



Aroeira Soluções Ambientais

Estudo de Impacto Ambiental (EIA)

José Pereira de Sousa

Licença Ambiental Concomitante – LAC2
Licenciamento de Operação Corretivo

Classe 4

Fazenda Indiana II

Volume IV

Santa Vitória – Minas Gerais
Dezembro 2024

Equipe Técnica | Aroeira Soluções Ambientais

Equipe

Rosana Resende Eloy – Eng. Ambiental CREA 161691/D

Tulio Martins de Lima - Eng. Agrônomo CREA 14847/D

Contato

Responsável:	Rosana Resende Eloy
Telefone:	(34) 9 9667-5760
E-mail:	licenciamento@aroeiraambiental.com.br
Endereço:	Rua Marciano Santos, 361, bairro Santa Mônica
Cidade:	Uberlândia – Minas Gerais

Esse Estudo de Impacto Ambiental – EIA foi elaborado para a empresa contratante e destinado ao uso interno da mesma, assim como para a apresentação aos órgãos ambientais competentes. A sua reprodução, mesmo que parcial, não está autorizada pela Aroeira Soluções Ambientais. As informações contidas nesse documento foram obtidas em fontes consideradas confiáveis e a partir de trabalhos de campo desenvolvidos por equipes de profissionais capacitados.

Aroeira – Soluções Ambientais

Telefones: (34) 9.9667-5760 | (34) 9.9659-2561
engenheira.rosana@outlook.com – tulioagropecuaria@bol.com.br

Conteúdo dos volumes

Volume I

- Capítulo 1 – Apresentação
- Capítulo 2 – Introdução
- Capítulo 3 – Informações Gerais
- Capítulo 4 – Caracterização do empreendimento
- Capítulo 5 – Caracterização das estruturas físicas e equipamentos/maquinários/veículos existentes na propriedade
- Capítulo 6 – Processo produtivo e procedimentos operacionais
- Capítulo 7 – Caracterização ambiental e Sistemas de controle Ambiental
- Capítulo 8 – Regularização ambiental – Agenda Azul
- Capítulo 9 – Intervenção Ambiental – Agenda Verde
- Capítulo 10 – Critérios locacionais incidentes no empreendimento

Volume II

- Capítulo 11 – Aspectos Socioeconômicos

Volume III

- Capítulo 12 - Caracterização da Fauna e Flora (Meio biótico)

Volume IV

- Capítulo 13 – Diagnostico do Meio Físico

SUMÁRIO

CAPÍTULO 13 – DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO	11
13.1. Apresentação	12
13.2. Áreas de influência do meio físico	14
13.2.1. Considerações Gerais	14
13.2.2. Critérios para a definição das áreas de influência do meio Físico.....	15
13.2.2.1. Área Diretamente Afetada (ADA).....	15
13.2.2.2. Área de Influência Direta (AID).....	16
13.2.2.3. Área de Influência Indireta (AII).....	17
13.3. Caracterização climática e meteorológica.....	19
13.3.1. Clima	19
13.3.2. Contexto Nacional e Regional.....	19
13.3.3. Caracterização climática.....	22
13.3.3.1. Procedimentos Metodológicos e resultados com o New LocClim.....	23
13.3.4. Caracterização climática local	24
13.3.5. Índice Pluviométrico	25
13.3.6. Temperatura.....	26
13.4. Geologia.....	28
13.4.1. Procedimentos metodológicos.....	28
13.4.2. Arcabouço geológico regional.....	28
13.4.3. Considerações sobre a evolução geológica regional	29
13.4.3.1. Faixa de Dobramentos Brasília	29
13.4.3.2. Bacia Sedimentar do Paraná.....	31
13.4.4. Geologia das Áreas de Influência do Empreendimento	36
13.4.4.1. Formação Serra Geral.....	38
13.4.4.2. Formação Vale do Rio Do Peixe	40
13.4.4.3. Depósitos Aluvionares e de Terraços (Q2a).....	41
13.5. SOLOS.....	42
13.5.1. Procedimentos metodológicos adotados para o diagnóstico	42
13.5.2. Aspectos gerais sobre solos da região	42
13.5.3. Solos da AII, AID e ADA do Empreendimento	43

13.5.3.1. Conclusão	47
13.6. GEOMORFOLOGIA.....	51
13.6.1. Metodologia e Procedimentos Técnicos Operacionais.....	51
13.6.2. Aspectos Geomorfológicos Regionais.....	54
13.6.3. Caracterização Geomorfológica das Áreas de Influência do Empreendimento Fazenda Indiana 2, Lugar Denominado Patuá.....	55
13.6.4. Hipsometria	61
13.7. RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS.....	63
13.7.1. Introdução.....	63
13.7.2. Hidrografia	63
13.7.3. Hidrografia das áreas de influência do empreendimento.....	66
13.7.4. Microbacias nas áreas de influência do empreendimento	68
13.7.4.1. Microbacia do Córrego Patuá.....	68
13.7.4.2. Microbacia do Córrego Degradado	69
13.7.4.3. Microbacia do Córrego Sabiá.....	69
13.7.4.4. Microbacia do Córrego Catingueira	70
13.7.4.5. Microbacia do Córrego Divisa	72
13.7.4.6. Microbacia do Córrego Taperão.....	72
13.7.4.7. Microbacia do Córrego Bebedouro	74
13.8. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS.....	75
13.8.1. Procedimentos metodológicos.....	75
13.8.2. Considerações gerais sobre a Província Hidrogeológica do Paraná.....	76
13.8.3. – Aspectos gerais da hidrogeologia regional e local	77
13.8.3.1. - Aquífero Serra Geral.....	79
13.8.3.2. - Aquífero Vale do Rio do Peixe	80
13.8.4. – Aspectos hidrogeológicos das áreas de influência do empreendimento.....	81
13.8.5. - Captação e Uso de Recursos Hídricos nas Áreas de Influência do Empreendimento.....	84
13.9. Plano de monitoramento das águas superficiais da fazenda indiana ii	86
13.9.1. Apresentação	86
13.9.2. Procedimentos técnicos	86
13.9.3. Definição dos pontos de monitoramento	87
13.9.4. Cursos d'água escolhidos para monitoramento	88
13.9.5. Parâmetros a serem monitorados.....	91

13.9.6. Outras informações complementares ao plano de amostragem de água	92
13.10. DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS	93
13.10.1. Introdução.....	93
13.10.2. Qualidade das águas no estado de Minas Gerais	95
13.10.3. Qualidade das águas na AID e ADA do empreendimento	100
13.10.3.1. Considerações gerais	100
13.10.3.2. Procedimentos técnicos	101
13.10.3.3. Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas e Conclusão	105
13.11. DIAGNÓSTICO ESPELEOLÓGICO	109
13.11.1. Introdução.....	109
13.11.2. Materiais e métodos empregados no diagnóstico espeleológico	109
13.11.3. Potencial espeleológico da AID do empreendimento.....	110
13.11.3.1. Pesquisa em base de dados do CECAV/ICMBIO	111
13.11.4. Procedimentos metodológicos para a reavaliação do potencial para ocorrência de cavidades na AII do empreendimento.....	116
13.11.4.1. Levantamentos de campo	116
13.11.5. Redefinição de potencial para ocorrência de cavidades na AID e ADA	117
13.11.5.1. Área de Influência Direta	117
13.11.5.2. Área Diretamente Afetada.....	117
13.11.6. Conclusão e considerações finais	117
13.12. Referencias	120

Lista de Figuras

Figura 13-1 – Procedimento metodológico empregado para a realização do diagnóstico do meio físico.	14
Figura 13.2.2– Áreas de influência do empreendimento Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá com a rede de drenagem fluvial e microbacias hidrográficas	18
Figura 13.3.2-1 – Mapa das zonas climáticas do território brasileiro.	20
Figura 13.3.2-2 – Massas de ar que atuam no Brasil segundo IBGE.	21
Figura 13.3.5-1 – Precipitações acumuladas anuais (mm) da série histórica 1996-2023 - Estação Pluviométrica 1849026 – PONTE BR-365 (FAZ. BOA VISTA).	25
Figura 13.3.5-2 – Precipitações médias mensais (mm) referentes ao período 1996-2023.	26
Estação pluviométrica 1849026 – Faz. Boa Vista.	26
Figura 13.3.6-1 – Temperaturas médias anuais (°C) referentes ao período 2006-2023. Estação meteorológica A512, Ituiutaba -MG.	27
Figura 13.3.6-2 – Temperaturas médias mensais (°C) referentes ao período 2006-2023. Estação meteorológica A512, Ituiutaba -MG.	27
Figura 13.4.2-1 – Representação esquemática do arcabouço tectônico da região onde se insere o empreendimento.	29
Figura 13.4.3.2-1 – Esboço geológico da Província Paraná e sua evolução tectônica.	32
Figura 13.4.4.-1 – Mapa geológico das áreas de influência do empreendimento Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá	37
Figura 13.4.4.1-1 –Formação Serra Geral, nas margens do Rio Paranaíba.....	39
Figura 13.4.4.1-2 –Afloramento de Basalto da Formação Serra Geral, nas margens do córrego Taperão	39
Figura 13.4.4.2-1 – Afloramento de Arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe exposto próximos AII do empreendimento.	41
Figura 13.5.3-1 – Mapa de solos das áreas de influência do empreendimento (Fonte: modificado de UFV/CETEC/UFLA/FEAM (2010)).	45
Figura 13.5.3.1 -1 Área de relevo plano coberto com Latossolo Vermelho Distrófico.....	48
Figura 13.5.3.1-2. Perfil de solo em corte de estrada região mapeada como Latossolo Vermelho Acriférico	49
Figura 13.5.3.1-3. Gleissolo Háplico TA Eutrófico em região próxima a curso d’água.....	50
Figura 13.6.1-1 – Taxonomia para mapeamento geomorfológico (IBGE, 2009).	52
Imagem aérea Vales e Pedimentos dos Baixos Cursos das Sub-bacias Paranaíba-Grande.....	59
Figura 13.6.3-1 – Tipos de relevo nas áreas de influência do empreendimento.	60
Figura 13.6.4-1 – Hipsometria nas áreas de influência do empreendimento.....	62
Figura 13.7.2-1 – Divisão Hidrográfica Nacional instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos.	64

Figura 7.2-2 - Região Hidrográfica do Paraná e as onze unidades hidrográficas que a compõem (Fonte: Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paranaíba – ANA, 2014).....	65
Figura 7.2-3 - Unidade Hidrográfica Paranaíba e as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos Afluentes Mineiros do rio Paranaíba PN1, PN2 e PN3 (Fonte: Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paranaíba – ANA, 2014).....	66
Figura 13.7.3-1. Rede de drenagem na área de influência do empreendimento.....	67
Figura 13.7.4.1-1 - Vista aérea de parte da microbacia do córrego Patuá na ADA no empreendimento..	68
Figura 13.7.4.2 - Vista aérea do córrego Degradado na área de influência do empreendimento.....	69
Figura 7.4.3-1 - Vista aérea do córrego Sabiá na área de influência do empreendimento	70
Figura 13.7.4.4-1 - Vista aérea da cabeceira do córrego Catingueira na área de influência do empreendimento.	71
Figura 13.7.4.4-2 - Vista aérea do córrego Catingueira na área de influência do empreendimento.....	71
Figura 13.7.4.5-1 - Vista aérea do córrego Divisa na área de influência do empreendimento.....	72
Figura 13.7.4.6-1 - Vista aérea do maciço florestal na área da microbacia do córrego Taperão.....	73
Figura 13.7.4.6-2 - Vista aérea do córrego Taperão na área de influência do empreendimento.	74
Figura 13.7.4.7 - Vista aérea da microbacia do córrego Bebedouro na área de influência do empreendimento.	75
Figura 13.8.3-1 – Bacia Bauru-Caiuá na Bacia Sedimentar do Paraná com destaque para a região do Triângulo Mineiro	77
Figura 13.8.3-2 – Distribuição das unidades hidroestratigráficas da Bacia Bauru-Caiuá (verde) no Triângulo Mineiro e os aquíferos correspondentes. Fonte: CPRM, 2012.	78
Figura 13.8.3.1-1 – Basalto da Formação Serra Geral na região do Triângulo Mineiro. Esta unidade geológica representa um aquífero do tipo fraturado na Província Hidrogeológica do Paraná	80
Figura 13.8.4-1– Distribuição dos Domínios e Unidades Hidrogeológica Vale do Rio do Peixe e Serra Geral nas áreas de influência do empreendimento.	83
Figura 13.8.5-1 – Localização de captações de água detentoras de portarias de outorga nas áreas de influência do empreendimento.	85
Figura 13.9.4-1 – Localização dos pontos de monitoramento das águas superficiais em relação a AID e ADA do empreendimento.....	90
Figura 13.10.1-1 – Relação qualidade da água x classes de enquadramentos x usos (Fonte: ANA Portal da Qualidade das Águas, 2021).....	93
Figura 13.10.1-2 – Usos diversos das águas doces em relação às classes de enquadramento (Fonte: ANA Portal da Qualidade das Águas, 2021).	94
Figura 13.11.3.1-1 – Cavidades registradas no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE) mais próximas da AID/ADA do empreendimento: 205,3 km – Gruta Bela Vista (Tupaciguara) (Fonte: CECAV/ICMBIO).....	112

Figura 13.11.3.1-3 – Potencial de ocorrência de cavidades para as áreas de influência do empreendimento segundo Cavalcanti et al. (2012), modificado.	115
A Figura 13.11.6.-1 - Redefinição das classes de potencial de ocorrência de cavidades nas áreas de influência do empreendimento.	119

Lista de Tabelas

Tabela 13.3.2-1 – Características das massas de ar que atuam na região do empreendimento.....	21
Tabela 13.6.1-1 – Descrição dos níveis hierárquicos segundo a metodologia do IBGE (2009).	52
Tabela 13.9.4-1 – Localização dos pontos de monitoramento de águas superficiais.	88
Tabela 13.9.5-1 – Parâmetros físicos-químicos e microbiológicos para a avaliação da qualidade da água.	91
Tabela 13.10.2-3 - Classificação do Índice de Qualidade das Águas – IQA.....	98
Tabela 13.10.2-4 - Classificação do estado trófico.	98
Tabela 13.10.2-5 - Classes de Estado Trófico e suas características principais.	99
Tabela 10.2-6 - Síntese comparativa dos resultados do 3º Trimestre de 2017 e 2018 de IQA e IET obtidos pelo IGAM exemplo para o rio Uberabinha (Estação PB 022).....	99
Tabela 10.3.2-1 – Localização dos pontos de amostragem de água superficial na AID/ADA do empreendimento.	102
Tabela 10.3.2-2 – Parâmetros físicos-químicos considerados para a avaliação da qualidade das águas superficiais.....	104
Tabela 10.3.3-1 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das águas superficiais – Empreendimento Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá.....	107
Tabela 13.11.3.1-2 - Classificação de potencialidade de ocorrência de cavernas baseada na litologia segundo CECV/ICMBio (2012).	113

Capítulo 13 – Diagnóstico do meio físico

13.1. Apresentação

O presente diagnóstico do meio físico, parte integrante do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), foi elaborado para o empreendimento **Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá**, composto pelas glebas rurais registradas sob os números de matrícula 22.119, 21.868, 21.869 e 21.870. O empreendimento pertence à **José Pereira de Sousa**, que é tanto a requerente quanto o proprietário e arrendatário das glebas mencionadas.

Os estudos empreendidos abordaram temas essenciais para a compreensão do meio físico nos âmbitos regional e local visando diagnosticar, identificar e caracterizar os aspectos físico-ambientais em termos de susceptibilidades aos impactos socioambientais negativos e positivos frente às atividades desenvolvidas na área do empreendimento (Área Diretamente Afetada) e no seu entorno (Área de Influência Direta). Os seguintes temas foram abordados no diagnóstico do meio físico: clima; solos; geomorfologia; geologia; recursos hídricos subterrâneos; recursos hídricos superficiais; espeleologia e qualidade das águas superficiais.

Metodologicamente, a realização dos estudos adotados para o diagnóstico do meio físico compreenderam seis etapas distintas, porém, tratadas de forma integrada, a saber: 1ª) caracterização geral do empreendimento – atividades; os possíveis impactos decorrentes; sua inserção no contexto socioeconômico, meio físico, cultural e ambiental; 2ª) definição das áreas de influência do empreendimento (ADA, AID e AII); 3ª) pesquisa em fontes secundárias; 4ª) interpretações de imagens aéreas e de satélites; 5ª) levantamentos de campo e; 6ª) identificação dos fatores naturais e antrópicos predisponentes aos impactos ambientais (Figura 1-1).

A definição das áreas de influência seguiu basicamente as orientações contidas no Termo de Referência para Elaboração de EIA/RIMA, apresentado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEAM e determinada pela Resolução CONAMA nº 001/86, conforme descrito no ITEM 2 deste diagnóstico.

Na etapa de pesquisa de dados secundários procurou-se abranger todo o acervo de materiais bibliográficos disponível para a região e, em particular, para a área de estudo, tais como: documentos cartográficos diversos (mapas geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, pedológicos, climáticos, sinóticos, além de cartas topográficas); trabalhos acadêmicos (dissertações, teses e monografias); artigos científicos da área de interesse (revistas, boletins, anais de eventos científicos, reuniões e palestras); livros e trabalhos técnicos (relatórios, estudos, projetos, laudos).

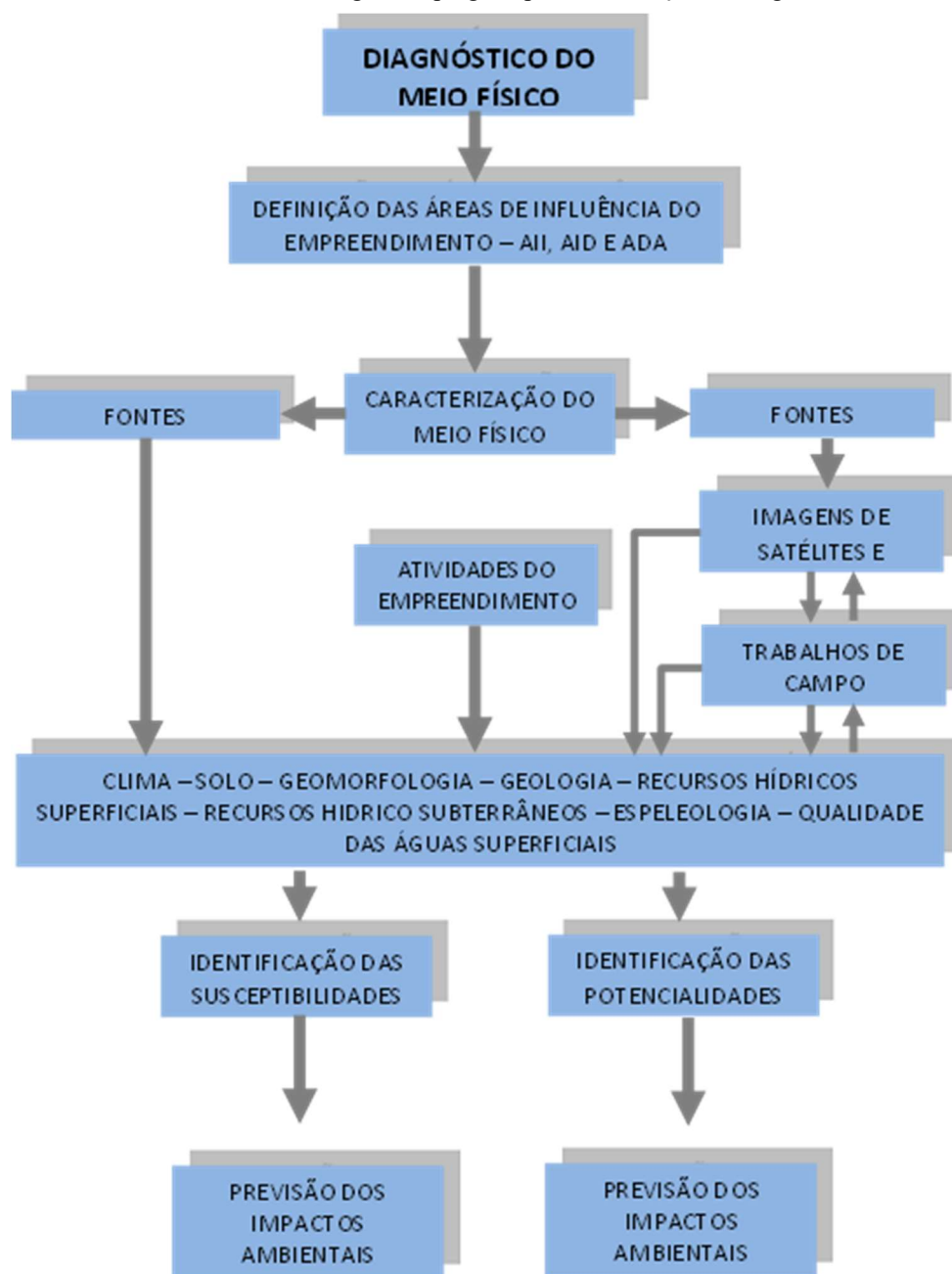
Interpretação de imagens aéreas e de satélites se constituiu em uma etapa essencial para levantar aspectos particulares ou complementares aos já descritos na literatura científica e técnica preexistente. Essa etapa foi fundamental para identificar preliminarmente processos naturais e de natureza antropogênica, definir o alcance dos possíveis impactos ambientais gerados pelo empreendimento, a delimitação de suas áreas de influência, a ampliação do nível de informações acerca do meio físico e, por fim, o planejamento das atividades de campo (escolha de locais a serem investigados, definição de pontos coleta de amostras de água, vias de acesso, dentre outros)

A etapa de levantamentos de campo foi realizada com dois objetivos: no primeiro procurou-se realizar o reconhecimento geral e específico das áreas de influência do empreendimento relativo aos temas abordados no diagnóstico do meio físico e; no segundo, buscou-se a confrontação de todas as informações obtidas nas fases anteriores mediante observações diretas no campo, com vistas a sua validação ou correção.

Por fim, a fase de caracterização dos impactos ambientais em curso e/ou a sua previsão em decorrência das vulnerabilidades/susceptibilidades dos componentes do meio físico frente às atividades desenvolvidas na área do empreendimento e o seu alcance para as áreas do entorno.

Complementarmente, foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas dos corpos d'água existentes na ADA e AID do empreendimento com o objetivo de se obter informações acerca de sua condição de qualidade com base nos valores de referência expressos na DN COPAM/CERH nº 001/2008. Resultados obtidos nas análises físico-químicas e microbiológicas permitiram conhecer a qualidade atual da água e, a partir desta, estabelecer um parâmetro de comparação com as futuras campanhas de monitoramento. Desse modo, será possível avaliar a evolução a qualidade dos recursos hídricos ao longo do tempo.

Figura 13-1 – Procedimento metodológico empregado para a realização do diagnóstico do meio físico.



13.2. Áreas de influência do meio físico

13.2.1. Considerações Gerais

O Termo de Referência para elaboração de EIA/RIMA disponibilizado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEAM, em consonância com as orientações previstas na Resolução CONAMA nº 001/86, apresenta as seguintes definições em relação às áreas de influência de um empreendimento:

Área potencialmente afetada, direta ou indiretamente, pelas ações a serem desenvolvidas pelo projeto, nas fases de planejamento, execução de obras, operação e desativação das atividades.

*ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (AID) – Área nas quais as condições ambientais anteriormente existentes à implantação de um determinado empreendimento serão **ou estão sendo, (grifo nosso)** diretamente afetadas por suas atividades (impactos), devendo ser apresentados os critérios ecológicos, sociais e econômicos que determinam a sua localização.*

ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII) – Área sujeita a impactos indiretos decorrentes e associados, mediante interferência nas suas inter-relações ecológicas, sociais e econômicas, anteriores ao empreendimento.

A Resolução CONAMA nº 001/86, assim como o Termo de Referência da FEAM, não definem **ÁREA DIRETAMENTE AFETADA (ADA)**. Desse modo, subentende-se que a ADA se encontra inserida na AID.

Para cada meio avaliado (físico, biótico ou socioeconômico) devem ser consideradas as suas respectivas áreas de influência levando-se em consideração o fato de que, cada meio responde ou é afetado distintamente em termos de natureza, forma e intensidade pelo empreendimento e este, por sua vez, também sofre influência dos meios circundantes.

A seguir estão descritas as áreas de influência para o Meio Físico do empreendimento **Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá:**

13.2.2. Critérios para a definição das áreas de influência do meio Físico

13.2.2.1. Área Diretamente Afetada (ADA)

Foi definida como sendo a somatória das áreas das propriedades rurais sob os números de matrículas 22.119, 21.868, 21.869 e 21.870 que, no seu conjunto, recebeu a denominação **Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá**. Assim, a ADA compreende todas as áreas ocupadas pelas propriedades, sendo estas tanto as áreas de cultivos agrícolas de ciclo anual, além de todas as infraestruturas implantadas, tais como: sedes; alojamentos; refeitório; escritórios; oficinas; lavadores de máquinas e equipamentos; sistema de tratamento de efluentes sanitários; barracões para armazenamento de produtos e insumos; vias de acesso; barramentos destinados ao armazenamento e à captação de águas fluviais; tanques parcialmente escavados e alteados com solo de escavação; poços tubulares; bem como todas as operações unitárias necessárias ao desenvolvimento das atividades, incluindo obras necessárias à manutenção e reforma da

infraestrutura. Quanto as áreas de preservação permanentes dos cursos d'água e nascentes (APPs). Portanto, a ADA foi delimitada por um polígono que soma aproximadamente 1270 hectares (ha).

13.2.2.2. Área de Influência Direta (AID)

Corresponde a uma extensão territorial diretamente afetada pelos impactos decorrentes das atividades desenvolvidas nas glebas que compõem as **Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá**, de forma contígua e expandida da ADA e, assim como esta, deverá sofrer impactos ambientais tanto positivos quanto negativos. Tais impactos devem ser mitigados, compensados ou potencializados (se positivos) pelo empreendedor. Dessa forma, subentende-se que os impactos e seus efeitos são induzidos pela existência do empreendimento como um todo e não como consequência de uma atividade específica do mesmo.

Uma vez identificados e caracterizados os impactos ambientais em curso e os previsíveis decorrentes das atividades do empreendimento em sua fase de operação, mediante a elaboração de uma Matriz de Impacto, definiram-se a sua magnitude e o seu alcance e, desse modo a extensão territorial necessária ao seu amortecimento (AID).

Importante mencionar que os limites do polígono envolvente que define a AID do empreendimento levaram em consideração porções das bacias hidrográficas nas quais este se encontra inserido. Assim, definiram-se como limites os seguintes talvegues fluviais: Parte da bacia hidrográfica do Ribeirão da cachoeira, além da bacia do córrego da mata e do córrego douradinho sendo este o responsável pela drenagem do empreendimento. A área total ocupada pela AID do empreendimento é de aproximadamente 14938 hectares.

Justifica-se a delimitação da AID do empreendimento seguindo a microbacia dos córregos Degredo, Córrego Sabiá, Córrego Patuá, Córrego Catigueira, Córrego da Divisa e parte da microbacia do Córrego Taperão, além das nascentes do Córrego Bebedouro com base nas seguintes questões:

- a. sabe-se que os impactos decorrentes das atividades do empreendimento sobre o Meio Físico e a sua magnitude são gradualmente atenuados com a distância, até atingir a condição de baixa significância;
- b. No caso específico das **Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá**, que tem como principal atividade o plantio de culturas agrícolas de ciclo anual, são esperados impactos inerentes a esse tipo de atividade, além das atividades de apoio e operações unitárias necessárias ao seu desenvolvimento;

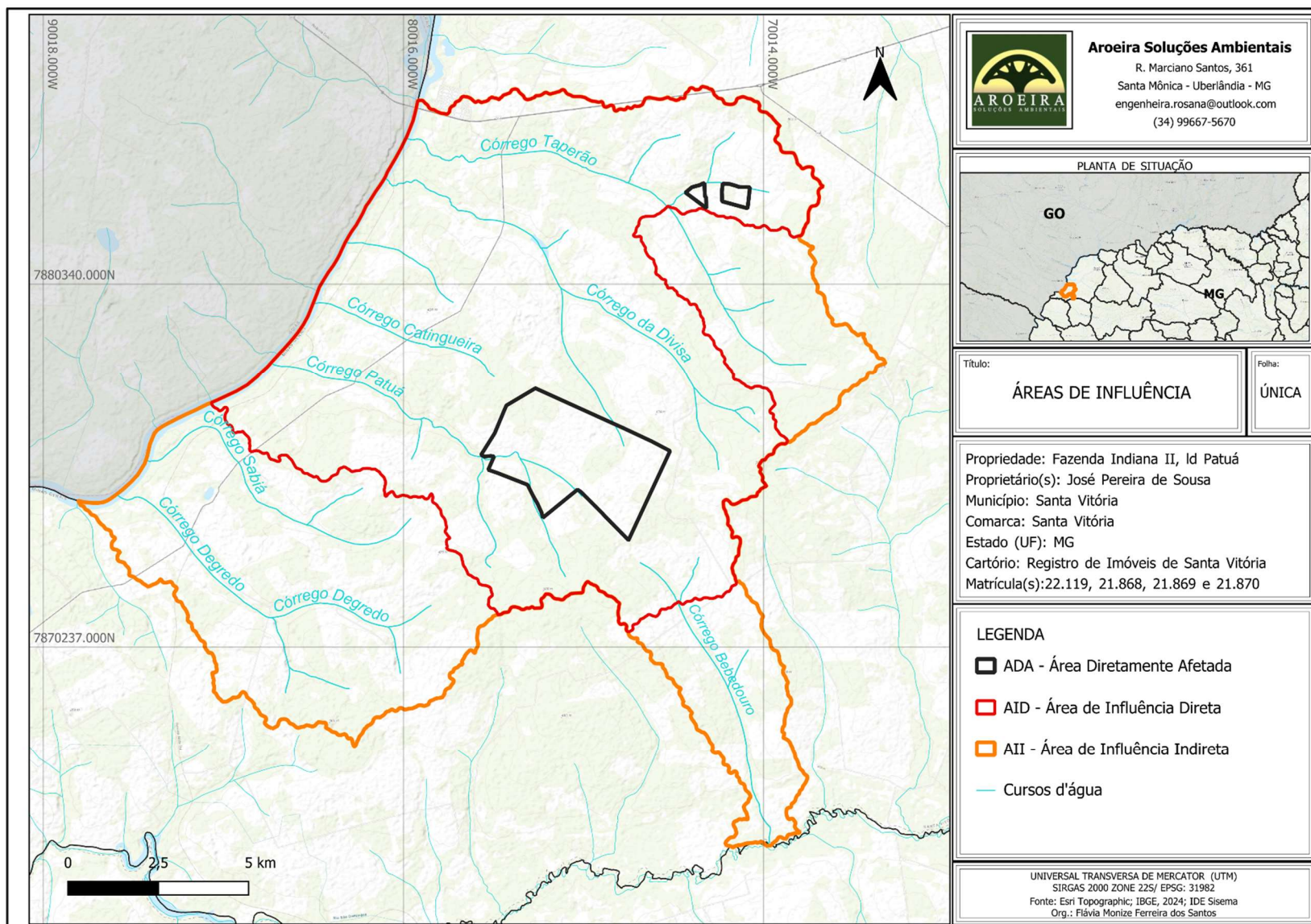
- c. a definição dos limites da AID ao longo dos canais fluviais do córrego pindaíba, córrego barreiro, córrego da mata e córrego douradinho levou em consideração que os impactos ambientais decorrentes das atividades do empreendimento e os seus efeitos deletérios não devem ultrapassar as referidas drenagens fluviais;
- d. Desse modo, bacias hidrográficas devem ser consideradas como unidades de análises essenciais para a definição das formas de propagação, da distância atingida, atenuação, grau de significância das magnitudes dos impactos, e ao diagnóstico, prognóstico e à mitigação de impactos ambientais.
- e. O fato de o empreendimento estar localizado nas margens de uma represa, na porção final das bacias hidrográficas mencionadas, faz com que os impactos causados pelo empreendimento não sejam significativos para as propriedades a montante da área. Além disso, a largura da represa contribui para que os impactos não afetem as propriedades situadas na outra margem.

13.2.2.3. Área de Influência Indireta (AII)

Foi definida como Área de Influência Indireta (AII) para o meio físico uma porção do município de Tupaciguara e que ainda sofre a influência do empreendimento, porém os impactos socioambientais e seus efeitos são atenuados com a distância a tal ponto de serem considerados sem significância em relação às outras duas categorias (AID e ADA).

Com base nessa premissa, se delimitou a AII do empreendimento **Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá** como um polígono que engloba a ADA e a AID, totalizando a área de aproximadamente 24676 hectares, a qual abrange as microbacias dos córregos Degredo, Córrego Sabiá, Córrego Patuá, Córrego Catigueira, Córrego da Divisa, Córrego Taperão e Córrego Bebedouro, que se encontram próximas a **Fazenda São José do Paranaíba**. As Áreas de Influência (ADA, AID e AII) do empreendimento encontram-se delimitadas na Figura 2.2.3-1, sendo a ADA a área referente ao empreendimento.

Figura 13.2.2– Áreas de influência do empreendimento Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá com a rede de drenagem fluvial e microbacias hidrográficas.



13.3. Caracterização climática e meteorológica

13.3.1. Clima

A dinâmica atmosférica que atua sobre determinada região está vinculada a um contexto climático de maior abrangência. Desse modo, os aspectos climáticos e meteorológicos para a porção do Triângulo Mineiro, região onde se insere a **Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá**, não podem ser desvinculadas das características do clima dominante no Brasil, com enfoque para as particularidades climáticas da região central do país prevalentes nas áreas de influência do empreendimento.

A caracterização climática e meteorológica das áreas de influência do empreendimento e entorno imediato foi baseada em análise de séries históricas de dados primários, além de dados secundários obtidos em levantamento bibliográfico e cartográfico. Neste diagnóstico foram abordados os seguintes aspectos climáticos e meteorológicos: índice pluviométrico; temperaturas médias.

13.3.2. Contexto Nacional e Regional

As características climáticas de uma região são determinadas por uma série de fatores climáticos, dentre as quais estão: altitude; latitude; massas de ar; continentalidade/maritimidade; correntes marítimas; vegetação; relevo; entre outros. Estes fatores são responsáveis por influenciar os elementos climáticos precipitação, umidade, temperatura, pressão atmosférica e radiação solar.

A atuação das massas de ar se destaca dentre os demais fatores climáticos. Estas são configuradas como grandes porções de ar com condições internas de temperatura, pressão e umidade relativamente homogêneas, influenciadas pela região onde são formadas.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019) considera o Brasil como território com variedade climática zonal dada a sua extensão territorial, distinto nos tipos Equatorial, temperado, e as Tropicais Zona Equatorial, Nordeste e Brasil Central. Além de mostrar a representação das diferentes zonas climáticas do território brasileiro agrupadas pela temperatura e umidade, a Figura 13.3.2-1 também mostra a caracterização por tons e sobretons: quente, subquente, mesotérmico brando e mesotérmico mediano.

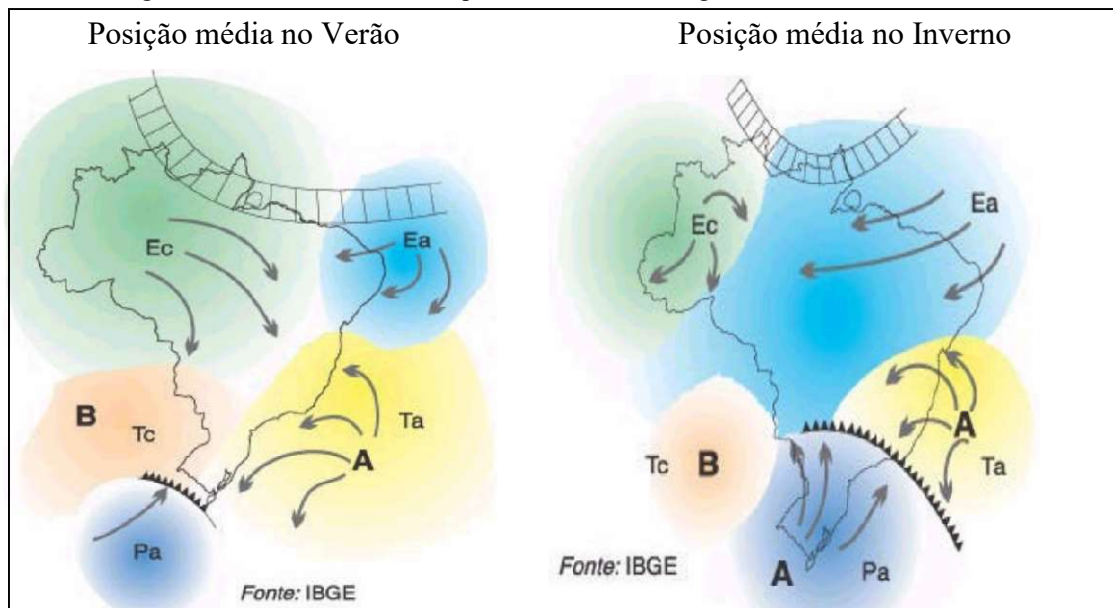
Figura 13.3.2-1 – Mapa das zonas climáticas do território brasileiro.



Fonte – IBGE.

O território brasileiro encontra-se sob influência de cinco massas de ar: massa Equatorial continental (mEc); Equatorial atlântica (mEa); Tropical atlântica (mTa); Tropical continental (mTc) e Polar atlântica (mPa). A Figura 13.3.2-2 mostra a posição média dessas massas de ar no verão e no inverno. A Tabela 13.3.2-1 apresenta um resumo das características das massas de ar que atuam na região do empreendimento, compilados de Mendes (2001).

Figura 13.3.2-2 – Massas de ar que atuam no Brasil segundo IBGE.



Fonte – IBGE.

Tabela 13.3.2-1 – Características das massas de ar que atuam na região do empreendimento.

Massa de Ar	Características
mEc	(...) originária da porção noroeste da Amazônia, possui a característica de ser quente e úmida, atuando na Amazônia Ocidental praticamente o ano todo e, no verão, nas demais regiões do Brasil.
mTa	(...) originária do Atlântico sul, próximo ao Trópico de Capricórnio, no anticiclone de Santa Helena. Possui a característica de ser quente e úmida, forma os ventos alísios de sudeste, atuando nos litorais do Nordeste, Sudeste e Sul. Provoca chuvas frontais de inverno, pois se encontra com a MPA; no Sudeste, chuvas de relevo, em contato com a Serra do Mar; atua o ano todo.
mTc	(...) originária da Depressão do Chaco, possui a característica de ser quente e seca. Na primavera-verão encontra-se com a MEC, provocando chuvas.
mPa	(...) originária da Patagônia (Argentina). Possui a característica de ser fria e seca, atuando nas regiões Sul e Sudeste com maior intensidade. Atinge o litoral do Nordeste onde se encontra com a MTA e provoca chuvas no inverno; atinge a Amazônia, provocando quedas de temperatura.

Segundo Cavalcanti (1982), os sistemas sinóticos atuantes na região Sul do país também influenciam a região Sudeste, onde a área do empreendimento está localizada, porém, com menos intensidade e sazonalidade. Segundo este autor, as linhas de instabilidade pré-frontais que são

geradas a partir da associação de fatores dinâmicos de grande escala e características de mesoescala, são as responsáveis por intensa precipitação durante o verão.

Os sistemas frontais, originados em regiões extratropicais, possuem grande influência nas condições climáticas da região sudeste, onde atuam durante o ano inteiro e são caracterizados como um dos desencadeadores de distúrbios meteorológicos. Produzem instabilidade e forte nebulosidade associada no verão. Durante o inverno, a atuação dos anticiclones de origem polar produz condições de queda acentuada das temperaturas. Sob sua influência, registram-se as temperaturas mínimas absolutas nesta época do ano.

A atuação predominante do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul no período que abrange os meses compreendidos entre abril e setembro, genericamente garante estabilidade atmosférica com longos períodos de insolação e baixa nebulosidade.

No verão, predomina a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), eixo de intensa atividade convectiva, orientação NO-SE, que funciona como um tipo de faixa ou corredor que conduz a umidade oriunda da Amazônia para as regiões Centro-Oeste e Sudeste. Esta configuração sinótica, ancorada por sistemas frontais, provocam índices pluviométricos acima do normal, podendo durar vários dias até a sua dissipação.

Outros fenômenos atmosféricos com frequência menos intensa e irregular atuam na região sudeste e provocam mudanças significativas nas condições atmosféricas local, com destaque para os anos de atuação do El Niño, quando a precipitação é reduzida, e para os anos de atuação da La Niña, quando os índices pluviométricos aumentam na região sudeste do Brasil.

13.3.3. Caracterização climática

Para a caracterização climática da região do empreendimento Fazenda Indiana II, utilizou-se o software New LocClim, uma ferramenta desenvolvida pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) especificamente para a interpolação espacial de dados agroclimáticos. O New LocClim permite a criação de mapas climáticos a partir de dados de estações meteorológicas e oferece uma análise detalhada de variáveis climáticas específicas, utilizando diferentes métodos de interpolação. O software é especialmente útil para avaliar o clima de áreas agrícolas, fornecendo informações críticas para o planejamento e a gestão de recursos naturais.

13.3.3.1. Procedimentos Metodológicos e resultados com o New LocClim

Definição das Coordenadas de Interesse: O estudo foi realizado inserindo as coordenadas centrais do empreendimento Fazenda Indiana II, situadas em -50,46 de longitude e -19,13° de latitude, com uma altitude de aproximadamente 437 metros. Essa localização é essencial para determinar a área de influência e os dados climáticos que serão utilizados no processo de interpolação.

Seleção das Estações Meteorológicas: Para garantir a precisão da interpolação e evitar extrapolações tanto no gradiente horizontal como no vertical, foram selecionadas 11 estações meteorológicas localizadas dentro de um raio de 200 km das coordenadas do empreendimento. As estações utilizadas foram: Paranaíba, Capinópolis, Macedônia, Urania S. Colônia, Santa Fé do Sul, Fernandópolis, Rio Verde, Valente Gentil, Americo de Campo, Votuporanga ENGIE, Monte Alegre de Minas. Essa seleção de estações foi baseada na proximidade e representatividade das condições climáticas locais.

Método de Interpolação Utilizado: O New LocClim oferece nove métodos diferentes de interpolação, como Kriging, Inverso do Quadrado da Distância, e Polinômios Locais, que são aplicados para estimar os valores climáticos em locais onde não há dados observacionais diretos. Para este estudo, o método de interpolação escolhido foi o "Inverso do Quadrado da Distância" (IDW - Inverse Distance Weighting), que pondera os valores das estações próximas com mais importância do que os das estações mais distantes. Este método é amplamente utilizado em estudos climáticos devido à sua simplicidade e capacidade de representar gradientes climáticos de forma eficaz.

Parâmetros de Interpolação e Análise de Erros: Durante o processo de interpolação, foram ajustados parâmetros como a escala de distância e o número de estações consideradas para minimizar erros e obter resultados mais precisos. O New LocClim permite uma análise detalhada dos erros de interpolação através de cálculos de variância e erros médios quadráticos, o que ajuda a validar os resultados obtidos. Para evitar distorções, a análise foi limitada a um raio de 200 km, assegurando que todas as estações utilizadas fossem representativas da área de estudo.

Geração dos Mapas Climáticos e Análise Estatística: Com a interpolação concluída, o software gerou mapas climáticos que detalham diversas variáveis como temperatura média, precipitação, umidade do solo, evapotranspiração e outros índices climáticos para o ponto central do empreendimento. Além dos mapas, o New LocClim fornece uma análise estatística abrangente dos dados interpolados, incluindo médias, desvios-padrão e índices de variabilidade climática.

Resultados Obtidos: O resultado da interpolação utilizando o New LocClim para a Fazenda Indiana II apresentou as seguintes informações climáticas para as coordenadas de -50,46 de longitude e -19,13° de latitude e altitude de 437 metros:

Classificação de Koppen (1948): Aw (Clima Equatorial com savana e inverno seco). Essa configuração climática é típica de áreas que possuem estações secas bem definidas, mas que ainda recebem uma quantidade significativa de chuvas durante o ano.

Clima segundo Budyko: Estepe, com índice de radiação de secura de 1,129 evaporação de 1070 mm/ano, escoamento de 385 mm/ano; evaporação representando 73,5% e escoamento 26,5% do total.

Aridez: região classificada como úmida, com índice de aridez de 1,15 índice de umidade de 15%, índice de De Martonne de 44. Esses índices sugerem que, apesar da seca relativa, a área ainda mantém uma certa umidade, com a predominância de chuvas em relação à evaporação.

Produção Primária Líquida Climática (NPP): 1858 g (DM)/m²/ano, sendo que a produção limitada pela temperatura é de 2432 g (DM)/m²/ano e a produção limitada pela precipitação é de 1858 g (DM)/m²/ano. Esse dado indica que, embora a chuva seja suficiente para sustentar a vegetação, a temperatura também desempenha um papel crucial na capacidade de crescimento das plantas.

Os meses mais chuvosos são de dezembro a março, enquanto junho a agosto apresentam os menores índices de precipitação, refletindo a estação seca. A frequência de geadas é inexistente, o que contribui para a manutenção de um ambiente propício para a flora tropical e subtropical.

A metodologia aplicada utilizando o New LocClim permitiu uma caracterização climática detalhada da Fazenda Indiana II, fornecendo informações essenciais para a gestão ambiental e o planejamento agrícola do empreendimento. A escolha cuidadosa das estações meteorológicas e do método de interpolação garantiu a precisão dos resultados, fornecendo uma base sólida para futuras decisões sobre o uso e manejo do solo na área de estudo.

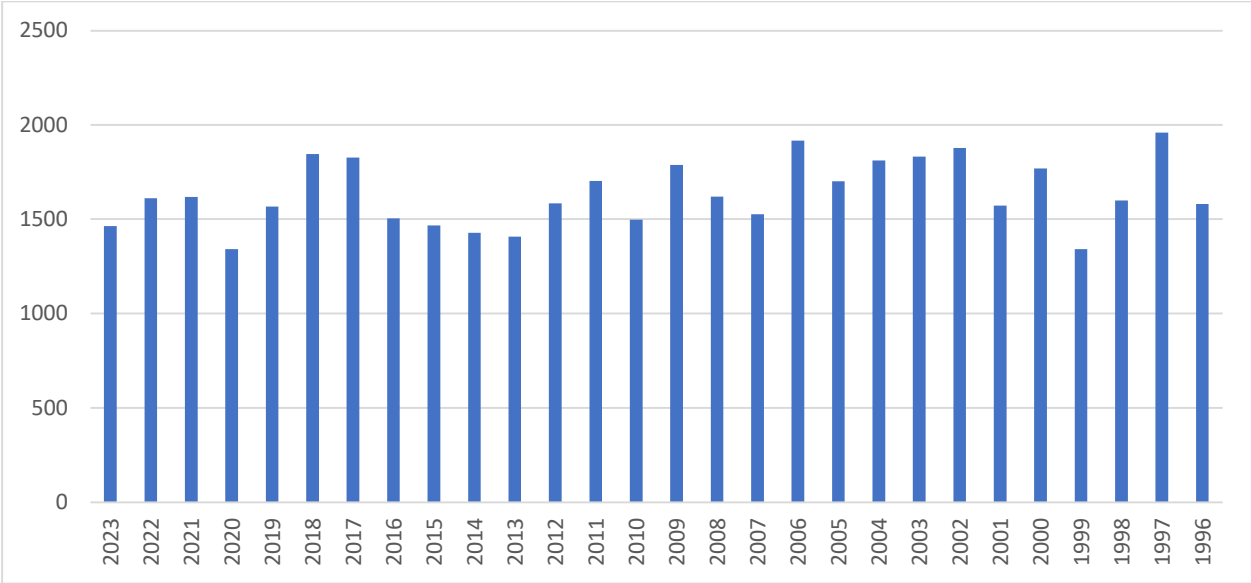
13.3.4. Caracterização climática local

A Fazenda Indiana II, possui estação meteorológica mais próxima com dados desde 2006, embora o período não seja suficiente para caracterização climática precisa, são dados importantes para uma breve noção do tempo em uma escala local, situada na latitude -18.95277 e na longitude -49.52499. Além disso, para os dados pluviométricos foram utilizados também a estação pluviométrica da ANA 1849026 – Faz. Boa Vista, esta estação possui dados desde 1995, no entanto foram utilizados os dados desde 1996 para utilizar dados de anos completos.

13.3.5. Índice Pluviométrico

Os valores pluviométricos seguem o comportamento dos padrões climáticos regionais, com nítida dominância de dois períodos bem definidos. A precipitação média acumulada anual para o período de 1996 a 2023 foi de 1634,05 mm. As maiores precipitações anuais foram registradas em 1997 (1959,7 mm) e 2006 (1917 mm). As menores alturas pluviométricas anuais correspondem aos anos 2020 (1340,8 mm) e 1999 (1341,8 mm), conforme os valores mostrados na Figura 13.3.5-1.

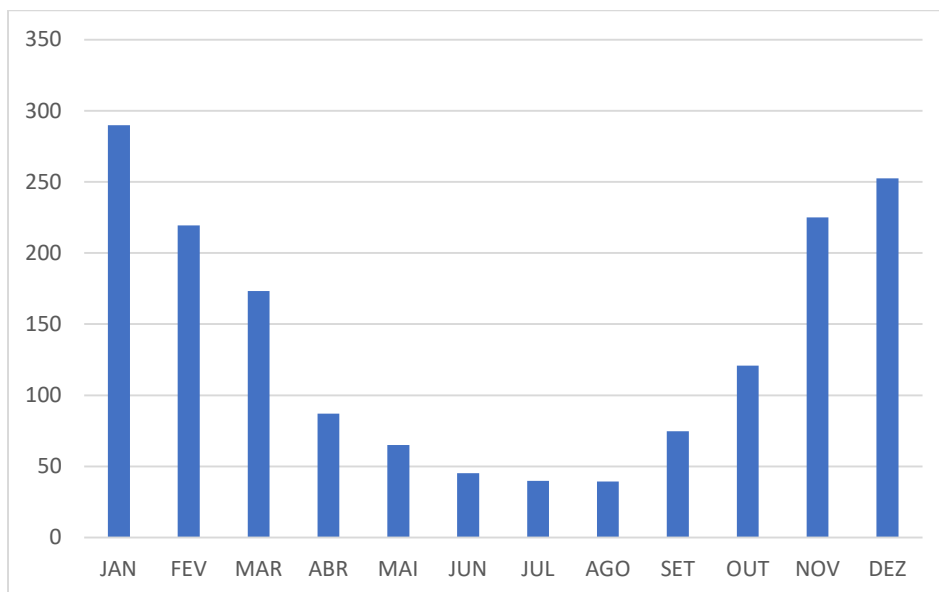
Figura 13.3.5-1 – Precipitações acumuladas anuais (mm) da série histórica 1996-2023 - Estação Pluviométrica 1849026 – PONTE BR-365 (FAZ. BOA VISTA).



Fonte: Agência Nacional de Águas (2024).

A Figura 13.3.5-2 referente às precipitações médias mensais obtidas da série histórica 1996 – 2023, registradas na estação Faz. Boa Vista (ANA), mostra variações acentuadas na distribuição das chuvas em dois períodos distintos. Os meses de maio a setembro caracterizam-se como o período de menor pluviosidade, com altura pluviométrica média de 52,85 mm. O período compreendido entre outubro e abril apresenta a maior altura de precipitação, com a média de 195,4 mm.

Figura 13.3.5-2 – Precipitações médias mensais (mm) referentes ao período 1996-2023.
Estação pluviométrica 1849026 – Faz. Boa Vista.



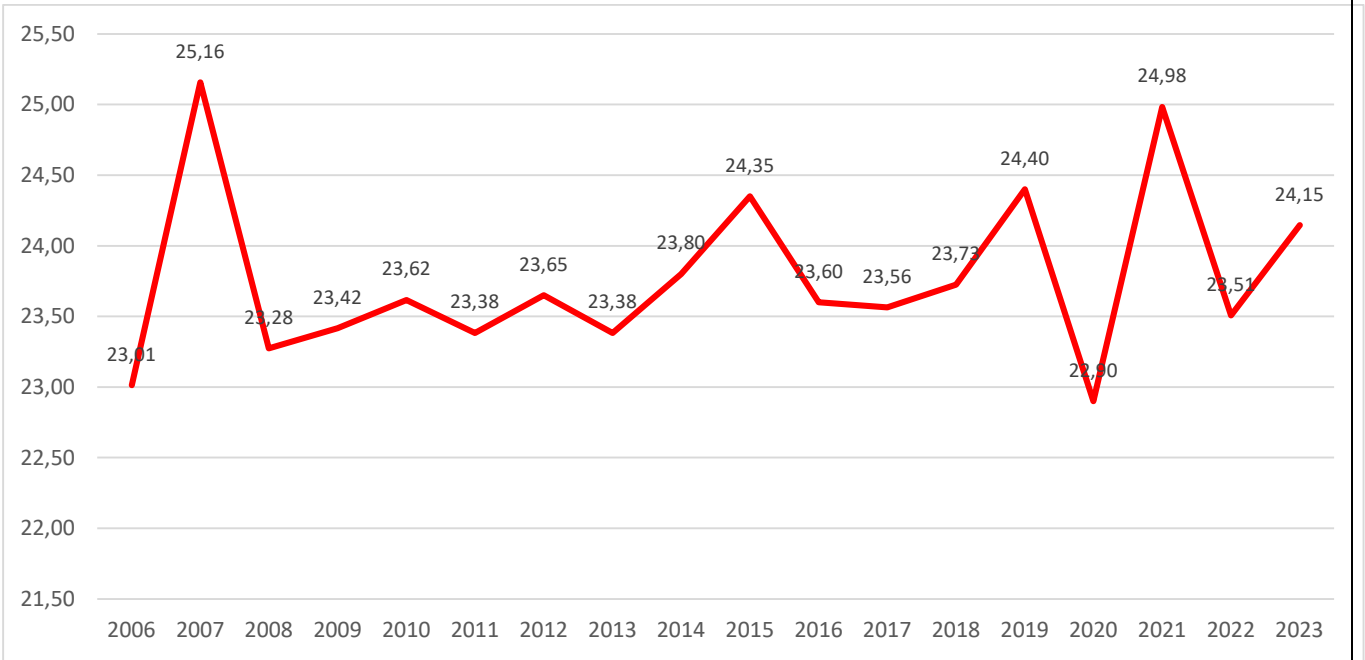
Fonte: Agência Nacional de Águas (2024).

13.3.6. Temperatura

A Figura 3.5-1 mostra os valores de médias anuais de temperatura referentes aos anos de 2006-2023. Os anos que apresentaram as maiores médias anuais foram os anos de 2007 e 2021, com médias de 25,16 °C e 24,98 °C, respectivamente.

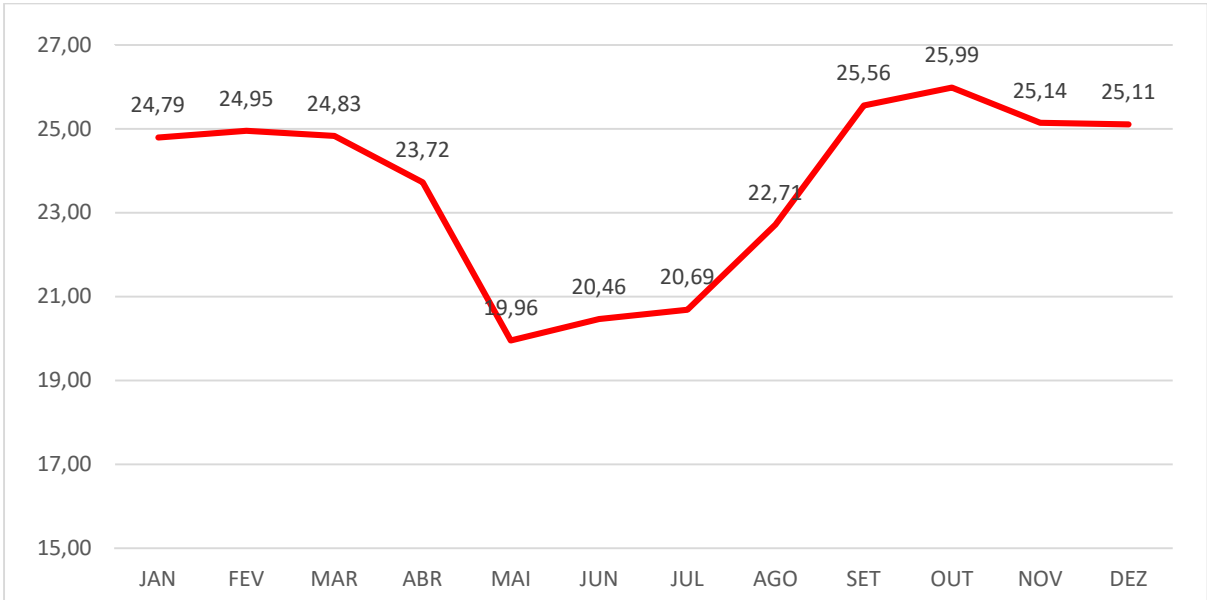
Quanto as médias mensais do período analisado é possível observar duas estações bem definidas de altas e baixas temperaturas (Figura 13.3.6-1). O trimestre maio a julho corresponde aos meses com menores valores das temperaturas médias registrados na estação meteorológica. O período compreendido entre outubro e março apresenta os maiores valores médios.

Figura 13.3.6-1 – Temperaturas médias anuais (°C) referentes ao período 2006-2023. Estação meteorológica A512, Ituiutaba -MG.



Fonte: INMET (2024)

Figura 13.3.6-2 – Temperaturas médias mensais (°C) referentes ao período 2006-2023. Estação meteorológica A512, Ituiutaba -MG.



Fonte: INMET (2024)

13.4. Geologia

13.4.1. Procedimentos metodológicos

Estudos empreendidos para a elaboração do diagnóstico da geologia das áreas de influência (ADA, AID e AII) da **Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá** consistiram, primeiramente, em pesquisas de informações em fontes secundárias acerca dos temas relacionados aos aspectos geológicos regionais e locais em publicações acadêmicas e técnicas, dissertações de mestrado e teses de doutorado, relatórios técnicos, mapas geológicos, entre outros. Findada esta fase de levantamentos preliminares passaram-se aos trabalhos de interpretação de imagens de satélite e levantamentos de campo com o objetivo de identificação e caracterização de aspectos específicos relativos à geologia, tais como: contexto geotectônico em se insere o empreendimento; aspectos da geologia regional e local; geologia estrutural; estratigrafia; unidades geológicas; distribuição horizontal e vertical das unidades geológicas, características faciológicas e litológicas; dentre outros. De posse do conjunto de informações do meio físico, seguiu-se a uma nova etapa de trabalhos de campo, desta vez visando confrontação e validação das informações obtidas nas duas fases anteriores.

Com base nas informações compiladas sobre o meio físico, avançou-se para uma nova fase de trabalho de campo, visando confrontar e validar os dados obtidos nas etapas anteriores. Essas informações geológicas revelaram-se cruciais para a elaboração do diagnóstico dos demais componentes do meio físico, nos quais a geologia desempenha um papel primordial. Assim, munidos dessas informações, foi possível identificar, analisar e avaliar a influência de cada componente do meio físico e suas interações na geração dos impactos ambientais decorrentes das atividades desenvolvidas no empreendimento.

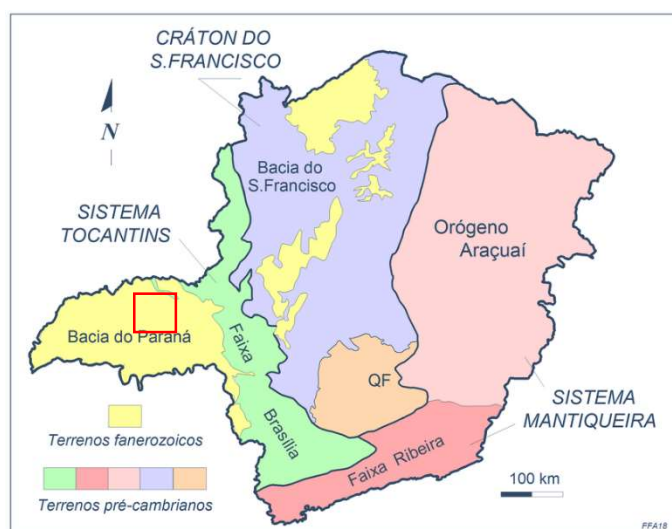
13.4.2. Arcabouço geológico regional

O empreendimento Complexo de **Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá** está localizado na região do Triângulo Mineiro, na porção Oeste do município de Santa Vitória, compreendido entre as coordenadas geográficas Latitudes: -50.602074188, -50.330678702, Longitude: -19.233014702, -19.037278029 [EPSG:4674].

A região do Triângulo Mineiro compreende duas grandes unidades geotectônicas pertencentes à Plataforma Sul-Americana: Bacia Sedimentar do Paraná e Faixa de Dobramentos Brasília.

A Faixa Brasília constitui um cinturão de dobramentos e empurrões neoproterozóicos, de direção geral NS (Almeida, 1967), que se prolonga por mais de 1.200 km na região central do Brasil, abrangendo parte dos estados de Minas Gerais, Goiás e Tocantins, além do Distrito Federal. Situada na porção leste da Província Tocantins, esta faixa móvel é limitada, a Leste, pelo Cráton do São Francisco (Almeida et al, 1977), a Sudoeste pela Bacia Sedimentar do Paraná e, ao Norte, pela Bacia do Parnaíba (Figura 13.4.2-1).

Figura 13.4.2-1 – Representação esquemática do arcabouço tectônico da região onde se insere o empreendimento.



Fonte - (modificado por Valeriano *et al.* 2004a, de Almeida *et al.* 1981).

No contexto geológico do oeste do estado de Minas Gerais, a área do empreendimento está inserida na Bacia Sedimentar do Paraná, que se estende sobre as litologias da Província Tocantins. Essa província, por sua vez, faz divisa com a Bacia Sedimentar do São Francisco a leste, abrangendo os municípios de Patos de Minas e Carmo do Paranaíba. As rochas dessa bacia sedimentar representam a cobertura sedimentar do Cráton do São Francisco, uma estrutura geológica antiga e estável que desempenha um papel fundamental na formação e evolução geológica da região.

13.4.3. Considerações sobre a evolução geológica regional

13.4.3.1. Faixa de Dobramentos Brasília

A Faixa de Dobramento Brasília é um importante cinturão orogênico, com uma extensão de mais de 1.200 km na direção norte-sul, desde o sul de Minas Gerais, passando por Goiás e chegando até o sul de Tocantins (NAVARRO *et al.*, 2013). As rochas que compõem suas unidades geológicas apresentam uma ampla variação no grau de metamorfismo, desde fácies de xisto verde,

que representam um baixo grau metamórfico, até anfíbolitos, que indicam um grau metamórfico médio. Em algumas regiões, especialmente em áreas de Goiás e Minas Gerais, podem ser encontradas rochas que atingiram fácies de granulito ou eclogito, caracterizando um metamorfismo de alto grau (MORAES et al., 2002). Isso evidencia a complexidade tectônica e a diversidade geológica da Faixa Brasília, que resulta de processos de colisão continental e formação de montanhas ao longo de sua história geológica.

Esta faixa de dobramentos surgiu da colisão de três blocos continentais importantes e estáveis, ou crátons, durante o Neoproterozoico: o Amazônico a Oeste, o São Francisco a Leste e o Paranapanema ao Sul. Esse encontro resultou na compressão das bacias sedimentares oceânicas Mesoproterozoicas e Neoproterozoicas, desencadeando processos tectônicos de inversão. Ao mesmo tempo, as áreas estáveis dos crátons não foram afetadas pelos processos tectônicos e térmicos da orogenia brasileira.

Moreira et al. (2008) subdividiram a Faixa Brasília na porção sul do estado de Goiás em duas zonas com as designações Interna e Externa. A Zona Interna é constituída de Granitóides (tipo Ipamari, Piracanjuba e Aragoiânia), Arco Magmático de Goiás, Sequência metavulcanos sedimentares (Maratá, Rio Veríssimo, Silvânia, Anicuns-Itaberaí), Grupo Araxá (Unidades A e B), Complexo Granulítico Anápolis-Itaçu e associação Ortognáissica Migmatítica; A Zona Externa é formada pelos grupos Paranoá, Canastra e as formações Vazante e Ibiá

Uhlein et al. (2013) realizaram a análise estrutural e tectônica da Faixa Brasília em domínios estruturais Interno e Externo a partir de cinco seções geológicas e estruturais com o objetivo de caracterizar e comparar o acervo estrutural da Zona Interna (antiga Faixa Uruaçu) com o da Zona Externa da faixa.

Os referidos autores verificaram que o Domínio Externo no setor meridional da Faixa Brasília, no Estado de Minas Gerais, possui estrutura de um cinturão de dobras e empurrões com extensas falhas de empurrão, longitudinais, que invertem a estratigrafia das unidades Vazante (sequência argilosa e argilo-dolomítica com estromatólitos de barreira recifal), Grupo Canastra (filitos carbonosos, quartzitos, filitos ou xistos) e Grupo Ibiá (metadiamictitos e xistos) (Campos Neto 1979, Freitas-Silva 1991, Pereira 1992). Para o Sul, em direção a Passos, os autores verificaram que, com o aumento da deformação, o Domínio Externo fica reduzido e se confunde com o Domínio Interno.

O Domínio Interno da Faixa Brasília inclui unidades alóctones do Grupo Araxá e Grupo Serra da Mesa, assim como porções do embasamento fortemente envolvidas na tectônica brasileira.

O Grupo Serra da Mesa (Marini *et al.* 1981) é constituído por xistos com granada, estauroлита, cianita e intercalações de quartzitos e mármore, porém, aflora ao Norte da Faixa Brasília, constituindo-se num provável equivalente lateral do Grupo Araxá. (Fuck & Marini, 1981).

Dentre as unidades que compõem o Domínio Interno da Faixa Brasília, o Grupo Araxá (Barbosa 1955) é o único presente no Oeste de Minas Gerais e se estende até o Centro-Sul de Goiás.

Segundo Seer *et al.* (2001), as rochas metassedimentares do Grupo Araxá, representadas pelos micaxistos, quartzo-micaxistos, granada-quartzo-micaxistos, granada-cloritóide-quartzo-micaxistos, quartzitos e quartzitos micáceos, que ocorrem na região de Araxá (MG), foram geradas a partir de sedimentos depositados em águas marinhas profundas.

A leste do alinhamento aproximado estabelecido pelas cidades de Sacramento, Perdizes e Romaria afloram continuamente as litologias do Grupo Araxá até se sobreporem às litologias do Grupo Ibiá a altura das cidades de Araxá, Ibiá, Patrocínio e Coromandel. Ao norte do balizamento estabelecido pelas cidades de Estrela do Sul, Araguari, Tupaciguara e Itumbiara, os metassedimentos do Grupo Araxá se estendem rumo ao Sul de Goiás.

13.4.3.2. Bacia Sedimentar do Paraná

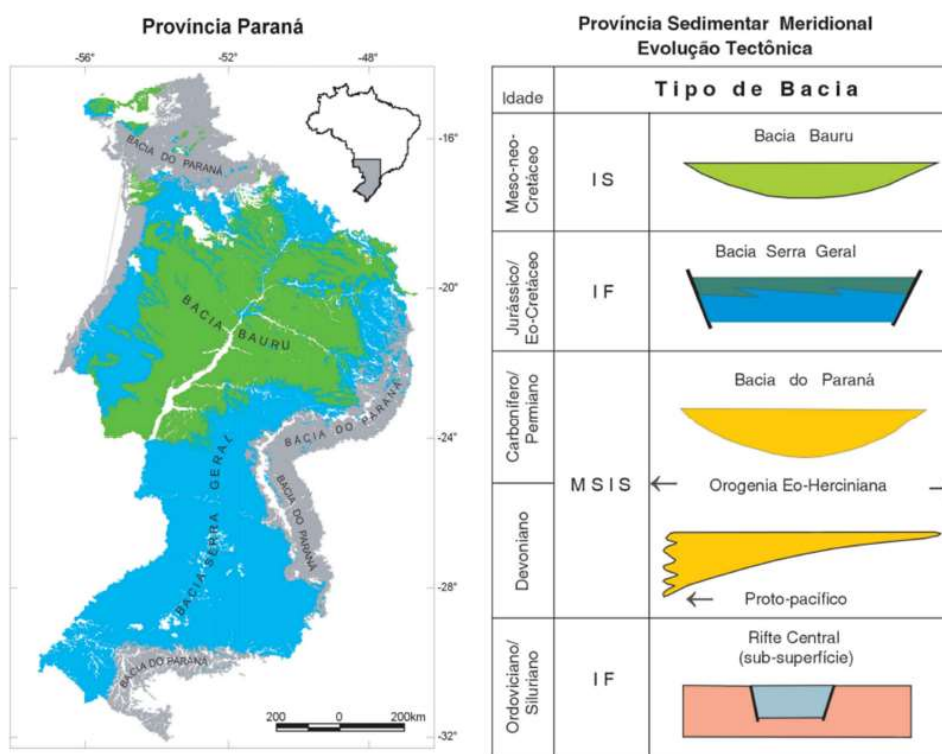
De acordo com o Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010), a Bacia Sedimentar do Paraná é composta por uma sequência sedimentar e magmática que se formou entre o Neordoviciano e o Neocretáceo (MILANI, 2004). A maior parte da região do Triângulo Mineiro está inserida nessa bacia (NISHIYAMA, 1989), que pertence à Província Sedimentar Meridional, também conhecida como Província Paraná. Essa província é composta por duas unidades geológicas principais e independentes:

Formação Serra Geral: Constituída predominantemente por rochas magmáticas básicas, resultantes de grandes derrames de lava basáltica que ocorreram durante o período Cretáceo.

Grupo Bauru: Composta exclusivamente por rochas sedimentares, formadas em um ambiente continental, pós-derrames basálticos, durante o Neocretáceo.

Essas duas bacias representam importantes formações geológicas no contexto da Bacia Sedimentar do Paraná, com suas características específicas tanto em termos de composição litológica quanto em termos de formação geológica (Figura 13.4.3.2-1).

Figura 13.4.3.2-1 – Esboço geológico da Província Paraná e sua evolução tectônica.



Fonte: Adaptado de Silva et al. 2003.

O que diferencia a bacia sedimentar nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba das demais regiões de sua ocorrência no Sul e Sudeste do Brasil é a ausência de unidades geológicas pertencentes à sequência Paleozóica, pelo menos em níveis aflorantes. Desse modo, encontram-se presentes os grupos São Bento representado pelas formações Botucatu e Serra Geral e o Bauru constituído pelas formações Uberaba, Vale do rio do Peixe e Marília, ambos de idade Mesozóica, compreendendo os períodos Triássico, Jurássico e Cretáceo.

No limite da Bacia sedimentar do Paraná na mesorregião do Triângulo Mineiro, as rochas dos grupos São Bento e Bauru transgridem sobre as litologias neoproterozóicas da Faixa de Dobramentos Brasília.

Formação Botucatu

Arenitos eólicos da Formação Botucatu afloram em áreas restritas na região. Ainda assim, exibem camadas pouco espessas, que raramente superam o limite de uma dezena de metros. Raras exposições dessa unidade geológica podem ser observadas no contato com os micaxistos do Grupo Araxá nos vales dos rios Paranaíba e Araguari.

A Formação Botucatu não aflora dentro dos limites da AII do empreendimento.

Formação Serra Geral

A Formação Serra Geral é caracterizada por rochas efusivas de natureza básica e lentes de arenitos intercaladas aos derrames de lava. Principalmente composta por diversos níveis de basaltos, essa unidade geológica resulta de sucessivos episódios de derramamento de lavas básicas ocorridos entre o Jurássico e o Cretáceo. Esse conjunto de rochas efusivas ocupa uma área de mais de 1.000.000 km² na Bacia Sedimentar do Paraná, somente no território brasileiro. Quando se estende para a Argentina, Paraguai e Uruguai, sua área de ocorrência aumenta para cerca de 1.600.000 km².

No Brasil, as litologias desta formação estão amplamente distribuídas nos estados do Sul e Sudeste, assim como em partes de alguns estados do Centro-Oeste. Os basaltos são encontrados em grande parte do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e em áreas menores de Mato Grosso do Sul, Minas Gerais (Triângulo Mineiro) e Sul de Goiás.

No Triângulo Mineiro, grande parte das rochas dessa formação está recoberta por sedimentos mais recentes do Grupo Bauru e por sedimentos cenozoicos. Contudo, os vales dos grandes cursos d'água que drenam a região, como os rios Grande, Paranaíba e seus principais afluentes, apresentam as melhores exposições da Formação Serra Geral. As exposições contínuas de basaltos se limitam aos vales dos principais cursos fluviais da região, como os rios Paranaíba, Grande, Araguari, Tijuco, da Prata e Uberabinha. Na maior parte do Triângulo Mineiro, os basaltos estão cobertos pelas litologias sedimentares do Grupo Bauru.

Formação Vale do Rio do Peixe

O Grupo Bauru, na região do Triângulo Mineiro, é caracterizado como um conjunto litológico sedimentar de idade Neocretácica, composto pelas formações Vale do Rio do Peixe (antiga formação Adamantina, que foi redefinida por Fernandes, 2000), Uberaba e Marília. Tanto a Formação Uberaba quanto a Formação Vale do Rio do Peixe não estão presentes na porção norte do município de Uberaba. A Formação Uberaba pode ser encontrada nas proximidades da cidade de Uberaba, estendendo-se para os municípios vizinhos de Veríssimo e Campo Florido. A Formação Vale do Rio do Peixe, por sua vez, se distribui por grandes extensões no Triângulo Mineiro, abrangendo os municípios de Uberlândia, Prata, Campina Verde, Iturama, Ituiutaba e Santa Vitória.

Segundo Batezelli (2003), a Formação Vale do Rio do Peixe é composta por arenitos finos a médios, de coloração avermelhada, com moderada seleção, estratificações cruzadas de pequeno a médio porte, estratificação plano-paralela, marcas onduladas subordinadas e, localmente, arenitos maciços. Ainda de acordo com o autor, a Formação Vale do Rio do Peixe assenta-se

discordantemente sobre os basaltos da Formação Serra Geral, apresentando um contato abrupto e erosivo.

Formação Marília

Na maior parte Triângulo Mineiro a Formação Marília encontra-se assentada sobre a Formação Adamantina. Porém, na ausência desta última, pode ocorrer o contato direto com a Formação Serra Geral.

Litologias da Formação Marília se distribuem sobre extensas áreas na região do Triângulo, exceto nos vales dos grandes cursos de água: Paranaíba, Grande e Araguari. A ausência da Formação Marília nesses vales fluviais se deve ao processo denudacional que, ao erodir as camadas dessa unidade geológica, expôs as unidades subjacentes. Nas porções de chapada Uberaba - Uberlândia – Araguari - Perdizes a Formação Marília se encontra preservada, porém, recoberta por sedimentos detrítico-lateríticos de idade cenozóica em sua maior parte.

A Formação Marília é representada por espessas camadas de arenitos imaturos e conglomerados superpostos aos níveis carbonáticos. BARCELOS (1984: 101) e BARCELOS et al (1981: 94) propuseram a designação Facies Ponte Alta para os níveis carbonáticos constituídos de calcários tipo calcrete e Facies Serra da Galga para os sedimentos arenosos e conglomeráticos superpostos a Facies Ponte Alta.

O Membro Serra da Galga é formado por arenitos feldspáticos de granulação fina aconglomerática e conglomerados ostentando colorações avermelhada, esbranquiçada, rósea e lilás, frequentemente associados à silcretos e calcretes (NISHIYAMA, 1989). Suguio (1973 apud FIUMARI, 2004), sugeriu que esta subunidade foi gerada em sistemas de leques fluviais coalescentes no final do Cretáceo.

O Membro Ponte Alta é composto por calcários, arenitos e conglomerados com cimentação carbonática. Fernandes e Coimbra (2000) classificaram os calcários como impuros devido à presença de proporções variáveis de sedimentos clásticos, como calcários arenosos, calcários conglomeráticos com matriz arenosa e calcários finos fragmentados. Os sedimentos da Formação Marília foram depositados em um ambiente subaquoso e com clima semiárido. Predominam arenitos, desde finos até grosseiros, além de argilitos e siltitos avermelhados e esbranquiçados, comumente limonitizados, dispostos em pacotes maciços. Esses sedimentos geralmente apresentam silicificação e estratificação cruzada de pequeno e médio porte.

Coberturas detrítico-lateríticas

Na porção norte do município de Uberaba e sul do município de Uberlândia, onde estão localizadas as áreas de influência do empreendimento, ocorre uma cobertura detrítico-laterítica

(TQdl) de idade Terciária-Quaternária. Em grande parte, essa cobertura foi submetida a processos pedogenéticos intensos, resultando em forte lixiviação e consequente perda de bases de sílica, além do acúmulo de óxidos e hidróxidos de ferro, principalmente na forma de hematita e goethita, e de alumínio, como caulinita e gibsitita. Esses minerais se apresentam sob a forma de concreções e/ou couraças e dão origem aos latossolos vermelhos, vermelho-amarelos e amarelos da região (Figuras 4.3.2-3 e 4.3.2-4). Na base dessa cobertura cenozóica é comum se observar níveis de materiais rudáceos compostos predominantemente de seixos de quartzo, quartzitos e arenitos sustentados por uma matriz areno-argilosa.

Grupo Araxá

O Grupo Araxá faz parte da estrutura geológica da Faixa de Dobramentos Brasília, com rochas que refletem complexos processos tectônicos e metamórficos. Conforme Teixeira e Danni (1978), o Grupo Araxá foi dividido em duas principais unidades: a Sequência Passos, composta por xistos granadíferos e feldspáticos, e a Formação Canastra, que inclui as sequências Serra da Ventania (quartzitos, muscovita-xistos e metassedimentos tufáceos) e Itaú (filitos, clorita-xistos e metacalcários).

As rochas metassedimentares do Grupo Araxá, como mica xistos e quartzitos, foram formadas a partir de sedimentos marinhos profundos (Seer et al., 2001). Além disso, esse grupo inclui lentes de rochas metamáficas (como anfibolitos) e metaultramáficas (como serpentinitos e talcoxistos), que são interpretadas como restos de assoalho oceânico, evidência de uma mistura tectônica chamada *mélange* ofiolítica. Essa mistura teria sido empurrada para cima de uma margem continental por meio de nappes, com o movimento tectônico de oeste para leste (Valeriano et al., 2004).

Na região de Araxá, as rochas do Grupo Araxá são compostas principalmente por anfibolitos e mica xistos, intrudidas por granitos formados durante processos colisionais, como os granitos de Araxá, que incluem dois tipos petrográficos: biotita granito e biotita-muscovita granito (Seer et al., 2005).

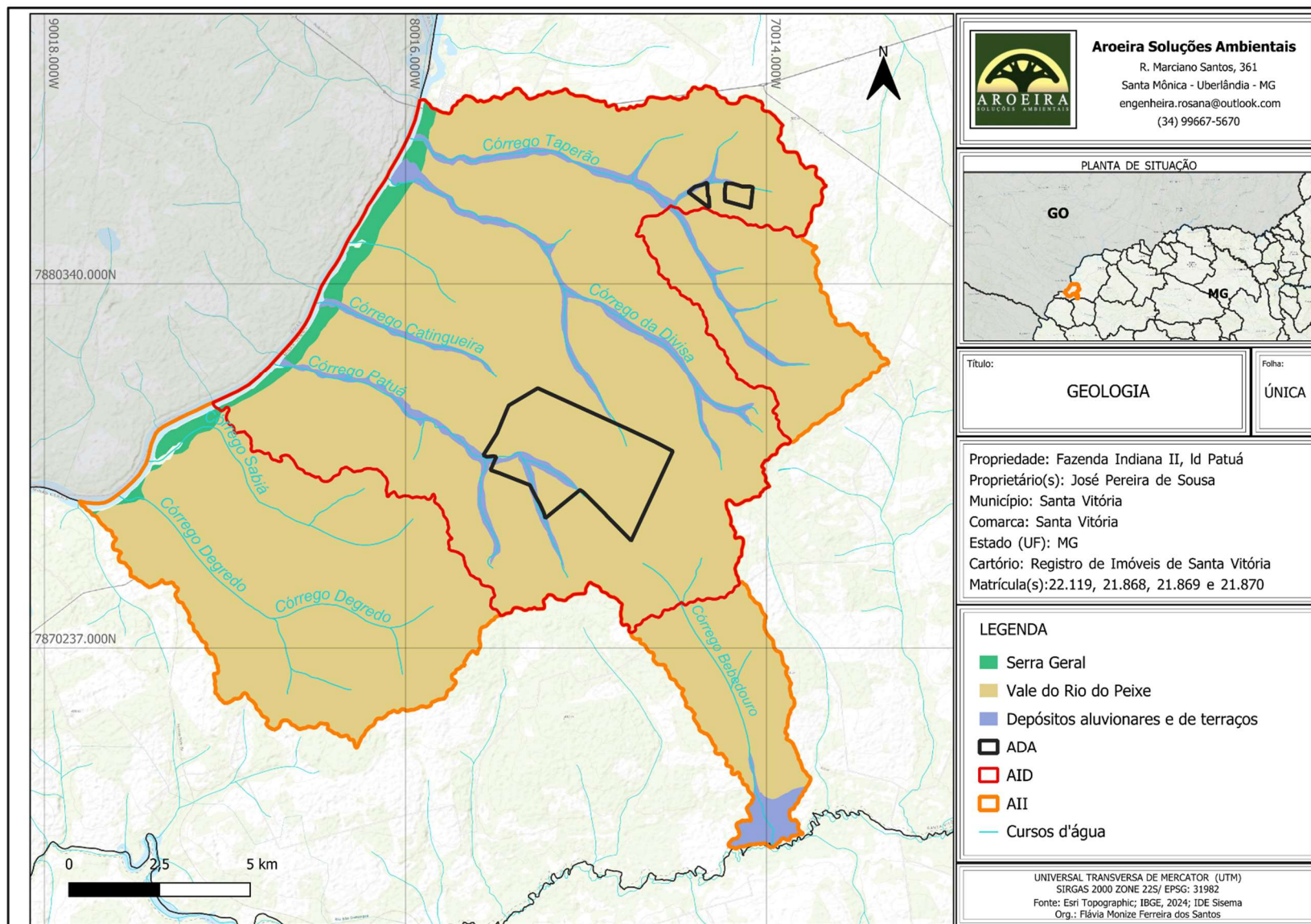
Do ponto de vista geotectônico, as características químicas dos anfibólitos e as idades modelo indicam que o Grupo Araxá se formou em uma bacia oceânica de retro-arco durante o período entre 1,2 e 0,9 bilhões de anos atrás (Pimentel et al., 1999).

Geograficamente, o Grupo Araxá aflora ao leste das cidades de Sacramento, Perdizes e Romaria, e se sobrepõe às litologias do Grupo Ibiá, estendendo-se pelas cidades de Araxá, Ibiá, Patrocínio e Coromandel. Ao Norte, alcança a região de Goiás, passando por cidades como Estrela do Sul, Araguari e Tupaciguara e Itumbiara.

13.4.4. Geologia das Áreas de Influência do Empreendimento

As áreas de influência do empreendimento estão inseridas em uma porção de abrangência da Bacia do Paraná representada pela formação Serra Geral, que pertence ao grupo São Bento. Pela formação Vale do Rio do Peixe do Grupo Bauru. Além dos Depósitos aluvionares e de Terraços, que recobre as áreas próximas aos cursos d'água. A Figura 13.4.4-1, a seguir, apresenta o mapa geológico das áreas de influência do empreendimento do empreendimento.

Figura 13.4.4.-1 – Mapa geológico das áreas de influência do empreendimento Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá



13.4.4.1. Formação Serra Geral

A Formação Serra Geral é composta predominantemente por basaltos, rochas ígneas de composição máfica, resultantes de grandes fluxos de lava que se espalharam e resfriaram rapidamente. Esses basaltos são caracterizados por sua coloração escura e alta resistência ao intemperismo, formando terrenos com relevo mais elevado e escarpas acentuadas em várias partes do Brasil Central.

Na região de Santa Vitória, incluindo as proximidades do distrito de Chaveslândia, a formação Serra Geral aparece tanto em afloramentos isolados quanto em camadas expostas nas margens do rio Paranaíba, particularmente onde há erosão nas encostas e nas áreas de contato com formações sedimentares mais recentes. Esses basaltos apresentam fraturas e estruturas colunares típicas de lavas resfriadas, e em alguns locais, podem ser observadas as chamadas feições de disjunção colunar, formadas durante o resfriamento.

Nas margens do rio Paranaíba, a presença da Formação Serra Geral influencia diretamente o relevo e as características do solo da região. O basalto confere ao terreno uma maior resistência à erosão, formando encostas mais íngremes em algumas áreas. No entanto, onde o basalto está mais alterado e fraturado, é possível encontrar solos derivados desses materiais, que são mais férteis do que os solos de outras formações rochosas, devido ao intemperismo dos minerais presentes nas rochas máficas.

Em algumas partes, os depósitos aluvionares mais recentes podem recobrir parcialmente o basalto, criando uma transição entre a Formação Serra Geral e os sedimentos cenozoicos. A presença de material vulcânico antigo também afeta a drenagem e a geomorfologia local, criando áreas de terreno mais elevado próximo às margens do rio, que contrastam com as planícies aluviais adjacentes. (Figura 13.4.4.1-1 e Figura 13.4.4.1-2).

Figura 13.4.4.1-1 –Formação Serra Geral, nas margens do Rio Paranaíba

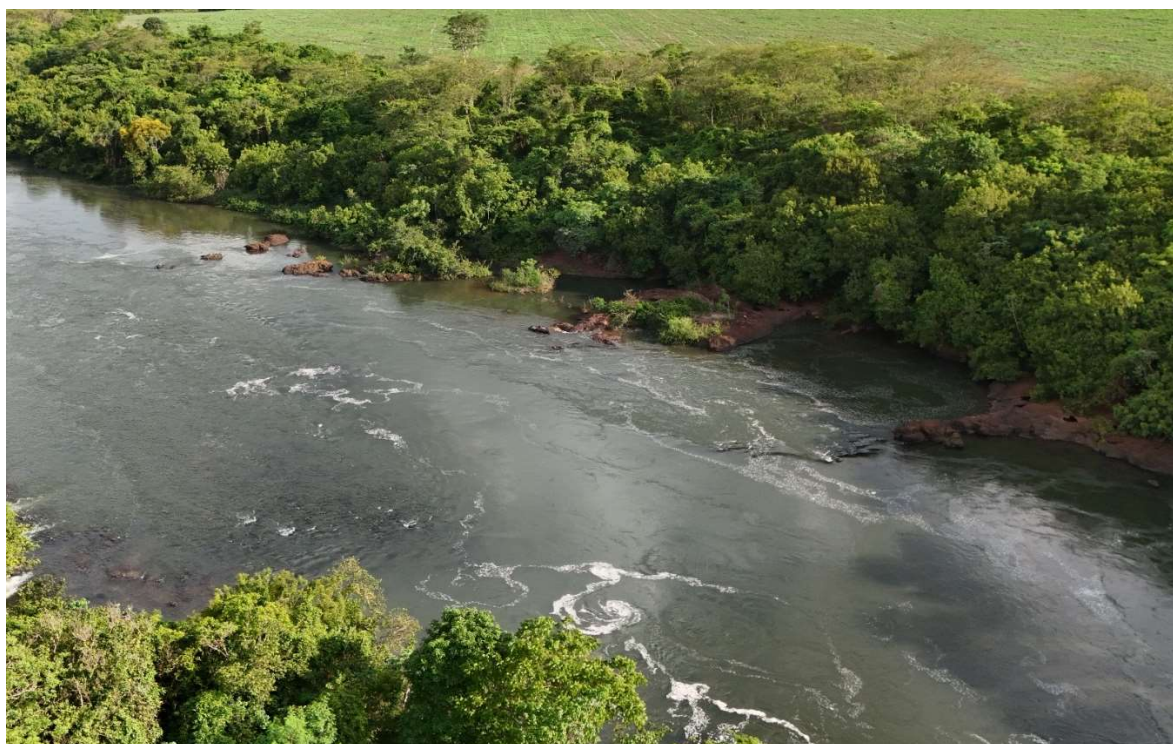


Figura 13.4.4.1-2 –Afloramento de Basalto da Formação Serra Geral, nas margens do córrego Taperão



13.4.4.2. Formação Vale do Rio Do Peixe

A Formação Vale do Rio do Peixe é composta por depósitos sedimentares, predominantemente areníticos, que se formaram no período Cretáceo, em um ambiente fluvial e lacustre. Esses sedimentos são resultado da deposição de materiais transportados por rios e acumulados em bacias sedimentares antigas, o que reflete um ambiente de sedimentação tranquilo, com presença de cursos d'água intermitentes e margens de rios.

Os sedimentos da formação são principalmente arenitos finos a médios, com camadas que podem incluir siltitos, argilitos e, ocasionalmente, conglomerados. Esses materiais são mal selecionados, sugerindo um transporte de curta distância e uma deposição rápida em leques aluviais e canais fluviais. A formação também apresenta traços de atividade biológica antiga, como bioturbação (estruturas formadas por organismos escavadores), o que reforça a presença de um ambiente de sedimentação com água rasa.

Na região de Santa Vitória, incluindo as proximidades de Chaveslândia, a Formação Vale do Rio do Peixe aparece em afloramentos isolados, muitas vezes sobreposta por sedimentos mais recentes, como os depósitos aluvionares e de terraços associados aos rios da área, especialmente ao rio Paranaíba. A presença dessa formação contribui para a diversidade geomorfológica da região, com áreas que apresentam solos derivados de sedimentos areníticos, o que resulta em solos de baixa fertilidade, por serem mais arenosos e pobres em nutrientes.

Em termos de relevo, a Formação Vale do Rio do Peixe pode contribuir para a existência de terrenos mais planos ou suavemente ondulados, onde os sedimentos não foram significativamente erodidos. Nas proximidades dos rios e áreas de várzea, ela se encontra parcialmente coberta por sedimentos aluvionares recentes, o que cria uma transição entre as formações sedimentares mais antigas e os depósitos cenozoicos. (Figura 13.4.4.2-1).

Figura 13.4.4.2-1 – Afloramento de Arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe exposto próximos AII do empreendimento.



13.4.4.3. Depósitos Aluvionares e de Terraços (Q2a)

Esses depósitos são formados pela ação de rios que transportam sedimentos de diferentes tamanhos e os depositam em áreas de menor energia, como planícies e leitos aluviais. Os materiais que compõem esses depósitos geralmente incluem cascalho, areia, silte e argila. A natureza dos sedimentos varia dependendo do tipo de relevo, vegetação e clima da região, além do volume e velocidade das águas.

No Triângulo Mineiro, especialmente nas bacias hidrográficas dos rios Paranaíba e Grande, essas formações são bem representadas em áreas de várzeas e terraços fluviais. Em geral, esses depósitos formam solos férteis, muito utilizados para agricultura, dado que os sedimentos trazidos pelas inundações são ricos em nutrientes.

Os terraços são superfícies mais elevadas ao longo dos vales fluviais, marcando antigos leitos de rios que se estabeleceram em diferentes épocas geológicas. Essas formações indicam variações no nível de base do rio, podendo ser resultado de mudanças climáticas, tectonismo ou variações no fluxo hídrico.

13.5. SOLOS

13.5.1. Procedimentos metodológicos adotados para o diagnóstico

O estudo pedológico realizado no presente diagnóstico do Meio Físico teve como objetivo identificar e caracterizar os principais tipos de solos presentes na Área Diretamente Afetada (ADA) e na Área de Influência Direta (AID) do empreendimento **Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá**. Esse conhecimento é essencial para avaliar as fragilidades e potencialidades dos solos, especialmente considerando o risco de impactos ambientais decorrentes da interação entre solos e os demais componentes do meio físico (água, ar, rocha e relevo).

No caso específico da ADA, a principal atividade é a agropecuária, que demanda uso intensivo do solo. Esse uso pode gerar erosão hídrica, além de poluição e contaminação tanto dos solos quanto dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Portanto, o estudo buscou reconhecer os tipos de solo presentes e suas susceptibilidades a processos erosivos e de contaminação. A análise das propriedades físicas e químicas dos solos foi fundamental para o diagnóstico e prognóstico dos impactos ambientais que o empreendimento pode causar.

O solo é um dos componentes mais vulneráveis do meio físico, mas também atua como um importante agente na atenuação de poluentes, filtrando e retraindo substâncias antes que alcancem os corpos d'água. Assim, compreender as características e interações do solo com outros elementos, como relevo e águas superficiais e subterrâneas, é crucial para identificar potenciais riscos e impactos.

A metodologia do estudo pedológico incluiu inicialmente uma pesquisa em fontes bibliográficas, como livros, artigos científicos, dissertações, teses e relatórios técnicos, além da análise de imagens de satélite e mapas de solos. Após essa etapa, foram realizados levantamentos de campo para confrontar e validar as informações obtidas nas fontes secundárias, aprofundando a compreensão das interações solo-relevo e solo-água.

13.5.2. Aspectos gerais sobre solos da região

As regiões tropicais da Terra, da qual faz parte a região do Triângulo Mineiro, a maior parte dos solos apresentam características inerentes ao ambiente climático onde evoluíram, quais sejam: intensamente intemperizados; profundos; laterizados; poucos minerais primários; boa capacidade de drenagem e frações significativas de areia quartzosa. De uma forma geral os solos assim evoluídos apresentam baixa fertilidade natural e baixo teor de matéria orgânica.

Caracterizam-se como solos ácidos, lixiviados, dessaturados, com concentrações de alumínio trocável e argila de baixa atividade (Rosolen et al., 2012).

Ainda, os solos evoluídos em condições tropicais comumente apresentam óxidos e hidróxidos de ferro, respectivamente, hematita e goethita e/ou de alumínio, respectivamente, gibbsite e caulinita. Dentre os minerais primários presentes nos solos tropicais, o quartzo é o mais abundante dada a sua estabilidade química (Macedo; Bryant, 1987 apud Rosolen et al., 2012).

A composição mineralógica, primária e secundária, depende do material de origem, do tempo de atuação dos agentes do intemperismo e da posição topográfica.

Segundo o Projeto RADAMBRASIL (1983), as classes de solos mais representativas no Triângulo Mineiro compreendem os solos bem evoluídos como os Latossolos Vermelhos e Vermelho-amarelos e solos intermediários como os Cambissolos. Além desses, o Gleissolos são frequentemente encontrados na região, sobretudo nas áreas úmidas e mal drenadas, a exemplo das veredas e campos hidromórficos.

13.5.3. Solos da AII, AID e ADA do Empreendimento

A caracterização dos solos da AII, AID e ADA do empreendimento foi realizada com base nos dados secundários contidos em referências teóricas como trabalhos acadêmicos e no manual do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos-SiBCS (EMBRAPA, 2018), além de documentos cartográficos produzidos pela UFV/CETEC/UFLA/FEAM (2010) (Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais) e pelo Projeto RADAM BRASIL (1983) (Levantamento de Recursos Naturais), bem como no reconhecimento da cobertura pedológica em trabalhos de campo.

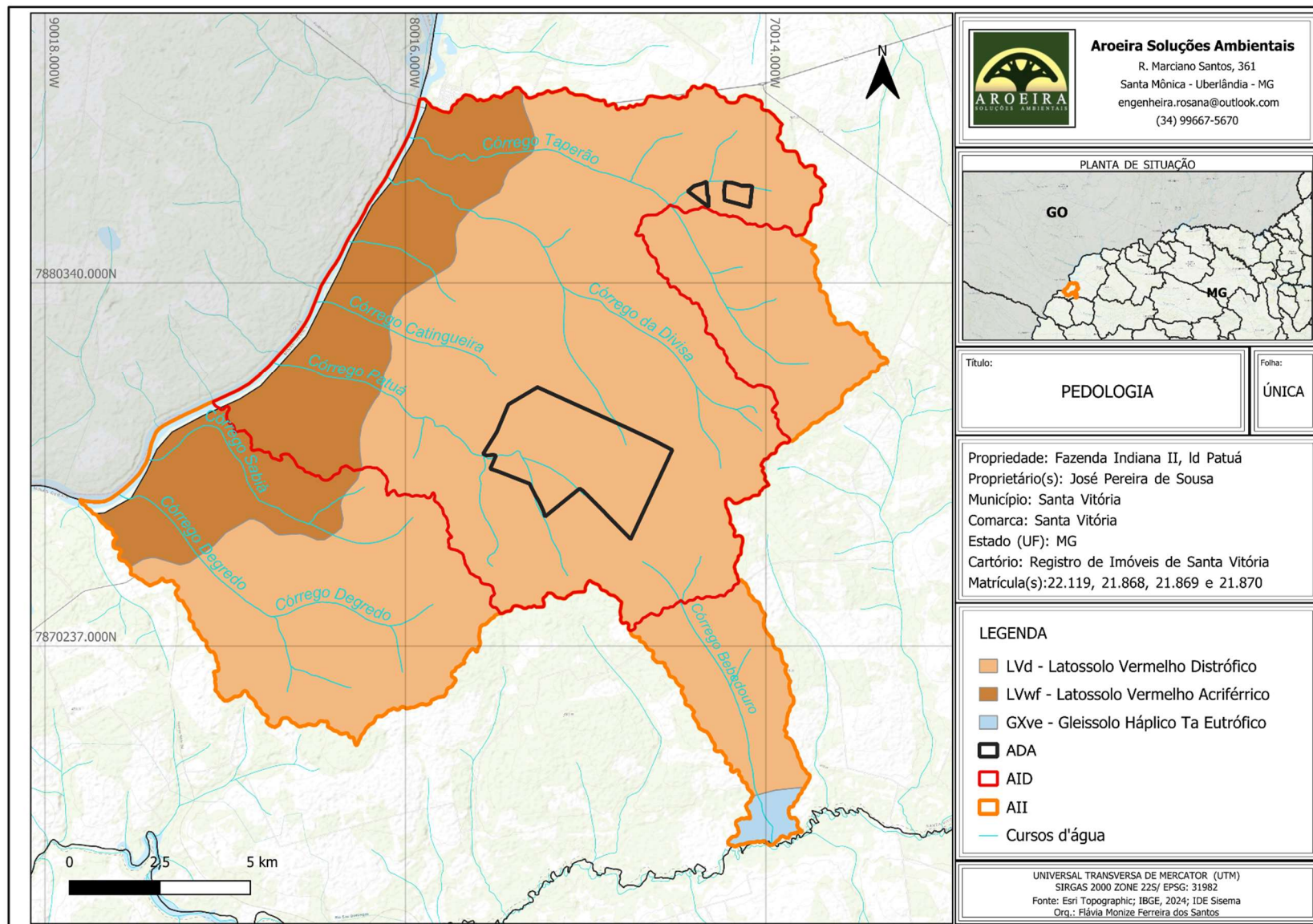
Segundo a Agência Embrapa de Informação Tecnológica (EMBRAPA - AGEITEC, 2019), os Latossolos Vermelho-Amarelos ocorrem em extensas áreas dispersas em todo o território nacional, geralmente associados aos relevos plano, suave ondulado ou ondulado. Ocorrem em condições bem drenadas, sendo muito profundos e uniformes em características de cor, textura e estrutura, mesmo em profundidades maiores.

Da mesma maneira, os Latossolos Vermelhos estão presentes em extensas áreas nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste do país ocupando áreas de relevo plano e suave ondulado e, em menor expressão, áreas de relevo ondulado EMBRAPA – AGEITEC (2019).

De acordo com o mapeamento pedológico realizado pela UFV/CETEC/UFLA/FEAM (2010), os tipos pedológicos encontrados nas Áreas de Influência do empreendimento são: Latossolo Vermelho distrófico, Latossolo Vermelho acriférrico e Gleissolo Háptico TA eutrófico.

O Mapa da Figura 13.5.3-1, a seguir, apresenta a espacialização das unidades pedológicas existentes nas áreas de influência do empreendimento e seu entorno:

Figura 13.5.3-1 – Mapa de solos das áreas de influência do empreendimento (Fonte: modificado de UFV/CETEC/UFLA/FEAM (2010).



Latossolo Vermelho Distrófico:

Classificação e Formação: Pertencente ao grupo dos Latossolos, que são solos profundos e bem drenados, com estrutura porosa que favorece a infiltração de água. O Latossolo Vermelho Distrófico é caracterizado por baixa saturação de bases, o que lhe confere baixa fertilidade natural (distrófico). Está relacionado à *Formação Vale do Rio do Peixe*, associada a relevo plano a suavemente ondulado.

Características Pedológicas: Este solo é argiloso, com coloração vermelha que indica a presença de óxidos de ferro, embora em menor proporção comparado aos Latossolos Acriférricos. Sua profundidade e permeabilidade são adequadas para a agricultura, mas a baixa fertilidade exige correções, como calagem e adubação, para viabilizar cultivos mais intensivos.

Implicações Ambientais: Por ser um solo profundo e com boa drenagem, tem potencial agrícola, mas o baixo conteúdo de nutrientes torna-o dependente de insumos corretivos. Sem práticas de conservação adequadas, especialmente em áreas declivosas, o solo está sujeito à erosão. Estratégias como plantio em curva de nível e cobertura vegetal são recomendadas para evitar perdas de solo e nutrientes.

Latossolo Vermelho Acriférrico:

Classificação e Formação: Também classificado como Latossolo Vermelho, este solo possui alta concentração de ferro (acrítico e férrico), que confere sua coloração vermelha intensa e o torna estruturalmente mais estável. É encontrado nas áreas mais próximas ao *Rio Paranaíba*, onde a influência geológica da *Formação Serra Geral* é predominante.

Características Pedológicas: Esse solo apresenta textura argilosa e profundidade significativa, o que proporciona boa drenagem. A presença de óxidos de ferro aumenta a resistência à compactação e melhora a estabilidade estrutural, sendo um solo menos vulnerável à degradação física. No entanto, sua baixa saturação de bases (acrítico) indica que a fertilidade natural é limitada, com baixa capacidade de retenção de nutrientes para uso agrícola.

Implicações Ambientais: O Latossolo Vermelho Acriférrico tem estabilidade estrutural e drenagem que favorecem o uso agrícola, mas a baixa fertilidade natural requer investimentos em correções de solo. Próximo ao rio, a conservação é fundamental, pois o uso intensivo pode aumentar o risco de erosão e sedimentação no Rio Paranaíba. Medidas conservacionistas, como faixas de vegetação ripária e manejo de cobertura, são recomendadas para proteger a área.

Gleissolo Háplico TA Eutrófico:

Classificação e Formação: Este solo pertence ao grupo dos Gleissolos, caracterizados por apresentarem sinais de hidromorfismo devido ao lençol freático elevado ou saturação frequente,

geralmente em áreas de relevo baixo e próximas a corpos hídricos. A classificação eutrófica deste solo indica uma saturação de bases mais elevada, o que lhe confere fertilidade natural superior aos Latossolos. No entanto, está associado a áreas de *Depósitos Aluvionares e Terraços (Q2A)*, em menor proporção.

Características Pedológicas: De coloração acinzentada, o Gleissolo Háplico TA Eutrófico possui textura variável, mas apresenta boa fertilidade devido ao acúmulo de nutrientes. A saturação frequente limita a oxigenação do solo, impactando o desenvolvimento radicular e dificultando o uso agrícola extensivo. Em épocas de alta pluviosidade, o solo tende a ficar saturado, o que pode resultar em compactação.

Implicações Ambientais: Devido ao hidromorfismo e ao lençol freático elevado, o Gleissolo Háplico é ambientalmente sensível e indicado para uso como pastagem ou para vegetação nativa, pois o cultivo agrícola pode acelerar sua degradação e comprometer a qualidade das águas superficiais. Preservar a vegetação natural ou implantar gramíneas adaptadas pode ser uma estratégia eficiente para minimizar o impacto ambiental e proteger os recursos hídricos próximos.

13.5.3.1. Conclusão

Os tipos de solos presentes nas áreas de influência do empreendimento Fazenda Indiana 2, L.D. Patuá, refletem uma relação intrínseca com a geologia e a geomorfologia da região, além de apresentarem fragilidades ambientais que exigem manejo adequado. A seguir, são destacadas as características principais desses solos e suas associações com os fatores geológicos e geomorfológicos:

Latossolo Vermelho Distrófico:

Esses solos estão associados a áreas de relevo plano, formadas sobre a Formação Vale do Rio do Peixe. Caracterizam-se por serem profundos, bem drenados e de textura argilosa, o que favorece a infiltração de água. Contudo, possuem baixa saturação de bases (distróficos), o que resulta em baixa fertilidade natural.

Fragilidades Ambientais: Embora sejam adequados para atividades agrícolas, exigem correção de acidez e adubação. A topografia plana reduz o risco de erosão, mas o manejo inadequado pode levar à compactação do solo e à perda de matéria orgânica.

Figura 13.5.3.1 -1 Área de relevo plano coberto com Latossolo Vermelho Distrófico



Latossolo Vermelho Acriférico:

Presentes nas áreas de transição geológica entre a Formação Serra Geral e o Vale do Rio Paranaíba, esses solos ocupam regiões de relevo com maior declividade. Sua coloração vermelha intensa é atribuída à alta concentração de óxidos de ferro (fêrricos), o que confere maior estabilidade estrutural. No entanto, a baixa saturação de bases (acrítico) limita sua fertilidade natural.

Fragilidades Ambientais: O relevo inclinado aumenta a suscetibilidade à erosão hídrica, especialmente em áreas mal manejadas. Apesar de sua boa drenagem e resistência estrutural, a perda de nutrientes e sedimentos para o Rio Paranaíba pode comprometer os ecossistemas

aquáticos e a produtividade agrícola. Medidas conservacionistas, como o plantio em contorno e a manutenção de cobertura vegetal, são essenciais para mitigar impactos.

Figura 13.5.3.1-2. Perfil de solo em corte de estrada região mapeada como Latossolo Vermelho Acriférico



Gleissolo Háptico TA Eutrófico:

Associados a áreas de Depósitos Aluvionares e Terraços (Q2A), esses solos estão localizados em regiões de relevo mais baixo, próximas aos cursos d'água. Caracterizam-se por sua fertilidade natural (eutrófico), mas apresentam sinais de hidromorfismo devido ao lençol freático elevado ou à saturação frequente.

Fragilidades Ambientais: A presença de água em excesso limita o uso agrícola extensivo, tornando esses solos mais apropriados para vegetação nativa. O manejo inadequado pode resultar em compactação e degradação, impactando a dinâmica dos depósitos aluvionares e a qualidade da água. A preservação da vegetação natural é recomendada para proteger a função hidrológica dessas áreas.

Figura 13.5.3.1-3. Gleissolo Háplico TA Eutrófico em região próxima a curso d'água



Considerações Finais

A distribuição dos solos na Fazenda Indiana 2 reflete a influência direta da geologia e geomorfologia locais. Os Latossolos Vermelhos, apesar de profundos e bem drenados, apresentam limitações de fertilidade e requerem manejo adequado, especialmente os Acriférricos em áreas declivosas. Os Gleissolos, embora mais férteis, são ambientalmente sensíveis devido ao hidromorfismo e à proximidade de corpos d'água. O planejamento de uso e manejo do solo deve priorizar práticas conservacionistas para garantir a sustentabilidade ambiental e produtiva, protegendo os recursos hídricos e minimizando os impactos sobre os ecossistemas regionais.

13.6. GEOMORFOLOGIA

13.6.1. Metodologia e Procedimentos Técnicos Operacionais

A caracterização geomorfológica das áreas de influência da **Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá** e de seu entorno foi realizada com o objetivo de diagnosticar aspectos antrópicos e naturais dos terrenos que sofreram ou que possam sofrer reflexos diretos e/ou indiretos das atividades agrícolas do empreendimento. Para tanto, foram utilizados dados primários e secundários e o seu tratamento visando a melhor compreensão das condições naturais do relevo em termos de limitações e potencialidades e, a partir disto, fornecer subsídios para o prognóstico dos possíveis impactos socioambientais decorrentes das atividades do empreendimento.

Para tanto, foram levantados dados secundários em trabalhos acadêmicos (dissertações, teses e artigos científicos), publicações técnicas, livros, dentre outros. Dados primários foram produzidos ao longo da elaboração do presente diagnóstico com uso de imagens de satélites e, principalmente, aqueles adquiridos em levantamento de campo. A análise e interpretação de fotografias aéreas e mapas topográficos também se constituíram em ferramenta importante para a identificação e caracterização das unidades geomórficas de forma abrangente e, de maneira particular as feições dos terrenos tendo em foco os limites da ADA e AID do empreendimento.

A caracterização geomorfológica da AID e ADA do empreendimento seguiu a metodologia de mapeamento de relevo desenvolvida pelo IBGE (2009), que apresenta o seguinte princípio básico:

“A metodologia têm como princípio básico o ordenamento dos fatos geomorfológicos de acordo com uma classificação temporal e espacial, na qual se distinguem os modelados como unidade básica e seus grupamentos hierarquicamente relacionados. Para a individualização destes conjuntos de feições, são considerados como parâmetros fatores causais, de natureza estrutural, litológica, pedológica, climática e morfodinâmica, responsáveis pela evolução das formas do relevo e pela composição da paisagem no decorrer do tempo geológico. De acordo com a ordem decrescente de grandeza são identificados: Domínios Morfoestruturais, Regiões Geomorfológicas, Unidades Geomorfológicas, Modelados e Formas de Relevo Simbolizadas” (IBGE,2009).

A Figura 13.6.1-1 apresenta a taxonomia para mapeamento geomorfológico adotada pelo IBGE (2009) e a Tabela 6.1-1 mostra a descrição dos níveis hierárquicos segundo a referida metodologia.

Figura 13.6.1-1 – Taxonomia para mapeamento geomorfológico (IBGE, 2009).

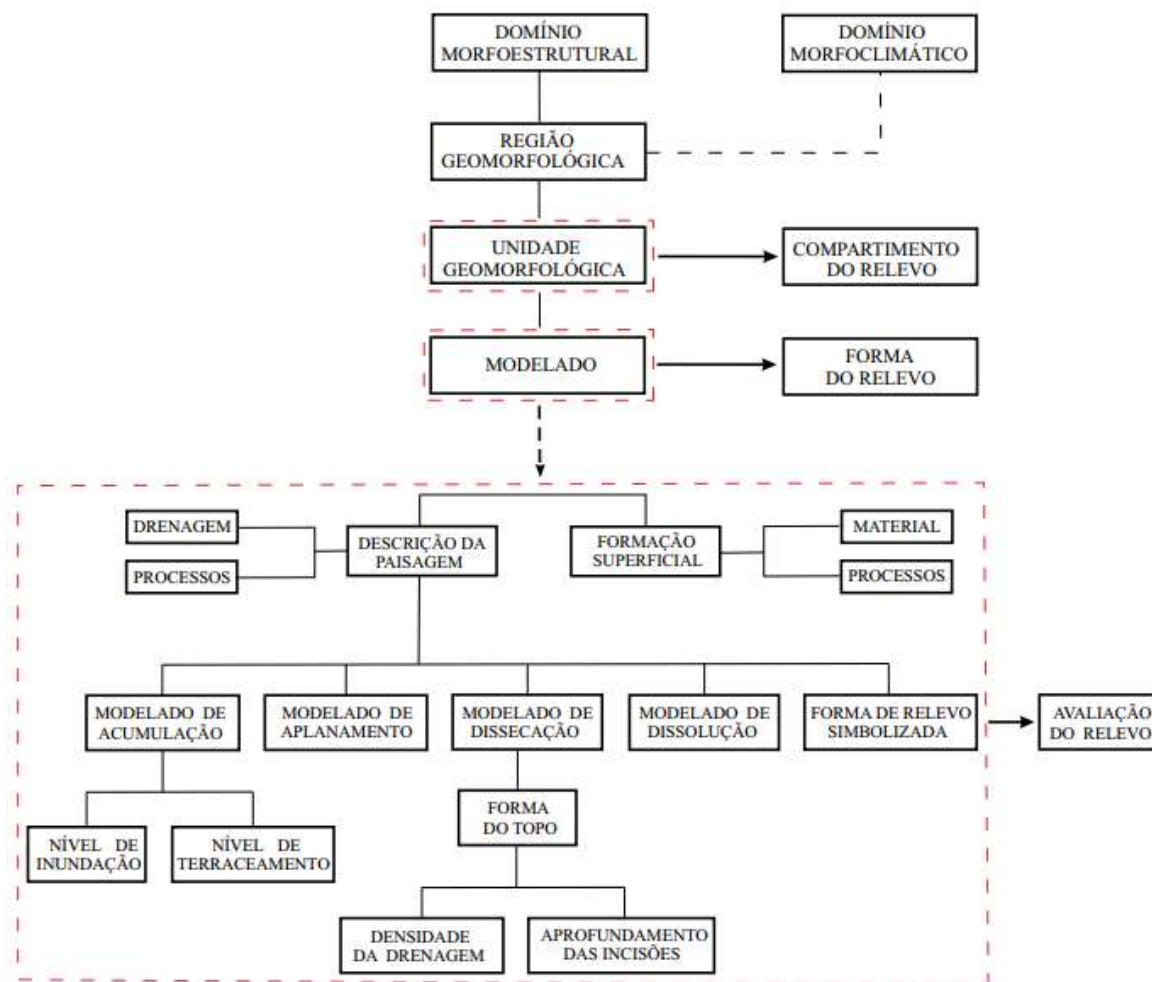


Tabela 13.6.1-1 – Descrição dos níveis hierárquicos segundo a metodologia do IBGE (2009).

NÍVEIS HIERÁRQUICOS	CARACTERÍSTICAS		EXEMPLOS
	DOMÍNIO MORFOESTRUTURAL	A escala de abordagem é regional e leva em consideração o arcabouço (natureza das rochas e tectônica) que, sob efeitos climáticos variáveis ao longo do tempo geológico, são responsáveis pela evolução de conjuntos de relevos com características próprias, cujas feições embora diversas, guardam, entre si, as relações comuns com a estrutura geológica a partir da qual se formaram.	Bacias sedimentares Cinturões móveis Plataformas e crátons Derrames de lavas
	REGIÃO GEOMORFOLÓGICA	Representam compartimentos inseridos nos conjuntos litomorfoestruturais que, sob a ação dos fatores climáticos pretéritos e atuais, lhes conferem características genéticas comuns,	Chapada Diamantina Serra da Mantiqueira Serra do Espinhaço

		agrupando feições semelhantes, associadas às formações superficiais e às fitofisionomias.	
	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	Definidas como um arranjo de formas altimétrica e fisionomicamente semelhantes em seus diversos tipos de modelados. A geomorfogênese e a similitude de formas podem ser explicadas por fatores paleoclimáticos e por condicionantes litológica e estrutural. Cada unidade geomorfológica evidencia seus processos originários, formações superficiais e tipos de modelados diferenciados dos demais. O comportamento da drenagem, seus padrões e anomalias são tomados como referencial à medida que revelam as relações entre os ambientes climáticos atuais ou passados e as condicionantes litológicas ou tectônicas.	Planícies Depressões Tabuleiros
	MODELADOS	Formas de relevo que apresentam definição geométrica semelhante função de uma gênese comum e dos processos morfogenéticos atuantes, resultando na recorrência dos materiais correlativos superficiais. São identificados quatro tipos de Modelados: acumulação, aplanamento, dissolução e dissecação.	Modelados de acumulação: diferenciados, em função de sua gênese, em fluviais, lacustres, marinhos, lagunares, eólicos e de gêneses mistas. Modelados de aplanamento: foram identificados pela definição de sua gênese e funcionalidade, combinadas ao seu estado atual de conservação ou degradação imposta por episódios erosivos posteriores à sua elaboração. Modelados de dissolução: elaborados em rochas carbonáticas, podem ser classificados de acordo com sua evolução, identificados de acordo com o seu aspecto em superfície ou em subsuperfície. Modelados de dissecação: Ocorrem de forma mais generalizada na paisagem brasileira, sendo caracterizados como dissecados homogêneos, dissecados estruturais e dissecados em ravinas. Os dois primeiros são definidos pela forma dos topos e pelo aprofundamento e densidade da drenagem. As feições de topo do relevo são classificadas em: convexas (c), tabulares (t) e aguçadas (a).

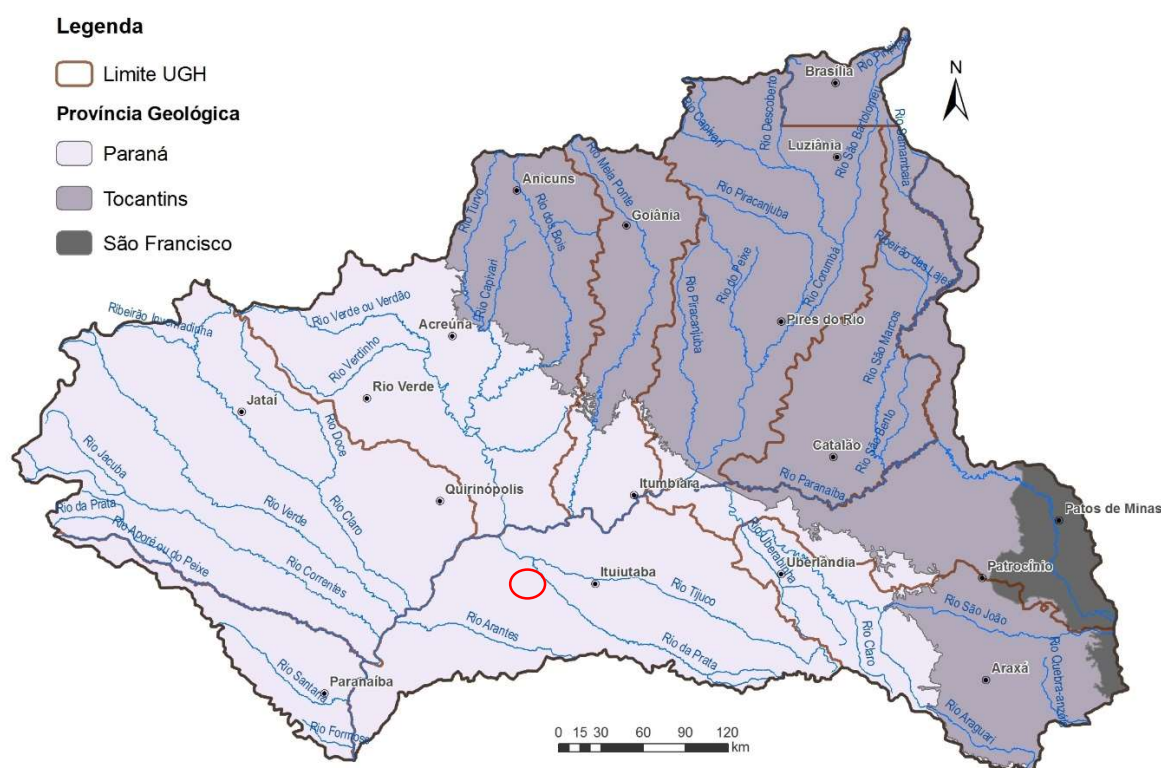
Fonte: IBGE 2009, modificada.

A análise geomorfológica da AID e ADA do empreendimento envidou especial atenção aos aspectos do relevo relacionados às formas dos modelados, tendo o perfil de encostas, a declividade e o comprimento das rampas como fatores condicionantes da geração, concentração e volume de escoamento superficial. O objetivo desta avaliação foi colher subsídios ao prognóstico dos possíveis impactos ambientais decorrentes das características geomorfológicas sob influência das atividades do empreendimento.

13.6.2. Aspectos Geomorfológicos Regionais

A área onde o empreendimento está localizado faz parte da província geológica do Paraná, dentro da Bacia Sedimentar do Paraná, próxima ao contato com a província tectônica Tocantins a leste, representada pela Faixa de Dobramentos Brasília (Figura 6.2-1). Esta região é conhecida como Planalto Setentrional da Bacia do Paraná, especificamente na subdivisão Planalto Rebaixado da Bacia do Paraná da Província Paraná (EPE, 2006; ANA, 2011).

Figura 13.6.2-1 – Localização da área do empreendimento (indicada pelo círculo vermelho) em relação às províncias geológicas.



Fonte: ANA, 2015.

O relevo na Bacia do Paraná é representado por extensos planaltos normalmente associados aos sedimentos de idade Paleo-Mesozóica, delimitados por bacias hidrográficas dos grandes cursos d'água que drenam a região: o Grande e o Paranaíba. Os divisores destas bacias hidrográficas estabelecem desníveis altimétricos expressivos, proporcionando rupturas topográficas ao longo dos principais rios da região. Cotas de 1.000 metros são atingidas nas bordas da bacia e em torno de 420 metros próximo ao rio Paraná, o que propicia uma configuração de rampa vinculada à sinéclise da Bacia do Paraná (ANA, 2015).

Aroeira – Soluções Ambientais

Telefones: (34) 9.9667-5760 | (34) 9.9659-2561
engenheira.rosana@outlook.com – tulioagropecuaria@bol.com.br

Aproximadamente 47,34% da área da bacia hidrográfica do Paranaíba encontra-se inseridas no estado de Goiás, 44,76% em Minas Gerais, além de uma pequena porção localizada na região nordeste de Mato Grosso do Sul (7,9%).

O Planalto Rebaixado da Bacia do Paraná compreende dois compartimentos topográficos distintos: o primeiro mais elevado, com altitudes entre 650-1.000 metros; e o segundo mais rebaixado, com cotas altimétricas entre 350-650 metros. Suas formas de relevo, em geral tabulares, são sustentadas pelos derrames basálticos da formação Serra Geral. Os interflúvios são extensos, com caimento predominante em direção ao rio Paranaíba. Sua paisagem é muito homogênea, devido ao caráter denudacional existente, sendo interrompida por alguns residuais de topos planos e com bordas escarpadas (EPE, 2006; ANA, 2011).

13.6.3. Caracterização Geomorfológica das Áreas de Influência do Empreendimento Fazenda Indiana 2, Lugar Denominado Patuá

As áreas de influência do empreendimento Fazenda Indiana 2, denominado Patuá, abrangem quatro distintas unidades geomorfológicas, conforme identificado no Mapeamento de Unidades Geomorfológicas (Figura 13.6.3-1). Estas unidades são: Planícies e Terraços Fluviais, Superfície Interdenudacional Central, Pedimentos dos Planaltos Residuais do Interior da Bacia Sedimentar do Paraná e Vales e Pedimentos dos Baixos Cursos das Sub-bacias Paranaíba-Grande. Cada unidade possui características específicas que condicionam o relevo, os processos geomorfológicos e os padrões de uso do solo. Além disso, o mapa hipsométrico (Figura 6.4-1) revela variações altimétricas significativas, desde 511 metros na região das nascentes dos cursos d'água até 325 metros, nas proximidades do vale do Rio Paranaíba.

Planícies e Terraços Fluviais

Esta unidade geomorfológica está localizada em uma pequena porção da Área de Influência Indireta (AII), nas cotas altimétricas mais baixas, próximas ao vale do Rio Arantes.

Características: Corresponde a formas de relevo de acumulação, com topografia plana ou suavemente ondulada, desenvolvidas por processos fluviais atuais ou recentes. Estas áreas são compostas por sedimentos aluviais depositados por rios, com drenagem densa e altitudes inferiores.

Relevância: São áreas de alta fertilidade e instabilidade geomorfológica, sujeitas a inundações periódicas. Seu uso predominante recomenda-se para áreas de preservação permanente ou áreas de Reserva Legal

Distribuição: Apesar de sua extensão reduzida, desempenha papel crítico no regime hidrológico da bacia, especialmente na conexão com os sistemas fluviais maiores.



Superfície Interdenudacional Central

A unidade Superfície Interdenudacional Central abrange porções significativas da Área de Influência Direta (AID) e Indireta (AII), sendo caracterizada por relevo homogêneo tabular.

Características: Resultante de processos de dissecação homogênea ou diferencial, esta unidade apresenta topos tabulares, drenagem muito baixa e profundidade de incisão de até 50 metros. A paisagem reflete estabilidade geomorfológica, com relevo pouco movimentado e condicionamento pela litologia sedimentar.

Relevância: Oferece áreas extensas para uso agrícola mecanizado devido à topografia regular e ao fácil manejo do solo. Sua conservação é essencial para prevenir processos erosivos em larga escala.



Pedimentos dos Planaltos Residuais do Interior da Bacia Sedimentar do Paraná

Esta unidade é dominante no interior da área de influência, representando patamares que conectam as superfícies mais elevadas às planícies.

Características: Apresenta topos tabulares e inclinações suaves, com dissecação homogênea ou diferencial. A densidade de drenagem é baixa, e a profundidade de incisão é limitada, geralmente não ultrapassando 50 metros.

Relevância: Essa unidade atua como zona de transição entre as áreas mais altas e os vales, sendo essencial para o escoamento superficial e a infiltração de água nos aquíferos. Seu uso para atividades agrícolas e pecuárias é comum, mas exige manejo adequado para evitar degradação, principalmente a compactação do solo, uma vez que a área possui grande importância como área de recarga dos aquíferos.



Vales e Pedimentos dos Baixos Cursos das Sub-bacias Paranaíba-Grande

Localizada principalmente nas porções mais baixas da área de influência, próxima ao Rio Paranaíba, esta unidade geomorfológica representa o nível inferior do relevo local.

Características: Apresenta relevo tabular homogêneo com drenagem muito baixa e processos de dissecação fracos. A paisagem é composta por vales largos e suaves, com altitudes menores, refletindo uma topografia de acumulação fluvial associada a sedimentos recentes.

Relevância: A unidade desempenha papel crucial na regulação hidrológica da bacia e é utilizada principalmente para atividades agrícolas devido à presença de solos férteis e drenagem favorável.

Variações Altimétricas e Considerações sobre o Relevo

O mapa hipsométrico (Figura 13.6.4-1) evidencia a amplitude altimétrica das áreas de influência, variando entre 511 metros, nas nascentes dos cursos d'água, e 325 metros, no vale do Rio Paranaíba. Este gradiente altimétrico reflete a complexidade geomorfológica local, com transições entre unidades de relevo que influenciam os padrões de escoamento superficial, sedimentação e uso do solo.

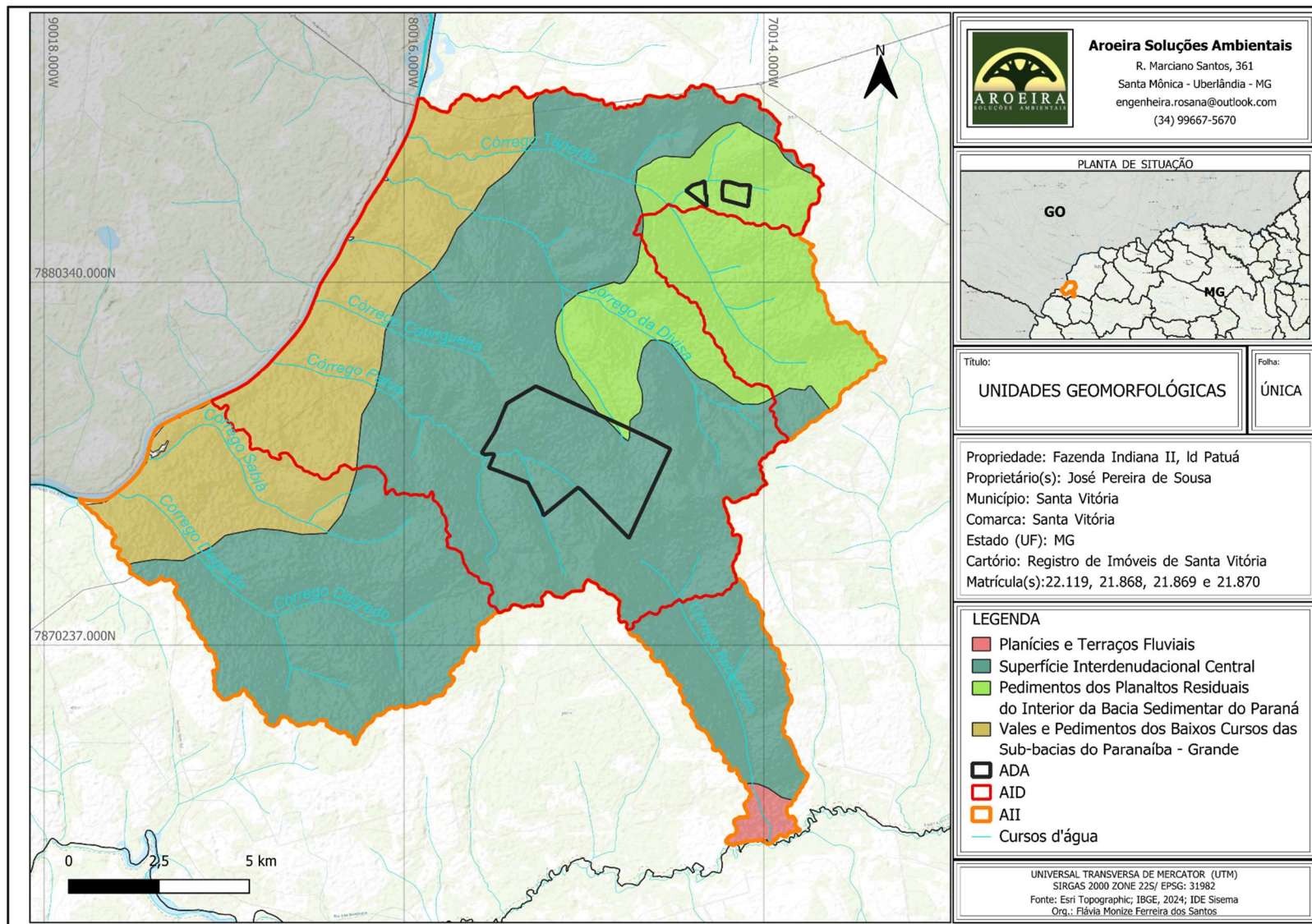
Imagem aérea Vales e Pedimentos dos Baixos Cursos das Sub-bacias Paranaíba-Grande



Conclusão

A caracterização das unidades geomorfológicas das áreas de influência do empreendimento Fazenda Indiana 2 revela uma diversidade de formas de relevo e processos associados, cada uma com papéis específicos na dinâmica ambiental e no uso do território. O planejamento das atividades na região deve considerar essas peculiaridades, adotando estratégias que promovam o uso sustentável e a conservação dos recursos naturais. A integração dos dados do Mapeamento de Unidades Geomorfológicas (Figura 13.6.3-1) e do mapa hipsométrico (Figura 13.6.4-1) é fundamental para o diagnóstico ambiental e a mitigação de impactos.

Figura 13.6.3-1 – Tipos de relevo nas áreas de influência do empreendimento.



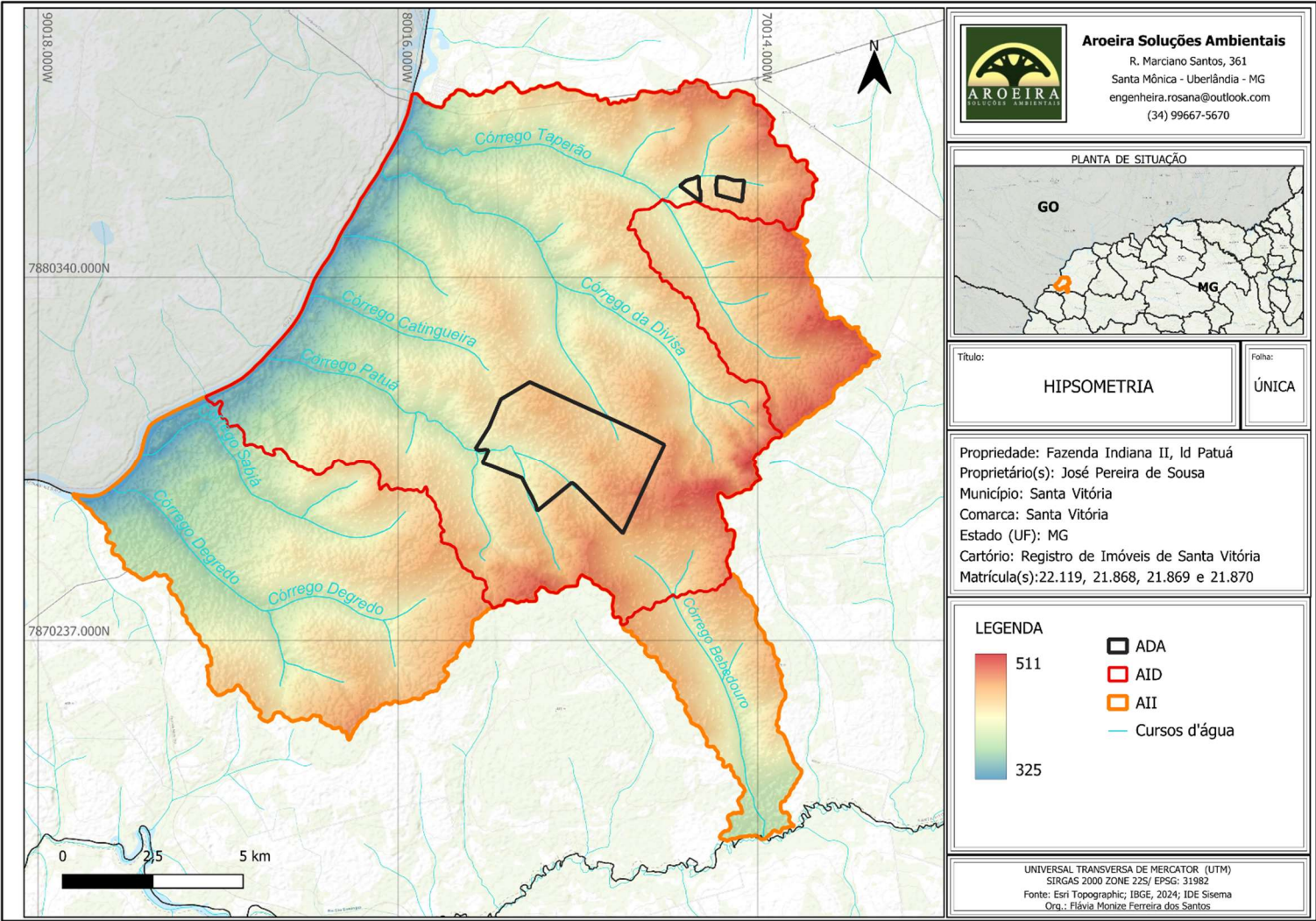
13.6.4. Hipsometria

Na definição da elevação do terreno da área de estudo da Fazenda Indiana 2, foi utilizado o Modelo Digital de Elevação da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). A análise da hipsometria revela variações significativas de relevo, como evidenciado no mapa (Figura 6.4-1), que mostra patamares mais elevados nas bordas ao sudeste da AID e ao nordeste da AII, os quais delimitam as nascentes dos córregos que desaguam no Rio Paranaíba. Já as menores elevações estão associadas aos vales do Rio Paranaíba e do Rio Arantes.

Na ADA, a altitude média é de cerca de 440 metros, com relevo suave, o que pode influenciar diretamente tanto a dinâmica dos recursos hídricos quanto as possíveis intervenções na área. Essas variações altimétricas desempenham um papel fundamental na gestão do uso do solo e no manejo de áreas de influência do empreendimento, uma vez que áreas com maiores altitudes podem impactar a qualidade e a quantidade da água disponível nas regiões de menor elevação.

Entender essas condições de relevo não só é crucial para a preservação ambiental, mas também para o planejamento adequado de atividades que envolvem o uso dos recursos hídricos, garantindo a sustentabilidade e a minimização de impactos ambientais. Além disso, o conhecimento sobre a hipsometria contribui para a identificação de áreas mais suscetíveis a processos erosivos ou de infiltração, informações que são fundamentais para otimizar a gestão dos recursos naturais, minimizar riscos e promover um desenvolvimento mais equilibrado e sustentável.

Figura 13.6.4-1 – Hipsometria nas áreas de influência do empreendimento



13.7. RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

13.7.1. Introdução

A água é um recurso natural essencial, com valor econômico, estratégico e social, desempenhando papel fundamental na existência humana e na manutenção dos ecossistemas do planeta. Embora considerada um recurso renovável devido à sua capacidade de recomposição, especialmente pela precipitação e absorção de poluentes, essa renovabilidade é condicionada pelo uso humano, que pode impactar tanto sua quantidade quanto sua qualidade.

As águas superficiais englobam os cursos d'água (rios, ribeirões e córregos), lagos, lagoas e pântanos que se acumulam na superfície terrestre, sendo as principais fontes de abastecimento de água potável. A Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que estabelece a Política Nacional de Meio Ambiente, reconhece as águas superficiais, junto com outros elementos como águas subterrâneas, solo, subsolo e a atmosfera, como Recursos Ambientais, reforçando sua relevância ambiental e econômica.

Para o diagnóstico das águas superficiais na área de influência do empreendimento Fazenda Indiana II, localizada no lugar denominado Patuá, foi realizada uma ampla pesquisa de fontes secundárias. Esse levantamento incluiu livros, artigos científicos, trabalhos técnicos, monografias, dissertações, teses, bases de dados do IDE-SISEMA, relatórios de qualidade das águas do estado de Minas Gerais (IGAM), entre outros, com o objetivo de caracterizar os recursos hídricos em escalas regional e local. Essa abordagem visou fornecer uma compreensão detalhada das condições hídricas, identificando potenciais fragilidades e impactos no contexto do empreendimento.

13.7.2. Hidrografia

A Divisão Hidrográfica Nacional instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH/ANA (2003) estabelece doze Regiões Hidrográficas Brasileiras, conforme apresentadas na Figura 13.7.2-1. Região Hidrográfica é o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas, com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos (CNRH/ANA).

Figura 13.7.2-1 – Divisão Hidrográfica Nacional instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos.



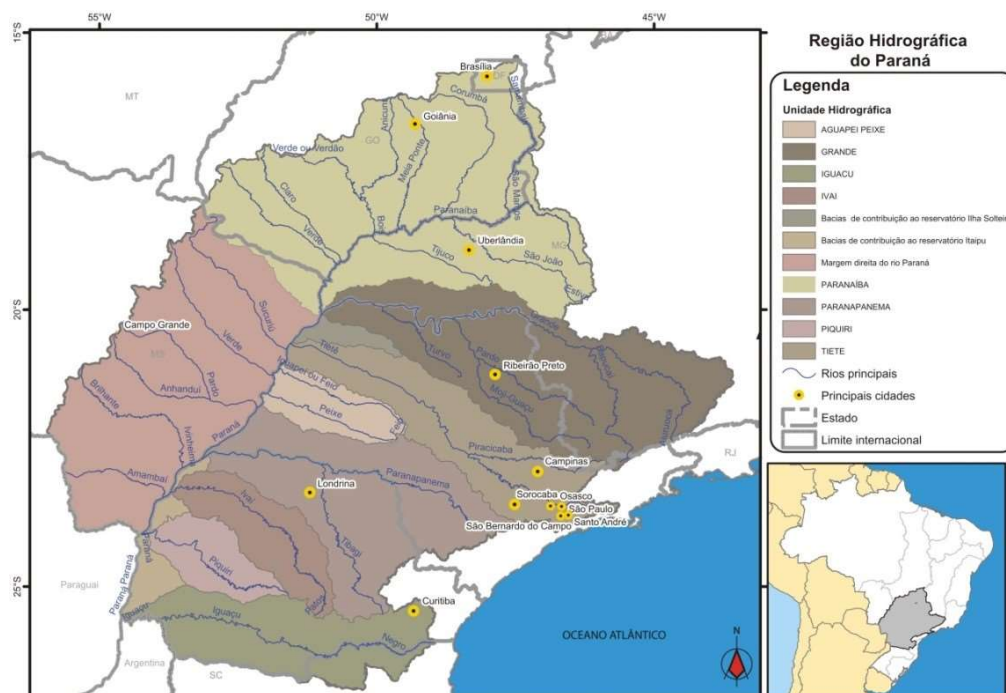
Fonte – CNRH/ANA, 2003.

As áreas de influência do empreendimento estão inseridas na Região Hidrográfica do Paraná (Figura 13.7.2-2), na Unidade Hidrográfica Paranaíba. De acordo com a ANA (2015) esta região abrange 879.873 km², cerca de 10% do território brasileiro e congrega sete estados da federação: São Paulo (25%), Paraná (21%), Mato Grosso do Sul (20%), Minas Gerais (18%), Goiás (14%), Santa Catarina (1,5%) e Distrito Federal (0,5%). Caracteriza-se como a região hidrográfica mais populosa do país, onde vivem cerca de 61,3 milhões de pessoas e, também, de maior desenvolvimento econômico. Ainda, segundo a ANA (2015), a demanda por água na Região Hidrográfica do Paraná corresponde a 31% de toda a água consumida no país.

A Unidade Hidrográfica Paranaíba é a segunda maior unidade da Região Hidrográfica do Paraná em extensão, ocupando 25,4% de sua área, o que corresponde a uma superfície de drenagem de 222,6 mil km² (Figura 13.7.2-3). Posicionada na região central do Brasil, perfaz cerca de 2,6% do território nacional abrangendo parte dos estados de Goiás (63,3%), Minas Gerais (31,7%), Mato Grosso do Sul (3,4%) e Distrito Federal (1,6%). A bacia do rio Paranaíba congrega 197 municípios e o Distrito Federal. Destes, 28 sedes municipais se encontram fora dos limites da bacia (ANA, 2013).

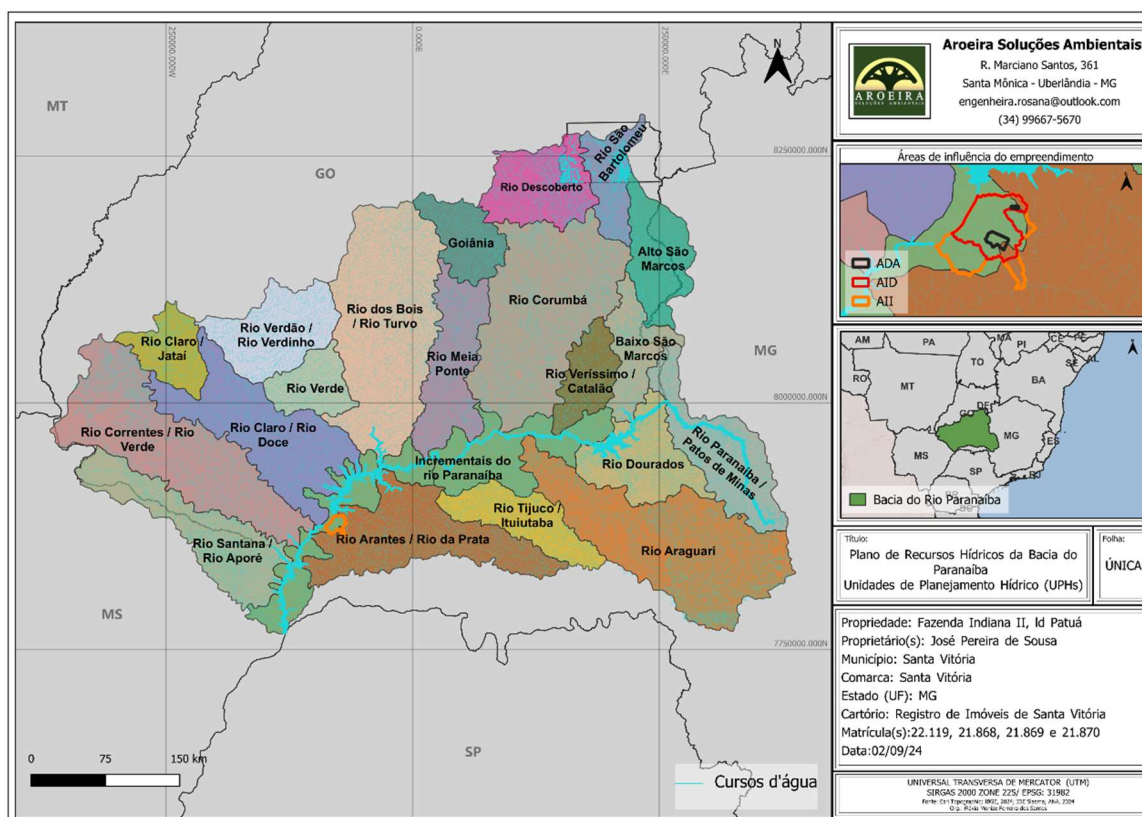
A Unidade Hidrográfica Paranaíba, na porção que compreende os afluentes mineiros, acha-se subdividida em três unidades de planejamento de recursos hídricos (UPGRHs): PN1, que corresponde às nascentes do rio Paranaíba até jusante da barragem de Itumbiara; PN2, a bacia do rio Araguari; e PN3, que abrange o baixo curso da bacia do rio Paranaíba (da barragem de Itumbiara até a confluência com o rio Grande), visualizados na Figura 13.7.2-3, segundo IGAM – Portal dos Comitês.

Figura 7.2-2 - Região Hidrográfica do Paraná e as onze unidades hidrográficas que a compõem (Fonte: Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paranaíba – ANA, 2014).



As áreas de influência do empreendimento estão localizadas na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do baixo curso da bacia do rio Paranaíba-PN3 (Figuras 13.7.2-3 e 13.7.2-4).

Figura 7.2-3 - Unidade Hidrográfica Paranaíba e as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos Afluentes Mineiros do rio Paranaíba PN1, PN2 e PN3 (Fonte: Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paranaíba – ANA, 2014).



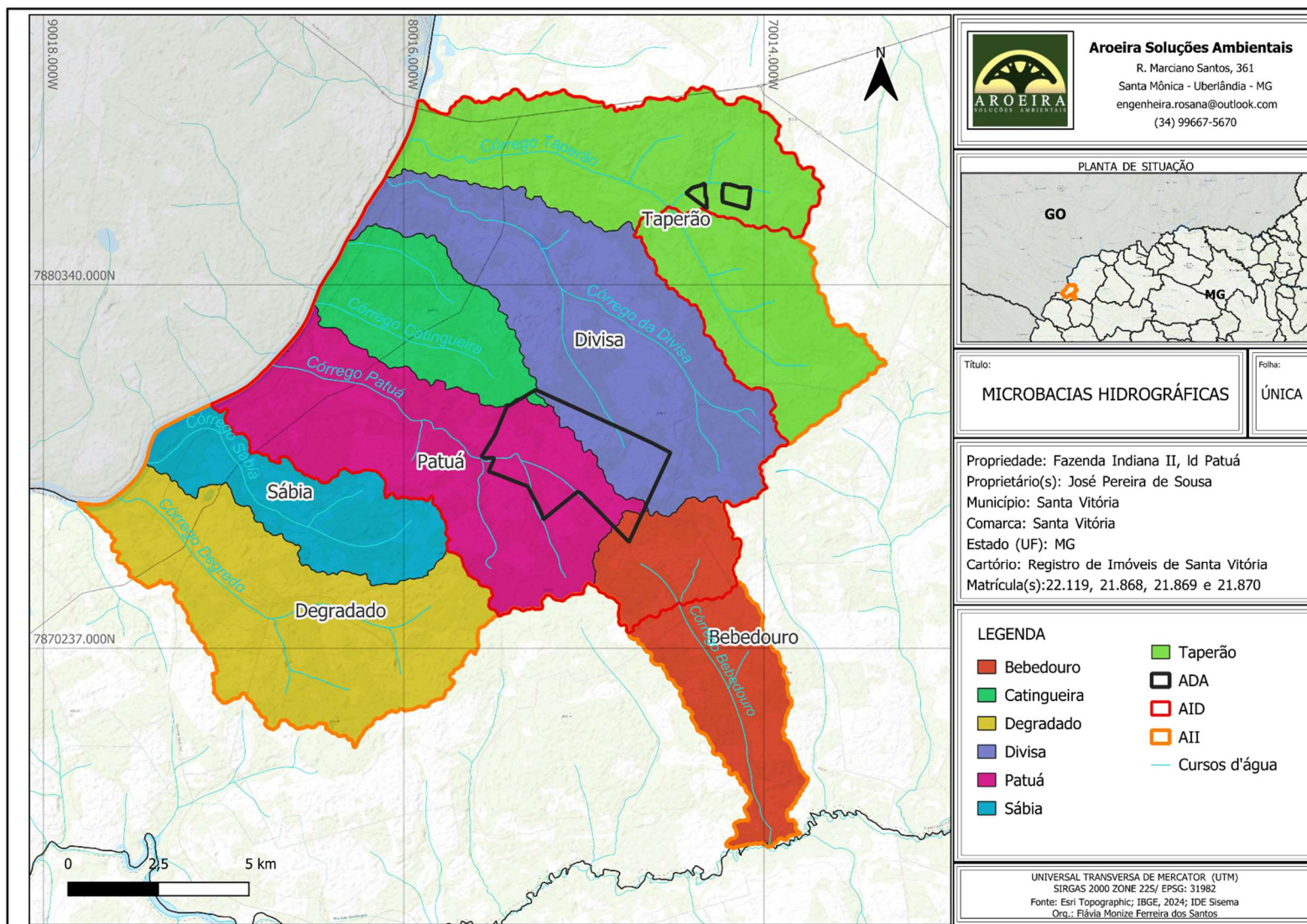
As Áreas de Influência do empreendimento da Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá são drenadas pelos córregos, Bebedouro, Degradado, Sabiá, Patuá, Catigueira, Divisa e Taperão, efluentes da margem esquerda do Rio Paranaíba.

A UPGRH PN3 cobre uma área de 26.894 km² os quais abrangem total ou parcialmente 21 municípios, a saber: Araporã, Cachoeira Dourada, Campina Verde, Campo Florido, Canápolis, Capinópolis, Carneirinho, Centralina, Gurinhatã, Ipiacu, Ituiutaba, Iturama, Limeira do Oeste, Monte Alegre de Minas, Prata, Santa Vitória, Tupaciguara, Uberaba, Uberlândia, União de Minas e Veríssimo (IGAM, 2024)

13.7.3. Hidrografia das áreas de influência do empreendimento

As áreas de influência do empreendimento encontram-se inseridas na UPGRH PN3 onde ocupam as microbacias dos córregos, Bebedouro, Degradado, Sabiá, Patuá, Catigueira, Divisa e Taperão. A Figura 13.7.3-1 mostra a rede de drenagem nas áreas de influência do empreendimento.

Figura 13.7.3-1. Rede de drenagem na área de influência do empreendimento



13.7.4. Microbacias nas áreas de influência do empreendimento

A Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento engloba parte das microbacias dos córregos Patuá, Bebedouro, Divisa e Taperão. Já a Área de Influência Direta (AID) abrange as mesmas microbacias, porém com um alcance mais amplo, cobrindo a totalidade delas, exceto por uma parcela da microbacia do córrego Taperão, localizada a montante da ADA, onde os impactos diretos são inexistentes devido à ausência de interação com o empreendimento. Também é feita uma ressalva em relação ao córrego Bebedouro: como apenas uma pequena parte da ADA está situada dentro dessa microbacia, os impactos potenciais gerados não têm intensidade suficiente para afetá-la como um todo. Por sua vez, a Área de Influência Indireta (AII) do empreendimento inclui, além das microbacias já mencionadas, as microbacias dos córregos Degradado e Sabiá, ampliando a área de análise dos possíveis impactos.

13.7.4.1. Microbacia do Córrego Patuá

A microbacia do córrego Patuá, onde se encontra a maior parte da Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento, possui uma extensão de 4.176 hectares. Essa microbacia é predominantemente antropizada, com poucas áreas de cobertura vegetal nativa remanescente. As exceções incluem pequenos maciços florestais localizados em Reservas Legais de imóveis rurais vizinhos e trechos de Área de Preservação Permanente (APP), que ainda mantêm alguma vegetação. Apesar disso, grande parte da APP e do restante da microbacia já foi alterada por atividades humanas. A Figura 13.7.4.1-1 apresenta uma fotografia aérea que ilustra a configuração atual da área da microbacia do córrego Patuá.

Figura 13.7.4.1-1 - Vista aérea de parte da microbacia do córrego Patuá na ADA no empreendimento.



13.7.4.2. Microbacia do Córrego Degradado

A microbacia do córrego Degradado possui uma área aproximada de 4.132 hectares e é caracterizada como um afluente direto do rio Paranaíba. Assim como a microbacia do córrego Patuá, encontra-se majoritariamente antropizada, com poucas áreas remanescentes de vegetação nativa. Essas áreas incluem pequenos maciços florestais localizados em Reservas Legais de imóveis rurais circunvizinhos e trechos de Áreas de Preservação Permanente (APP), os quais ainda mantêm cobertura vegetal. Apesar disso, a maior parte do território foi modificada por atividades antrópicas, reduzindo significativamente a vegetação nativa. A Figura 13.7.4.2-1 apresenta uma fotografia aérea que ilustra a atual configuração territorial da microbacia do córrego Degradado, na qual é possível observar um fragmento de vegetação nativa e uma área de empréstimo de solo, evidenciando o impacto das transformações realizadas ao longo do tempo.

Figura 13.7.4.2 - Vista aérea do córrego Degradado na área de influência do empreendimento.



13.7.4.3. Microbacia do Córrego Sabiá

A microbacia do córrego Sabiá abrange aproximadamente 1.795 hectares e, assim como outras microbacias da região, apresenta elevado grau de antropização. Suas áreas naturais remanescentes são bastante reduzidas e estão limitadas, em grande parte, a pequenos fragmentos florestais em Reservas Legais de

propriedades rurais e trechos de Áreas de Preservação Permanente (APP) que ainda conservam alguma cobertura vegetal. A intensa intervenção humana, por meio de práticas agrícolas e de outras atividades econômicas, resultou na conversão significativa de áreas nativas para usos diversos, comprometendo a integridade ambiental da microbacia. A figura 7.4.3-1 apresenta imagem aérea de parte da microbacia.

Figura 7.4.3-1 - Vista aérea do córrego Sabiá na área de influência do empreendimento.



13.7.4.4. Microbacia do Córrego Catingueira

A microbacia do córrego Catingueiro, com aproximadamente 1.770 hectares, destaca-se como a menor microbacia na área de influência analisada. Apesar de apresentar elevados índices de antropização, uma característica marcante é a localização de sua cabeceira dentro de um expressivo maciço florestal (figura 13.7.4.4-1). Este fato é especialmente relevante, pois representa uma área de maior integridade ambiental, contribuindo para a manutenção de serviços ecossistêmicos essenciais, como a recarga hídrica e a conservação da biodiversidade local. Contudo, as porções restantes da microbacia foram amplamente convertidas para atividades antrópicas, o que demanda atenção em relação à preservação e ao manejo sustentável das áreas remanescentes, particularmente em torno da cabeceira e zonas de preservação permanente associadas ao córrego. A figura 13.7.4.4-2 apresenta imagem aérea de parte da microbacia.

Figura 13.7.4.4-1 - Vista aérea da cabeceira do córrego Catingueira na área de influência do empreendimento.



Figura 13.7.4.4-2 - Vista aérea do córrego Catingueira na área de influência do empreendimento.



13.7.4.5. Microbacia do Córrego Divisa

A microbacia do córrego Divisa, com área aproximada de 4.782 hectares, integra a área de influência e reflete um cenário de expressiva modificação antrópica. Suas terras, predominantemente utilizadas para fins agropecuários, apresentam fragmentos de vegetação natural em áreas estratégicas, como nas regiões de preservação permanente (APPs) que margeiam o curso do córrego. Apesar da predominância de áreas antropizadas, a microbacia conserva remanescentes de vegetação que desempenham um papel essencial na proteção do solo e na manutenção da qualidade hídrica.

Além disso, o córrego Divisa é um componente importante da rede de drenagem local, influenciando a dinâmica hidrológica da região. Este panorama evidencia a relevância de implementar práticas de manejo sustentável e iniciativas de recuperação ambiental que visem à preservação da vegetação nativa e à mitigação de impactos sobre os recursos naturais da microbacia.. A figura 13.7.4.5-1 apresenta imagem aérea de parte da microbacia.

Figura 13.7.4.5-1 - Vista aérea do córrego Divisa na área de influência do empreendimento.



13.7.4.6. Microbacia do Córrego Taperão

A microbacia do córrego Taperão, com área de aproximadamente 5.327 hectares, é a maior dentro da área de influência do empreendimento e abriga parte significativa da Área Diretamente Afetada (ADA). Assim

como outras microbacias da região, apresenta um cenário de uso intensivo do solo para atividades agropecuárias, o que caracteriza sua condição majoritariamente antropizada. Contudo, destaca-se pela presença de maciços de vegetação nativa que desempenham importante papel ecológico, funcionando como áreas de Reserva Legal e contribuindo para a manutenção de remanescentes florestais no contexto regional, conforme ilustrado na Figura 13.7.4.6-1.

Figura 13.7.4.6-1 - Vista aérea do maciço florestal na área da microbacia do córrego Taperão.



Adicionalmente, a microbacia inclui áreas de preservação permanente (APPs) ao longo do curso d'água, que, apesar das pressões antrópicas, conservam trechos de vegetação ciliar. A Figura 13.7.4.6-2 apresenta uma fotografia aérea que evidencia parte do curso do córrego Taperão, ilustrando as características descritas.

Figura 13.7.4.6-2 - Vista aérea do córrego Taperão na área de influência do empreendimento.



13.7.4.7. Microbacia do Córrego Bebedouro

A microbacia do córrego Bebedouro possui uma área de aproximadamente 2.694 hectares e apresenta uma condição marcadamente antropizada, em consonância com a tendência de uso intensivo do solo observada nas microbacias vizinhas. Apenas uma pequena parte da Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento está localizada dentro desta microbacia. Ela se diferencia das demais por ser a única que não deságua diretamente no rio Paranaíba, mas sim no rio Arantes, um importante afluente do Paranaíba.

Outro aspecto distintivo da microbacia do córrego Bebedouro é a presença de uma extensa área úmida na confluência entre o córrego e o rio Arantes. Essa área, caracterizada por gleissolos, encontra-se em melhor estado de conservação, abrigando vegetação nativa protegida por lei devido à sua relevância ecológica. Tais áreas úmidas desempenham um papel crucial na regulação hidrológica e na manutenção da biodiversidade local, reforçando a importância da preservação desses remanescentes. A figura 13.7.4.7-1 apresenta a vista aérea de parte da microbacia

Figura 13.7.4.7 - Vista aérea da microbacia do córrego Bebedouro na área de influência do empreendimento.



13.8. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

13.8.1. Procedimentos metodológicos

O estudo hidrogeológico das áreas de influência do empreendimento **Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá** (AII, AID e ADA) teve como objetivo identificar e caracterizar as unidades aquíferas presentes, bem como suas principais características hidrogeológicas e hidroquímicas. Para isso, foram coletadas informações por meio de consultas ao acervo bibliográfico, abrangendo diversos tipos de publicações, como trabalhos acadêmicos (artigos em periódicos, anais de eventos científicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado) e publicações técnicas sobre geologia, hidrogeologia, recursos hídricos subterrâneos, e poluição e contaminação de aquíferos (boletins e relatórios).

Após a conclusão da etapa de consulta bibliográfica, foi realizada a fase de reconhecimento de campo. Durante esta etapa, foram coletadas informações geológicas e hidrogeológicas in situ, com o objetivo de comparar os dados preliminares obtidos de fontes secundárias com as observações de campo, permitindo assim a identificação e caracterização precisa das unidades aquíferas nas áreas de influência do empreendimento.

13.8.2. Considerações gerais sobre a Província Hidrogeológica do Paraná

As áreas de influência do empreendimento **Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá** estão inseridas na extensa Província Hidrogeológica do Paraná, caracterizada por uma sequência de rochas sedimentares e magmáticas que compõem a Bacia Sedimentar do Paraná. Essa bacia contém depósitos litológicos que originam aquíferos de grande importância, devido à alta capacidade de armazenamento e às características hidrogeológicas favoráveis à exploração sustentável.

Na Província Hidrogeológica do Paraná, identificam-se dois principais tipos de aquíferos: granulares e fraturados. Os aquíferos granulares derivam de formações sedimentares pertencentes aos grupos Paraná, Tubarão, Passa Dois, São Bento e Bauru, conforme descrito pela CPRM (2012). Já os aquíferos fraturados são formados pelos basaltos da Formação Serra Geral, parte do Grupo São Bento.

A Bacia Sedimentar do Paraná é reconhecida como uma das maiores reservas hídricas subterrâneas globais, abrigando o Sistema Aquífero Guarani (SAG). O SAG é composto pelas formações Pirambóia e Botucatu e se estende por mais de 800 mil quilômetros quadrados no território brasileiro, abrangendo ainda Uruguai, Argentina e Paraguai, alcançando uma área total de 1,6 milhão de quilômetros quadrados.

Dentre as unidades aquíferas, a Formação Botucatu se destaca como a mais relevante na Província Hidrogeológica do Paraná e no SAG, apresentando uma espessura média de 250 metros, porosidade de 30% e capacidade de armazenar aproximadamente 200 mil quilômetros cúbicos de água no Brasil.

Na Província Hidrogeológica do Paraná, outros sistemas aquíferos, como os aquíferos Tubarão e Bauru, desempenham um papel relevante como fontes de água subterrânea em nível regional, especialmente em locais onde o Sistema Aquífero Guarani (SAG) não está presente ou se encontra a profundidades significativas.

O Aquífero Serra Geral, de natureza fraturada, é caracterizado pela movimentação da água através de fissuras nos basaltos. Apesar de sua menor capacidade de armazenamento e transmissão de água em comparação a outros aquíferos, ele se torna essencial em regiões onde aquíferos mais produtivos não são acessíveis ou estão em profundidades inviáveis economicamente.

O Sistema Aquífero Bauru, por sua vez, tem uma presença marcante nas regiões oeste do Paraná, São Paulo e Minas Gerais, com extensões menores em estados como Mato Grosso do Sul e Goiás. Embora menos produtivo que o SAG, destaca-se por sua localização superficial, facilitando a exploração.

Na área do Triângulo Mineiro, estão presentes os sistemas aquíferos Guarani e Bauru, além do Serra Geral, que tem uma ampla distribuição na região. Diferentemente dos aquíferos Bauru e Serra Geral, o SAG não aflora nessa área, pois ocupa uma posição estratigráfica mais profunda, sendo encontrado a profundidades entre 400 e 1200 metros em municípios como Cachoeira Dourada, Uberaba e Frutal.

13.8.3. – Aspectos gerais da hidrogeologia regional e local

Especificamente na região do Triângulo Mineiro estão presentes dois sistemas aquíferos pertencentes à Província Hidrogeológica do Paraná: Bauru-Caiuá e Serra Geral (CPRM, 2012).

O Sistema Aquífero Bauru-Caiuá é representado pelas unidades hidroestratigráficas Uberaba, Vale do Rio do Peixe, Marília e Santo Anastácio, sendo que esta última integra do Grupo Caiuá e se encontra presente em áreas restritas nos municípios de Carneirinho e Iturama, onde repousa diretamente sobre o Aquífero Serra Geral (CPRM, 2012) (Figuras 13.8.3-1 e 13.8.3- 2).

Figura 13.8.3-1 – Bacia Bauru-Caiuá na Bacia Sedimentar do Paraná com destaque para a região do Triângulo Mineiro.

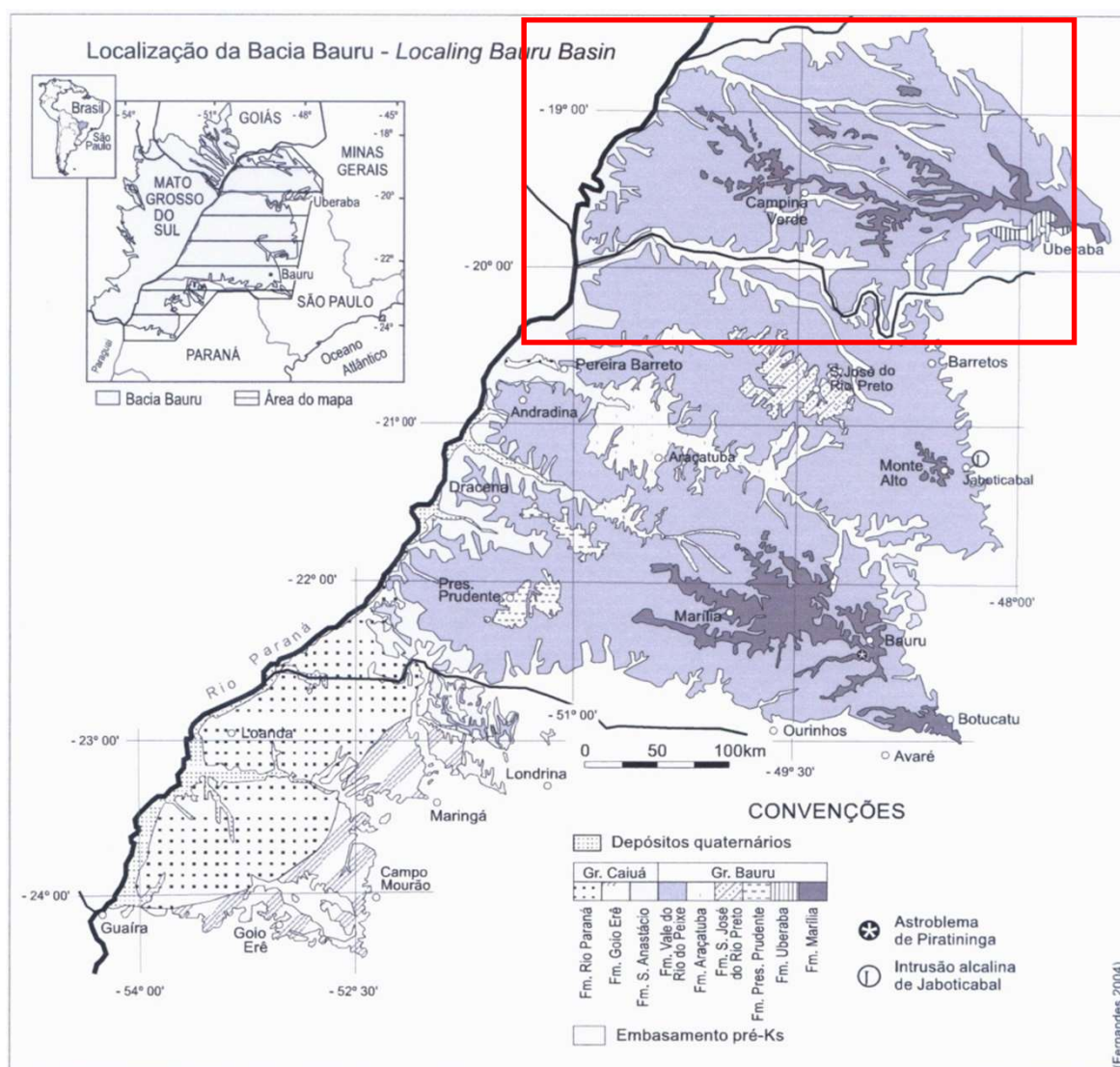
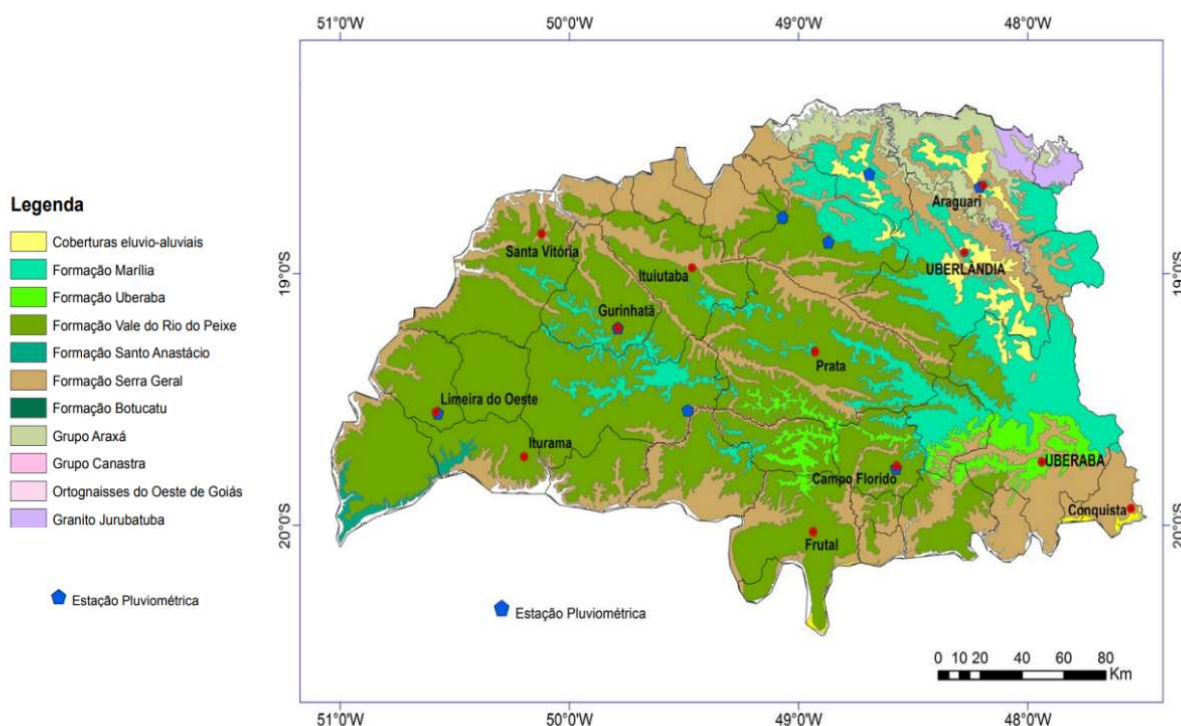


Figura 13.8.3-2 – Distribuição das unidades hidroestratigráficas da Bacia Bauru-Caiuá (verde) no Triângulo Mineiro e os aquíferos correspondentes. Fonte: CPRM, 2012.



As principais unidades aquíferas na região do Triângulo Mineiro, em termos de reservas e quantidade de água explorada, são os aquíferos Bauru e Serra Geral. Por outro lado, o aquífero cristalino, representado pela unidade hidroestratigráfica Araxá (Proterozóico Superior), possui informações hidrogeológicas limitadas devido ao seu baixo potencial, resultando em pouca exploração de suas águas.

O Aquífero Marília, parte do Sistema Aquífero Bauru, é composto por arenitos imaturos e conglomeráticos com intercalações de lamitos arenosos. A espessura média dessa unidade na região é de 90 metros, podendo chegar a um máximo de 250 metros. Estratigraficamente, situa-se sobre os arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe (CPRM, 2012).

Outra unidade do Sistema Aquífero Bauru, o Aquífero Vale do Rio do Peixe, apresenta a maior distribuição espacial na região do Triângulo Mineiro. Sua espessura média é de 160 metros, conforme observado em perfurações de poços tubulares profundos. Este aquífero é constituído de arenitos muito finos a finos, com partículas moderadamente a bem selecionadas, e cimentação localizada e incipiente por CaCO_3 .

De acordo com Hasui (1969), a Formação Uberaba ocorre de maneira descontínua e amplamente dispersa nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, podendo atingir até 140 metros de espessura. Essa formação é uma unidade vulcanoclástica, composta por arenitos, conglomerados, siltitos e argilitos com clastos vulcânicos. O aquífero correspondente, correlato ao Aquífero Adamantina, tem importância secundária na produção de água devido às suas características hidrogeológicas desfavoráveis.

Aroeira – Soluções Ambientais

Telefones: (34) 9.9667-5760 | (34) 9.9659-2561

engenheira.rosana@outlook.com – tulioagropecuaria@bol.com.br

O Aquífero Santo Anastácio também está presente na região, mas ocupa uma faixa estreita adjacente às calhas dos rios Paranaíba e Grande, na área conhecida como Pontal do Triângulo. Ele repousa diretamente sobre o Aquífero Serra Geral, com uma espessura máxima preservada de aproximadamente 60 metros (CPRM, 2012). Esta unidade é formada por arenitos quartzosos subarcoseanos, predominantemente maciços, com partículas finas a muito finas, fração silte subordinada e pequena quantidade de matriz siltico-argilosa (CPRM, 2012).

Considerando a ocorrência nas áreas de influência do empreendimento, este estudo descreve detalhadamente os aquíferos Serra Geral e Vale do Rio do Peixe.

13.8.3.1. - Aquífero Serra Geral

De acordo com a CPRM (2012) O Aquífero Serra Geral está associado aos derrames basálticos da Formação Serra Geral, caracterizando-se como um aquífero fraturado devido ao intenso diaclasamento das rochas basálticas. Este diaclasamento ocorre devido à contração da massa magmática efusiva durante o seu resfriamento ao entrar em contato com o ar atmosférico. Segundo estudos, a Formação Serra Geral é uma unidade geológica que compõe a Bacia do Paraná, uma das maiores províncias hidrogeológicas do Brasil. A natureza fraturada do aquífero Serra Geral resulta em uma significativa capacidade de armazenamento e transmissão de água subterrânea, apesar de sua estrutura predominantemente basáltica, que tipicamente possui baixa porosidade primária. Os fraturamentos nas rochas basálticas criam caminhos preferenciais para o fluxo de água, aumentando a porosidade secundária e, conseqüentemente, a capacidade de armazenamento do aquífero. Esta característica torna o aquífero Serra Geral uma importante fonte de água subterrânea em diversas regiões, especialmente onde outros aquíferos mais produtivos, como o Aquífero Guarani, estão ausentes ou localizados a grandes profundidades (Figura 13.8.3.1-1).

Figura 13.8.3.1-1 – Basalto da Formação Serra Geral na região do Triângulo Mineiro. Esta unidade geológica representa um aquífero do tipo fraturado na Província Hidrogeológica do Paraná.



O Aquífero Serra Geral é predominantemente sobreposto ao Aquífero Botucatu (SAG) na Província Hidrogeológica do Paraná, incluindo a área do Triângulo Mineiro. Devido à falta de dados provenientes de poços tubulares, tanto a profundidade do contato entre os aquíferos Serra Geral e Botucatu quanto a espessura do aquífero Serra Geral são pouco documentadas na região.

Na maior parte do Triângulo Mineiro, a unidade hidroestratigráfica Serra Geral não aflora, pois está coberta pelas rochas sedimentares do Grupo Bauru (formações Uberaba, Vale do Rio do Peixe e Marília) e, em menor grau, por coberturas cenozóicas de depósitos aluviais recentes da era holocênica. Nessa situação, a recarga do aquífero Serra Geral ocorre de forma indireta na maioria das áreas, diferentemente das porções expostas onde a recarga se dá diretamente através de fraturas e materiais resultantes de seu intemperismo, especialmente nos vales dos principais rios da região. As zonas de descarga do aquífero Serra Geral também estão localizadas nas áreas dos vales fluviais.

13.8.3.2. - Aquífero Vale do Rio do Peixe

O Aquífero Vale do Rio do Peixe é a unidade aquífera com maior extensão de afloramento na região do Triângulo Mineiro. A espessura dessa unidade pode atingir até 160 metros, conforme observado em poços tubulares destinados à captação de águas subterrâneas. Litologicamente, é composto por arenitos muito finos a finos, com coloração que varia de marrom-claro a rosada e

alaranjada, apresentando uma seleção moderada a boa das partículas e cimentação restrita por CaCO_3 (CPRM, 2012).

Apesar de sua ampla presença no Triângulo Mineiro, o aquífero Adamantina é coberto pelo Aquífero Marília nas áreas de chapadas da região. As áreas expostas do Aquífero Adamantina se estendem desde os rebordos da Serra da Galga, avançando ao sul pelos municípios de Uberlândia, Campo Florido, Prata e Frutal até encontrar o Aquífero Serra Geral. No sudoeste e oeste, essa unidade aquífera se estende pelos municípios de Prata, Campina Verde, Iturama e Limeira do Oeste; na direção noroeste, atinge os municípios de Monte Alegre de Minas, Canápolis, Ituiutaba, Gurinhatã e Santa Vitória. Tanto ao sul quanto ao oeste, o Aquífero Vale do Rio do Peixe é parcialmente recoberto pelo Aquífero Marília. Esse recobrimento ocorre em uma faixa estreita que ocupa os divisores de águas das duas grandes bacias hidrográficas do Triângulo Mineiro: do Rio Grande e do Rio Paranaíba. A espessura máxima do Aquífero Vale do Rio do Peixe na região pode ser estimada em 150 metros.

Estudos realizados por Canato et al. (2014) em poços tubulares perfurados no município de Bauru, no estado de São Paulo, demonstraram uma grande variação nos valores de vazão, variando de 0,5 m³/h a 10,0 m³/h, com uma média de vazões em torno de 4,0 m³/h.

13.8.4. – Aspectos hidrogeológicos das áreas de influência do empreendimento

As áreas de influência do empreendimento abrangem aquíferos de relevância hidrogeológica e estratégica: o Aquífero Serra Geral e o Aquífero Vale do Rio do Peixe (Figura 13.8.4-1). Essas unidades hidrogeológicas desempenham papéis complementares na disponibilidade e exploração dos recursos hídricos subterrâneos.

O Aquífero Serra Geral, classificado como fraturado, é formado pelos derrames de basalto da Formação Serra Geral, que integra o Grupo São Bento. Este aquífero armazena e transmite água através de fraturas nas rochas, resultado de processos tectônicos e intempéricos. Apesar de possuir menor capacidade de armazenamento e transmissividade em comparação a aquíferos granulares, é essencial para a exploração em áreas onde aquíferos sedimentares mais produtivos são ausentes ou estão a grandes profundidades. O Aquífero Serra Geral desempenha um papel crucial em zonas de menor potencial hídrico devido à sua ampla distribuição e viabilidade para usos locais e regionais, especialmente em áreas economicamente desafiadoras (CPRM, 2012).

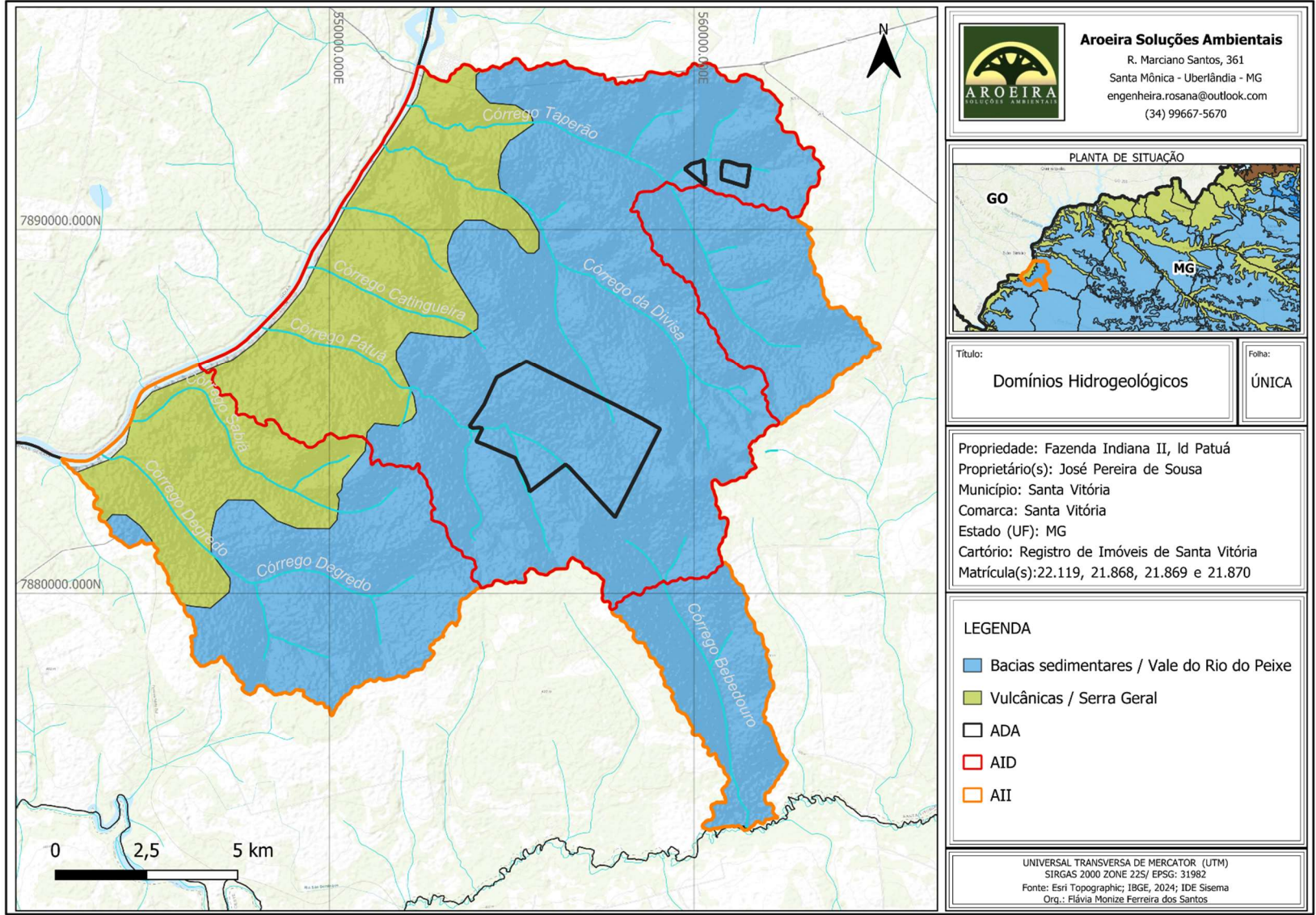
O Aquífero Vale do Rio do Peixe apresenta características de aquífero granular, formado por depósitos sedimentares arenosos e flúvio-lacustres. Essa formação possui elevada porosidade

e permeabilidade, permitindo uma capacidade significativa de armazenamento e transmissão de água subterrânea. Localizado predominantemente nas porções oeste de São Paulo e sul de Minas Gerais, o aquífero é explorado por sua facilidade de recarga e acessibilidade, sendo frequentemente utilizado para abastecimento público e agrícola. A sobreposição com a unidade fraturada do Serra Geral cria uma dinâmica hidrogeológica complexa e interdependente, especialmente nas áreas de contato entre os dois sistemas.

Esses aquíferos são cruciais para o abastecimento hídrico local, especialmente em regiões onde o Aquífero Guarani, de grande extensão e produtividade, não está presente ou encontra-se a profundidades excessivas, como nos municípios do Triângulo Mineiro, a exemplo de Uberaba e Frutal. Na região, as condições estratigráficas situam o Aquífero Vale do Rio do Peixe em posição superior, seguido pelo Serra Geral, que pode atingir profundidades variáveis dependendo da tectônica local e do relevo regional.

Essas informações reforçam a importância do entendimento integrado das condições hidrogeológicas locais, considerando não apenas as características individuais dos aquíferos, mas também suas interações e potencialidades para usos sustentáveis (CPRM, 2012; ANA, 2020).

Figura 13.8.4-1– Distribuição dos Domínios e Unidades Hidrogeológica Vale do Rio do Peixe e Serra Geral nas áreas de influência do empreendimento.



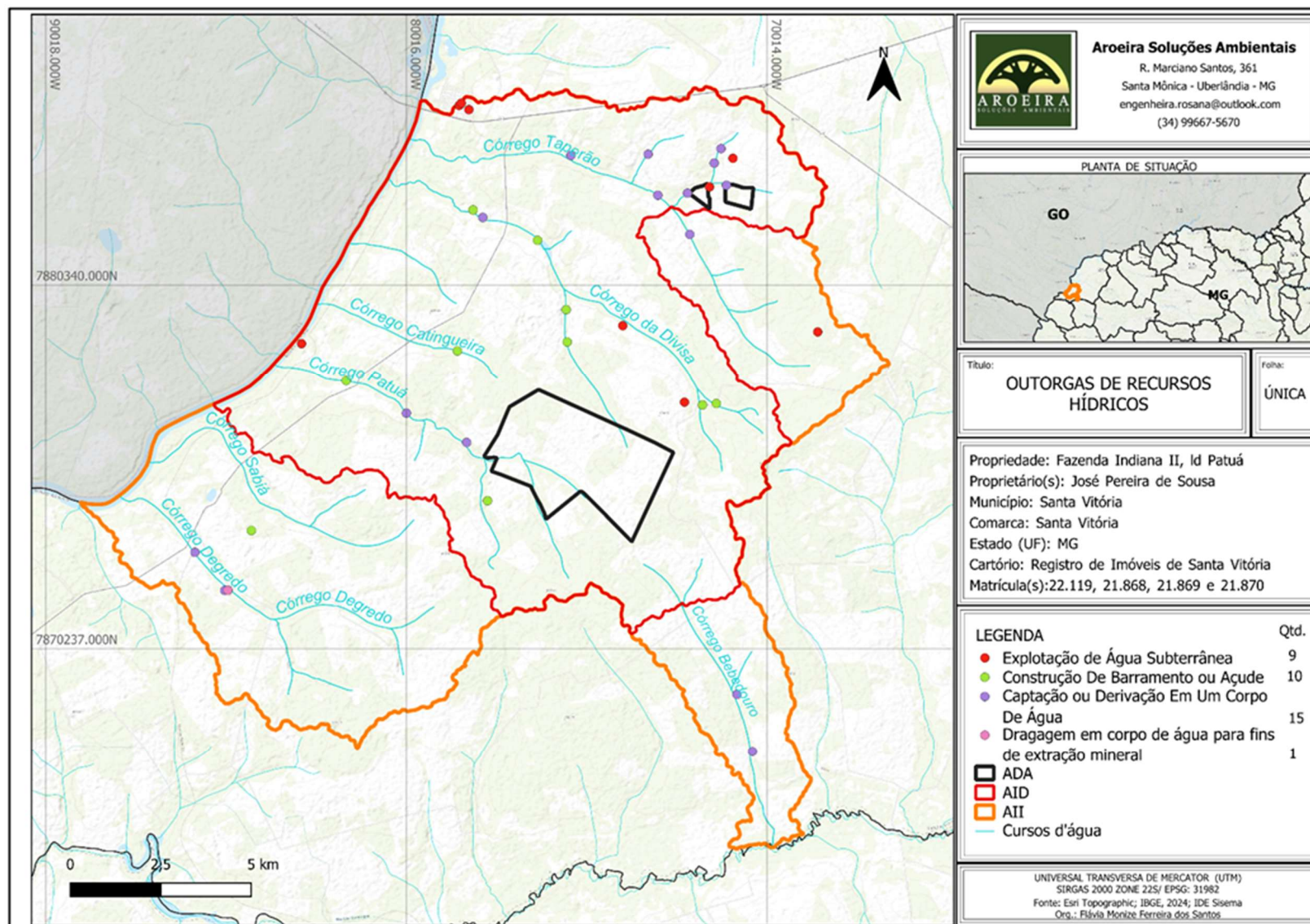
13.8.5. - Captação e Uso de Recursos Hídricos nas Áreas de Influência do Empreendimento

Nas áreas de influência do empreendimento, foram identificadas 9 outorgas para captação de águas subterrâneas, sendo 8 localizadas na Área de Influência Direta (AID) e 1 na Área de Influência Indireta (AII). Além dessas, foram registradas 15 captações ou derivações de água em cursos hídricos superficiais, totalizando 24 pontos de uso regulamentados na região. Os recursos hídricos subterrâneos são destinados a diferentes finalidades, incluindo consumo humano, dessedentação de animais e abastecimento público, conforme os regimes de portarias de outorga.

As captações e derivações de água em corpos hídricos superficiais têm como principais usos a dessedentação de animais, irrigação agrícola, consumo industrial e aquicultura, destacando-se como suporte às atividades econômicas e de subsistência da região. Certificados específicos também regulamentam o uso de barramentos e açudes, cuja principal aplicação é a dessedentação de animais, bem como dragagens em cursos d'água para extração mineral em atividades de mineração.

A distribuição espacial dessas captações, ilustrada na Figura 13.8.5-1, reflete uma gestão estratégica que visa atender às demandas locais de maneira equilibrada e sustentável. A regulamentação pela Agência Nacional de Águas (ANA) e outros órgãos competentes busca assegurar o uso racional e a conservação dos recursos hídricos. A presença de 24 pontos de captação e derivação evidencia a importância de uma abordagem integrada e sustentável para garantir a disponibilidade hídrica e a preservação ambiental na área de influência do empreendimento.

Figura 13.8.5-1 – Localização de captações de água detentoras de portarias de outorga nas áreas de influência do empreendimento.



13.9. Plano de monitoramento das águas superficiais da fazenda indiana ii

13.9.1. Apresentação

Com o objetivo de orientar o monitoramento da qualidade das águas superficiais na AID/ADA do empreendimento foi elaborado o presente Plano de Monitoramento de Águas Superficiais. Este Plano privilegiou, em primeira instância, a localização dos pontos de amostragem nos cursos d'água que drenam a AID/ADA do empreendimento, e que fossem mais representativos dos usos praticados nos limites da ADA e capaz de individualizar a influência das atividades desenvolvidas pelo empreendimento Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá na qualidade das águas superficiais em relação aos empreendimentos vizinhos pertencentes a terceiros.

13.9.2. Procedimentos técnicos

A coleta, análise e avaliação da qualidade da água na Área Diretamente Afetada (ADA) e Área de Influência Direta (AID) do empreendimento seguiram os seguintes procedimentos técnicos:

1º – definir os pontos de coleta de águas superficiais representativos para o diagnóstico de qualidade das águas superficiais e, a partir destes identificar quaisquer alterações em decorrência das atividades do empreendimento;

2º – eleger um conjunto de parâmetros físicos-químicos e microbiológicos a fim de se estabelecer comparações com os limites definidos pela legislação em vigor:

RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que “*dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*”.

DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM/CERH 01, de 05 de maio de 2008, que “*dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*”.

3º – proceder à coleta e análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos dos corpos de águas superficiais localizados na AID e ADA do empreendimento sob a responsabilidade de um laboratório acreditado;

4º - comparar os resultados de análise físico-químicas obtidos em amostras de águas superficiais coletadas nos pontos de amostragem, localizados na AID e ADA do empreendimento, considerando os aspectos que possam influenciar na sua qualidade, tais como:

- ✓ áreas na ADA utilizadas para cultivos de ciclo anual, além de infraestruturas, tais como: sedes, alojamentos, fossas sépticas para tratamento de efluentes, lavadores de máquinas agrícolas, tanques

para efluentes de lavadores de máquinas, armazenamento de combustíveis, galpões, oficinas, barramentos de cursos d'água, vias de acesso, pivôs centrais, dentre outros;

- ✓ contribuição das águas pluviais geradas nas áreas onde são desenvolvidas as atividades econômicas e infraestruturas existentes;

5º - Avaliar, com base nas tipologias de atividades desenvolvidas na AID/ADA do empreendimento, os parâmetros que compõem os indicadores adequados da qualidade da água com base na RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 e na DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM/CERH 01, de 05 de maio de 2008.

13.9.3. Definição dos pontos de monitoramento

A qualidade das águas superficiais será avaliada a partir de 08 pontos de monitoramento localizados nos cursos da água que drenam a ADA e a AID do empreendimento.

Para a escolha dos pontos de monitoramento levou-se em consideração as atividades e infraestruturas do empreendimento (atuais e futuras) que podem influenciar a quantidade e qualidade das águas superficiais no contexto das bacias hidrográficas por abrangidas, tais como:

- áreas de plantio de culturas de ciclo anual;
- usos de agroquímicos (fertilizantes, herbicidas e inseticidas);
- aplicação de vinhaça (cana-de-açúcar);
- cursos d'água com barramentos para acumulação de água;
- reservatório *off stream* (piscinão) parcialmente escavado e alteado com maciço de terra compactado para armazenamento de água para irrigação;
- irrigação por sistema de pivos centrais;
- estradas de terra e carreadores nas áreas cultivadas;
- infraestruturas, tais como: sede; alojamento para funcionários; refeitórios fossas sépticas; tanques de efluentes; estocagem de embalagens de agroquímicos; lavagem de máquinas e veículos; oficinas para manutenção de máquinas agrícolas e veículos; armazenamento de combustíveis; armazenamento de óleo queimado; armazenamento de insumos utilizados na agricultura; galpões para máquinas e equipamentos agrícolas; dentre outros.

Assim, as análises físico-químicas e microbiológicas foram definidas com base nas atividades, tipos de infraestrutura do empreendimento existentes e futuras e os possíveis impactos ambientais decorrentes sobre os recursos hídricos superficiais com implicação na sua qualidade e quantidade, tais como:

- Carreamento de sedimentos oriundos de áreas cultivadas e de estradas vicinais de terra, com implicação na qualidade dos cursos d'água com reflexo direto no aumento da turbidez, carga de sólidos totais e dissolvidos;

- Aumento dos níveis de agroquímicos nas águas fluviais transportados das áreas cultivadas (inseticidas, fungicidas, herbicidas e fertilizantes);

- Derramamentos acidentais de combustíveis e agroquímicos;

- Aumento da carga orgânica (séptica e aplicação de vinhaça);

- Óleos e graxas;

- Alteração da qualidade nos cursos d'água em decorrência de reservatórios;

- Organismos patogênicos na água.

13.9.4. Cursos d'água escolhidos para monitoramento

Os cursos fluviais escolhidos para monitoramento drenam, parcial ou totalmente, a área do empreendimento, com o objetivo de detectar quaisquer alterações na qualidade de suas águas decorrentes das atividades e infraestruturas do empreendimento:

– Córrego Patuá e seus afluentes

As nascentes do Córrego Patuá se encontram fora da área do empreendimento, em cota altimétrica de cerca 440 metros. Este córrego representa o curso d'água com extensão de drenagem dentro dos limites do empreendimento, cerca de 3 km. No curso principal do Córrego Patuá foram alocados 2 (três) pontos de monitoramento e 1 (um) alocado em um de seus afluentes diretos.

– Córrego da Divisa e seus afluentes

A nascente de um dos afluentes do Córrego da Divisa ocorre dentro da área do empreendimento. No córrego sem nome foram alocados 2 (dois) pontos de monitoramento que são influenciados diretamente pelas atividades realizadas no empreendimento.

– Córrego Taperão e seus afluentes

Os afluentes do córrego Taperão passam próximos aos limites da área do empreendimento. Nesses afluentes foram alocados 3 (três) pontos de monitoramento.

A tabela 9.4-1 apresenta a localização dos pontos de monitoramento proposto para o empreendimento Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá.

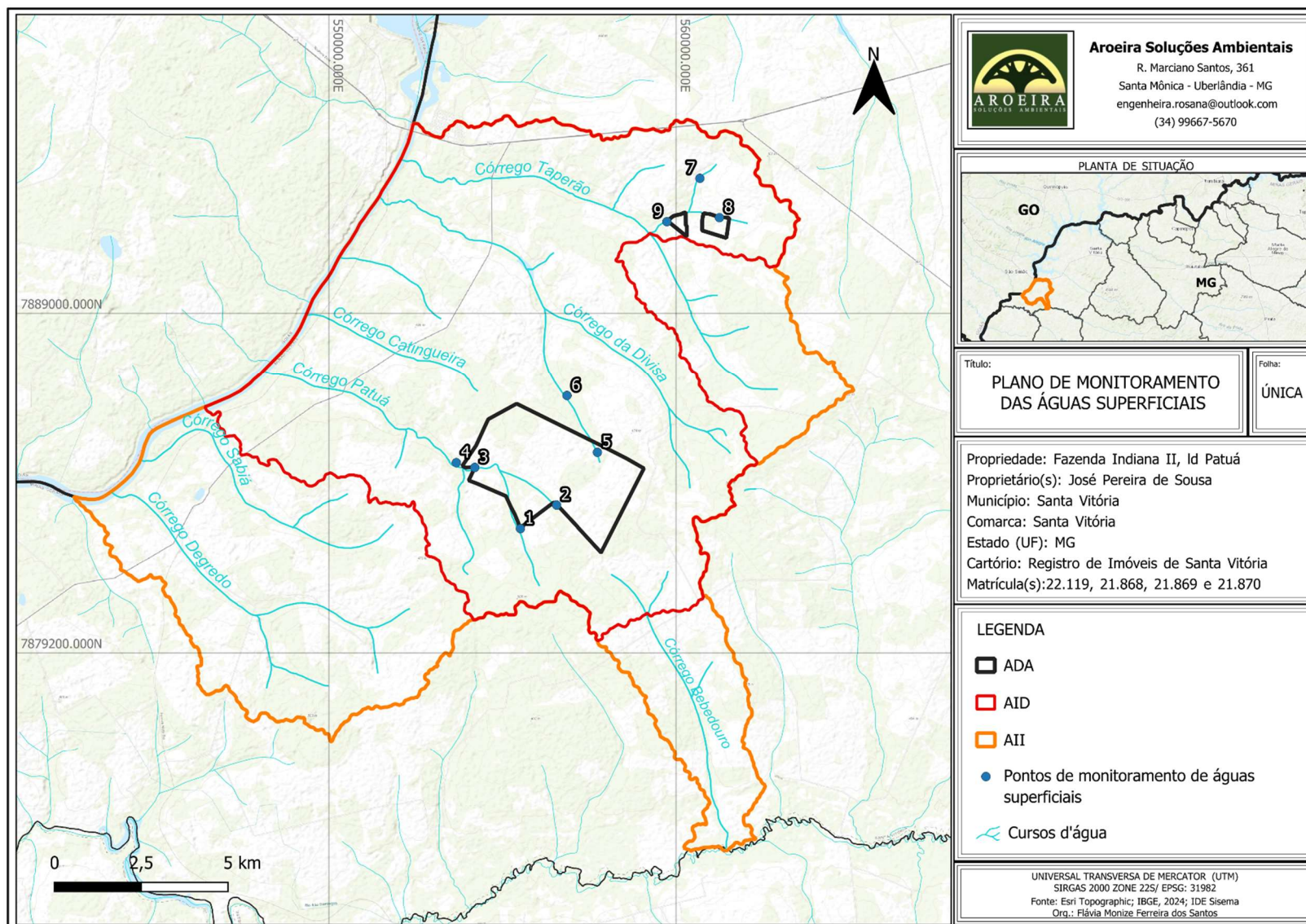
Tabela 13.9.4-1 – Localização dos pontos de monitoramento de águas superficiais.

Pontos de Monitoramento	Curso D'água	Coordenadas Geograficas (SIRGAS 2000)	
		X	Y
P1	Córrego Patuá	-50.472072	-19.147391

P2		-50.462185	-19.141238
P3		-50.484618	-19.131507
P5	Córrego da Divisa	-50.451041	-19.127473
P6		-50.459427	-19.112708
P7	Córrego Taperão	-50.423224	-19.055883
P8		-50.417845	-19.066108
P9		-50.432228	-19.067197

A Figura 13.9.4-1 apresenta a delimitação das áreas de influência do empreendimento para o meio físico. Os pontos de amostragem da água foram definidos de acordo com o alcance dos possíveis impactos ambientais sobre os corpos d'água superficiais.

Figura 13.9.4-1 – Localização dos pontos de monitoramento das águas superficiais em relação a AID e ADA do empreendimento



13.9.5. Parâmetros a serem monitorados

Propõe-se o monitoramento dos seguintes parâmetros com base na DN COPAM/CERH 01, de 05 de maio de 2008, que “ *dispõe sobre a classificação dos corpos d’água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*” (Tabela 13.9.5-1)

Tabela 13.9.5-1 – Parâmetros físicos-químicos e microbiológicos para a avaliação da qualidade da água.

Parâmetros Inorgânicos	Unidades
Nitrato	mg/L
Nitrito	mg/L
Nitrogênio amoniacal total	mg/L
Fósforo total	mg/L
Outros Parâmetros	
Oxigênio Dissolvido	mg/L
Cálcio total	mg/L
Magnésio total	mg/L
Potássio total	mg/L
Condutividade elétrica	µS/cm
DQO	mg/L
pH	
Temperatura	°C
Padrões de Qualidade	
DBO	mg/L
Óleos e graxas	mg/L
Turbidez	NTU
Sólidos suspensos totais	mg/L
Coliformes termotolerantes	UFC/mL
Clorofila a	µg/L
Orgânicos	
2,4,6-Triclorofenol	mg/L
Benzidina	µg/L
Benzo(a) antraceno	µg/L
Benzo(a)pireno	µg/L
Benzo(b) fluoranteno	µg/L
Benzo(k) fluoranteno	µg/L
Criseno	µg/L
Dibenzo(a,h) antraceno	µg/L
Heptacloro Epóxido e Heptacloro	µg/L

Indeno(1,2,3-cd)pireno	µg/L
Pentaclorofenol	mg/L
Surfactantes	mg/L
Tetracloroto de Carbono	mg/L
Tetracloroeteno	mg/L
Xilenos	µg/L

13.9.6. Outras informações complementares ao plano de amostragem de água

Algumas informações adicionais, que podem ser importantes para a interpretação dos resultados, devem ser apresentadas como complemento deste Plano de Monitoramento de Águas Superficiais, dentre as quais citam-se: **temperatura do ar e condições climáticas antecedentes e no momento da coleta, e fotografias do local na data de coleta.**

13.10. DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

13.10.1. Introdução

A água é um recurso essencial para todas as formas de vida na Terra e desempenha um papel central no desenvolvimento econômico, sociocultural e ambiental das nações. No entanto, conforme apontado por Tundisi e Matsumura-Tundisi (2011), os impactos ambientais, sociais e econômicos têm degradado significativamente a qualidade da água, gerando uma série de consequências negativas. Entre essas estão a perda da biodiversidade, o aumento de doenças de veiculação hídrica, a elevação dos custos para o tratamento da água destinada ao abastecimento doméstico e industrial, a redução da produtividade agrícola e pecuária, a diminuição da pesca e a deterioração dos valores turísticos, culturais e paisagísticos.

A qualidade da água está diretamente relacionada aos diversos usos que dela se faz, como consumo humano, uso industrial, irrigação, aquicultura, navegação e recreação de contato primário. Cada uma dessas finalidades demanda requisitos específicos de qualidade, sendo que águas de melhor qualidade são reservadas para usos mais exigentes, como o abastecimento de água potável. Essa relação é ilustrada nas Figuras 13.10.1-1 e 13.10.1-2, que destacam a importância de assegurar e preservar a qualidade da água, uma vez que a degradação de suas características físicas, químicas ou biológicas pode limitar significativamente os usos previstos e comprometer o equilíbrio ambiental e social.

Figura 13.10.1-1 – Relação qualidade da água x classes de enquadramentos x usos (Fonte: ANA Portal da Qualidade das Águas, 2021).



Figura 13.10.1-2 – Usos diversos das águas doces em relação às classes de enquadramento (Fonte: ANA Portal da Qualidade das Águas, 2021).

USOS DAS ÁGUAS DOÇES		CLASSES DE ENQUADRAMENTO				
		ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas			Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário						
Aquicultura						
Abastecimento para consumo humano		Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário						
Pesca						
Irrigação			Hortalças consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais						
Navegação						
Harmonia paisagística						

Observação: As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água.

A percepção equivocada de que os recursos hídricos no Brasil são abundantes fomentou, durante décadas, uma cultura de desperdício e desvalorização da água enquanto recurso essencial para a vida e o desenvolvimento socioeconômico. Embora o país tenha adotado o Código de Águas (Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934), esse marco legal não foi suficiente para evitar o desperdício e os conflitos relacionados ao uso da água, devido à ausência de um sistema eficiente de gestão dos recursos hídricos.

Essa realidade começou a ser transformada com a promulgação da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, conhecida como "Lei das Águas". Essa lei instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Posteriormente, a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), por meio da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, representou um avanço significativo, atribuindo à instituição a responsabilidade de implementar a PNRH e coordenar o SINGREH.

Conforme disposto no artigo 9º da Lei das Águas, o enquadramento dos corpos d'água tem como objetivo assegurar que a qualidade da água seja compatível com os usos mais exigentes a que se destina. Além disso, busca-se reduzir os custos de combate à poluição por meio de ações preventivas. Esse instrumento de gestão requer a avaliação tanto da condição atual dos corpos d'água quanto dos níveis de qualidade necessários para atender às demandas da sociedade.

Os dados obtidos no monitoramento da qualidade da água são comparados com os limites estipulados pelo enquadramento do corpo d'água no ponto de coleta. Esse processo é regulamentado por bases legais, como as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). No estado de Minas Gerais, o processo é complementado pela Deliberação Normativa COPAM-CERH nº 01, de 5 de maio de 2008, que orienta e organiza o uso sustentável dos recursos hídricos.

13.10.2. Qualidade das águas no estado de Minas Gerais

No estado de Minas Gerais, o monitoramento das águas superficiais é conduzido pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) por meio do Programa Águas de Minas, em execução desde 1997. Esse programa realiza a coleta e análise de dados sobre a qualidade das águas, contribuindo para a gestão eficiente e sustentável dos recursos hídricos do estado.

De acordo com o Relatório de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de Minas Gerais, referente ao terceiro trimestre de 2018, as campanhas completas de monitoramento incluem tanto o período chuvoso quanto o período seco do ano. Nessas campanhas, as amostras coletadas são analisadas com base em 53 parâmetros em todos os pontos de monitoramento. Já nas campanhas intermediárias, realizadas nos períodos de transição (abril/maio/junho e outubro/novembro/dezembro), são avaliados 18 parâmetros, além de parâmetros específicos relacionados às fontes poluidoras presentes na bacia de drenagem de cada estação de monitoramento.

Adicionalmente, em determinados pontos de monitoramento, são realizadas análises complementares, incluindo a avaliação de nitrogênio orgânico, densidade de cianobactérias, cianotoxinas, ensaios de toxicidade crônica e macroinvertebrados bentônicos. Essas análises permitem uma avaliação mais detalhada da qualidade da água e dos potenciais impactos de fontes poluidoras específicas.

A Tabela 13.10.2-1 apresenta os parâmetros de qualidade de água analisados no estado de Minas Gerais, detalhando os indicadores que são utilizados para mensurar e interpretar a condição dos recursos hídricos.

Tabela 13.10.2-1 – Parâmetros adotados pelo IGAM para avaliação da qualidade da água no estado de Minas Gerais.

Alcalinidade Bicarbonato	DBO ⁽¹⁾	Nitrito
Alcalinidade Total	DQO ⁽¹⁾	Nitrogênio Amoniacal Total ⁽¹⁾
Alumínio Dissolvido	Densidade de Cianobactérias ⁽²⁾	Nitrogênio Orgânico
Arsênio Total	Dureza (Cálcio)	Óleos e Graxas
Bário Total	Dureza (Magnésio)	Oxigênio Dissolvido – OD ⁽¹⁾
Boro Total	Dureza total	pH ⁽¹⁾
Cádmio Total	Zinco Total	Potássio
Cálcio	Ensaio de Toxicidade Crônica ⁽²⁾	Selênio Total
Chumbo Total	Estreptococos Fecais	Sódio

Cianeto Livre	Fenóis Totais	Sólidos Dissolvidos ⁽¹⁾
Cianotoxinas ⁽²⁾	Feoftina ⁽¹⁾	Sólidos em Suspensão ⁽¹⁾
Cloreto Total ⁽¹⁾	Ferro Dissolvido	Sólidos Totais ⁽¹⁾
Clorofila <i>a</i> ⁽¹⁾	Fósforo Total ⁽¹⁾	Substâncias tensoativas
Cobre Dissolvido	Macroinvertebrados bentônicos ⁽²⁾	Sulfatos
Escherichia coli ⁽¹⁾	Magnésio Total	Sulfetos
Coliformes Totais ¹	Manganês Total	Temperatura da Água ⁽¹⁾
Condutividade Elétrica ⁽¹⁾	Mercúrio Total	Temperatura do Ar
Cor Verdadeira	Níquel Total	Turbidez ⁽¹⁾
Cromo Total	Nitrato ⁽¹⁾	

Fonte: Relatório de Monitoramento da Qualidade das Águas, IGAM (2018).

(1) Parâmetros comuns a todos os pontos nas campanhas intermediárias

(2) Parâmetros analisados apenas em pontos específicos

O Instituto Mineiro de Gestão de Águas adota como indicadores de qualidade da água o Índice de Qualidade das Águas (IQA) e o Índice de Estado Trófico (IET) (IGAM, 2018).

Para o cálculo do IQA, com base no *National Sanitation Foundation*, dos Estados Unidos, o IGAM adota nove (9) parâmetros mais representativos para a caracterização da qualidade das águas: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, variação da temperatura da água, turbidez e sólidos totais. A cada parâmetro foi atribuído um peso, conforme apresentado na Tabela 13.10.2-2, a seguir:

Tabela 13.10.2-2 - Pesos atribuídos aos parâmetros para o cálculo do IQA

Parâmetro	Peso – w _i
Oxigênio dissolvido – OD (%ODSat)	0,17
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)*	0,15
pH	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio – DBO (mg/L)	0,10
Nitratos (mg/L NO ₃ ⁻)	0,10
Fosfato total (mg/L PO ₄ ⁻²)	0,10
Variação da temperatura (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Sólidos Totais (mg/L)	0,08

*Substituído por *E. coli* a partir de 2013.

As metodologias para o cálculo do IQA consideram duas formulações, uma aditiva e outra multiplicativa. Neste trabalho, adota-se o IQA multiplicativo, que é calculado pela seguinte equação:

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA = Índice de Qualidade de Água, variando de 0 a 100;

q_i = qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade;

w_i = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1.

Para o cálculo do IQA são consideradas algumas condições. Na ausência de resultado do parâmetro oxigênio dissolvido e/ou coliformes termotolerantes/*E. coli*, o sistema não calcula o indicador. Em relação à ausência dos demais parâmetros, o sistema redefine os pesos correspondentes, de modo a ser obtido um resultado compatível, ou seja, o peso é repartido igualmente entre os demais parâmetros.

Ressalta-se que, no âmbito do Projeto Águas de Minas, para o cálculo do IQA considera-se o **qs** da variação de temperatura constante e igual a 92. Os valores do índice variam entre 0 e 100, conforme a Tabela 13.10.2-3. Assim definido, o IQA reflete a interferência por esgotos domésticos e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos.

Tabela 13.10.2-3 - Classificação do Índice de Qualidade das Águas – IQA

Valor do IQA	Classes	Significado
90 < IQA ≤ 100	Excelente	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público
70 < IQA ≤ 90	Bom	
50 < IQA ≤ 70	Médio	
25 < IQA ≤ 50	Ruim	Águas impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessário tratamento mais avançado.
IQA ≤ 25	Muito Ruim	

Fonte: IGAM (2018)

O índice de estado trófico (IET) tem o objetivo de classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, é um parâmetro que permite avaliar a qualidade da água por meio do enriquecimento de nutrientes e a sua influência no crescimento excessivo das algas e macrófitas aquáticas.

O IET é calculado a partir de valores de dois parâmetros determinados na água: o fósforo e a clorofila *a*. O fósforo é um indicador do processo de eutrofização e a clorofila *a* é um indicador do nível de crescimento de algas em água.

As seguintes equações são utilizadas para o cálculo do IET:

$$IET(CL) = 10 \{ 6 - [(-0,7 - 0,6 (\ln(CL)) / \ln 2] \} - 20,$$

$$IET(P) = 10 \{ 6 - [(0,42 - 0,36 (\ln(P)) / \ln 2] \} - 20,$$

Onde:

P = concentração de fósforo total medida à superfície da água, em µg/L

CL = concentração de clorofila-a medida à superfície da água, em µg/L

ln = logaritmo natural

O valor de IET é obtido pela média aritmética dos índices relativos ao fósforo total e à clorofila *a*:

$$IET = \frac{IET(PT) + IET(CL)}{2}$$

O IET é classificado em seis níveis de trofia, conforme apresentados nas Tabelas 13.11.2-4 e 13.11.2-5 seguir:

Tabela 13.10.2-4 - Classificação do estado trófico.

Categoria do Estado Trófico	Ponderação	P-Total – P (µg/L)	Clorofila - <i>a</i> (µg/L)
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47	P ≤ 13	CL ≤ 0,74
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52	13 < P ≤ 35	0,74 < CL ≤ 1,31
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59	35 < P ≤ 137	1,31 < CL ≤ 2,96
Eutrófico	59 < IET ≤ 63	137 < P ≤ 296	2,96 < CL ≤ 4,70
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67	296 < P ≤ 640	4,70 < CL ≤ 7,46

Hipereutrófico	IET > 67	P > 640	CL > 7,46
----------------	----------	---------	-----------

Tabela 13.10.2-5 - Classes de Estado Trófico e suas características principais.

Categoria estado trófico	Características
Ultraoligotrófica	Corpos de água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
Oligotrófica	Corpos de água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre o uso da água decorrentes da presença da nutrientes.
Mesotrófica	Corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade de água, em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
Eutrófica	Corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
Supereutrófica	Corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios de florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos.
Hipereutrófica	Corpos de água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios de florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: CETESB (2007) e LAMPARELLI (2004).

A Tabela 13.10.2-6 apresenta, a título de exemplificação, a síntese comparativa dos resultados dos índices obtidos no terceiro trimestre de 2017/2018, na Estação PB022 localizada no rio Uberabinha – município de Uberlândia, a jusante da captação de água de Sucupira.

Tabela 10.2-6 - Síntese comparativa dos resultados do 3º Trimestre de 2017 e 2018 de IQA e IET obtidos pelo IGAM exemplo para o rio Uberabinha (Estação PB 022)

				INDICADORES							
Bacia Hidrográfica	Corpo d' água	Estação	Município	Resultados dos indicadores 3º Trimestre 2017/2018						Comparação indicadores 2017/2018	
				IQA			IET				
				Parametros indicativos	2017	2018	Parâmetros indicativos	2017	2018	IQA	IET
Rio Paranaíba	Rio Uberabinha	PB022	Uberlândia		71,3	72,9		51,8	48,8	K	K

J - O indicador melhorou ou manteve-se na melhor condição de qualidade

K - O indicador manteve-se na mesma qualidade do ano anterior

L - O indicador piorou ou manteve-se na pior condição de qualidade

Parâmetros Indicativos:

- 1 – Contaminação Fecal (*Escherichia coli*)
- 2 – Enriquecimento Orgânico(P, DBO, NO₃ e NH₃T)
- 3 – Presença de Substâncias Tóxicas (As; CN-; Pb; Cu ; Zn; Cr; Cd; Fenóis Totais; Hg)

	Em	
	conformidade	
	Não	
	conformidade	
	Ausência	de
	resultados	

Fonte: Adaptado de Relatório de Monitoramento da qualidade das águas, IGAM – terceiro trimestre de 2018.

13.10.3. Qualidade das águas na AID e ADA do empreendimento

13.10.3.1. Considerações gerais

As análises físico-químicas e microbiológicas das águas dos cursos d'água que drenam a AID e ADA do Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá foram realizadas com o objetivo de caracterizar a sua qualidade na atual fase em que se encontra o empreendimento, ou seja, de operação.

As coletas e análises laboratoriais foram realizadas pelo laboratório Bioética Ambiental, **Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025**, sob o número CRL 0354, com sede na cidade de Araxá, Av. Dr. Pedro de Paula Lemos, 95, CEP 38.181-179 – Bairro Domingos Zema – Araxá/MG. A coleta foi realizada no dia 19/11/2024 e entrada no Laboratório no dia 20/11/2024.

As amostras de águas superficiais foram coletadas em novembro de 2024, sendo início da estação chuvosa de 2024/2025. Assim, essas amostras podem ser consideradas representativas para o período úmido de 2024 (outubro a março). Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas obtidos durante a elaboração deste diagnóstico, referentes à primeira campanha de amostragem, fornecem uma base preliminar sobre a qualidade atual da água. Esses dados serão úteis para comparações com resultados futuros, permitindo avaliar a evolução da qualidade da água nos pontos monitorados ao longo das próximas campanhas de amostragem e análises laboratoriais.

13.10.3.2. Procedimentos técnicos

A coleta, análise e avaliação da qualidade da água na Área de Influência Direta (AID) do empreendimento seguiram os seguintes procedimentos técnicos:

1º – definir os pontos de coleta de águas superficiais que sejam representativos para o diagnóstico de quaisquer alterações na qualidade em decorrência das atividades do empreendimento;

2º – eleger um conjunto de parâmetros físicos-químicos e microbiológicos (ver o Plano de Monitoramento de Águas Superficiais) a fim de estabelecer comparações com os limites estabelecidos pela legislação em vigor:

RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que “*dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*”.

DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM/CERH 01, de 05 de maio de 2008, que “*dispõe sobre a classificação dos corpos d’água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*”.

3º – proceder à coleta e análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos dos corpos de águas superficiais localizados na AID e ADA do empreendimento;

4º - comparar os resultados de análise físico-químicas obtidos em amostras de águas superficiais coletadas nos pontos de amostragem localizados na AID e ADA do empreendimento, considerando os aspectos que possam influenciar qualidade da água superficial, tais como:

- ✓ áreas na ADA utilizadas para cultivos de ciclo anual, além de infraestruturas, tais como: sedes, alojamentos, fossas sépticas para tratamento de efluentes, lavadores de máquinas agrícolas, tanques para efluentes de lavadores de máquinas, armazenamento de combustíveis, galpões, oficinas, barramentos de cursos d’água, vias de acesso, pivôs centrais, dentre outros;
- ✓ contribuição de águas pluviais geradas nas áreas onde são desenvolvidas as atividades econômicas e infraestruturas existentes;

5º - Avaliar, a partir das tipologias de atividades desenvolvidas na AID/ADA do empreendimento, os parâmetros que compõem os indicadores adequados da qualidade da água com base na RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 e na DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM/CERH 01, de 05 de maio de 2008.

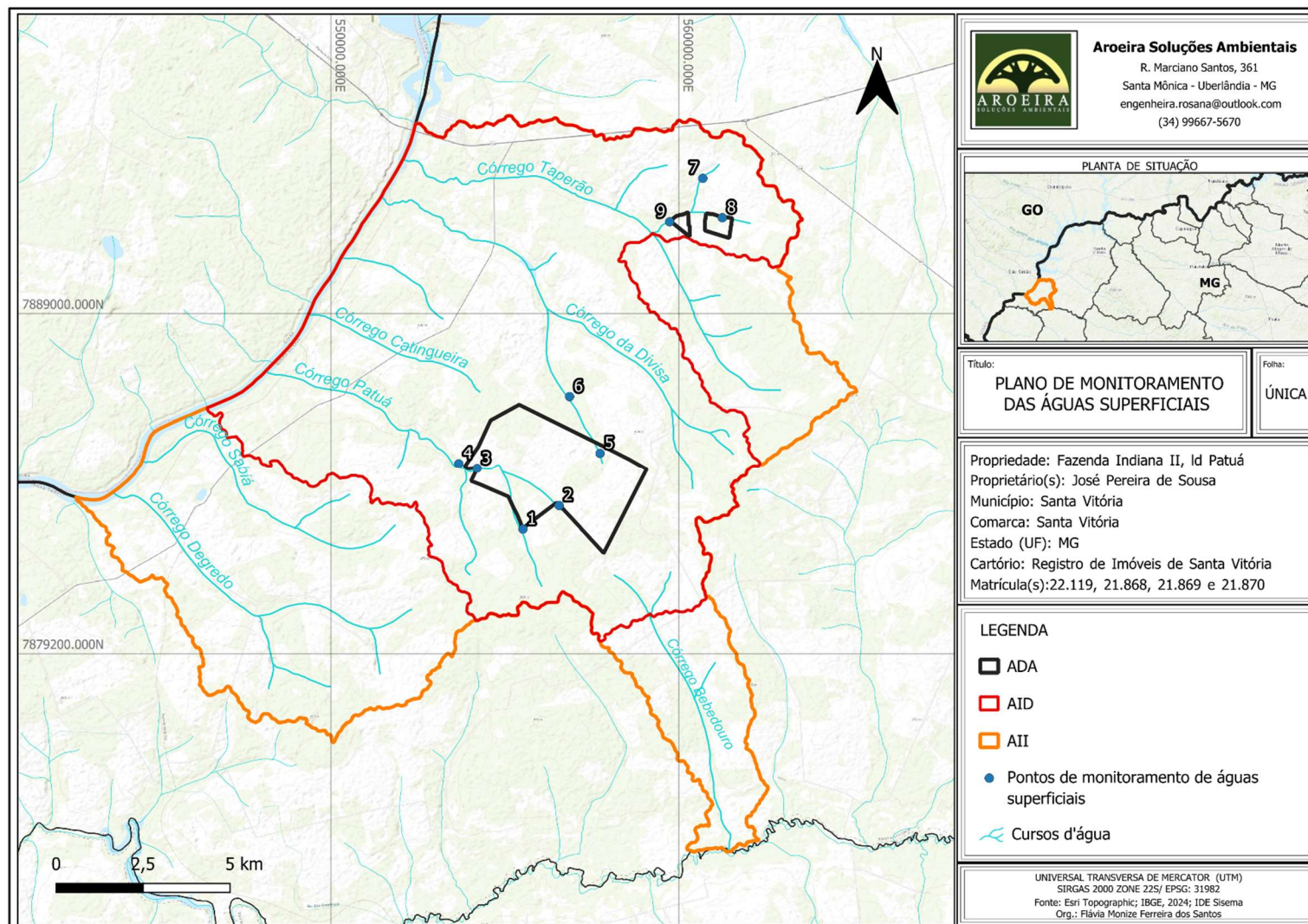
Para atingir os objetivos do monitoramento da qualidade das águas superficiais na AID/ADA do empreendimento, foi **elaborado um Plano de Monitoramento de Águas Superficiais**. Este Plano privilegiou a localização dos pontos de amostragem nos cursos d’água que drenam a AID/ADA do empreendimento e que

fossem mais representativos dos usos praticados nos limites da ADA, de maneira a individualizar a influência das atividades desenvolvidas pelo empreendimento Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá na qualidade das águas superficiais em relação aos empreendimentos vizinhos pertencentes a terceiros. A Tabela 13.10.3.2-1 e a Figura 13.10.3.2-1 mostram a localização dos pontos de amostragem na AID do empreendimento.

Tabela 10.3.2-1 – Localização dos pontos de amostragem de água superficial na AID/ADA do empreendimento.

Pontos de Monitoramento	Curso D'água	Coordenadas Geográficas (SIRGAS 2000)	
		X	Y
P1	Córrego Patuá	-50.472072	-19.147391
P2		-50.462185	-19.141238
P3		-50.484618	-19.131507
P5	Córrego da Divisa	-50.451041	-19.127473
P6		-50.459427	-19.112708
P7	Córrego Taperão	-50.423224	-19.055883
P8		-50.417845	-19.066108
P9		-50.432228	-19.067197

Figura 13.10.3.2-1 – Localização dos pontos de amostragem da água superficial na AID e ADA do empreendimento



A qualidade dos corpos de água nos pontos amostrados foi avaliada em campanha de coleta realizada em 19 de novembro de 2024, portanto, no início do período chuvoso de 2024 (outubro a março). A próxima campanha de coleta deverá ser relativa ao período seco de 2026 (abril a setembro).

Trabalhos de coleta de amostras de águas dos cursos d'água que drenam a AID/ADA do empreendimento seguiram as normas NBR da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e o *Standard Methods for Water and Wastewater*, 21 ed.:

- NBR 9896 – Glossário de poluição das águas - AGO 1993;
- NBR 9897 – Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Jun 1987
- NBR 9898 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Jun 1987
- NBR ISO/IEC 17025 – Requisitos gerais para competência de laboratório de ensaio e calibração – jan 2001;
- *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 21 ed. (2005).

Para a avaliação da qualidade das águas superficiais foram adotados os seguintes parâmetros físico-químicos e microbiológicos, conforme apresentados na Tabela 13.10.3.2-2:

Tabela 10.3.2-2 – Parâmetros físicos-químicos considerados para a avaliação da qualidade das águas superficiais.

Parâmetros Inorgânicos	Unidades
Nitrato	mg/L
Nitrito	mg/L
Nitrogênio amoniacal total	mg/L
Fósforo total	mg/L
Outros Parâmetros	
Oxigênio Dissolvido	mg/L
Cálcio total	mg/L
Magnésio total	mg/L
Potássio total	mg/L
Condutividade elétrica	µS/cm
DQO	mg/L
pH	
Temperatura	°C
Padrões de Qualidade	
DBO	mg/L
Óleos e graxas	mg/L

Turbidez	NTU
Sólidos suspensos totais	mg/L
Coliformes termotolerantes	UFC/mL
Clorofila a	µg/L
Orgânicos	
2,4,6-Triclorofenol	mg/L
Benzidina	µg/L
Benzo(a)antraceno	µg/L
Benzo(a)pireno	µg/L
Benzo(b)fluoranteno	µg/L
Benzo(k)fluoranteno	µg/L
Criseno	µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L
Heptacloro Epóxido e Heptacloro	µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	µg/L
Pentaclorofenol	mg/L
Surfactantes	mg/L
Tetracloroeto de Carbono	mg/L
Tetracloroeteno	mg/L
Xilenos	µg/L

13.10.3.3. Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas e Conclusão

Resultados das análises físico-químicas e microbiológica correspondentes à primeira campanha de amostragem realizada no dia 19/11/2024, relativos a 08 (oito) pontos de amostragem situados a montante e a jusante dos cursos d'água que drenam a ADA do empreendimento, são apresentados na Tabela 11.3.3-1. A última coluna, à direita, represente os Valores Máximos Permitidos - VMP expressos na Resolução CONAMA 357, de 17/03/2005 **para as águas doces classe 2** e DN COPAM/CERH 01/05/2008.

Os resultados obtidos para os parâmetros analisados mostram que, a maioria dos pontos amostrados apresentou valores em conformidade com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

As análises físico-químicas e microbiológicas realizadas indicaram três parâmetros em desconformidade com os limites estabelecidos pela legislação ambiental aplicável. Esses parâmetros são fundamentais para avaliar a qualidade da água, pois estão diretamente relacionados à saúde do ecossistema aquático e ao uso da água para consumo humano, irrigação e outras finalidades.

Nitrogênio amoniacal total (N-NH₃):

No ponto 5, localizado no Córrego Divisa, foi registrado um valor de 7,84 mg/L, significativamente acima do limite estabelecido de 0,5 mg/L. O nitrogênio amoniacal, presente em formas como amônia livre e

amônio, é um indicador da poluição orgânica recente, frequentemente associado a esgotos domésticos, efluentes industriais e processos de decomposição de matéria orgânica. Valores elevados podem ser tóxicos para organismos aquáticos, especialmente peixes, além de comprometerem o uso da água para fins potáveis e recreativos (Tundisi & Tundisi, 2008).

Oxigênio dissolvido (OD):

Nos pontos 1 (Córrego Patuá) e 5, foram detectados valores de 4,32 mg/L e 4,34 mg/L, respectivamente, inferiores ao limite mínimo de 5 mg/L. O oxigênio dissolvido é essencial para a respiração dos organismos aquáticos e sua concentração adequada reflete um ecossistema equilibrado. Níveis baixos de OD podem indicar a presença de matéria orgânica em decomposição ou a liberação de poluentes, promovendo a ocorrência de processos anaeróbicos que liberam substâncias tóxicas, como sulfetos e amônia (Esteves, 2011).

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO):

Também nos pontos 1 e 5, os valores observados foram de 40,50 mg/L e 72,82 mg/L, muito superiores ao limite de 5 mg/L. A DBO mede a quantidade de oxigênio necessária para a decomposição biológica da matéria orgânica presente na água. Altos valores de DBO indicam poluição orgânica severa, sugerindo grande aporte de esgoto ou resíduos industriais, que consomem o oxigênio disponível, prejudicando a vida aquática e alterando o equilíbrio do corpo d'água (Von Sperling, 1996).

Importância do Monitoramento

Esses parâmetros são interdependentes e suas anomalias podem gerar impactos cumulativos no ambiente aquático. Por exemplo, altos níveis de nitrogênio amoniacal podem contribuir para a redução do oxigênio dissolvido, enquanto valores elevados de DBO refletem o potencial de esgotamento do oxigênio, agravando o desequilíbrio ambiental. Além disso, o monitoramento regular permite identificar fontes poluidoras e embasar ações corretivas, como tratamento de efluentes, controle de despejos e recuperação ambiental.

Os laudos laboratoriais expedidos pela Bioética Ambiental com resultados das análises físico-químicas e microbiológica encontram-se em **ANEXO**.

Tabela 10.3.3-1 - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das águas superficiais – Empreendimento Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá.

Data da coleta: 19/11/2024 (relativa ao período chuvoso do ano).

PONTOS DA AMOSTRAGEM	P1	P2	P3	P5	P6	P7	P8	P9	VMP DN COPAM/CE RH-MG 001/2008 Águas classe 2
CURSO D'ÁGUA	Córrego Patuá			Córrego Divisa		Córrego Taperão			
PARÂMETROS									
Nitrato (mg/L)	< 0,200	< 0,200	< 0,200	2,244	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	10 mg/L
Nitrito (mg/L)	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	< 0,030	1 mg/L
Nitrogênio amoniacal total (mg/L)	< 0,20	< 0,20	< 0,20	7,84	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,5 mg/L
Fósforo total (mg/L)	0,068	0,022	0,020	0,116	0,032	0,021	< 0,010	< 0,010	-
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	4,32	5,69	5,38	4,34	5,64	7,18	6,10	5,98	≥5 mg/L
Cálcio total (mg/L)	9,21	9,96	10,47	5,57	4,52	3,97	3,76	3,56	-
Magnésio total (mg/L)	2,56	2,12	2,61	2,38	1,62	1,14	0,96	0,88	-
Potássio total (mg/L)	11,83	2,43	2,80	45,94	4,44	3,24	2,44	2,87	-
Condutividade elétrica (µS/cm)	85,94	40,26	616,60	167,70	33,05	80,60	23,28	37,05	-
DQO (mg/L)	78,73	< 20,00	< 20,00	144,67	< 20,00	< 20,00	< 20,00	< 20,00	-
pH (campo)	6,65	6,34	6,69	5,89	6,78	6,67	7,50	6,88	6 – 9
Temperatura (°C)	7,50	6,40	7,50	7,60	7,80	8,90	8,90	7,60	-
DBO (mg/L)	0,50	,68	,07	2,82	,65	,56	,37	2,00	5 mg/L
Óleos e graxas (mg/L)	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	Vi rtualmente ausente
Turbidez (NTU)	2,30	,81	,20	6,70	9,30	,59	,02	,84	10 NTU
Sólidos suspensos totais (mg/L)	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	-
Coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	1	1	30	50	1	90	0	10	1.000 UFC/mL
Clorofila a (µg/L)	,670	1,000	1,000	,670	1,000	1,000	1,000	1,000	30 µg/L
2,4,6-Triclorofenol (µg/L)	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,01 mg/L

Benzidina (µg/L)	0,0010	0,0010	<	<	<	<	<	<	0,0010	0,0010
Benzo(a)antraceno (µg/L)	0,010	0,010	<	<	<	<	<	<	0,010	0,010
Benzo(a)pireno (µg/L)	0,010	0,010	<	<	<	<	<	<	0,010	0,010
Benzo(b)fluoranteno (µg/L)	0,010	0,010	<	<	<	<	<	<	0,010	0,010
Benzo(k)fluoranteno (µg/L)	0,010	0,010	<	<	<	<	<	<	0,010	0,010
Criseno (µg/L)	0,010	0,010	<	<	<	<	<	<	0,010	0,010
Dibenzo(a,h)antraceno (µg/L)	0,010	0,010	<	<	<	<	<	<	0,010	0,010
Heptacloro E póxido e Heptacloro (µg/L)	0,0040	0,0040	<	<	<	<	<	<	0,0040	0,0040
Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/L)	0,010	0,010	<	<	<	<	<	<	0,010	0,010
Pentaclorofenol (µg/L)	0,100	0,100	<	<	<	<	<	<	0,100	0,100
Surfactantes (mg/L)	0,05	0,05	<	<	<	<	<	<	0,05	0,05
Tetracloreto de Carbono (µg/L)	1,00000	1,00000	<	<	<	<	<	<	1,00000	1,00000
Tetracloroetano (µg/L)	1,00000	1,00000	<	<	<	<	<	<	1,00000	1,00000
Xilenos (µg/L)	2,00000	2,00000	<	<	<	<	<	<	2,00000	2,00000



Valores em não conformidade com a legislação de referência



Valores próximos do limite estabelecido pela legislação de referência

13.11. DIAGNÓSTICO ESPELEOLÓGICO

13.11.1. Introdução

O diagnóstico espeleológico foi elaborado conforme a Instrução de Serviço 08/2017 do SISEMA/MG, que regula os procedimentos para o licenciamento ambiental em Minas Gerais, especificamente para empreendimentos com potencial de impacto em cavidades naturais subterrâneas. O estudo incluiu a identificação, caracterização e análise das cavidades naturais subterrâneas na área de influência do empreendimento, abrangendo aspectos geomorfológicos, bioespeleológicos e de relevância ambiental. Também foram avaliados os potenciais impactos diretos e indiretos associados às atividades do empreendimento, considerando critérios técnicos estabelecidos pela legislação vigente. O laudo espeleológico apresentado atende às exigências normativas, subsidiando a análise ambiental com informações necessárias para a definição de medidas de mitigação, compensação ou proteção das cavidades subterrâneas e suas áreas de influência.

13.11.2. Materiais e métodos empregados no diagnóstico espeleológico

O diagnóstico espeleológico foi realizado dentro dos limites da Área de Influência Direta (AID) do meio físico do empreendimento **Fazenda Indiana II, lugar denominado Patuá**, englobando também sua Área Diretamente Afetada (ADA). Para isso, informações espeleológicas foram coletadas de fontes secundárias presentes na literatura especializada sobre a região e suas áreas de influência. Com essas informações em mãos, iniciou-se a fase de investigação direta no campo, por meio de visitas às áreas propensas à ocorrência de cavidades naturais. A integração dos dados obtidos por esses procedimentos permitiu a avaliação do potencial espeleológico da AID do empreendimento.

O estudo espeleológico na Área de Influência Direta (AID) do empreendimento foi fundamentado pelo Decreto Nº 6.640, de 07 de novembro de 2008. Este decreto define **cavidades naturais** em seu parágrafo único da seguinte forma:

“Cavidade natural subterrânea é qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, fuma ou buraco, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem, desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante” (DECRETO Nº 6640, de 07/11/2011).

As investigações espeleológicas na Área de Influência Direta (AID) do empreendimento abrangeram feições de superfície indicativas de processos espeleogenéticos, denominados exocársticos, conforme especificado nas instruções contidas na IN 02/2009 do Ministério do Meio Ambiente. Esta instrução regulamenta os estudos de Valoração de Cavidades Naturais Subterrâneas. Além disso, as investigações se

basearam nos parágrafos 1º, 2º, 3º e 4º do Art. 14 da referida Instrução Normativa, conforme transcritos a seguir:

§ 1o As análises referentes ao enfoque local são delimitadas pela unidade geomorfológica que apresente continuidade espacial, podendo abranger feições como serras, morrotes ou sistema cárstico, o que for mais restritivo em termos de área, desde que contemplada a área de influência da cavidade.

§ 2o As análises referentes ao enfoque regional são delimitadas pela unidade espeleológica.

§ 3o Entende-se por unidade espeleológica a área com homogeneidade fisiográfica, geralmente associada à ocorrência de rochas solúveis, que pode congrega diversas formas do relevo cárstico e pseudocárstico tais como dolinas, sumidouros, ressurgências, vale cegos, lapíds e cavernas, delimitada por um conjunto de fatores ambientais específicos para a sua formação.

§ 4o Os estudos espeleológicos poderão utilizar métodos analíticos e descritivos para a avaliação e a integração de dados e informações.

Além da IN 02/2009, também foram consultados outros documentos legislativos relevantes, como a IN 30/2012 do Instituto Chico Mendes de Preservação da Biodiversidade e a Resolução CONAMA 347/04, que tratam da preservação e conservação do Patrimônio Espeleológico Nacional.

Em resumo, os trabalhos de investigação espeleológica na AID do empreendimento seguiram as seguintes etapas:

Consultas a referências bibliográficas e bancos de dados – As consultas a fontes de dados secundários incluíram mapeamentos e estudos geológicos, geomorfológicos e espeleológicos realizados por instituições de ensino e pesquisa, órgãos governamentais, entre outros. Além disso, foram feitas consultas a bancos de dados oficiais do CANIE/CECAV;

Interpretação de imagens de satélite e documentos cartográficos diversos – Foi realizada com o objetivo de identificar indicadores (atributos) para a ocorrência de cavidades naturais na AID do empreendimento, como: geológicos (litologias, estruturas e afloramentos rochosos) e geomorfológicos (escarpamentos, vales e feições cársticas). Com os resultados da interpretação de imagens de satélite e mapas diversos, foram definidos os locais mais favoráveis à ocorrência de cavidades naturais.

Levantamentos de campo - Os trabalhos de campo consistiram em visitas às áreas mais favoráveis à ocorrência de cavidades definidas na etapa anterior.

13.11.3. Potencial espeleológico da AID do empreendimento

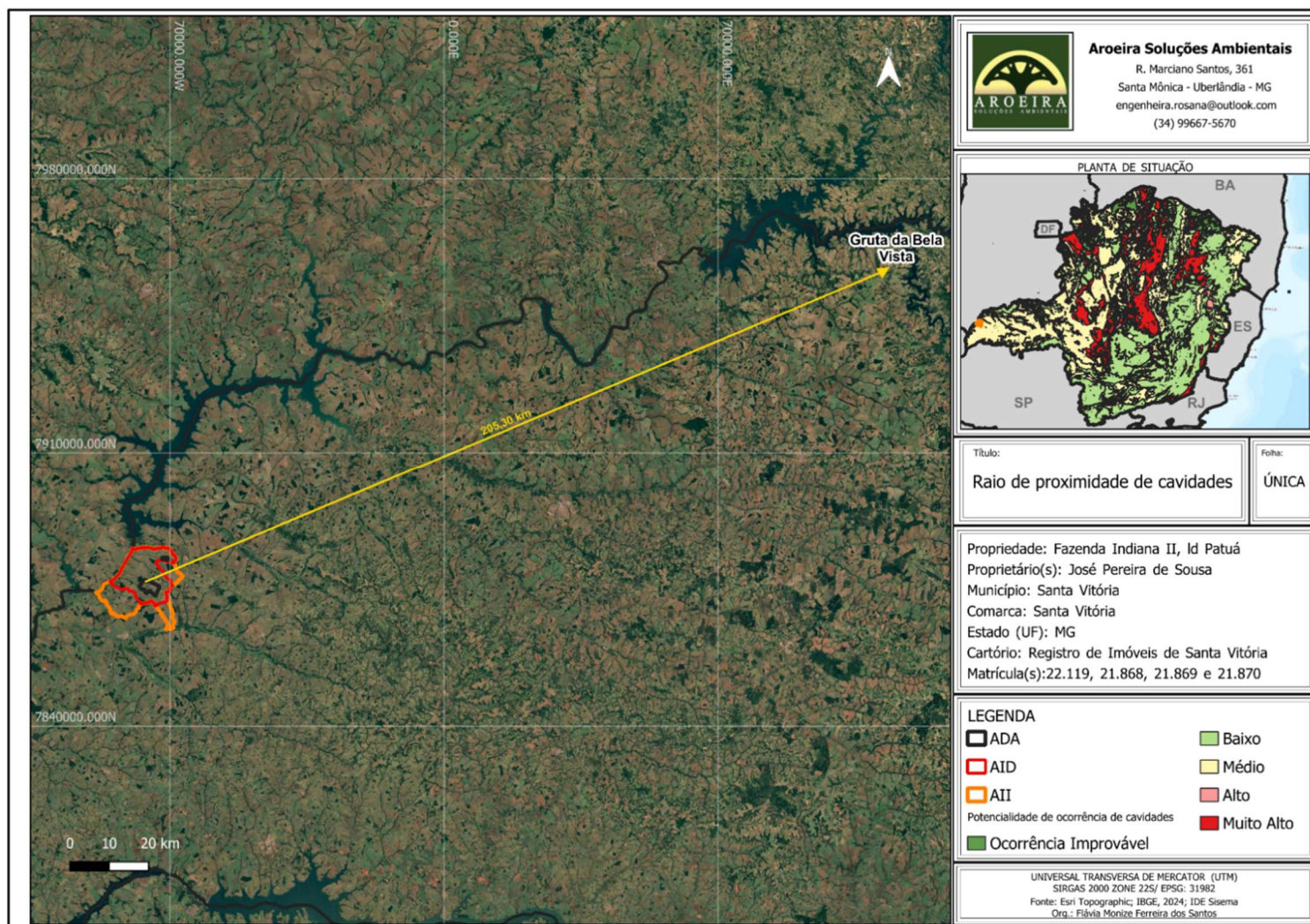
O potencial espeleológico da AID do empreendimento foi avaliado seguindo dois procedimentos principais: 1) Consulta às bases de dados espeleológicos (CECAV/ICMBIO) – Com o objetivo de identificar cavidades já cadastradas. 2) Delimitação de áreas com maior potencial para ocorrência de cavidades – Baseada

em atributos geológicos (litologias e estruturas rochosas) e geomorfológicos (relevo, escarpas, identificação de possíveis feições morfológicas decorrentes de processos cársticos, entre outros).

13.11.3.1. Pesquisa em base de dados do CECAV/ICMBIO

A consulta ao banco de dados do CECAV/ICMBIO revelou, conforme o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE), a presença de cavidades naturais cadastradas em um raio de até 210 km da ADA do empreendimento. No município de Tupaciguara, há uma cavidade registrada, situada a até 205,3 km em linha reta, conforme ilustrado na Figura 13.11.3.1-1. A Gruta Bela Vista se desenvolve em rochas basálticas da Formação Serra Geral

Figura 13.11.3.1-1 – Cavidades registradas no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE) mais próximas da AID/ADA do empreendimento: 205,3 km – Gruta Bela Vista (Tupaciguara) (Fonte: CECAV/ICMBIO).



A AID do empreendimento encontra-se em áreas de média e baixa ocorrência de cavidades, conforme a Classificação de Potencialidade de Cavernas da CECAV/ICMBio. As unidades geológicas presentes são representadas pelas formações Vale do Rio do Peixe e Serra Geral, do Grupo Bauru e São Bento, respectivamente.

O Grupo Bauru na AID do empreendimento é constituído predominantemente por arenitos e conglomerados com cimentação incipiente, exceto na sua porção base, onde ocorre um conglomerado silicoso. Grupo São Bento é formado quase que exclusivamente por basaltos.

Cavalcanti et al. (2012), realizou o Mapeamento do Potencial de Ocorrência de Cavernas no Brasil, em escala 1:2.500.000, baseado nos critérios do CECAV/ICMBio tomando por base os dados de mapeamento geológico realizado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM). A Tabela 13.11.3.1-2, a seguir, apresenta a legenda potencialidade de ocorrência de cavernas do CECAV/ICMBio baseada em condicionantes litológicas:

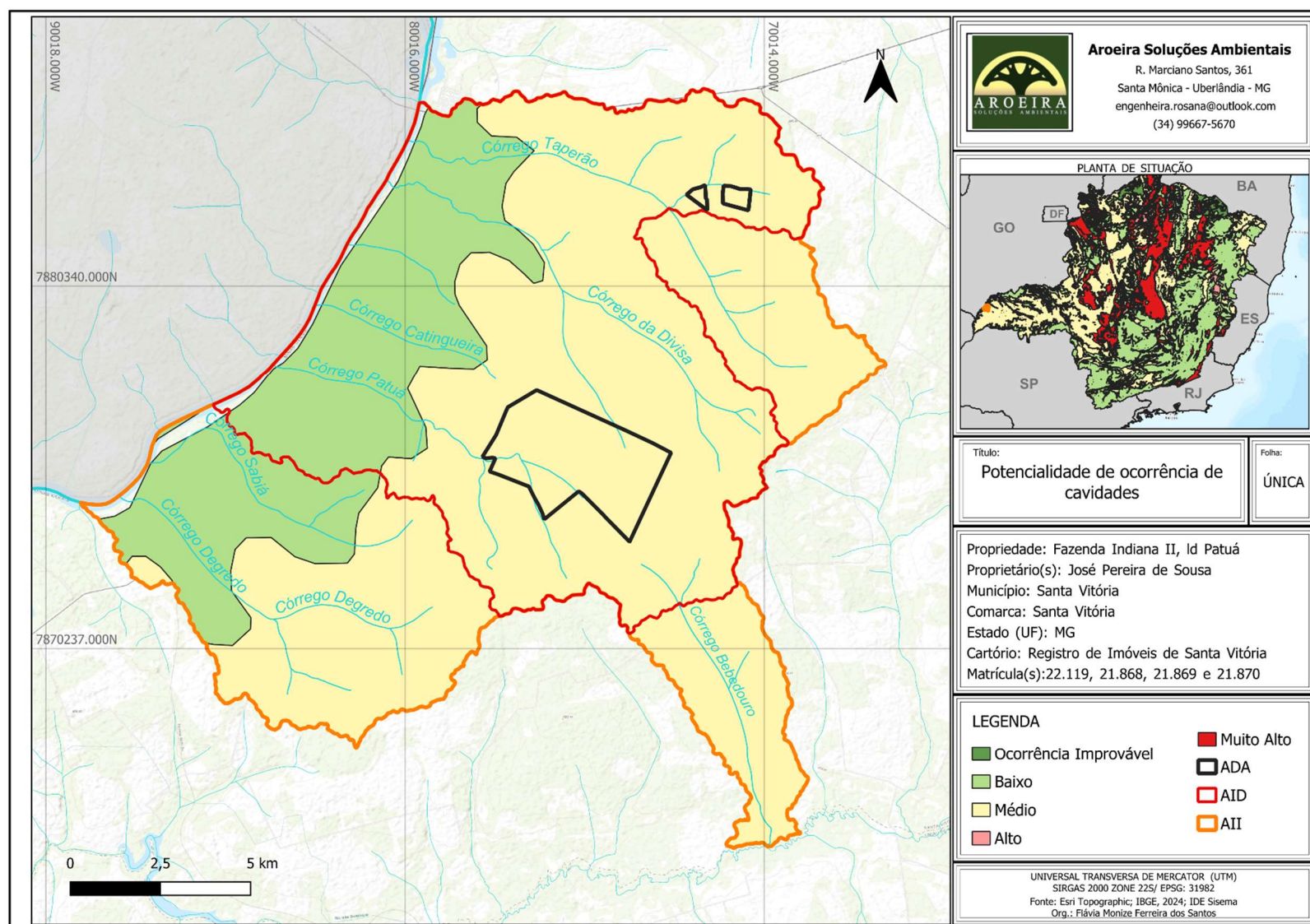
Tabela 13.11.3.1-2 - Classificação de potencialidade de ocorrência de cavernas baseada na litologia segundo CECAV/ICMBio (2012).

Litologias	Potencialidade de ocorrência de cavidades
Rocha Carbonática (Calcário, Calcarenito, Calcirrudito, Dolomito e Carbonato), Evaporito e Formação Ferífera (Itabirito e Jaspilito).	Muito alto
Calcrete, Calcilutito, Mármore e Marga.	Alto
Arenito, Calcixisto, Carbonatito, Conglomerado, Filito, Folhelho, Fosforito, Grauvaca, Micaxisto, Milonito, Ortoquartzito, Pelito, Quartzito, Ritmito, Rocha Calcilicática, Siltito e Xisto.	Médio
Adamelito, Andesito, Anfibolito, Anatexito, Anortosito, Aplito, Ardósia, Argilito, Arcoseo, Basalto (Piroxênio Augítico, Labradorita, Anortita e Olivina), Brecha, Calcedonito, Charnockito, Cloritito, Cromitito, Dacito, Diamictito, Diorito, Diabasio, Diamictito, Dunito, Enderbitito, Fenito, Fonolito, Foyaito, Gabro, Glimmerito, Gnaiss, Gondito, Granito, Granulito, Granitóide, Granodiorito, Greisen, Harzburgito, Hornblendito, Hornfels, Ignimbrito, Jotunito, Kinzigito, Komatito, Lamprofiro, Latito, Laterita, Lítico, Máficas, Mangerito, Magnesito, Migmatito, Monzonito, Nefelina, Norito, Nordmarquito, Peridotito, Pegmatito, Piroxenito, Riodacito, Riólito, Rocha Alcalina, Rocha Piroclástica, Rocha Vulcânica, Sedimento Detrito Laterítico, Serpentinito, Sienito, Silexito, Tilito, Tonalito, Traquito, Troctolito, Trondhjemito, Tufito, Ultramafito e Websterito.	Baixo
Aluvião, Areia, Argila, Cascalho, Lamito, Linhito, Demais Sedimentos, Turfa e Tufo foram consideradas de improvável ocorrência de cavidades naturais.	Ocorrência improvável

Segundo o Mapa de Potencial de Ocorrência de Cavernas no Brasil do CECAV/ICMBio (2012) a AID do empreendimento Fazenda Indiana II, em sua maior parte, na classe **Médio Potencial** e, secundariamente, na classe **Baixo Potencial**. Em termos de geologia, a classe de Médio Potencial se encontra em porções de domínio de arenitos e conglomerados do Grupo Bauru (Formação Vale do Rio do Peixe). A classe de **baixo potencial** corresponde às áreas de ocorrências de basaltos da Formação Serra Geral. A Figura 13.11.3.1-3 apresenta as classes de potencial para as áreas de influência do empreendimento de acordo com Cavalcanti et.al. 2012.

É fundamental destacar que a classificação da potencialidade de ocorrência de cavidades com base exclusivamente em critérios litológicos, sem levar em consideração outros fatores geológicos e geomorfológicos, apresenta uma abordagem bastante genérica. Para uma avaliação mais precisa, é necessário considerar diversos atributos geológicos e geomorfológicos, tais como: a composição mineralógica das rochas, estruturas tectônicas (estratificação, foliação, fraturas, falhas, dobras), estruturas atectônicas (fraturas e dobras), orientação das estruturas (direção e mergulho), susceptibilidade ao intemperismo, grau de intemperismo, escarpas tectônicas resultantes de deslocamentos ao longo de planos de falha, escarpas atectônicas causadas pela erosão, dissecação erosiva (exposição de diferentes litologias e escavação por águas correntes), e a ação da água subterrânea, entre outros fatores.

Figura 13.11.3.1-3 – Potencial de ocorrência de cavidades para as áreas de influência do empreendimento segundo Cavalcanti et al. (2012), modificado.



13.11.4. Procedimentos metodológicos para a reavaliação do potencial para ocorrência de cavidades na AII do empreendimento

O presente diagnóstico do potencial de ocorrência de cavidades na AID/ADA do empreendimento considerou, além do Mapa de Potencial de Ocorrência de Cavidades elaborado por Cavalcanti et al. (2012), os fatores geológicos e geomorfológicos que favorecem seu desenvolvimento. Para isso, foi realizado um cruzamento das informações contidas nos estudos geológicos e geomorfológicos da AID/ADA, apresentados nos itens 04 e 06 deste diagnóstico do meio físico, permitindo uma reavaliação das classes de potencial de ocorrência de cavidades originalmente propostas por Cavalcanti et al. (2012).

Embora haja um conjunto de atributos favoráveis nesta área, a ocorrência de cavidades em basaltos é relativamente rara na região, resultando na classificação preliminar desta porção da AII como de Baixo Potencial. Um único exemplo de cavidade desenvolvida nesta litologia é a Gruta Bela Vista, no município de Tupaciguara, a cerca de 118 quilômetros do empreendimento em linha reta.

As áreas aplanadas da AID/ADA (modelado pediplano degradado inumado), apesar da presença de arenitos e conglomerados da Formação Marília, estão recobertas por uma espessa camada de material sedimentar de idade cenozóica (Terciário-Quaternário detrítico-laterítico) e de natureza pedológica. Além disso, os litotipos mencionados apresentam cimentação carbonática incipiente, descartando a possibilidade de solubilização e formação de cavidades naturais. A ausência de feições morfológicas na superfície do terreno, como dolinas, sumidouros e uvalas, reforça essa conclusão. Dessa forma, atribuiu-se preliminarmente a classificação de Ocorrência Improvável para a porção da AID/ADA recoberta por sedimentos cenozóicos, justificando a pobreza em atributos geológicos e geomorfológicos.

13.11.4.1. Levantamentos de campo

Uma vez definidas preliminarmente as classes de potencial para ocorrência de cavidades na AIII do empreendimento, se estabeleceram os roteiros de campo com foco nas áreas onde os atributos geológicos/geomorfológicos são mais favoráveis, em especial a porção correspondente ao modelado de dissecação convexa.

Na área delimitada preliminarmente como classe **Baixo e Médio Potencial** a investigação de campo se concentrou nos locais com atributos geológicos e geomorfológicos favoráveis à ocorrência de cavidades.

13.11.5. Redefinição de potencial para ocorrência de cavidades na AID e ADA

13.11.5.1. Área de Influência Direta

A AID do empreendimento abrange as duas classes de potencial a ocorrência de cavidades: **Médio Potencial** e **Baixo Potencial**. Nos levantamentos baseados em dados secundários e interpretações de imagens de satélite e, complementados pelas investigações de campo (roteiros de caminhamento), não foram observadas quaisquer ocorrências de cavidade. Esta constatação foi corroborada pelas informações verbais colhidas junto aos proprietários rurais do entorno.

13.11.5.2. Área Diretamente Afetada

A ADA do empreendimento abrange duas formações geológicas principais: a Formação Vale do Rio do Peixe e a Formação Serra Geral. De acordo com o Mapa de Potencial de Ocorrência de Cavernas no Brasil, elaborado por Cavalcanti et al. (2012), a potencialidade de ocorrência de cavernas na área varia entre média e baixa, respectivamente. A Formação Vale do Rio do Peixe, constituída por arenitos intercalados com siltitos e argilitos, apresenta características favoráveis à infiltração de água e desenvolvimento de cavidades em função de sua porosidade e fraturamento secundário, justificando sua classificação como de médio potencial.

Por outro lado, a Formação Serra Geral, composta predominantemente por basaltos, exibe uma baixa predisposição para a formação de cavidades devido à sua alta resistência e baixa solubilidade, apesar de apresentar estruturas como fraturas e vesículas que podem influenciar processos erosivos. A interação entre essas duas formações geológicas, especialmente em zonas de contato, pode gerar condições específicas para o desenvolvimento de feições espeleológicas, ainda que a potencialidade geral na ADA seja condicionada por fatores litológicos e estruturais. Essas análises reforçam a importância de estudos de campo detalhados para confirmar a presença ou ausência de cavidades e avaliar os impactos associados.

13.11.6. Conclusão e considerações finais

O estudo conduzido na AID e ADA do empreendimento analisou a aplicabilidade e limitações do Mapa de Potencial de Ocorrência de Cavernas no Brasil, desenvolvido por Cavalcanti et al. (2012) em escala 1:2.500.000. Apesar de ser uma ferramenta valiosa para análises em escala regional, sua abordagem generalista, baseada principalmente em critérios litológicos do mapa geológico da CPRM, apresenta limitações para estudos detalhados, como os exigidos em EIA e no contexto específico da AID e ADA.

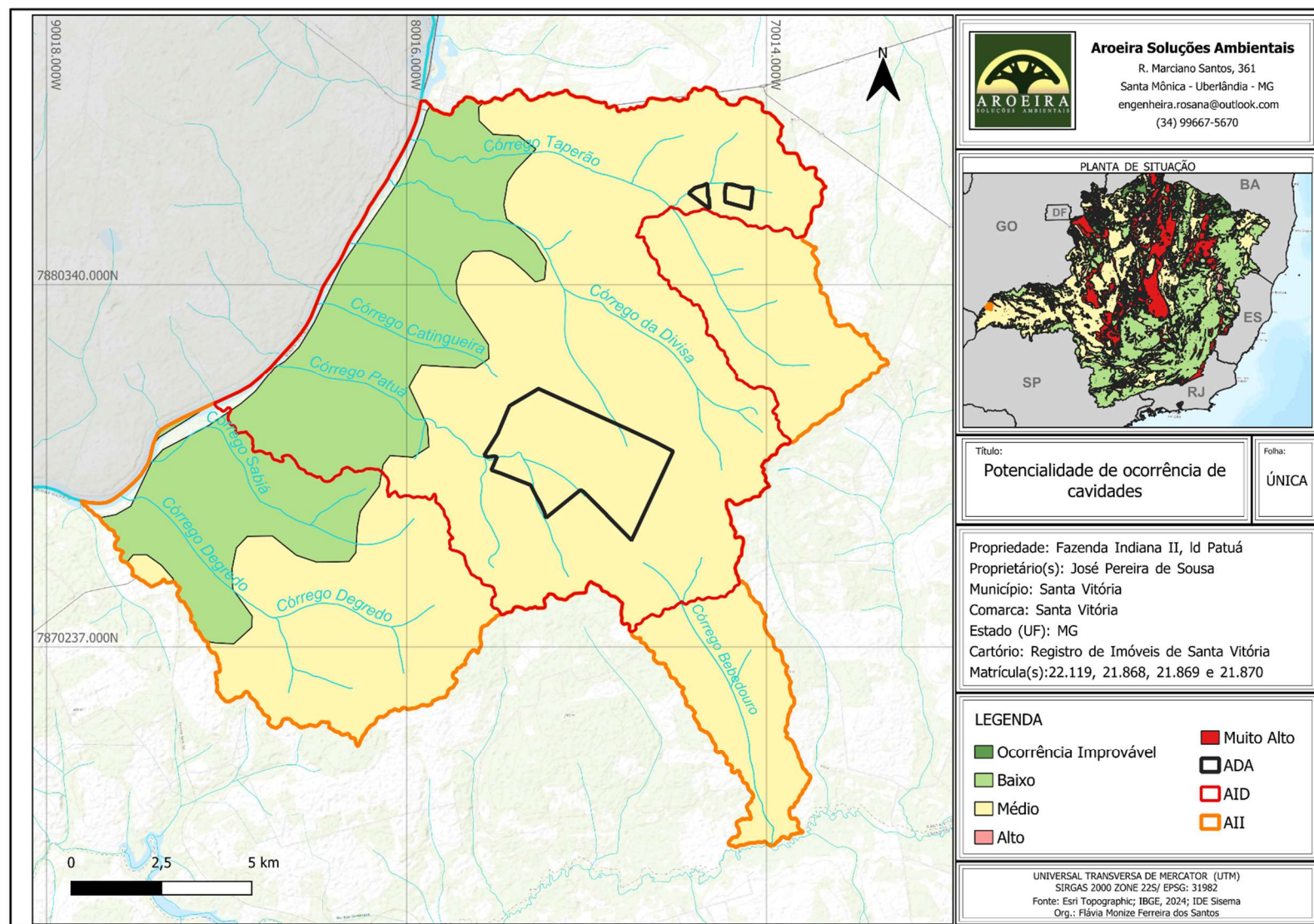
Este diagnóstico buscou ir além da abordagem inicial do mapa, incorporando um conjunto de critérios geológicos e geomorfológicos detalhados que influenciam o desenvolvimento de cavidades. Entre esses critérios, destacam-se: composição mineralógica das rochas, grau de cimentação, presença de estruturas tectônicas (fraturas, falhas, dobras), dinâmica de massas magmáticas, suscetibilidade ao intemperismo, além

de feições superficiais, como dolinas, sumidouros e escarpas erosivas ou tectônicas. Adicionalmente, a análise considerou contatos litológicos expostos e a dissecação erosiva como fatores relevantes.

Com base em informações geológicas e geomorfológicas disponíveis, cruzadas com dados obtidos em investigações de campo, foi possível refinar a avaliação do potencial de ocorrência de cavidades subterrâneas. O estudo identificou que as formações presentes na área — Formação Vale do Rio do Peixe e Formação Serra Geral — possuem potenciais distintos, classificados como médio e baixo, respectivamente, conforme o mapa de Cavalcanti et al. (2012). A Formação Vale do Rio do Peixe apresenta características que favorecem o desenvolvimento de cavidades em função de sua porosidade e fraturamento, enquanto a Formação Serra Geral, devido à sua composição predominantemente basáltica, apresenta menor predisposição.

Durante as visitas de campo a locais geologicamente favoráveis, não foram encontradas evidências de cavidades subterrâneas na AID. No entanto, é fundamental destacar que a ausência de registros observados não pode ser considerada conclusiva, sendo recomendável a continuidade de monitoramentos e estudos complementares, especialmente em áreas de contato entre formações geológicas.

A Figura 13.11.6.-1 - Redefinição das classes de potencial de ocorrência de cavidades nas áreas de influência do empreendimento.



13.12. Referencias

BRASIL – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE Resolução CONAMA 001/1986.

GOOGLE. Google Earth Website. <http://earth.google.com>, 2023.

MINAS GERAIS – CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL DN COPAM/CERH nº 001/2008.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE – SEMAD. Termo de referência para elaboração de Estudo de Impacto Ambiental e relatório de impacto ambiental (EIA/RIMA) – atividade agrossilvipastoril. Belo Horizonte, novembro de 2012 (atualizado).

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/informacoes/hidrológicas/redehidro.aspx> . Acesso em: 01 maio 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb). Acesso em maio de 2023. Disponível em < <http://hidroweb.ana.gov.br> >

AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos. 10 .ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2003.

BARBIERI, P.R.B. Caracterização da estação chuvosa nas regiões Sul e Sudeste do Brasil associado com a circulação atmosférica. 116f, DISSERTAÇÃO (mestrado em meteorologia), INPE, São José dos Campos – SP, 2007.

BERTOL, G. A. **Avaliação da recarga anual no aquífero Bauru no município de Araguari, Minas Gerais**. 2007. 111 f. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geologia. Instituto de Geociências, UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais.

CARVALHO, L.M.V.; JONES, C. Zona de Convergência do Atlântico Sul. In Tempo e Clima no Brasil. Cavalcante, I.F.A.; Ferreira N.J.; Silva, M.G.A.J.; Silva Dias, M.A.F. (orgs) São Paulo. Oficina de Textos, 2009, p.95 – 109.

CAVALCANTI, I.A, 1982: Um estudo sobre as interações entre os sistemas de circulação de escala sinótica e circulações locais. INPE 2494 TDL/097.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA), 2018. Embrapa Monitoramento por Satélite. Acessado em: 21 nov. 2019.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC. **Diagnóstico ambiental do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CETEC, (Mapa Geomorfológico. Escala 1:1.000.000). 1982.

GONÇALVES, J.P.de C. Caracterização e variabilidade de situações sinóticas associadas a episódios de chuva intensa e chuva persistente durante a estação chuvosa na região sudeste do Brasil. São José dos Campos: INPE, 2015. 139p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA Manual técnico de Geomorfologia/IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e estudos Ambientais – 2ª Ed. – Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 189p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) acessado em 09/2019. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

PEDROSA, A. de S.; SOUZA, R.de C. M. de **As unidades de paisagem no Triângulo Mineiro desaparecimento da paisagem cerrado**. Alfenas: I Simpósio Mineiro de Geografia Física. Alfenas maio de 2014.

QUEIROZ, M.L. 2015. **Nascentes, Veredas e Áreas Úmidas. Revisão Conceitual e Metodologia de Caracterização e Determinação: Estudo de Caso na Estação Ecológica de Águas Emendadas - Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. 161p.

RAMOS, M.V.V.; CURY, N.; MOTA, P.E.F.; VITORINO, A.C.T.; FERREIRA, M.N. & SILVA, M.L.N. 2006. **Veredas do Triângulo Mineiro: Solos, água e uso**. Ciência Agrotécnica 30(2): 283-293.

RADAM BRASIL Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro (RJ), Folha SE, 22. Goiânia, v.31, 1983.

ROLDÃO, A. de F. ; ASSUNÇÃO, W. L. Caracterização e duração das estações seca e chuvosa no Triângulo Mineiro - MG. REVISTA GEONORTE, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.428 – 440, 2012.

Disponível em:
<[http://www.revistageonorte.ufam.edu.br/attachments/013_\(CARACTERIZAÇÃO%20E%20DURAÇÃO%20DAS%20ESTAÇÕES%20SECA%20E%20CHUVOSA%20NO%20TRIÂNGULO%20MINEIRO%20final\).pdf](http://www.revistageonorte.ufam.edu.br/attachments/013_(CARACTERIZAÇÃO%20E%20DURAÇÃO%20DAS%20ESTAÇÕES%20SECA%20E%20CHUVOSA%20NO%20TRIÂNGULO%20MINEIRO%20final).pdf)>. Acesso em: 09/2019.

SANTOS. J. G. Variabilidade Pluviométrica na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG. Dissertação de Mestrado -Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015, p. 86. Disponível em: < <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/16223>>. Acesso em: 09/2019.

VALENTE, O.F. 2005. Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras / Osvaldo Ferreira Valente, Marcos Antônio Gomes. – Viçosa, MG: Aprenda Fácil. 210p.

ALKMIM, F. F.; BRITO-NEVES, B. B.; ALVES, J. A. C. **Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco**: uma revisão. In: DOMINGUEZ, J. M. L.; MISI, A. (eds.). O Cráton do São Francisco. Reunião preparatório do II Simpósio sobre o Cráton do São Francisco, Salvador, SBG/Núcleo BA-SE/SGM/CNPQ, p. 45-62, 1993.

ALKMIM, F. F.; MARTINS-NETO, M. A. **A bacia intracratônica do São Francisco**: arcabouço estrutural e cenários evolutivos. In.: PINTO, C. P.; MARTINS-NETO, M. A. (Ed.), Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais. Belo Horizonte: SBG-MG, 2001, p. 9-30.

ALKMIM, F. F. **O que faz de um cráton um cráton? O cráton do São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo**. In: Mantesso-Neto, V. et al. (ed.) Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, p. 17-34, São Paulo, Beca, 647 p, 2004.

ALMEIDA, F. F. M. **O cráton do São Francisco**. Revista Brasileira de Geociências, 349-364, 1977.

ALMEIDA, F. F. A.; HASUI, Y; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: an introduction .Earth-Sci.Rev., 17 :1 – 29, 1981.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL – ABGE. **Métodos para a descrição quantitativa de descontinuidades em Maciços Rochosos**. ABG/CBMR. São Paulo, 1983, 132p.

BARBOSA, O et al. **Geologia do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro: MME, 1970.

BATEZELLIA.; SAAD A.R.; FULFARO V.J.; CORSI A.C.; LANDIM P.M.B e JOSÉ PERINOTTO, J.A. de J. Análise de bacia aplicada às unidades Mesozóicas do Triângulo Mineiro (Sudeste do Brasil): uma estratégia na prospecção de recursos hídricos subterrâneos. São Paulo, 2005: Águas Subterrâneas – ABAS. Vol.19, Nº 1.

BATEZELLI, A. **Análise da sedimentação cretácea no Triângulo Mineiro e sua correlação com áreas adjacentes**. 183 f. Tese (doutorado). Pós – Graduação em Geociências Área de Concentração em Geologia Regional. UNESP – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

BRITO NEVES B.B de et al. **The Brasiliano collage in South America: a review**. Brazilian Journal of Geology, 44(3): 493-518, September 2014

BROD, J. A., LEONARDOS, O. H., MENESES, P. R., ALMEIDA, R., ARAÚJO, R. N. J., BLANCO, S. B., SANTOS, P. C. V., 1991. Tectono-estratigrafia da Faixa Brasília na região do Alto Paranaíba. Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, 3, 155-168.

CAMPOS J.E.G. & DARDENNE M.A. 1997a. **Estratigrafia e sedimentação da bacia Sanfranciscana: Uma Revisão**. Revista Brasileira Geociências, 27(3): 269-282.

CAMPOS J.E.G. & DARDENNE M.A. 1997b. Origem e evolução tectônica da Bacia Sanfranciscana. Revista Brasileira Geociências, 27(3):283-294

CARVALHO, L.M.V.; JONES, C. Zona de Convergência do Atlântico Sul. In Tempo e Clima no Brasil. Cavalcante, I.F.A.; Ferreira N.J.; Silva, M.G.A.J.; Silva Dias, M.A.F. (orgs) São Paulo. Oficina de Textos, 2009, p.95 – 109.

COELHO, J.C.C; MARTINS-NETO, M.A.; MARINHO, M.S. **Estilos estruturais e evolução tectônica da porção mineira da bacia proterozóica do São Francisco**. Revista Brasileira de Geociências. 38(2): 149-165, 2008.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS – CODEMIG; SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Mapa geológico do Estado de Minas Gerais, escala 1:1.000.000**. 2003. Disponível em: <<http://www.codemig.com.br/uploads/mapag.pdf>> acesso em 21 de outubro de 2019.

CORSI, A. C. **Compartimentação morfoestrutural da região do Triângulo Mineiro (MG): aplicado a exploração de recursos hídricos subterrâneos**. 2013. 231 f. Tese (Doutorado) - Curso de Curso de Pós-graduação em Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013.

FERNANDES, L.A. Mapa litoestratigráfico da parte oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1.000.000. Editora UFPR, Curitiba: Boletim Paranaense de Geociências, n. 55, p. 53-66, 2004.

FERNANDES, R. A.; CARNEIRO, M. A. **O Complexo metamórfico Campo Belo (Cráton São Francisco Meridional): unidades litodêmicas e evolução tectônica**. Revista Brasileira Geociências, 30: 671-678, 2000.

FERNANDES, L. A., COIMBRA, A. M. **Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (neocretáceo)**. Revista Brasileira de Geociências, 30(4):717-728. 2000.

FONSECA, M. A.; DARDENNE, M. A.; UHLEIN, A. Faixa Brasília Setor Setentrional: Estilos Estruturais E Arcabouço Tectônico. **Revista Brasileira de Geociências** 25(4):267-278, dez.1995.

FRAGOSO, D.G.C. et al. **Geologia dos Grupos Bambuí, Areado e Mata da Corda na folha Presidente Olegário (1:100.000), MG: registro deposicional do Neoproterozóico ao Neocretáceo da bacia do São Francisco**. Gnomos 19(1): 28 - 38. 201.

FUCK, R.A. 1994. **A Faixa Brasília e a compartimentação tectônica na Província Tocantins**. In: SIMP. GEOL. CENTRO-OESTE, 4, Brasília, 1994. *Anais...*Brasília, SBG, p. 184-187.

FUCK, R.A.; JARDIM DE SÁ, E.F.; PIMENTEL, M.M.; DARDENNE, M.A.; SOARES, A.C. P. 1993. **As Faixas de Dobramentos Marginais do Cráton do São Francisco**. In: DOMINGUEZ, J. & MISI, A.(coords), *O Craton do São Francisco*. SBG, Salvador, p.161-185.

FUCK, R.A.; PIMENTEL, M.M.; SILVA, L.J.H. 1994. **Compartimentação tectônica na porção oriental da Província do Tocantins**. In: CONGR. BRAS. GEOL., 38, Camboriú, 1994. *Anais...*Camboriú, SBG, p. 215-216.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC. **Diagnóstico ambiental do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CETEC, (Mapa Geomorfológico. Escala 1:1.000.000). 1982.

GOIÁS. Secretaria de Indústria e Comércio – Superintendência de Geologia e Mineração. Hidrogeologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Goiânia, 2006.

GOOGLE EARTH - MAPAS. <http://mapas.google.com>. Consulta realizada em 17/05/2020

GRASSO, C.B. **Petrologia do complexo alcalino-carbonatítico de Serra Negra, MG**. Brasília: UNB, 2010 (dissertação de mestrado) 156p.em<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>

KIANG, C.; MIRANDA, F. P.; MAGALHÃES, L; ALKMIM, F. F. **Considerações sobre a evolução tectônica da Bacia do São Francisco**. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia, Belém, v. 5, p. 2076-2090, 1988.

MARANESI, D. A. Avaliação Geoambiental em Áreas de Cerrado no Triângulo Mineiro para Implantação de Pequenos Reservatórios Superficiais de Água: Aplicação na Folha de Tupaciguara, MG (1:100.000). **Tese (Doutorado)** Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista (UNESP) Campus Rio Claro-SP. 2002. 163 f.

MARTINS-NETO M.A., CASTRO P.T.A., HERCOS C.M. 1997. O Supergrupo São Francisco (Neoproterozóico) no Cráton do São Francisco em Minas Gerais. Belo Horizonte, SBG/MG, Boletim, 14, p. 22-24

MARTINS-NETO, M. A.; PINTO, C. P. **A bacia do São Francisco: definição e base de dados**. In: PINTO, C. P.; MARTINS-NETO, M. A. (Ed.), *Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais*. Belo Horizonte: SBG-MG, p. 1-30, 2001.

MARTINS-NETO M.A. & ALKMIM F.F. 2001. **Estratigrafia e Evolução Tectônica das Bacias Neoproterozóicas do Paleocontinente São Francisco e suas margens: registros da**

quebra de Rodínea e colagem de Gondwana. In: C.P. Pinto & M.A. Martins-Neto (eds.). *Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais*. Belo Horizonte, SBGMG, 1, p.: 31-54.

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. **Bacia do Paraná.** B. Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287, maio/nov. 2007.

MILANI, E. J.; RAMOS, V. A. **Orogenias paleozóicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da bacia do Paraná.** Revista Brasileira de Geociências, 1998, p. 473-484.

MORAES L.C., SEER H.J., KATTAH S.S. 1987. **Aspectos petroquímicos das rochas vulcânicas alcalinas cretácicas da porção meridional da Bacia Sanfranciscana, MG.** In: Congr. Bras.Geoquim.,1, Anais, p. 315-326.

MOYA, A.M.**Exploração e uso do Aqüífero Guarani no Triângulo Mineiro - estudo de caso: Cachoeira Dourada.**2007. 190 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007

NAVARRO, G.R.B. et al. **O Grupo Araxá na Região Sul-Sudoeste do Estado de Goiás.**Geologia USP. Série Científica, 13(2), 5-28.

NAVARRO, G. R. B.; ZARNARDO, A.; CONCEIÇÃO, F. T. **O Grupo Araxá na região sul-sudoeste do Estado de Goiás.** Revista do Instituto de Geociências – USP. Série cient., São Paulo, v. 13, n. 2, p. 5-28, 2013.

NISHIYAMA, L. **Geologia do Município de Uberlândia.** Sociedade & Natureza. v.1, n.1. Pg 49-52, jan/dez 1989.

NISHIYAMA, L. **Procedimentos de mapeamento geotécnico como base para análises e avaliações ambientais do meio físico, em escala 1:100.000: aplicação no município de Uberlândia -MG.** (Tese de Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 1998.

PIMENTEL M.M. and Fuck R.A. 1992. Neoproterozoic crustal accretion in central Brazil. *Geology*, 20(4),375-379.

RADAM BRASIL Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro (RJ), Folha SE, 22. Goiânia, v.31, 1983.

RESENDE et al. **Pedologia: base para distinção de ambientes.** 4.ed. Viçosa: Neput, 2002. Pp. 237-257.

RODRIGUES, L.; NISHIYAMA, L. **Estudo dos fatores responsáveis pela erosão acelerada na bacia do córrego dos macacos – Uberlândia-MG.** VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Goiânia-GO, 2001.

SEER, H. J. **Evolução tectônica dos Grupos Araxá, Ibiá e Canastra na sinforma de Araxá, Minas Gerais**. Brasília, Tese de Doutorado, IG-UNB, 267 p, 1999.

SEER, H. J.; DARDENNE, M. A. **Tectono stratigraphic terrane analysis on neoproterozoic time: the case study of the AraxáSynform, Minas Gerais, Brazil – implications to the collage of the Gondwanaland**. Revista Brasileira de Geociências, 2000.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. Carta hidogeológica do Brasil ao milionésimo - Folha SE 23 – Belo Horizonte, 2015.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. Carta geológica do Brasil ao milionésimo - Folha SE 23 – Belo Horizonte, 2004.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM **Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico Sistema Aquífero Bauru–Caiuá no Estado de Minas Gerais**. Bacia Sedimentar do Paraná. Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012. 35 p, il. v.13.

SILVA, A. J. P.; LOPES, R. C.; VASCONCELOS, A. M.; BAHIA, R. B. C. **Bacias sedimentares paleozoicas e meso-cenozoicas interiores**. In: Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. L. A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R. M. Vidotti e J. H. Gonçalves (eds.) CPRM, Brasília, 2003. p. 55-85.

SILVA, G.A. da. **Mapeamento e caracterização do meio físico como indicativo de susceptibilidade erosiva na bacia hidrográfica do ribeirão São Lourenço – Ituiutaba/MG**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geografia - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2014.

TEIXEIRA, N., **Assoalho Oceânico no complexo Ultramáfico do quatipuru (PA). Implicações tectônicas para a Faixa Móvel Araguaia:** in. In Congresso Brasileiro de Geologia (Vol. 39, pp. 117-120). 1996.

TEIXEIRA, W.; CARNEIRO, M. A. NOCE, C. M.; MACHADO, N.; SATO; TAYLOR, P. N. **Pb, Sr and Nd isotope constraints on the Archaean evolution of gneissic-granitoid complexes in the Southern São Francisco Craton, Brazil**. Precambrian Research, 78: 151-164, 1996.

TEIXEIRA, W., et al. Archaean and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco Craton, Brazil. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31., 2000, Rio de Janeiro. **Tectonic Evolution of South America**. Rio de Janeiro: SGB, 2000. p. 101-137.

TROMPETTE, R. R. **Geology of Western Gondwana (2000-500 Ma). Pan-African – Brasiliano aggregation of South America and Africa**. A. A. Balkema, Rotherdam, 350 p., 1994.

UHLEIN A., LIMA O.N.B., FANTINEL L.M., BAPTISTA, M.C. 2004. **Estratigrafia e evolução geológica do Grupo Bambuí, Minas Gerais**. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 42, Roteiro Geológico, Excursão 2, CD-ROM, p. 30-51.

UHLEIN, A.; DARDENNE, M A.; SEER, H. J.; MORAES, L. C.; BAPTISTA, M. C.; NOCE, C. M.; FRAGOSO, D. G. C.; DIAS, P. H. A.; MOREIRA, G. C. **A Formação Lagoa Formosa e a estratigrafia do Grupo Bambuí em Minas Gerais**. In: XLV Congresso Brasileiro de Geologia, 2010, Belém. Anais do XLV Congresso Brasileiro de Geologia, 2010.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA), 2010. Embrapa Monitoramento por Satélite. Acessado em: 21/10/2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3a ed. Brasília-DF, 2013.

EMBRAPA – AIGETEC disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br> (Acessado em 18/04/2024).

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC. **Diagnóstico ambiental do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CETEC, (Mapa Geomorfológico. Escala 1:1.000.000). 1982.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE Mapa de clima do Brasil. Ibge, 2002.

LEPSCH, I. F. (2010) FORMAÇÃO E CONSERVAÇÃO DOS SOLOS. 2ª edição, p. 115-116. Oficina de Textos.

RADAM BRASIL Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro (RJ), Folha SE, 23. Belo Horizonte, v.31, 1983.

UFV – CETEC – UFLA - FEAM. Mapa de solos do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>> Acesso em: 07 de junho. de 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Plano de Recursos Hídricos e do Enquadramento dos Corpos Hídricos Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. Brasília: ANA, 2015. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/arquivos/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2015/PRHDaBaciaHidrograficaDoRioParanaiba.pdf>. Acesso em: 21 out. 2024.

ALMEIDA, F. F. A.; HASUI, Y; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: an introduction .Earth-Sci. Rev., 17 :1 – 29, 1981.

BATEZELLI, A. Análise da sedimentação cretácea no Triângulo Mineiro e sua correlação com áreas adjacentes.

Bigarella, J. J. (2008). Geodinâmica de Ambientes Fluviais. Editora UFPR.

BRASIL Ministério das Minas e Energia - Projeto Radam Brasil. **Levantamento de recursos naturais**. Brasília, 1983. Folha SE.22 Goiânia.

BROD, J. A., LEONARDOS, O. H., MENESES, P. R., ALMEIDA, R., ARAÚJO, R. N. J., BLANCO, S. B., SANTOS, P. C. V., 1991. Tectono-estratigrafia da Faixa Brasília na região do Alto Paranaíba. Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, 3, 155-168.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.de; FILHO, P.H.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.C.F. **Sensoriamento remoto de geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. 124 p.

ELLISON, W.D. (1947a). Soil erosion studies part I. *Agricultural Engineering*, v.28, n.4, p.145-146.

ELLISON, W.D. (1947b). Soil erosion studies part II: soil detachment hazard by raindrop splash. *Agricultural Engineering*, v.28, p.197-201.

ELLISON, W.D. (1947c). *Soil erosion studies part III: some effects of soil erosion on infiltration and surface runoff*. *Agricultural Engineering*.v.28, p.245-248.

ELLISON, W.D. (1947d). Soil erosion studies part IV: soil loss and some effects of soil erosion. *Agricultural Engineering*.v.28, p.297-300.

ELLISON, W.D. (1947e). Soil erosion studies part V:soil transportation in the splash process. *Agricultural Engineering*.v.28, p.349-353.

ELLISON, W.D.; ELLISON, O.T.(1947). Soil erosion studies part VI: soil detachment by surface flow. *Agricultural Engineering*.v.28, p.402-408.

ELLISON, W.D.; ELLISON, O.T. (1947). Soil erosion studies part VII: soil transportation by surface flow. *Agricultural Engineering*.v.28, p.442-450.

EMBRAPA Mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu, escala 1:100.000. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013 60p.

GUERRA, A.T. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Bertrand Brasil: 1999. 340p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (1.970). Folha topográfica de Prata (SE-22-Z-D-II).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (1.970). Folha topográfica de Miraporanga (SE-22-Z-D-III).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA Mapa de unidades do relevo do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE 2006. 2ª Ed.,

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA Manual técnico de Geomorfologia/IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e estudos Ambientais – 2ª Ed. – Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 189p.

MARQUES, J. Q. A. et al. Perdas por erosão no Estado de São Paulo. São Paulo: *Bragantia*, v.20, n. 47, p.1139-1182, 1961.

MARTINS, E. S.; REATTO, A.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. Evolução geomorfológica do Distrito Federal. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004b. p. 57.

MORGAN, R.P.C. (1978). Field studies of rainsplash erosion. *Earth Surface Processes*, v.3, p.295-299.

MOSS, A.J.; GREEN, P. (1983). Movement of solids in air and water by raindrop impact Effects of drop size and water depth variations. *Aust. J. Soil Res.*, v. 21, p.257-269.

MUNSELL COLOR CHART INC. (1.946) *Munsell soil color chart*. Baltimore, 22 p.

MURPHY, B.W.; FLEWIN, T.C. (1993). Rill erosion on a structurally degraded sandy loam surface soil. *Aust. J. Soil Res.*, v.31, p.419-436.

NISHIYAMA, L. (1.989) Geologia do município de Uberlândia e áreas adjacentes. *Revista Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 1, n. 1, p. 09 - 16.

NISHIYAMA, L. **Procedimentos de mapeamento geotécnico como base para análises e avaliações ambientais do meio físico, em escala 1:100.000: aplicação no município de Uberlândia -MG.** (Tese de Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 1998.

NOVAES PINTO, M. Superfícies de aplainamento na Bacia do Rio São Bartolomeu, Distrito Federal/Goiás. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 48, n. 3, p. 237-257, 1986.

NOVAES PINTO, M. Superfícies de aplainamento na Bacia do Rio São Bartolomeu, Distrito Federal/Goiás. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 48, n. 3, p. 237-257, 1986.

OLIVEIRA, M.A.T.; MEIS, M.R.M. (1985). Relações ente geometria do relevo e formas de erosão linear acelerada (Bananal-SP). *Geociências*, São Paulo, v.4., p.87-99.

OLIVEIRA, M.A.T.; NETTO, A.L.C.; AVELAR, A.S. (1994). Morfometria de encostas e desenvolvimento de boçorocas no médio vale do rio Paraíba do Sul. *Geociências*, São Paulo, v.13, n.1, p.9-23.

PIMENTEL M.M. and Fuck R.A. 1992. Neoproterozoic crustal accretion in central Brazil. *Geology*, 20(4),375-379.

PROJETO RADAM BRASIL Levantamento de recursos naturais. Rio de Janeiro: 1983. Folha SE.22 Goiânia.

RAMOS, M.V.V. 2004. **Caracterização dos solos, da estrutura fitossociológica e do estado nutricional da vegetação de veredas em diferentes superfícies geomorfológicas no Triângulo Mineiro**. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília, Brasília.

RAMOS, M.V.V.; CURY, N.; MOTA, P.E.F.; VITORINO, A.C.T.; FERREIRA, M.N. & SILVA, M.L.N. 2006. **Veredas do Triângulo Mineiro: Solos, água e uso**. *Ciência Agrotécnica* 30(2): 283-293.

RESENDE et al. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 4.ed. Viçosa: Neput, 2002. Pp. 237-257.

RODRIGUES, L.; NISHIYAMA, L. **Estudo dos fatores responsáveis pela erosão acelerada na bacia do córrego dos macacos – Uberlândia-MG**. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Goiânia-GO, 2001.

SEER, H.J. Evolução tectônica dos grupos Araxá, Ibiá e Canastra na sinforma de Araxá. Araxá, Minas Gerais. Instituto de Geociências Universidade de Brasília, Brasília: 1999 Tese de Doutorado, 267p.

SOIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICA - SCSA (1.966). *Procedure for determining rates of land damage, land depreciation and volume of sediment produced by gully erosion*. USDA Technical release 32. Washington.

SOIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICA - SCSA.(1976). *Resource conservation glossary*. Ankeny, IA.

SOIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICA - SCSA. (1982). *Resource conservation glossary*, 3d ed., Soil Conservation Society of América, Ankeny, Iowa, 193p.

SILVA, G. A. da Mapeamento e caracterização do meio físico como indicativo de susceptibilidade erosiva na Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço – Ituiutaba/MG. Universidade federal de Uberlândia (Dissertação de Mestrado), 2014.

SMITH, D.D.; WISCHMEIER, W.H.(1957). Factors affecting sheet and rill erosion. *Transactions American Geophysical Union*, v.38, n.6, p.889-896.

SOARES, P.C. ; FIORI, A.P. (1.976) Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. *Notícias Geomorfológicas*. Campinas, v. 16, n. 32. p. 71 - 104.

STRAHALER, A. N. (1952) Dynamic basis of geomorphology. *Geol. Soc. American Bulletin*, 63, pp 923-938.

STRAHLER, A.N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions American Geophysical Union*, v.38, n.6, p.913-920.

Suguio, K. (2003). Introdução à Sedimentologia. Editora Edgard Blücher.

Suguio, K., & Martin, L. (1994). Formações Quaternárias do Sudeste do Brasil. Editora Edgard Blücher.

TEIXEIRA, N., 1996. Assoalho Oceânico no complexo Ultramáfico do quati-puru (PA). Implicações tectônicas para a Faixa Móvel Araguaia: in. In Congresso Brasileiro de Geologia (Vol. 39, pp. 117-120).

TROEH, F.R. (1965). Landforms equations fitted to contour maps. *American Journal of Science*, New York. V. 263, p. 616-627.

UFV, UFLA e FEAM **Mapa de solos do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA <https://www.ana.gov.br/as-12-regioes-hidrograficas-brasileiras/parana> (acesso em 12/06/2024).

____ **Atlas do Abastecimento de Água**. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=8> (acessado em 15/05/2024).

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS e AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. ANA/ANEEL: Brasília, 2001. BRASIL Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997.

____ Resolução Nº 32, de 15 de outubro de 2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - Divisão Hidrográfica Nacional, 2003.

____ Resolução CONAMA Nº 357, de 18 de março de 2005 (alterada pela Resolução 410/2009 e 430/2011).

CBHPARANAÍBA Características gerais do rio Paranaíba. Disponível em: <<http://cbhparanaiba.org.br/a-bacia/clima>> Acesso em 27/01/2024.

ROSA, Rafael Mendes et al. Unidades de paisagem e zoneamento: subsídios para o planejamento ambiental na bacia do rio Uberabinha-MG. 2017.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 2010. **IET - Índice de Estado Trófico**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 12 dez. 2023.

CETESB (2007). **Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo: 2006**. São Paulo: CETESB, 2007. (Série Relatórios).

BRASIL Lei nº 6.938, de 31/08/1981.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS – CNRH Divisão Hidrográfica Nacional (2003).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/> (acessado em 12/06/2024).

Mapa topográfico Folha Patos de Minas. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/folhas-topograficas/15809-folhas-da-carta-do-brasil.html?=&t=downloads>

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS – IGAM disponível em <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/regulacao-de-usos-de-recursos-hidricos> (acessado em 12/06/2024).

disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/downloads/unidades-de-planejamento/bacia-paranaiba/3783-dados-de-outorga-pn1> (acessado em 27/05/2024).

Portal dos Comitês Disponível em: IGAM – <http://comites.igam.mg.gov.br/conheca-a-bacia-pn1>), acessado em 28/05/2024.

hidrográfica do Rio Paranaíba. 2014. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/component/content/article/153>>. Acesso em: 18 de novembro de 2023.

Indicadores de qualidade de água. Disponível em: <<http://comites.igam.mg.gov.br/boletim-qualidade-das-aguas/1650-indicadores-de-qualidade>>. Acesso em 10 de novembro de 2023.

Monitoramento da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2013: resumo executivo

/ Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte, 2014. 68 p.

Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais. 2006.

Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/PERH/perhnet.pdf>> Acesso em 18 de novembro de 2023.

Relatório Anual de Monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Paranaíba. 2017 – 3º trimestre.

Relatório Anual de Monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Paranaíba. 2018 – 3º trimestre

Qualidade das Águas Superficiais de Minas Gerais em 2018 – Resumo Executivo. IGAM: 2018. Qualidade das águas superficiais

MINAS GERAIS Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH, de 05 de maio de 2008.

Portal da Prefeitura de Uberlândia. Rio Uberabinha. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/rio-uberabinha>.

TUNDISI & MATSUMURA TUNDISI **As múltiplas dimensões da crise hídrica.** São Paulo: Revista USP nº 106, p. 21 – 30, 2015.

ALKMIM, F. F.; BRITO-NEVES, B. B.; ALVES, J. A. C. **Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco: uma revisão.** In: DOMINGUEZ, J. M. L.; MISI, A. (eds.). O Cráton do São Francisco. Reunião preparatório do II Simpósio sobre o Cráton do São Francisco, Salvador, SBG/Núcleo BA-SE/SGM/CNPQ, p. 45-62, 1993.

ALKMIM, F. F.; MARTINS-NETO, M. A. **A bacia intracratônica do São Francisco: arcabouço estrutural e cenários evolutivos.** In.: PINTO, C. P.; MARTINS-NETO, M. A. (Ed.), Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais. Belo Horizonte: SBG- MG, 2001, p. 9-30.

BATEZELLI A.; SAAD A.R.; FULFARO V.J.; CORSI A.C.; LANDIM P.M.B e JOSÉ PERINOTTO, J.A. de J. **Análise de bacia aplicada às unidades Mesozóicas do Triângulo Mineiro (Sudeste do Brasil): uma estratégia na prospecção de recursos hídricos subterrâneos.** São Paulo, 2005: Águas Subterrâneas – ABAS. Vol.19, Nº 1.

BERTOL, G. A. **Avaliação da recarga anual no aquífero Bauru no município de Araguari, Minas Gerais.** 2007. 111 f. Dissertação (mestrado). Programa de Pós- Graduação em Geologia. Instituto de Geociências, UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais.

COELHO, J.C.C; MARTINS-NETO, M.A.; MARINHO, M.S. **Estilos estruturais e evolução tectônica da porção mineira da bacia proterozóica do São Francisco.** Revista Brasileira de Geociências. 38(2): 149-165, 2008.

CORSI, A. C. **Compartimentação morfoestrutural da região do Triângulo Mineiro (MG): aplicado a exploração de recursos hídricos subterrâneos.** 2013. 231 f. Tese (Doutorado) - Curso de Curso de Pós-graduação em Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013.

ELIS W.R. **Prospecção de águas subterrâneas com uso de métodos geofísicos.** Grupo de Pesquisa em Geofísica Aplicada (sem data).

FERNANDES, L.A. & COMBRA, A.M. **Revisão estratigráfica da parte oriental da bacia Bauru (Neocretáceo)**. Revista Brasileira de Geociências. São Paulo: 30(4): 717 – 728, 2000.

FERNANDES, L.A. Mapa litoestratigráfico da parte oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1.000.000. Editora UFPR, Curitiba: Boletim Paranaense de Geociências, n. 55, p. 53-66, 2004.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC. **Diagnóstico ambiental do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CETEC, (Mapa Geomorfológico. Escala 1:1.000.000). 1982.

GOIÁS. Secretaria de Indústria e Comércio – Superintendência de Geologia e Mineração. Hidrogeologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Goiânia, 2006.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Bacia hidrográfica do Rio Paranaíba**. 2014. Disponível em:

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais**. 2006. Disponível em:

<<http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/PERH/perhnet.pdf>> Acesso em 18 de agosto de 2024.

LIMA, S.do C. e QUEIROZ NETO, J.P. **As veredas e a evolução do relevo**. Sociedade & Natureza, V. 15, p.481 – 488, 1996.

MILANI, E. J.; RAMOS, V. A. **Orogenias paleozóicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da bacia do Paraná**. Revista Brasileira de Geociências, 1998, p. 473-484.

MINAS GERAIS. Cleide Izabel Pedrosa de Melo. Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Org.). **Glossário de Termos Relacionados à Gestão de Recursos Hídricos**. Belo Horizonte: Igam, 2008. 85 p.

MOYA, A.M. Exploração e uso do Aquífero Guarani no Triângulo Mineiro - estudo de caso: Cachoeira Dourada. 2007. 190 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007

NAVARRO, G. R. B.; ZARNARDO, A.; CONCEIÇÃO, F. T. **O Grupo Araxá na região sul-sudoeste do Estado de Goiás**. Revista do Instituto de Geociências – USP. Série cient., São Paulo, v. 13, n. 2, p. 5-28, 2013.

NISHIYAMA, L. **Geologia do Município de Uberlândia**. Sociedade & Natureza. v.1, n.1. Pg 49-52, jan/dez 1989.

PENTEADO-ORELLANA, M.M. **Microrrelevos associados a térmitas no cerrado**. Notícias Geomorfológicas, Campinas, 20(39-40) : 61-72, 1980.

RADAM BRASIL Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro (RJ), Folha SE, 22. Goiânia, v.31, 1983.

SEER, H. J. **Evolução tectônica dos Grupos Araxá, Ibiá e Canastra na sinforma de Araxá, Minas Gerais**. Brasília, Tese de Doutorado, IG-UNB, 267 p, 1999.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. Carta hidogeológica do Brasil ao milionésimo - Folha SE 23 – Belo Horizonte, 2015.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. Carta geológica do Brasil ao milionésimo - Folha SE 23 – Belo Horizonte, 2004.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico Sistema Aquífero Bauru–Caiuá no Estado de Minas Gerais. Bacia Sedimentar do Paraná. Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012. 35 p, il. v.13.

SCHNEIDER, M de O. e SANTOS, D.B. dos. Estrutura pedológica e dinâmica hídrica do “covoal” do córrego da Fortaleza. Sociedade & Natureza. 3(5-6):75-89 1991.

SILVA, A. J. P.; LOPES, R. C.; VASCONCELOS, A. M.; BAHIA, R. B. C. **Bacias sedimentares paleozoicas e meso-cenozoicas interiores**. In: Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. L. A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R. M. Vidotti e J. H. Gonçalves (eds.) CPRM, Brasília, 2003. p. 55-85.

TUNDISI E MATSUMURA-TUNDISI Recursos Hidricos no Século XXI. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 328p.

VALENTE, O.F. 2005. Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras / Osvaldo Ferreira Valente, Marcos Antônio Gomes. – Viçosa, MG : Aprenda Fácil. 210p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 9896 – Glossário de poluição das águas - AGO 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 9897 Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Jun 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS – ABNT NBR 9898 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Jun 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS – ABNT NBR ISO/IEC 17025 – Requisitos gerais para competência de laboratório de ensaio e calibração – jan 2001.

BRASIL. Resolução CONAMA Nº 357, de 18 de março de 2005 (alterada pela Resolução 410/2009 e 430/2011).

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 2010. **IET - Índice de Estado Trófico**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 12/08/2024.

. Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo: 2006. São Paulo: CETESB, 2007. (Série Relatórios).

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS – IGAM disponível em <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/regulacao-de-usos-de-recursos-hidricos> (acessado em 12/08/2024).

disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/downloads/unidades-de-planejamento/bacia-paranaiba/3783-dados-de-outorga-pn1> (acessado em 12/08/2024).

Portal dos Comitês. Disponível em: IGAM – <http://comites.igam.mg.gov.br/conheca-a-bacia-pn1>), acessado em 12/09/2023.

Bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. 2014. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/component/content/article/153>>. Acesso em: 12 de agosto de 2024.

Indicadores de qualidade de água. Disponível em: <<http://comites.igam.mg.gov.br/boletim-qualidade-das-aguas/1650-indicadores-de-qualidade>>. Acesso em 12 de setembro de 2024.

Monitoramento da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2013: resumo executivo / Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte, 2014. 68 p.

Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Geras. 2006. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/PERH/perhnet.pdf>> Acesso em 12 de setembro de 2024.

Relatório Anual de Monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Paranaíba. 2017 – 3º trimestre.

Relatório Anual de

Monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Paranaíba. 2018 – 3º trimestre

Qualidade das

Águas Superficiais de Minas Gerais em 2018 – Resumo Executivo. IGAM: 2018.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM/CERH N° 01/2008.

_____. Cleide Izabel Pedrosa de Melo. Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Org.). **Glossário de Termos Relacionados à Gestão de Recursos Hídricos.** Belo Horizonte: Igam, 2008. 85 p.

_____. Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema). Outorgas de direito de uso de recursos hídricos. Disponível em: <http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/> (Acessado em 17/09/2023).

_____. Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema). Domínios hidrogeológicos. Disponível em: http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/WebGis-1707_mg_dominioshidrogeologicos_pol (Acessado em 12/08/2024).

EATON, A.D. & FRASON, M.A.H. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater.* American Public Health Association. 21 ed. (2005).

[STRAHLER, A. N.](#) (1952), «Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topology», Geological Society of America Bulletin, 63 (11): 1117–1142.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 9896 – Glossário de poluição das águas - AGO 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 9897 Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Jun 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS – ABNT NBR 9898 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Jun 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS – ABNT NBR ISO/IEC 17025 – Requisitos gerais para competência de laboratório de ensaio e calibração – jan 2001.

BRASIL. Resolução CONAMA N° 357, de 18 de março de 2005 (alterada pela Resolução 410/2009 e 430/2011).

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 2010. **IET - Índice de Estado Trófico.** Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 12/09/2023.

_____. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo: 2006.** São Paulo: CETESB, 2007. (Série Relatórios).

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS – IGAM disponível em <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/regulacao-de-usos-de-recursos-hidricos> (acessado em 12/12/2024).

_____. disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/downloads/unidades-de-planejamento/bacia-paranaiba/3783-dados-de-outorga-pn1> (acessado em 12/09/2024).

_____. **Portal dos Comitês.** Disponível em: IGAM – <http://comites.igam.mg.gov.br/conheca-a-bacia-pn1>), acessado em 12/12/2024.

_____. **Bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.** 2014. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/component/content/article/153>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2024.

_____. **Indicadores de qualidade de água.** Disponível em: <<http://comites.igam.mg.gov.br/boletim-qualidade-das-aguas/1650-indicadores-de-qualidade>>. Acesso em 12 de setembro de 2024.

_____. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2013:** resumo executivo / Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte, 2014. 68 p.

_____. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Geras.** 2006. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/PERH/perhnet.pdf>> Acesso em 12 de setembro de 2024.

_____. **Relatório Anual de Monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Paranaíba.** 2017 – 3º trimestre.

_____. **Relatório Anual de Monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Paranaíba.** 2018 – 3º trimestre

Águas Superficiais de Minas Gerais em 2018 – Resumo Executivo. IGAM: 2018.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM/CERH N° 01/2008.

EATON, A.D. & FRASON, M.A.H. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. 21 ed. (2005).

Esteves, F. A. (2011). **Fundamentos de Limnologia**. 3ª ed. Interciência

[STRAHLER, A. N.](#) (1952), «Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topology», Geological Society of America Bulletin, 63 (11): 1117–1142.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Limnologia. Oficina de textos, 2016.

VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Editora UFMG, 1996.

BARBOSA, O. et al. **Geologia da região do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro, Boletim 136, DNPM/DFPM. 140p. 1970.

BARCELOS, J.H. **Geologia regional e estratigrafia cretácica do Triângulo Mineiro**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, v. 5, ns. (9/10), p. 9-24. 1993.

BARCELOS, J.H. **Reconstrução paleogeográfica da sedimentação do Grupo Bauru baseada na sua redefinição estratigráfica parcial em território paulista e no estudo preliminar fora do estado de São Paulo**. 1984. 190f. Tese de Livre Docência - Departamento de Geociências de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista de Rio Claro, 1984.

BARCELOS, J.H. et al. **Análise estratigráfica das seqüências cretácicas do Triângulo Mineiro (MG) e suas correlações com os estados de São Paulo**. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3, Curitiba, 1981. Atas. Curitiba, Sociedade Brasileira de Geologia. v.2, 1981, p. 90-102.

BRASIL. **Decreto nº 6.640**, de 7 de novembro de 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. Publicação DOU: Seção 1 - Nº 218, 10/11/2008.

_____. Instrução Normativa nº 02, de 20 de agosto de 2009, que dispõe sobre a regulamentação dos estudos de Valoração de Cavidades Naturais Subterrâneas. Ministério de Meio Ambiente – Instituto Chico Mendes de Conservação de Biodiversidade. Brasília, 2009.

_____. Instrução Normativa nº 30, de 19 de setembro de 2012. Ministério de Meio Ambiente – Instituto Chico Mendes de Conservação de Biodiversidade. Brasília, 2012.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS – CODEMIG; SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Mapa geológico do Estado de Minas Gerais, escala 1:1.000.000**. 2003. Disponível em: <<http://www.codemig.com.br/uploads/mapag.pdf>> acesso em 05 de maio de 2023.

_____. Resolução CONAMA 347, de 10 de setembro de 2004, que dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico e revoga a Resolução Nº 05/87.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 347**, de 10 de setembro de 2004. Dispõe sobre a proteção do Patrimônio Espeleológico.

EMBRAPA Mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu, escala 1:100.000. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013 60p.

FERNANDES, L. A., COIMBRA, A. M. **Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (neocretáceo)**. Revista Brasileira de Geociências, 30(4):717-728. 2000.

GOLDBERG, K. **Reconstituição paleoambiental do Cretáceo continental brasileiro na região do Triângulo Mineiro**. Dissertação de Mestrado, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Brasil, 181pp, 1995.

HASUI, Y. **O Cretáceo do oeste mineiro**. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, v. 18, n. 1, mar. 1969, p. 38-56.

HASUI, Y. **A Formação Uberaba**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22, Belo Horizonte, 1968. Anais... Belo Horizonte, SBG. 1968, p. 167-179.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA Mapa de unidades do relevo do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE 2006. 2ª Ed.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA Manual técnico de Geomorfologia/IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e estudos Ambientais – 2ª Ed. – Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 189p.

JANSEN, D.C; CAVALCANTI, L. F. LAMBLÉM, H. S. Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil, na escala 1:2.500.000. Revista Brasileira de Espeleologia, Brasília, 2012, v. 2, n.1.

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. **Bacia do Paraná**. B. Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287, maio/nov. 2007.

MARTINS, E. S.; REATTO, A.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. Evolução geomorfológica do Distrito Federal. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004b. p. 57.

NOVAES PINTO, M. Superfícies de aplainamento na Bacia do Rio São Bartolomeu, Distrito Federal/Goiás. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, v. 48, n. 3, p. 237-257, 1986.