são garantidos.

#### **10.1.7.1.4 Hidrogeologia da Área de Estudo Local e da Área Diretamente Afetada**

A caracterização hidrogeológica da AEL e ADA do Projeto Jaguar teve como referência o relatório elaborado pela MDGEO (2011), que fez o levantamento de estudos sobre a hidrogeologia e a geologia da área do empreendimento e, principalmente, realizou a compilação das informações adquiridas durante as etapas de inventário de pontos d'água e coletas hidroquímicas. A partir destes dados foi possível elaborar um modelo hidrogeológico conceitual, que consiste em uma representação das condições de circulação e armazenamento das águas subterrâneas desde a infiltração no solo até a descarga em surgências e demais estruturas.

Dessa forma, foram definidas e caracterizadas unidades hidrogeológicas (sistemas aquíferos/aquíferos), bem como foi realizada uma caracterização da dinâmica hídrica subterrânea, incluindo a análise do comportamento do fluxo da água subterrânea e condições de recarga e descarga, além da caracterização hidroquímica e da qualidade da água subterrânea.

A seguir são apresentadas as principais características hidrogeológicas da AEL e ADA do Projeto Jaguar.

##### **10.1.7.1.4.1 Modelo Hidrogeológico Conceitual**

Um modelo hidrogeológico conceitual é fundamentado na organização das informações hidrogeológicas com vistas à reprodução do comportamento do sistema hídrico subterrâneo em análise. Nesse sentido, cabe destacar que definição e caracterização das unidades hidrogeológicas, avaliação do comportamento do fluxo da água subterrânea e das características hidroquímicas, bem como a análise das condições de recarga e descarga dos sistemas aquíferos, compõem a análise desenvolvida em um modelo hidrogeológico conceitual.

##### ***Unidades Hidrogeológicas***

Com base nos diversos litotipos das unidades geológicas que ocorrem na região, conforme MDGEO (2011) foram definidos três principais sistemas aquíferos, a saber:

- Sistemas Aquíferos Inconsolidado - Granular
- Cangas
- Manto de alteração
- Depósitos aluviais
- Sistema Aquífero de Porosidade Intersticial-Fissural
- Formação Ferrífera
- Sistemas Aquíferos de Porosidade Fissural
- Embasamento
- Rochas (Sub)Vulcânicas Ácidas a Intermediárias
- Rochas Ultramáficas



### Sistemas aquíferos inconsolidado – Granular

As coberturas superficiais da área do Projeto Jaguar são representadas por cangas, manto de alteração e depósitos aluviais, que correspondem aos aquíferos inconsolidados - granulares. Estes compõem sistemas livres, descontínuos, muito heterogêneos e anisotrópicos.

Constituídos por depósitos inconsolidados, são formados a partir da alteração das rochas ali existentes, como as cangas, que constituem aquíferos de espessura reduzida, com alta permeabilidade e circulação de rasa (**Figura 10.1.74**). Apresentam baixa interação da água com a rocha, sendo assim, apresenta águas pouco mineralizadas (condutividade <50 $\mu$ S/cm).



**Figura 10.1.74 - Área úmida sobre canga.**

Fonte: MDGEO, 2011 (Golder, 2023).

Esta unidade pode ser observada, principalmente, no topo da serra Arqueada sobre formação ferrífera, rochas vulcânicas ácidas e até sobre o embasamento. De acordo com os mapeamentos realizados, a principal direção do alongamento da carapaça de canga é E-W. Já a sudeste desta área há um grande platô de canga avançando para norte sobre as rochas vulcânicas ácidas a intermediárias e sobre o embasamento, onde são observadas surgências bem expressivas (MDGEO, 2011).

Vale destacar que esta unidade é de fundamental importância, por ter um papel significativo para a recarga dos aquíferos locais, devido a sua capacidade de infiltração rápida, localizada em regiões de baixa declividade, contribuindo, principalmente, para o sistema aquífero de porosidade intersticial-fissural (formação ferrífera) e fissural (rochas subvulcânicas e vulcânicas ácidas a intermediárias). Além disso, também pode servir como meio para descarga dos aquíferos, que são sobrecobertos por esta capa laterítica, quando em cotas mais baixas.

Geralmente ocupam áreas de topografia mais elevada e, devido à alta permeabilidade, são rapidamente drenadas, não se mantendo saturadas no período seco. Nesta unidade, podem ocorrer também processo de pseudocarstificação com existência de sumidouros, dutos subterrâneos e ressurgências em canga.

Estes aquíferos inconsolidados também podem ser formados pelo manto de alteração das rochas, constituindo um sistema aquífero bastante heterogêneo e que apresenta maior importância em domínios de rochas com baixo potencial hidrogeológico, como granitos e gnaisses do embasamento, além de rochas vulcânicas ácidas a intermediárias do Grupo Tucumã.

A espessura deste domínio pode variar entre 10 e 40 metros, usualmente menor que 20m. No período seco, em geral, as descargas nas drenagens alimentadas apenas por estes aquíferos tendem a diminuir significativamente, podendo originar drenagens intermitentes. Contudo, no período chuvoso, devido à grande precipitação, em associação à baixa declividade do terreno, faz com que esta unidade se encontre, por muitas vezes, saturada, formando grandes áreas alagadiças. Esta diferença de comportamento foi identificada a partir do inventário de surgências realizado nos períodos seco e chuvoso (MDGEO, 2011).

Quando este manto de alteração preserva as estruturas lineares das descontinuidades pré-existentes na rocha sã, o aquífero formado por esta cobertura de alteração pode apresentar um comportamento como um sistema aquífero misto, com porosidade intersticial e fissural.

O último depósito inconsolidado relacionado a este tipo de aquífero está associado aos depósitos aluviais, que ocorrem às margens do Igarapé Mogno ou Arataca, Igarapé Mutum e seus principais afluentes. São constituídos predominantemente por areias e cascalhos inconsolidados, compondo um meio com alta permeabilidade e boa capacidade de armazenamento. Cabe destacar, no entanto, que esses aquíferos se restringem às margens das drenagens, formando corpos alongados, estreitos e com pequenas espessuras, sendo descontínuos.

### **Sistema aquífero de porosidade intersticial e fissural**

Este tipo de aquífero é de grande importância para compreensão da hidrogeologia local, uma vez que suas descargas alimentam drenagens da área do empreendimento. Este sistema aquífero é composto por, principalmente, itabiritos e hematitas da Serra Arqueada, localizada a sul da AEL. Trata-se de um aquífero com porosidade intersticial, intensificada devido à dissolução de bandas carbonatadas e ou silicosas dos itabiritos, que conferem ao aquífero uma elevada capacidade de armazenamento e permeabilidade. Frequentemente é intercalado por zonas de porosidade fissural, sobretudo quando compactos, que proporcionam também uma elevada condutividade hidráulica.

Na área do projeto Jaguar estas zonas de porosidade fissural são representadas principalmente por falhas transcorrentes sinistrais, com direção N-S, NNE-SSW e NNW-SSE, conforme estudo realizado pela Vale (2009) apud MDGEO (2011) sobre a formação ferrífera da serra Arqueada. Em superfície, esta unidade é representada por uma faixa de direção E-W, de largura variável, entre 250 e 600 metros. Sobreposta a esta unidade ocorrem, geralmente, coberturas lateríticas (canga). Ademais, ainda é indicada a presença de rochas pouco permeáveis no entorno da formação ferrífera, xisto inferior (ao norte da formação ferrífera) e superior (ao sul da formação ferrífera), que podem promover o isolamento hidráulico parcial lateral deste aquífero. Em contrapartida, este isolamento cria zonas de descarga do aquífero. Por fim, os dados indicam a possibilidade de existência de conexão entre a formação ferrífera e as rochas vulcânicas ácidas próximas à zona mineralizada através das zonas de falhas e fraturas.

Durante o mapeamento de surgências foram cadastrados poucos pontos sobre esta litologia, o que pode ser creditado à sua localização no topo da serra, ou devido ao vasto capeamento de canga. Contudo, devido à grande condutividade hidráulica das cangas e a ocorrência de surgências em cotas pouco inferiores, é possível que haja uma percolação da água destes aquíferos para as camadas de canga. Desta forma, a canga funcionaria como um meio de extravasão das águas da formação ferrífera.

## Sistema aquífero de porosidade fissural

Os sistemas aquíferos de porosidade fissural ocorrem em rochas com baixa porosidade primária, ou seja, baixa presença ou inexistência de espaço intergranular, de forma que a água é transmitida predominantemente através de descontinuidades como juntas/fraturas, falhas ou até zonas de dissolução.

Neste sentido, este tipo de aquífero compreende as rochas sãs do embasamento (Complexo Xingue Suíte Plaquê), rochas subvulcânicas a vulcânicas ácidas a intermediárias do Grupo Tucumã, rochas ultramáficas da Suíte Intrusiva Cateté e diques de gabro e diabásiomesozóico.

As condições climáticas da área aceleram o processo de intemperismo e, assim, extinguem muitas descontinuidades. Muitas vezes estas descontinuidades controlam e condicionam as direções preferenciais da rede de drenagem, uma vez que estas geram caminhos preferenciais para o escoamento superficial. Dentre as principais direções observadas, é possível destacar a presença de vários lineamentos NE-SW, sendo representado principalmente pelo igarapé Mogno ou Arataca e outros com direção NW-SE e E-W. Ainda na região da Serra Arqueada, foram mapeadas pela Vale (2009) algumas falhas com direção N-S.

Os dados obtidos indicam que este domínio não apresenta boa vocação hidrogeológica, ou seja, capacidade de armazenar e transmitir água. As surgências associadas a esta unidade são, em sua maioria, intermitentes, ou sofrem grande variação na localização e cota, quando comparado o período seco e chuvoso.

No período seco, as surgências cadastradas neste domínio apresentaram vazões muito baixas a quase nula. Durante o período chuvoso, observa-se uma baixa capacidade de infiltração e drenagem da área, formando áreas alagadas após os períodos de chuva intensa, conforme constatado em campo (**Figura 10.1.75**). É importante ressaltar, entretanto, há necessidade de um grande intervalo de tempo para que os níveis voltem ao normal.



**Figura 10.1.75 - Área encharcada.**

Fonte: MDGEO, 2011(Golder, 2023).

As rochas vulcânicas e subvulcânicas ácidas a intermediárias são constituídas principalmente por riolitos e dacitos e se encontram acompanhando a vertente da Serra Arqueada no sul da AEL, com direção preferencial E-W. Neste domínio localiza-se o depósito mineral de Jaguar e algumas surgências importantes, com vazões consideráveis. De acordo com os parâmetros físico-químicos aferidos na área, principalmente pela condutividade elétrica, que varia de 70 a 140 $\mu$ S/cm, as águas desta unidade diferem das águas das formações ferríferas. Assim, mesmo que haja conexão entre estas duas unidades, a interação água/rocha é suficiente para modificar os parâmetros básicos da água.

Inseridos nesta unidade encontram-se, também, os hidrotermalitos, localizados principalmente em zonas de falhas e contatos geológicos, o que lhes confere papel de um potencial condutor de águas subterrâneas. Devido

à composição dos diversos litotipos observados nos hidrotermalitos, têm-se presença acentuada de alguns elementos químicos como fósforo, flúor e níquel, associados à mineralogia da jazida.

As rochas ultramáficas pertencentes na Suíte Cateté representam a extremidade oeste do corpo ultramáfico do Puma e são constituídas de dunitos, peridotitos, piroxenitos, leucogabros egabros. Esta unidade encontra-se na porção centro-leste da AEL e possui uma geometria alongada na direção ENE-WNW.

Mesmo não constituindo um corpo de grandes dimensões, esta unidade possui maior vocação hidrogeológica do que as rochas do embasamento, sendo que algumas surgências possuem vazões consideráveis. Dentre as características físico-químicas observadas nas águas desta unidade, destacam-se a alta condutividade elétrica, chegando até a 478 $\mu$ S/cm e pH acima de 6,4.

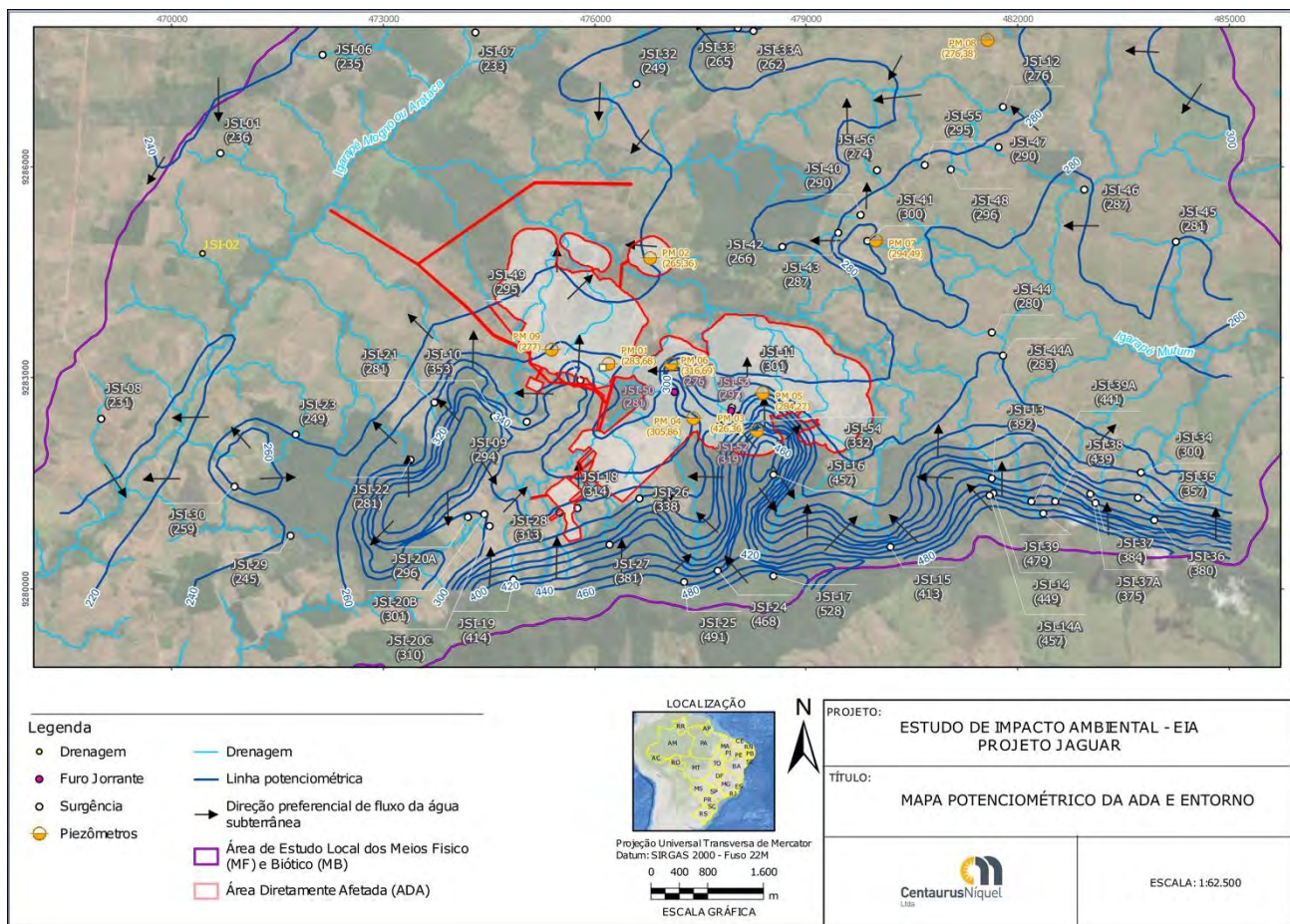
#### ▪ Dinâmica Hídrica Subterrânea

O fluxo de água subterrânea se dá a partir das regiões que apresentam carga hidráulica mais elevada para zonas de menor carga hidráulica, ou seja, a água flui das áreas de recarga, onde a carga hidráulica é maior para as zonas de descarga, onde ocorrem as surgências de águas subterrâneas.

Para a avaliação e elaboração do mapa potenciométrico, com a indicação das principais linhas de fluxo na ADA e seu entorno, foram analisados os dados das surgências identificadas por MDGEO (2011) e de poços escavados, além de dados de nível d'água monitorados nos poços de monitoramento instalados pela Vale e REDE. A **Tabela 10.1.39** descreve a localização espacial destes poços e a **Figura 10.1.76** ilustra a potencimetria na ADA e entorno.

**Tabela 10.1.40-Dados dos poços instalados pela Vale e pela REDE (MDGEO, 2011).**

Poço	Coord. UTM – 22S Datum Sirgas 2000		Coord. Geográfica Datum Sirgas 2000		Cota (m)	Inclinação (°)	Número do Furo	Profundidade Total (m)
	E	S	Lat.	Long.				
PM 01	476243	9283242	-6,48	-51,21	297,00	60	DH 119	171,95
PM 02	476832	9284744	-6,47	-51,21	280,00	60	DH 127	253,80
PM 03	478342	9282281	-6,49	-51,20	464,95	60	DH 131	203,30
PM 04	477443	9282466	-6,49	-51,20	314,88	60	DH 141	403,70
PM 05	478435	9282826	-6,49	-51,20	342,09	60	DH 148	240,55
PM 06	477133	9283237	-6,48	-51,21	325,00	60	DH 162	256,30
PM 07	480039	9284988	-6,47	-51,18	297,00	60	DH 009	262,15
PM 08	481631	9287840	-6,44	-51,17	284,00	60	FD 001	308,10
PM 09	475440	9283443	-6,48	-51,22	277,00	60	DH 167	328,50



**Figura 10.176 - Mapa potenciométrico da ADA e entorno.**

A partir desta análise foi possível identificar que, de maneira geral, na ADA e seu entorno, os níveis tendem a acompanhar a superfície do terreno, com presença de níveis de água mais elevados nas regiões com cotas mais altas, o que normalmente ocorre em aquíferos livres, com fluxo principal S-N. As cotas de nível d’água mais elevadas registradas no inventário correspondem às surgências na serra Arqueada acima da cota 360m, enquanto nas áreas mais deprimidas, onde se tem o embasamento, as cotas de nível d’água encontram-se a aproximadamente 240m.

Os maiores gradientes hidráulicos são observados na serra arqueada, que chegam até 16% (140m/830m), ocasionados tanto pela topografia local quanto pela presença de rochas vulcânicas e subvulcânicas ácidas a intermediárias nas vertentes, que são bem menos permeáveis que as rochas da formação ferrífera. Por outro lado, próximo ao igarapé Mogno ou Arataca, porção nordeste da área, o gradiente é bem menor, inferior a 0,5%.

Em relação a recarga na prática, a recarga ocorre por toda a área dos aquíferos que tenha capacidade de acumulação de água subterrânea. Entretanto, esta recarga tende a ser mais elevada em solos ou coberturas mais permeáveis que permitam uma rápida infiltração, como nas regiões em que ocorrem os depósitos inconsolidados ou as coberturas lateríticas (canga). Outro fator que deve ser considerado é a geomorfologia, uma vez que o escoamento superficial influencia diretamente na taxa de infiltração, pois quanto maior este escoamento menos a taxa de infiltração. Assim, nas regiões de menor declividade, tais como no topo das colinas e no fundo dos vales, a infiltração é favorecida. Já nas encostas, essa taxa de infiltração tende a ser inferior devido ao aumento do escoamento superficial, decorrente da maior declividade.

Dessa forma, apesar da Serra Arqueada possuir um caráter favorável à infiltração pela presença de canga, a mesma apresenta grandes declividades que dificultam o processo de recarga. Este desfavorecimento também ocorre em outras áreas mais devastadas e deprimidas que, apesar de apresentarem condições geomorfológicas boas para a recarga, possuem terrenos com baixa permeabilidade. Apenas nas áreas onde se encontram os platôs de canga, as duas características (alta permeabilidade e baixa declividade) se unem permitindo maior recarga.

Outro fator importante para a análise da dinâmica hídrica subterrânea está relacionado ao regime pluviométrico da região. Durante o período chuvoso há um favorecimento da recarga dos aquíferos, em função dos elevados índices pluviométricos que proporcionam as condições para a água se infiltrar até o aquífero. Já no período seco, quando os índices pluviométricos são menores e as temperaturas são mais elevadas, a evaporação e evapotranspiração contribuem para a baixa infiltração neste período, sobrepondo-se a recarga.

#### ▪ Características Hidrodinâmicas

A definição das características hidrodinâmicas foi fundamentada no estudo desenvolvido pela SKhidro (2021), **ANEXO W**, que teve como base o mapeamento geológico da área, assim como as unidades hidrogeológicas definidas por MDGEO (2011), **ANEXO X**, e apresentadas no item anterior do presente diagnóstico.

A **Tabela 10.1.40** abaixo apresenta as propriedades hidrodinâmicas e seus respectivos valores estimados para a condutividade hidráulica (K), armazenamento específico (Ss) e rendimento específico (Sy). Os valores de condutividade hidráulica foram ajustados através da retroanálise da calibração do modelo hidrogeológico numérico da área do Projeto Jaguar, elaborado por SKhidro (2021). Os valores de armazenamento, por sua vez, foram definidos por SKhidro (2021) com base na literatura e conhecimento de áreas similares.

**Tabela 10.1.41- Características hidrodinâmicas das unidades hidrogeológicas.**

Unidade	K (m/dia)	Ss (1/m)	Sy
solo/depósitos aluvionares	1	$1 \times 10^{-4}$	0,2
rocha vulcânica ácida alterada	0,0025	$1 \times 10^{-5}$	0,01
rocha vulcânica ácida fresca	0,0005	$1 \times 10^{-6}$	0,005
formação ferrífera	0,5	$1 \times 10^{-5}$	0,05
canga	2	$1 \times 10^{-4}$	0,25
hidrotermalitos	0,005	$1 \times 10^{-5}$	0,01
embasamento alterado	0,0075	$1 \times 10^{-5}$	0,01
embasamento fresco	0,0015	$1 \times 10^{-6}$	0,005
rocha ultramáficas alteradas	0,005	$1 \times 10^{-5}$	0,01
rochas ultramáficas fresca	0,001	$1 \times 10^{-6}$	0,005

#### 10.1.7.1.4.2 Potencial de contaminação dos aquíferos

A contaminação de águas subterrâneas nada mais é do que a presença de solutos dissolvidos na água que podem configurá-la como imprópria para o consumo humano ou mesmo imprópria para um determinado ecossistema. Fitts (2015) destaca que a maior parte das águas na natureza possui ao menos uma parcela de substâncias dissolvidas que podem ser avaliadas como contaminantes em potencial.

Em relação aos contaminantes antropogênicos relacionados às atividades de mineração, conforme Howe *et al.* (2016), as águas subterrâneas podem ser contaminadas em decorrência das minas se localizarem em áreas onde há uma determinada concentração de elementos químicos, em rochas com um quimismo próprio. Quando

a água se infiltra em áreas de mineração, em associação aos resíduos gerados pela atividade de exploração mineral, esta frequentemente assimila uma química incomum também.

Paralelamente aos diversos contaminantes antropogênicos que podem contaminar a água subterrânea, cabe destacar que as mesmas possuem diversos componentes naturais que são indesejáveis para o consumo humano. Grande parte dos componentes naturais dissolvidos na água subterrânea resulta do processo de longo prazo provocado pelo contato entre a água, as rochas e seus minerais. Segundo Howe *et al.* (2016), alguns desses constituintes naturais dissolvidos na água subterrânea que podem necessitar de remoção no tratamento da água são, por exemplo o ferro e o manganês.

Os teores de Fe e Mn têm uma relação íntima com a presença e a ausência de oxigênio no local, ou seja, se as condições locais são aeróbias ou anaeróbias, respectivamente. Os minerais que contém Fe e Mn, em condições anaeróbias, podem se dissolver na água, pois são consideravelmente solúveis. Em condições aeróbias, por sua vez, o Fe e o Mn reagem para formar espécies insolúveis que precipitam na solução. Ademais, os minerais que compõe as rochas podem conter muitos traços de elementos, englobando selênio, cromo, bário, fluoreto e arsênio, por exemplo.

No que se refere ao potencial de contaminação dos aquíferos observados na área do empreendimento, cabe destacar que ele está diretamente ligado à dinâmica hídrica da região, bem como decorre das características hidrogeológicas destes aquíferos.

A partir da avaliação hidrogeológica da AEL e ADA do empreendimento realizada no presente diagnóstico, é possível afirmar que a recarga e a circulação de água subterrânea dos aquíferos na área do Projeto Jaguar se dão, marcadamente, por meio de descontinuidades, estruturas geológicas favoráveis a condução e, principalmente, por infiltração das águas meteóricas.

Sendo assim, além da declividade e do tipo de aquífero observado na região é preciso considerar a presença destas descontinuidades identificadas no mapa geológico (**Figura 10.1.36**).

Neste sentido, foi elaborado uma metodologia com atribuição de pesos para os parâmetros e assim elaborar um mapa de potencial de contaminação de aquíferos associando declividade, unidade hidrogeológica e a presença de descontinuidades. Esta metodologia realiza uma análise matemática operada em ambiente de SIG, por meio de um *overlap* das diferentes camadas dos *shapefiles* temáticos, somando os valores associados, cujos valores seguem apresentados na **Tabela 10.1.41**.

**Tabela 10.1.42-Seleção e descrição das Variáveis.**

Variável	Classe	Tipo unidade litológica relacionado	Pesos	Justificativa dos pesos
Unidades Hidrogeológicas - Domínio Hidrogeológico	Domínio Cristalino	Embasamento Cristalino Arqueano, e é caracterizado por apresentar baixa a muito baixa favorabilidade hidrogeológica	0,5	Aquíferos caracterizados pelo tipo armazenamento e circulação de água subterrânea, quanto maior a porosidade, permeabilidade de aquífero, maior a circulação e recarga de água neste aquífero, conseqüentemente maior o potencial de contaminação. Fonte: Mapa de Domínios Hidrogeológicos do Brasil (CPRM, 2014)
	Domínio metassedimentos -metavulcânicas.	Unidades metassedimentares, tanto arqueanas quanto proterozoicas, englobando xistos, filitos, metarenitos, metassiltitos,	1	

Variável	Classe	Tipo unidade litológica relacionado	Pesos	Justificativa dos pesos
		anfíbolitos, quartzitos, ardósias, metagrauvas, metavulcânicas diversas.		
Declividade / Fases de relevo (%)	0 a 3	-	1	Quanto menor a declividade, como topo de colinas e fundo de vales, menor a taxa de escoamento superficial, maior a infiltração, e consequentemente maior o potencial de contaminação.
	3 a 8	-	0,9	
	8 a 20	-	0,6	
	20 a 45	-	0,3	
	>45	-	0	
Presença de descontinuidades	Falhas ou zonas de Cisalhamento (todos os tipos)	-	0,9	A presença de descontinuidades e/ou estruturas geológicas favoráveis a condução e principalmente por infiltração das águas meteóricas, aumenta a possibilidade de contaminação, pois possibilita a recarga e a circulação de água subterrânea nestes aquíferos.
	Falha ou Fratura	-	1	
	Contatos litológicos	-	0,5	

A **Tabela 10.1.42** e a **Figura 10.1.77** abaixo apresentam o resultado em área e percentual de acordo com o potencial de contaminação dos aquíferos.

**Tabela 10.1.43-Resultado da análise de Potencial de Contaminação dos Aquíferos.**

Potencial de Contaminação	AEL - Área (ha)	AEL - Percentual da Área (%)	ADA - Área (ha)	ADA - Percentual da Área (%)
Muito Baixo	1.775,6	19,6	142,1	14,7
Baixo	1.599,2	17,7	220,6	22,9
Médio	2.212,0	24,5	235,8	24,4
Alto	3.455,5	38,2	366,7	38,0

Dessa forma, em relação ao potencial de contaminação dos aquíferos na área do Projeto Jaguar, os resultados apontam o predomínio das classes Muito Baixo, Baixo e Médio, que totalizam cerca de 62%, tanto para a AEL, quanto para a ADA do empreendimento. As áreas com maior potencial de contaminação identificadas encontram-se a jusante do empreendimento, em áreas menos declivosas, como nos fundos de vale dos igarapés que recortam o empreendimento. Nesses locais há uma menor taxa de escoamento superficial, maior a infiltração, e, consequentemente, maior o potencial de contaminação. Adicionalmente, deve-se destacar o padrão de fluxo da água subterrânea, que a partir da Serra Arqueada flui para as direções norte e oeste, indicando que o potencial de contaminação tende a se concentrar às margens do Igarapé Mogno.



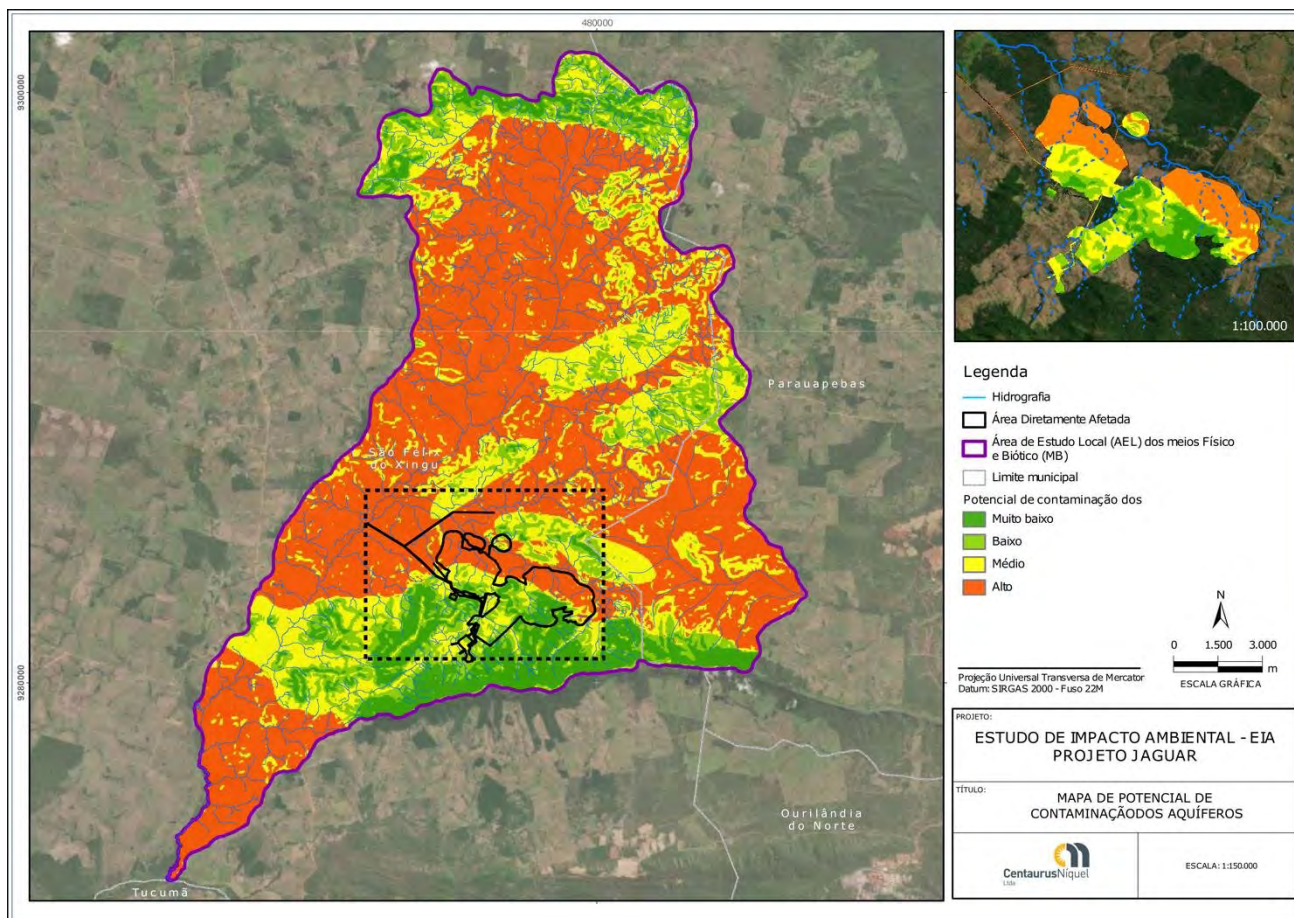


Figura 10.1.77 - Mapa de Potencial de Contaminação dos Aquíferos.

#### 10.1.7.1.4.3 Correlações hidrogeológicas - águas superficiais e subterrâneas, pedologia, geomorfologia e geologia

Conforme apontado no item de unidades hidrogeológicas, há na área do empreendimento sistemas aquíferos com porosidade granular (cangas), descritos como descontínuos, muito heterogêneos, anisotrópicos e com espessuras que variam entre 10 e 40 m, além de sistemas aquíferos de porosidade intersticial e fissural, que são representados, marcadamente, pela formação ferrífera localizada na porção da AEL e cujas descargas alimentam as drenagens que recortam a área do Projeto Jaguar. Ademais, também foram identificados sistemas aquíferos de porosidade fissural, que ocorrem em litologias em que a água é transmitida por meio de descontinuidades existentes nas rochas, como juntas/fraturas e falhas.

No que se refere à correlação água superficial e subterrânea, cabe destacar que os estudos hidrogeológicos realizados para a região apontam para a existência de aquíferos freáticos, ou com superfície livre, na região de implantação do Projeto Jaguar (MDGEO, 2011). Nesse sentido, cabe destacar que estes aquíferos estão sujeitos a interações com as águas superficiais ao longo de toda sua área de recarga, que se concentra nos fundos de vale e nas várzeas onde são observados solos hidromórficos, enquanto os aquíferos confinados podem ter áreas de recarga mais afastadas da ADA do projeto, com nas proximidades dos divisores da Serra Arqueada.

Outro aspecto que merece destaque no que se refere às correlações hidrogeológicas está relacionado à dinâmica de rebaixamento dos níveis d'água. O rebaixamento dos níveis de água num aquífero tem influência marcante no que se refere à disponibilidade das águas superficiais, em função da modificação da dinâmica da interação entre as águas superficiais e subterrâneas.

Nesse sentido, cabe destacar que as surgências mais próximas das áreas com rebaixamento provocado pelo empreendimento podem ser afetadas, ou deslocadas para jusante, até locais em que os efeitos do rebaixamento sejam minimizados. Da mesma forma, é importante salientar que além das interferências nas surgências, trechos de igarapés atualmente abastecidos pelo aquífero poderão ser transformados em áreas de recarga, tendo como reflexo uma diminuição da vazão (UFMG, 2021).

Em relação ao mapeamento de surgências realizados na área do empreendimento, cabe destacar que o mesmo permitiu verificar os principais pontos de descarga, assim como as características das águas, associando-as às diversas unidades geológicas existentes. As surgências que apresentaram maior vazão localizam-se na serra Arqueada e são vinculadas à formação ferrífera ou canga (Unidade litológica São Felix). No que se refere aos usos, o aproveitamento da água destes aquíferos ocorre através de poços escavados no manto de alteração ou em surgências. Este aproveitamento gera uma grande dependência de águas subterrâneas, conforme identificado no cadastro de usuários.

Nas áreas onde predominam as outras unidades geológicas, principalmente a norte da ADA do Projeto Jaguar, são possível observar a presença de granitos, migmatitos e gnaisses do embasamento, além de um espesso manto de alteração que apresenta surgências com baixa vazão e cursos d'água intermitentes, durante o período seco.

Na área onde há o depósito mineral do Projeto Jaguar, a principal surgência cadastrada foi associada às rochas vulcânicas ácidas. Esta zona mineralizada está associada a assembleia de alteração composta por magnetita-apatita-quartzo ± sulfeto, que é bastante enriquecida também em Fe, Pb, Cd, além do Ni. Essas características geoquímicas justificam as concentrações anômalas de Fe, Pb, Cd e Ni encontradas nas análises de águas subterrâneas e superficiais do Projeto Jaguar.

Além disso, estas rochas apresentam abundância de biotita em toda a área, o que contribui para o alto teor de alumínio observado nas águas subterrâneas e superficiais da área do projeto. Ou seja, a maior parte dos elementos químicos encontrados em concentrações anômalas nas análises de água estão diretamente relacionadas à assembleia mineralógica hidrotermal associada à mineralização de Níquel.

Outro aspecto que merece destaque em relação à análise de correlações hidrogeológicas está relacionada à análise dos potenciais hidrogeniônico (pH) e de oxirredução (Eh). Nesse sentido, cabe salientar que os pontos inventariados na ADA e seu entorno foram classificados de maneira a apresentar o seu ambiente, se redutor ou oxidante (MDGEO, 2011). Os pontos associados à formação ferrífera, vulcânicas ácidas, clorita-xisto, diabásios e gabros foram caracterizados como ambiente redutor. Este fato pode ser atribuído ao baixo ou nenhum contato de suas águas com o oxigênio atmosférico, indicando assim uma possível percolação de águas profundas. Já as águas associadas às rochas vulcânicas ultrabásicas, talco-xisto e parte do embasamento encontram-se em ambiente oxidante, indicando maior interação com oxigênio da atmosfera e uma possível origem de aquífero raso.

#### **10.1.7.1.4.4 Qualidade das Águas Subterrâneas**

A seguir, os resultados do monitoramento de águas subterrâneas serão apresentados graficamente, utilizando os dados amostrados por MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021). As campanhas ocorreram entre os meses de janeiro/2010, abril/2010, junho/2010, agosto/2010, fevereiro/2011, março/2011 (MDGEO, 2011) e julho/2020 e outubro/2020 (BICHO DO MATO, 2021), totalizando 20 (vinte) pontos de monitoramento. Para acessar o banco de dados completo vide **ANEXO A**. Os parâmetros foram confrontados à luz da Resolução CONAMA nº 396/2008, a qual dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

### 10.1.7.1.4.4.1 Parâmetros físicos

#### pH

Os resultados de pH demonstraram média de  $6,88 \pm 0,85$ , variando de alcalino (maior valor registrado de 9,8 em SUB-01 em fevereiro/2011) a levemente ácido (menor valor registrado de 5,5 em SUB-14 em agosto/2010). O ponto com águas com maior acidez foi o SUB-14, nas amostragens realizadas nos dois períodos climatológicos (**Figura 10.1.78**).

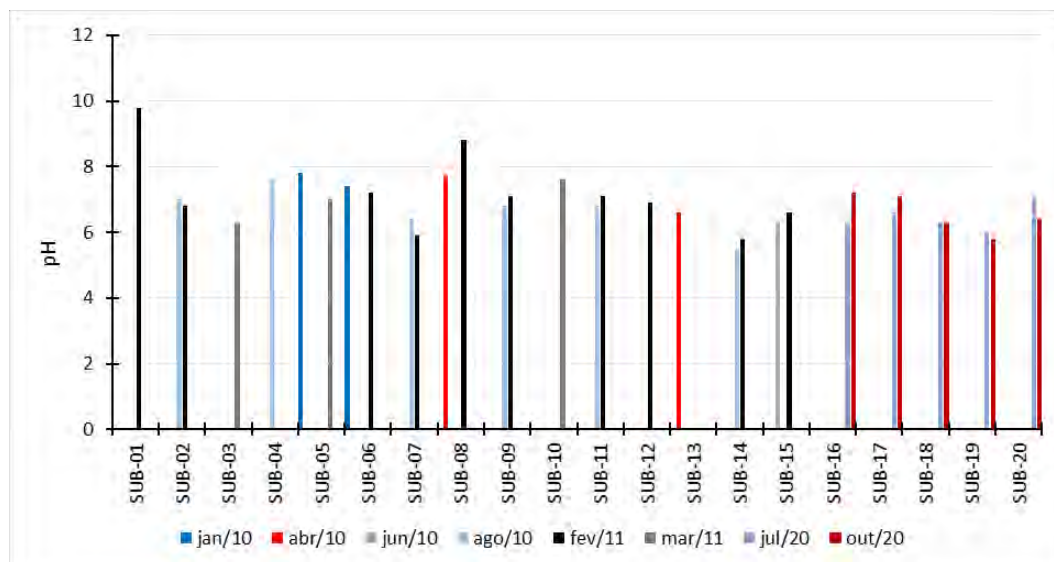


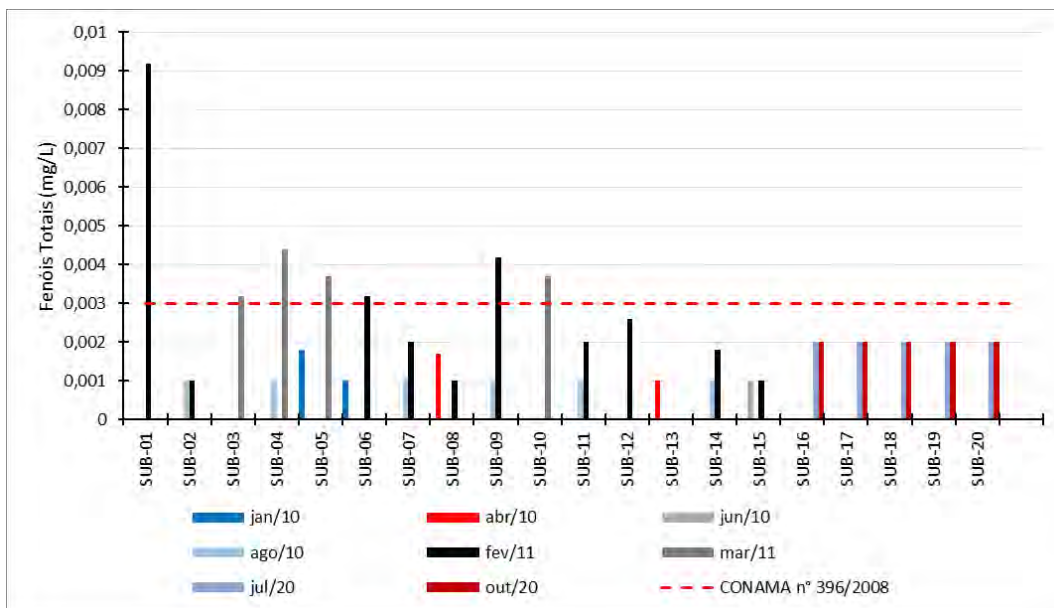
Figura 10.1.78 - Resultados de pH nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento.

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

### 10.1.7.1.4.4.2 Parâmetros químicos

#### Fenóis

A concentração de fenóis totais nas águas subterrâneas da área de estudo foi acima do preconizado pela Resolução CONAMA nº 396/2008 para consumo humano (0,003 mg/L), nos meses de fevereiro/2011 e março/2011, sendo esses os períodos chuvosos na região (**Figura 10.1.79**). Os pontos que apresentaram contrações acima do previsto pela legislação foram SUB-01, SUB-03, SUB-04, SUB-05, SUB-06, SUB-09 e SUB-10, com maior valor (0,0092 mg/L) em SUB-01. A concentração média observada foi de  $0,0022 \pm 0016$  mg/L, valor inferior ao limite definido na referida Resolução.



**Figura 10.1.79 - Concentração de fenóis totais nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha pontilhada indica o valor de referência mínimo (0,003 mg/L) de fenóis totais preconizado pela Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas subterrâneas com uso preponderante de consumo humano.**

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

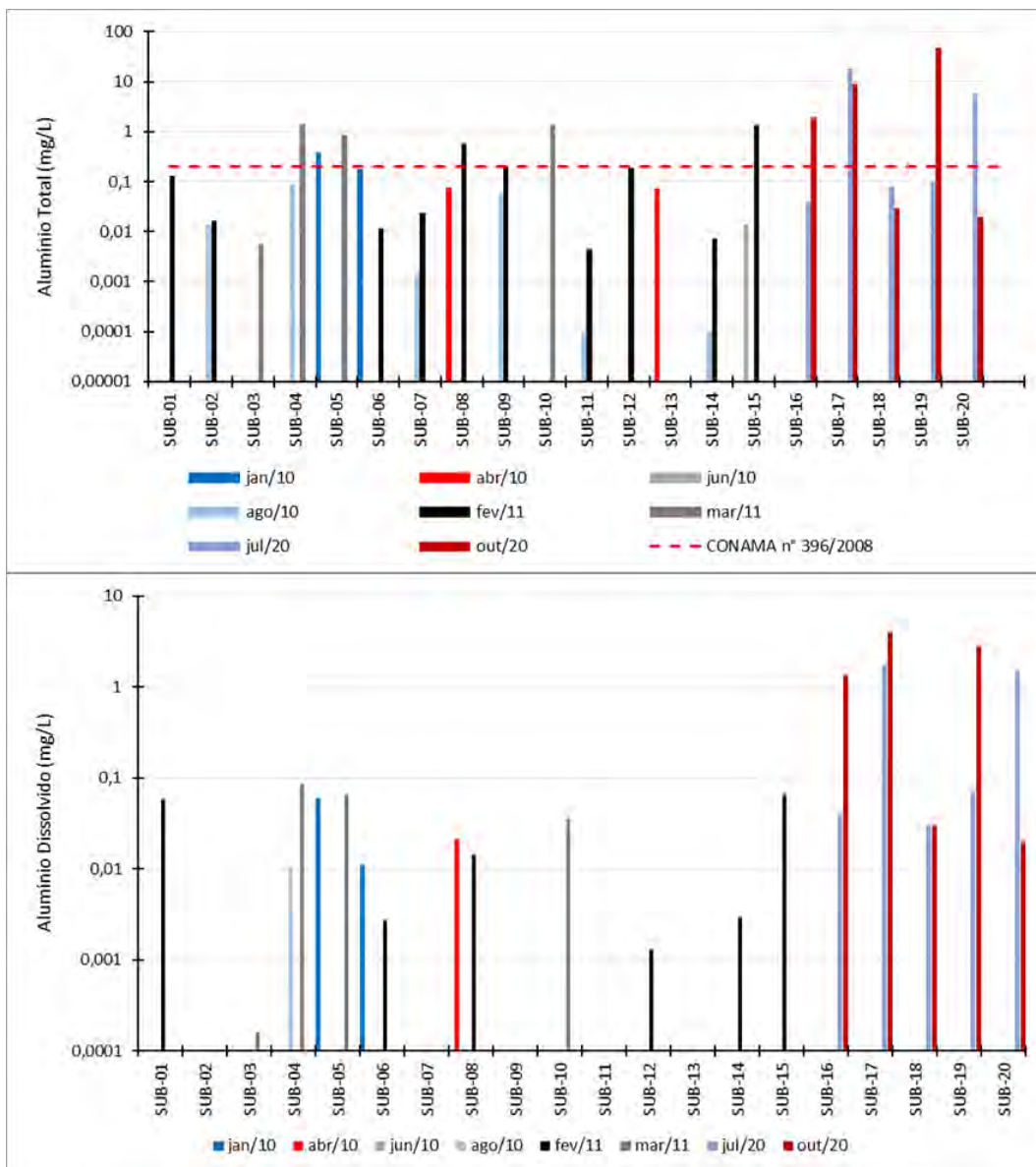
## Metais

### Alumínio total e dissolvido

A concentração média de alumínio total foi de  $2,58 \pm 8,66$  mg/L demonstrando média maior que o valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para consumo humano (0,2 mg/L) (**Figura 10.1.80**). No total de 35 observações, 12 (doze) estiveram em desconformidade, principalmente em fevereiro/2011, março/2011, julho/2020 e outubro/2020, representando 34,3% dos dados. Esses dados permitem verificar a elevada concentração de alumínio total existente na área monitorada, mesmo antes do empreendimento.

As concentrações de alumínio total variaram de 0,0001 mg/L (valor de limite de quantificação do método = LQ) a 48,30 mg/L (SUB-19 em outubro/2020). Ressalta-se que as maiores concentrações observadas representam condições muito elevadas, sendo necessário buscar um acompanhamento desses pontos a fim de averiguar as concentrações desse metal de modo sistemático.

Em relação ao alumínio dissolvido, não considerado na referida Resolução, a média foi de  $0,34 \pm 0,89$  mg/L. Os maiores valores registrados estiveram presentes nos pontos SUB-16, SUB-17, SUB-18, SUB-19 e SUB-20, pontos monitorados nos meses de julho/2020 e outubro/2020 (**Figura 10.1.80**). Além disso, é possível verificar que o alumínio dissolvido, em 16 ocasiões de um total de 35 observações, representou mais que 10% do alumínio total, chegando a 100% em 5 registros, indicando que a maior parte do alumínio total está disponível.

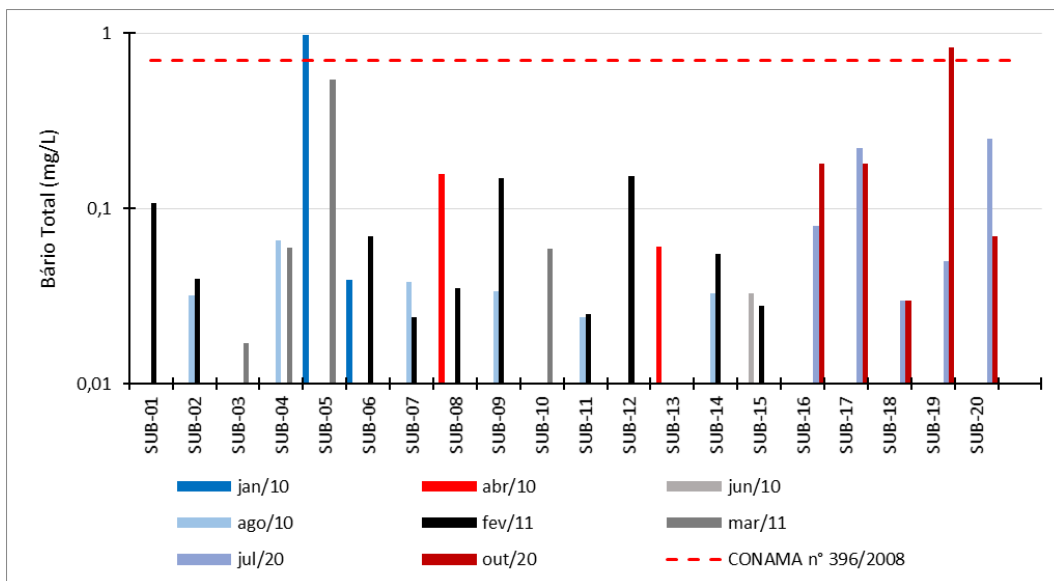


**Figura 10.1.80 - Alumínio total (mg/L) e alumínio dissolvido nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (0,2 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica.**

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

### Bário total

As concentrações de Bário total nas águas subterrâneas apresentaram média de  $0,41 \pm 0,22$  mg/L, sendo abaixo do valor preconizado pela Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas destinadas a consumo humano (0,7 mg/L). Este valor foi ultrapassado em duas situações, uma em janeiro/2010, atingindo concentrações de 0,979 mg/L (SUB-05) e de 0,83 mg/L em outubro/2020, (SUB-19 – poço dos Borges) (**Figura 10.1.81**). Essas observações indicam valores baixos de bário total em águas subterrâneas, e sem um claro padrão sazonal, sendo necessário maior número de amostragens para corroborar a relação.

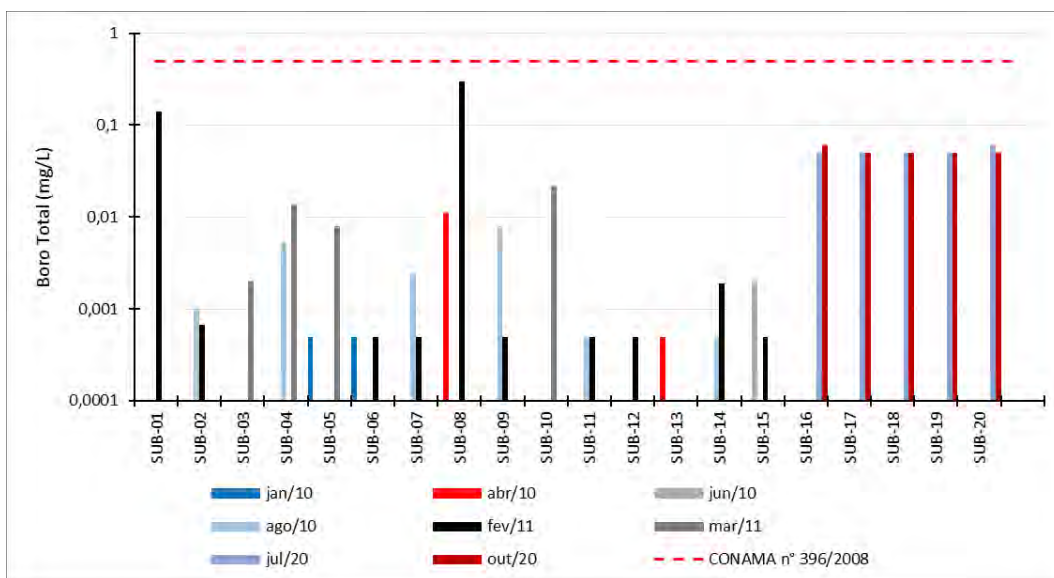


**Figura 10.1.81 - Bário total (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (0,7 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica.**

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

### Boro total

A concentração média de boro total nas águas subterrâneas foi de  $0,03 \pm 0,06$  mg/L, representando baixa concentração média para a região monitorada. Os valores registrados não ultrapassaram o estabelecido pela Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (0,5 mg/L) ao longo do monitoramento (**Figura 10.1.82**). As concentrações variaram de 0,0005 mg/L, em diversas ocasiões, a um máximo de 0,301 mg/L (SUB-08 em fevereiro/2011).



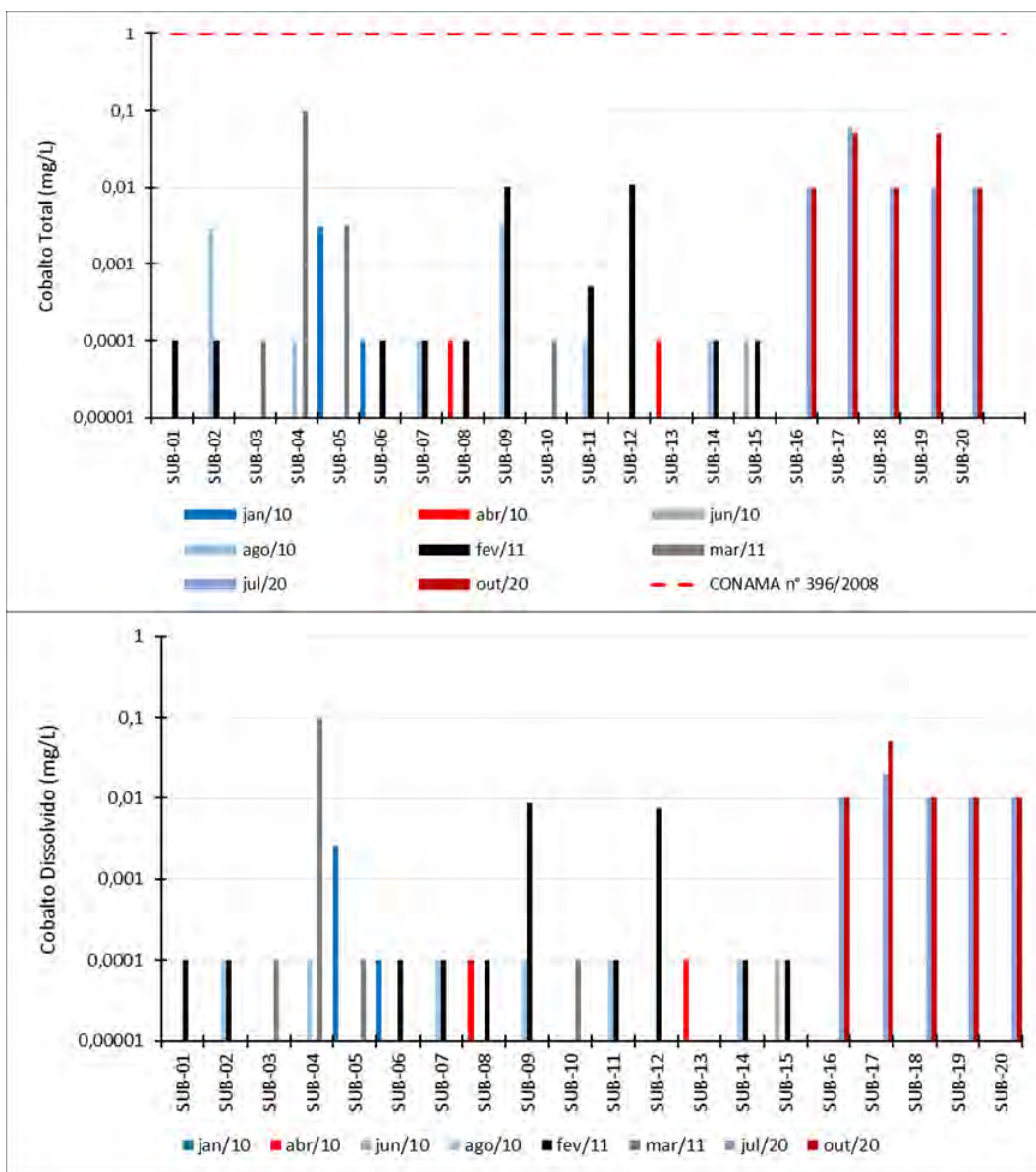
**Figura 10.1.82 - Boro total (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (0,5 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica.**

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

### Cobalto total e dissolvido

As concentrações de cobalto total e dissolvido foram, em sua grande maioria, valores abaixo do limite de detecção do método (LQ<0,0001), tendo tido apenas 7 registros de cobalto dissolvido e 11 de cobalto total. Cobalto total é o parâmetro legislaível pela Resolução CONAMA nº 396/2008, tendo valor de referência a dessedentação animal (1,0 mg/L). A concentração média de cobalto total foi de 0,02 mg/L, representando uma baixa concentração deste metal para as águas subterrâneas da área monitorada.

Nas observações obtidas neste monitoramento, não foram registradas não conformidades para esta variável. As concentrações quantificadas de cobalto total variaram de 0,00051 mg/L (SUB-11 em fevereiro/2011) a 0,06 mg/L (SUB-17 em julho/2020). Já para cobalto dissolvido, as concentrações quantificadas variaram de 0,0026 mg/L (SUB-05 em janeiro/2010) a 0,05 mg/L (SUB-09 em outubro/2020) (**Figura 10.1.83**), representando mais de 10% do cobalto total em 8 (oito) das 11 (onze) quantificações obtidas.



**Figura 10.1.83 - Cobalto total (mg/L) e dissolvido (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (1,0 mg/L). Eixos das abcissas em escala logarítmica.**

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

### Cobre total e dissolvido

As concentrações de cobre total variaram do limite de detecção do método, 0,0001 mg/L (recorrente para as amostragens realizadas em 2010 e 2011), a 0,20 mg/L (SUB-18 em julho/2020) e média de 0,01 ±0,04 mg/L (Figura 10.1.84). O maior número de registros foi obtido em período chuvoso, e de maneira geral, maiores concentrações no ano de 2020. Importante ressaltar que nenhum dos valores quantificados extrapolaram a Resolução CONAMA nº396/2008 para águas de consumo humano (2,0 mg/L), indicando baixas concentrações de cobre total nas águas subterrâneas.

Para cobre dissolvido, apenas cinco valores foram possíveis de serem quantificados, estando 30 ocorrências abaixo do limite de quantificação do método (que variou de 0,1 mg/L, 0,007 mg/L e 0,0001 mg/L ao longo do monitoramento. Por esse motivo, os dados não são apresentados graficamente, mas podem ser acessados no ANEXO V). Cobre dissolvido representou de 38% a 95% as concentrações de cobre total, indicando que, quando presentes, podem representar elevada contribuição para a concentração total deste metal em águas subterrâneas.

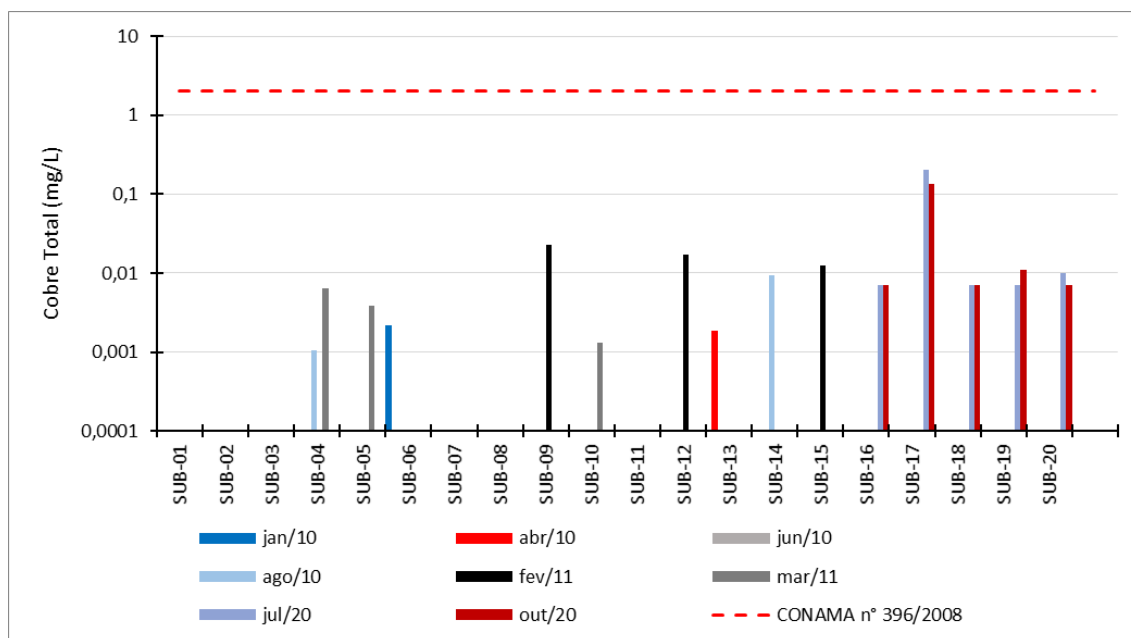


Figura 10.1.84 - Cobre total (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (2,0 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica.

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

### Chumbo total

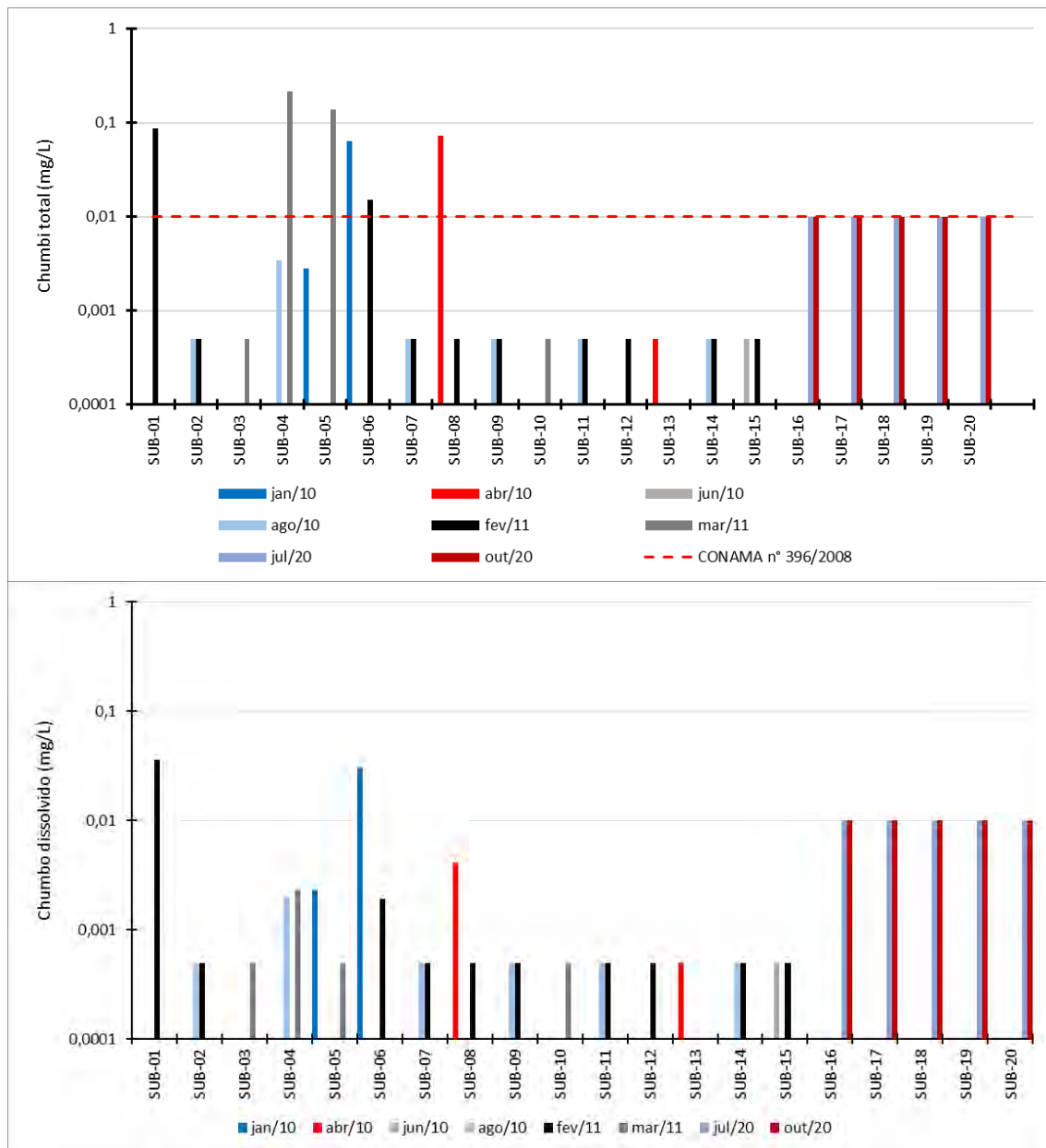
A concentração de chumbo total apresentou média de 0,02 ±0,05 mg/L, variando do limite de detecção do método (0,0005 mg/L, registrados principalmente nos meses de agosto/2010 e fevereiro/2011) a 0,22 mg/L (SUB-04 em março/2011) (Figura 10.1.85).

O valor de referência para este parâmetro é de 0,01 mg/L segundo a Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas com destinação a consumo humano, tendo sido observado para os pontos SUB-01 em fevereiro/2011; SUB-04 e SUB-05 em março/2011; SUB-06 em janeiro/2010 e fevereiro/2011; e em SUB-08 em abril/2010.



Os registros obtidos em julho/2020 e outubro/2020 também representaram os limites de detecção do método (0,01 mg/L), sendo este o mesmo valor estabelecido pela referida resolução, não permitindo concluir a concentração real nestes pontos e períodos monitorados.

Quanto às concentrações de chumbo dissolvido, 80% estavam abaixo do LQ (0,0005 mg/L para os anos de 2010 e 2011; e de 0,01 mg/L para 2020), sendo os valores quantificados variando de 0,0019 mg/L (SUB-06 em fevereiro/2011) a 0,0359 mg/L (SUB-01 em fevereiro/2011). No entanto, chumbo dissolvido não é um parâmetro que possui valores de referência. Seus dados são apresentados na **Figura 10.1.85**.



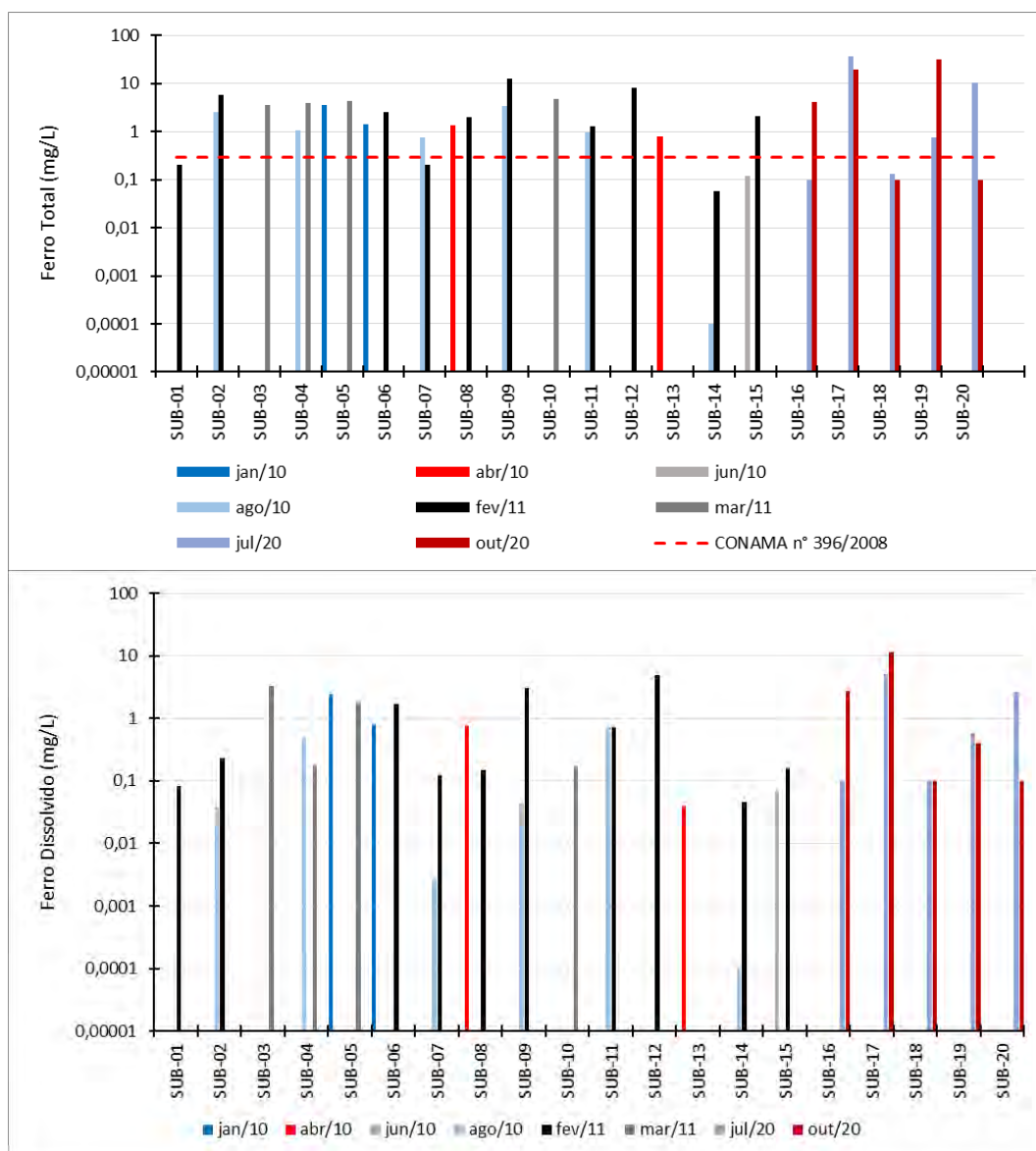
**Figura 10.1.85 - Chumbo total e dissolvido (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (0,01 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica. Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).**

### Ferro total e dissolvido

A concentração média de ferro total foi de  $4,88 \pm 8,34$  mg/L, indicando um valor 16 vezes maior que o previsto pela Resolução CONAMA nº 386/2008 para águas subterrâneas destinadas a consumo humano (0,1 mg/L). As menores concentrações variaram entre 0,0001 mg/L (valor de Limite de Quantificação do método em SUB-15 em agosto/2010) a 35,9 mg/L (SUB-18 em julho/2020) (Figura 10.1.86).

Do conjunto total de dados para ferro total, 74% (26 de 35 observações) estiveram acima do estabelecido pela referida Resolução, demonstrando que este é um metal presente nas águas subterrâneas na área de estudo e em elevadas concentrações, mesmo antes da instalação do empreendimento. Além disso, as maiores concentrações foram observadas nas amostragens realizadas em julho/2020 e outubro/2020. Ressalta-se que as maiores concentrações observadas representam condições muito elevadas, sendo necessário buscar um acompanhamento desses pontos a fim de averiguar as concentrações desse metal de modo sistemático.

Ferro dissolvido variou de 0,0001 mg/L (valor do Limite de Quantificação do método em SUB-14 em agosto/2010) a 11,3 mg/L (SUB-17 em outubro/2020) (Figura 10.1.86). A contribuição de ferro dissolvido variou de 0,4% a 100% para o ferro total, sendo a média de 46%, indicando uma importante contribuição da fração dissolvida para a total.



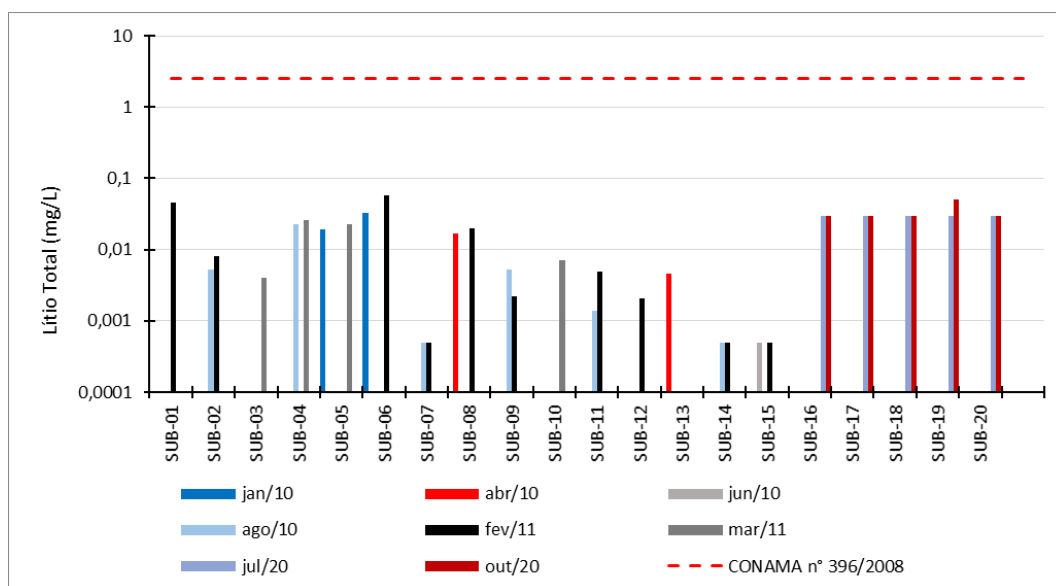
**Figura 10.1.86 - Ferro total (mg/L) e Ferro dissolvido (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (0,3 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica.**

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

### Lítio total

A concentração de lítio total nas águas subterrâneas da área de estudo do empreendimento variou de 0,0005 mg/L (valor referente ao LQ do método nos pontos SUB-07, SUB-14 e SUB-15 nos meses de junho/2010, agosto/2010 e fevereiro/2011) a 0,0577mg/L (SUB-06 em fevereiro/2011) com média de 0,018 ±0,0160mg/L. Além disso, os pontos SUB-16 a SUB-20, monitorados nos meses de julho/2020 e outubro/2020 também apresentaram valores abaixo do limite de detecção (LQ=0,03mg/L), com exceção de SUB-19 (Poço Borges) em outubro/2020, com 0,05mg/L (**Figura 10.1.87**).

Dessa maneira, os registros obtidos demonstram baixas concentrações de lítio total, nunca ultrapassando o valor de referência disposto na Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas subterrâneas destinadas a irrigação (2,5mL), já que não há valores de referência para dessedentação de animais ou consumo humano.



**Figura 10.1.87 - Lítio total (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas destinadas à irrigação (0,3 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica.**

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

### Manganês total e dissolvido

A concentração de manganês total variou de 0,0035 mg/L (SUB-14 em fevereiro/2011) a 0,953 mg/L (SUB-12 em fevereiro/2011), sendo registrado no mesmo mês os valores mais altos e mais baixos do conjunto amostral de dados (**Figura 10.1.88**). A média geral foi de 0,19 ±0,24 mg/L, sendo maior que o valor de referência para águas subterrâneas destinadas a consumo humano (0,1 mg/L) segundo a Resolução CONAMA nº 396/2008.

Nesta perspectiva, 15 das 35 observações obtidas apresentaram concentrações acima da referida Resolução, representando 43% do conjunto total dos dados, ocorrendo principalmente nos meses do período chuvoso. Essas elevadas concentrações indicam águas subterrâneas naturalmente enriquecidas por esse metal em situação pretérita à implantação do empreendimento.

O parâmetro de manganês dissolvido não apresenta valor de referência, tendo variado de 0,001 mg/L (SUB-14 em fevereiro/2011) a 0,617 mg/L (SUB-09 em fevereiro/2011) e média de 0,13 ±0,16 mg/L. As frações de manganês dissolvido contribuíram com 25% a 100% do manganês total, tanto em período de chuva quanto seca, indicando uma importante fração disponível nas águas subterrâneas.

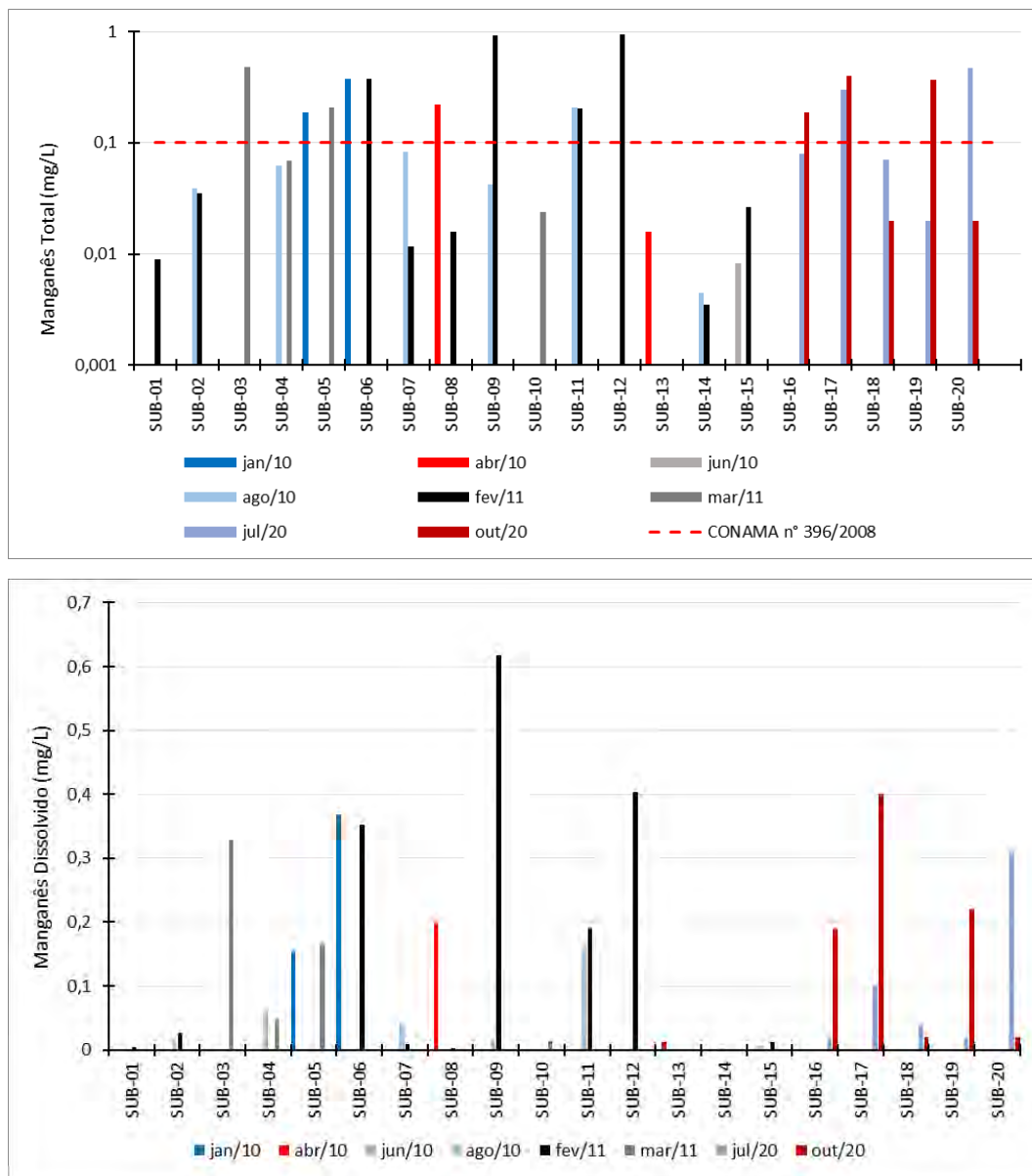


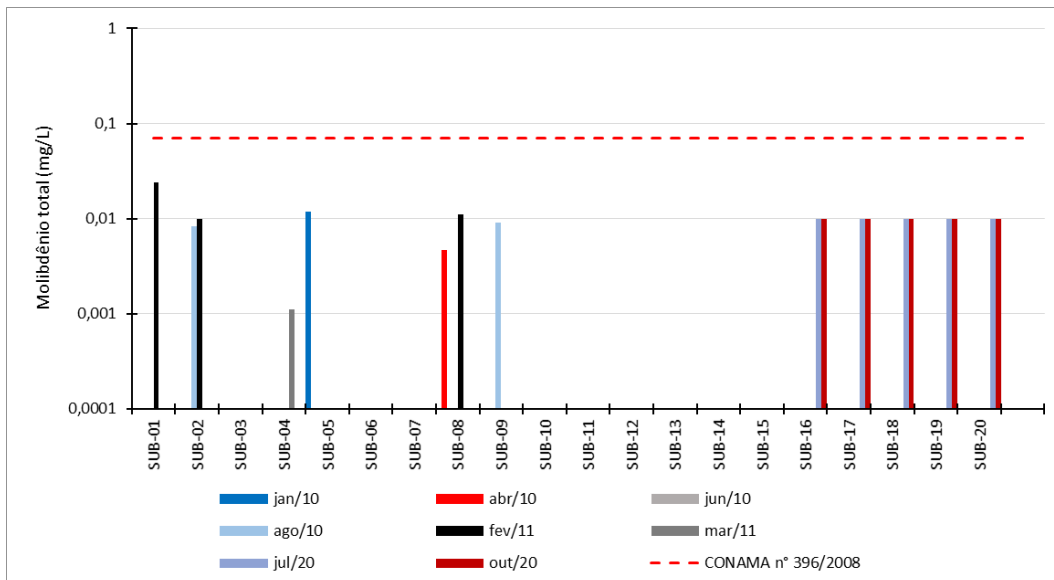
Figura 10.1.88 - Manganês total (mg/L) e manganês dissolvido (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA n° 396/2008 para águas de consumo humano (0,1 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica para o gráfico de manganês total.

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

### Molibdênio total

Os valores estabelecidos para o limite de quantificação do método (LQ) para molibdênio foram de 0,0001 mg/L para as amostragens realizadas nos anos de 2010 e 2011, e de 0,001mg/L para o ano de 2020, estando 26 observações nesta condição. Dessa maneira, os valores quantificados variaram de 0,0011 mg/L (SUB-04 em março/11) a 0,0238 mg/L (SUB-01 em fevereiro/2011) (Figura 10.1.89) e, portanto, nunca ultrapassando o

valor de referência estabelecido pela Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas subterrâneas destinadas a consumo humano (0,07mg/L). As concentrações de molibdênio se mostraram baixas ao longo do monitoramento de águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento.



**Figura 10.1.89 - Molibdênio total (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (0,07 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica.**

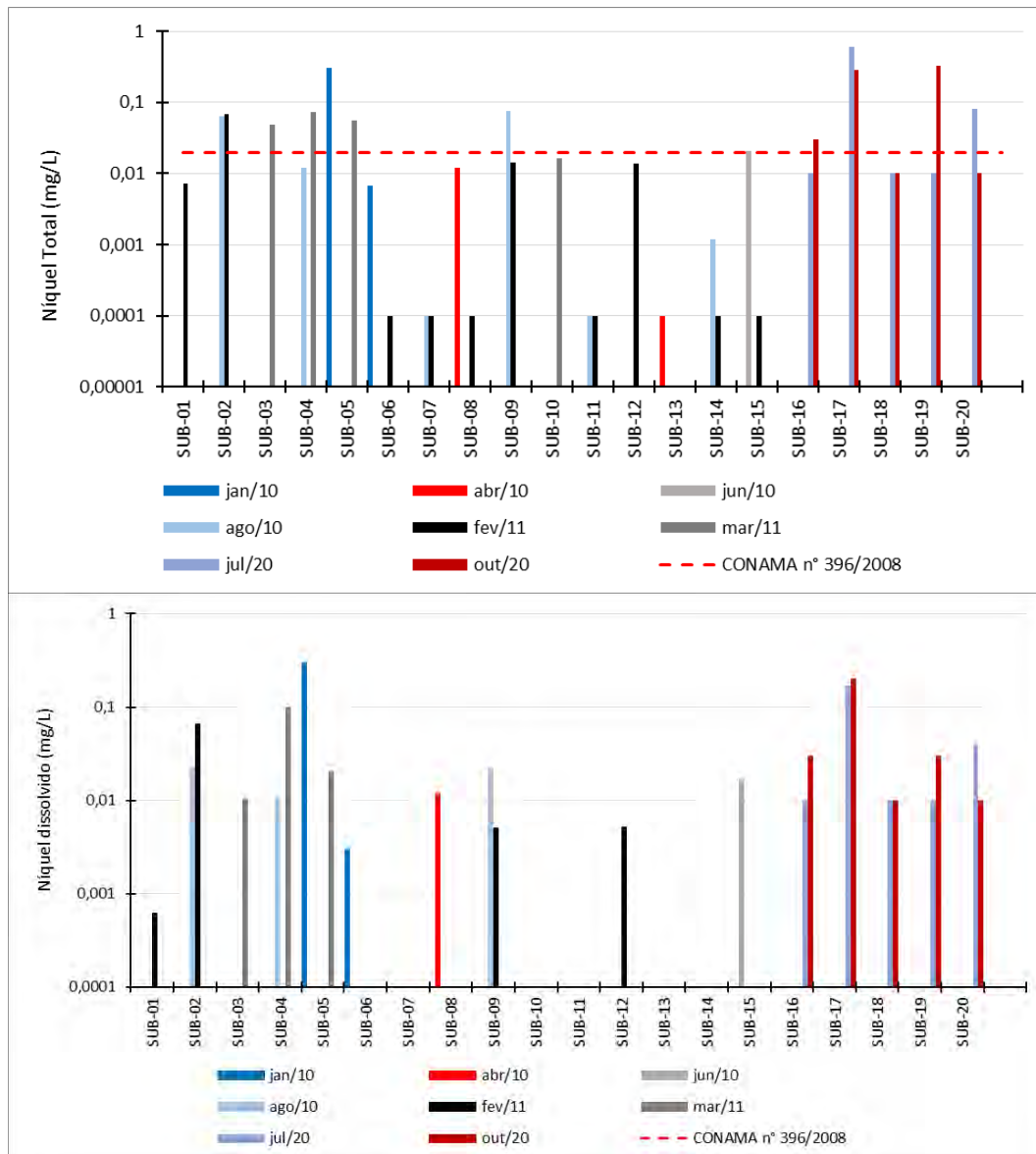
Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

### Níquel total e dissolvido

A concentração média de níquel total observada para o período monitorado foi de  $0,06 \pm 0,13$  mg/L, sendo este acima do valor de referência estabelecido pela Resolução CONAMA nº396/2008 para águas subterrâneas destinadas a consumo humano (0,02mg/L).

As menores concentrações variaram do limite de quantificação do método (0,001 mg/L para os anos de 2010 e 2011 e de 0,01 mg/L para 2020) a 0,60 mg/L (SUB-17 em julho/2020) (**Figura 10.1.90**). Foram identificadas 13 das 35 medições que estiveram acima do valor preconizado pela referida Resolução, representando 37,1% do conjunto total dos dados. Sendo assim, é possível evidenciar elevadas concentrações de níquel total nas águas subterrâneas na área de estudo, preteritamente à instalação do empreendimento.

Assim como mencionado para níquel total, foram observados 17 de 35 medições referentes ao limite de quantificação do método (0,001 mg/L para os anos de 2010 e 2011 e de 0,01 mg/L para 2020) a 0,60 mg/L (SUB-17 em julho/2020), sendo o maior valor de 0,297mg/L (SUB-05 em janeiro/2010) (**Figura 10.1.90**). Considerando apenas os dados quantificados, níquel dissolvido (**Figura 10.1.90**) contribui de 0,6% a 100% da concentração total, prevalecendo valores acima de 25%.



**Figura 10.1.90 - Níquel total (mg/L) e níquel dissolvido (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (0,02 mg/L). Eixos das abcissas em escala logarítmica.**

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

### Selênio total

Das 35 medições obtidas para selênio, houve apenas uma quantificação, sendo essa em SUB-06 em janeiro/2010 (0,00207 mg/L). As demais observações variaram em torno do LQ (0,0005 mg/L para os anos de 2010 e 2011; 0,5 mg/L para uma amostra no ano de 2011; e 0,001 mg/L para as amostras de 2020) e, devido ao elevado número de registros abaixo do LQ, os dados podem ser acessados no **ANEXO V**. Logo, estes dados denotam baixas concentrações de selênio na área do empreendimento.

O único valor quantificado está abaixo da referência estabelecida pela Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas subterrâneas destinadas ao consumo humano (0,01 mg/L). O valor de LQ de 0,5 mg/L verificado em SUB-04 em março/2011 é inconclusivo para realizar esta conferência.

### Silício dissolvido

De maneira geral, as concentrações de silício dissolvido não ultrapassam 40 mg/L, variando de 4,5mg/L (SUB-14 em agosto/2010 e fevereiro/2011) a 38,2mg/L (SUB-20 em outubro/2020) (Figura 10.1.91). Esta variável não possui valor de referência estabelecido pela Resolução CONAMA nº 396/2008.

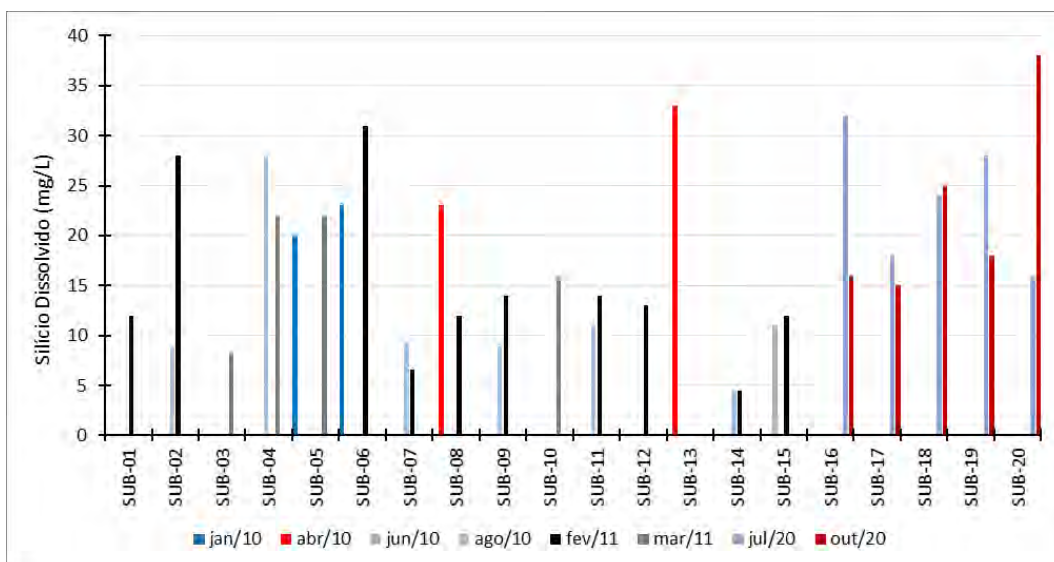


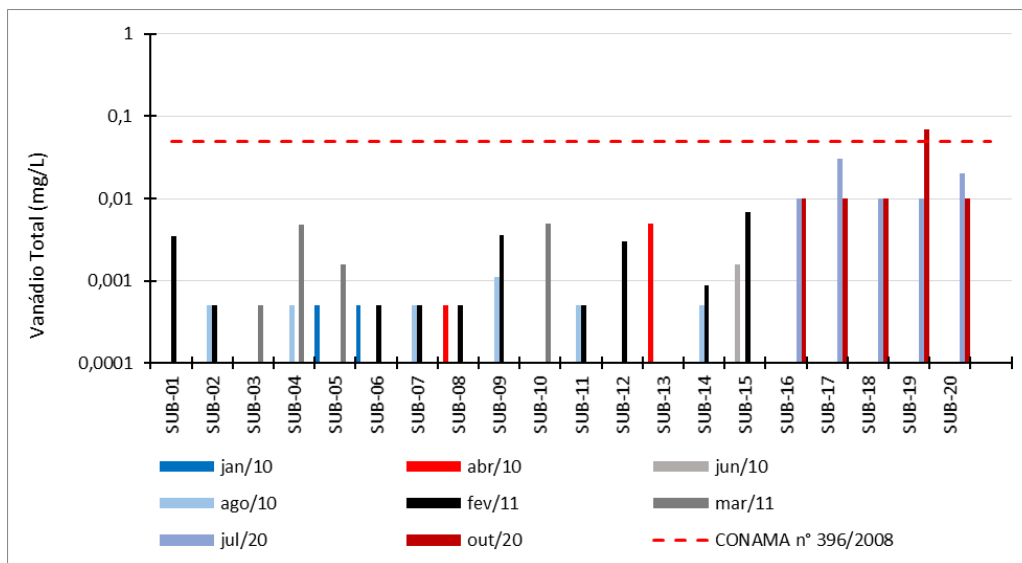
Figura 10.1.91 - Silício dissolvido (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento.

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

### Vanádio total

A concentração média de vanádio foi de 0,007 ±0,013mg/L, variando de valores abaixo da quantificação do método (LQ de 0,0005 mg/L nos anos de 2010 e 2011 e de 0,01mg/L no ano de 2020) a 0,07mg/L (SUB-19 em outubro/2020), sendo esta a única medição obtida acima do valor de referência estabelecido pela Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas subterrâneas destinadas a consumo humano (0,05mg/L) (Figura 10.1.92).

Os pontos SUB-02, SUB, 03, SUB-06, SUB-07, SUB-08, SUB-11, SUB-16 e SUB-18 não apresentaram valores quantificáveis de vanádio total ao longo do monitoramento realizado. Esses registros indicam baixa concentração de vanádio na área de estudo do empreendimento.



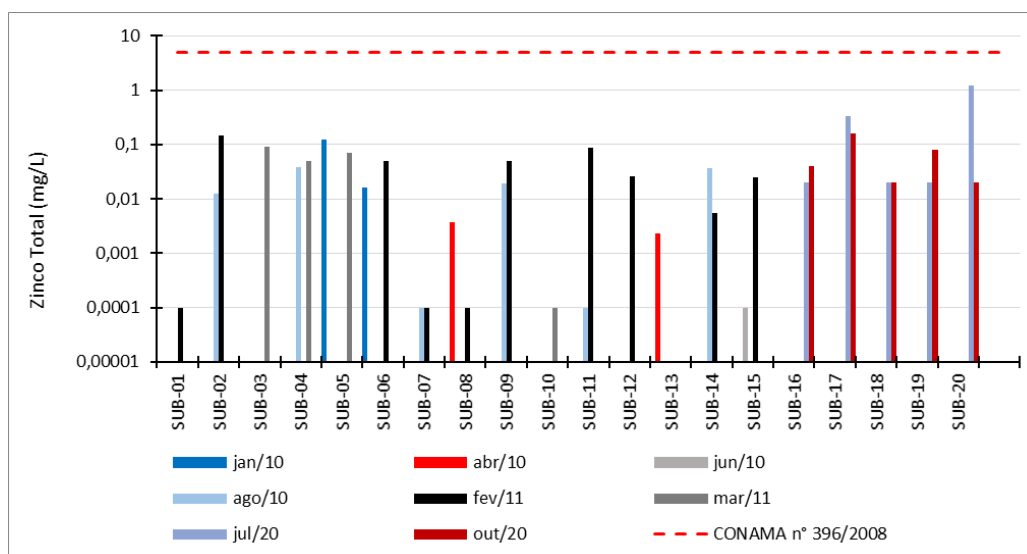
**Figura 10.1.92 - Vanádio total (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (0,05mg/L). Eixos das abcissas em escala logarítmica.**

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

### Zinco total

As concentrações de zinco total variaram do limite de quantificação do método (0,0001mg/L para o monitoramento realizado em 2010 e 2011 e de 0,02 mg/L para o ano de 2020) a 1,25mg/L (SUB-20 em outubro/2020) com média de 0,080 ±0,214mg/L (Figura 10.1.93). De maneira geral, maiores concentrações foram observadas no período chuvoso.

Não foram observados valores acima do estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas subterrâneas destinadas a consumo humano (5,0mg/L) ao longo do monitoramento. Dessa maneira, zinco total apresenta baixas concentrações nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento.



**Figura 10.1.93 - Zinco total (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (5,0 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica.**

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).



### 10.1.7.1.4.5 Nutrientes

#### Fósforo total

As concentrações de fósforo total variaram do limite de quantificação do método (0,01 mg/L) a 0,82 mg/L (SUB-03 em março/2011) atingindo média de  $0,16 \pm 0,24$  mg/L (Figura 10.1.94). Os pontos SUB-13 e SUB-14 não apresentaram valores quantificáveis desta variável em nenhuma das amostragens realizadas. De maneira geral, as menores concentrações de fósforo total foram observadas no período seco. Não há valores de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 396/2008 para esta variável.

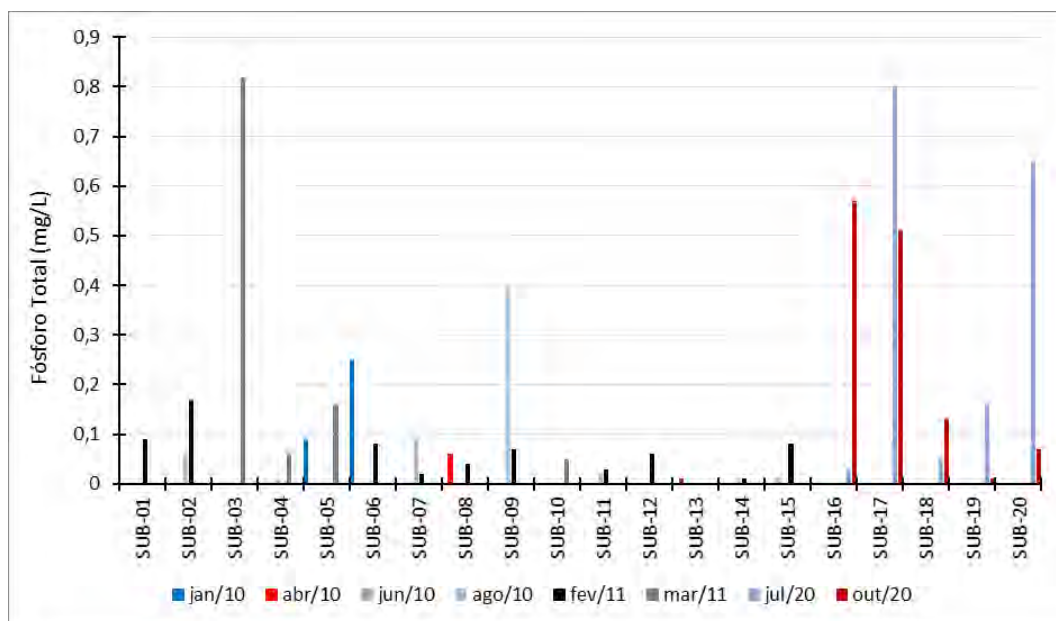


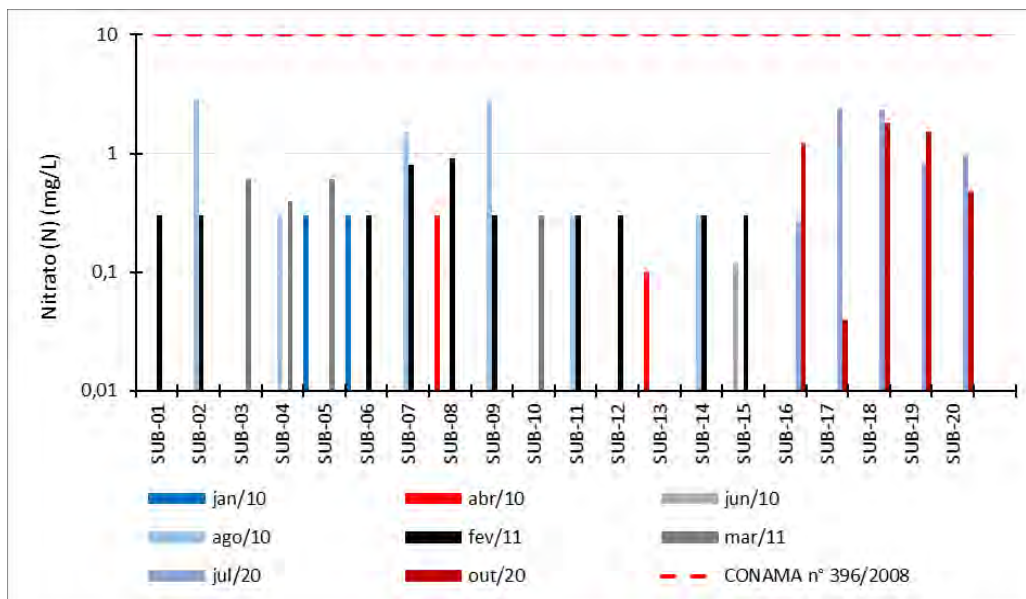
Figura 10.1.94 - Fósforo total (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento.

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

#### Nitrato

A concentração média de nitrato foi de  $0,77 \pm 0,79$  mg/L, variando de 0,04 mg/L (SUB-17 em outubro/2020) a 2,90 mg/L (SUB-02 em agosto/2010). No entanto, destaca-se que nos anos de 2010 e 2011, o valor do LQ para nitrato foi de 0,3 mg/L, sendo este acima do menor valor observado na série de monitoramento no ano de 2020. Com isso, os pontos SUB-10, SUB-11, SUB-12 e SUB-14 não apresentaram valores quantificáveis (Figura 10.1.95).

Ainda assim, as concentrações obtidas neste monitoramento não ultrapassaram o valor de referência estabelecido pela Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas subterrâneas destinadas a consumo humano (10,0mg/L).

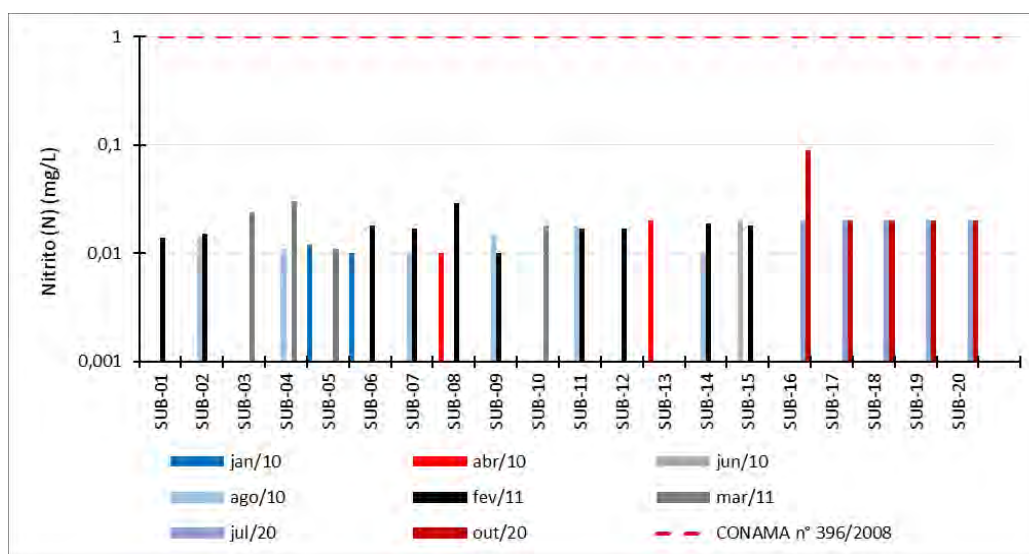


**Figura 10.1.95 - Nitrato (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (10,0 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica.**

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

### Nitrito

Concentrações de nitrito foram quantificadas em 20 das 25 unidades amostrais de 2010 e 2011, mas com apenas um valor no ano de 2020, sendo essa a maior concentração observada para o conjunto total do monitoramento (0,09 mg/L em SUB-16 em outubro/2020) (**Figura 10.1.96**). A média geral foi de  $0,02 \pm 0,01$  mg/L, representando um valor inferior ao estabelecido pela Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas subterrâneas destinadas a consumo humano (1,0 mg/L), indicando baixas concentrações deste parâmetro para as águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento.

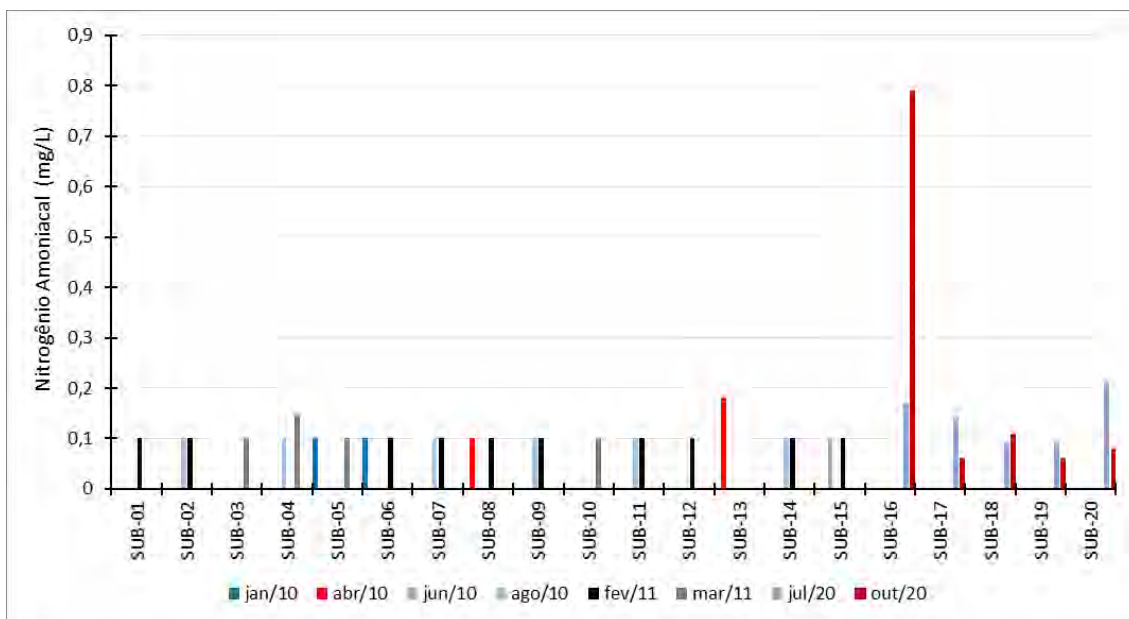


**Figura 10.1.96 - Nitrito (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas de consumo humano (1,0 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica.**

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

## Nitrogênio amoniacal

As concentrações de nitrogênio amoniacal estiveram recorrentemente abaixo do LQ (0,1mg/L para os anos 2010 e 2011 e de 0,06 mg/L em 2020), com quantificações apenas em SUB-13 (0,18 mg/L em abril/2010) e nos pontos monitorados em 2020 (**Figura 10.1.97**). O maior valor registrado foi de 0,79mg/L (SUB-16 em outubro/2020). A presença de nitrogênio amoniacal em águas subterrâneas pode ser um indicio de efluentes sanitários. No entanto, não há valores de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 396/2008 para esta variável.



**Figura 10.1.97 - Nitrogênio amoniacal (mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento.**  
 Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

### 10.1.7.1.4.6 Parâmetros bacteriológicos e matéria orgânica

#### Coliformes termotolerantes

A concentração de coliformes termotolerantes esteve majoritariamente abaixo do limite de detecção do método (1,0 UFC/ 100mL), podendo ser considerado ausente em 50% dos pontos monitorados (SUB-01, SUB-02, SUB-03, SUB-04, SUB-07, SUB-08, SUB-10, SUB-11, SUB-16 e SUB-19) (**Figura 10.1.98**). A maior concentração observada foi de 6.240 UFC/ 100mL (SUB-14 em fevereiro/2011), seguido de 461 UFC/ 100mL (SUB-15 em fevereiro/2011), ambos registros em período chuvoso (**Figura 10.1.98**).

A média de coliformes termotolerantes foi de 214 ±1054 UFC/ 100mL, indicando possíveis contaminações, sendo este valor acima da referência estabelecida pela Resolução CONAMA nº 396/2008 para esta variável (coliformes ausentes).

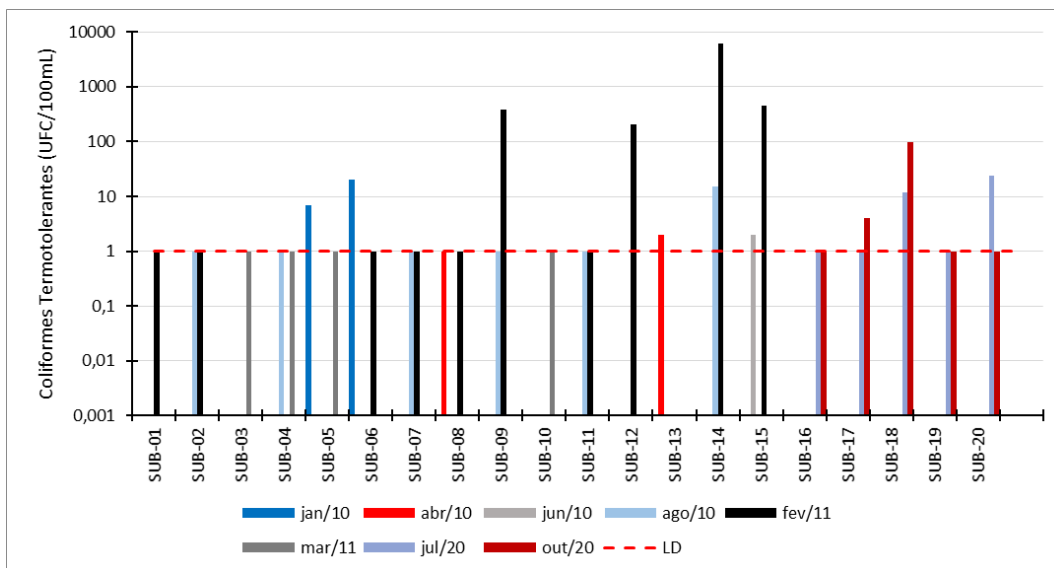


Figura 10.1.98 - Concentração de coliformes termotolerantes nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de limite de detecção do método (1,0 UFC/100 mL). Eixo da abcissa em escala logarítmica.

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

### Demanda Bioquímica de Oxigênio

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foi quantificada em apenas 7 das 35 medições realizadas nesse período de monitoramento, estando a maioria abaixo do limite de quantificação do método (2,0 mg/L para os anos de 201 e 2011 e 3,0 mg/L para o ano de 2020) (Figura 10.1.99).

A maior concentração foi registrada em SUB-10, com o valor de 35 mg/L (março/2011). O único dado quantificado em 2020 foi no ponto SUB-20 (poço Oziel) no mês de julho/2020. Não há valores de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 396/2008 para esta variável.

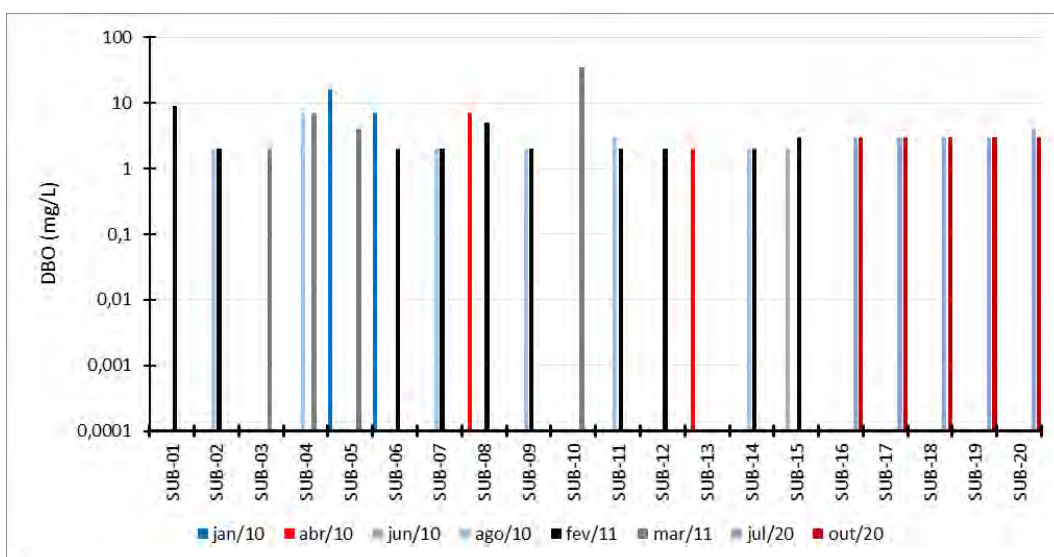


Figura 10.1.99 - Demanda bioquímica de oxigênio (DBO; mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Eixo da abcissa em escala logarítmica.

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

## Demanda Química de Oxigênio

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) apresentou ampla variação de LQ, sendo <5,0mg/L para as amostras do ano de 2010 e 2011 e entre <19mg/L e <20mg/L para as amostras de 2020, não sendo detectada DQO em sete pontos monitorados (SUB-02, SUB-11, SUB-16, SUB-17, SUB-18, SUB-19 e SUB-20). Considerando esta variação, as amostras que apresentaram valores quantificados foram as obtidas no ano de 2010 e 2011, principalmente em período chuvoso, sendo a maior concentração de 200mg/L em SUB-10 (março/2011) (Figura 10.1.100).

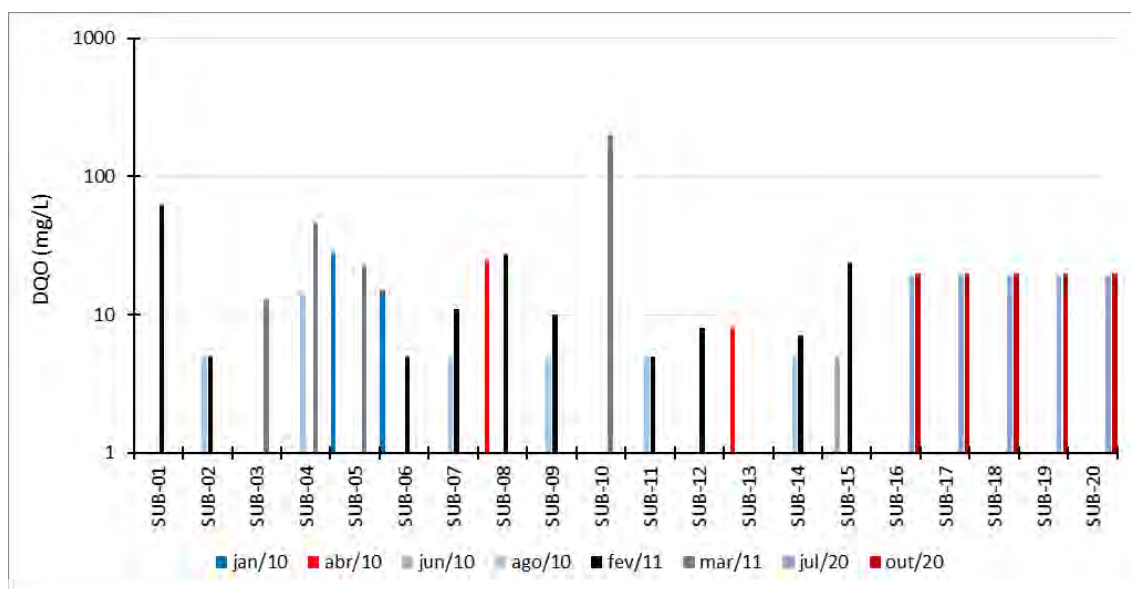


Figura 10.1.100 - Demanda química de oxigênio (DQO; mg/L) nas águas subterrâneas na área de estudo do empreendimento. Eixo da abcissa em escala logarítmica.

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

### 10.1.7.1.5 Considerações finais

O presente diagnóstico de hidrogeologia permitiu um reconhecimento dos principais aspectos hidrogeológicos das áreas de estudo do Projeto Jaguar. O inventário de surgências permitiu verificar os principais pontos de descarga e as características das águas, associando-as às diversas unidades geológicas existentes.

Na AEL e ADA do empreendimento foram caracterizadas três unidades hidrogeológicas definidas com base nos diversos litotipos encontrados e suas características no que se refere a armazenamento e circulação de água subterrânea, a saber: sistemas aquíferos inconsolidados (canga, manto de alteração e depósitos aluviais), sistema aquífero de porosidade intersticial-fissural (formação ferrífera) e sistemas aquíferos de porosidade fissural (embasamento, rochas (sub)vulcânicas ácidas a intermediárias e rochas ultramáficas).

Em relação ao fluxo de água subterrânea, considerando os dados de nível d'água dos poços de monitoramento já existentes na área, surgência inventariadas e poços escavados, pode-se observar que os níveis tendem a acompanhar a superfície do terreno com a presença de níveis elevados em regiões de cotas mais altas, comum para aquíferos livres. Desse modo, considerando as cotas mais elevadas, identificadas na Serra Arqueada, registradas e as áreas mais deprimidas, onde se tem o embasamento, tem-se um fluxo principal S-N. No que se refere ao potencial de contaminação dos aquíferos, cabe destacar que as áreas mais suscetíveis se encontram a jusante do empreendimento, em áreas menos declivosas, como nos fundos de vale dos igarapés que recortam o empreendimento, onde há uma menor taxa de escoamento superficial, maior a infiltração, e, por consequência, maior potencial de contaminação.

As análises de qualidade de água subterrânea indicaram a presença em excesso de alguns elementos, porém a grande maioria dos parâmetros analisados encontra-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente. Dos 20 (vinte) pontos de águas subterrâneas monitorados, 12 (doze) estão localizados na ADA (SUB-01, SUB-02, SUB-03, SUB-04, SUB-05, SUB-08, SUB-09, SUB-10, SUB-11, SUB-14, SUB-16, SUB-17 e SUB-19); 03 (três) localizados próximos ao igarapé Mogno (SUB-07, SUB-12 e SUB-13); 02 (dois) localizados próximos a igarapés afluentes do igarapé Mogno (SUB-18 e SUB-20); e 02 (dois) próximos ao leito do igarapé Mutum (SUB-06 e SUB-15).

O monitoramento de águas subterrâneas contemplou 20 pontos de amostragem, tendo sido analisados 76 parâmetros. Destes, 13 variáveis apresentaram ao menos uma não conformidade com os limites definidos na legislação (**Figura 10.1.43**), representando 17% do total monitorado. Assim como verificado para águas superficiais, ferro total foi a variável com maior número de violações, observada em todos os pontos, com exceção de SUB-01. Além de ferro, manganês total, níquel total, alumínio total e coliformes termotolerantes também foram variáveis que apresentaram violações em um maior número de pontos monitorados. Esses resultados demonstram uma importante contribuição da geologia local para as características das águas subterrâneas, mostrando homogeneidade entre os pontos monitorados. Já a presença de coliformes termotolerantes demonstra uma possível contaminação já existente por efluentes domésticos na área monitorada.

**Tabela 10.1.44-Relação das variáveis que apresentaram desconformidade com a Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas destinadas a consumo humano e os respectivos pontos de ocorrência.**

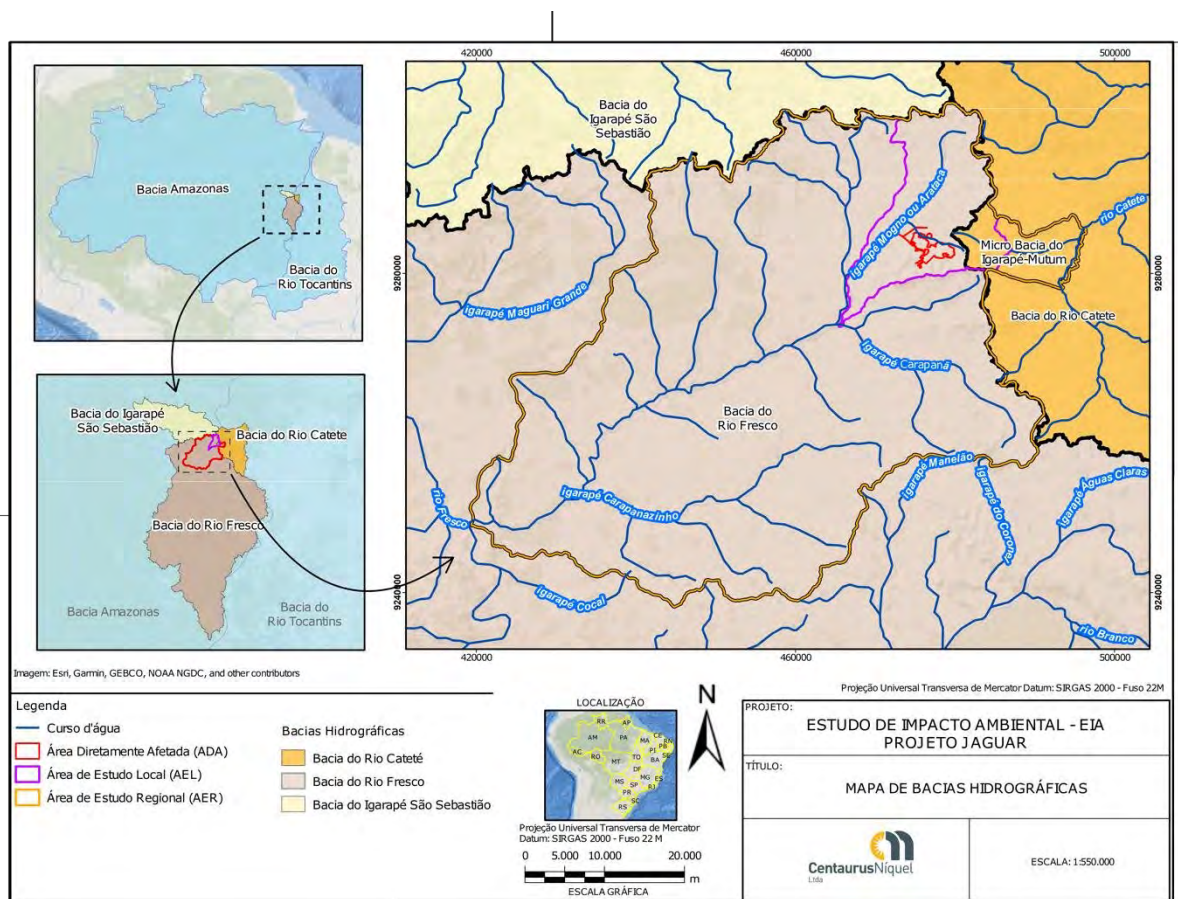
Parâmetro	Número de Medições	Número de não conformidades (%)	Ponto onde foi registrada a não conformidade
Alumínio Total	35	12 (34%)	SUB-04, SUB-05, SUB-08, SUB-09, SUB-10, SUB-11, SUB-15, SUB-16, SUB-17, SUB-19, SUB-20
Bário Total	35	2 (6%)	SUB-05, SUB-19
Chumbo Total	35	1 (3%)	SUB-01
Coliformes termotolerantes	35	14 (40%)	SUB-05, SUB-06, SUB-09, SUB-12, SUB-13, SUB-14, SUB-15, SUB-17, SUB-18, SUB-20,
Cromo Total	35	1 (3%)	SUB-19
Fenóis totais	35	7 (20%)	SUB-01, SUB-03, SUB-04, SUB-05, SUB-06, SUB-09, SUB-10
Ferro Total	35	26 (74%)	SUB-02, SUB-03, SUB-04, SUB-05, SUB-06, SUB-07, SUB-08, SUB-09, SUB-10, SUB-11, SUB-12, SUB-13, SUB-14, SUB-15, SUB-16, SUB-17, SUB-19, SUB-20
Fluoreto	35	5 (14%)	SIB 01, SUB-08, SUB-10, SUB-16, SUB-20
Manganês Total	35	15 (45%)	SUB-03, SUB-05, SUB-06, SUB-08, SUB-09, SUB-11, SUB-16, SUB-17, SUB-19, SUB-20
Mercúrio Total	35	1 (3%)	SUB-17
Níquel Total	35	13 (37%)	SUB-02, SUB-03, SUB-04, SUB-05, SUB-09, SUB-15, SUB-16, SUB-17, SUB-19, SUB-20
Sulfato	35	2 (6%)	SUB 4; SUB-08
Vanádio	35	1 (3%)	SUB-19

### 10.1.7.2 Hidrologia

#### 10.1.7.2.1 Introdução

A área do empreendimento está localizada na região da bacia hidrográfica do médio Xingu, na sub-bacia do rio Fresco, e microbacia do igarapé Carapanã e o seu igarapé Mogno ou Arataca. Além da microbacia do igarapé Carapanã, a área está em um divisor de águas, onde à Nordeste, abrange porção superior do igarapé Mutum, sendo esta a vertente da bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia. Portanto, seguindo a percepção de bacias hidrográficas em um contexto nacional, a área empreendimento está inserida próximo ao divisor de águas desses dois igarapés (Mogno e Mutum), que representam, respectivamente, a Região Hidrográfica Amazônica e Região Hidrográfica do Tocantins/Araguaia, sendo que a área do empreendimento drena suas águas apenas para a primeira região (Amazônica) (**Figura 10.1.101**).

O presente item de hidrologia para este estudo de impacto ambiental apresenta dados primários e secundários da área de estudo local e regional do empreendimento Projeto Jaguar, além da caracterização das áreas de estudo, áreas de intervenção e informações quantitativas e qualitativas dos corpos hídricos.



**Figura 10.1.101 - Mapa de Bacias Hidrográficas**

#### 10.1.7.2.2 Metodologia

Foram realizadas pesquisa bibliográfica sobre as bacias e sub-bacias hidrográficas onde as áreas de estudo do empreendimento estão inseridas para caracterização dos recursos hídricos. Também foram utilizados estudos ambientais anteriores como o realizado pela MDGEO (2011), pela BRANDT (2012) durante a concessão da Vale S.A. e pela BICHO DO MATO (2021), já na concessão da Centarus.

Os dados primários coletados nesses estudos foram obtidos em campanhas de campo, abrangendo períodos de seca e chuva, com levantamento de dados quantitativo e qualitativo de águas superficiais e subterrâneas.

Foram obtidos registros fotográficos e analisados o estado de conservação do recurso hídrico, constatação de sedimento no fundo e na margem do curso d'água, presença de erosão nas margens, comportamento do escoamento superficial, turbidez, interferência antrópica, integridade da vegetação de entorno.

Os dados fluviométricos foram obtidos através do Hidroweb (<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentação>), da Agência Nacional de Águas (ANA), os postos considerados para o estudo são apresentados na **Tabela 10.1.44**:

**Tabela 10.1.45- Características das estações fluviométricas analisadas.**

	Nome da estação	Distância do Local de Captação (km)	Rio	Área da bacia [km <sup>2</sup> ]	Período de disponibilidade e de dados
23130000	Próximo Colinas de Tocantins	356,5	Rio Capivara	386	1985 - 1998
27380000	Ponte Rio Piranhas	364,8	Rio Piranhas	1.660	1981 - 2014
29070100	Paraupebas	154,6	Rio Parauapebas	6.850	2011 - 2020

Além das estações de monitoramento da ANA, o estudo da MDGEO (2011) realizou medições de vazão na área do empreendimento, em dois períodos climatológicos (seca e chuva), entre julho e agosto de 2010 e fevereiro de 2011. Esses dados foram utilizados para caracterização dos recursos hídricos da área de estudo e o regime hidrológico da AEL. Além desses, a Centaurus também realizou o monitoramento de recursos hídricos localizados na área do empreendimento, considerando três igarapés sem toponímia e o igarapé Mogno ou Arataca, compreendendo os anos de 2010, 2011, 2019 e 2020 (**Tabela 10.1.45**). Os pontos de monitoramento de vazão são apresentados na **Figura 10.1.102**.



**Tabela 10.1.46-Pontos de monitoramento hídrico de cota (m) e vazão (m<sup>3</sup>/s) na Área de Estudo Local do Projeto Jaguar (FONTE: MDGEO, 2011; CENTAURUS, 2020).**

Ponto	Referência (anterior)	Local	Coordenadas Métricas (SIRGAS 2000 – 22S)		Coordenadas Geográficas (SIRGAS 2000)		Período	Estudo
			Longitude	Latitude	Latitude	Longitude		
SUP-14	DRN25	Afluente sem nome do igarapé Mogno ou Arataca pela margem esquerda – de origem oposta a Serra Arqueada, próximo a confluência com as drenagens dos pontos SUP11, SUP04 e SUP01	475124	9285867	-6.460525°	-51.225543°	2019, 2020	Bicho do Mato, 2021
SUP-15	SUP12	Afluente sem nome próximo à montante do igarapé Mogno ou Arataca	477314	9290052	-6.425028°	-51.206202°	2010, 2011, 2019 e 2020	MDGEO, 2011; Bicho do Mato, 2021
SUP-16	SUP08	Igarapé Mogno ou Arataca (jusante)	469795	9281894	-6.496677°	-51.273693°	2010, 2011, 2019 e 2020	MDGEO, 2011; Bicho do Mato, 2021
SUP-17	SUP21	Igarapé Mutum	485496	9283576	-51.273693°	-51.131873°	2010, 2011, 2019 e 2020	MDGEO, 2011; Bicho do Mato, 2021
SUP(Q)-18	JSQ-01	Igarapé Mogno ou Arataca	469118	9281014	-6.504535°	-51.279314°	2010, 2011	MDGEO, 2011
SUP(Q)-19	JCQ-02	Córrego Sem Denominação afluente do Igarapé Mogno ou Arataca	474350	9285950	-6.459907°	-51.231973°	2010, 2011	MDGEO, 2011
SUP(Q)-20	JCQ -03	Igarapé Mogno ou Arataca	473114	9286460	-6.455289°	-51.243148°	2010, 2011	MDGEO, 2011
SUP(Q)-21	JCQ -07	Córrego Sem Denominação Próximo a Área do Projeto	477962	9283942	-6.478086°	-51.199314°	2010, 2011	MDGEO, 2011

Ponto	Referência (anterior)	Local	Coordenadas Métricas (SIRGAS 2000 – 22S)		Coordenadas Geográficas (SIRGAS 2000)		Período	Estudo
			Longitude	Latitude	Latitude	Longitude		
SUP(Q)-22	JCQ -08	Córrego Sem Denominação Próximo a Área do Projeto	476579	9282968	-6.486892°	-51.211825°	2010, 2011	MDGEO, 2011
SUP(Q)-23	JCQ -09	Córrego Sem Denominação afluente do Igarapé Mogno ou Arataca	476573	9285922	-6.460169°	-51.211868°	2010, 2011	MDGEO, 2011
SUP(Q)-24	JCQ -10	Igarapé Mutum	485242	9283511	-6.482006°	-51.133474°	2010, 2011	MDGEO, 2011
SUP(Q)-25	JCQ -11	Córrego Sem Denominação afluente do Igarapé Mogno ou Arataca	477757	9283114	-6.485575°	-51.201171°	2010, 2011	MDGEO, 2011

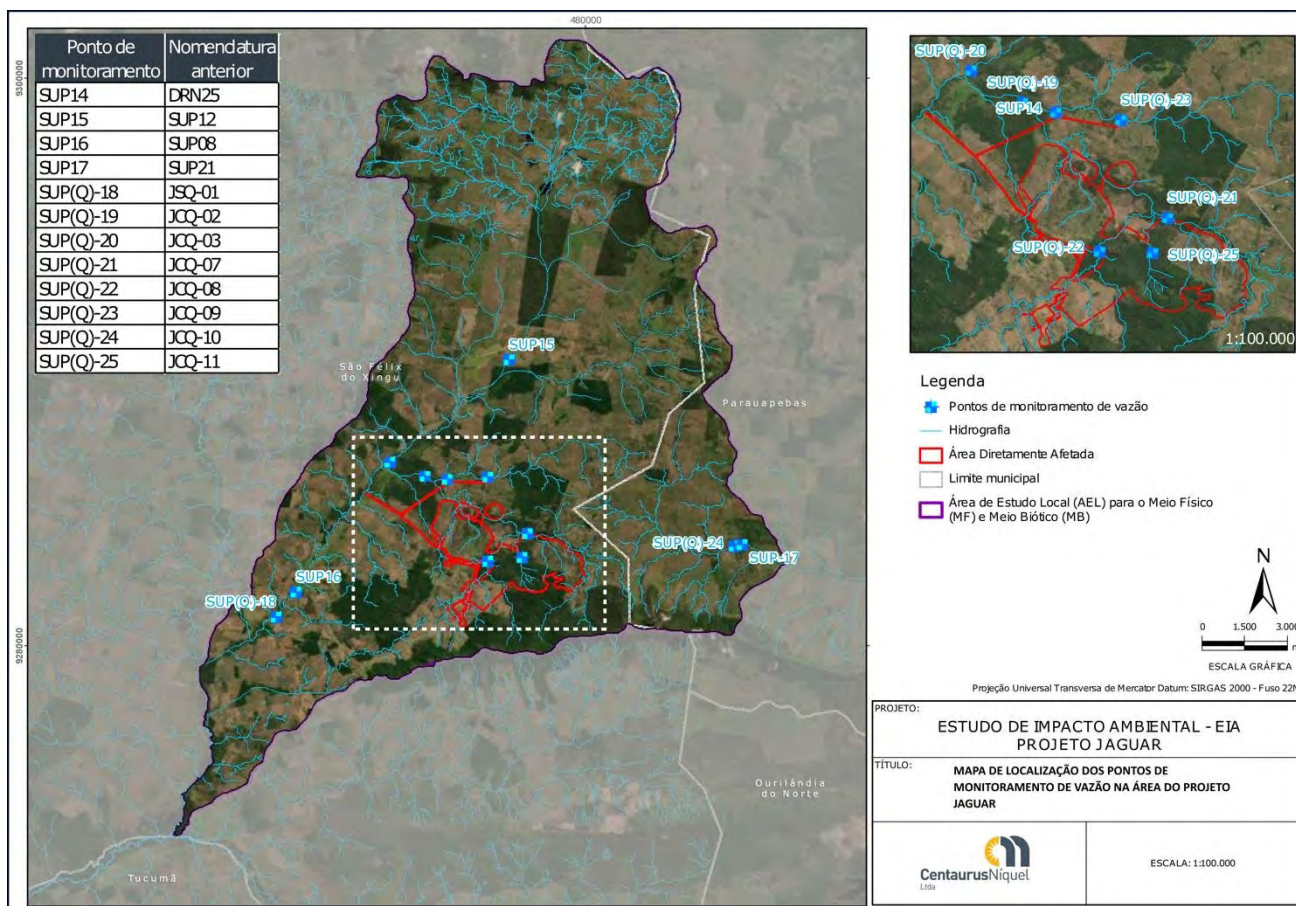


Figura 10.1.102 - Localização dos pontos de monitoramento de vazão realizados na área do empreendimento.

As principais características morfométricas da sub-bacia hidrográfica de interesse, Igarapé Mogno ou Arataca e Mutum, são apresentadas neste diagnóstico como suporte para o entendimento da realidade dos recursos hídricos da bacia onde está delimitada a Área de Estudo Local do Projeto Jaguar. Essas características e demais parâmetros que as compõem, foram obtidas a partir de consultas a estudos já realizados na área de interesse, da campanha de campo realizada em março de 2020 (Bicho do Mato, 2021) e de cálculos específicos conforme apresentado na listagem a seguir dessas características:

- **Área de drenagem (A):** é a área drenada estimada para o sistema pluvial considerando seus divisores topográficos, planejada em plano horizontal;
- **Perímetro (P):** comprimento delineado ao longo do divisor de águas;
- **Comprimento total das drenagens ( $\Sigma L$ ):** Somatório do comprimento de todas as drenagens de uma bacia hidrográfica;
- **Comprimento do curso d'água principal (L):** Comprimento do curso d'água principal;
- **Distância vetorial (Dv):** distância entre a nascente e a foz do curso d'água, em linha reta;

- **Cota Mínima (C<sub>min</sub>):** cota de menor elevação topográfica. Geralmente correspondente ao exutório final da bacia hidrográfica;
- **Cota Máxima (C<sub>máx</sub>):** cota de maior elevação topográfica de uma determinada bacia hidrográfica;
- **Índice de sinuosidade (I<sub>s</sub>):** considera-se a distância da desembocadura do rio e a nascente mais distante, em linha reta (D<sub>v</sub>) e a relação com o comprimento do curso d'água principal (L). Estabelece-se como comparação entre sistemas, valores de i) muito reto (<20%); ii) reto (20%-29,9%); iii) divagante (30-39,9%); iv) sinuoso (40-49,9%); v) muito sinuoso (≥50%). Os valores são expressos em %:

$$I_s = \frac{L - D_v}{L}$$

- **Coefficiente de compacidade (K<sub>c</sub>):** é utilizado para estimar a tendência a picos de enchente. Com isso, estabelece-se uma relação adimensional, considerando o perímetro da bacia (P) e o perímetro de um círculo de mesma área bacia (CARVALHO; SILVA, 2006). Se K<sub>c</sub> fosse 1, a bacia seria um círculo perfeito. No entanto, K<sub>c</sub> é sempre >1. Quanto mais próximo da unidade, mais circular é a bacia, menor o tempo de concentração e maior a tendência para picos de enchente. Dessa maneira, tem-se como intervalo de valores: i) 1,00-1,25: bacia com alta propensão a grandes enchentes; ii) 1,25-1,5: bacia com média tendência a grandes enchentes; iii) ≥1,5: bacia com menor propensão a enchentes:

$$K_c = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$$

- **Fator de forma (K<sub>f</sub>):** é a razão entre a largura média da bacia e o comprimento do curso d'água principal, medido desde a cabeceira mais distante até a seção de controle (CARVALHO; SILVA, 2006). Para equação simplificada, utiliza-se a relação entre a área da bacia e o valor de D<sub>v</sub>, (ANDRADE, 2012). Para menores valores de K<sub>f</sub>, mais comprida é a bacia e menos sujeita a picos de enchente, uma vez que o tempo de concentração é maior. Há menor probabilidade de uma chuva intensa abranger toda a bacia hidrográfica (CARVALHO; SILVA, 2006). É possível assumir como valores de referência: i) 1,00-0,75: sujeito a enchentes; ii) 0,75-0,50: tendência mediana; iii) <0,50: menor tendência a enchentes:

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

- **Densidade de drenagem (D<sub>d</sub>):** expressa o grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem, que varia de maneira inversa à extensão do escoamento superficial (CARVALHO; SILVA, 2006) (CARVALHO; SILVA, 2006). Considera a razão entre o comprimento total dos cursos d'água existentes em uma bacia e a sua área total. Dessa maneira, estabelece-se bacias com: i) drenagem pobre: <0,5 km/km<sup>2</sup>; ii) drenagem regular: valores de 0,5 a 1,5 km/km<sup>2</sup>; iii) drenagem boa: valores de 1,5 a 2,5 km/km<sup>2</sup>; iv) drenagem muito boa: valores de 2,5 a 3,5 km/km<sup>2</sup>; v) excepcionalmente bem drenadas: valores acima de 3,5 km/km<sup>2</sup>.

$$D_d = \frac{\sum L}{A}$$

- **Declividade média do rio principal (S):** Relação entre a variação de nível e o comprimento do rio na bacia. Quanto maior a declividade de um terreno, maior a velocidade de escoamento, menor o TC e maior a perspectiva de pico de enchentes.

$$S = \frac{C_{máx} - C_{min}}{L}$$

- **Tempo de Concentração (t<sub>c</sub>):** é a estimativa de tempo necessário para que a precipitação em toda a bacia contribua com a vazão no seu ponto mais distante, em uma determinada seção controle. Esta

estimativa é fundamental para estudos de enchente. Para isso, avalia-se a relação do comprimento do curso d'água principal (L) e a altura da bacia (H), sendo esta a diferença entre a cota de montante e de jusante.

$$t_c = 0,95 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

#### ▪ **Balanço Hídrico**

A fim de compreender o balanço hídrico da região do empreendimento, foram utilizados dados das normais climatológicas com base na temperatura do ar, e precipitação acumulada. Os dados foram verificados e obtidos através INMET (2022).

#### ▪ **Mapeamento das nascentes**

Para o mapeamento de nascentes na área de estudo local, foram utilizados o inventariamento realizado pela Centaurus entre os meses de agosto, setembro e outubro de 2022 e janeiro de 2023. Além disso, para as áreas de estudo regional e local, foi realizado um levantamento quantitativo das nascentes, considerando a base hidrográfica pública, georreferenciada, disponibilizada pelo Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos (SEIRH-PA), na escala de 1:25.000, datadas de 15 de abril de 2019 (<https://www.seirh.semas.pa.gov.br>), em 01 de novembro de 2022. A demarcação das nascentes e olhos d'água foi realizada em ambiente SIG, a partir da geração automática de pontos no início dos trechos de primeira e segunda ordem dos cursos d'água mapeados e posteriormente refinados manualmente, adicionando ou excluindo pontos que porventura precisassem ser corrigidos.

#### ▪ **Pontos de assoreamento**

Para identificação dos pontos de assoreamento foram utilizados dados disponíveis no presente diagnóstico ambiental relativo à vulnerabilidade do solo à erosão. Cruzando a hidrografia com o mapeamento da vulnerabilidade do solo à erosão foi possível identificar os pontos mais susceptíveis ao assoreamento. Além disso, durante a visita realizada no campo foi possível perceber padrões na paisagem que estavam associadas à ocorrência de assoreamento nas drenagens. Esses padrões foram identificados em etapa anterior de escritório com o uso de imagens de satélite, permitindo a identificação pontual de locais críticos para o potencial de assoreamento.

### **10.1.7.2.3 Diagnóstico da Área de Estudo Regional (AER)**

A bacia hidrográfica é adotada como unidade de estudo e importante mecanismo de gestão, sendo assim definida pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997). Segundo a Resolução CNRH nº 032/2003, que estabeleceu a divisão hidrográfica nacional, a localização da Área de Estudo do Projeto Jaguar está na Região Hidrográfica Amazônica, onde está inserida a porção brasileira da bacia hidrográfica do rio Amazonas.

A área do empreendimento está localizada, especificamente, na porção do médio Xingu, na sub-bacia do rio Fresco, e microbacia do igarapé Carapanã e o seu igarapé Mogno ou Arataca. Além da microbacia do igarapé Carapanã, a Área de Estudo Regional (AER) do empreendimento, se estende à Sudoeste na confluência no rio Fresco e à Nordeste abrange porção superior do igarapé Mutum, sendo essa a vertente da bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia. Já a Área de Estudo Local (AEL) contempla parte da sub-bacia hidrográfica do Igarapé Mogno e a bacia do Igarapé Mutum. A partir do levantamento quantitativo das nascentes em base hidrográfica pública, georreferenciada, disponibilizada pelo Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos (SEIRH-PA) foi possível identificar 5.641 para a área de estudo regional e 772 para a área de estudo local.

Portanto, seguindo a percepção de bacias hidrográficas em um contexto nacional, a área empreendimento está inserida próximo ao divisor de águas desses dois igarapés (Mogno e Mutum), que representam, respectivamente, a Região Hidrográfica Amazônica e Região Hidrográfica do Tocantins/Araguaia, sendo que a área do empreendimento drena suas águas apenas para a primeira região (Amazônica). O estado do Pará, por sua vez, é subdividido em 7 Sub-regiões Hidrográficas de Planejamento, definidas a partir das bacias hidrográficas de maior área e delimitadas com base nos critérios de geomorfologia, geologia, hidrografia, tipos de solo e fatores climáticos (SEMA, 2012). Considerando o Estado, a Área de Estudo Regional está localizada na Região Hidrográfica do Xingu, que possui 335.316,04 km<sup>2</sup> de área, a maior do Pará, e na Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia, que abrange uma área de 128.580,09 km<sup>2</sup> no Estado (SEMAS, 2012).

O rio Xingu é um afluente da margem direita do rio Amazonas. Seus tributários principais, os rios Fresco, Iriri, Curuá e Bacajá são quase paralelos ao rio Xingu (CPRM, 2021). Entre esses afluentes, o rio Fresco está localizado na área de estudo regional do empreendimento e se insere na porção média do rio Xingu, no município de São Félix do Xingu.

O rio Fresco nasce no sul do estado do Pará, na região da serra do Inajá e ocupa uma área de aproximadamente 44.000km<sup>2</sup>. Entre os principais tributários, citam-se os rios Branco, Vermelho, Trairão, Preto, Carapanã, Ponte e Santo Antônio (BEZERRA *et al.*, 2015). Na paisagem da região destacam-se áreas desmatadas, que se inicia pela abertura de estradas e ocupações irregulares, com a área sendo, posteriormente, transformada em pasto ou utilizada na agricultura/agropecuária. Também merece destaque a produção mineral, principalmente níquel, em Ourilândia do Norte, além de ferro e cobre, em São Félix do Xingu (SANTOS *et al.*, 2013). BEZERRA *et al.*, 2015, em estudo de uso e ocupação do solo, indicaram a predominância de pastagens na área, além de um aumento nas atividades de mineração e áreas urbanas na Sub-região Hidrográfica do rio Fresco.

O igarapé Carapanã, onde está a delimitação da Área de Estudo Regional, possui uma área de drenagem de 2.751,10 km<sup>2</sup>, comprimento total do curso principal de 147,46 km e sua cota mínima a 196 m e máxima de 739 m. As características fisiográficas da bacia indicam para coeficiente de compacidade (KC) e forma (Kf) com menores tendências a picos de enchentes e um tempo de contenção de 26,89 horas (**Tabela 10.1.46**).

**Tabela 10.1.47-Características morfométricas da bacia hidrográfica do igarapé Carapanã.**

Características	Valores
Área de drenagem (A)	2.751,10 km <sup>2</sup>
Perímetro (P)	396,18 km
Comprimento total das drenagens ( $\Sigma L$ )	5.967,39 km
Comprimento do curso d'água principal (L)	147,46 km
Distância vetorial (Dv)	69,48 km
Cota mínima (Cmin)	196 m
Cota máxima (Cmáx)	739 m
Índice de sinuosidade (Is)	52,9% (muito sinuoso)
Coefficiente de compacidade (Kc)	2,11 (bacia com menor propensão a grandes enchentes)
Fator de forma (Kf)	0,13 (menor tendência a enchentes)
Densidade de drenagem (Dd)	2,7 (bacia com boa drenagem)
Declividade média do rio principal (S)	3,38%
Tempo de concentração (tc)	26,89 horas

### 10.1.7.2.3.1 Caracterização fluviométrica

#### Regionalização de Vazões

O estudo de regionalização das curvas de permanência foi elaborado considerando as vazões médias mensais (**Tabelas 10.1.47, 10.1.48 e 10.1.49**) das estações apresentadas na **Tabela 10.1.44**. De acordo com Tucci (2017), é recomendado que as estações utilizadas tenham pelo menos 5 anos de dados lidos. Os meses apresentados nas **Tabelas 10.1.47, 10.1.48 e 10.1.49** com células preenchidas de vermelho foram desconsiderados na obtenção da curva de permanência devido a falhas nestes períodos.

**Tabela 10.1.48-Estação Próximo Colinas de Tocantins – Vazões médias mensais (m<sup>3</sup>/s).**

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1984	-	11,45	18,73	27,94	14,56	2,86	1,24	0,84	0,87	1,41	1,46	1,51
1985	20,70	29,92	25,62	31,89	20,95	4,97	2,30	1,24	1,37	4,96	5,96	29,57
1986	30,19	24,69	32,27	19,19	11,42	3,26	1,67	1,15	0,94	5,35	6,84	8,30
1987	9,40	7,75	31,91	17,32	9,34	2,75	1,32	0,86	1,00	1,41	4,36	7,77
1988	13,12	18,78	24,45	17,27	6,88	2,40	1,17	0,76	0,78	2,44	4,10	10,71

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1989	14,11	10,11	25,05	31,86	16,24	4,44	2,16	1,24	1,16	3,22	15,14	30,85
1990	29,69	13,33	21,06	13,82	4,91	2,10	1,51	0,86	1,28	1,03	0,73	5,96
1991	23,82	36,68	27,32	-	-	-	-	-	-	2,01	4,98	5,77
1992	-	19,79	8,06	17,09	5,27	1,78	1,03	-	-	-	-	6,17
1993	7,71	29,50	14,94	11,04	6,03	1,91	1,03	0,85	0,88	1,18	5,73	17,85
1994	27,70	26,77	34,08	18,20	6,80	4,11	1,54	0,86	0,75	1,00	2,30	12,27
1995	15,80	20,31	13,81	20,98	11,66	3,80	1,42	0,80	0,73	1,06	2,39	6,50
1996	16,41	11,77	18,76	25,35	14,45	3,11	1,34	0,86	0,62	1,29	3,64	3,02
1997	19,07	20,01	36,68	27,15	11,02	3,16	1,51	1,01	1,10	1,63	1,43	6,68
1998	15,97	16,82	19,11	8,08	4,70	1,39	0,83	0,57	0,48	0,73	5,87	8,10
1999	21,25	17,40	25,84	10,65	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 10.1.49-Estação Ponte Rio Piranhas – Vazões médias mensais (m³/s).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1980	-	-	-	-	-	-	-	1,78	1,99	2,06	15,83	43,94
1981	58,94	51,74	53,10	47,10	24,45	5,58	1,78	1,74	1,10	2,55	22,48	32,72
1982	56,26	65,76	65,67	59,72	24,80	6,94	2,81	1,59	4,27	7,07	6,40	19,01
1983	36,87	55,54	44,88	37,56	8,15	3,11	1,42	0,82	2,02	7,61	40,41	55,29
1984	44,58	49,64	51,49	54,29	32,00	9,13	3,32	1,71	1,81	4,73	5,47	14,82
1985	35,82	59,65	58,88	59,90	48,02	14,50	5,88	2,59	2,01	8,18	8,25	47,22
1986	61,27	60,24	59,92	54,62	40,52	18,40	3,59	2,86	1,96	14,96	13,24	21,91
1987	46,27	39,65	52,91	45,46	27,76	6,83	2,82	1,82	1,66	6,43	21,44	-
1988	47,27	50,01	58,70	55,07	30,63	9,36	3,49	1,95	1,55	4,87	12,69	34,42
1989	46,45	48,63	52,74	55,63	49,23	15,74	-	2,54	3,01	4,94	15,84	37,23
1990	59,93	44,19	51,92	51,68	26,01	11,75	6,21	3,55	0,79	4,99	19,10	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,85	30,06
1994	46,67	57,29	57,17	55,08	23,09	11,85	5,13	2,23	1,51	2,21	10,15	39,25
1995	50,49	57,46	51,32	53,50	46,02	18,76	5,38	2,16	1,37	2,91	15,49	42,79
1996	48,68	49,84	43,41	53,58	32,53	8,84	3,08	1,61	1,09	5,52	21,75	22,20
1997	42,36	52,30	63,22	56,72	34,18	9,67	3,82	1,85	2,60	2,89	6,78	28,06



Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1998	48,39	41,01	47,00	27,38	17,40	3,27	1,45	0,73	0,45	1,91	13,15	33,28
1999	50,19	45,32	56,73	34,76	27,00	7,51	2,71	1,28	1,20	2,21	14,11	25,18
2000	56,29	55,95	56,91	50,94	30,49	7,94	3,33	2,00	3,13	4,04	12,42	46,08
2001	36,86	40,29	52,24	45,28	21,43	11,73	3,52	1,86	1,61	6,53	19,03	54,96
2002	74,02	56,37	49,97	47,61	26,04	9,32	3,83	2,09	3,09	4,56	7,36	21,76
2003	36,17	54,38	56,53	49,43	24,92	10,91	3,53	2,14	2,46	5,90	34,12	43,88
2004	52,65	71,67	55,97	41,85	22,32	9,18	3,74	2,11	1,60	3,75	16,49	31,20
2005	50,52	62,13	63,45	51,70	39,45	12,29	4,81	2,44	1,71	2,47	3,78	25,92
2006	41,84	43,56	52,99	61,34	49,95	18,24	5,43	2,11	1,47	5,40	18,56	31,48
2007	32,80	58,39	52,06	37,80	24,65	7,47	1,89	1,44	1,01	1,32	1,56	11,69
2008	22,48	51,30	55,89	56,31	41,25	11,32	3,62	1,63	0,81	0,96	7,22	25,95
2009	36,53	45,20	55,59	54,47	55,07	30,09	7,77	2,75	2,03	8,62	32,72	47,16
2010	49,67	48,62	57,27	50,86	17,70	5,84	2,20	1,06	0,55	1,10	5,49	21,69
2011	35,72	41,52	58,01	56,15	36,76	10,28	3,46	1,36	0,62	1,56	8,78	28,35
2012	57,41	55,56	51,75	42,34	26,37	11,56	3,40	1,23	0,66	1,23	13,32	35,26
2013	51,86	58,12	53,70	53,13	36,55	15,34	4,08	1,37	0,81	1,38	12,35	29,85
2014	55,07	59,77	58,89	56,15	40,56	13,64	3,92	1,27	0,95	1,98	6,94	25,67

Tabela 10.150-Estação Paraupébas – Vazões médias mensais (m³/s).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2010	-	-	435,09	516,94	108,20	47,62	22,09	12,43	10,35	16,85	18,19	82,64
2011	129,92	319,04	336,43	237,40	318,62	61,74	30,97	17,90	11,62	73,27	97,12	88,51
2012	225,18	407,36	374,31	169,35	67,65	34,46	21,37	12,11	9,07	11,94	21,13	93,37
2013	96,00	164,54	170,36	213,78	197,30	49,83	24,14	14,14	13,20	10,36	42,61	71,63
2014	88,34	183,75	285,60	152,86	-	-	-	8,13	8,85	11,11	41,10	83,41
2015	81,39	91,67	177,29	143,68	115,80	20,67	12,71	6,15	4,51	3,79	5,70	5,02
2016	23,27	31,03	71,73	94,32	31,44	10,88	5,35	3,54	3,99	5,70	6,27	12,52
2017	30,68	129,39	285,32	119,77	34,38	13,90	6,07	3,43	1,85	2,10	13,17	20,00
2018	42,79	385,02	295,22	278,69	56,33	18,74	8,79	6,53	6,03	8,42	26,46	80,27
2019	95,48	128,36	266,50	244,90	69,29	29,50	16,46	8,35	5,72	11,82	26,73	41,32
2020	92,22	210,09	389,41	329,99	195,02	75,16	20,54	11,01	7,49	6,78	30,01	20,76
2021	29,69	148,84	348,16	169,53	103,27	-	-	-	-	-	-	-

A curva de permanência retrata a parcela do tempo em que uma determinada vazão foi igualada ou superada durante o período analisado. Ela permite a análise do padrão de variação de vazões verificado e é frequentemente empregada no planejamento e projeto de sistemas de recursos hídricos, assim como instrumento de outorga de direito de uso da água em alguns estados brasileiros, como é o caso do Pará.

A partir das séries de vazões médias mensais das estações fluviométricas selecionadas, foram construídas as curvas de permanência apresentadas nas **Figuras 1.1.103, 1.1.104 e 1.1.105**, cujas vazões podem ser visualizadas nas **Tabelas 10.1.50, 10.1.51 e 10.1.52**.

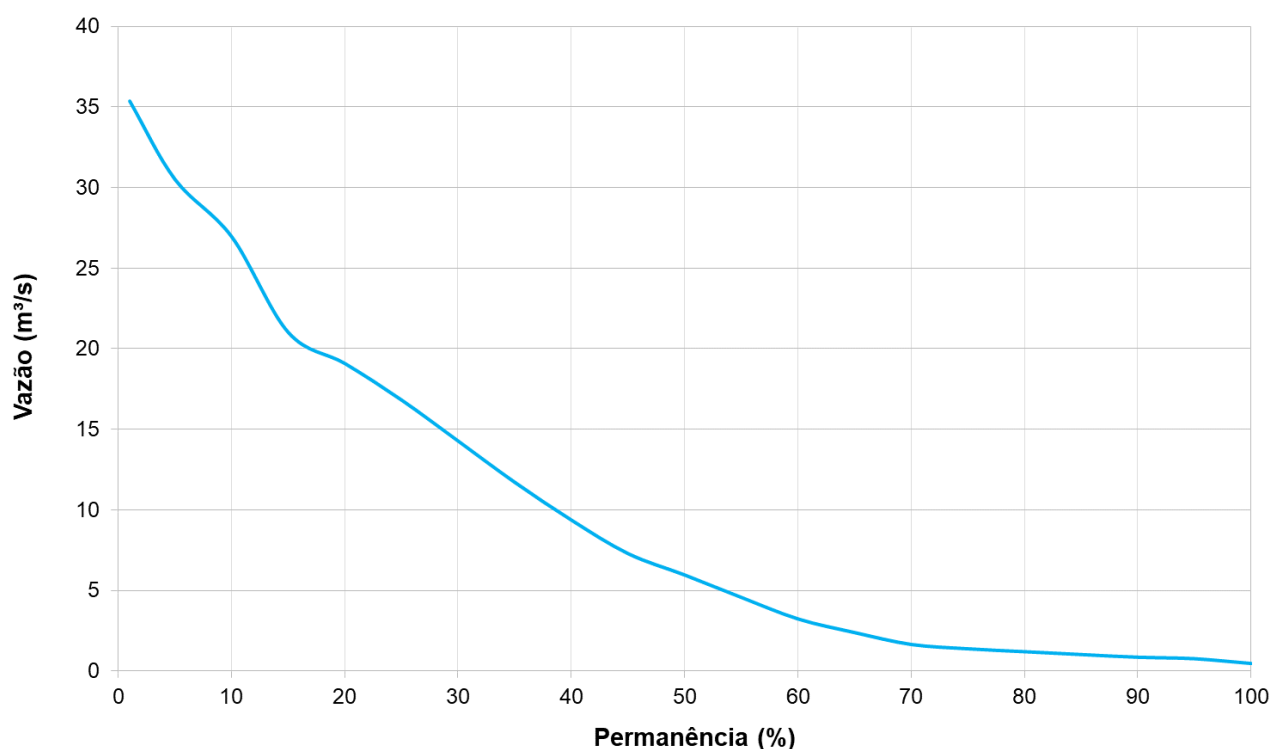
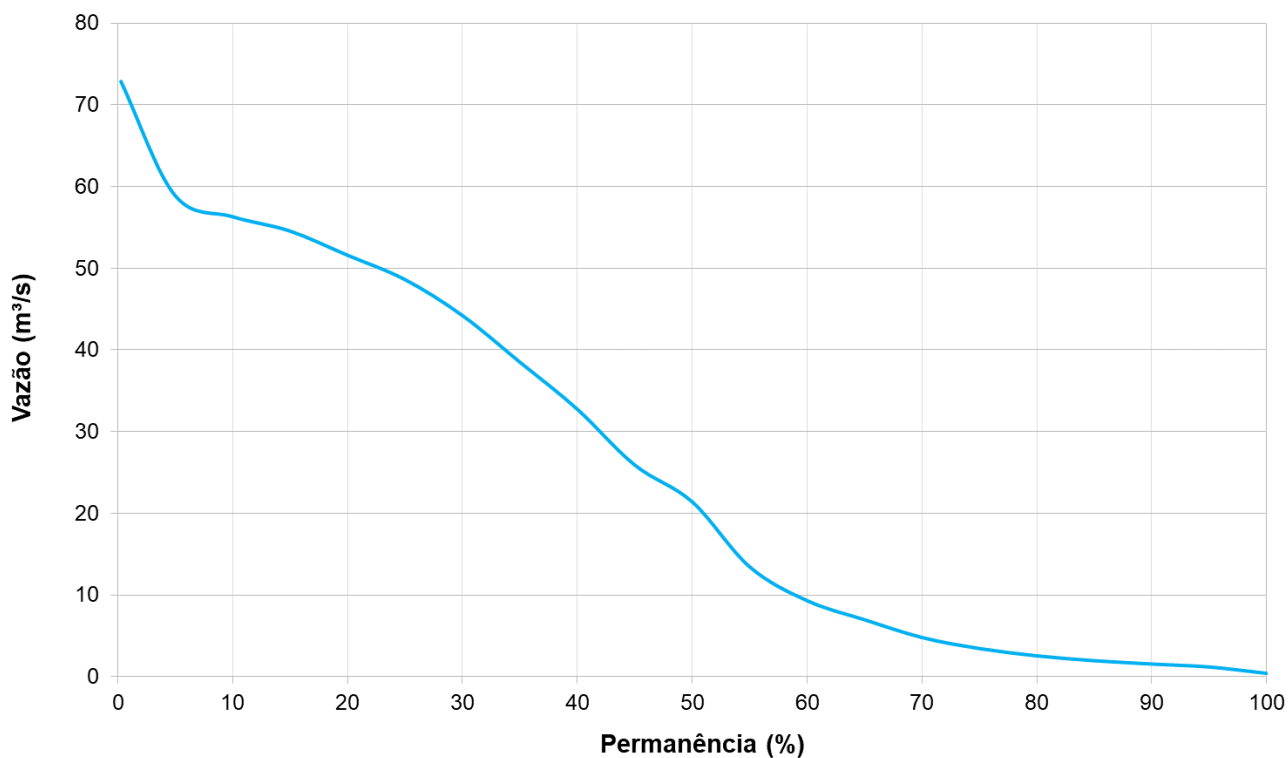


Figura 10.1.103 - Curva de Permanência da estação Colina de Tocantins (23130000).

**Tabela 10.1.51-Vazões de permanência na estação Colina de Tocantins (23130000).**

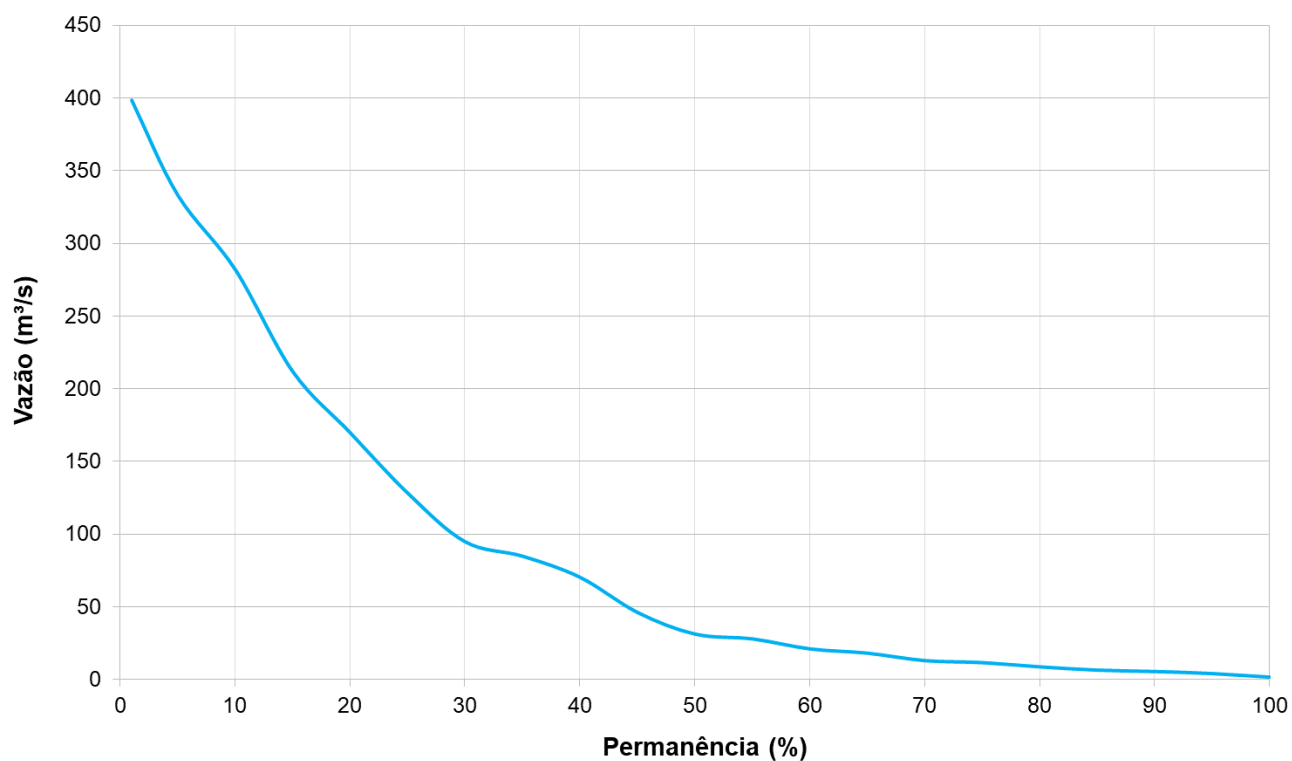
Permanência (%)	Vazão (m³/s)	Permanência (%)	Vazão (m³/s)
1,0	35,4	55,0	4,6
5,0	30,5	60,0	3,2
10,0	27,0	65,0	2,4
15,0	21,0	70,0	1,7
20,0	19,1	75,0	1,4
25,0	16,8	80,0	1,2
30,0	14,3	85,0	1,0
35,0	11,7	90,0	0,9
40,0	9,4	95,0	0,8
45,0	7,3	100,0	0,5
50,0	6,0		



**Figura 10.1.104 - Curva de Permanência da estação Ponte Rio Piranhas (27380000).**

**Tabela 10.1.52-Vazões de permanência na estação Ponte Rio Piranhas (27380000).**

Permanência (%)	Vazão (m³/s)	Permanência (%)	Vazão (m³/s)
0,3	72,8	55,0	13,5
5,0	58,9	60,0	9,3
10,0	56,3	65,0	7,0
15,0	54,5	70,0	4,8
20,0	51,6	75,0	3,5
25,0	48,6	80,0	2,6
30,0	44,2	85,0	2,0
35,0	38,5	90,0	1,6
40,0	32,8	95,0	1,2
45,0	25,9	100,0	0,4
50,0	21,4		

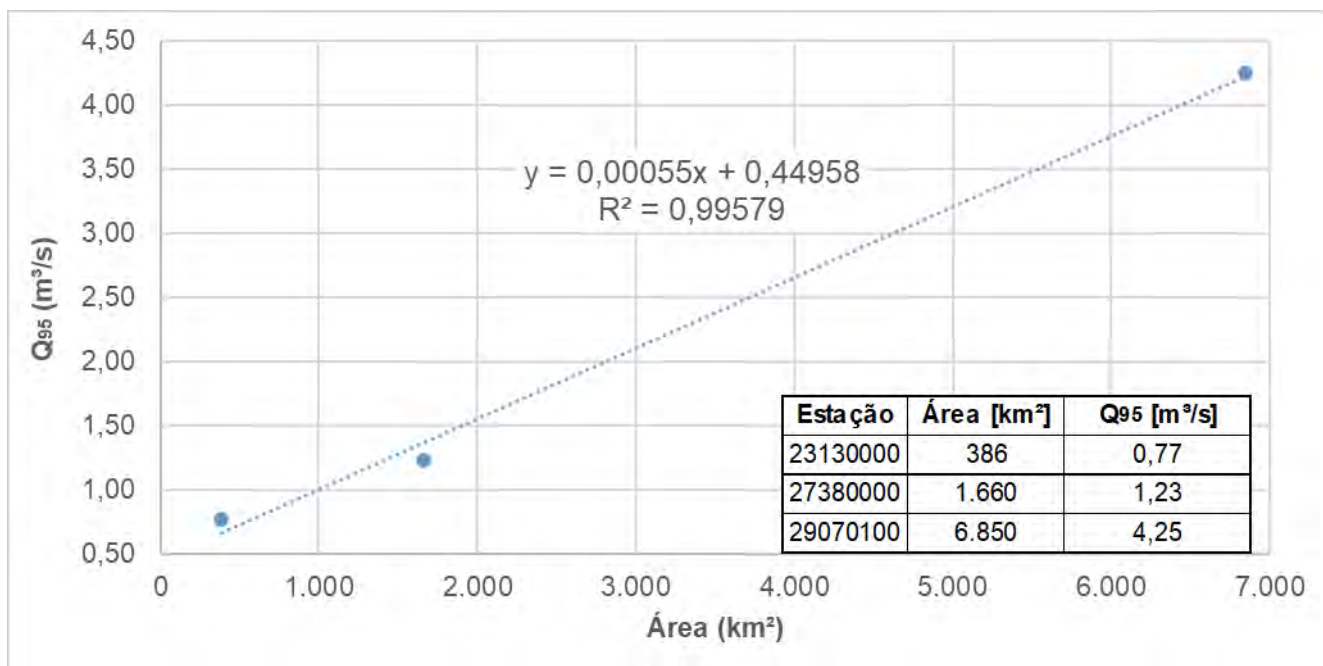


**Figura 10.1.105 - Curva de Permanência da estação Parauebas (29070100).**

**Tabela 10.1.53-Vazões de permanência na estação Paraupebas (29070100).**

Permanência (%)	Vazão (m³/s)	Permanência (%)	Vazão (m³/s)
1,0	398,4	55,0	28,1
5,0	333,2	60,0	21,3
10,0	282,0	65,0	18,3
15,0	211,9	70,0	13,2
20,0	169,9	75,0	11,8
25,0	128,4	80,0	8,9
30,0	94,9	85,0	6,7
35,0	84,9	90,0	5,7
40,0	70,5	95,0	4,3
45,0	46,3	100,0	1,9
50,0	31,4		

A vazão de permanência para o ponto de captação no Igarapé Mogno ou Arataca, foi determinada a partir da regionalização dos dados das estações Colina de Tocantins (23130000), Ponte rio Piranhas (27380000) e Paraupebas (29070100). Esta regionalização foi feita através de uma regressão linear (**Figura 10.1.106**) entre as áreas de drenagem das estações e as vazões Q<sub>95</sub>.



**Figura 10.1.106 - Regressão linear entre as estações Fluviométricas analisadas (sendo x a variável independente, neste caso, a área de drenagem da bacia em interesse).**

Portanto, para a área de 190 km<sup>2</sup> do ponto em que se deseja fazer a captação no Igarapé Mogno, foi obtido uma vazão de referência Q<sub>95</sub> de 0,55 m³/s (aproximadamente 1.995 m³/h).

### 10.1.7.2.3.2 Balanço hídrico

A disponibilidade de precipitação em uma bacia hidrográfica durante o ano é fator determinante para a quantificação da necessidade de abastecimento de água, irrigação, entre outros (BERTONI & TUCCI *et al.*, 2001). O balanço hídrico climatológico é importante para a estimativa do armazenamento médio de água do solo ao longo do tempo e seu conhecimento permite identificar as potencialidades e fragilidades do ambiente.

Para avaliação do balanço hídrico na região, foram utilizados os parâmetros hidrológicos da Estação Climatológica de São Félix do Xingu, distante 73,38 km da ADA do empreendimento. Os resultados médios estão indicados na **Tabela 10.1.53**.

**Tabela 10.1.54-Balanço Hídrico Climatológico na Área de Estudo, estação climatológica de São Félix do Xingu.**

Meses	T (oC)	P (mm)	ETP (mm)	ARM (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	25,1	280,8	120,3	100,0	120,3	0,0	160,5
Fev	25,0	295,1	106,4	100,0	106,4	0,0	188,7
Mar	25,2	322,6	119,5	100,0	119,5	0,0	203,1
Abr	25,4	242,9	117,0	100,0	117,0	0,0	125,9
Mai	25,6	109,6	122,4	88,0	121,6	0,8	0,0
Jun	25,3	38,1	112,7	41,7	84,3	28,3	0,0
Jul	25,3	10,6	116,3	14,5	37,8	78,4	0,0
Ago	25,9	48,9	126,8	6,7	56,8	70,1	0,0
Set	26,1	135,3	127,7	14,2	127,7	0,0	0,0
Out	25,8	172,2	128,8	57,6	128,8	0,0	0,0
Nov	25,7	169,3	124,8	100,0	124,8	0,0	2,1
Dez	25,1	215,8	120,1	100,0	120,1	0,0	95,7
<b>Totais</b>	<b>305,5</b>	<b>2041,2</b>	<b>1442,8</b>	<b>822,7</b>	<b>1265,1</b>	<b>177,7</b>	<b>776,1</b>
<b>Médias</b>	<b>25,5</b>	<b>170,1</b>	<b>120,2</b>	<b>68,6</b>	<b>105,4</b>	<b>14,8</b>	<b>64,7</b>

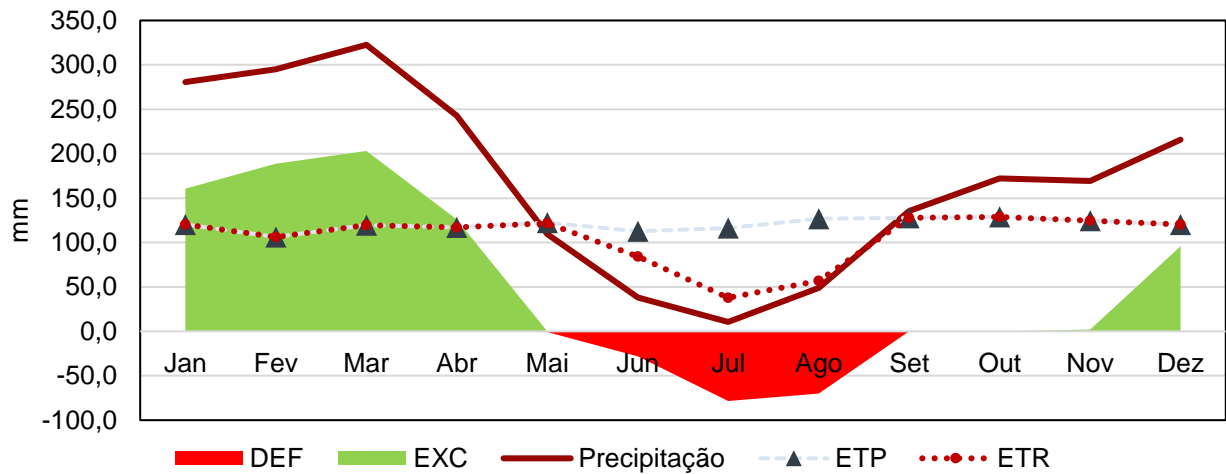
Legenda: T - Temperatura média, P - Precipitação média, ETP - Evapotranspiração potencial, ARM - Armazenamento de água no solo, ETR - Evapotranspiração real, DEF - Deficiência hídrica, EXC - Excedente hídrico.

Fonte: Dados do INMET (2010) e método de Rolim *et. al.* (1998) (Golder, 2023).

Conceituando os parâmetros apresentados na tabela, tem-se que o excedente hídrico (EXC) é o montante de água que está acima da capacidade dos solos, formado pela recarga do aquífero mais o escoamento superficial dos solos, direto ou subsuperficial (BERTOL *et al.*, 2006). Por outro lado, a deficiência hídrica (DEF) ocorre quando a quantidade de água no solo é menor do que o necessário para a vegetação.

Seguindo na linha conceitual, a evapotranspiração potencial (ETP) expressa a água utilizada por uma extensa superfície vegetada, cobrindo um terreno bem suprido de umidade. A evapotranspiração real (ETR), por sua vez, é aquela que ocorre em qualquer circunstância, independente da área, do porte vegetativo e das condições de umidade do solo (TOMASELLA & ROSSATO, 2003). A ETR é, normalmente, menor ou igual a ETP.

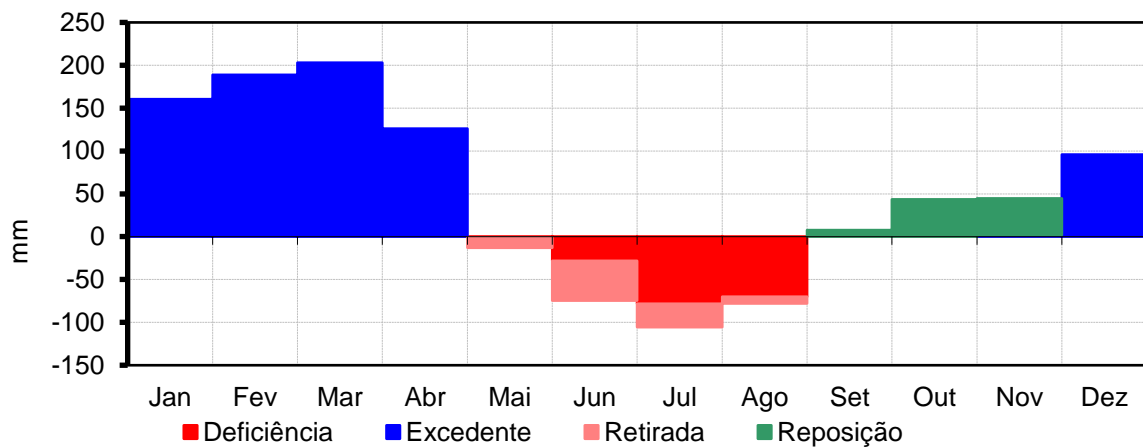
Pelos resultados apresentados na **Tabela 10.1.53**, no período de janeiro a abril, a área do empreendimento apresenta a precipitação (P) maior que a evapotranspiração potencial (ETP), indicando excesso de água no solo (EXC), quando ocorre o escoamento superficial. Em contrapartida, junho a agosto representam maior deficiência hídrica, ocorrendo  $P < ETP$ , quando podem acarretar secas em rios intermitentes. Após esse período, P volta a ser maior que ETP, repondo água no solo e, novamente, escoando pela superfície e recarregando aquíferos (**Figura 10.1.107**). A **Figura 10.1.108** apresenta a deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica registrada na estação São Félix do Xingu.



**Figura 10.1.107 - Extrato do balanço hídrico mensal registrado na estação São Félix do Xingu**

Legenda: ETP - Evapotranspiração potencial, ETR - Evapotranspiração real, DEF - Deficiência hídrica, EXC - Excedente hídrico.

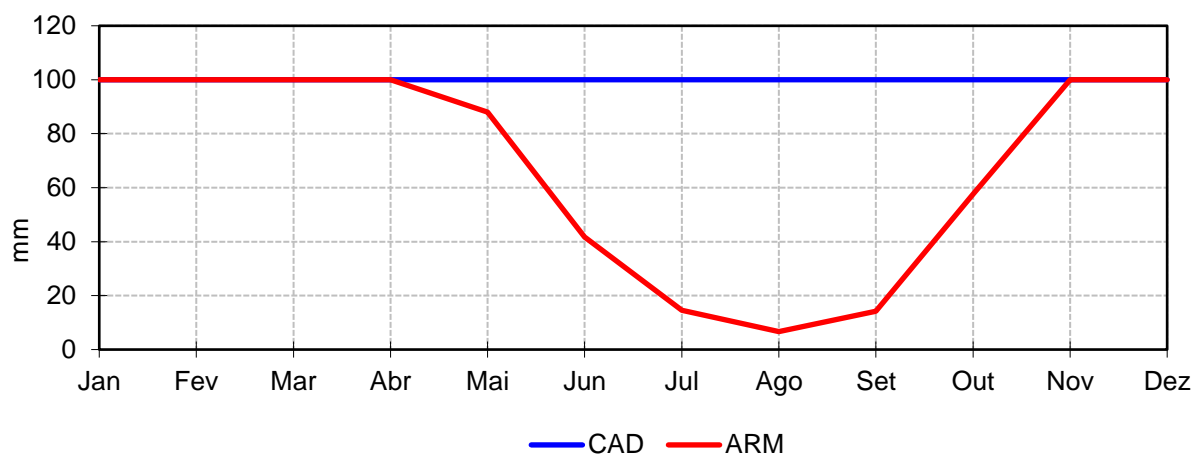
Fonte: dados do INMET (2010) e método de Rolim *et. al.* (1998) (Golder, 2023).



**Figura 10.1.108 - Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica registrado na estação São Félix do Xingu**

Fonte: Dados do INMET (2010) e método de Rolim *et. al.* (1998) (Golder, 2023).

O menor armazenamento (ARM) de água solo, conforme indicado na tabela e apresentado na **Figura 10.1.109**, ocorrer em agosto, com média de 6,7mm.



**Figura 10.1.109 - Capacidade de armazenamento (CAD) e armazenamento (ARM) mensal medidos pela estação São Félix do Xingu.**

Fonte: Dados do INMET (2010) e método de Rolim et. al. (1998) (Golder, 2023).

#### 10.1.7.2.4 Diagnóstico da Área de Estudo Local e da Área Diretamente Afetada

Os principais cursos d'água identificados na AEL do empreendimento estão apresentados no Mapa de Recursos Hídricos (**Figura 10.1.101**), realizado a partir da base de dados da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS). A seguir são apresentadas as informações obtidas para as drenagens existentes nesta região.

##### 10.1.7.2.4.1 Características da AEL

Maior parte da área de estudo local compreende o Igarapé Mogno ou Arataca, integrante do alto curso do igarapé Carapanã. O igarapé Mogno é caracterizado por uma drenagem dendrítica, sentido NE-SW, com nascentes a norte da área de estudo, e demais nascente de afluentes provenientes da serra Arqueada e drenagem apresenta inflexões de origem geológica. A drenagem do igarapé Mogno e seus afluentes possui pouca escavação do leito e vales com pequena inclinação, o que dá ao relevo um aspecto de planícies contínuas, com pouca presença de cabeceiras de drenagem. São drenagens que possuem regime intermitente devido à baixa precipitação durante a seca e baixa capacidade de armazenamento das rochas locais devido a aquíferos cristalinos (MDGEO, 2011).

O igarapé Mogno desagua na porção oeste do igarapé Carapanã, e este segue para o rio Fresco, pertencente a bacia do rio Xingu. Em sua porção leste, a sub-bacia do igarapé Mogno delimita com o encontro com a sub-bacia do igarapé Mutum. O igarapé Mutum, por sua vez, apresenta uma drenagem com padrão de , onde sua sub-bacia é localizada em altitudes mais elevadas do que as da sub-bacia do Mogno. O igarapé Mutum desagua no rio Cateté, afluente do rio Itacaiunas, integrando a bacia do rio Tocantins. Em relação aos afluentes de ambas as sub-bacias (Mogno e Mutum), observa-se majoritariamente pequenos comprimentos da linha de talvegue. A área do empreendimento é drenada por um afluente da margem esquerda do Igarapé Mogno (sem toponímia). Ressalta-se que toda a ADA do empreendimento drena em sua totalidade para a sub-bacia do igarapé Mogno ou Arataca.

Devido à conformação plana do relevo, os igarapés inundam áreas extensas, onde se observam áreas de remanso, com encharcamento do solo e águas fluindo com baixa velocidade. A presença destas áreas alagadas é usual, e, também, é associada, a pontos de afloramento do lençol freático, que se dá de forma difusa (helocrenos). A característica lântica da água também está associada a baixa declividade da bacia e à remoção da floresta ombrófila – complexo sistema biológico suportado pelo escoamento pluvial e pelo solo úmido (BRANDT, 2012).



Em vistoria realizada na área do empreendimento, identificou-se a oeste, próximo à área da cava projetada, um curso d'água que flui em uma vertente mais elevada (**Figura 10.1.110**), com a água límpida e floresta marginal preservada. Observa-se, no entanto, aumento de áreas de pastagem próximas a este ponto (**Figura 10.1.111**), o que potencialmente compromete a conservação da qualidade das águas da área de estudo local.



**Figura 10.1.110 - Curso d'água localizado no interior de mata preservada.**  
Coordenadas: 472411 m W, 9282543 m S.

Fonte: Bicho do Mato (2021).



**Figura 10.1.111 - Ambiente alagado evidenciado em área de pasto. Coordenadas: 472382 m W, 9282514 m S.**

Fonte: Bicho do Mato (2021).

Na área também é possível observar um pequeno igarapé, caracterizado por baixos valores de vazão, alta turbidez, com a presença de sólidos suspensos na água. Este pequeno corpo d'água também se encontra em uma área de pastagem, sem conservação da mata ciliar, onde ocorre atividade de criação extensiva de gado (**Figura 10.1.112**).



**Figura 10.1.112 - Foto panorâmica de um dos pequenos afluentes do igarapé Mogno, destacando a degradação da mata ciliar. Coordenadas: 472382 m W, 9282514 m S. Fonte: Bicho do Mato (2021).**

Próximo à área observa-se também um outro pequeno curso d'água, afluente do igarapé Mogno, localizado em uma área de pasto, com a presença de gramíneas não-nativas. A presença de uma mata ciliar estreita pode ser observada, o que contribui para a diminuição do aporte de sedimentos para o canal do igarapé formado (**Figura 10.1.113**). Observa-se ainda a presença de um tapete microbiano (que confere aspecto brilhante) no fio d'água do igarapé formado (**Figura 10.1.114** e **Figura 10.1.115**). No entorno, é possível observar área alagada na planície, que é utilizada para a dessedentação de animais (**Figura 10.1.116**).



**Figura 10.1.113 - Pequeno canal afluente do igarapé Mogno com a presença de mata ciliar**  
Coordenadas: UTM: 474272 mW, 9284338 m S.  
Fonte: Bicho do Mato (2021).



**Figura 10.1.114 - Pequeno canal afluente do igarapé Mogno com a presença de mata ciliar.**  
Coordenadas: UTM: 474253 m W, 9284342 m S.  
Fonte: Bicho do Mato (2021).



**Figura 10.1.115 - Área brejosa.** Coordenadas UTM: 474230 m W, 9284198 m S.  
Fonte: Bicho do Mato (2021).



**Figura 10.1.116 - Área alagada com mata ciliar.** Coordenadas UTM: 474230 m W, 9284198 m S.  
Fonte: Bicho do Mato (2021).

Na área vistoriada, é possível observar um terreno alagado (**Figura 10.1.117**) e um canal por onde a água é drenada. A presença desta área inundada ocorre devido à presença de uma região plana, que acumula água da chuva (abundante na região). Neste ponto, observa-se, mais uma vez ausência de mata ciliar, e a presença de mata rasteira ao redor do corpo d'água (**Figura 10.1.117**).



**Figura 10.1.117 - Foto panorâmica da área C4. Destaca-se a presença de uma cerca em volta da área alagada, instalada a fim de evitar a presença de gado. Coordenadas UTM: 475569 m W, 9284824 m S. Fonte: Bicho do Mato (2021).**

Na região noroeste da área de estudo, na área da futura pilha de estéril, observa-se um igarapé preservado, com mata ciliar arbórea e herbácea conservada e presença de folhiço na margem. É possível notar que o ambiente aquático possui ainda baixos valores de turbidez, com aspecto límpido (**Figura 10.1.118** e **Figura 10.1.119**).



**Figura 10.1.118 - Igarapé preservado com mata ciliar. Coordenadas UTM: 475398 m W, 9284438 m S.**

Fonte: Bicho do Mato (2021).



**Figura 10.1.119 - Igarapé preservado com mata ciliar. Coordenadas UTM: 475406 m W, 9284455 m S.**

Fonte: Bicho do Mato (2021).

Na ADA, existe uma pequena drenagem brejosa (**Figura 10.1.120** e **Figura 10.1.121**), que tem como principal uso a pecuária. Na porção sul da área do empreendimento, identificou-se, à distância, um curso hídrico, sem acesso, devido à presença de uma vegetação densa e fechada. No entorno deste canal, entretanto, é possível observar um ambiente degradado, com atividade pecuária e desmatamento da mata nativa (**Figura 10.1.122** e **Figura 10.1.123**).



**Figura 10.1.120 - Área alagada e vegetação adjacente em regeneração (R1). Coordenadas UTM: 479120 m W, 9284799 m S.**

Fonte: Bicho do Mato (2021).



**Figura 10.1.121 - Área alagada e vegetação ciliar no entorno em regeneração (R1). Coordenadas UTM: 479130 m W, 9284744 m S.**

Fonte: Bicho do Mato (2021).



**Figura 10.1.122 - Área alagada (R2) com intervenção antrópica e pisoteio de gado. Coordenadas UTM: S6°30'3.19"; W51°12'21.26".**

Fonte: Bicho do Mato (2021).



**Figura 10.1.123 - Área alagada (R2) próxima à canal de igarapé exibindo mata ciliar preservada. Coordenadas UTM: S6°30'2.89"; W51°12'20.49".**

Fonte: Bicho do Mato (2021).

#### 10.1.7.2.4.2 Fisiografia da bacia hidrográfica do igarapé Mogno ou Arataca

Especificamente, a bacia hidrográfica do igarapé Mogno ou Arataca tem características dentríticas e regulares, com área de drenagem de 534,73 km<sup>2</sup>, aproximadamente 40 km de comprimento do seu curso d'água principal (L) e variação de cota de 212 m a 739 a (**Tabela 10.1.54**). O coeficiente de compacidade (Kc) indicou para uma menor propensão a grandes enchentes (Kc=1,58), assim como o fator de forma (Kf=0,30). É uma microbacia com densidade de drenagem igual a 2,51.

**Tabela 10.1.55- Características morfométricas da bacia hidrográfica do igarapé Mogno ou Arataca.**

Características	Valores
Área de drenagem (A)	534,73 km <sup>2</sup>
Perímetro (P)	130,41km
Comprimento total das drenagens ( $\Sigma L$ )	1.3440,04 km
Comprimento do curso d'água principal (L)	42,04km
Distância vetorial (Dv)	28,66 km
Cota mínima (Cmin)	212 m
Cota máxima (Cmáx)	739 m
Índice de sinuosidade (Is)	31,8% (divagante)
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,58 (bacia com menor propensão a grandes enchentes)
Fator de forma (Kf)	0,30 (menor tendência a enchentes)
Densidade de drenagem (Dd)	2,51 (bacia com drenagem muito boa)
Declividade média do rio principal (S)	3,76%
Tempo de concentração (tc)	7,18 horas

Enquanto, a bacia hidrográfica do Igarapé Mutum tem características dentríticas e regulares, com área de drenagem de 100,91 km<sup>2</sup>, aproximadamente 17 km de comprimento do seu curso d'água principal (L) e variação de cota de 224 m a 296 a (**Tabela 10.1.55**). O coeficiente de compacidade (Kc) indicou para uma menor propensão a grandes enchentes (Kc=1,52), assim como o fator de forma (Kf=0,33). É uma microbacia com densidade de drenagem igual a 0,80.

**Tabela 10.1.56-Características morfométricas da bacia hidrográfica do Igarapé Mutum**

Características	Valores
Área de drenagem (A)	100,91 km <sup>2</sup>
Perímetro (P)	54,71km
Comprimento total das drenagens ( $\Sigma L$ )	80,80 km
Comprimento do curso d'água principal (L)	17,62 km
Distância vetorial (Dv)	16,06 km
Cota mínima (Cmin)	224 m
Cota máxima (Cmáx)	296 m
Índice de sinuosidade (Is)	8,68% (muito reto)
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,52 (bacia com menor propensão a grandes enchentes)
Fator de forma (Kf)	0,33 (menor tendência a enchentes)
Densidade de drenagem (Dd)	0,80 (bacia com drenagem regular)
Declividade média do rio principal (S)	4,09%
Tempo de concentração (tc)	5,03 horas

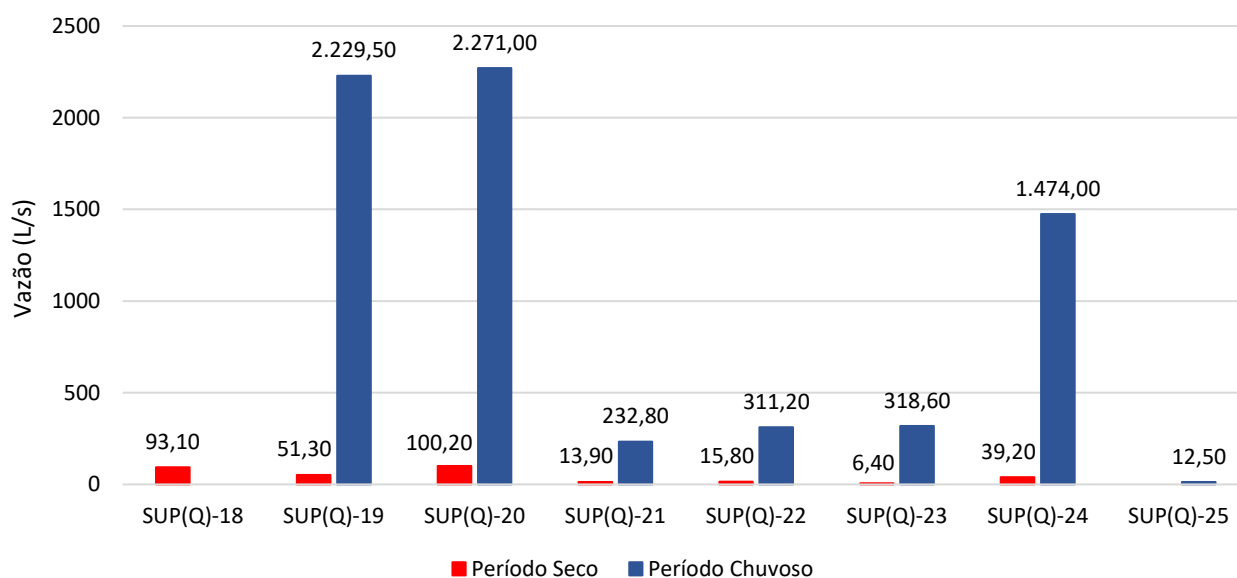
#### 10.1.7.2.4.3 Vazões da AEL

A **Tabela 10.1.56** e a **Figura 10.1.124** apresentam os resultados obtidos durante o monitoramento superficial quantitativo feito pela MDGEO (2010) nos pontos localizados na área de estudo local. Nota-se diferença significativas entre as vazões obtidas no período chuvoso e no período de seca em todos os pontos monitorados, com exceção dos pontos SUP(Q)-18e SUP(Q)-25 que não apresentaram dados coletados no período chuvoso e seco, respectivamente.

**Tabela 10.1.57-Resultados do monitoramento hídrico superficial quantitativo nos pontos na área de estudo local realizado pela MDGEO (2010).**

Ponto	Referência (anterior)	Micro-Bacia	Coord. Métricas (SIRGAS 2000 - 22S)		Coord. Geográficas (SIRGAS 2000)		Cota	Período Seco (L/s)	Período Chuvoso (L/s)
			Latitude	Longitude	Latitude	Longitude			
SUP(Q)-18	JSQ-01	Mogno	469118	9281014	-6.504535°	- 1.279314°	227	93,1	-
SUP(Q)-19	JCQ-02	Mogno	474350	9285950	-6.459907°	- 1.231973°	243	51,3	2.229,50
SUP(Q)-20	JCQ -03	Mogno	473114	9286460	-6.455289°	- 1.243148°	239	100,2	2271
SUP(Q)-21	JCQ -07	Mogno	477962	9283942	-6.478086°	- 1.199314°	262	13,9	232,8
SUP(Q)-22	JCQ -08	Mogno	476579	9282968	-6.486892°	- 1.211825°	266	15,8	311,2
SUP(Q)-23	JCQ -09	Mogno	476573	9285922	-6.460169°	- 1.211868°	249	6,4	318,6
SUP(Q)-24	JCQ -10	Mutum	485242	9283511	-6.482006°	- 1.133474°	259	39,2	1474
SUP(Q)-25	JCQ -11	Mogno	477757	9283114	-6.485575°	- 1.201171°	271	-	12,5

Os dados coletados no igarapé Mogno apresentam amplitude elevada entre os dados do período seco e chuvoso. O período de seca apresentou valor médio de 45,7L/s, já o período chuvoso 978,51L/s. O valor máximo 2.271L/s é 300 vezes superior ao valor mínimo 6,4L/s. Destaca-se ainda, valores de vazões superiores, quando comparado aos demais, nos pontos SUP(Q)-19e SUP(Q)-20, principalmente no período chuvoso. Já no Igarapé Mutum, os valores de vazão para o ponto SUP(Q)-24 demonstraram uma variação considerável entre os períodos de seca e o período chuvoso, destaca-se que entre todos os pontos monitorados, durante o período chuvoso, este apresentou valores elevados de vazão, sendo inferior apenas ao SUP(Q)-19 e o SUP(Q)-20, pontos localizados na microbacia do igarapé Mogno.



**Figura 10.1.124 - Valores de vazão obtidos durante o monitoramento hídrico superficial quantitativo realizado pela MDGEO (2010)**

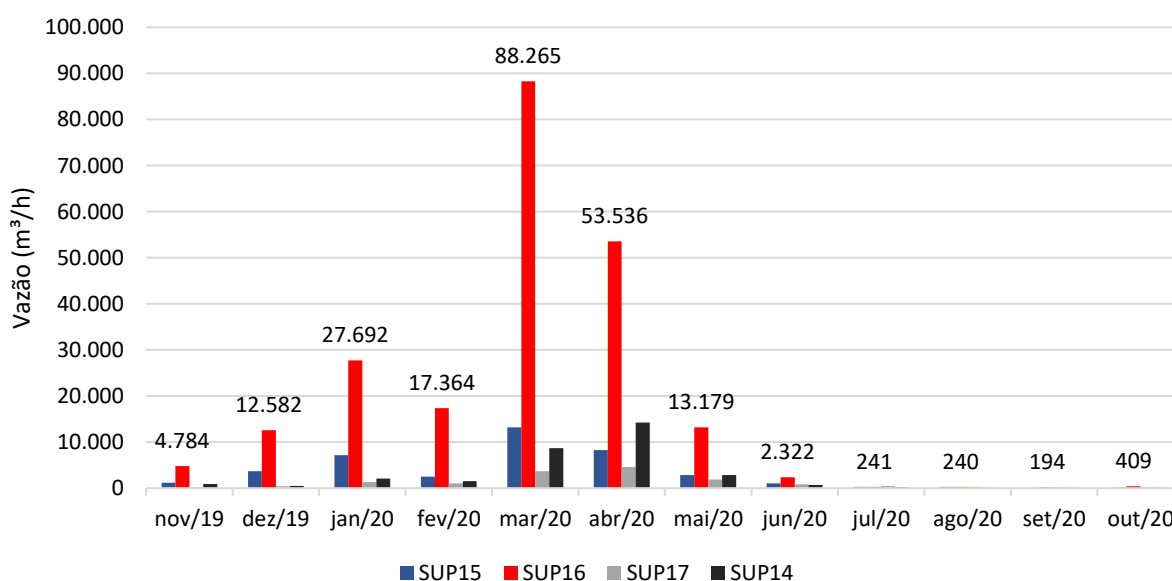
Sobre o monitoramento realizado pela Centaurus no ano de 2019 e 2020 (BICHO DO MATO, 2021), a **Tabela 10.1.57** e **Figura 10.1.125** expressam os valores de vazão obtidos durante a amostragem em quatro pontos localizados na área de estudo, as coordenadas dos pontos de monitoramento são apresentadas na **Tabela 10.1.45**.

**Tabela 10.1.58-Resultados do monitoramento realizado pela Centaurus nos anos de 2019 e 2020**  
(Fonte: BICHO DO MATO, 2021)

Mês	SUP-14	SUP-15	SUP-16	SUP-17
	(antigo DRN-25)	(antigo SUP-12)	(antigo SUP-08)	(antigo SUP-21)
Vazão (m³/h)				
Nov/19	917	1.178	4.784	215
Dez/19	473	3.672	12.582	394
Jan/20	2.097	7.133	27.692	1.291
Fev/20	1.553	2.493	17.364	1.013
Mar/20	8.665	13.215	88.265	3.652
Abr/20	14.229	8.292	53.536	4.571
Mai/20	2.862	2.808	13.179	1.834
Jun/20	698	1.020	2.322	849
Jul/20	172	298	241	475
Ago/20	50	242	240	297
Set/20	1,6	75	194	132
Out/20	10	127	409	197

Fonte: Centaurus (2020).

Analogamente aos dados apresentados pela série histórica do ponto Boa Esperança, os valores de vazões obtidos pelo monitoramento da Centaurus nos igarapés da área de estudo local demonstraram crescimento a partir de novembro/2019 até atingir valores máximos em março/2020, com exceção do ponto SUP14 que apresentou valor máximo em abril/2020. Essa tendência é mais facilmente observada no ponto SUP 16, devido aos elevados valores de escoamento para o ponto, com mudanças significativas no decorrer da série temporal (**Figura 10.1.125**).



**Figura 10.1.125 - Valores de vazão obtidos durante o monitoramento realizado pela Centaurus nos anos de 2019 e 2020.**

Fonte: Bicho do Mato, 2021; Centaurus (2020).



Nota-se ainda, que embora os pontos SUP-15 e SUP-17 demonstrem a tendência sazonal dos demais pontos, esses não apresentaram variações significativas nos valores de vazões ao longo do período, tendo uma menor amplitude entre os dados obtidos nos meses monitorados. Os pontos SUP-14, SUP-15, SUP-16 e SUP-17 apresentaram, respectivamente, valores médios de 2.643,97 m<sup>3</sup>/h, 3.379,42 m<sup>3</sup>/h, 18.400,67 m<sup>3</sup>/h, 1.243,33 m<sup>3</sup>/h e. O valor máximo 88.265 m<sup>3</sup>/h de toda série temporal foi obtido no ponto SUP-16 em março/2020, já o valor mínimo 1,6 m<sup>3</sup>/h foi obtido no ponto SUP-14 em setembro/2020.

#### **10.1.7.2.4.4 Análise de disponibilidade hídrica**

Entende-se como disponibilidade hídrica aquela parcela da vazão que pode ser utilizada pela população humana local e em desenvolvimento, mas sem comprometer o sistema e mantendo uma vazão remanescente, aquela vazão resultante após o uso da água (CRUZ & TUCCI, 2008). É a vazão remanescente que mantém a integridade do sistema fluvial e que permite a conservação do sistema aquático (CRUZ & TUCCI, 2008).

Na questão de usos da água, o projeto empregará alternativas de redução, reuso, recirculação de água, conforme apresentado na Caracterização do Empreendimento e a previsão de captação de água no Igarapé Mogno ou Arataca. Dessa maneira, tem-se como dados do empreendimento, que a demanda por água nova nas diferentes fases do empreendimento é de 38m<sup>3</sup>/h para a fase de implantação e de 68m<sup>3</sup>/h para a fase de operação, tendo como ponto de captação o igarapé Mogno ou Arataca.

O volume máximo outorgável por usuário determinado pela legislação do estado do Pará é de 20% a vazão de referência (vazão com 95% de permanência). Desse modo, o Igarapé Mogno, considerando o ponto em que se deseja fazer a captação, possui uma vazão de referência  $Q_{95}$  estimada em aproximadamente 0,55m<sup>3</sup>/s, ou 550L/s.

Assim, a bacia onde se deseja fazer a captação de água, para o Projeto Jaguar, possui uma disponibilidade hídrica de 0,11m<sup>3</sup>/s (cerca de 399m<sup>3</sup>/h) para a captação superficial. Assim, a maior demanda de água que será na fase de operação que é de 68 m<sup>3</sup>/h (0,018 m<sup>3</sup>/s), cerca de 17% da vazão disponível para captação.

As vazões outorgadas na área de contribuição estudada foram determinadas tendo como base as informações referentes às outorgas emitidas até novembro de 2022, disponíveis no site do SEIRH, quais sejam:

- Relação das outorgas em Microsoft Excel®;
- Arquivo *shapefile* com a localização dos pontos com outorga vigente.

Verificou-se que há apenas um processo de outorga para direito minerário (processo 35829) aberto pela VALE, no qual consta o status de VENCIDO.

#### **10.1.7.2.4.5 Identificação de pontos de assoreamento**

De acordo com Guerra (2008), o assoreamento ocorre na medida em que o agente de transporte, formado por córregos, rios e igarapés, perde a capacidade de transportar uma carga de sedimentos. Ademais, diante das intervenções humanas na paisagem, como a substituição histórica da cobertura florestal por pastagens observada na região do Projeto Jaguar, o maior aporte de sedimentos nos igarapés, provocada pela alteração no uso do solo, contribui para a alteração do estado de equilíbrio dinâmico dos ambientes fluviais, favorecendo a dinâmica de assoreamento nos canais.

Nesse contexto, cabe destacar que a erosão, um processo que ocorre a partir da desagregação e remoção de partículas do solo ou fragmentos e partículas de rocha pela ação sinérgica da gravidade com a água, vento e

organismos (SANTORO, 2009), é acelerada pela dinâmica de alteração do uso do solo provocada pela remoção da cobertura vegetal, que pode culminar na alteração dos cursos de rios e no assoreamento de corpos d'água (FONSECA, 1999).

Outro aspecto é a geomorfologia fluvial, que é de fundamental importância para a compreensão e identificação dos pontos de assoreamento, está relacionado à ruptura de declive existente ao longo das drenagens. A essa ruptura existente no perfil longitudinal dos rios, em geomorfologia fluvial, aplica-se o termo *knickpoint*, que também é reconhecido como nível de base local. A ruptura de declive nos cursos d'água marca a existência de um ambiente de sedimentação à montante, onde há uma propensão natural à deposição de sedimentos e uma maior suscetibilidade à ocorrência de assoreamento.

Sendo assim, o presente item do diagnóstico visa identificar os pontos com maior suscetibilidade à dinâmica de assoreamento dentro da AEL e ADA do empreendimento, bem como busca compreender a dinâmica associada a ocorrência desse processo.

A caracterização dos pontos suscetíveis à dinâmica de assoreamento foi realizada por meio da análise de dados secundários, a partir da avaliação de diversos aspectos naturais, como geomorfologia, pedologia, uso e cobertura do solo e declividade, além da fotointerpretação de imagens de satélite.

Sendo assim, para a identificação das áreas que apresentam maior suscetibilidade ao assoreamento na AEL e ADA do Projeto Jaguar foi realizada uma análise espacial através do software ArcGIS, versão 10.4 for Desktop da Esri Inc., onde foi aplicada a ferramenta *union*, com análise multicritério. Este método realiza uma análise matemática operada em ambiente de SIG, por meio de um *overlap* das diferentes camadas dos *shapefiles* temáticos e a soma dos valores associados, cujos valores seguem apresentados na **Tabela 10.1.58**. Após a essa avaliação, os segmentos de drenagem foram classificados em trechos de acordo com a maior ou menor suscetibilidade à dinâmica de assoreamento.

**Tabela 10.1.59- Seleção e descrição das variáveis**

Variável	Classe	Valor	Justificativa dos pesos	Fonte
Vulnerabilidade natural à erosão	Muito Forte	0,05	Foram hierarquizados de acordo com a propensão ao assoreamento. Em ambientes de menor vulnerabilidade à erosão, associados à menor energia cinética de transporte, foi atribuída uma maior suscetibilidade à sedimentação/assoreamento	Mapeamento de vulnerabilidade à erosão – WSP (2022)
	Forte	0,2		
	Média	0,4		
	Fraca	0,7		
	Muita Fraca	0,9		

Variável	Classe	Valor	Justificativa dos pesos	Fonte
Declividade / Fases de relevo (%)	0 a 3	0,8	As maiores declividades estão relacionadas com a maior velocidade de escoamento das águas, aumentando a capacidade erosiva, enquanto as menores de declividades estão associadas à menores velocidades de escoamento e maior suscetibilidade à sedimentação/assoreamento.	Modelo Digital de Elevação - TOPODATA – INPE (2011)
	3 a 8	0,6		
	8 a 20	0,4		
	20 a 45	0,2		
	>45	0,1		
Geomorfologia / Regiões Geomorfológicas	Depressões da Amazônia Meridional,	0,5	Relação entre os tipos de relevo, a presença de knickpoints e a suscetibilidade ao assoreamento.	Mapeamento Geomorfológico em Escala 1:250.000 – Banco de Informações Ambientais – IBGE (2018)
	Serras Residuais da Amazônia Meridional e	0,1		
	Formas Agradacionais Atuais e Subatuais Interioranas	0,9		

Cabe destacar que a classificação do grau de suscetibilidade ao assoreamento foi expressa pela atribuição de valores que variam de 0 a 1. Sendo assim, a partir dessa escala, as unidades que apresentam maior suscetibilidade ao assoreamento foram representadas por valores próximos de 1,0, as unidades de suscetibilidade intermediária representadas por valores próximos de 0,5, enquanto as unidades menos vulneráveis ao assoreamento representadas por valores próximos de 0,0.

No que diz respeito ao valor final atribuído aos trechos de drenagem suscetíveis à dinâmica de assoreamento, este foi obtido a partir da soma dos valores individuais dos temas avaliados. O modelo matemático que corresponde à avaliação do grau de suscetibilidade ao assoreamento é representado pela equação:

$$SA = (VE + G + D)$$

Onde:

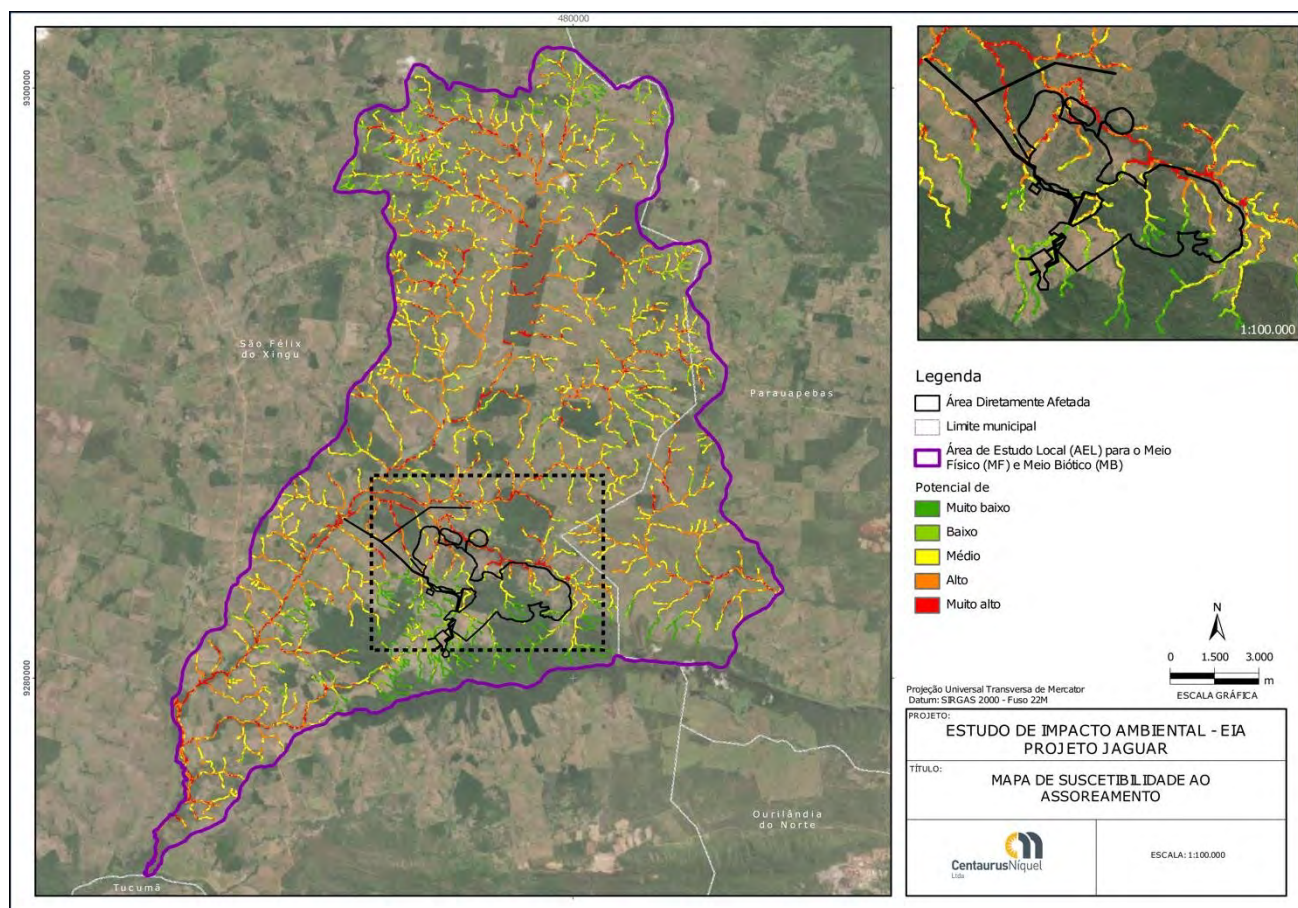
SA = suscetibilidade ao Assoreamento;

VE = vulnerabilidade à Erosão;

G = Geomorfologia;

D = Declividade;

A partir da elaboração do mapa (**Figura 10.1.126**), obteve-se como resultado a classificação das áreas com suscetibilidade ao assoreamento dos trechos de drenagem presentes da AEL do Projeto Jaguar, que foram definidas em cinco classes distintas, caracterizadas como: Muito Forte, Forte, Moderada, Muito Fraca e Fraca.



**Figura 10.1.126 - Mapa de Suscetibilidade ao Assoreamento.**

Áreas com grau de suscetibilidade ao assoreamento Moderado a Muito Fraco estão associadas às encostas íngremes da Serra Arqueada, em um ambiente de alta energia de transporte, onde a dinâmica de erosão prevalece sobre a de sedimentação.

Já o grau de suscetibilidade ao assoreamento Forte a Muito Forte está relacionado ao relevo aplainado, que apresenta declividades menos acentuadas. Às margens do igarapé Mogno, assim como no baixo curso dos seus tributários, são observadas planícies de inundação e áreas de várzea, que associadas à menor energia de transporte das drenagens nesses ambientes, caracterizam a maior suscetibilidade ao assoreamento. Ademais, cabe destacar que as menores vazões dos igarapés nesses trechos no período de seca potencializam a possibilidade de assoreamento desses trechos dos cursos d'água presentes na AEL.

É importante ressaltar, entretanto, que conforme avaliado por Bicho do Mato (2021), foi observado em campo a presença já existente de assoreamentos ao longo dos talvegues dos igarapés e afluentes que drenam pela AEL do empreendimento. Nas drenagens que atravessam a ADA do Projeto Jaguar, por sua vez, predomina o

grau de suscetibilidade ao assoreamento alto, marcadamente em função da declividade observada nestas áreas.

#### 10.1.7.2.4.6 Mapeamento de nascentes

De acordo com a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção de vegetação nativa, apresenta como definições:

*“nascente: afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d’água*

*olho d’água: afloramento natural do lençol freático, mesmo que intermitente”*

Ainda, esta mesma Lei, determina essas áreas como de preservação permanente, com um raio mínimo de 50 m, passível de supressão de vegetação caso seja demonstrada utilidade pública.

Para o mapeamento de nascentes na área diretamente afetada e entorno, foram utilizados o inventariamento realizado pela Centaurus entre os meses de agosto, setembro e outubro/2022. Além disso, para as áreas de estudo regional e local, foi realizado um levantamento quantitativo das nascentes cartográficas, considerando a base hidrográfica pública, georreferenciada, disponibilizada pelo Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos (SEIRH-PA), na escala de 1:25.000, datadas de 15 de abril de 2019 (<https://www.seirh.semas.pa.gov.br>), em 01 de novembro de 2022. A demarcação cartográfica das nascentes e olhos d’água foi realizada em ambiente SIG, a partir da geração automática de pontos no início dos trechos de primeira e segunda ordem dos cursos d’água mapeados e posteriormente refinados manualmente, adicionando ou excluindo pontos que porventura precisassem ser corrigidos.

##### 10.1.7.2.4.6.1 Resultados

Os levantamentos realizados na área diretamente afetada (ADA) e entorno, que considera a área de influência direta como descrito no **Capítulo 14 – Áreas de Influência**, indicou a presença cartográfica de 37 nascentes e olhos d’água, todas pertencentes à área de drenagem do igarapé Mogno (**Figura 10.1.127**).

O detalhamento dos estudos realizados e das características das nascentes inventariadas estão presentes no **ANEXO Y**.

Para melhor interpretação da **Figura 10.1.127** e **Tabela 10.1.59**, tem-se que na coluna “Observações”:

- Nascente: foi observado que o ponto é um afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d’água;
  - Pontos: 02, 03, 04, 05, 06, 08, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 31, 32, 33, 68 e 111;
- Água Parada: foi observado que o ponto é um “olho d’água”, ou seja, afloramento natural do lençol freático, mesmo que intermitente;
  - Pontos: 17, 19, 23, 24, 29, 30, 34, 35, 36 e 38;
- Ponto Seco: foi observado que o ponto estava seco;
  - Pontos: 09, 10, 18, 21, 22, 25, 26, 37 e 93.

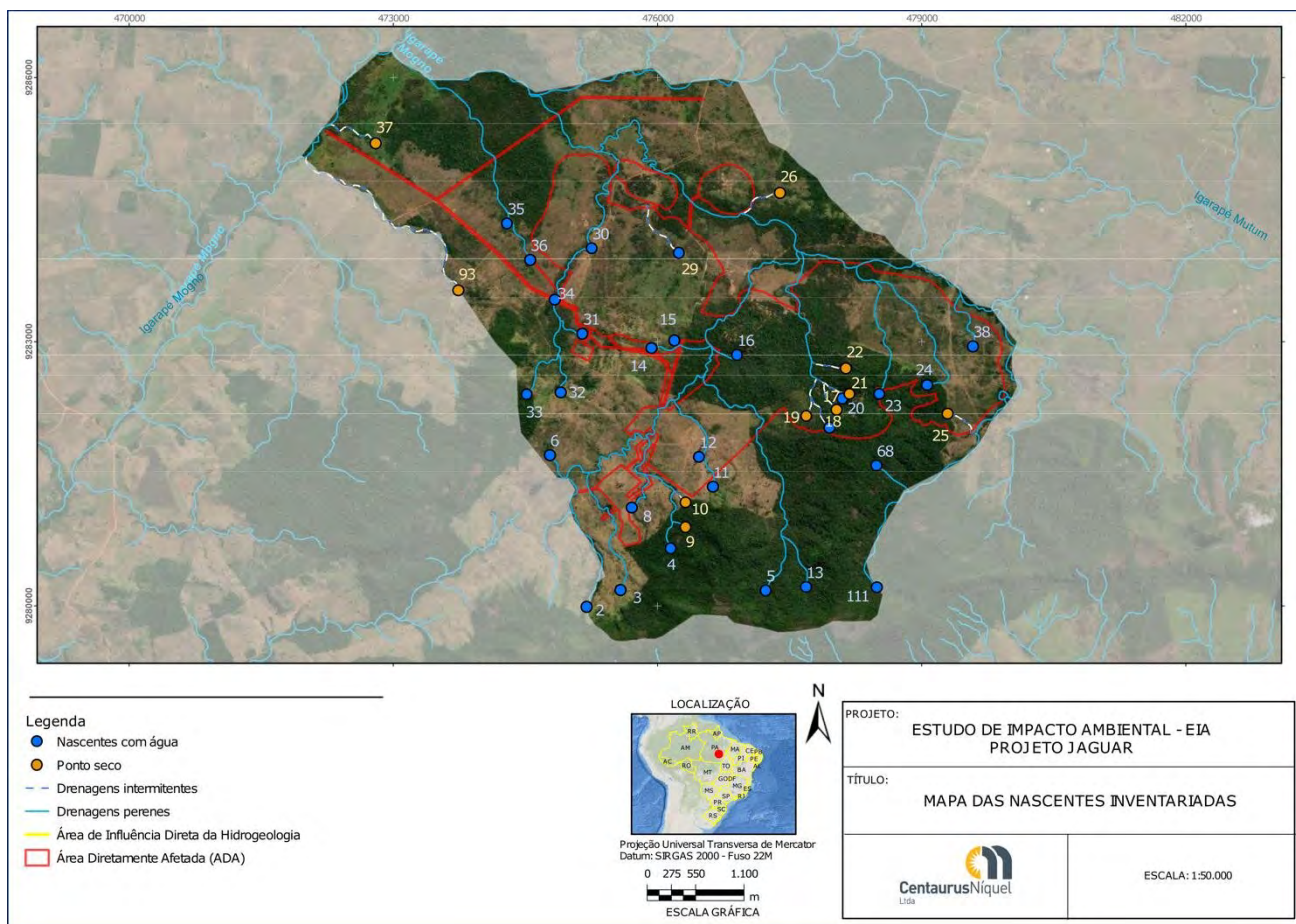


Figura 10.1.127 - Localização das nascentes inventariadas na ADA e entorno.

A cota variou de 230 m (NAS-37) a 503 m (NAS-68) e variação de vazão entre estações secas (0 L/s) a 2,4 L/s. A nascente em maior cota está localizada nas encostas da Serra Arqueada, assim como a nascente com maior vazão, ambas em situação de mata preservada. A temperatura da água variou de 23°C a 34,3°C, com média de 23 °C, indicando elevadas temperaturas para as nascentes monitoradas, independente do grau de preservação da área de entorno. O pH apresentou valor médio de 7, com medições variando de levemente ácido (6,8) a alcalino (9,6). Além disso, as águas das nascentes apresentaram boa oxigenação e baixa condutividade, abaixo de 100 (µS/cm), com exceção de uma nascente, com registro de 531 µS/cm (nascente 24; **Tabela 10.1.59**). Das nascentes inventariadas, doze apresentaram talvegue seco, inferindo condição efêmera.

**Tabela 10.1.60-Registro de nascentes e olhos d'água inventariadas na área de influência direta e local e suas respectivas características (legenda: Temp. água = temperatura da água; OD = oxigênio dissolvido; Cond = Condutividade).**

DATA DE AMOSTRAGEM	ID	Coordenadas Métricas (SIRGAS 2000 22S)		Coordenadas Geográficas (Datum Sirgas 2000)		Vazão	TEMPERATURA °C	pH	OXI-REDUÇÃO (mv)	OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/L)	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (µS/cm)	AREA DE DRENAGEM (Km²)	VAZÃO ESPECÍFICA litros / (s. Km²)	SUPRESSÃO	STATUS DE CONSERVAÇÃO	OBSERVAÇÕES
		Lat.	Long.	Lat.	Long.											
31/08/2022	2	475197	9279986	-51°13'26.400"	-6°30'50.40	0,0451	26,4	6,8	57	7,36	32	0,177284	0,25439408	NÃO	preservada	nascente
31/08/2022	3	475581	9280176	-51°13'15.600"	-6°30'43.20	0,1904	25,9	7,2	63	12,74	19	0,102279	1,861574712	NÃO	não preservada	nascente
15/09/2022	4	476152	9280649	-51°12'57.600"	-6°30'28.80	1,2	25,2	6,8	241	7,11	6	0,386495	3,104826712	NÃO	preservada	nascente
20/09/2022	5	477233	9280172	-51°12'21.600"	-6°30'43.20	0,2352	24,8	6,8	8	3,78	10	0,05264	4,468085106	NÃO	preservada	nascente
01/09/2022	6	474782	9281708	-51°13'40.800"	-6°29'52.80	0,0789	27,5	7,2	-105	8,96	52	0,134186	0,587989805	NÃO	não preservada	nascente
24/10/2022	8	475706	9281111	-51°13'12.000"	-6°30'14.40	0,923	28,7	8,8	41	95,7	26	0,169842	5,434462618	NÃO	não preservada	nascente
15/09/2022	9	476323	9280890	-51°12'50.400"	-6°30'21.60	0	0	0	0	0	0	SECA	SECA	N/A	preservada	ponto seco
15/09/2022	10	476321	9281173	-51°12'50.400"	-6°30'10.80	0	0	0	0	0	0	SECA	SECA	N/A	preservada	ponto seco
16/09/2022	11	476631	9281350	-51°12'39.600"	-6°30'7.200	0,1052	26,7	7,4	50	6,34	33	0,2466	0,426601784	NÃO	não preservada	nascente
16/09/2022	12	476474	9281689	-51°12'46.800"	-6°29'52.80	0,0991	30,7	7,2	25	6,86	9	0,11865	0,835229667	SIM	não preservada	nascente
20/09/2022	13	477687	9280212	-51°12'7.200"	-6°30'43.20	0,6514	25,1	6,8	115	7,75	3	0,145262	4,484311107	NÃO	preservada	nascente
13/09/2022	14	475931	9282923	-51°13'4.800"	-6°29'13.20	0,5059	27,8	6,8	21	10,98	25	0,064239	7,875278258	NÃO	não preservada	nascente
13/09/2022	15	476194	9283013	-51°12'54.000"	-6°29'9.600	0,4192	32,4	6,8	6	5,64	46	0,065631	6,387225549	SIM	não preservada	nascente
07/09/2022	16	476904	9282848	-51°12'32.400"	-6°29'16.80	0,0526	24,3	7,2	48	4,41	28	0,055016	0,956085502	SIM	preservada	nascente
07/09/2022	17	477941	9282025	-51°11'58.24"	-6°29'43.54	0,3342	26,4	9,6	3	0	30	0,0659	5,071320182	SIM	preservada	nascente
08/09/2022	18	477693	9282155	-51°12'7.200"	-6°29'38.40	0	0	0	0	0	0	SECA	SECA	N/A	preservada	ponto seco
07/09/2022	19	478034	9282226	-51°11'56.400"	-6°29'38.40	0	0	0	0	0	0	SECA	SECA	N/A	preservada	ponto seco
06/09/2022	20	478104	9282350	-51°11'52.800"	-6°29'31.20	0,1276	28,8	6,8	262	10,67	12	0,089117	1,431825578	SIM	preservada	nascente
06/09/2022	21	478184	9282401	-51°11'49.200"	-6°29'31.20	0	0	0	0	0	0	SECA	SECA	N/A	preservada	ponto seco
08/09/2022	22	478140	9282694	-51°11'52.800"	-6°29'20.40	0	0	0	0	0	0	SECA	SECA	N/A	preservada	ponto seco
08/09/2022	23	478521	9282404	-51°11'38.400"	-6°29'31.20	0	26,1	8,5	0,32	102,3	91	0,121054	0	NÃO	preservada	água parada
09/09/2022	24	479064	9282504	-51°11'20.400"	-6°29'27.60	0	30,4	8,4	1,62	7,6	531	0,120189	0	SIM	preservada	água parada
16/09/2022	25	479296	9282180	-51°11'13.200"	-6°29'38.40	0	0	0	0	0	0	SECA	SECA	N/A	preservada	ponto seco
14/09/2022	26	477394	9284687	-51°12'14.400"	-6°28'15.60	0	0	0	0	0	0	SECA	SECA	N/A	preservada	ponto seco
13/09/2022	29	476237	9284029	-51°12'53.69	-6°28'38.25	0	27,5	6,7	39	4,92	59	0,745	0	SIM	não preservada	água parada
02/09/2022	30	475257	9284059	-51°13'26.400"	-6°28'37.20	0	30,7	7,8	144	12,67	28	0,326046	0	SIM	não preservada	água parada
01/09/2022	31	475149	9283090	-51°13'30.000"	-6°29'9.600	0,0789	32,1	7,2	26	8,48	47	0,192055	0,410819817	NÃO	não preservada	nascente
14/09/2022	32	474903	9282421	-51°13'37.200"	-6°29'31.20	0,0641	26	7,2	17	5,25	26	0,187133	0,342537126	NÃO	não preservada	nascente
14/09/2022	33	474520	9282400	-51°13'48.000"	-6°29'31.20	0,1212	25,1	6,8	24	11,13	41	0,197882	0,612486229	NÃO	preservada	nascente
01/09/2022	34	474837	9283473	-51°13'40.800"	-6°28'55.20	0	28,7	7,2	239	8,84	28	0,078564	0	SIM	não preservada	água parada

DATA DE AMOSTRAGEM	ID	Coordenadas Métricas (SIRGAS 2000 22S)		Coordenadas Geográficas (Datum Sirgas 2000)		Vazão	TEMPERATURA °C	pH	OXI-REDUÇÃO (mv)	OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/L)	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (µS/cm)	AREA DE DRENAGEM (Km <sup>2</sup> )	VAZÃO ESPECÍFICA litros / (s. Km <sup>2</sup> )	SUPRESSÃO	STATUS DE CONSERVAÇÃO	OBSERVAÇÕES
		Lat.	Long.	Lat.	Long.											
02/09/2022	35	474293	9284341	-51°13'55.200"	-6°28'26.40	0	23	6,8	-19	2,2	97	0,335154	0	NÃO	não preservada	água parada
02/09/2022	36	474556	9283927	-51°13'48.000"	-6°28'40.80	0	23,4	7,2	80	1,71	56	0,202828	0	NÃO	não preservada	água parada
02/09/2022	37	472802	9285249	-51°14'45.600"	-6°27'57.60	0	0	0	0	0	0	SECA	SECA	N/A	não preservada	ponto seco
19/09/2022	38	479585	9282946	-51°11'6.000"	-6°29'13.20	0	30	7,2	120	0,04	26	0,402655	0	SIM	não preservada	água parada
26/09/2022	68	478488	9281592	-51°11'42.000"	-6°29'56.40	0,016	34,3	7,4	5	5	46	0,01659	0,964436407	NÃO	preservada	nascente
23/09/2022	93	473740	9283578	-51°14'13.200"	-6°28'51.60	0	0	0	0	0	0	SECA	SECA	N/A	não preservada	ponto seco
29/09/2022	111	478491	9280208	-51°11'42.000"	-6°30'43.20	2,4	25,6	9	1,32	4,19	31	0,208	11,53846154	NÃO	preservada	nascente



De acordo com o estudo realizado, as nascentes inventariadas e a localização das estruturas, principalmente área de cava, pilhas de estéril e barragem, espera-se que 9 (nove) nascentes sejam suprimidas pelo empreendimento, e 5 (cinco) que sofreram algum tipo de intervenção (**Tabela 10.1.60**).

**Tabela 10.1.61-Nascentes interceptadas e suprimidas na área do empreendimento.**

ID Nascente	Classificação*	Estrutura associada	Supressão
8	Nascente	Acampamento	Não
12	Nascente	Planta de Beneficiamento	Sim
14	Nascente	PDE Oeste	Não
15	Nascente	PDE Oeste	Sim
16	Nascente	Cava Jaguar	Sim
17	Nascente	Cava Jaguar	Sim
20	Nascente	Cava Jaguar	Sim
23	Água Parada	Cava Jaguar	Não
24	Água Parada	Barragem IWL	Sim
29	Água Parada	PDE Oeste	Sim
30	Água Parada	PDE Oeste	Sim
34	Água Parada	Acessos e Adutora	Não
36	Água Parada	Cana de desvio de curso d'água	Não
38	Água Parada	Barragem IWL	Sim

Legenda = \*Conforme levantamento realizado pela Centaurus entre agosto e setembro de 2022 e janeiro de 2023.

#### 10.1.7.2.5 Qualidade das águas superficiais

A área onde está localizado o empreendimento conta com levantamentos já realizados nos anos de 2011 (MDGEO, 2011) e 2012 (BRANDT, 2012) o que auxilia na caracterização dos corpos hídricos das áreas de estudo. Além disso, serão descritos dados adicionais amostrados nos anos de 2019 e 2020, visando a complementação e atualização destas informações.

Os dados utilizados a caracterização das águas superficiais serão apresentados neste diagnóstico, possibilitando o acompanhamento de possíveis alterações durante a implantação e operação da mineração e seus efeitos sobre a qualidade das águas na área do empreendimento.

##### 10.1.7.2.5.1 Classificação dos corpos d'água

Os corpos hídricos superficiais são classificados em águas doces, salinas ou salobras, sendo que as águas doces ainda são divididas em outras cinco classes. A legislação nacional que versa sobre esta classificação e enquadramento das águas brasileiras é a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. O enquadramento é, portanto, um recurso de gestão das qualidades das águas, buscando compatibilidade com sua demanda e usos, de acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH – Lei nº 9.433/97).

O estado do Pará possui uma Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (PERH - Lei nº 6.381 de 25 de julho de 2001), que dispõe sobre águas superficiais, subterrâneas e meteóricas, sendo um mecanismo complementar de gestão dos recursos hídricos do estado.

As classes de águas doces podem variar de classe especial, sendo estas destinadas ao abastecimento humano com desinfecção, preservação de comunidades aquáticas e em ambientes aquáticos em áreas de unidades de conservação à classe 4, destinadas apenas a navegação e harmonia paisagística. Ainda sobre o enquadramento dos corpos hídricos, o artigo 42 da referida lei dispõe que:

“Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente”

Portanto, tendo como base o disposto na lei, os corpos hídricos localizados na área de estudo do empreendimento podem ser classificados como águas doces classe 2, uma vez que não há determinações estaduais ou em planos de bacias que alterem essa classificação ou estejam localizados em área de conservação.

#### 10.1.7.2.5.2 Metodologia de caracterização

Os pontos de monitoramento de qualidade de água superficial estão distribuídos, principalmente, na bacia do igarapé Mogno ou Arataca, considerando a área do empreendimento e suas principais estruturas.

As águas superficiais foram amostradas nos anos de 2010/2011 (MDGEO, 2011) e 2019/2020 (BICHO DO MATO, 2021), contemplando parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Dos pontos realizados pela MDGEO (2011), foram utilizados os pontos SUP08, SUP12, SUP18, SUP21, em períodos de seca e chuva (agosto/2010 ou junho/2010, fevereiro/2011, outubro/2019 ou novembro/2019, dezembro/2019, março/2020 e julho/2020).

Da mesma maneira, dos 13 (treze) pontos monitorados entre 2019 e 2020 (BICHO DO MATO, 2021), três contemplaram período de seca e chuva, sendo DRN21, DRN24 e DRN25 (dezembro/2019, março/2020 e julho/2020). Os demais pontos foram amostrados no mês de agosto/2019. Com base nestes dois conjuntos de dados obtidos para a região do empreendimento, somaram-se 17 (dezesete) pontos de monitoramento de qualidade de água superficial.

As variáveis selecionadas seguiram as diretrizes estabelecidas pela ABNT NBR 9897 – Caracterização de cargas poluidoras na mineração para cursos d'água classe 2, tendo sido analisado por laboratório acreditado pelo INMETRO ISO 17025. Os resultados foram analisados tendo como valor de referência de qualidade da água a Resolução CONAMA nº 357 de 25 de março de 2005 para águas doces classe 2, buscando avaliar possíveis efeitos de sazonalidade.

É possível acessar o banco de dados em **ANEXO A**, laudos no **ANEXO V**, e a localização dos pontos amostrais na **Figura 10.1.127**. Para melhor compreensão e apresentação dos dados, os pontos monitorados em 2010, 2011, 2019 e 2020 foram renomeados conforme apresentado na **Tabela 10.1.61**.

Tabela 10.1.62-Pontos de amostragem de qualidade das águas superficiais e parâmetros analisados em 2010/2011 (MDGEO, 2011) e 2019/2020 (BICHO DO MATO, 2021).

Ponto	Nomenclatura Anterior	Ano	Sub-bacia	Curso d'água	Coordenadas Métricas (SIRGAS 2000 - 22S)		Coordenadas Geográficas (Sirgas 2000)	
					Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
SUP-01	DRN24	2019 e 2020 (BICHO DO MATO, 2021)	Carapanã	Afluente sem nome do igarapé Mogno ou Arataca pela margem esquerda - próximo a nascente na Serra Arqueada	9282024	479694	-6,50	-51,18
SUP-02	DRN23	2019 (BICHO DO MATO, 2021)	Carapanã	Afluente sem nome do igarapé Mogno ou Arataca pela margem esquerda – área da cava Jaguar	9282976	477699	-6,49	-51,2
SUP-03	DRN22	2019 (BICHO DO MATO, 2021)	Carapanã	Afluente sem nome do igarapé Mogno ou Arataca pela margem esquerda – área da planta	9282187	477122	-6,49	-51,21
SUP-04	DRN21	2019/2020 (BICHO DO MATO, 2021)	Carapanã	Afluente sem nome do igarapé Mogno ou Arataca pela margem esquerda - próximo à nascente na Serra Arqueada	9281428	477475	-6,50	-51,2
SUP-05	DRN08	2019 (BICHO DO MATO, 2021)	Carapanã	Afluente sem nome do igarapé Mogno ou Arataca pela margem esquerda – ao lado da PDE Leste	9283991	477902	-6,48	-51,2
SUP-06	DRN03	2019 (BICHO DO MATO, 2021)	Carapanã	Afluente sem nome do igarapé Mogno ou Arataca pela margem esquerda – a jusante do lago artificial da Faz. Esperança	9283826	477086	-6,48	-51,21
SUP-07	DRN10	2019 (BICHO DO MATO, 2021)	Carapanã	Afluente sem nome do igarapé Mogno ou Arataca pela margem esquerda – a montante do lago artificial da Faz. Esperança	9283339	476818	-6,48	-51,21
SUP-08	DRN15	2019 (BICHO DO MATO, 2021)	Carapanã	Afluente sem nome do igarapé Mogno ou Arataca pela margem esquerda – a montante da PDE Oeste	9282941	476297	-6,49	-51,21
SUP-09	DRN04	2019 (BICHO DO MATO, 2021)	Carapanã	Afluente sem nome do igarapé Mogno ou Arataca pela margem esquerda – local do futuro lançamento de efluente	9282357	476215	-6,49	-51,22
SUP-10	DRN17	2019 (BICHO DO MATO, 2021)	Carapanã	Afluente sem nome do igarapé Mogno ou Arataca pela margem esquerda - próximo à área da planta	9281697	475450	-6,50	-51,22
SUP-11	SUP18	2010/2011; 2019/2020 (MDGEO, 2011; BICHO DO MATO, 2021)	Carapanã	Afluente sem nome do igarapé Mogno ou Arataca pela margem esquerda - próximo à nascente na Serra Arqueada	9281333	475118	-6,50	-51,23
SUP-12	DRN09	2019 (BICHO DO MATO, 2021)	Carapanã	Afluente sem nome do igarapé Mogno ou Arataca pela margem esquerda – área da cava Onça Preta	9284504	476971	-6,47	-51,21

Ponto	Nomenclatura Anterior	Ano	Sub-bacia	Curso d'água	Coordenadas Métricas (SIRGAS 2000 - 22S)		Coordenadas Geográficas (SIRGAS 2000)	
					Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
SUP-13	DRN02	2019 (BICHO DO MATO, 2021)	Carapanã	Afluente sem nome do igarapé Mogno ou Arataca pela margem esquerda – ao lado da cava Onça Rosa – próximo ao acesso	9284915	476044	-6,47	-51,22
SUP-14	DRN25	2019/2020 (BICHO DO MATO, 2021)	Carapanã	Afluente sem nome do igarapé Mogno ou Arataca pela margem esquerda – de origem oposta a Serra Arqueada, próximo a confluência com as drenagens dos pontos SUP18, DRN21 e DRN24	9285867	475124	-6,46	-51,23
SUP-15	SUP12	2010/2011; 2019/2020 (MDGEO, 2011; BICHO DO MATO, 2021)	Carapanã	Afluente sem nome, próximo à montante do igarapé Mogno ou Arataca	9290052	477314	-6,42	-51,21
SUP-16	SUP08	2010/2011; 2019/2020 (MDGEO, 2011; BICHO DO MATO, 2021)	Carapanã	Igarapé Mogno ou Arataca (jusante)	9281894	469795	-6,50	-51,27
SUP-17	SUP21	2010/2011; 2019/2020 (MDGEO, 2011; BICHO DO MATO, 2021)	Mutum	Igarapé Mutum	9283576	485496	-6,48	-51,13

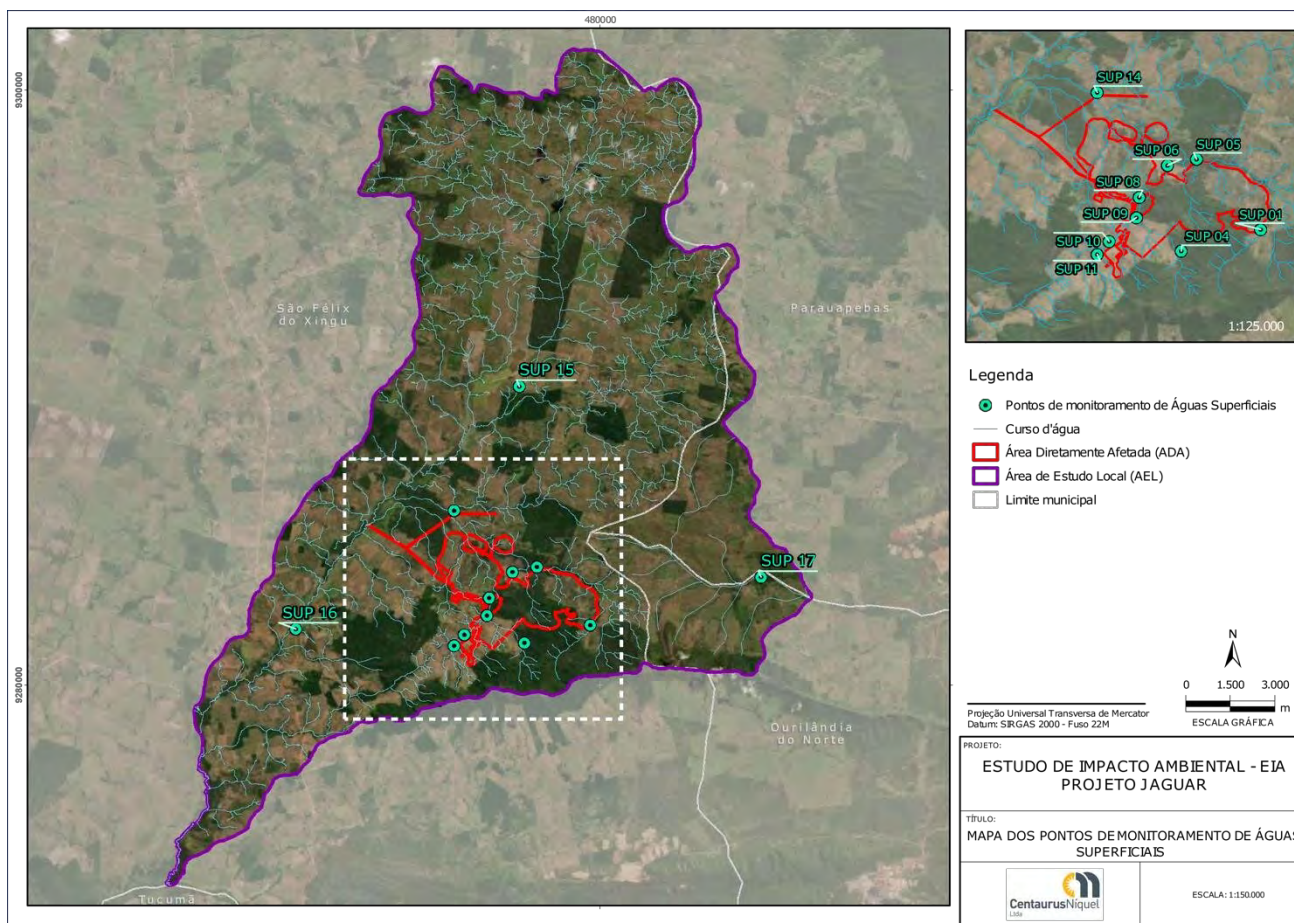


Figura 10.1.128 - Localização dos pontos de monitoramento de águas superficiais

### 10.1.7.2.5.3 Índice de Qualidade de Água (IQA)

O Índice de Qualidade da Água (IQA) é um indicador elaborado pela *National Sanitation Foundation* em 1970 e utilizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) desde 1975. Tem como objetivo avaliar a qualidade da água bruta com destino à abastecimento público, utilizando 09 (nove) variáveis indicadoras de contaminação por esgotos domésticos (ANA, 2022).

Dessa maneira, as representações gráficas do presente diagnóstico apresentam os parâmetros que compõem o cálculo para o IQA, oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), temperatura da água, nitrato, fósforo total, turbidez e sólidos dissolvidos totais.

Seguiu-se o método de ANA (2020) para o para o cálculo de IQA, buscando a caracterização dos corpos hídricos superficiais da área do empreendimento, especificamente para os pontos SUP-01, SUP-04, SUP-11, SUP-14, SUP-15, SUP-16, SUP-17, que receberam uma malha de monitoramento mais completa tanto como parâmetros quanto períodos de amostragem. Os valores de IQA são classificados em faixas, que variam conforme a **Tabela 10.1.62**.

Tabela 10.1.63-Faixas de classificação do Índice de Qualidade de Água (IQA) (ANA. 2020).

Nível de qualidade	Faixa
Excelente	90 < IQA ≤ 100
Bom	70 < IQA ≤ 90
Médio	50 < IQA ≤ 70
Ruim	25 < IQA ≤ 50
Muito ruim	0 ≤ IQA ≤ 25

#### 10.1.7.2.5.4 Caracterização das águas – resultados

Neste item, serão apresentados os dados do monitoramento de qualidade de água superficial, considerando a área do empreendimento, composto por sete pontos de amostragem em seis campanhas (2010, 2011, 2019, 2020) e 115 parâmetros. Ainda, foram amostrados dez pontos em uma única campanha (agosto/2019) com 48 parâmetros. Conforme exposto anteriormente, os dados apresentados graficamente representam as variáveis utilizadas no cálculo de IQA. O conjunto completo de dados é apresentado no **ANEXO A**.

##### 10.1.7.2.5.4.1 Parâmetros físicos

##### Temperatura da água

A temperatura da água superficial variou de 22,8°C (SUP-13 em agosto/2019) a 28,6° (SUP-11 em julho/2020), apresentando média de 26,0°±1,6 (**Figura 10.1.128**). Esses valores são de baixa amplitude, não sendo diferenciada variações entre os períodos de seca (outubro a março) e chuvas (abril a setembro) para esta variável.

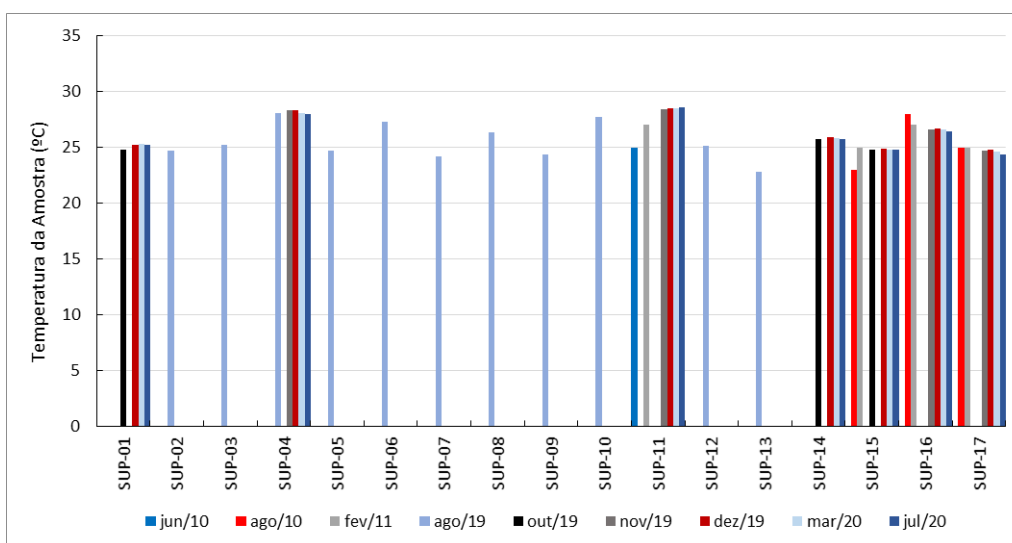


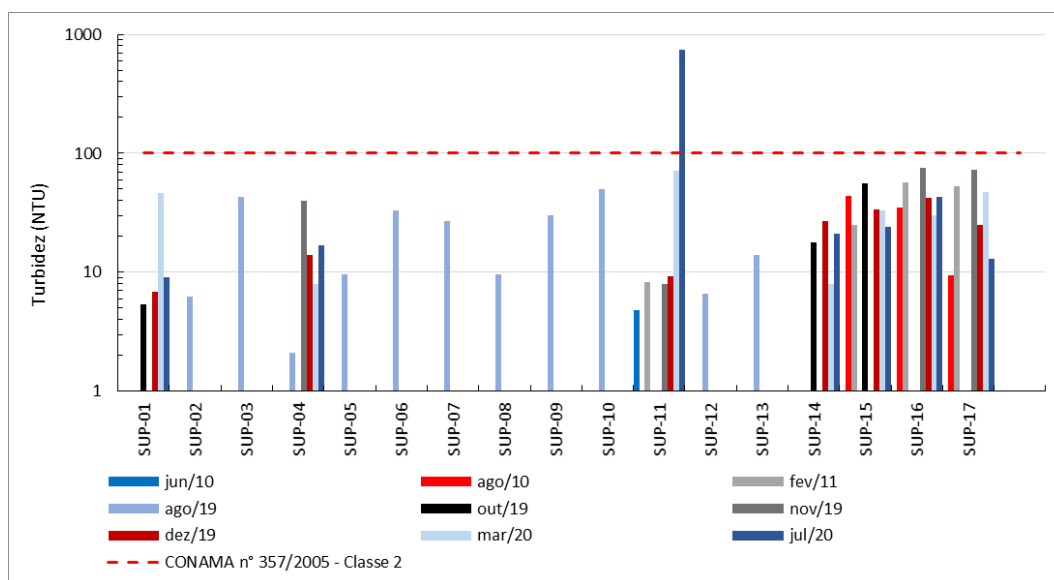
Figura 10.1.129 - Temperatura da água (°C) superficial na área de estudo do empreendimento

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021)

##### Turbidez

As concentrações de turbidez variaram de 2,1NTU (SUP-04 em agosto/2019) a 740 NTU (SUP-11 em julho/2020) (**Figura 10.1.129**), apresentando média de 42,8 ±104,7NTU. Apenas um valor esteve acima do preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces Classe 2, sendo este o valor máximo observado pela amostragem de julho/2020 (740 NTU). Para os demais registros, todos estiveram abaixo do valor de referência (100 NTU).

Além disso, das 47 observações obtidas através destas amostragens, 32 (68% do conjunto total dos dados) representam valores abaixo de 40NTU, sendo este valor representativo de águas doces Classe 1 pela mesma referida Resolução, indicando que as águas da área de estudo apresentam baixa turbidez. O ponto SUP-16, já no igarapé Mogno a jusante da área do empreendimento, apresentou os maiores valores de turbidez ao longo do monitoramento, média de 47,2NTU.



**Figura 10.1.130 - Concentrações de turbidez (NTU) na área de estudo do empreendimento. Eixo da abcissa em escala logarítmica. Linha pontilhada indica o valor de referência da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces Classe 2.**

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021)

### Sólidos dissolvidos totais

A média de sólidos dissolvidos totais (SDT)  $72,5 \pm 32,7$  mg/L, sendo a mínima de 27 mg/L (SUP-01 e SUP-04 em julho/2020) e a máxima de 176 mg/L (SUP-16 em agosto/2010), não tendo sido registrados valores acima do preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2 (500 mg/L) (**Figura 10.1.130**). Valores acima de 100 mg/L foram registrados nos pontos SUP-15, SUP-16, pontos localizados no igarapé Mogno, já em regiões mais a jusante da área do empreendimento. SUP-17, ponto localizado no igarapé Mutum, também apresentou valores similares aos observados em SUP-15 e SUP-16.

No entanto, as concentrações de SDT nas águas superficiais são baixas, assim como observado para turbidez.

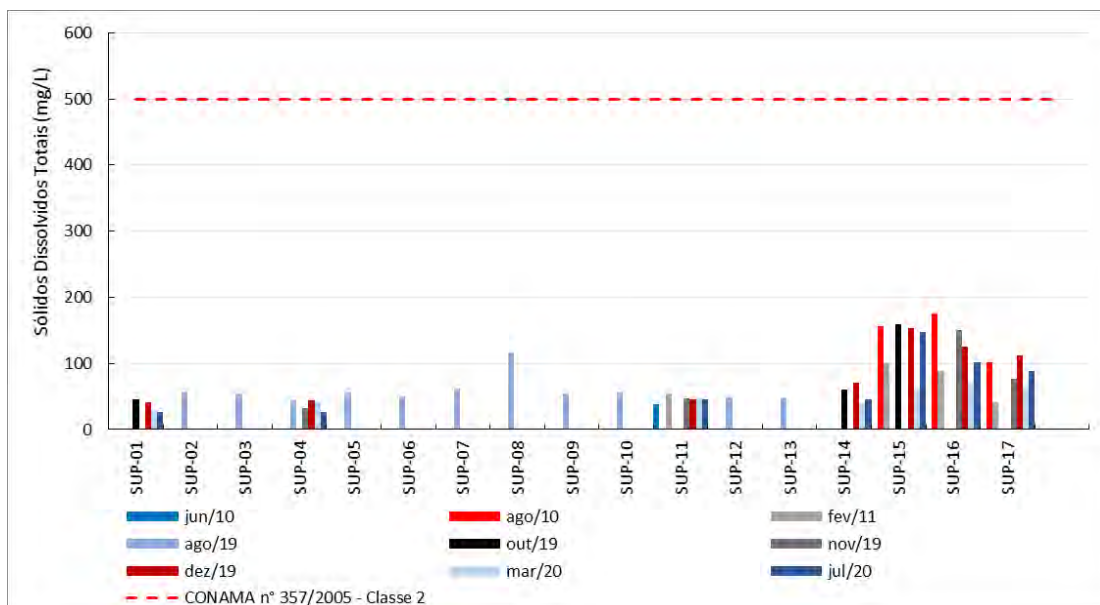


Figura 10.1.131 - Concentração de sólidos dissolvidos totais (mg/L) nas águas superficiais na área de estudo do empreendimento.

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021)

#### 10.1.7.2.5.4.2 Parâmetros químicos

##### pH

O pH variou entre levemente ácido (5,9 em SUP-11 em dezembro/2019) a levemente alcalino (7,9 em SUP-15 em julho/2020), com média de um pH neutro ( $7 \pm 0,5$ ) (Figura 10.1.131). Segundo a Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces classe 2, a variação de pH é entre 6 e 9, estando as águas superficiais monitoradas, enquadradas nesta faixa, com exceção apenas do valor mínimo registrado (5,9). Os registros obtidos não permitem verificar um claro efeito sazonal na variação de pH, apenas um indício de valores levemente maiores no período de seca.

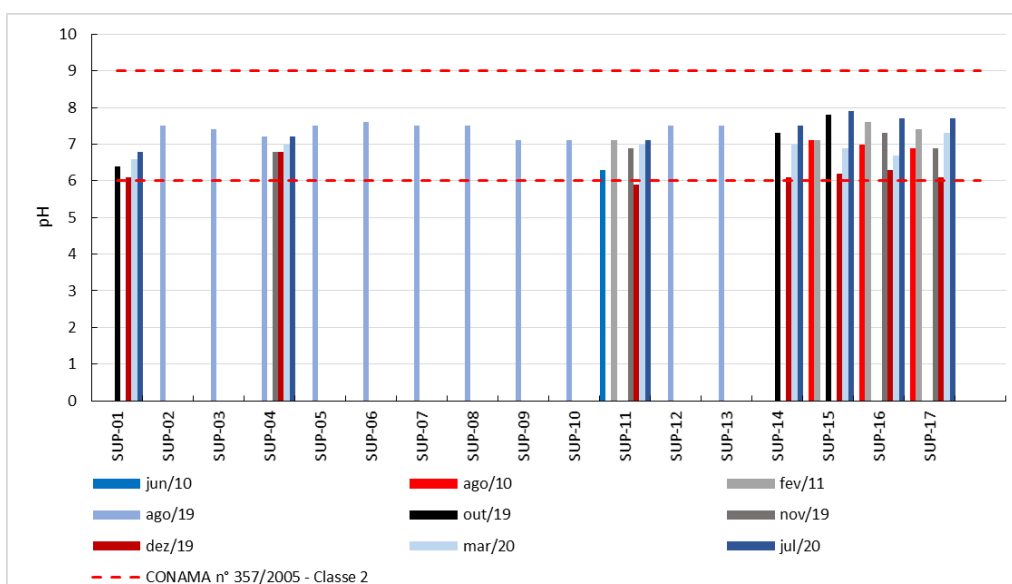


Figura 10.1.132 - Resultados de pH nas águas superficiais na área de estudo do empreendimento. Linha pontilhada indica o valor de referência mínimo (6) e máximo (9) da Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces classe 2.

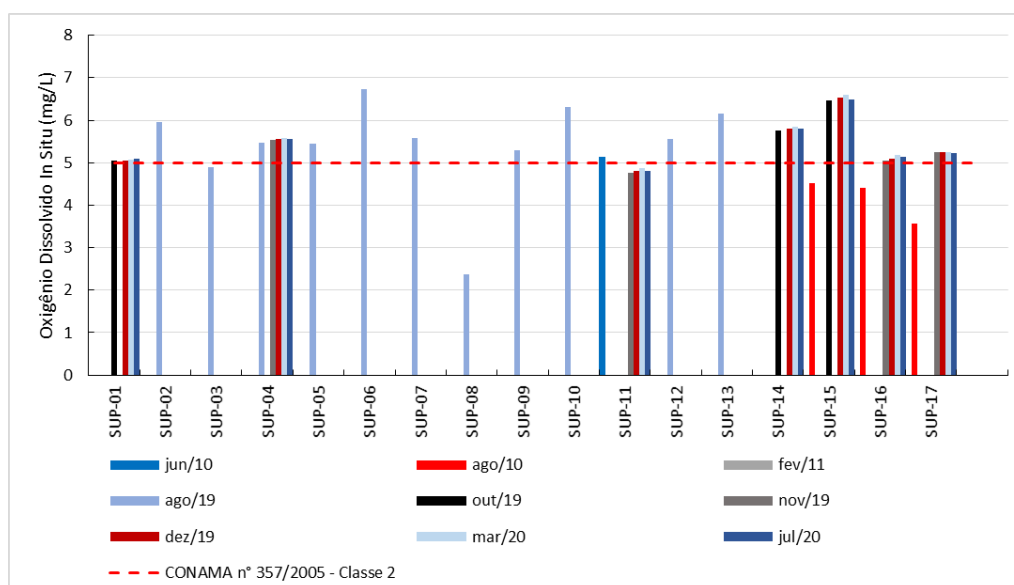
Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021)



## Oxigênio dissolvido

A menor e maior concentração de oxigênio dissolvido (OD) registrada na área de estudo foi obtida no mês de agosto/2019, com valores de 2,4 mg/L (SUP-08) e 6,74 mg/L (SUP-06) (**Figura 10.1.132**). A média geral foi de  $5,3 \pm 0,8$  mg/L, levemente acima do valor de referência da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces Classe 2 (5,0 mg/L).

Dentre as concentrações observadas, 09 (nove) estiveram abaixo do preconizado pela referida Resolução, representando 21% dos dados, tendo sido registrado principalmente em SUP-11 (novembro/2019, dezembro/2019, março/2020 e julho/2020), e nos pontos SUP-15, SUP-16 e SUP-17 no mês de agosto/2010.



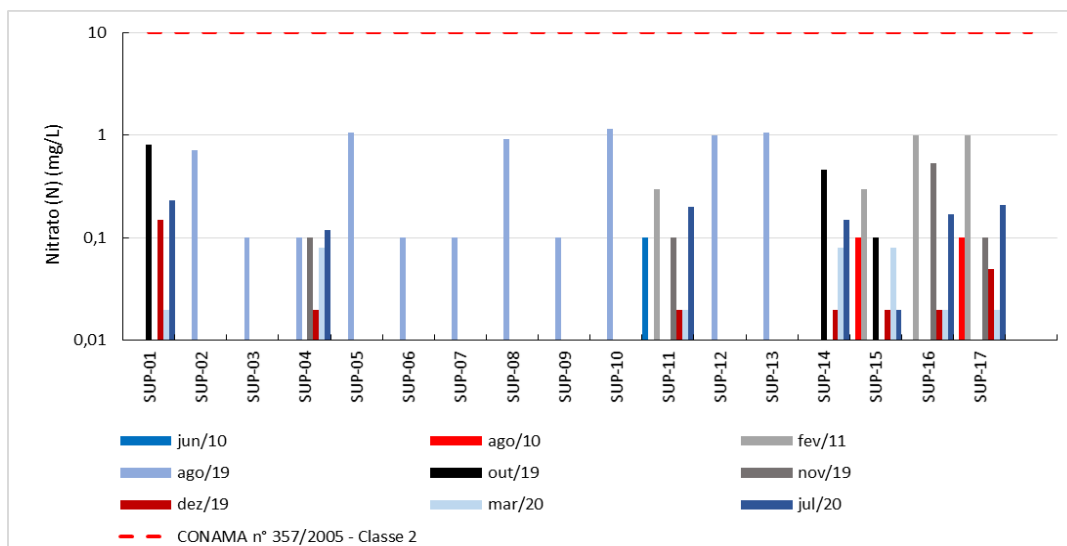
**Figura 10.1.133 - Concentração de oxigênio dissolvido (mg/L) nas águas superficiais na área de estudo do empreendimento. Linha pontilhada indica o valor de referência mínimo (5,0 mg/L) de OD preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces Classe 2.**

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021)

### 10.1.7.2.5.4.3 Nutrientes

#### Nitrato (N)

A menor concentração de nitrato registrada foi de 0,02mg/L (diversos pontos nos meses de dezembro/2019, março/2020) e a maior concentração de 1,16mg/L (SUP-10 em agosto/2019) (**Figura 10.1.133**) e média de  $0,29 \pm 0,36$  mg/L. Esses valores indicam para baixas concentrações de nitrato na área de estudo, nunca ultrapassando a referência estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces Classe 2 (10 mg/L). Além disso, há um indicativo para maiores concentrações no período de seca.

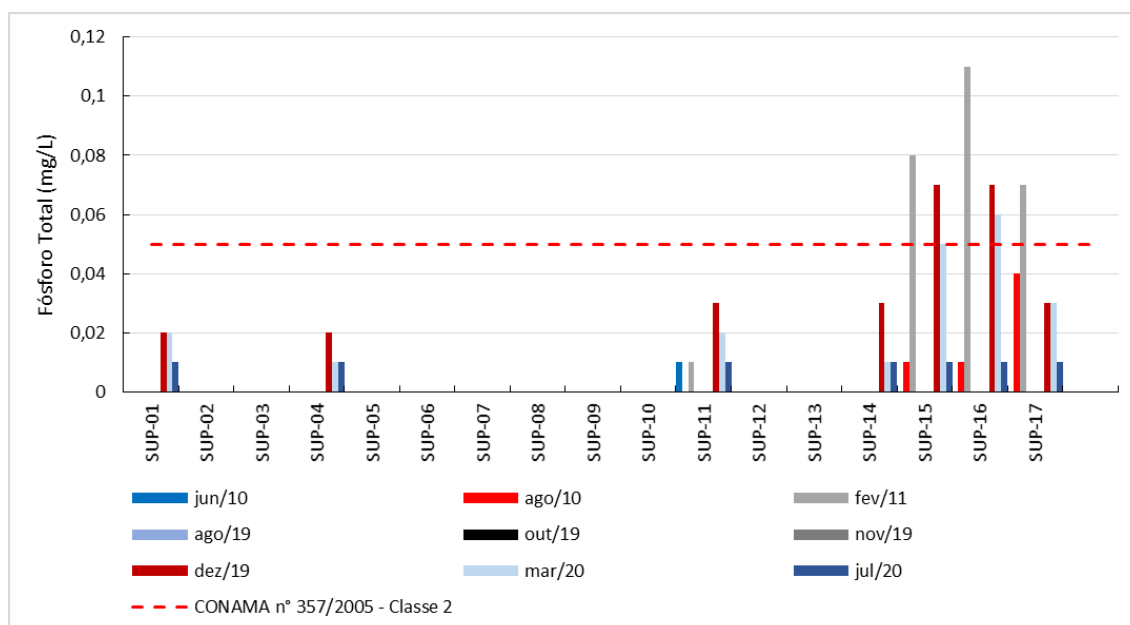


**Figura 10.1.134 - Concentração de nitrato (mg/L) nas águas superficiais na área de estudo do empreendimento.**  
 Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

### Fósforo total

A concentração média de fósforo total foi de  $0,03 \pm 0,03$  mg/L, com valor mínimo de 0,01 mg/L (observado principalmente no mês de julho/2020 em todos os pontos monitorados) e máximo de 0,11 mg/L (SUP-16 em fevereiro/2011) (**Figura 10.1.134**).

Uma vez que os pontos de monitoramento se referem a áreas lóxicas, o valor de referência é de 0,05 mg/L segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces Classe 2. Nesse sentido, foram observados seis casos acima desse valor de referência, principalmente me períodos de chuva (fevereiro/2011, dezembro/2019 e março/2020).



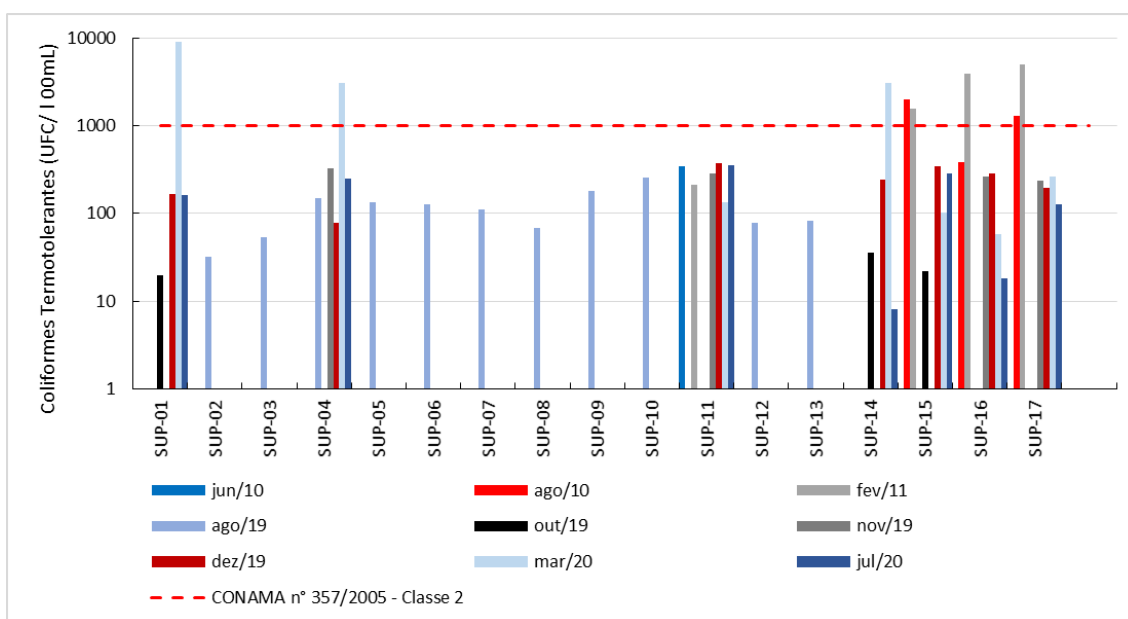
**Figura 10.1.135 - Concentração de fósforo total nas águas superficiais na área de estudo do empreendimento.**  
 Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº357/2005 para águas doces classe 2.

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

#### 10.1.7.2.5.4.4 Parâmetros Bacteriológicos e Matéria Orgânica

##### Coliformes termotolerantes

Os valores de coliformes termotolerantes variaram de 8 UFC/100mL (SUP-14 em julho/2020) a 9.100 UFC/100mL (SUP-01 em março/2020), tendo ultrapassado o valor de referência da Resolução CONAMA nº 357/2005 (1.000 UFC/100mL) em 08 (oito) observações, principalmente nos meses de agosto/2010 (duas observações), fevereiro/2011 (três observações) e março/2020 (quatro observações) (**Figura 10.1.135**). Estes dados indicam para uma maior concentração de coliformes termotolerantes em períodos de maior precipitação, refletindo em potenciais fontes de contaminação já existentes por esgoto doméstico na área de estudo.

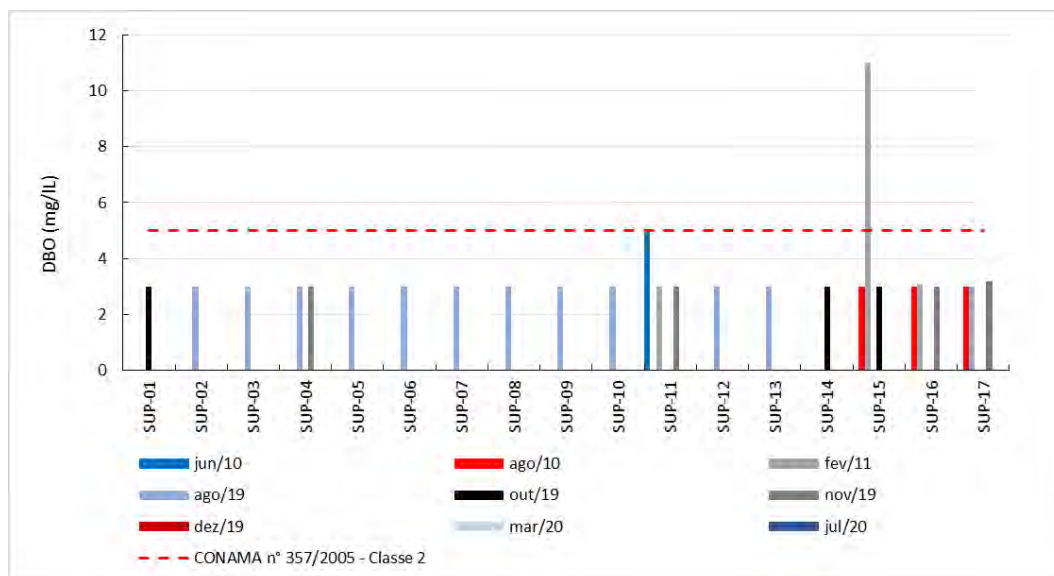


**Figura 10.1.136 - Concentração de coliformes termotolerantes nas águas superficiais na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2 (1000 UFC/100mL). Eixo da abcissa em escala logarítmica.**

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

##### Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Apenas quatro observações foram passíveis de quantificação no monitoramento de demanda bioquímica de oxigênio (limite de quantificação do método; LQ<3,0 mg/L). Destes, apenas um valor esteve acima da referência da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2 em SUP-11 (novembro/2019) atingindo a concentração de 11,0 mg/L e um valor equivalente ao valor de referência (5,0 mg/L) em SUP-06 (agosto/2019) (**Figura 10.1.136**). Portanto, as concentrações obtidas para o monitoramento de DBO em águas superficiais foram baixas.



**Figura 10.1.137 - Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L) nas águas superficiais na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2 (5,0 mg/L).**

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

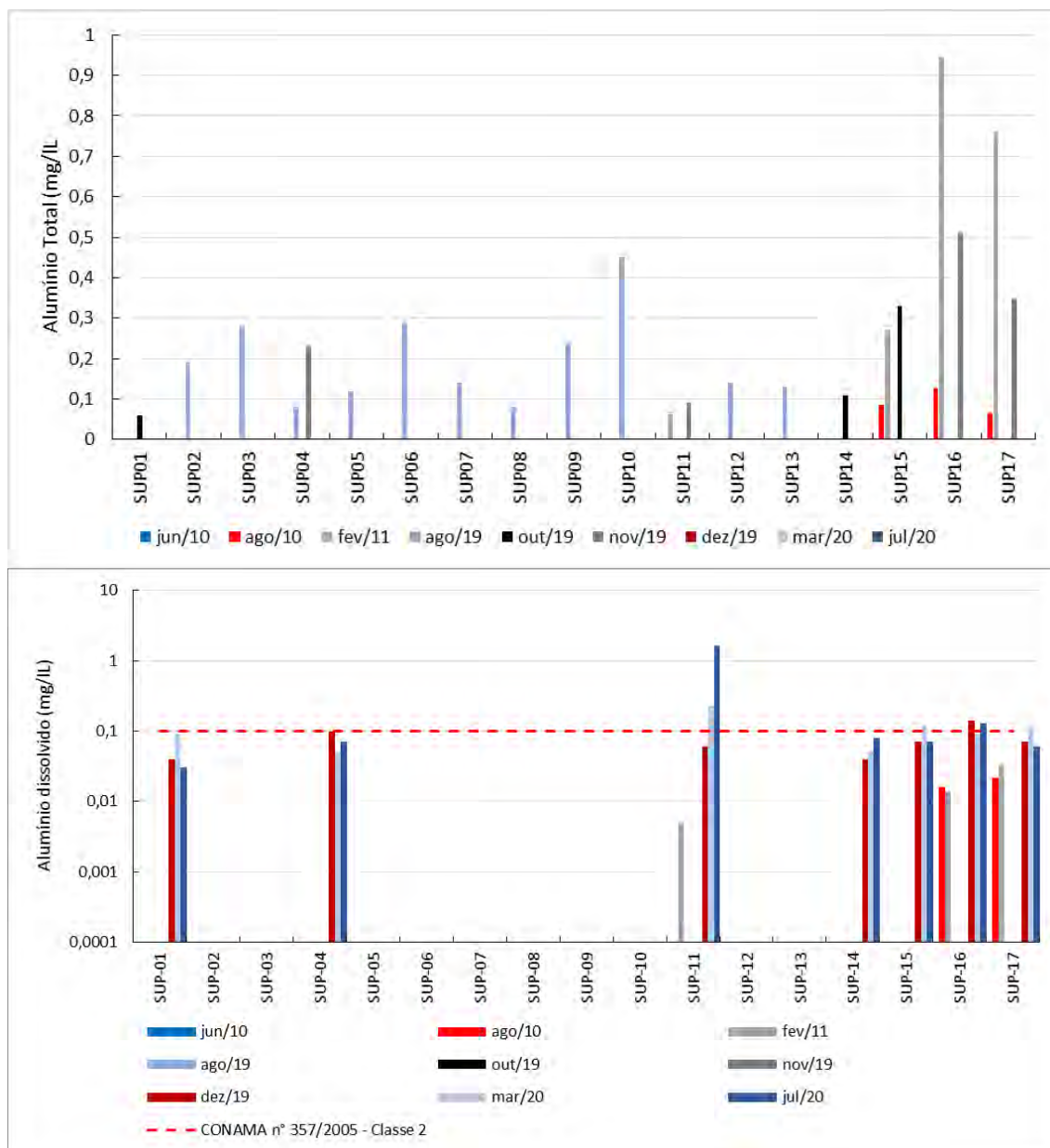
#### 10.1.7.2.5.4.5 Metais

Abaixo, serão apresentados os metais alumínio dissolvido, ferro dissolvido e manganês total monitorados na área de estudo local. Importante destacar de bário total foi monitorado também, no entanto, não apresentou valores acima da referência estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces Classe 2 (**ANEXO V**). Cobre dissolvido apresentou apenas uma ocorrência acima do limite estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005, em SUP-17 (igarapé Mutum) em julho/2020.

#### Alumínio total e dissolvido

As concentrações de alumínio dissolvido variaram do limite de detecção do método ( $LQ < 0,0001$  mg/L em SUP-15 em agosto/2010 e fevereiro/2011 e SUP-11 em junho/2010) a 1,62 mg/L (SUP-11 em julho/2020) e média de  $0,12 \pm 0,29$  mg/L (**Figura 10.1.137**). Já para alumínio total os valores obtidos referem-se a medições de junho/2010 a novembro/2019, tendo sido registrado concentração média de  $0,23 \pm 0,22$  mg/L e mínimo de 0,00019 mg/L (SUP-11 em junho/2010) e máximo de 0,95 mg/L (SUP-16 em fev/2011).

Os maiores valores foram registrados nas campanhas de dezembro/2019, março/2020 e julho/2020 para o ponto SUP-16, coincidindo com as maiores concentrações de alumínio total (**ANEXO V**). Além disso, maior número de ocorrência foi verificado nos meses de dezembro/2019 e março/2020, indicando uma possível relação com o período chuvoso. Dessa maneira, foram observados 07 (sete) valores acima da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2 (0,1 mg/L), representando 24,1% do total dos dados obtidos.



**Figura 10.1.138 - Alumínio total e dissolvido (mg/L) nas águas superficiais na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces classe 2 (0,1 mg/L).**

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

### Ferro total e dissolvido

As concentrações de ferro dissolvido extrapolaram em 86,2% dos dados observados durante o presente monitoramento (25 das 29 observações). O valor mínimo foi de 0,06 mg/L (SUP-15 em agosto/2010) e o maior valor de 11,1 mg/L (SUP-11 em julho/2020) (**Figura 10.1.138**). Este valor representa 37 vezes o valor de referência da Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces classe 2 (0,3 mg/L). Os maiores valores foram registrados no monitoramento realizado em 2019 e 2020, principalmente em período chuvoso.

Quando observado os valores de ferro total (**Figura 10.1.138; ANEXO V**), os maiores valores foram registrados nos pontos SUP-15, SUP-16 e SUP-17, sendo os dois primeiros localizados em região mais a jusante da área do futuro empreendimento, e o último no igarapé Mutum, onde não está sendo previsto impactos diretos ou indireto do empreendimento.

A elevada concentração deste metal indica uma importante contribuição regional, uma vez que ainda não foram realizadas intervenções na área ou atividades que justifiquem tais registros de forma generalizada nos pontos analisados.

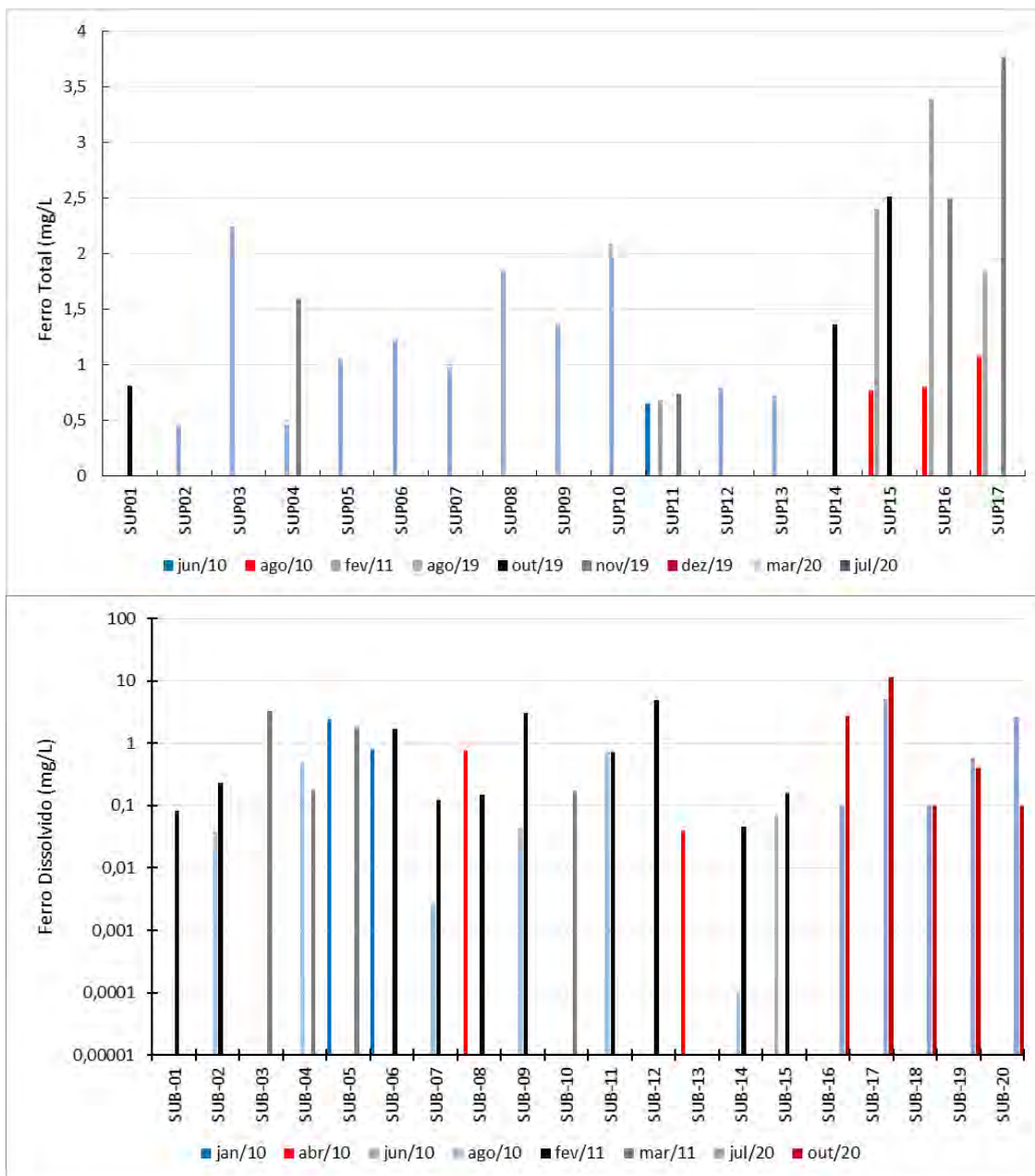


Figura 10.1.139 - Ferro total e dissolvido (mg/L) nas águas superficiais na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2 (0,3 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica.

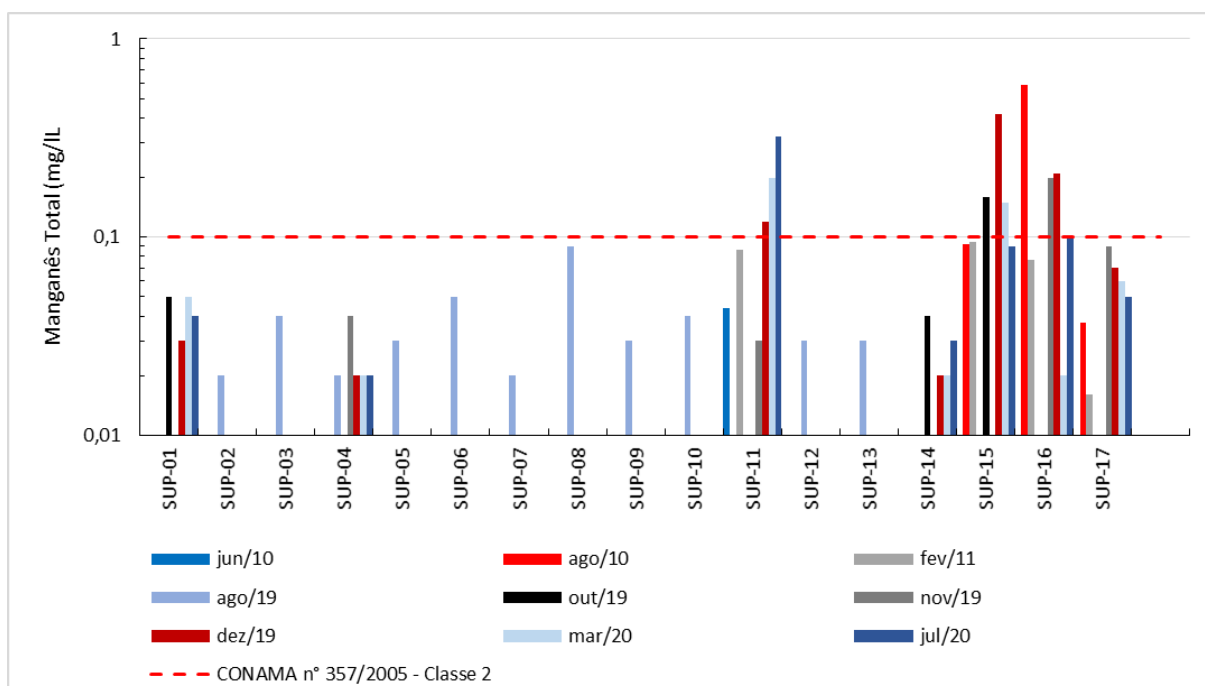
Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

### Manganês total

As concentrações de manganês total variaram de 0,016 mg/L (SUP-17 em fevereiro/2011) a 0,585 mg/L (SUP-16 em agosto/2010), com média de 0,087 ±0,11 mg/L (Figura 10.1.139).

As maiores concentrações, que extrapolaram o valor de referência da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2 foram observados principalmente nos pontos SUP-11, SUP-15 e SUP-16, tanto em

período de chuva quanto seca, representando 19% do conjunto total dos dados (9 observações de 47). A maior concentração registrada (0,585 mg/L) ultrapassa em aproximadamente 6 vezes a referida resolução.



**Figura 10.1.140 - Manganês total (mg/L) nas águas superficiais na área de estudo do empreendimento. Linha vermelha pontilhada representa valor de referência da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2 (0,1 mg/L). Eixo da abcissa em escala logarítmica.**

Fonte: MDGEO (2011) e Bicho do Mato (2021).

#### 10.1.7.2.5.4.6 Índice de Qualidade das Águas (IQA)

A partir dos dados do monitoramento de águas superficiais, foi calculado o índice de qualidade da água (IQA) para cada uma das amostragens, apresentado na **Tabela 10.1.63**. Os valores variaram de uma qualidade de água 28 (ruim) a 81 (ótima) e média de 62,9, resultando em uma qualidade de água média. Os resultados mais baixos foram obtidos no mês de fevereiro/2011, período chuvoso, enquanto os maiores resultados foram obtidos para o mês de julho/2020, período seco.

**Tabela 10.1.64-Índice de Qualidade de Água (IQA) para os pontos de águas superficiais na área de estudo do empreendimento. Legenda cores: laranja – IQA ruim; amarela – IQA médio; verde – IQA bom. (Fonte: calculado com base nos dados MDGEO, 2011 e Bicho do Mato, 2021).**

Ponto	IQA					
	06/2010	08/2010	02/2011	12/2019	03/2020	07/2020
SUP-01	-	-	-	69	55	71
SUP-04	-	-	-	75	65	72
SUP-11	67	-	43	65	67	56
SUP-14	-	-	-	68	65	81
SUP-15	-	58	34	67	73	72
SUP-16	-	64	28	64	72	74
SUP-17	-	59	33	67	67	72

#### **10.1.7.2.5.5 Capacidade de suporte de carga do corpo d'água receptor**

Os corpos hídricos localizados na área diretamente afetada pelo empreendimento serão caracterizados como corpos receptores dos efluentes gerados pelo empreendimento. Atualmente, conforme apresentado pelo diagnóstico de socioeconomia da área do empreendimento, existem pequenas moradias e propriedades rurais com potencial de gerar efluentes domésticos tratado por fossas na área de entorno.

Especificamente sobre o empreendimento, há previsão de lançamento de efluentes nos corpos receptores, buscando manter e atender as concentrações referentes à Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2, tendo como referência os dados pretéritos obtidos durante o diagnóstico ambiental. Nessa perspectiva, destaca-se a importância da manutenção em realizar as análises de qualidade de água nos seus mais diversos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos conforme as diretrizes estabelecidas pela ABNT NBR 9897 – Caracterização de cargas poluidoras na mineração – Procedimento para cursos d'água Classe 2 e analisado por laboratório acreditado pelo INMETRO, segundo ABNT NBR ISO/IEC 17025 (CRL 0386).

Foi definido um ponto como lançamento de efluentes (SUP-09) onde foram realizadas análise completas de qualidade de água superficial. As campanhas ocorreram em período de chuva (janeiro/2021 e fevereiro/2022) e seca (agosto/2019 e julho/2021) para a realização de uma campanha prévia para *baseline* no futuro ponto de lançamento. Os dados com concentrações quantificadas são apresentados na **Tabela 10.1.64**. Todos os dados analisados estão apresentados no **ANEXO A**.



**Tabela 10.1.65-Resultados analíticos dos dados monitorados no futuro ponto de lançamento de efluentes. Destaque em negrito para valores acima do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces Classe 2.**

Parâmetro	24/08/2019	12/01/2021	22/07/2021	04/02/2022
Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	26,3	NA	NA	NA
Alumínio total (mg/L)	0,24	NA	NA	NA
Alumínio dissolvido (mg/L)	NA	0,15	<0,02	0,08
Bário Total (mg/L)	0,05	0,03	0,04	0,04
Bicarbonato (mg HCO <sub>3</sub> /L)	32	NA	NA	NA
Cálcio total (mg/L)	2,74	NA	NA	NA
Cianobactérias (cél/mL)	NA	<1	105,05	<1
Cloreto (mg/L)	6,77	2,11	2,38	2,07
Cloro residual Livre	2,11	0,16	<0,03	0,03
Clorofila a (µg/L)	NA	1,07	1,07	1,16
Coliformes termotolerantes (UFC/100 mL)	182	58	148	<1
Condutividade elétrica (µS/cm)	85,7	NA	NA	NA
Cor verdadeira (mg Pt/L)	43	37	24	31
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	20,7	NA	NA	NA
Enterococos/Estreptococos (UFC/100mL)	88	NA	NA	NA
E.coli (NMP/100mL)	770	NA	NA	NA
Ferro total (mg/L)	1,36	NA	NA	NA
Ferro dissolvido (mg/L)	NA	1,42	0,79	1,01
Fluoreto (mg/L)	0,72	<0,05	<0,05	0,19
Fósforo total (mg/L)	NA	0,02	0,09	0,06
Magnésio total (mg/L)	3,36	NA	NA	NA
Manganês total (mg/L)	0,03	0,05	0,03	0,03
Nitrato (mg/L)	<0,1	0,05	0,18	<0,02
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	NA	0,24	0,22	NA
Óleos e graxas visíveis	<2,5	Ausente	Ausente	Ausente
pH	7,1	6,85	7,52	6,98
Potássio total (mg/L)	3,77	NA	NA	NA
Sódio total (mg/L)	2,64	NA	NA	NA
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	55,3	35,5	44,5	48
Turbidez (NTU)	29,9	16,6	9,57	17,5

A partir do monitoramento realizado ao longo de um ciclo hidrológico permitiu evidenciar valores em acordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces Classe 2, com exceção de ferro dissolvido e alumínio dissolvido (**Tabela 10.1.64**). As concentrações de ferro dissolvido estiveram 2 a 5 vezes acima da referida Resolução (0,3mg/L) ao longo do monitoramento, enquanto para alumínio (0,1mg/L), 1,5 vez, indicando que as águas superficiais já apresentam elevada concentração desses parâmetros antes da instalação do empreendimento.

### 10.1.7.3 Usos das águas superficiais e/ou subterrâneas

O levantamento de usos superficiais e subterrâneos na área do empreendimento, permitiu identificar 48 (quarenta e oito) cadastros, com captação tipificada em poço, nascente, fio d'água e represa, podendo haver mais de um tipo de captação em um cadastro (**Tabela 10.1.65**). Dentre os usos observados para as águas superficiais na AEL estiveram o consumo humano, dessedentação animal, pesca artesanal e recreação, ainda com presença de açudes na porção norte, relacionados à atividade pecuária.

Também foram observadas captação de água de baixas vazões, destinadas a abastecimento humano e dessedentação animal em grande parte dos usuários de pequenas e médias propriedades rurais. Segundo o cadastro de usuários, as captações ocorrem principalmente através de poços tubulares destinados ao abastecimento humano (**Tabela 10.1.65**)

Tabela 10.1.66-Cadastro ("Cad") de usuários na Área de Estudo Local e entorno, com suas respectivas coordenadas e características físicas e químicas como temperatura do ar (T ar); temperatura da água (T água), condutividade elétrica (Cond), potencial hidrogeniônico (pH), potencial redox (Eh), profundidade do poço (Prof) e cota do poço (cota poço)

Identificação			Localização						Parâmetros da captação						
Ponto	Proprietário*	Tipo de Captação	Local	Coordenadas Métricas (SIRGAS 2000 22S)		Coordenadas Geográficas (Datum Sirgas 2000)		Cota	T ar (°C)	T água (°C)	Cond. (µS/cm)	pH	Eh	Prof. NA (m)	Cota poço A (m)
				Lat.	Long.	Lat.	Long.								
Cad_01	V.L.	Captação a fio d'água	AEL	9281789	470130	-6,50	-51,27	232	31,1	26	167	6,5	149	-	-
Cad_02	M.G.A.	Nascente	Fora das Áreas de Estudo	9284739	468864	-6,47	-51,28	235	33,5	26,6	86	5,75	101	-	-
Cad_03	S.G.R.	Nascente	Fora das Áreas de Estudo	9283737	468772	-6,48	-51,28	241	34	28,7	187	6,23	120	-	-
Cad_04	Dr. C.	Poço escavado	AER	9292503	475664	-6,40	-51,22	256	27,8	27,2	90	-	207	4,73	251,27
Cad_05	S.S.L.	Poço escavado	AER	9290402	477051	-6,42	-51,21	251	32	28,4	126	6,14	221	15	236
Cad_06	A.	Nascente	AER	9289989	474203	-6,42	-51,23	255	30,5	28,5	188	6,7	194	2,5	252,5
Cad_07	I.A.L.	Poço escavado	AER	9286989	471411	-6,45	-51,26	237	29,5	26,9	124	6,2	164	-	-
Cad_08	R.J.D.	Captação a fio d'água / Nascente	AEL	9286140	472628	-6,46	-51,25	235	26,7	27,6	153	7,4	149	-	-
Cad_09	J.F.S	Nascente / poço escavado	AER	9285991	471323	-6,46	-51,26	242	28,6	25,5	20	6,8	-	-	-
Cad_10	M.A.S	Poço escavado	AER	9286021	471696	-6,46	-51,26	242	29,5	26,3	20	5,65	262	4	238
Cad_11	S.C.S.	Poço escavado	AER	9286269	471009	-6,46	-51,26	242	29,3	25,7	90	5,67	261	5	237
Cad_12	D.R.S.	Nascente / poço escavado	Fora das Áreas de Estudo	9286585	469977	-6,45	-51,27	248	30	26,7	55	5,71	263	0,6	247,4
Cad_13	C.M.M.	Poço escavado	AER	9289299	478811	-6,43	-51,19	255	32	31,5	61	5,32	284	4,05	250,95
Cad_14	G.R.P. (falecido)	Poço escavado	AER	9285893	470967	-6,46	-51,26	238	32	26,1	67	6,2	198	2,5	235,5
Cad_15	A.J.B.	Poço escavado	AER	9282160	469662	-6,49	-51,27	221	26	25,9	37	5,6	215	5	216
Cad_16	J.E.O.	Represa	Fora das Áreas de Estudo	9284739	468864	-6,47	-51,28	235	33,5	26,6	86	5,75	101	-	-
Cad_17	M.G.B.	Poço escavado	AER	9283337	468960	-6,48	-51,28	253	25	27,7	31	5,45	224	7	246
Cad_18	G.S.A.	Poço escavado	AER	9282962	469169	-6,49	-51,28	245	29	26	48	6,2	256	7	238
Cad_19	V.	Poço escavado	AEL	9283870	472184	-6,48	-51,25	236	31	27,3	61	6,4	231	5	231
Cad_20	O.S.S.	Poço escavado	AEL	9284345	473195	-6,47	-51,24	239	30,5	30,4	60	5,9	219	3	236
Cad_22	P.M.J.	Poço escavado	AEL	9286596	478252	-6,45	-51,20	261	31,5	32,7	97	6,07	211	4	257
Cad_23	O.	Nascente	AEL	9281410	470845	-6,50	-51,26	-	28,5	27	109	6,45	191	-	-
Cad_24	D.L.	Nascente	AEL	9281410	470845	-6,50	-51,26	-	28,5	27	109	6,45	191	-	-
Cad_25	G.	Poço escavado	AEL	9281064	470010	-6,50	-51,27	235	31,5	27,4	306	7,04	-93	4	231
Cad_26	W.R.R.	Poço escavado	AEL	9282845	471221	-6,49	-51,26	240	31,8	27	198	6,96	146	4	236
Cad_27	B.P.S.	Poço escavado	AEL	9287236	477827	-6,45	-51,20	268	32,5	25,7	128	6,42	181	2,5	265,5
Cad_28	B.P.S.	Represa / poço escavado	AER	9288211	478509	-6,44	-51,19	265	30,5	26,4	535	6,71	219	3,5	261,5
Cad_30	A.C.D.	Represa / poço escavado	AEL	9285666	479683	-6,46	-51,18	281	31	26,6	885	7,1	223	-	-
Cad_31	S.L.L.	Represa / poço escavado	AER	9284473	482127	-6,47	-51,16	282	33	30	118	7	196	2,5	279,5
Cad_32	M.F.F.	Poço escavado	AEL	9286840	481372	-6,45	-51,17	274	26	30	34	5,8	231	10	264
Cad_33	N.P.R.S.	Nascente	AER	9288458	482751	-6,44	-51,16	283	26,5	25,7	93	6,2	113	-	-
Cad_34	S.R.V.	Represa / poço escavado	AER	9287911	482755	-6,44	-51,16	316	30,1	28,4	212	7,02	185	-	-
Cad_35	I.O.	Represa / poço escavado	Fora das Áreas de Estudo	9288199	484849	-6,44	-51,14	306	35,2	28,6	281	6,36	177	5	301
Cad_36	J.P.C.	Poço escavado	AER	9287102	484622	-6,45	-51,14	307	31	25,4	107	6,65	192	2	305
Cad_37	P.C.T.J.A.T.	Poço escavado	AER	9283015	485460	-6,49	-51,13	283	33,1	28,3	51	5,85	197	-	-

Identificação			Localização					Parâmetros da captação							
Ponto	Proprietário*	Tipo de Captação	Local	Coordenadas Métricas (SIRGAS 2000 22S)		Coordenadas Geográficas (Datum Sirgas 2000)		Cota	T ar (°C)	T água (°C)	Cond. (µS/cm)	pH	Eh	Prof. NA (m)	Cota poço A (m)
				Lat.	Long.	Lat.	Long.								
Cad_39	D.G.	Poço escavado	AEL	9286464	481240	-6,46	-51,17	276	29,2	28,7	232	6,25	224	3	273
Cad_40	D.M.C.	Poço escavado	AER	9286559	483125	-6,45	-51,15	292	31	25,9	94	6,8	237	4,5	287,5
Cad_41	A.N.G.	Captação a fio d'água	AEL	9286052	481087	-	-	291	35	30,5	206	7,63	182	-	-
Cad_43	W.A.S.	Ladeira Vermelha (Caminhão)	AER	9285341	470891	-	-	236	-	-	-	-	-	-	-
Cad_44	J.P.A.	Represa / poço escavado	AER	9287614	472104	-	-	245	-	-	-	-	-	-	-
Cad_45	D.D.S.	Represa / poço escavado	AER	9287388	472620	-	-	246	-	-	-	-	-	-	-
Cad_47	E.M.C.	Nascente	AEL	9280773	474018	-	-	303	36,7	27,1	72	5,63	202	-	-
Cad_48	P.G.	Nascente	AEL	9282641	473663	-	-	277	29	24,9	67	5,81	117	-	-

Fonte: BICHO DO MATO, 2021.

Em consulta ao site da Agência Nacional de Águas (ANA, 2022) para o cadastro nacional de usuários de recursos hídricos não foi identificado o registro de outorgas, tanto para Área de Estudo Regional quanto para a Área de Estudo Local. Os registros mais próximos obtidos estão localizados tangencialmente ao rio Fresco, próximo à sede municipal de São Félix do Xingu.

Em levantamento de dados, verificou-se a existência de duas outorgas para águas superficiais válidas na AER, ambas para atividades da VALE S.A no rio Cateté (bacia hidrográfica externa à da área do empreendimento), sendo uma para 504 m<sup>3</sup>/dia (5,8 L/s) e 1424,48 m<sup>3</sup>/dia (L/s), sendo estes os principais usuários da região (Mina Onça Puma) (**Figura 10.1.140**).

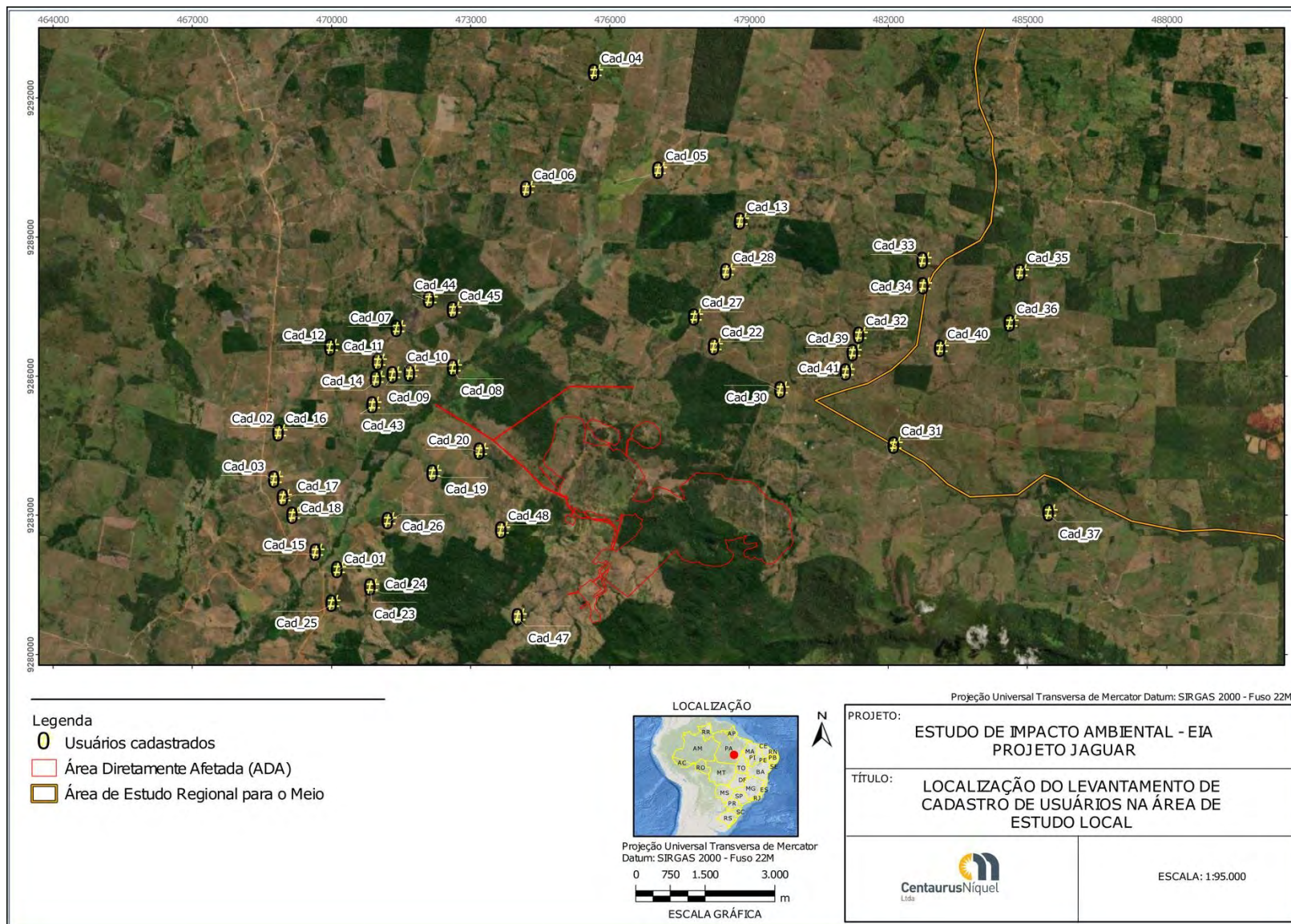


Figura 10.1.141 - Localização do levantamento de cadastro de usuários na área de estudo local.

## 10.1.8 Patrimônio espeleológico

### 10.1.8.1 Introdução

O presente relatório traz os resultados da avaliação do patrimônio espeleológico nas áreas de estudo do Projeto Jaguar, localizado na porção sudoeste da Província Mineral de Carajás, no Estado do Pará. O diagnóstico de espeleologia foi elaborado com objetivo de atender aos critérios exigidos pelo órgão ambiental licenciador, SEMAS (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade), no âmbito da interferência com o patrimônio espeleológico regional, em consonância à Instrução Normativa MMA nº 2/2017 e o Decreto nº 10.935, de 12/01/2022.

Dessa forma, o objetivo do levantamento espeleológico foi verificar a possibilidade de existência de cavidades inseridas nos limites da área de estudo, com vistas ao atendimento das diretrizes legais referentes ao processo de licenciamento ambiental.

### 10.1.8.2 Metodologia

A avaliação do potencial espeleológico das áreas de estudo do Projeto Jaguar se deu a partir da consulta às bases de dados oficiais que registram as cavidades naturais e da análise do potencial espeleológico das litologias que compõem as unidades litoestratigráficas da área do empreendimento. Mais precisamente, essa pesquisa foi realizada através da consulta a base de dados do Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE), cujo suporte e gestão é realizado pelo CECAV, e a base do Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC), mantido pela SBE, assim como foram avaliados os dados do Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil (JANSEN *et al*, 2012)

Em complementação ao levantamento de dados secundários, foram avaliados os resultados do levantamento de dados primários realizados na área do Projeto Jaguar executado pela empresa CARSTE Consultores Associados em 2012 (CARSTE, 2012). Os estudos de prospecção espeleológica desenvolvidos pela Carste (2012) apresentam um conjunto de dados geoespeleológicos, bioespeleológicos, além da análise de relevância de 19 cavidades naturais subterrâneas que foram identificadas na área de prospecção.

### 10.1.8.3 Legislação pertinente

No que se refere aos aspectos de legislação nacional, em primeiro lugar é importante destacar que as cavidades naturais configuram bens de posse da União, conforme expresso na Constituição Federal de 1988, em seu Art.20 inciso X “São bens da União: As cavidades naturais subterrâneas e os sítios arqueológicos e pré-históricos”.

Em função da sua relevância sociocultural, econômica e ambiental, a Constituição Federal de 1998, define no Artigo 216 que os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico são patrimônio cultural brasileiro e, por isso, devem ser alvo de fiscalização, sob a premissa de que todos possuem o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, conforme estipulado no Art. 225 da Constituição Federal de 1998.

Sendo assim, existem as seguintes leis que viabilizam a preservação das cavidades naturais nos aspectos cultural, econômico e ambiental no território nacional:

- Resolução CONAMA nº 009 de 24/01/1986 - Dispõe sobre a criação de Comissão Especial para estudos do Patrimônio Espeleológico.

- Decreto nº 99.556, de 01/10/1990 - Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e dá outras providências.
- Portaria IBAMA nº 887 de 15/06/1990 - Dispõe sobre o uso das cavidades subterrâneas, entre outros.
- Resolução CONAMA nº 237 de 19/12/1997 - Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental.
- Lei nº 9.605, de 12/12/1998 - Dispõe sobre sanções penais a danos ao meio ambiente.
- Lei nº 9.985, de 18/07/2000 - Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC.
- Portaria MMA nº 81, de 26/02/2002 - Institui um Grupo de Trabalho para rever Portarias Conama referente ao patrimônio Espeleológico.
- Resolução CONAMA nº 347 de 10/09/2004 - Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico.
- Decreto Federal nº 6.640, de 07/11/2008 - Dá nova redação aos Arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os Arts. 5-A e 5-B ao Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional.
- Decreto Federal nº 10.935, de 12/01/2022. Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional.
- Portaria ICMBio nº 078 de 03/09/2009 - Cria o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - CECAV.
- Portaria MMA nº 358 de 30/09/2009 - Institui o Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico.
- Instrução Normativa ICMBio nº 25, de 12/04/2012 - Disciplina os procedimentos de planos de ação nacionais para conservação de espécies ameaçadas de extinção ou do patrimônio espeleológico.
- Instrução Normativa ICMBio nº 3, de 01/09/2014 - Fixar normas para a utilização do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBio.
- Instrução Normativa ICMBio nº 7, de 10/11/2014 - Estabelece procedimentos para licenciamentos e autorização de pesquisa em Unidades de Conservação Federais e suas Áreas de Amortecimento, incluindo cavernas.
- Portaria Interministerial nº 30, de 24/03/2015 - Estabelece procedimentos para órgãos envolvidos em processo de licenciamento de competência do IBAMA.
- Instrução Normativa/ICMBio nº 01, de 24/01/2017 - Estabelece procedimentos para definição de outras formas de compensação ao impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea com grau de relevância alto, conforme previsto no Art. 4º, § 3º do Decreto nº 99.556, de 1º outubro de 1990.
- Instrução Normativa MMA nº 2, de 30/08/2017 - Define a metodologia para classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas, conforme previsto no Art.5º do Decreto 99.556/1990.



- Instrução Normativa ICMBio nº 4, de 20/09/2017 - Acrescenta o Art. 5-A e modifica o Art. 6 da Instrução Normativa nº 1, de 24 de janeiro de 2017.

Da legislação supracitada, cabe destacar os seguintes aspectos normativos:

- A Resolução CONAMA nº 347/2004 estabelece no Art. 4º que a localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades, considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores do patrimônio espeleológico ou de sua área de influência, dependerão de prévio licenciamento pelo órgão ambiental competente, nos termos da legislação vigente.
- A Resolução CONAMA nº 347/2004 ainda estabelece um raio mínimo de 250 m, a partir da projeção horizontal da caverna, que compreende elementos do ecossistema cavernícola e sua interligação com o ambiente externo, responsáveis pela manutenção da integridade física e equilíbrio ecológico.

Apesar das competências e atribuições do ICMBio e do Cecav nos processos de regulação do patrimônio espeleológico, a mesma Resolução CONAMA nº 347/2004, no tocante ao licenciamento ambiental, versa sobre o patrimônio espeleológico nacional e estabelece que o órgão ambiental competente pelo licenciamento do empreendimento ou atividade é responsável por analisar os estudos espeleológicos e avaliar o grau de impacto ao patrimônio espeleológico afetado.

#### 10.1.8.4 Patrimônio espeleológico na Área de Estudo Regional

De acordo com as bases investigadas CANIE/CECAV pertencente ao ICMBio e CNC, pertencente a SBE, é possível avaliar que o Brasil possui um enorme potencial espeleológico. Estima-se que possam existir mais de 100.000 cavernas em todo território nacional, porém pouco se conhece desse rico patrimônio, em que apenas 22.858 cavidades estão registradas na base CANIE/CECAV e 8.278 na base CNC/SBE.

A avaliação de ambas as bases indica que as unidades da Federação com maior número de cavernas registradas no Brasil são: Minas Gerais, Bahia e Pará. A Figura 10.1.141 apresenta a relação das unidades da Federação com maior representatividade quantitativa em ambas as bases pesquisadas. Na principal base de dados cavernícolas do Brasil, o CANIE, o estado do Pará possui representatividade, sendo o segundo estado com maior número de cavidades registradas.

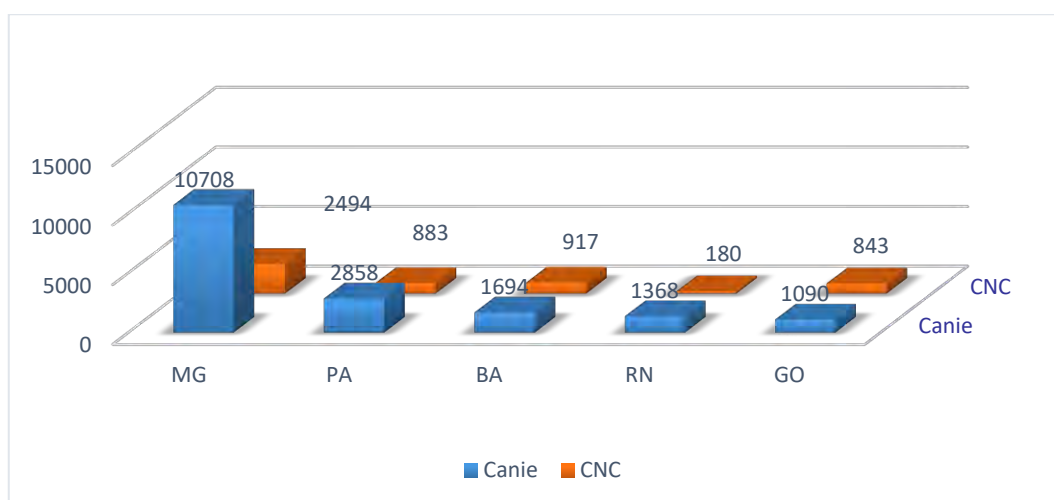


Figura 10.1.142 - Relação quantitativa de cavidades registradas por estado no Brasil.

Fonte: CANIE/CNC (2022).

No que se refere às ocorrências espeleológicas na AER do Projeto Jaguar, cabe destacar que, de acordo com a base de dados do CECAV e CNC, ainda não havia sido registrada nenhuma cavidade natural cadastrada nas bases oficiais. A cavidade natural mais próxima registrada na base de dados do CECAV está a mais de 30km

de distância para oeste, denominada Caverna SFX-0017 (código CANIE 026218.00030.15.07300), localizada nas coordenadas: S 6°25'41.41"; W 51°32'54.48", fora da AER.

Com relação ao município de São Félix do Xingu, onde será implantado o empreendimento, cabe destacar que foram identificadas 88 cavidades naturais cadastradas na base de dados do CECAV, todas fora da AER, conforme apresentado na **Tabela 10.1.66**.

**Tabela 10.1.67-Cavidades registradas no município de São Félix do Xingu/PA.**

Código CANIE	Cavidade	Coordenadas Métricas (SIRGAS 2000 - 22S)		Coordenadas Geográficas (SIRGAS 2000)		Altitude (m)
		Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	
026189.00001.15.07300	SFX-0001	9290293	406290	-6,42	-51,85	622
026190.00002.15.07300	SFX-0002	9290327	406301	-6,42	-51,85	637
026191.00003.15.07300	SFX-0003	9290402	406312	-6,42	-51,85	625
026192.00004.15.07300	SFX-0005	9290739	406267	-6,42	-51,85	641
026193.00005.15.07300	SFX-0006	9290779	406178	-6,42	-51,85	621
026194.00006.15.07300	SFX-0007	9288986	405971	-6,43	-51,85	507
026195.00007.15.07300	SFX-0008	9288988	406004	-6,43	-51,85	502
026196.00008.15.07300	SFX-0009	9288837	406137	-6,43	-51,85	478
026197.00009.15.07300	SFX-0020	9293222	403686	-6,39	-51,87	649
026198.00010.15.07300	SFX-0021	9293234	403708	-6,39	-51,87	650
026199.00011.15.07300	SFX-0051	9292251	399628	-6,40	-51,91	514
026200.00012.15.07300	SFX-0052	9292380	399551	-6,40	-51,91	565
026201.00013.15.07300	SFX-0053	9292405	399551	-6,40	-51,91	551
026202.00014.15.07300	SFX-0054	9293988	401649	-6,39	-51,89	740
026203.00015.15.07300	SFX-0055	9293995	401528	-6,39	-51,89	718
026204.00016.15.07300	SFX-0056	9292458	400137	-6,40	-51,90	568
026205.00017.15.07300	SFX-0057	9292297	400226	-6,40	-51,90	522
026206.00018.15.07300	SFX-0058	9292447	400137	-6,40	-51,90	562
026207.00019.15.07300	SFX-0059	9292493	400148	-6,40	-51,90	583
026208.00020.15.07300	SFX-0060	9292519	400126	-6,40	-51,90	585
026209.00021.15.07300	SFX-0010	9288837	406115	-6,43	-51,85	486
026210.00022.15.07300	SFX-0022	9293330	403520	-6,39	-51,87	651
026211.00023.15.07300	SFX-0061	9292435	400137	-6,40	-51,90	575
026212.00024.15.07300	SFX-0011	9288919	406038	-6,43	-51,85	469
026213.00025.15.07300	SFX-0012	9288961	406026	-6,43	-51,85	502
026214.00026.15.07300	SFX-0013	9288684	406823	-6,43	-51,84	320
026215.00027.15.07300	SFX-0014	9289007	406314	-6,43	-51,85	472
026216.00028.15.07300	SFX-0015	9288986	406314	-6,43	-51,85	453
026217.00029.15.07300	SFX-0016	9289370	406369	-6,43	-51,85	523
026218.00030.15.07300	SFX-0017	9289432	439346	-6,43	-51,55	525
026219.00031.15.07300	SFX-0018	9289398	406402	-6,43	-51,85	505
026220.00032.15.07300	SFX-0023	9293426	403420	-6,39	-51,87	659

Código CANIE	Cavidade	Coordenadas Métricas (SIRGAS 2000 - 22S)		Coordenadas Geográficas (SIRGAS 2000)		Altitude (m)
		Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	
026221.00033.15.07300	SFX-0024	9293492	403298	-6,39	-51,87	645
026222.00034.15.07300	SFX-0025	9293505	403254	-6,39	-51,87	641
026223.00035.15.07300	SFX-0062	9292806	401364	-6,40	-51,89	573
026224.00036.15.07300	SFX-0063	9292803	401364	-6,40	-51,89	565
026225.00037.15.07300	SFX-0064	9292968	401507	-6,40	-51,89	568
026226.00038.15.07300	SFX-0065	9293880	399946	-6,39	-51,90	642
026227.00039.15.07300	SFX-0066	9293843	399858	-6,39	-51,91	635
026228.00040.15.07300	SFX-0019	9289584	405871	-6,43	-51,85	582
026229.00041.15.07300	SFX-0026	9293541	403187	-6,39	-51,88	642
026230.00042.15.07300	SFX-0027	9293509	403099	-6,39	-51,88	652
026231.00043.15.07300	SFX-0028	9293504	403066	-6,39	-51,88	661
026232.00044.15.07300	SFX-0029	9293494	403044	-6,39	-51,88	651
026233.00045.15.07300	SFX-0030	9236177	403068	-6,91	-51,88	639
026234.00046.15.07300	SFX-0031	9293560	402944	-6,39	-51,88	628
026235.00047.15.07300	SFX-0032	9293561	402944	-6,39	-51,88	632
026236.00048.15.07300	SFX-0033	9293573	402966	-6,39	-51,88	610
026237.00049.15.07300	SFX-0034	9238454	402865	-6,89	-51,88	657
026238.00050.15.07300	SFX-0035	9293126	401651	-6,39	-51,89	583
026239.00051.15.07300	SFX-0036	9293108	401662	-6,39	-51,89	606
026240.00052.15.07300	SFX-0067	9293905	399791	-6,39	-51,91	639
026241.00053.15.07300	SFX-0068	9293907	399791	-6,39	-51,91	644
026242.00054.15.07300	SFX-0069	9292476	399705	-6,40	-51,91	557
026243.00055.15.07300	SFX-0070	9290003	406699	-6,42	-51,84	620
026244.00056.15.07300	SFX-0075	9289887	406777	-6,42	-51,84	538
026245.00057.15.07300	SFX-0076	9289519	406501	-6,43	-51,85	541
026246.00058.15.07300	SFX-0077	9289523	406943	-6,43	-51,84	519
026247.00059.15.07300	SFX-0037	9292868	401585	-6,40	-51,89	558
026248.00060.15.07300	SFX-0038	9292783	401585	-6,40	-51,89	541
026249.00061.15.07300	SFX-0039	9292773	400612	-6,40	-51,90	540
026250.00062.15.07300	SFX-0040	9292761	401618	-6,40	-51,89	536
026251.00063.15.07300	SFX-0041	9292751	401629	-6,40	-51,89	529
026252.00064.15.07300	SFX-0042	9292766	401640	-6,40	-51,89	530
026253.00065.15.07300	SFX-0043	9292517	401641	-6,40	-51,89	539
026254.00066.15.07300	SFX-0044	9292564	401541	-6,40	-51,89	519
026255.00067.15.07300	SFX-0045	9292776	401596	-6,40	-51,89	541
026256.00068.15.07300	SFX-0046	9292788	401408	-6,40	-51,89	559
026257.00069.15.07300	SFX-0047	9292554	400889	-6,40	-51,90	613
026258.00070.15.07300	SFX-0048	9292535	401044	-6,40	-51,89	605
026259.00071.15.07300	SFX-0049	9292304	400314	-6,40	-51,90	526
026260.00072.15.07300	SFX-0071	9295965	411910	-6,37	-51,80	560

Código CANIE	Cavidade	Coordenadas Métricas (SIRGAS 2000 - 22S)		Coordenadas Geográficas (SIRGAS 2000)		Altitude (m)
		Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	
026261.00073.15.07300	SFX-0072	9290005	406721	-6,42	-51,84	609
026262.00074.15.07300	SFX-0073	9289956	406744	-6,42	-51,84	585
026263.00075.15.07300	SFX-0074	9289911	406755	-6,42	-51,84	563
026264.00076.15.07300	SFX-0078	9289092	406258	-6,43	-51,85	506
026265.00077.15.07300	SFX-0079	9295221	413061	-6,38	-51,79	509
026266.00078.15.07300	SFX-0080	9295065	413283	-6,38	-51,78	468
026267.00079.15.07300	SFX-0081	9295073	413183	-6,38	-51,79	484
026268.00080.15.07300	SFX-0082	9295038	413217	-6,38	-51,78	467
026269.00081.15.07300	SFX-0083	9295028	413261	-6,38	-51,78	471
026270.00082.15.07300	SFX-0084	9295005	413294	-6,38	-51,78	444
026271.00083.15.07300	SFX-0085	9294881	413383	-6,38	-51,78	416
026272.00084.15.07300	SFX-0086	9294871	413394	-6,38	-51,78	424
026273.00085.15.07300	SFX-0087	9294970	413294	-6,38	-51,78	443
026274.00086.15.07300	SFX-0088	9294718	413261	-6,38	-51,78	442
026275.00087.15.07300	SFX-0089	9294617	413217	-6,38	-51,78	410
026276.00088.15.07300	SFX-0090	9295078	413272	-6,38	-51,78	463

Fonte: Canie/CECAV (2022).

No que se refere ao grau de potencialidade de ocorrência de cavernas, de acordo com a classificação estabelecida por Jansen *et al.* (2012) a AER é classificada com potencial baixo de ocorrência de cavernas, conforme pode ser observado na **Figura 10.1.142**. Essa classe foi definida de acordo com as características litológicas, conforme pode ser observado na **Tabela 10.1.67**, em função do predomínio de litologias cristalinas de idade Neoproterozoica na AER do Projeto Jaguar.

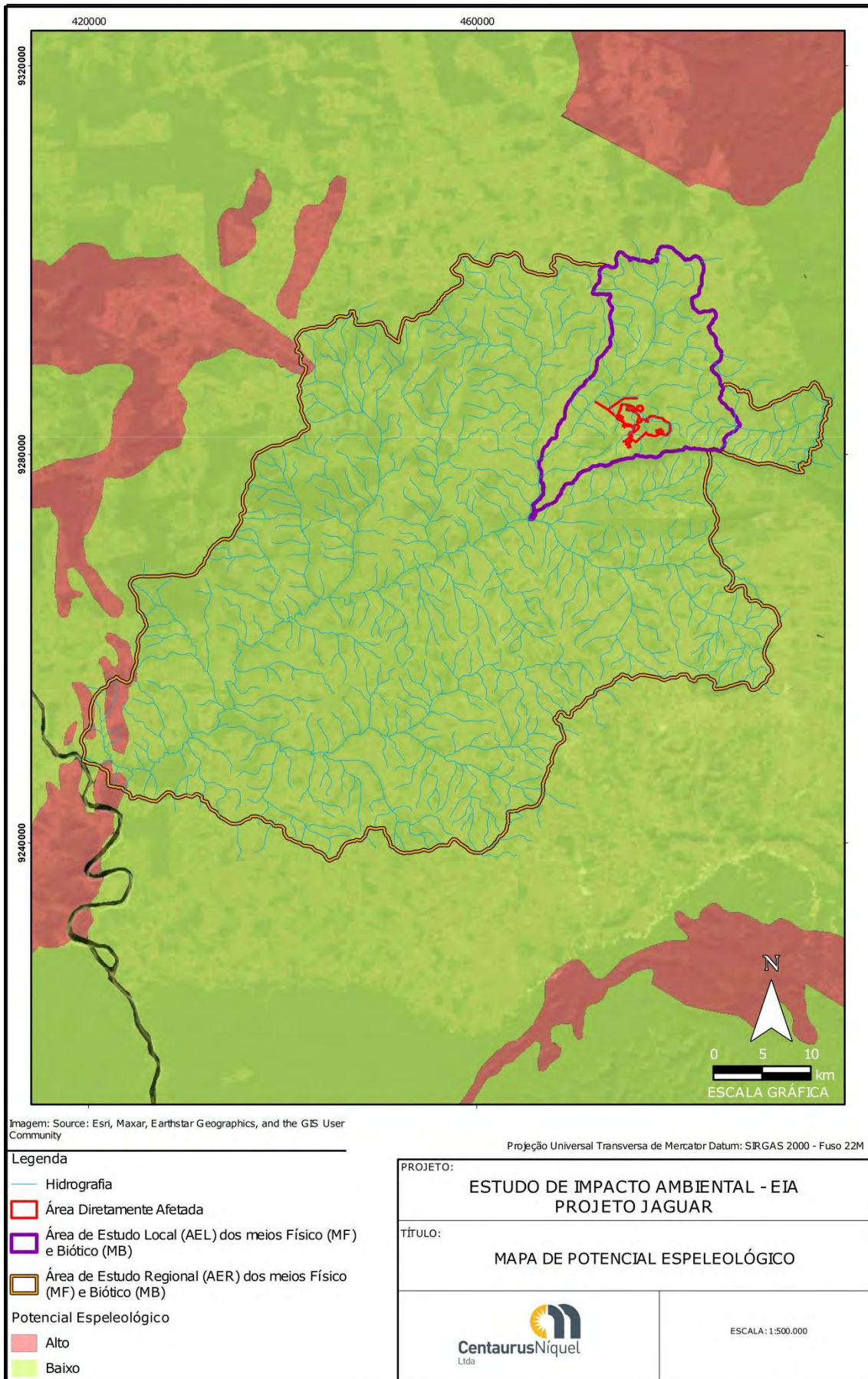


Figura 10.1.143 - Mapa de Potencial Espeleológico.

**Tabela 10.1.68-Grau de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil de acordo com a litologia.**

Litotipos	Grau de Potencialidade
Calcário, Dolomito, Evaporito, Metacalcário, Formação ferrífera bandada, Itabirito e Jaspelito.	Muito Alto
Calcrete, Carbonatito, Mármore e Marga.	Alto
Arenito, Conglomerado, Filito, Folhelho, Fosforito, Grauvaca, Metaconglomerado, Metapelito, Metassiltito, Micaxisto, Milonito, Quartzito, Pelito, Riolito, Ritmito, Rocha calci-silicática, Siltito e Xisto.	Médio
Anortosito, Arcóseo, Augengnaise, Basalto, Charnockito, Diabasio, Diamictito, Enderbitto, Gabro, Gnaise, Granito, Granitóide, Granodiorito, Hornfels, Kinzigito, Komatito, Laterita, Metachert, Migmatito, Monzogranito, Olivina gabro, Ortoanfíbolito, Sienito, Sienogranito, Tonalito, Trondhjemito, entre outros litotipos.	Baixo
Aluvião, Areia, Argila, Cascalho, Lamito, Linhito, Turfa e outros sedimentos.	Ocorrência Improvável

Fonte: Jansen *et al.* (2012).

De fato, a dinâmica de evolução da paisagem geomorfológica sobre as litologias cristalinas na AER gerou um relevo marcado por superfícies aplainadas, com a presença de colinas com o topo aplainado/convexo que são recobertas por depósitos superficiais espessos, configurando um ambiente com baixo potencial para a ocorrência de cavidades.

Cabe destacar, no entanto, que em associação às litologias cristalinas na AER há a presença de rochas metavulcano sedimentares, que ocorrem em um relevo residual, dissecado na forma de serra, onde o potencial para a ocorrência de cavidades é maior, quando comparado ao de superfícies aplainadas. Nesse contexto, merece destaque a Serra Arqueada, que é formada por cristas íngremes, alinhadas na direção preferencial leste-oeste, possui topos aguçados e alongados, vertentes declivosas, com forte controle estrutural e amplitude de relevo superior a 400 metros.

No que se refere ao potencial espeleológico associadas às serras da região de Carajás, incluindo a Serra Arqueada, cabe salientar que estas apresentam coberturas detrítico-lateríticas que ocorrem em associação às formações ferríferas, sendo constituídas por perfis laterítico ferruginosos, com potencial positivo para a ocorrência de cavernas ferríferas. De acordo com Carste (2012), a maioria das cavernas já registradas na região de Carajás, é composta por dois litotipos principais, sendo eles: a formação ferrífera (minério de ferro) e a canga detrítica.

Dessa forma, em função do potencial espeleológico associado à Serra Arqueada, foram realizados estudos focados na identificação de cavidades naturais no entorno do Projeto Jaguar, para avaliar a existência de cavidades não cadastradas nas bases oficiais nas AEL e ADA e que poderiam ser impactadas pelo empreendimento. O relatório detalhado, elaborado pela CARSTE Consultores Associados em 2012 (CARSTE, 2012), encontra-se no **ANEXO Z**, enquanto a síntese dos resultados é apresentada no item a seguir.

### 10.1.8.5 Patrimônio espeleológico na Área de Estudo Local e da Área Diretamente Afetada

A prospecção espeleológica realizada na área do Projeto Jaguar foi desenvolvida pela empresa CARSTE Consultores Associados em 2012 (CARSTE, 2012), que cobriu uma área de 6.236ha dentro da AEL deste EIA, assim como dentro da ADA do Projeto Jaguar. Esse levantamento incluiu a análise dos aspectos físicos das cavernas inseridas na área do projeto, como a morfologia, espeleometria, os aspectos lito-estruturais, os processos hidrológicos, bem como avaliou a presença de depósitos clásticos, químicos e orgânicos.

Ademais, o estudo elaborado pela CARSTE (2012) realizou análises de questões socioeconômicas e culturais envolvendo as cavidades, elaborou um inventário da fauna cavernícola, caracterizando tanto o ambiente subterrâneo, quanto a fauna subterrânea e executou uma avaliação do estado de conservação das cavernas e de seus respectivos entornos. Por fim, foi realizada uma análise de relevância das cavidades identificadas.

Dessa forma, com o intuito de apresentar os estudos específicos de patrimônio espeleológico realizados para o Projeto Jaguar, o relatório da empresa CARSTE Consultores Associados em 2012 (CARSTE, 2012) é apresentado de forma integral no **ANEXO Z** do presente EIA.

A **Tabela 10.1.68** abaixo apresenta os principais resultados dos estudos geoespeleológicos realizados nas 19 cavernas do Projeto Jaguar, indicando as coordenadas UTM, a altitude e os dados espeleométricos das cavidades. As fichas de campo, os mapas topográficos das cavidades, bem como o relatório completo são apresentados no **ANEXO Z**.

**Tabela 10.1.69-Espeleometria e coordenadas das cavidades identificadas na AEL do Projeto Jaguar.**

Id	Caverna	Coordenadas Geográficas (Datum Sirgas 2000 – 22S)		Coordenadas Métricas (SIRGAS 2000)		Altitude (m)	Projeção Horizontal (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
		Lat.	Long.	Lat.	Long.					
1	CAV-01	478475	9280232	-6,51	-51,19	520	18,5	2,1	48	78,5
2	CAV-02	481950	9282098	-6,49	-51,16	342	5,8	2	18,6	25
3	CAV-03	481948	9282111	-6,49	-51,16	339	5,7	1,2	10,4	7
4	CAV-04	481940	9282121	-6,49	-51,16	333	18,4	2	30,1	27
5	CAV-05	482026	9281523	-6,5	-51,16	388	13,6	1	23,5	28
6	CAV-06	482027	9281742	-6,5	-51,16	365	5,6	0,4	24,3	14
7	CAV-07	482050	9281495	-6,5	-51,16	384	33,2	1,1	181,3	215
8	CAV-08	482042	9281717	-6,5	-51,16	379	10,9	1,9	80,7	39
9	CAV-09	482101	9281426	-6,5	-51,16	400	84,6	8,1	391,3	415
10	CAV-10	482158	9281222	-6,5	-51,16	435	28	2	161,1	172
11	CAV-13	482015	9281683	-6,5	-51,16	369	28,6	1	111,6	67
12	CAV-14	481998	9281860	-6,5	-51,16	356	17,9	2,5	31,3	15
13	CAV-15	482386	9281797	-6,5	-51,16	405	7,9	0,6	13,3	13
14	CAV-16	482040	9281608	-6,5	-51,16	368	76,3	8	397	393
15	CAV-17	482399	9281780	-6,5	-51,16	418	31	4,4	95,4	91
16	CAV-18	482411	9281774	-6,5	-51,16	411	42,3	3	46,4	38
17	CAV-19	481694	9281710	-6,5	-51,17	378	8,6	1	40,6	60
18	CAV-20	482109	9281442	-6,5	-51,16	386	9,3	1,4	35,4	26
19	CAV-21	482104	9281478	-6,5	-51,16	411	6,7	0,4	19,7	24

Fonte: Carste (2012).

As cavernas identificadas por Carste (2012) no entorno do Projeto Jaguar estão localizadas na Serra Arqueada, que constitui uma feição geomorfológica de destaque na paisagem local, devido à sua amplitude de relevo superior a 300 metros, crista alinhada, topo aguçado e alongado, que se estende na direção preferencial leste-oeste. Nesse contexto, é importante salientar que as cavernas identificadas se inserem em dois ambientes geomorfológicos distintos relacionados à Serra Arqueada (CARSTE, 2012).

Próximo ao divisor da Serra Arqueada, em um ambiente marcado pela forte inclinação e morfologia escarpada, com controle de falhas, foi identificada apenas a ocorrência da CAV-01, que está posicionada na porção mais elevada da serra, cujo substrato geológico é constituído por rochas vulcânicas ácidas foliadas e milonitizadas, xistos e formações ferríferas, que são recobertas por uma densa cobertura florestal (CARSTE, 2012).

No entanto, a rampa escalonada de canga existente na base da encosta inclinada da Serra Arqueada, que apresenta inclinação suave, com trechos aplainados ao longo da vertente, concentra 95% das cavernas identificadas no mapeamento realizado pela Carste (2012). A rampa inclinada de canga é marcada pela presença de canais de drenagem ao longo da vertente, que formam pontos de sumidouro e ressurgência na canga. Ademais, pequenas depressões também foram observadas nessa unidade, inclusive com interligação entre a superfície e o interior da caverna, formando, dessa forma claraboias com aspecto dolíniforme.

Nesse sentido, cabe destacar que as cavidades identificadas na Serra Arqueada estão, majoritariamente, localizadas em um contexto geológico/geomorfológico distinto do observado na ADA, uma vez que o projeto não interfere no ambiente geomorfológico da rampa escalonada de canga e tampouco se estende à porção mais elevada da serra, próximo ao seu divisor.

Dessa forma, apesar do estudo desenvolvido pela CARSTE (2012) ter identificado 19 cavidades naturais subterrâneas, não foram reconhecidas cavidades em distância inferior a 1,5km de qualquer estrutura proposta do Projeto Jaguar, conforme é possível observar na **Figura 10.1.143**. Desse modo, não foi identificada a interferência do empreendimento com nenhuma feição espeleológica ou cavidade natural, bem como nos 250 metros de área de influência sobre o patrimônio espeleológico, conforme estabelecido pelo artigo 4º da Resolução CONAMA nº 347/2004.

Tendo em vista o cumprimento das normas e legislações vigentes, é necessária a inclusão dos dados relativos às 19 cavidades identificadas pela CARSTE Consultores Associados em 2012 (CARSTE, 2012) no CANIE (Cadastro Nacional de Informações do CECAV), banco de dados do CECAV (Centro Nacional de Pesquisas e Conservação de Cavernas). Em comunicação via e-mail com o referido órgão foi informado pelo senhor Júlio Ferreira Costa Neto (Analista Ambiental do CECAV) no dia 15 de junho de 2023 que: *“O sistema CANIE apresentou uma série de erros que poderiam comprometer a qualidade dos dados e o andamento de processos de licenciamento ambiental. Desta forma, o CECAV foi obrigado a retirá-lo da internet e promover a construção de um novo sistema. Esse novo sistema está em vias de ser lançado e fase de finalização. Infelizmente ainda não temos uma data definida para o lançamento do mesmo. Estamos correndo para finalizar e disponibilizar aos usuários. Nesse momento não é possível inserir dados novos de cavernas. O sistema antigo está inoperante.”*

Diante de tal contexto, o cumprimento desta exigência legal (item 5 - Notificação de Pendência nº 17843/GEMIM/CMINA/DLA/SAGRA/2023) se encontra prejudicado, sem possibilidades de cumprimento neste momento, sendo prontamente executado quando da normalização do sistema.



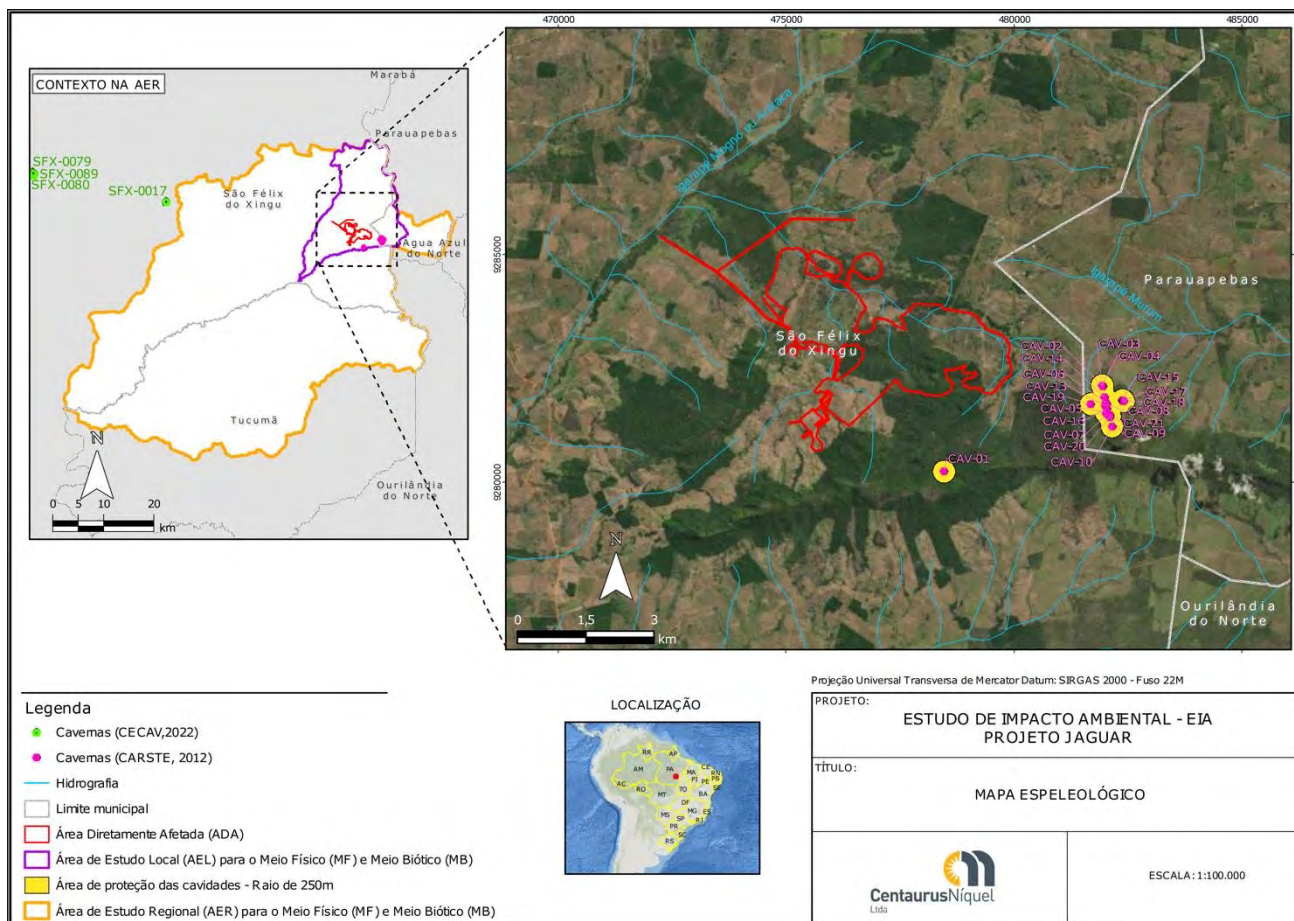


Figura 10.1.144 - Mapa Espeleológico

Apesar das áreas de estudo do Projeto Jaguar, em sua grande maioria terem sido classificadas com baixo potencial de ocorrência de cavernas, de acordo com a classificação estabelecida por Jansen et al. (2012), a prospecção espeleológica desenvolvida pela empresa CARSTE Consultores Associados em 2012 (CARSTE, 2012) identificou a presença de 19 cavidades naturais subterrâneas na AEL do empreendimento.

Cabe destacar, no entanto, que não foram reconhecidas cavidades em distância inferior a 1,5km de qualquer estrutura proposta do Projeto Jaguar, bem como não foi identificada interferência das estruturas do empreendimento tanto sobre as cavidades naturais mapeadas, quanto do seu entorno de 250 metros (Golder, 2023).