



Aroeira Soluções Ambientais

Estudo de Impacto Ambiental (EIA)

Antônio Roberto Bergamasco

Licença Ambiental Concomitante – LAC1

Classe 4

Fazenda Mangabal – Mat. 25.267

Volume IV – Diagnóstico Ambiental do Meio Físico

Felixlândia – Minas Gerais
Outubro 2024

Equipe Técnica | Aroeira Soluções Ambientais

Equipe

Rosana Resende Eloy – Eng. Ambiental CREA 161691/D

Luiz Nishiyama – Geólogo CREA 53491/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 – Processo Produtivo e Procedimentos Operacionais

Capítulo 6 – Sistemas de Controle Ambientais

Capítulo 7 – Caracterização das Estruturas Físicas Existentes na Propriedade

Capítulo 8 – Intervenção / 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 DE MEIO FÍSICO.....	16
13.1. Introdução.....	17
13.2. Área de Influência do Meio Físico	19
13.2.1. Considerações Gerais	19
13.2.2. Critérios para a definição das áreas de influência do meio Físico.....	20
13.2.2.1. Área Diretamente Afetada (ADA).....	20
13.2.2.2. Área de Influência Direta (AID).....	21
13.2.2.3. Área de Influência Indireta (AII).....	22
13.3. Caracterização Climática e Meteorológica.....	24
13.3.1. Metodologia.....	24
13.3.2. Caracterização climática regional.....	24
13.3.3. Caracterização climática local.....	25
13.3.4. Índice Pluviométrico	25
13.3.5. Temperatura.....	27
13.3.6. Umidade relativa do ar	29
13.3.7. Direção e Intensidade do Vento	32
13.4. Geologia	34
13.4.1. Introdução.....	34
13.4.2. Considerações sobre o arcabouço geológico regional.....	35
13.4.3. Considerações sobre a evolução geológica e geotectônica regional.....	36
13.4.3.1. Bacia Sedimentar do São Francisco	36
13.4.3.2. Grupo Bambuí	39
13.4.3.3. Bacia Sanfranciscana.....	41
13.4.3.4. Grupo santa fé.....	42
13.4.3.5. Grupo areado	44
13.4.3.6. Grupo mata da corda	46
13.4.3.7. Grupo Urucuia.....	47
13.4.4. As áreas de influência do empreendimento no contexto geológico regional e local.....	47
13.4.4.1. Formação Serra da Saudade (Grupo Bambuí).....	48
13.4.4.2. Formação Três Marias.....	50
13.4.4.3. Cobertura cenozoica	50

13.5. Geomorfologia.....	52
13.5.1. Metodologia e procedimentos técnicos operacionais	52
13.5.2. Aspectos geológico-geomorfológicos regionais.....	56
13.5.3. Compartimentação do relevo na AID/ADA do empreendimento	59
13.5.4. Processos geodinâmicos e hidrológicos nos modelados.....	64
13.5.4.1. Superfície de aplanamento – topo de relevo tabular.....	64
13.5.4.2. Modelado dissecado estrutural	65
13.6. SOLOS	66
13.6.1. Procedimentos metodológicos.....	66
13.6.2. Solos presentes na AID e ADA do empreendimento	66
13.6.2.1. Latossolos.....	67
13.6.2.1.1. Latossolos Vermelho	67
13.6.2.1.2. Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	70
13.6.2.1.3. Latossolo Amarelo Distrófico	73
13.6.2.2. Gleissolos	75
13.6.2.3. Neossolos Litólicos	76
13.6.3. Mapa de solos das áreas de influência do empreendimento	77
13.7. Diagnóstico Geotécnico.....	79
13.7.1. Objetivos	80
13.7.2. Contexto geotécnico regional	80
13.7.3. Caracterização geotécnica da ADA do empreendimento	87
13.7.3.1. Materiais Inconsolidados Transportados	89
13.7.3.1.1. – Transportados argilo-arenoso	90
13.7.3.1.2. Transportados areno-argiloso I.....	91
13.7.3.1.3. Transportado areno-argiloso II	92
13.7.3.1.4. Hidromórficos.....	93
13.7.4. Profundidade da zona freática saturada na ADA.....	93
13.7.4.1. Influência do reservatório da UHE Três Marias.....	93
13.7.4.2. Influência do tipo de cobertura inconsolidada.....	93
13.7.4.3. Influência da espessura da cobertura inconsolidada.....	94
13.7.4.4. Influência do substrato rochoso.....	94
13.7.4.5. Influência do relevo.....	94

13.7.5. Profundidade do nível freático na ADA.....	94
13.7.6. Conclusão	100
13.8. Recursos Hídricos superficiais	104
Figura 13.8-1: Divisão Hidrográfica Nacional instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos.	105
13.8.1. Rede hidrográfica nas áreas de influência do empreendimento	109
13.9. Plano de monitoramento de águas superficiais.....	110
13.9.1. Justificativa para a escolha dos pontos de monitoramento	110
13.9.2. Cursos d'água escolhidos para monitoramento	112
13.9.2.1. PMM-01 - Córrego Buriti Comprido.....	114
13.9.2.2. PMJ- 01 – Córrego Buriti Comprido - remanso do reservatório de Três Marias	114
13.9.2.3. PMJ-02 – Reservatório da UHE Três Marias – vertente da margem direita do rio São Francisco (próximo da foz submersa do Buriti Comprido).....	115
13.9.2.4. PMM-02 – Afluente (sem denominação) da margem esquerda do córrego Riacho fundo.	115
13.9.2.5. PMJ-03 – Afluente (sem denominação) da margem esquerda do córrego Riacho fundo (trecho inundado).	115
13.9.2.6. PMJ04 – Remanso do lago da UHE Três Marias – Vale do ribeirão Extrema Grande....	115
13.9.3. Parâmetros a serem monitorados.....	115
13.9.4. Periodicidade do monitoramento das águas superficiais	117
13.9.5. Outras informações complementares ao plano de amostragem de água	117
13.9.6. Considerações finais.....	117
13.10. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS	118
13.10.1. Síntese da geologia e hidrogeologia regional	118
13.10.2. Aquíferos na região do empreendimento e suas características gerais e hidrodinâmicas... 120	
13.10.2.1. Aquífero Bambuí.....	121
13.10.2.2. Aquífero Cenozóico Indiferenciado	125
13.10.3. Aspectos hidrogeológicos da AID e ADA dos empreendimentos.....	125
13.10.4. Conclusão	127
13.11. Diagnóstico espeleológico.....	128
13.11.1. Metodologia adotada para o diagnóstico espeleológico	128
13.11.1.1. – Etapas do estudo espeleológico na ADA/AID	130

13.11.1.2. Potencial espeleológico da ADA/AID dos empreendimentos.....	131
13.11.1.2.1. Pesquisa em base de dados do CECAV/ICMBIO	131
13.11.2. Aspectos da geologia.....	133
13.11.2.1. Contexto geológico regional.....	133
13.11.2.1.1. O Cráton do São Francisco	133
13.11.2.1.2. Bacia Sedimentar do São Francisco	133
13.11.2.2. Contexto local da geologia	134
13.11.2.2.1. Formação Serra da Saudade	135
13.11.2.2.2. Cobertura Cenozóica	135
13.11.3. Mapa de potencialidade de cavidades subterrâneas.....	138
13.11.4. Necessidade de uma abordagem multicriterial	140
13.11.5. Potencial para ocorrência de cavidades na ADA/AID dos empreendimentos.....	141
13.11.5.1. Procedimentos adotados para investigação de campo.....	141
13.11.5.2. Potencialidade de ocorrência de cavidades da ADA dos empreendimentos	142
13.11.6. CONCLUSÃO.....	145
13.12. Referências Bibliográficas.....	147

Lista de Figuras

- Figura 13.1:** Procedimento metodológico adotado para a realização do diagnóstico do meio físico para o empreendimento fazendas Mangabal e Buriti Comprido. **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 13.2.2.3:** Limites das áreas de influência dos empreendimentos fazendas Mangabal e Buriti Comprido. **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 13.4-1:** Precipitações totais anuais (mm) referentes ao período 1984 - 2024. Estação pluviométrica 1845027 – Barra do Rio de Janeiro – Três Marias/MG. **Erro! Indicador não definido.**
Fonte: Agência Nacional de Águas (2023). **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 13.4.1-2:** Precipitações médias mensais (mm) referentes ao período 1984 - 2022. Estação pluviométrica 1845027 – Barra do Rio de Janeiro – Três Marias/MG. **Erro! Indicador não definido.**
Fonte: Agência Nacional de Águas – Hidroweb/SNIRH (2023). **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 13.3.5-1:** Temperaturas máxima média mensal, média mensal, mínima média mensal (°C) referentes ao período 2007-2022. Estação meteorológica A528 Três Marias – Município de Três Marias - MG. **Erro! Indicador não definido.**
Fonte: (BDMEP- INMET 2023.) **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 13.3.6-1:** Umidade relativa do ar média mensal no período 2007-2022. Estação meteorológica A528 – Três Marias/MG. **Erro! Indicador não definido.**
Fonte: BDMEP- INMET 2023. **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 13.3.6-2:** Umidade relativa do ar média anual correspondente ao período compreendido entre 2007-2022. Estação meteorológica A528 – Três Marias/MG. **Erro! Indicador não definido.**
Fonte: INMET, 2023. **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 13.3.6-3:** Amplitude da umidade relativa do ar entre as médias máximas e mínimas mensais corresponde ao período 2007 – 2022. **Erro! Indicador não definido.**
Fonte: Fonte BDMEP- INMET (2023) - Estação A528 – Três Marias/MG. **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 13.3.7-1:** Direção predominante dos ventos obtida pelas médias anuais dos anos 2016 e 2017 **Erro! Indicador não definido.**
Fonte: EIA Usina Hidrelétrica de Três Marias, 2019. **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 13.3.7-2:** Intensidade do vento ($m.s^{-1}$) média mensal e máxima média mensal referente ao período 2007-2022. Estação A528 – Três Marias/MG. **Erro! Indicador não definido.**
Fonte: BDMEP- INMET, 2023. **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 13.4.2-1:** Representação esquemática do arcabouço tectônico da região onde se insere o empreendimento. **Erro! Indicador não definido.**
Fonte - Modificado por Valeriano *et al.* 2004a, de Almeida *et al.* 1981. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.4.3.1-1: Mapa geológico simplificado do Cráton do São Francisco (CSF), ilustrando o embasamento Arqueano-Paleoproterozóico, os cinturões brasileiros, as coberturas Proterozóicas e as **Erro! Indicador não definido.**

coberturas Fanerozóicas destacando a bacia Sanfranciscana, as sub-bacias e seus limites (modificado de Alkmin e Martins Neto 2001)..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.4.4.1-1: lamito intemperizado contendo proporções variáveis de areia fina a muito fina, com coloração lilás pertencentes à Formação Serra da Saudade. Atentar para a laminação sub-horizontal. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.4.4.1-2: Siltito lilás pertencentes à Formação Serra da Saudade. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 4.4.3-1: Cobertura cenozoica presente no vale do rio São Francisco, onde se localiza a ADA do empreendimento. Esta cobertura é composta de materiais detrítico-lateríticos que recobrem a Formação Serra da Saudade. Atentar para o relevo plano a suave ondulados características das áreas de ocorrência. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.4.4.3-2: Aspecto dos materiais detrítico-lateríticos da cobertura cenozóica. Texturalmente, se caracterizam pela predominância de argila. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.4.4.3-3: Cobertura cenozóica na ADA, porém com maior porcentagem de areia. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 4.4.3-4: Detalhe da cobertura cenozóica com maior teor de areia. .. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 5.1-1: Taxonomia para mapeamento geomorfológico (IBGE, 2009). **Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.5.2-1: Mapa geológico simplificado do Cráton do São Francisco (CSF), com representação do embasamento Arqueano-Paleoproterozóico, os cinturões brasileiros, as coberturas Proterozóicas pertencentes à Bacia do São Francisco e as coberturas Fanerozóicas da bacia Sanfranciscana, as sub-bacias e seus limites. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.5.2-2: Localização das áreas de influência do empreendimento em relação ao domínio morfoestrutural Bacias e Coberturas Fanerozóicas e à unidade geomorfológica Depressão do Alto-Médio São Francisco (Unidade 143). **Erro! Indicador não definido.**

Fonte IBGE, 2006..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 5.3-1: Perfil topográfico com orientação NE-SO passando pela área do empreendimento. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.5.3-2: Aspecto do modelado de aplanamento. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.5.3-3: Aspecto do modelado dissecado estrutural, ausente na ADA e AID do empreendimento. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 5.3-4: Perfil topomorfológico seccionando a ADA do empreendimento. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.5.4.1-1: Modelado Superfície de aplanamento – topo de relevo tabular.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 5.4.1-2: Rede de drenagem pobre no modelado superfície de aplanamento – topo de relevo tabular na ADA do empreendimento.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.6.2.1.1 – 1: Latossolo Vermelho distrófico na ADA do empreendimento. Atentar para o relevo plano a suave ondulado da área de ocorrência (Depressão do Alto São Francisco).**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.6.2.1.1 – 2: Latossolo Vermelho distrófico na ADA do empreendimento. Atentar para o relevo plano a suave ondulado da área de ocorrência (Depressão do Alto São Francisco).**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.6.2.1.1 – 3: Latossolo Vermelho distrófico na ADA do empreendimento.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.6.2.1.1 – 4: Vista parcial de um perfil do Latossolo Vermelho distrófico presente na ADA do empreendimento.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.6.2.1.1 – 5: Detalhe do Latossolo Vermelho distrófico presente na ADA do empreendimento.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.6.2.1.2–1: Latossolo Vermelho-Amarelo presente na ADA/AID do empreendimento.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.6.2.1.2–2: Latossolo Vermelho-Amarelo presente na ADA/AID do empreendimento.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.6.2.1.2–3: Latossolo Vermelho-Amarelo presente na ADA/AID do empreendimento com vegetação típica de cerrado e presença da palmeira indaiá-do-campo (*Arecaceae*).**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.6.2.1.2–4: Perfil de Latossolo Vermelho-Amarelo presente na ADA/AID do empreendimento.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.6.2.1.3-1: Latossolo Amarelo presente na ADA do empreendimento.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.6.2.1.3-2: Latossolo Amarelo associado a Latossolo Vermelho-Amarelo presente na ADA do empreendimento.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.6.2.1.3-3: Detalhe de Latossolo Amarelo presente na ADA do empreendimento.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 6.2.2-1: Área de ocorrência de Gleissolo Melânico distrófico associado à cabeceira de drenagem.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.6.3-1: Mapa de solo das áreas de influência das fazendas Mangabal e Buriti Comprido. Fonte: UFV/CETEC/UFLA/FEAM, 2010.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.2-1: Siltitos da Formação Serra da Saudade observados fora dos limites da AII do empreendimento.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.2-2: Residual siltico-argilosos resultante da decomposição de siltitos da Formação Serra da Saudade.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.2-3: Siltitos Formação Serra da Saudade (Grupo Bambuí) sob ação mecânica de expansão e contração por umedecimento e ressecamento resulta na desagregação em forma de pastilhas (*slacking*).
.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.2-4: Feição de relevo aplanado de parte da Depressão do Alto São Francisco - vista da ADA das fazendas Mangabal e Buriti Comprido.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.2-5: Material inconsolidado argiloso derivado da cobertura Cenozóica e que recobre as porções aplanadas dos divisores de águas da Depressão do Alto São Francisco. Este tipo de material inconsolidado pode ser observado em grande parte da ADA das fazendas Mangabal e Buriti Comprido.
.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.2-6: Material inconsolidado argiloso-arenoso derivado da cobertura Cenozóica e que recobre as porções aplanadas dos divisores de águas da Depressão do Alto São Francisco. Este tipo de material inconsolidado também pode ser observado em parte da ADA das fazendas Mangabal e Buriti Comprido.
.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.2-5: Material inconsolidado argiloso visto na parte superior do perfil. Apresenta elevada porosidade e presença de nódulos ferruginosos e grumos estáveis de argila. Perfil observado na ADA do empreendimento.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.2-6: Materiais inconsolidados com características hidromórficas presentes na ADA do empreendimento.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.2-7: Área com lençol freático raso onde se desenvolvem materiais inconsolidados com características hidromórficas, observada em uma pequena porção da ADA do empreendimento.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.3-1: Mapa de unidades geotécnicas das áreas de influência do empreendimento das fazendas Mangabal e Buriti Comprido.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.3.1-1: Perfil topográfico longitudinal cortando a ADA do empreendimento com a distribuição dos materiais inconsolidados.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.3.1.1-1: Material inconsolidado transportado argilo-arenoso presente na ADA do empreendimento. Atentar para a ocorrência de grumos estáveis de argila e nódulos ferruginosos.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.3.1.2-2: Aspectos distintos de agregação de partículas observados diretamente no campo.
.....**Erro! Indicador não definido.**

Material inconsolidado areno-argiloso e (B) Material inconsolidado argilo-arenoso.**Erro! Indicador não definido.**

13.7.3.1.3-1: Material inconsolidado areno-argiloso II de coloração clara presente em uma porção embaciada da ADA, com suave caimento das bordas (menos de 2%).....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.5-1: Lençol freático raso a aflorante na faixa adjacente à linha d'água do reservatório de Três Marias.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.5-2: Lençol freático raso a aflorante em ponto deprimido da ADA e com presença de solo hidromórfico.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.5-3: Lençol freático entre 3 e 5 metros.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.5-4: Lençol freático entre 5 e 8 metros.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.5-5: Lençol freático entre 8 e 12 metros.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.5-6: Lençol freático maior que 12 metros.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.5-7: Variação do lençol freático de acordo com o relevo.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.5-8: Modelo conceitual hidrogeológico da ADA das fazendas Mangabal e Buriti com o comportamento das águas subterrâneas.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.6-1: Relevo suave na maior parte da ADA representa um fator para atenuação dos processos erosivos.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.7.6-2: Materiais inconsolidados argilo-arenosos com perfis profundos, porosos e permeáveis representa outro fator favorável a atenuação dos processos erosivos.....**Erro! Indicador não definido.**

Figuras 13.7.6-3: Principal via de acesso que corta a ADA do empreendimento. Observar bolsões para a retenção de águas pluviais.....**Erro! Indicador não definido.**

Figuras 13.7.6-4: Principal via de acesso que corta a ADA do empreendimento. Observar camalhões em nível associado a bolsões para a retenção de águas pluviais.....**Erro! Indicador não definido.**

Figuras 13.7.6-5: Via de acesso secundária que corta a ADA do empreendimento sem estrutura para redução da energia do fluxo de água e coleta (bolsões).....**Erro! Indicador não definido.**

Figuras 13.7.6-6: Faixa de depleção do reservatório de Três Marias. Atentar para solos parcialmente expostos e maior declividade do terreno.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.8.1-1: Divisão Hidrográfica Nacional instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídrico.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.8.1-2: Unidades Hidrográficas da RH São Francisco e principais cidades.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.8.1-3: Regiões fisiográficas do rio São Francisco. O Alto São Francisco, segundo a nova subdivisão, engloba a porção da bacia no estado de Minas Gerais.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.8.1-4: Localização do empreendimento em relação à UPGRH Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias – SF4 (Fonte: IGAM <https://comites.igam.mg.gov.br/>).**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.8.3-1: Rede de drenagem e áreas inundadas pelo reservatório da UHE Três Marias nas áreas de influência do empreendimento.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 9.2-1: Localização dos pontos de amostragem de águas superficiais.**Erro! Indicador não definido.**

Tabela 13.9.3-1: Parâmetros físicos-químicos e microbiológicos para a avaliação da qualidade da água.
.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.10.1-1: Exemplos de aquíferos granulares: (A) conglomerado; (B) arenito grosso e (c) arenito fino.**Erro! Indicador não definido.**

Fonte: Iritani e Ezaki, 2008 *apud* Varnier, 2009.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 10.2-2: Rocha com porosidade de fratura ou porosidade secundária.**Erro! Indicador não definido.**

Fonte: Varnier, 2009.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.10.2.1-1: Aquífero Bambuí – Serra da Saudade na região onde se inserem os empreendimentos fazendas Mangabal e Buriti Comprido.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.10.2.1-2: Pelitos arroxeados do aquífero Bambuí – Formação Três Marias na região onde se inserem as áreas de influência dos empreendimentos.**Erro! Indicador não definido.**

13.10.3.1-3: Arenito arcoseano arroxeados do aquífero Bambuí – Formação Três Marias na região onde se inserem as áreas de influência do empreendimento.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.10.2.1-4: Áreas de ocorrência dos aquíferos Três Marias e Serra da Saudade na região em que estão inseridas as fazendas Mangabal e Buriti Comprido.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.10.3-1: Modelo hidrogeológico conceitual a ADA dos empreendimentos fazendas Mangabal e Buriti Comprido**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.11.1.2.1-1: Cavidades registradas no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE) até um raio de 100 da AID/ADA do empreendimento (circunferência branca maior). (Fonte: CECAV/ICMBIO).....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.11.2.2.2-1: Cobertura cenozoica presente no vale do rio São Francisco, onde se localiza a ADA do empreendimento. Esta cobertura é composta de materiais detrítico-lateríticos que recobrem a Formação Serra da Saudade. Atentar para o relevo plano a suave ondulado características das áreas de ocorrência.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.11.2.2.2-2: Aspecto dos materiais detrítico-lateríticos da cobertura cenozóica. Texturalmente, se caracterizam pela predominância de argila.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.11.2.2.2-3: Cobertura cenozóica na ADA, porém com maior porcentagem de areia.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.11.2.2.2-4: Detalhe da cobertura cenozóica com maior teor de areia.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13.11.3-1: Mapa de Potencial de Ocorrência de Cavernas no Brasil. Recorte para a região central do estado de Minas Gerais, contexto regional em que se insere os empreendimentos fazendas Mangabal e Buriti Comprido. Fonte: JANSEN et al. (2012).**Erro! Indicador não definido.**

Lista de Tabelas

Tabela 13.4.1 – Precipitações mensais média, mínima e máxima (mm) referentes ao período 1984-2022. Estação pluviométrica 1845027 – Barra do Rio de Janeiro – Três Marias/MG. (Agência Nacional de Águas – Hidroweb/SNIRH (2023).).....	27
Tabela 13.3.5-1 – Temperaturas média, mínima média e máxima média (°C) referentes ao período 2007-2022. Estação meteorológica A528 – Três Marias localizada no município de Três Marias/MG. (BDMEP-INMET 2023.).....	28
Tabela 13.3.6-1 – Umidade relativa do ar média mensal (%) no período 2007-2022. (Fonte INMET (2019)	29
Tabela 13.5-2 – Amplitude mensal da umidade relativa do ar - médias máximas (azul) e mínimas (amarelo) no período 2007-2022. Fonte: Fonte INMET (2023).....	30
Tabela 13.3.7-1 – Direção predominante do vento por estação do ano obtida no período 2007 – 2022. (BDMEP- INMET (2023) - Estação A528 – Três Marias/MG.).....	33
Tabela 13.3.7-2 – Intensidade do vento (m.s ⁻¹) – média mensal e máxima mensal média referente ao período 2007 a 2022. (BDMEP- INMET (2023) - Estação A528 – Três Marias/MG.).....	33
Tabela 13.5.1-1 – Descrição dos níveis hierárquicos segundo a metodologia do IBGE (2009). (IBGE 2009, modificado.)	55
Tabela 13.7.2-1 – Grau de Coerência de rochas. Fonte: ABGE (1983).....	83
(*) 1,0 Mpa = 10,0 kgf/cm ²	83
Quadro 13.7.6-1 – Usos antrópicos das unidades geotécnicas na ADA x possíveis efeitos deletérios sobre os componentes do meio físico.....	104
Tabela 9.2-1 – Localização dos pontos de monitoramento de águas superficiais.....	112

Capítulo 13 – Diagnóstico de Meio Físico

13.1. Introdução

Parte integrante do Estudo de Impacto Ambiental - EIA e do Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, o Diagnóstico do Meio Físico foi realizado para o empreendimento constituído pelas **Fazendas Mangabal e Buriti Comprido**, que têm como empreendedores a **Agropecuária ARC e Antônio Roberto Bergamasco**.

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 com vistas a identificar as susceptibilidades aos impactos sócioambientais negativos e positivos frente às atividades desenvolvidas na área do empreendimento, a qual será designada **Área Diretamente Afetada (ADA)** e o seu entorno **Área de Influência Direta (AID)** e **Área de Influência Indireta (AII)**. Os seguintes temas foram abordados no diagnóstico do meio físico: clima; solos; geomorfologia; geologia; geotecnia; recursos hídricos subterrâneos; recursos hídricos superficiais; espeleologia; qualidade das águas superficiais.

Metodologicamente, a consecução dos estudos adotados para este 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.

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 n° 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 dos níveis de informações acerca do meio físico e, por fim, o planejamento das atividades de campo (escolha de locais a serem investigados, definição dos 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.

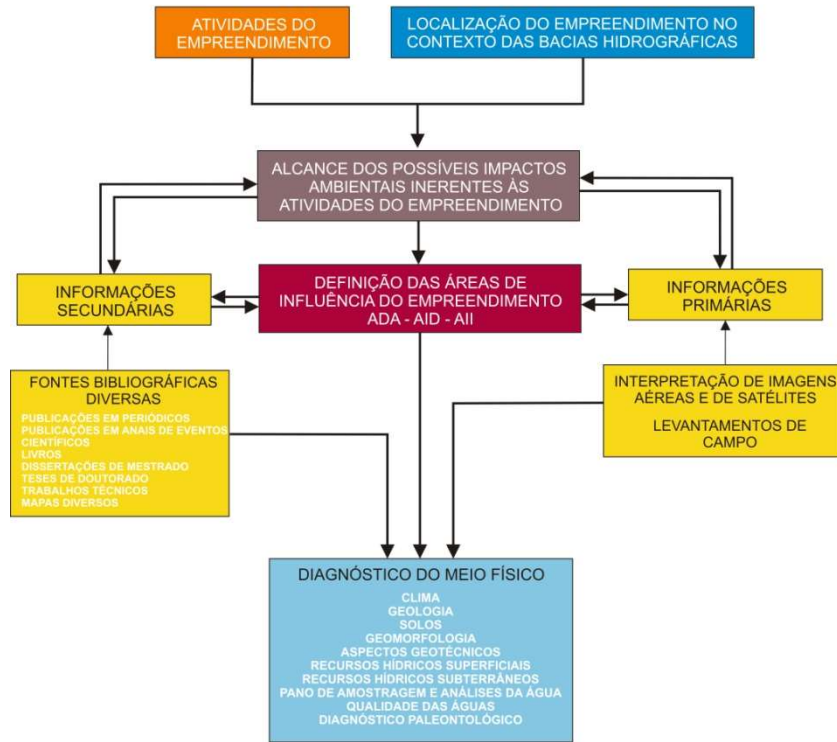
Complementarmente, serão realizadas análises físico-químicas e microbiológicas dos corpos d'água existentes na ADA e AID do empreendimento com o objetivo de se obter informações acerca de sua condição de qualidade com base nos valores de referência expressos na DN COPAM/CERH nº 001/2008 e um Plano de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

A elaboração do diagnóstico do meio físico teve início em 09/2023, portanto, abrangeu a parte final do período seco e início do período chuvoso do ano de 2023/2024.

A Figura 13.1 ilustra esquematicamente o procedimento metodológico para a realização do diagnóstico do meio físico.

Figura 13.1: Procedimento metodológico adotado para a realização do diagnóstico do meio físico para o empreendimento fazendas Mangabal e Buriti Comprido.

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO PARA O DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO



13.2. Área 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

Aroeira – Soluções Ambientais

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

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, subtede-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 fazendas **Mangabal e Buriti Comprido**:

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 fazendas **Mangabal e Buriti Comprido**. Assim, a ADA compreende as áreas ocupadas pelos 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; poços tubulares; bem como todas as operações unitárias necessárias ao desenvolvimento das atividades, incluindo obras necessárias à manutenção e reforma da infraestrutura. Excluíram-se da ADA as áreas de preservação permanentes dos cursos d'água e nascentes (APPs). Portanto, a ADA foi delimitada por um polígono de aproximadamente 2.239 hectares.

Importante mencionar que a ADA do empreendimento e as respectivas APPs, em maior parte de seus limites externos confrontam com a cota máxima do reservatório da UHE Três Marias.

13.2.2.2. Área de Influência Direta (AID)

Corresponde a uma extensão territorial diretamente afetada pelos impactos decorrentes das atividades desenvolvidas pelos empreendimentos fazendas **Mangabal e Buriti Comprido**, 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).

Salienta-se que os limites do polígono envolvente que define a AID do empreendimento levaram em consideração as porções das bacias hidrográficas nas quais está se encontra inserida, bem como o reservatório da UHE Três Marias. Assim, definiram-se como limites os seguintes talwegues fluviais emersos: os baixos cursos dos córregos Buriti Comprido e Riacho Fundo. A área total ocupada pela AID do empreendimento é de aproximadamente 4.847 hectares.

Justifica-se a delimitação da AID do empreendimento seguindo parte dos traçados dos já mencionados córregos e do reservatório da UHE Três Marias, com base nos seguintes aspectos:

- A. o empreendimento está localizado em uma porção de terras entre as bacias hidrográficas do rio São Francisco e de seus afluentes diretos: o ribeirão Extrema Grande e os córregos Buriti Comprido e Riacho Fundo, respectivamente ocupando as vertentes das margens direita, esquerda, direita e esquerda;
- B. a maior parte dos limites do empreendimento confronta com a cota máxima do reservatório da UHE Três Marias;
- C. 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;

- D. No caso específico das fazendas Mangabal e Buriti Comprido, cuja atividade principal é o plantio de tratos 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;
- E. a definição dos limites da AID ao longo dos canais fluviais levou em consideração que os impactos ambientais decorrentes das atividades do empreendimento e os seus efeitos deletérios não devem ultrapassar os talwegues dos córregos Buriti Comprido e Riacho Fundo nas suas porções não inundadas pelo reservatório de Três Marias;
- F. Nas porções sob a influência do reservatório da UHE Três Marias, os impactos ambientais inerentes às atividades desenvolvidas pelas referidas propriedades rurais, estes devem ter alcance limitado, apesar de não ser possível precisar a sua extensão;
- G. 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.

13.2.2.3. Área de Influência Indireta (AII)

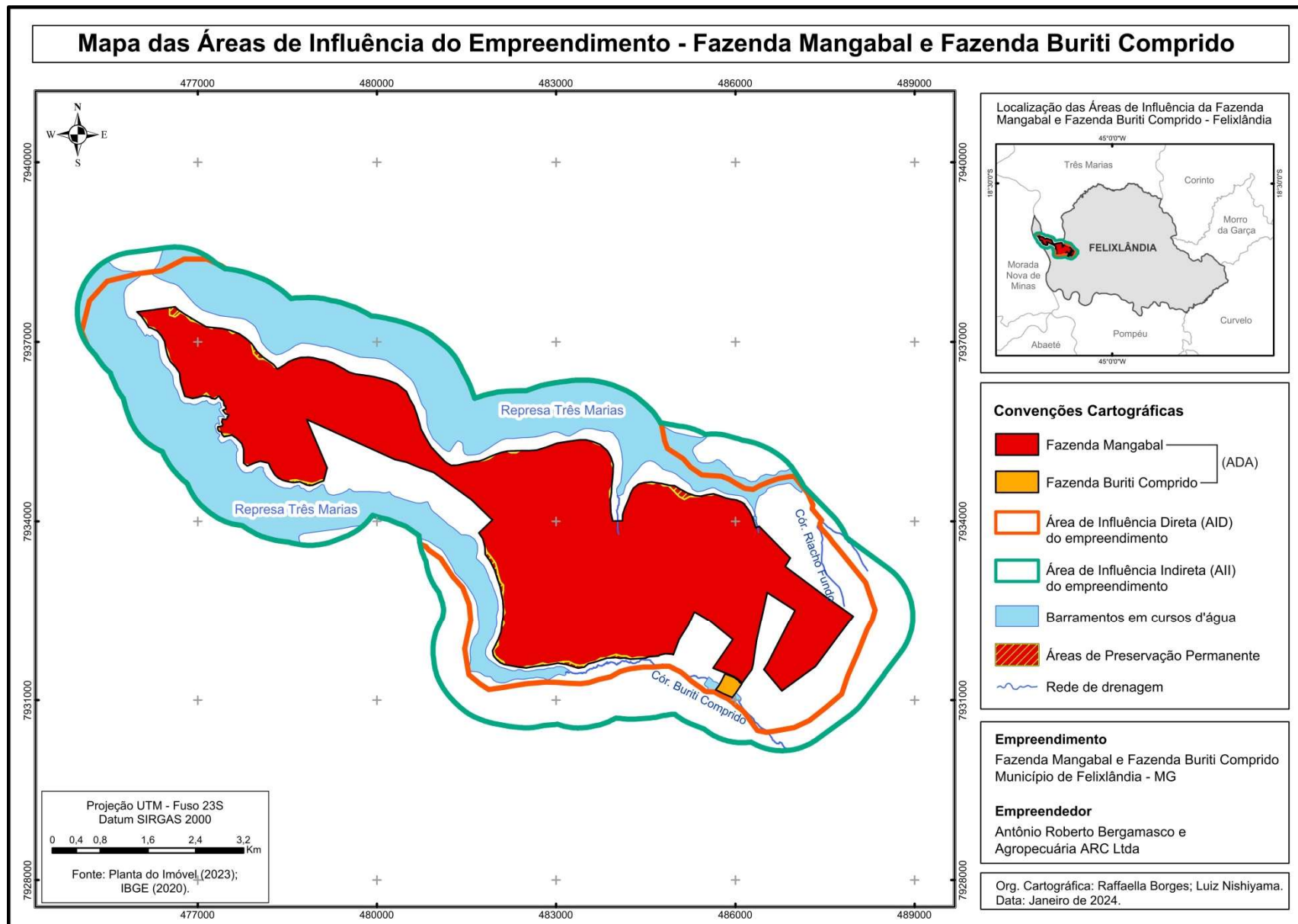
Foi definida como Área de Influência Indireta (AII) para o meio físico uma porção além da AID que ainda sofre a influência do empreendimento, porém os impactos socioambientais e seus efeitos são atenuados com a distância a tal ponto de serem considerados sem significância em relação às outras duas categorias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

Com base nessa premissa, se delimitou a AII do empreendimento como um polígono que engloba a ADA e a AID, totalizando a área de aproximadamente 5.940 hectares, a qual abrange uma porção do reservatório da UHE Três Marias, além de uma faixa de terras a leste, fora do reservatório, que inclui parte das bacias dos córregos Buriti Comprido e Riacho Fundo.

Ressalta-se que o núcleo urbano do distrito de São José do Buriti encontra-se dentro dos limites da AII do empreendimento.

As Áreas de Influência (ADA, AID e AII) do empreendimento encontram-se delimitadas na Figura 2.2.3-1, a seguir:

Figura 13.2.2.3: Limites das áreas de influência dos empreendimentos fazendas Mangabal e Buriti Comprido.



13.3. Caracterização Climática e Meteorológica

13.3.1. Metodologia

A caracterização climática e meteorológica da área de influência da Fazenda Mangabal e entorno imediato foi baseada em dados secundários e análise de séries históricas. Foram abordados os seguintes aspectos meteorológicos: índice pluviométrico; temperaturas máximas, médias e mínimas; umidade relativa do ar; direção predominante e intensidade do vento.

Utilizou-se a série histórica de pluviometria referente ao período de 01/1989 a 01/2021 da Estação Pluviométrica 1845027 – Barra do Rio de Janeiro, localizada no município de Três Marias, sob a responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA) e operada pela CPRM, disponível em [https://www.snirh.gov.br > hidroweb](https://www.snirh.gov.br/hidroweb) (acesso em 16/12/2023).

Para a obtenção dos demais parâmetros climáticos – temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento, nebulosidade e insolação – foram utilizados dados do período 2008 a 2022 (até mês de agosto) da Estação Meteorológica Automática cod. A560 – Pompéu, do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, localizada nas coordenadas geográficas 17,23° Lat. Sul e 44,96° Lat. Oeste, disponibilizados pelo BDMEP em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> (acessado em 12/2023).

13.3.2. Caracterização climática regional

A Fazenda Mangabal encontra-se localizada na região central do estado de Minas Gerais, no vale do rio São Francisco, mais precisamente no município de Felixlândia, às margens do reservatório da UHE Três Marias.

Segundo Cavalcanti (2009), os sistemas sinóticos que atuam no sul e sudeste do Brasil exercem sua influência na região onde se localiza o empreendimento, mas com algumas particularidades em termos de intensidade e sazonalidade.

Apesar de os sistemas frontais (SFs) terem a sua origem em latitudes extratropicais, estes possuem vital importância para a dinâmica climática da região Sudeste e, por extensão para a porção onde se localiza o empreendimento.

Os SF são acompanhados por massas de ar de origem polar, que durante o inverno produzem condições de queda das temperaturas. Sob sua influência registram-se as temperaturas mínimas absolutas nessa época do ano

No verão produzem instabilidade e aumento da nebulosidade relacionados às linhas de instabilidade pré-frontais geradas a partir da associação de fatores dinâmicos de grande escala e características de mesoescala são responsáveis por precipitação durante o verão.

A dinâmica climática atuante na porção central do estado e, por extensão, nas áreas de influência do empreendimento, encontra-se sob influência de sistemas intertropicais e polares das massas de ar Tropical Atlântica (mTa) e Continental (mTc), Equatorial Continental (mEc) e Polar Atlântica (mPa).

Gonçalves (2015) afirma que outros sistemas de circulação atmosférica secundária influenciam no clima da região, que são: Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Linhas de Instabilidade Tropicais, Frentes Frias e Jatos de Alto Nível e Complexos Convectivos de Mesoescala na América do Sul (CCM).

Outros fenômenos meteorológicos também atuam no clima da região Sudeste do Brasil promovendo mudanças significativas nas condições atmosféricas, a exemplo do El Niño e da La Niña, os quais influenciam nos índices pluviométricos no sentido de sua redução ou aumento, respectivamente.

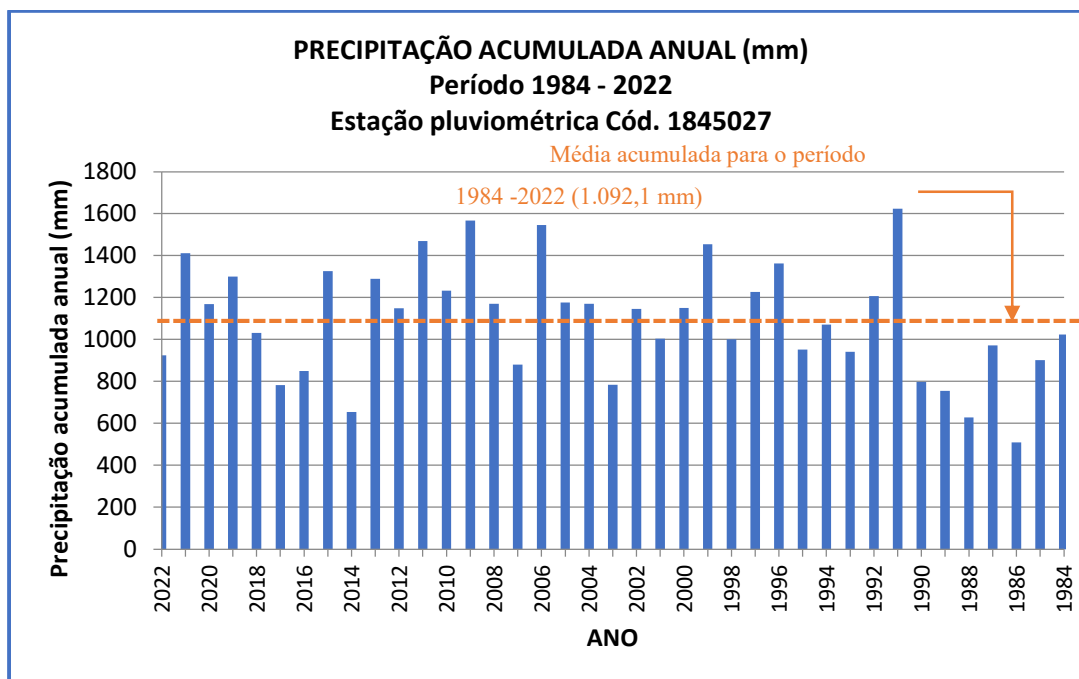
Segundo classificação internacional de Köppen, as áreas de influência do empreendimento encontram-se sob o clima do tipo Aw, caracterizado como clima Tropical marcado pela sazonalidade em dois períodos: verão quente chuvoso e inverno brando e seco, com a temperatura média do mês mais frio superior a 18°C e precipitações anuais superiores a 750 mm.

13.3.3. Caracterização climática local

13.3.3.1. Índice Pluviométrico

A precipitação média anual para o período compreendido entre 1984 e 2022, segundo a série histórica de dados pluviométricos obtidos junto à Estação Pluviométrica 1845027 Barra do Rio de Janeiro – Três Marias/MG (Fonte: Agência Nacional de Águas – Hidroweb/SNIRH, 2023 acessado em 12/2023), foi de 1.092,1 mm. As maiores precipitações anuais foram registradas em 1990 (1.623,3 mm) e 1985 (1.566,4 mm). As menores alturas pluviométricas anuais correspondem aos anos 1986 (508,1 mm) e 1988 (627,0 mm), conforme os valores mostrados na Figura 13.4.1-1.

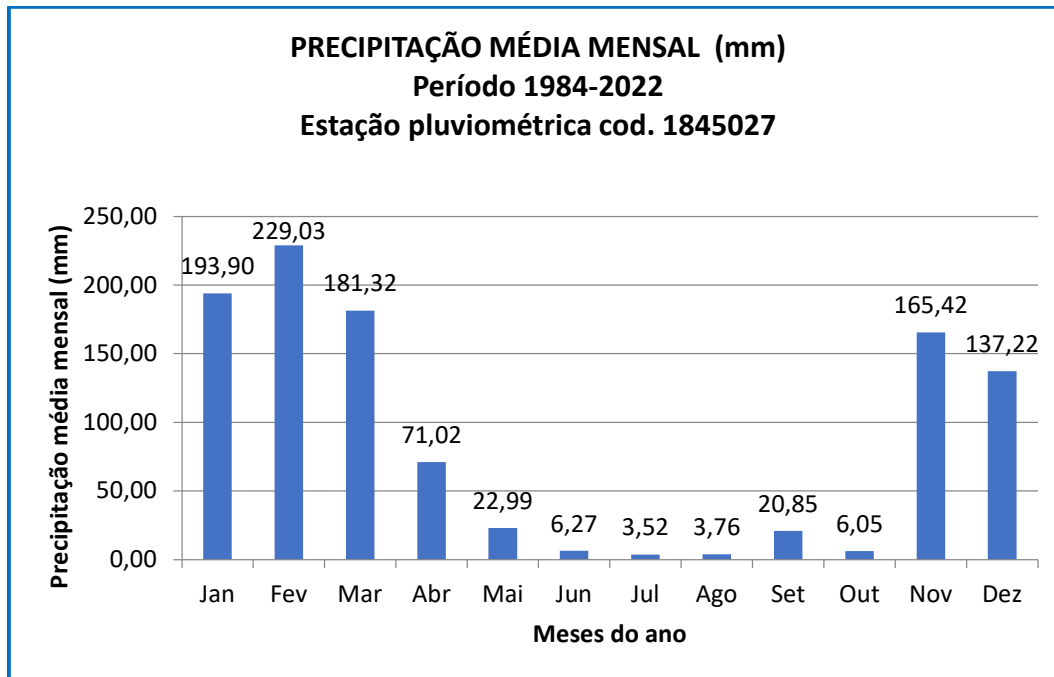
Figura 13.4-1: Precipitações totais anuais (mm) referentes ao período 1984 - 2024. Estação pluviométrica 1845027 – Barra do Rio de Janeiro – Três Marias/MG.



Fonte: Agência Nacional de Águas (2023).

A Figura 13.4.1-2, referente às precipitações médias mensais obtidas da série histórica 1984 - 2022 registradas na Estação pluviométrica 1845027 – Barra do Rio de Janeiro, mostra variações acentuadas na distribuição das chuvas ao longo do ano. Os meses de maio a outubro caracterizam-se como o período de menor pluviosidade, com altura pluviométrica média de 63,44 mm. O período compreendido entre novembro e abril apresenta a maior altura de precipitação, com a média de 977,91 mm ou 93,91% das precipitações médias mensais no período considerado.

Figura 13.4.1-2: Precipitações médias mensais (mm) referentes ao período 1984 - 2022. Estação pluviométrica 1845027 – Barra do Rio de Janeiro – Três Marias/MG.



Fonte: Agência Nacional de Águas – Hidroweb/SNIRH (2023).

A Tabela 13.4.1-1 mostra os valores mensais de precipitação média, mínima e máxima. O mês com maior índice pluviométrico foi registrado em janeiro (532,3 mm), valor 275,8% acima da média histórica para o mês.

Tabela 13.4.1: Precipitações mensais média, mínima e máxima (mm) referentes ao período 1984-2022. Estação pluviométrica 1845027 – Barra do Rio de Janeiro – Três Marias/MG. (Agência Nacional de Águas – Hidroweb/SNIRH (2023).)

Precipitação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	193,0	229,0	181,3	71,0	23,0	6,3	3,5	3,8	20,8	60,5	165,4	137,2
Mínima	21,9	51,4	29,3	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,6	14,2
Máxima	532,3	467,9	402,7	180,4	130,9	76,4	50,0	28,7	82,9	178,5	381,8	388,1

A máxima precipitação registrada em 24h para o período analisado ocorreu no mês de fevereiro de 1995, com 163,0 mm.

13.3.3.2. Temperatura

A Tabela 13.3.5-1 e a Figura 13.3.5-1 mostram os valores mensais de temperatura média, mínima e máxima obtidos de dados da Estação meteorológica A528 Três Marias, localizada no município de Três Marias – MG, considerando o período compreendido entre

2007 e 2022. As temperaturas médias anuais referentes às temperaturas mínima, média e máxima foram 22,2°C, 21,1°C e 23,5°C, respectivamente.

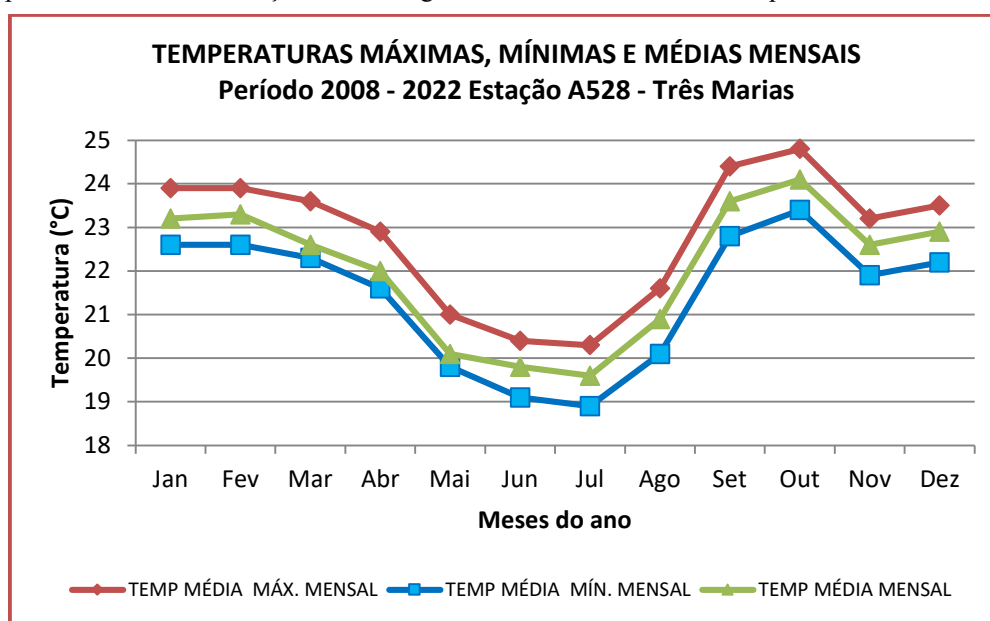
O trimestre maio a julho corresponde aos meses com menores valores das temperaturas média e mínima registrados na referida estação meteorológica. Os meses de setembro e outubro apresentam as maiores médias máximas, com maior valor encontrado no mês de outubro (24,8°C). O maior valor de temperatura média mínima para o período avaliado é registrado nos meses de janeiro e fevereiro (22,6°C). A menor média mínima para o período ocorre no mês de julho (18,9°C) e a temperatura média oscila entre 19,6°C em julho e 24,1°C em outubro.

Tabela 13.3.5-1: Temperaturas média, mínima média e máxima média (°C) referentes ao período 2007-2022. Estação meteorológica A528 – Três Marias localizada no município de Três Marias/MG. (BDMEP- INMET 2023.)

Temperatura (°C)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínima	22,6	22,6	22,3	21,0	19,8	19,1	18,9	20,1	22,8	23,4	21,9	22,2
Média	23,2	23,3	22,6	22,0	20,1	19,8	19,6	20,9	23,6	24,1	22,6	22,9
Máxima	23,9	23,9	23,6	22,9	21,0	20,4	20,3	21,6	24,4	24,8	23,2	23,5

A partir dos dados referentes ao período 2007 a 2022 pode-se concluir que os meses mais quentes do ano são setembro e outubro, enquanto, junho e julho representam os meses mais frios.

Figura 13.3.5-1: Temperaturas máxima média mensal, média mensal, mínima média mensal (°C) referentes ao período 2007-2022. Estação meteorológica A528 Três Marias – Município de Três Marias - MG.



Fonte: (BDMEP- INMET 2023.)

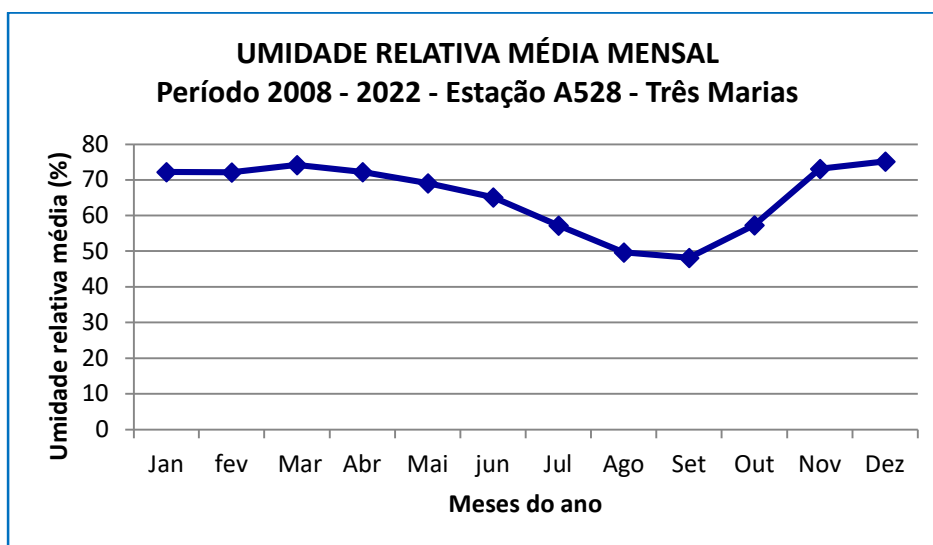
13.3.3.3. Umidade relativa do ar

A umidade relativa média mensal do ar no período compreendido entre 2007 e 2022 apresentou variação de 48,2 a 75,2% (Tabela 13.3.6-1 e Figura 13.3.6-1). Nos meses compreendidos entre julho e outubro os valores médios mensais apresentaram-se inferiores a 60,0%, portanto, inferior ao limite mínimo recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para a saúde e o bem-estar de seres humanos. Dezembro e março apresentam maiores valores mensais médios de umidade relativa do ar, respectivamente, 75,2 e 74,2%. A Figura 13.5-2 mostra que a umidade relativa do ar média anual variou de 61,9% em 2014 a 71,5% no ano de 2009.

Tabela 13..3.6-1: Umidade relativa do ar média mensal (%) no período 2007-2022. (Fonte INMET (2019))

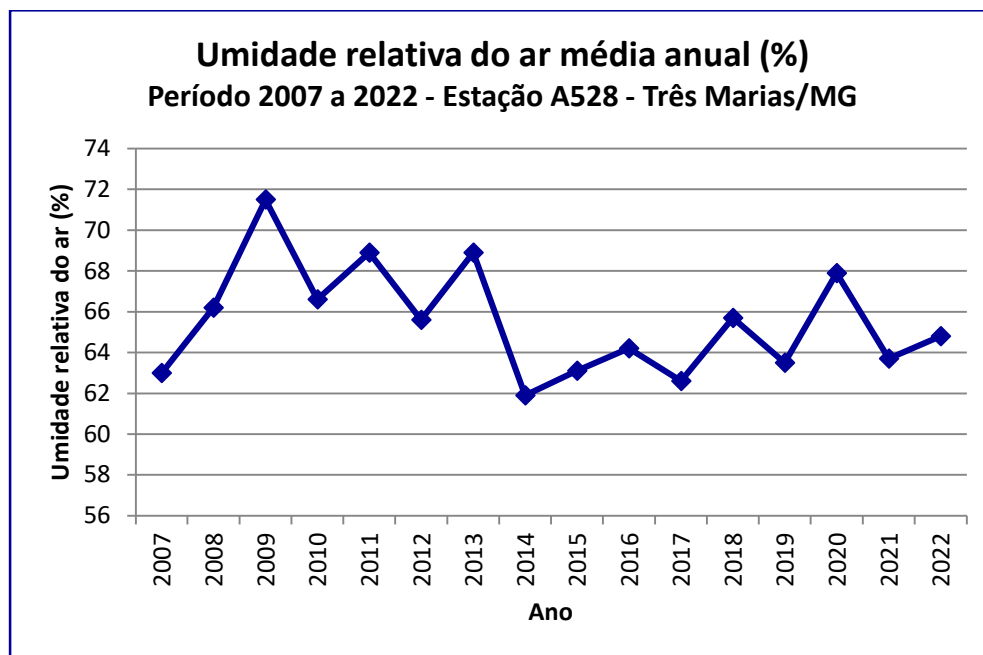
Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2007-2022	72,2	72,1	74,2	72,2	69,1	65,1	57,2	49,7	48,2	57,3	73,1	75,2

Figura 13.3.6-1: Umidade relativa do ar média mensal no período 2007-2022. Estação meteorológica A528 – Três Marias/MG.



Fonte: BDMEP- INMET 2023.

Figura 13.3.6-2: Umidade relativa do ar média anual correspondente ao período compreendido entre 2007-2022. Estação meteorológica A528 – Três Marias/MG.



Fonte: INMET, 2023.

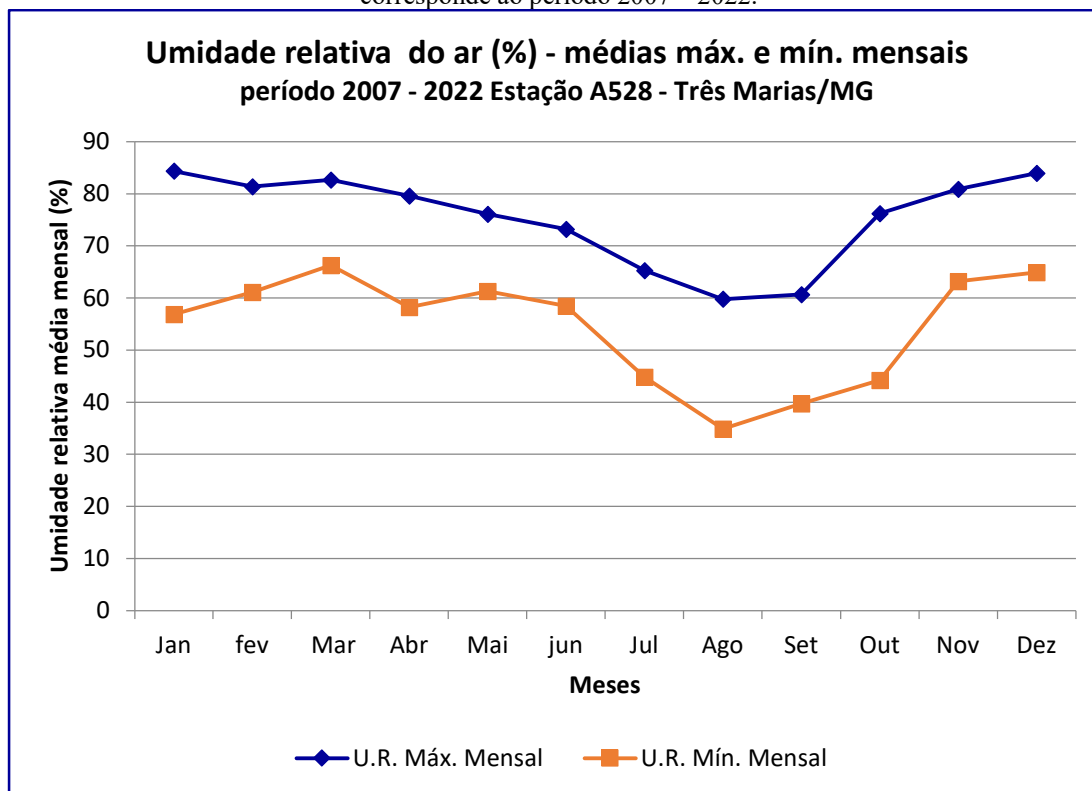
A Tabela 13.3.6-2 apresenta amplitude mensal da umidade relativa do ar - médias máximas (amarelo) e mínimas (vermelho) no período 2007-2022 (INMET, 2023) - Estação A528 – Três Marias/MG).

Tabela 13.5-2: Amplitude mensal da umidade relativa do ar - médias máximas (azul) e mínimas (amarelo) no período 2007-2022. Fonte: Fonte INMET (2023)

	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2013	2010	2009	2008	2007
Jan	75,8	67,3	76,7	60,6	66,8	62,3	82,5	56,9	65,7	77,9	79,1	74,9	71,3	78,5	75,2	84,4
fev	79,6	81,3	79,9	71,3	75,9	72,3	64,9	72,5	61,1	66,7	68,6	63	67	74,2	74,6	81,4
Mar	66,3	67,5	80	76,3	73,4	67,7	71,5	78,2	74,1	78,9	71,8	82,7	77,6	75	80,7	66,2
Abr	65,3	64,7	77,7	74,6	74,4	66,7	58,2	72,4	74,3	78,2	72,7	76,9	71	79,6	74,8	74,1
Mai	63,8	61,3	71,6	72,7	66,9	72	65,2	76,1	63	70,2	76	70,1	70	72,9	65,7	67,9
jun	58,5	60,9	67	62,7	61	64,3	64,3	69,4	62,6	72,2	68,7	66	66,7	73,2	63,3	61,5
Jul	55,6	50,1	59,6	55,1	53,4	57,5	65,3	59,8	63,7	59,3	57,2	59,6	60,6	59,4	54	44,8
Ago	47,5	48,4	56,6	52,9	53,3	45,4	45,4	50,8	45	50,4	56,9	56,9	45,4	59,8	46,2	34,9
Set	52,3	39,7	42,4	44,3	49,5	49,5	49,5	46	43,4	56,1	46,5	46,5	47,1	60,7	52,1	45,7
Out	57,4	65,8	58,1	50,6	63,6	45,9	55,5	44,2	48,8	63,6	47,8	72,6	67,7	76,2	51,3	48,4
Nov	74,3	75,9	73,7	67,3	78,8	73,1	74,9	63,2	68,5	68	77,3	73,7	80,9	68,8	75,5	75,5
Dez	81,7	81	71,1	73	71,7	74	72,9	68,2	72	81,1	64,9	84	74,2	79,8	81,2	71,7

A Figura 13.3.6-3 apresenta a amplitude da umidade relativa do ar entre as médias máximas e mínimas mensais no período analisado mostra menor variação nos meses de março, maio e junho, respectivamente, 16,4%, 14,8% e 14,7%. Outubro foi o mês que registrou maior amplitude (32,0%).

Figura 13.3.6-3: Amplitude da umidade relativa do ar entre as médias máximas e mínimas mensais corresponde ao período 2007 – 2022.



Fonte: Fonte BDMEP- INMET (2023) - Estação A528 – Três Marias/MG.

13.3.4. Direção e Intensidade do Vento

Segundo Ayoade (1998) as baixas latitudes são dominadas por ventos predominantes de leste, sudeste e nordeste, originários do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). Dados do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, a direção dos ventos predominantes na região Central de Minas Gerais, onde também se localiza a Fazenda Mangabal, a direção predominante dos ventos varia entre 50° e 130° , ou seja, a direção predominante é leste e, secundariamente, sudeste e nordeste.

Para o presente diagnóstico da direção dos ventos foram consultados dados do período 2007 a 2022 da Estação Automática A528 – Três Marias.

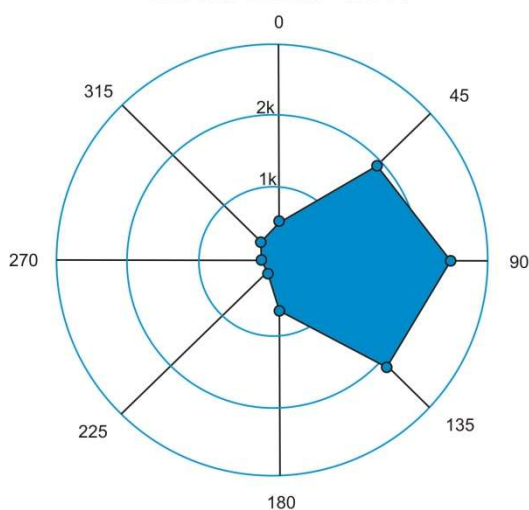
A análise dos dados da referida estação mostra que a direção predominante do vento é Leste segundo a origem. A Tabela 13.3.7-1 e a Figura 13.3.7-1 mostra as direções predominantes do vento por estação do ano. No Outono e Primavera a direção predominante é Leste, no Verão predomina ventos de Nordeste enquanto, no inverno, o predomina o vento Leste.

Tabela 13.3.7-1: Direção predominante do vento por estação do ano obtida no período 2007 – 2022. (BDMEP- INMET (2023) - Estação A528 – Três Marias/MG.)

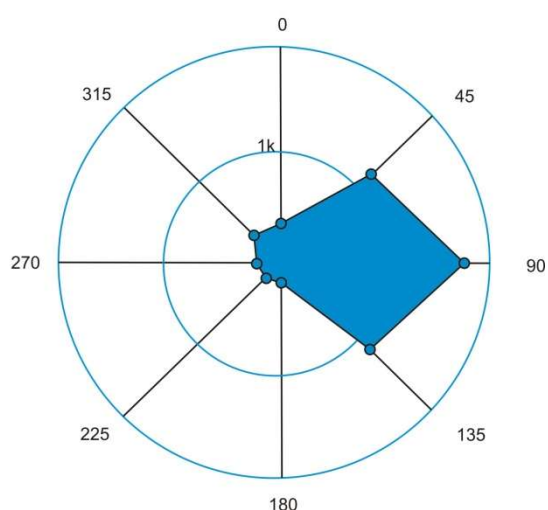
Meses	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Direção		NE			E			E			NE	
Estação		Verão			Outono			Inverno			Primavera	

Figura 13.3.7-1: Direção predominante dos ventos obtida pelas médias anuais dos anos 2016 e 2017

**Direção predominante dos ventos
média anual - 2016**



**Direção predominante dos ventos
média anual - 2017**



Fonte: EIA Usina Hidrelétrica de Três Marias, 2019

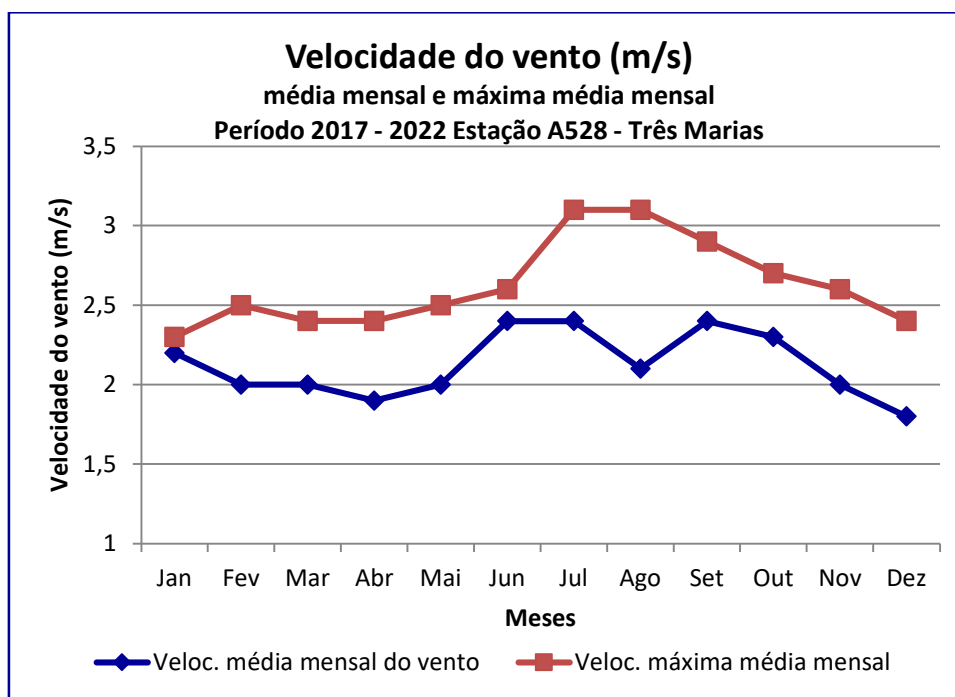
A Tabela 13.3.7-2 e a Figura 13.3.7-2 mostram as intensidades máximas médias mensais e médias mensais de vento referente ao período 2017-2022, com registros diários de hora em hora.

A partir da tabela e da figura percebe-se que a intensidade do vento é maior no inverno. As maiores médias mensais são observadas em junho ($2,6 \text{ m.s}^{-1}$), Julho ($2,4 \text{ m.s}^{-1}$) e setembro ($2,4 \text{ m.s}^{-1}$), enquanto que as menores médias mensais referem-se aos meses de dezembro ($1,8 \text{ m.s}^{-1}$) e abril ($1,9 \text{ m.s}^{-1}$).

Tabela 13.3.7-2: Intensidade do vento (m.s^{-1}) – média mensal e máxima mensal média referente ao período 2007 a 2022. (BDMEP- INMET (2023) - Estação A528 – Três Marias/MG.)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Máximas médias mensais	2,3	2,5	2,4	2,4	2,5	2,6	3,1	3,1	2,9	2,7	2,6	2,4
Médias	2,2	2,0	2,0	1,9	2,0	2,4	2,4	2,1	2,4	2,3	2,0	1,8

Figura 13.3.7-2: Intensidade do vento ($m.s^{-1}$) média mensal e máxima média mensal referente ao período 2007-2022. Estação A528 – Três Marias/MG.



Fonte: BDMEP- INMET, 2023.

13.4. Geologia

13.4.1. Introdução

Estudos empreendidos para a elaboração do diagnóstico da geologia das áreas de influência das Fazendas Mangabal e Buriti Comprido consistiram, primeiramente, em pesquisas de informações em fontes secundárias relativas à geologia regional e local em publicações acadêmicas e técnicas, relatórios técnicos, mapas geológicos, dentre outros. Uma vez finalizada a fase de pesquisa bibliográfica deram-se o início aos levantamentos preliminares dos aspectos geológicos nos contextos regionais e locais via interpretação de imagens de satélite e reconhecimentos de campo.

De posse do conjunto de informações obtidas nas fases preliminares, seguiu-se a uma nova etapa de levantamentos de campo, desta vez visando à confrontação e validação das informações inicialmente obtidas por meio da Identificação e caracterização dos aspectos geológicos (litológicos, estratigráficos, estruturais e tectônicos) *in situ*.

Desse modo, o conjunto de informações levantadas nas três etapas foi fundamental para a elaboração do diagnóstico geológico das áreas de influência (ADA, AID e AII) e, a

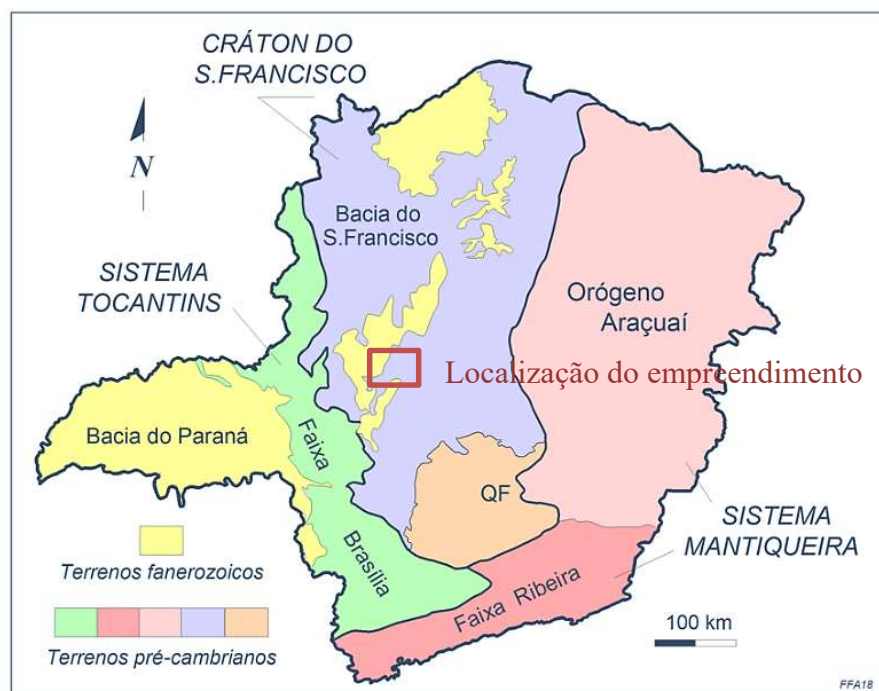
partir disso, diagnosticar as características do ambiente geológico e a sua predisposição ao desenvolvimento de impactos ambientais em decorrência das atividades desenvolvidas pelo empreendimento.

13.4.2. Considerações sobre o arcabouço geológico regional

As fazendas Mangabal e Buriti Comprido estão localizadas na sub-bacia do Alto São Francisco, na Mesoregião Central Mineira, na Microrregião de Curvelo, no município de Felixlândia. Encontra-se compreendido entre as coordenadas geográficas 18°39'9,69"S - 18°43'1,80"S e 45°13'39,77"O - 45°6'50,42"O.

No contexto geológico regional, os empreendimentos rurais em questão estão localizados no domínio da grande unidade geotectônica, de idade arqueana, denominada Cráton do São Francisco (Almeida, 1977). Sobre este cráton, durante o Mesoproterozóico, se desenvolveu uma grande bacia de natureza intracratônica onde foram depositados sedimentos que fazem parte da Bacia intracratônica do São Francisco. (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.

Além de vários eventos que se sucederam em seu contexto evolutivo, a exemplo das intrusões graníticas a tonalíticas, o Cráton do São Francisco também foi palco de sucessivos ciclos de sedimentação, que deram origem a diferentes unidades litoestratigráficas desde o

final do Paleoproterozóico, em condições de bacia intracratônica, denominada de “Bacia Sedimentar do São Francisco” (MARTINS-NETO; PINTO, 2001).

Para Almeida (1977), Alkmim et al. (1993) e Trompette (1994), o Cráton do São Francisco corresponde a um bloco continental rígido, que se desenvolveu no Arqueano, com repetição de processos tectonomagmáticos e que se manteve relativamente estável durante a deformação das faixas móveis marginais ao longo do evento Brasiliano-Panafricano, dentre as quais inclui-se o Orógeno Brasília (Faixa Brasília), a oeste e o Orógeno Araçuaí, a leste. Dessa forma, as camadas sedimentares pertencentes à Bacia Sedimentar do São Francisco, depositadas sobre o Cráton do São Francisco, apresentam-se praticamente sem alteração na sua atitude, com os estratos horizontais a sub-horizontais.

O Cráton São Francisco foi definido por Almeida (1977) como uma porção da plataforma Sul-Americana consolidada como segmento litosférico no Arqueano e emoldurada pela orogênese brasileira (650-450Ma).

13.4.3. Considerações sobre a evolução geológica e geotectônica regional

13.4.3.1. Bacia Sedimentar do São Francisco

Para Alkmim & Martins-Neto (2001), a Bacia Sedimentar do São Francisco corresponde a uma bacia intracratônica que recobre o embasamento que representa o Cráton do São Francisco e abrange áreas dos estados de Minas Gerais, Bahia, Goiás e Tocantins. O preenchimento desta bacia apresenta uma evolução em dois ciclos distintos representada por unidades estratigráficas com características distintas e idades que variam do Paleo/Neoproterozóico ao Cretáceo Superior.

A evolução tectono-sedimentar da Bacia Sedimentar do São Francisco ainda é controversa, pois não há unanimidade em relação aos processos que atuaram no seu desenvolvimento. Kiang et al. (1988) sugeriram tratar-se, à priori, de Fold and Thrust Belts, ou seja, cinturões de dobras de empurrão, capazes de formar complexas Forelands basins (bacias alongadas e paralelas a orógenos, também denominadas bacias do tipo antepaís) devido as flexuras originadas de reajustamento isostático.

Apesar de a forma alongada da Bacia Sedimentar do São Francisco na direção N-S e o seu paralelismo com o aulacógeno do Reconcavo-Tucano-Jatobá sugerirem tratar-se de um rifte relacionado à evolução da margem continental brasileira, Campos & Dardenne (1997) constataram uma tectônica pouco pronunciada, o que contraria a hipótese de evolução por

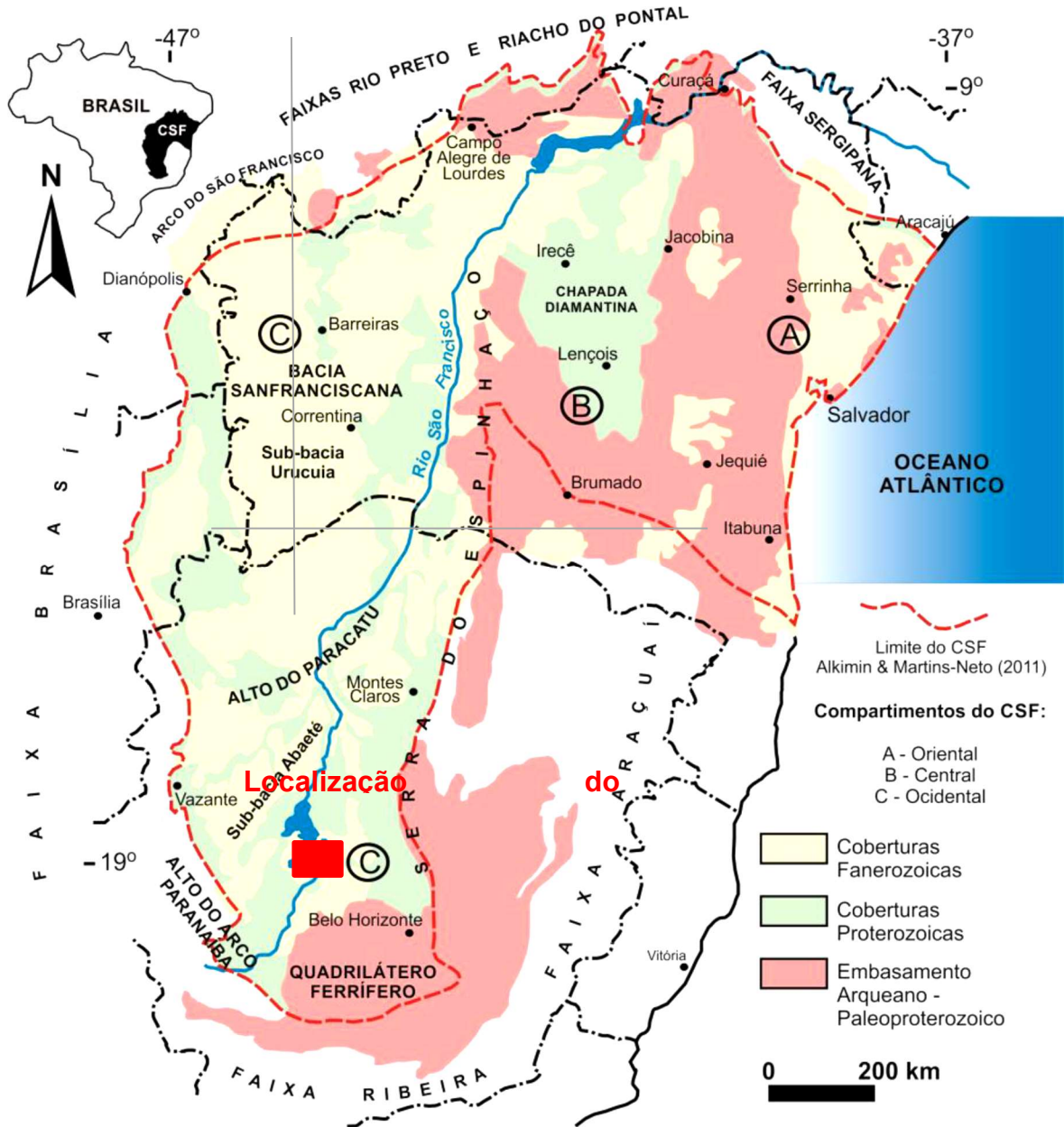
rifteamento. Com base no conhecimento detalhado dos aspectos tectônicos da bacia, os autores referidos propuseram um modelo de preenchimento de calha tipo sag, ou seja, uma ampla bacia intracontinental com pequena subsidência, apenas localmente afetada por incipientes processos tafrogênicos.

Desde o Paleozóico até o recente, vários estágios tectônicos controlados por períodos de relativa estabilidade, rápidas inversões nos campos de tensão extensivos/compressivos e movimentos verticais de compensação isostática marcaram a gênese e evolução da bacia.

Segundo Campos & Dardenne (1977), os limites longitudinais da bacia são paralelos às faixas Brasília e Araçuaí/Espinhaço Setentrional, as quais representam extensos thrust-and-folded belts brasileiros. A distância entre as margens atuais da bacia e as faixas dobradas é de mais de 150 km (Figura 13.4.3.1-1). Contudo, a presença de testemunhos isolados de coberturas fanerozóicas nas regiões de Montes Claros/MG (borda Leste) e Buritis/MG (borda Oeste) mostra que a bacia era mais larga do que atualmente é observada. Apenas na borda Oeste da Sub-Bacia Abaeté, em seu segmento Sul, os limites da bacia alcançam os lineamentos da Faixa Brasília.

Alkmim e Martins-Neto (2001) apresentaram a estratigrafia da bacia sanfranciscana, composta pelas seguintes unidades: Supergrupo Espinhaço (Paleo/Mesoproterozóico); Supergrupo São Francisco (Neoproterozóico); Grupo Santa Fé (Paleozóico); e grupos Areado, Mata da Corda e Urucuaia (Cretáceo). O Quadro 13.4.3.1-1, a seguir, apresenta uma síntese estratigráfica da Bacia Sedimentar do São Francisco conforme os referidos autores.

Figura 13.4.3.1-1: Mapa geológico simplificado do Cráton do São Francisco (CSF), ilustrando o embasamento Arqueano-Paleoproterozóico, os cinturões brasilianos, as coberturas Proterozóicas e as coberturas Fanerozóicas destacando a bacia Sanfranciscana, as sub-bacias e seus limites (modificado de Alkmin e Martins Neto 2001).



Quadro 13.4.3.1-1: Síntese estratigráfica da Bacia Intracratônica do São Francisco (Adaptado de Alkmim e Martins-Neto (2001) e Baptista (2004).)

UNIDADE		IDADE	AMBIENTE	BACIA	PRINCIPAIS ROCHAS
Grupo Urucuia		Cretáceo	Eólico	Aulacógeno	Arenitos
Grupo Mata da Corda			Marinho		Vulcânicas alcalinas
Grupo Areado			Flúvio-lacustre		Conglomerados e arenitos
Grupo Santa Fé		Permo-carbonífero	Glaciomarinho	Sinéclise	Diamictitos e folhelhos
Supergrupo São Francisco	Grupo Bambuí	Neoproterozóico	Marinho Plataformar	Antepaís	Siltitos, calcipelitos, arenitos, conglomerados e carbonatos
	Grupo Macaúbas		Glaciocontinental	Rifte	Diamictitos e arenitos
Supergrupo Espinhaço		Mesoproterozóico	Eólico	Aulacógeno	Quartzitos
		Paleoproterozóico	Marinho		
Embasamento (Craton)		>1,8 Ga			Gnaisses

O Supergrupo São Francisco, principal unidade presente na área de estudo, é constituído do Grupo Macaúbas, formado por processos glacio-continentais; e do Grupo Bambuí, de origem marinha (ALKMIM; MARTINS-NETO, 2001).

13.4.3.2. Grupo Bambuí

De acordo com Almeida (1977), o Grupo Bambuí formou-se a partir da sedimentação marinha durante uma fase de submersão de praticamente todo o Cráton. Para Alkmim e Martins Neto (2001), o Grupo Bambuí apresenta intercalação de rochas carbonáticas (químicas) com rochas terrígenas (compostos de clastos minerais e de rochas).

O Grupo Bambuí representa um espesso conjunto de rochas pelito-carbonáticas plataformais com eventuais ruditos basais que recobre grande parte do Cráton do São Francisco e de suas faixas marginais. A unidade apresenta espessuras que variam de poucas centenas de metros no norte do estado de Minas Gerais, na região de Montalvânia, a mais de 2000 m, ao longo da borda ocidental da bacia (Dardenne 1981, Fugita & Clark Filho 2001, Zalán & Romeiro-Silva 2007).

A idade do Grupo Bambuí ainda é controversa. A idade isocrônica Pb-Pb indicaram a idade de 740 ± 22 Ma (Babinski et al. 2007) em datação de carbonatos da Formação Sete Lagoas. Rodrigues (2008) encontra a idade de 630 Ma (U-Pb) a partir de zircões em intecalações pelíticas, o que sugere uma idade substancialmente mais jovem.

A divisão litoestratigráfica vigente, definida na porção centro-leste da bacia baseia-se, com poucas modificações, nos trabalhos pioneiros de Costa & Branco (1961) e Dardenne

(1978). Da base para o topo têm-se as formações Carrancas, Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias. Em consonância com Castro & Dardenne (2000), são também incluídos no grupo os depósitos rudíticos da Formação Samburá.

A seguir apresenta-se uma descrição sucinta das unidades do Grupo Bambuí:

- Formação Carrancas

Esta unidade encontra-se restrita à porção sul da Bacia, a qual corresponde à porção basal do Grupo Bambuí, em contato direto com o embasamento cristalino e subjacentes aos carbonatos da Formação Sete Lagoas. É composta por conglomerados polimíticos com matriz carbonática intercalados a lentes de arenitos com seixos (Vieira et al. 2007).

- Formação Sete Lagoas

Ocorre principalmente na região de Sete Lagoas, com correlatos em Arcos (MG), na Serra de São Domingos (GO) e em alguns pontos da porção centro-norte da bacia. Na sua área tipo é composta por uma sucessão de margas, pelitos, dolomitos e calcários, que, localmente, contêm estromatólitos colunares e porções oolíticas (Dardenne 1981).

- Formação Samburá

Esta unidade aflora apenas no setor sudoeste da Bacia do São Francisco é composta por orto e paraconglomerados, com seixos de quartzo, xisto, gnaisses, milonitos, quartzitos e filitos. Em direção ao topo, estes depósitos intercalam-se com siltitos e argilitos feldspáticos (Magalhães 1989).

- Formação Serra de Santa Helena

As principais exposições da unidade ocorrem na porção sudeste da Bacia do São Francisco, onde se sobrepõe concordantemente sobre os carbonatos da Formação Sete Lagoas. Litologicamente, é constituída por folhelhos e siltitos cinza a cinza esverdeados laminados, frequentemente intercalados por arenitos finos e calcários acinzentados (Dardenne 1978, Dardenne 1981).

- Formação Lagoa do Jacaré

Ocorre principalmente nas regiões leste e norte da bacia, assentando-se concordantemente sobre a Formação Serra de Santa Helena (Dardene 1978, 1981), ou ocorrendo como lentes de dimensões quilométricas em meio aos pelitos desta unidade (Costa et al. 2009, Kuchenbecker 2013a). A Formação Lagoa do Jacaré é composta por alternância de calcários oolíticos e pisolíticos cinza-escuros, fétidos e ricos em matéria orgânica, siltitos e margas acinzentadas.

- Formação Serra da Saudade

A Formação Serra da Saudade ocorre praticamente em toda a Bacia do São Francisco. Segundo Dardenne (1981), a unidade é formada por siltitos, argilitos e folhelhos cinzentos e verdes, intercalados por calcários negros, ricos em matéria orgânica, além de bancos oolíticos e pisolíticos com estratificações cruzadas acanaladas.

- Formação Três Marias

A Formação Três Marias corresponde ao topo do Grupo Bambuí. É composta predominantemente por arcóseos e siltitos verdes a cinza-esverdeados, depositados ambiente plataformal raso, sob intensa influência de ondas de tempestade (Chiavegatto 1992). Segundo Costa et al. (2013a) a espessura mínima da unidade da ordem de 500 m, na região de Três Marias (MG).

As Fazendas Mangabal e Buriti Comprido estão localizadas na porção sul da bacia Bambuí, portanto próxima de seu limite com o embasamento cristalino Arqueano e Paleoproterozóico, conforme pode ser observado na FIGURA 13.4.3.2-1 precedente.

13.4.3.3. Bacia Sanfranciscana

Em discordância erosiva com o Grupo Bambuí ocorrem espessos depósitos sedimentares de idade cretácica pertencentes aos grupos Areado e Mata da Corda.

Estas unidades têm sua gênese relacionada ao estiramento crustal produzido durante a abertura do Atlântico Sul. No Eocretáceo esta fase de tectônica distensiva foi responsável pela formação de um conjunto de falhamentos normais e pela reativação de algumas descontinuidades Proterozóicas. A movimentação de blocos resultou no desenvolvimento de uma bacia receptora com geometria graben-horst, onde se depositaram conglomerados, brechas e arenitos da Formação Abaeté, siltito, argilito, folhelho e subordinadamente, arenito fino a grosso da Formação Quiricó e arenitos estratificados pertencentes ao Grupo Areado.

Por fim, rochas vulcânicas piroclásticas e epiclásticas atribuídas ao Grupo Mata da Corda evidenciam a atividade magmática ocorrida durante o Neocretáceo, conforme a síntese da Bacia Sanfranciscana apresentada no Quadro 13.4.3.3-1, a seguir:

Quadro 13.4.3.3-1: Síntese estratigrafia da Bacia Sanfranciscana.

Unidade	Idade	Formações	Ambiente deposicional	Principais litologias
Grupo Urucuia		Serra das Araras	Eólico e fluvial	Conglomerados, arenitos e siltitos

		Posse		Arenitos finos a médios
Grupo Mata da Corda	Cretáceo (K)	Capacete	Vulcânico	Rochas alcalinas máficas e ultramáficas, tufo vulcânicos, brechas piroclásticas, arenitos
		Patos	Leques aluviais e fluvial entrelaçado	Tufo vulcânicos, brechas piroclásticas, siltitos lacustrinos e intrusões quimberlíticas.
Grupo Areado		Três Barras	Eólico Flúvio-deltáico	Arenitos e pelitos intercalados a arenitos
	Quiricó	Lacustre	Pelíticas, Pelito arenoso, folhelhos, siltito argiloso, Arenitos	
	Abaeté	Leques aluviais	Arenitos, arenitos conglomeráticos e arcossianos	
Grupo Santa Fé	Permo-Carbonífero	Brocotó	Flúvio-glacial	Diamictito, arenito, folhelhos e rochas carbonáticas
		Brejo do arroz		
		Lavado		

13.4.3.4. Grupo santa fé

A princípio, esse grupo é representado por um conjunto sedimentar de natureza glacial depositado durante o Permiano e Carbonífero.

Segundo Campos e Dardene (1997), esse grupo apresenta escassas áreas de afloramento, quando presentes encontram-se preservadas em paleo-depressões do embasamento que representam prováveis paleo-vales glaciais. Este grupo é composto pelas formações Floresta e Tabuleiro.

A Formação Tabuleiro recobre os membros da Formação Floresta além de ocorrer diretamente sobre o Grupo Bambuí. As áreas-tipo (Campos 1992) estão situadas em Canabrava e Santa Fé de Minas/MG. Sua espessura máxima alcança 180 metros na região de Santa Fé de Minas. Ao norte do Rio Urucuia, o Membro Brejo do Arroz atinge 70 metros de

espessura. No geral, os sedimentos do Grupo Santa Fé somam 60 a 80 metros de espessura na maioria dos sítios de ocorrência.

- Formação floresta

Campos e Dardene (1997) subdividiram Formação Floresta em três membros: Brocotó, Brejo do Arroz e Lavado, conforme a descrição que se segue:.

Membro Brocotó - É constituído essencialmente por diamictitos de coloração vermelho tijolo, com variações nas proporções de matriz entre 30 e 80%. Os mecanismos de deposição deste membro estão diretamente relacionados à presença de capas de gelo. Podem estar associados a materiais residuais de bases de geleiras em movimento (lodgement till) ou serem produtos de derretimento de capas de gelo saturadas de detritos (melt-out till). Como a região em estudo é caracterizada por paleoclima temperado, os sedimentos do tipo melt-out till são mais comuns.

Membro Brejo do Arroz - É caracterizado por folhelhos vermelhos, rosados ou ocres bem laminados, apresentando clastos caídos (seixos e calhaus). Associados aos folhelhos, comumente ocorrem intercalações milimétricas a centimétricas de siltitos e arenitos finos. Localmente se destacam níveis contínuos ou lenticulares (decimétricos a métricos) de paraconglomerados. Pacotes de varvitos, embora não muito comuns, também são observados em diversas posições estratigráficas.

Membro Lavado - É constituído por arenitos heterogeneos vermelhos e secundariamente por diamictitos de matriz arenosa, conglomerados e conglomerados intraformacionais. Os arenitos são finos, médios ou grossos, argilosos ou puros, sempre cimentados por calcita, sendo localmente o cimento do tipo sintaxial. Os diamictitos e conglomerados indicam retrabalhamentos, pois são principalmente compostos por fragmentos arredondados dos próprios arenitos.

- Formação Tabuleiro

É constituída por arenitos médios, vermelhos, rosados, brancos e maciços, dispostos em bancos horizontais intercalados por delgadas lâminas argilosas que podem chegar a alguns centímetros de espessura. Na base ocorrem camadas de argilitos pouco estratificados com grãos de quartzo foscas flutuantes. Na região de Urucuia ocorrem níveis de calcários microcristalinos e margas cinzas. Os arenitos e argilitos são dispostos em camadas plano-paralelas e, mais raramente, estratificações cruzadas.

13.4.3.5. Grupo areado

Aos sedimentos pertencentes ao Grupo Areado é atribuída a idade Eocretácica, tendo sido inicialmente estudados na região do Alto Paranaíba. Esta unidade encontra-se distribuída de forma descontínua por toda a extensão da bacia Sanfranciscana e, de maneira contínua na sub-bacia do Abaeté, onde a unidade Areado apresenta espessuras superiores a 200 metros no seu depocentro e rápido adelgaçamento lateral. Para norte as espessuras desta unidade não ultrapassam algumas dezenas de metros.

O Grupo Areado é a unidade da Bacia Sanfranciscana com maior variação lateral de litofácies. As mudanças laterais são função da atuação simultânea de diversos ambientes deposicionais, entre os quais leques aluviais, fluviais entrelaçados, fluvio-deltáicos, lacustres, campo de dunas e interdunas.

O Grupo Areado é composto por três formações fortemente interdigitadas, conforme descritas a seguir:

- Formação Abaeté

A Formação Abaeté caracteriza-se como a unidade basal do Grupo Areado. Apesar de não ser contínua, apresenta uma ampla distribuição horizontal, principalmente na porção centro-sul da bacia, distribuída sobre uma faixa alongada de orientação SO-NE que se estende desde Patos de Minas até as margens do rio São Francisco.

Os conglomerados da Formação Abaeté apresentam importantes diferenças petrográficas quando comparadas suas ocorrências no extremo sul e nas demais regiões da bacia. Na porção sul, região limitada à área afetada pelo soerguimento do Alto Paranaíba, ocorrem conglomerados polimíticos comumente sustentados pela matriz e com predomínio de clastos de metassiltitos do embasamento local. Já nas demais regiões da bacia, inclusive na área-tipo próximo a Abaeté/MG, os conglomerados são sustentados pelos clastos, com amplo predomínio de seixos de quartzitos e melhor grau de organização. As espessuras destes conglomerados variam desde alguns centímetros até 30 metros, ficando na maior parte dos casos, compreendidos entre 0,5 e 2,0 metros. Quando a sua espessura atinge dezenas de metros, os conglomerados associam-se a inúmeras fácies arenosas, sempre preenchendo paleo-depressões no embasamento.

- Formação Quiricó

É composta predominantemente por sedimentos pelíticos, com folhelhos e siltitos esverdeados, rosados, ocres, violáceos ou avermelhados, que ocorrem interestratificados

entre si, apresentando rápidas variações de cores. Subordinadamente ocorrem intercalações de arenitos finos, médios e grossos, os quais são mais frequentes na parte superior da sequência. De maneira restrita, ocorrem fácies de calcários micríticos cinza esverdeados dispostos em bancos maciços associados aos pelitos (Sgarbi, 1989). Apenas confinados à região de Varjão-São José de Geribá, no Município de Presidente Olegário, ocorrem folhelhos pretos, ricos em material orgânico, refletindo um ambiente mais profundo. Esta fácies, além de apresentar uma distribuição restrita, mostra espessuras reduzidas, não superiores a 5 metros (Kattah, 1991) De uma forma geral, as litologias pelíticas predominam na base da unidade, enquanto as intercalações arenosas se situam na porção mediana da seção, sendo mais comuns para o topo. Além do proeminente acamamento plano-paralelo, diversas estruturas sedimentares são observadas: laminações e estratificações cruzadas, marcas onduladas assimétricas, climbing ripples, moldes de pseudomorfo de sais, marcas de sola, concreções carbonáticas e canais de corte e preenchimento.

- Formação Três Barras

Segundo Campos e Dardene (1997), esta unidade do Grupo Areado apresenta a maior diversidade litológica e a mais ampla área de ocorrência na área da bacia. Também apresenta as maiores variações laterais de fácies, sendo constatada a atuação simultânea de sistemas fluviais, fluvio-deltáicos e desérticos. As espessuras máximas alcançam 150 metros na sub-bacia Abaeté. Em direção ao norte, a unidade se adelgaça rapidamente, apresentando espessuras da ordem de 20 a 40 metros. Na sub-bacia Urucuia, esta formação ocorre apenas na forma de morros testemunhos isolados, com espessuras da ordem de 10 a 15 metros. Na Formação Três Barras, predominam três fácies distintas de arenitos, descritas a seguir:

Fácies 1 - Representada por arenitos médios, brancos, esverdeados ou rosados, dispostos em estratos cruzados de grande porte, com *foresets* tangenciais. Apresentam comumente granulometria bimodal, grãos esféricos com superfície fosca.

Fácies 2 - Constituída por arenitos médios a finos, brancos, amarelados, apresentando estratos decimétricos planoparalelos e estratificações cruzadas de médio e pequeno porte. Frequentemente ocorrem intercalações de delgados níveis argilosos. As fácies com maior porosidade primária apresentam cimento calcífero, comumente observado nas rochas menos intemperizadas.

Fácies 3 - Caracterizada por arenitos e *wackes* vermelhos, rosados, na forma de lentes, lobos (isolados ou amalgamados), canais, em bancos maciços, com estratificação plano-paralela ou em estratos cruzados tabulares e acanalados. São comuns os corpos arenosos de

feições gerais sigmoidais. Esta fácies encontra-se bem desenvolvida na zona de transição entre as formações Três Barras e Quiricó.

13.4.3.6. Grupo mata da corda

De acordo com Campos e Dardene (1997), o Grupo Mata da Corda é caracterizado pela presença de rochas vulcânicas máficas alcalinas denominadas de Kamafugitos, em forma de derrames e diques. Rochas piroclásticas (aglomerados e brechas vulcânicas, lapilitos, tufos e cineritos), plutônicas alcalinas e sedimentares epiclásticas completam a suíte litológica desta unidade.

As rochas máficas-ultramáficas registram uma atividade vulcânica no Neocretáceo, sendo que esse magmatismo originou deformações e silicificação nas rochas encaixantes do Grupo Areado. O Grupo Mata da Corda é dividido em duas unidades: Formação Patos e Capacete.

- Formação Patos

A Formação Patos consiste em rochas alcalinas máficas e ultramáficas de característica efusiva e piroclástica (predominante) chamadas kamafugitos. Nota-se na unidade vestígios de crateras, caldeiras, diques e plugs que alimentaram as atividades vulcânicas.

A distribuição desta unidade na Bacia Sanfranciscana está restrita à região de Patos de Minas, Presidente Olegário, São Gonçalo do Abaeté e São Gotardo. É comum se observar uma espessa canga laterítica brechóide de cor ocre/amarelada recobrendo a Formação Patos, sendo esta totalmente distinta das coberturas de lateritos que se desenvolvem sobre as demais unidades em outras porções da bacia.

- Formação Capacete

Formação Capacete é constituída por rochas epiclásticas de granulometria variável entre argila e seixos e calhaus, representadas por argilitos, arenitos líticos, ortoconglomerados e paraconglomerados vulcânicos, predominantemente em tons de cinza e verde nas rochas menos intemperizadas a tons rosados e avermelhados nas rochas intemperizadas. As estruturas sedimentares mais frequentes são as estratificações cruzadas acanaladas e geometria de cunha.

Formação Capacete representa o produto do retrabalhamento das rochas vulcânicas da Formação Patos, sendo constituída por rochas epiclásticas com fragmentos petrograficamente similares às rochas vulcânicas da Formação Patos.

Os sedimentos que deram origem às rochas da Formação Capacete foram depositados em um sistema de leques aluviais distais, transicionando para fácies fluviais entrelaçadas. Também não se pode desprezar a contribuição eólica em razão da presença de grãos de quartzo esféricos e foscas.

13.4.3.7. Grupo Urucuia

As rochas dessa unidade estão restritas à porção do Estado de Minas Gerais localizada ao norte da bacia hidrográfica homônima e se estendendo em direção ao norte, até o sudeste do estado do Piauí, onde se sobrepõe aos sedimentos da Bacia do Parnaíba.

O Grupo Urucuia é majoritariamente composto por uma unidade arenosa com um amplo espalhamento geográfico pela Bacia Sanfranciscana, no qual há a influência de um ambiente fluvial e eólico. Duas unidades são reconhecidas compondo o Grupo Urucuia: as formações Posse e Serra das Araras.

A Formação Posse é constituída por arenitos médios a muito finos com elevada maturidade textural e mineralógica. Esta formação pode ser subdividida em duas litofácies:, a primeira, atribuída a um ambiente eólico de campos de dunas caracterizado pelas ocorrências de estratificações cruzadas de grande porte nos arenitos em conjunto de outras estruturas indicativas de deslizamento de grãos na parte frontal das dunas, bimodalidade dos grãos, ausência de matriz argilosa e grãos bem selecionados; a segunda, gerada em ambiente fluvial entrelaçado, é composta por arenitos finos, embora bem selecionados são menos maduros em relação à primeira litofácies e estratificações cruzadas tabulares de pequeno porte.

A Formação Serra das Araras é constituída por arenitos polimodais, argilitos e conglomerados finos e grossos. A existência de grãos esféricos e polidos indica a interferência eólica na geração dessa unidade, porém, outras características observadas nos sedimentos, que mostram a variação do regime de fluxos e de carga por tração e suspensão, sugerem a contribuição de ambiente fluvial na deposição de partículas que formam as rochas da unidade.

13.4.4. As áreas de influência do empreendimento no contexto geológico regional e local

As áreas de influência das Fazendas Mangabal e Buriti Comprido estão inseridas na porção de abrangência do Grupo Bambuí (Neoproterozóico) e de uma cobertura sedimentar, de idade Cenozóica – atribuída aos períodos Terciário e Quaternário, que recobre parcialmente as litologias daquele grupo.

Levantamentos de Informações bibliográficas de cunhos locais e regionais realizados para a elaboração do presente diagnóstico geológico possibilitaram a compreensão do arcabouço geológico da região onde se insere o empreendimento. O estado da arte da geologia regional e local indica a ocorrência das seguintes unidades geológicas nesta porção sul da

Bacia do São Francisco: as formações Serra da Saudade e Três Marias, ambas pertencentes ao Grupo Bambuí e uma cobertura detrito-laterítica cenozoica.

13.4.4.1. Formação Serra da Saudade (Grupo Bambuí)

Nas áreas de influência do empreendimento esta unidade geológica é constituída por siltitos intensamente intemperizados os quais assumem colorações que variam de bege a vermelho. A cor predominante nos afloramentos de pelitos desta unidade é o lilás, porém níveis de siltitos esverdeados denominados de verdetes também podem ser observados, ambos se apresentam finamente laminadas.

Estruturalmente, os tipos litológicos pertencentes a esta unidade geológica apresentam laminação plano-paralela. Nos níveis com maior contribuição de areia passam a exibir estratos com maior espessura com desenvolvimento de marcas onduladas (ripple marks), laminação cruzada e, mais raramente, estratificação cruzada. Estratos e laminações plano-paralelas e subhorizontais da unidade Serra da Saudade constituem indicativos da ausência de atividade tectônica que poderia alterar a atitude das camadas originalmente horizontais.

Os tipos litológicos da Formação Serra da Saudade não se encontram aflorantes na maior parte da AID em razão da formação do reservatório da UHE Três Marias e da cobertura da cenozóica nas porções emersas. Nos limites da ADA e da AID as rochas pertencentes esta unidade geológica encontra-se obliteradas pela cobertura cenozóica, de maneira que nenhum afloramento de materiais líticos pode ser observado em todas as suas extensões.

As Figuras 13.4.4.1-1 e 13.4.4.1-2 mostram os tipos litológicos da Formação Serra da Saudade observados nordeste da AID do empreendimento, porém fora de seus limites.

Figura 13.4.4.1-1: lamito intemperizado contendo proporções variáveis de areia fina a muito fina, com coloração lilás pertencentes à Formação Serra da Saudade. Atentar para a laminação sub-horizontal.



Figura 13.4.4.1-2: Siltito lilás pertencentes à Formação Serra da Saudade.



13.4.4.2. Formação Três Marias

Embora a Formação Três Marias esteja presente em praticamente toda a bacia do rio São Francisco no estado de Minas Gerais, esta unidade geológica não ocorre nas áreas de influência do empreendimento.

As áreas mais próximas onde as suas litologias podem ser observadas estão localizadas a leste e nordeste da ADA do empreendimento, a distância mínima de pouco mais de 15 quilômetros.

13.4.4.3. Cobertura cenozoica

Amplamente distribuída na ADA e AID do empreendimento, as coberturas coluvionares detrítico-lateríticas ocupam as porções de relevo plano a suavemente ondulado. Nas vertentes dos vales fluviais em razão da intensa dissecação erosiva dão lugar aos litotipos da Formação Serra da Saudade.

Os aspectos mais característicos desta cobertura são a ausência de litificação, textura argilosa e coloração vermelho intenso. Em locais de relevo aplanado e distante de drenagens fluviais a sua espessura pode chegar aos 6 m.

As figuras 13.4.4.3-1 a 13.4.4.3-4 mostram aspectos da cobertura cenozoica.

Figura 4.4.3-1: Cobertura cenozoica presente no vale do rio São Francisco, onde se localiza a ADA do empreendimento. Esta cobertura é composta de materiais detrítico-lateríticos que recobrem a Formação Serra da Saudade. Atentar para o relevo plano a suave ondulado características das áreas de ocorrência.



Figura 13.4.4.3-2: Aspecto dos materiais detrítico-lateríticos da cobertura cenozóica. Texturalmente, se caracterizam pela predominância de argila.



Figura 13.4.4.3-3: Cobertura cenozóica na ADA, porém com maior porcentagem de areia.



Figura 4.4.3-4: Detalhe da cobertura cenozóica com maior teor de areia.



13.5. Geomorfologia

13.5.1. Metodologia e procedimentos técnicos operacionais

A caracterização geomorfológica das áreas de influência do empreendimento foi realizada com o objetivo de diagnosticar aspectos naturais dos terrenos (formas de relevo, feições, morfometria e processos) que possam sofrer reflexos diretos e/ou indiretos das atividades e infraestruturas das fazendas Mangabal e Buriti Comprido. Para tanto, foram utilizados dados primários e secundários e o seu tratamento, visando uma melhor compreensão das condições naturais dos terrenos em termos de suas limitações (impactos negativos) e potencialidades (impactos positivos) relacionadas às atividades do empreendimento.

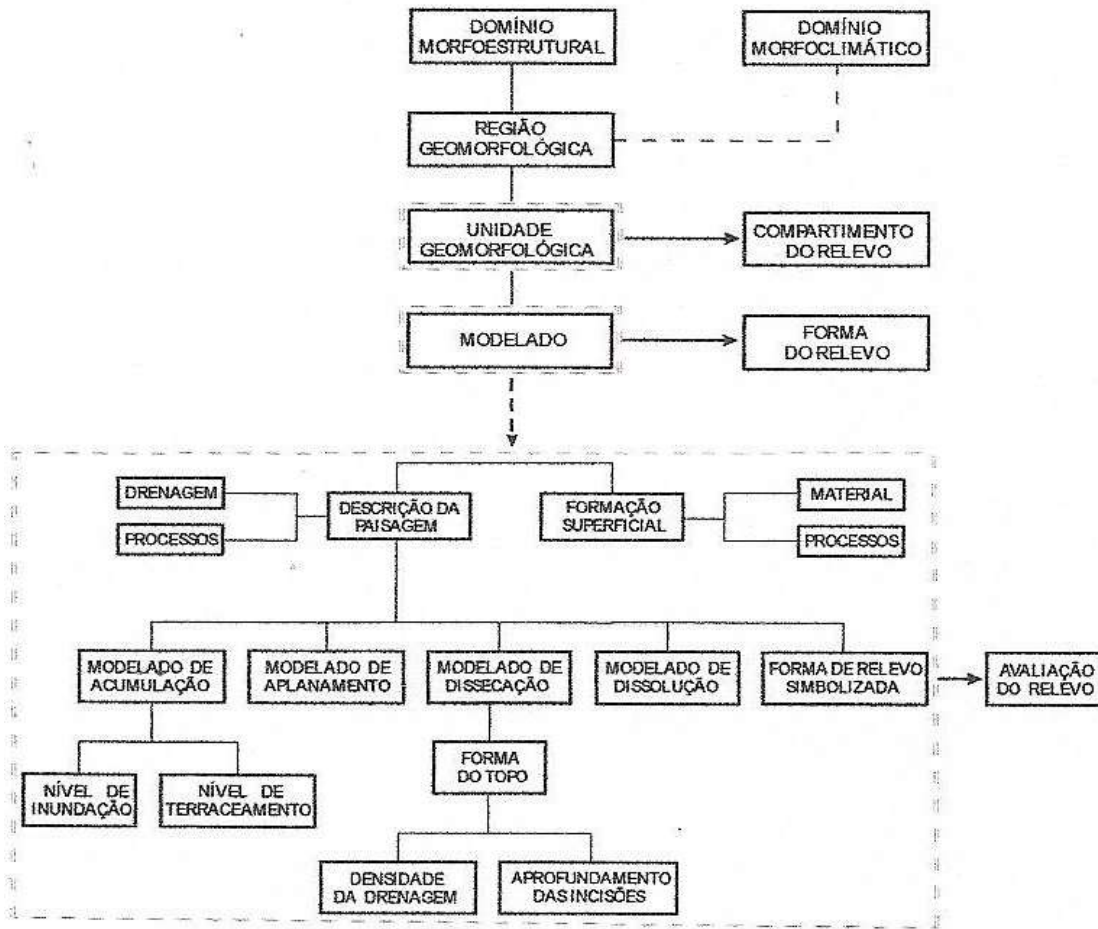
Nesse sentido, foram realizados levantamentos em acervo bibliográfico com foco na região onde se insere o empreendimento, tais como: dissertações; teses; artigos científicos em periódicos; publicações técnicas; livros; mapas diversos; dentre outros. Dados primários foram produzidos ao longo da elaboração do presente diagnóstico do meio físico, principalmente em levantamento de campo. A análise e interpretação de fotografias aéreas e mapas topográficos também se constituíram em uma ferramenta importante para a identificação e caracterização das unidades geomorfológicas de forma abrangente e, de maneira particular, as feições dos terrenos e processos, com maior ênfase nos limites da AID e ADA do empreendimento.

A descrição geomorfológica da AID do empreendimento seguiu a metodologia de mapeamento apresentada pelo IBGE (2009), que apresenta o seguinte princípio básico:

“A metodologia tem 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 13.5.1-1, a seguir, apresenta a taxonomia para mapeamento geomorfológico adotada pelo IBGE (2009).

Figura 5.1-1: Taxonomia para mapeamento geomorfológico (IBGE, 2009).



A Tabela 13.5.1-1 apresenta os níveis hierárquicos da metodologia de mapeamento geomorfológico do IBGE (2009).

Tabela 13.5.1-1: Descrição dos níveis hierárquicos segundo a metodologia do IBGE (2009). (IBGE 2009, modificado.)

		CARACTERÍSTICAS	EXEMPLOS
NÍVEIS HIERÁRQUICOS	DOMÍNIO MORFOESTRUTURA L	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 A	Representam compartimentos inseridos nos conjuntos litomorfoestruturais que, sob a ação dos fatores climáticos pretéritos e atuais, lhes conferem características genéticas comuns, agrupando feições semelhantes, associadas às formações superficiais e às fitofisionomias.	Chapada Diamantina Serra da Mantiqueira Serra do Espinhaço
	UNIDADES GEOMORFOLÓGICA S	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 similar em 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 impostas 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).

A caracterização geomorfológica da AID/ADA do empreendimento envidou especial atenção aos aspectos do relevo quanto à declividade e comprimento das rampas, fatores esses condicionantes da geração, concentração e volume de escoamento superficial, com vistas à colher subsídios no prognóstico dos possíveis impactos do ponto de vista geomorfológico associados à operação do empreendimento.

13.5.2. Aspectos geológico-geomorfológicos regionais

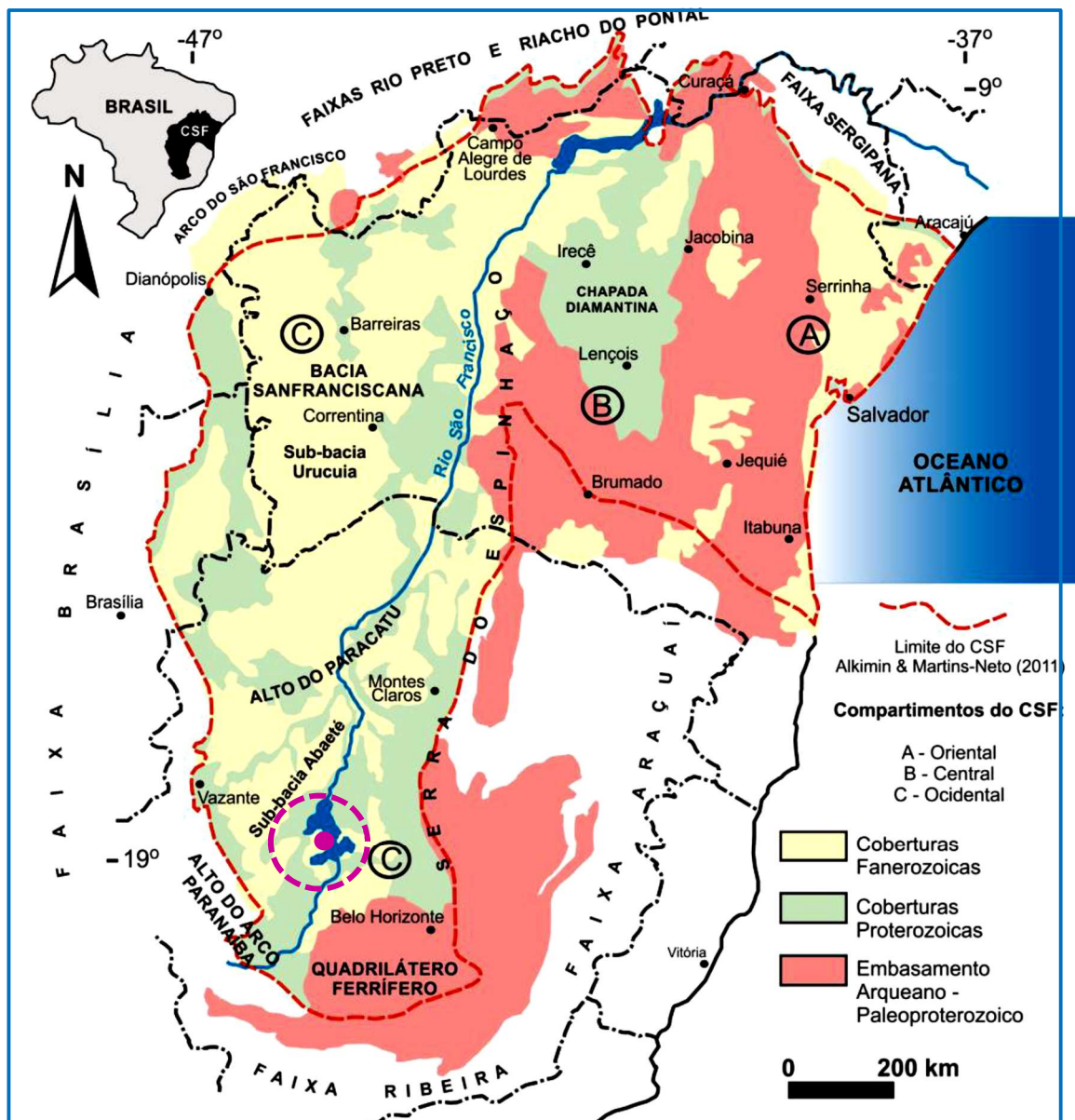
No contexto geológico regional, o empreendimento rural em questão está localizado no domínio da grande unidade geotectônica, estável desde o Arqueano, denominada Cráton do São Francisco. Sobre este cráton, durante o Mesoproterozóico, se desenvolveu uma grande bacia de natureza intracratônica onde foram depositados sedimentos que fazem parte da bacia intracratônica do São Francisco (Bacia Sedimentar do São Francisco), atribuídos ao Grupo Bambuí.

Posteriormente, durante o Fanerozóico (do Paleozóico ao Mesozóico), em discordância erosiva com as unidades sedimentares Mesoproterozóicas da Bacia do São Francisco, depositam-se espessas camadas sedimentares atribuídas aos grupos Santa Fé, Areado, Urucuia e Mata da Corda, estes pertencentes à Bacia Sanfranciscana. Esta fase

deposicional se encerra no Cretáceo com a deposição de sedimentos detríticos e materiais vulcânicos da Formação Patos (Grupo Mata da Corda).

A Figura 13.5.2-1 mostra o mapa geológico simplificado do domínio do Cráton do São Francisco (CSF), representando o embasamento Arqueano-Paleoproterozóico, os cinturões brasileiros, as coberturas Proterozóicas e Fanerozóicas destacando a bacia Sanfranciscana e as suas sub-bacias e seus limites.

Figura 13.5.2-1: Mapa geológico simplificado do Cráton do São Francisco (CSF), com representação do embasamento Arqueano-Paleoproterozóico, os cinturões brasileiros, as coberturas Proterozóicas pertencentes à Bacia do São Francisco e as coberturas Fanerozóicas da bacia Sanfranciscana, as sub-bacias e seus limites.



Fonte: (modificado de Alkmin e Martins Neto 2001).

Novaes Pinto (1986) ao estudar a Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu, no estado de Goiás, caracterizou as superfícies de aplainamento. Segundo a autora, houve um extenso aplainamento regional sobre rochas metamórficas dos grupos Araxá, Bambuí, Canastra e Paranoá, resultado de eventos morfoclimáticos que começaram no Cretácio Superior. A referida autora identificou superfícies residuais paleogênicas, com cotas maiores que 1.100 m de altitude, com topos aplainados e bordas protegidas da erosão por quartzitos e couraças lateríticas. Níveis topográficos menos elevados, entre 1.000 m e 1.100 m de altitude, caracteriza os remanescentes dessa superfície formadas por rochas menos resistentes ao intemperismo. Em níveis topográficos entre 800 m e 1.000 m, a autora denominou como superfície inferior, que representa as depressões com encaixe fluvial de idade pleistocênica.

13.5.3. Compartimentação do relevo na AID/ADA do empreendimento

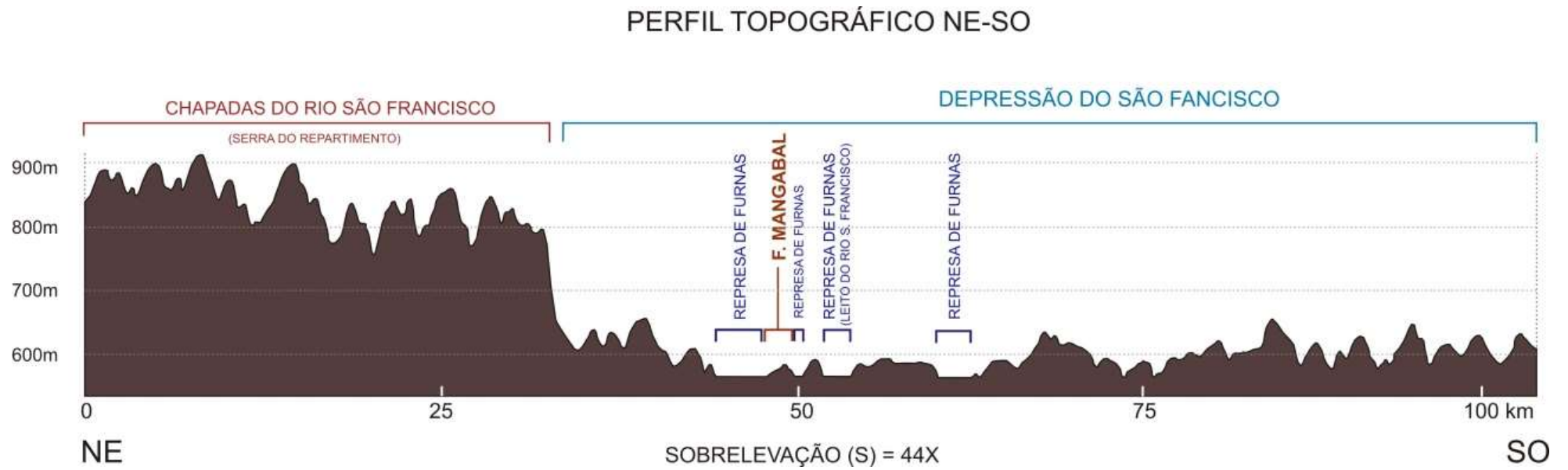
A Bacia Sedimentar do São Francisco na região compreendida entre Três Marias, Felixlândia e Pompéu, é representada por duas unidades morfoestruturais segundo IBGE, 2006: Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas e Cratons Neoproterozóicos.

O domínio morfoestrutural Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas é representado, na porção onde se insere o empreendimento, por planaltos e chapadas desenvolvidos sobre rochas sedimentares dispostas em estratos horizontais a sub-horizontais, eventualmente dobradas e falhadas, em ambientes de sedimentação diversos, dispostos em margens continentais e/ou interior do continente.

O domínio morfoestrutural Cratons Neoproterozóicos do Nordeste e Sudeste é constituído por planaltos residuais, chapadas, depressões interplanálticas, tendo como embasamento metamorfitos e granitóides associados e incluindo como cobertura rochas sedimentares e vulcano-plutônicas, deformadas ou não.

A Figura 13.5.3-1 representa um perfil topográfico com orientação NE-SO passando pela área do empreendimento. No perfil percebe-se nitidamente a Depressão do São Francisco integrante do domínio morfoestrutural Cratons Neoproterozóicos – subdomínio depressões interplanálticas e uma porção das Chapadas do São Francisco – pertencente ao domínio morfoestrutural Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas – subdomínio Planaltos e chapadas).

Figura 5.3-1: Perfil topográfico com orientação NE-SO passando pela área do empreendimento.



De acordo com o 4º nível taxonômico do IBGE (2009), na porção onde se inserem as fazendas Mangabal e Buriti Comprido, ocorrem as formas de dissecação – dissecados homogêneos, estruturais e em ravinas, além do modelado de aplanamento que se desenvolveram sobre o Cráton do São Francisco e morfoestrutura pertencente à Bacia Sedimentar do São Francisco (Depressão do Alto-Médio São Francisco – unidade 143, IBGE,2006). constituída predominantemente de rochas silticas da Formação Serra da Saudade (Grupo Bambuí).

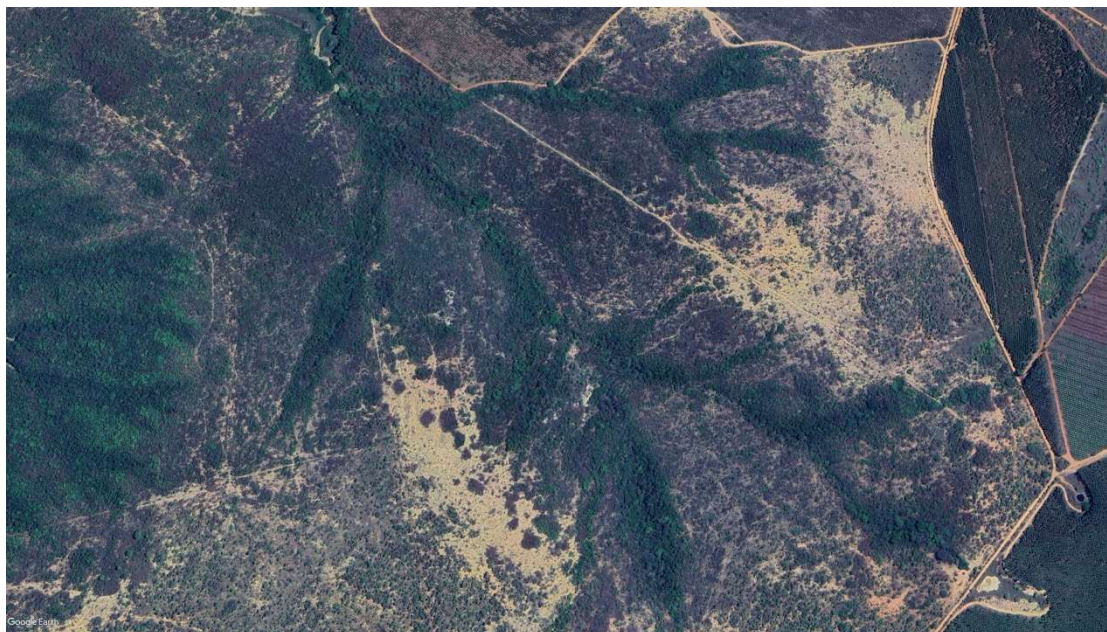
Especificamente na AID e ADA do empreendimento predomina o modelado de aplanamento. Este modelado se caracteriza por apresentar superfícies quase planas a suavemente ondulada, baixa densidade de drenagem, drenagens fluviais e, recoberto por espessa camada de sedimentos recentes de idade Cenozóica (Figura 13.5.3-2).

Secundariamente, o modelado dissecado estrutural e em ravinas ocorre nas porções dissecadas pelos cursos d'água que correm em direção ao São Francisco (Figura 13.5.3-3). Este modelado encontra-se ausente na AID e ADA do empreendimento.

Figura 13.5.3-2: Aspecto do modelado de aplanamento.

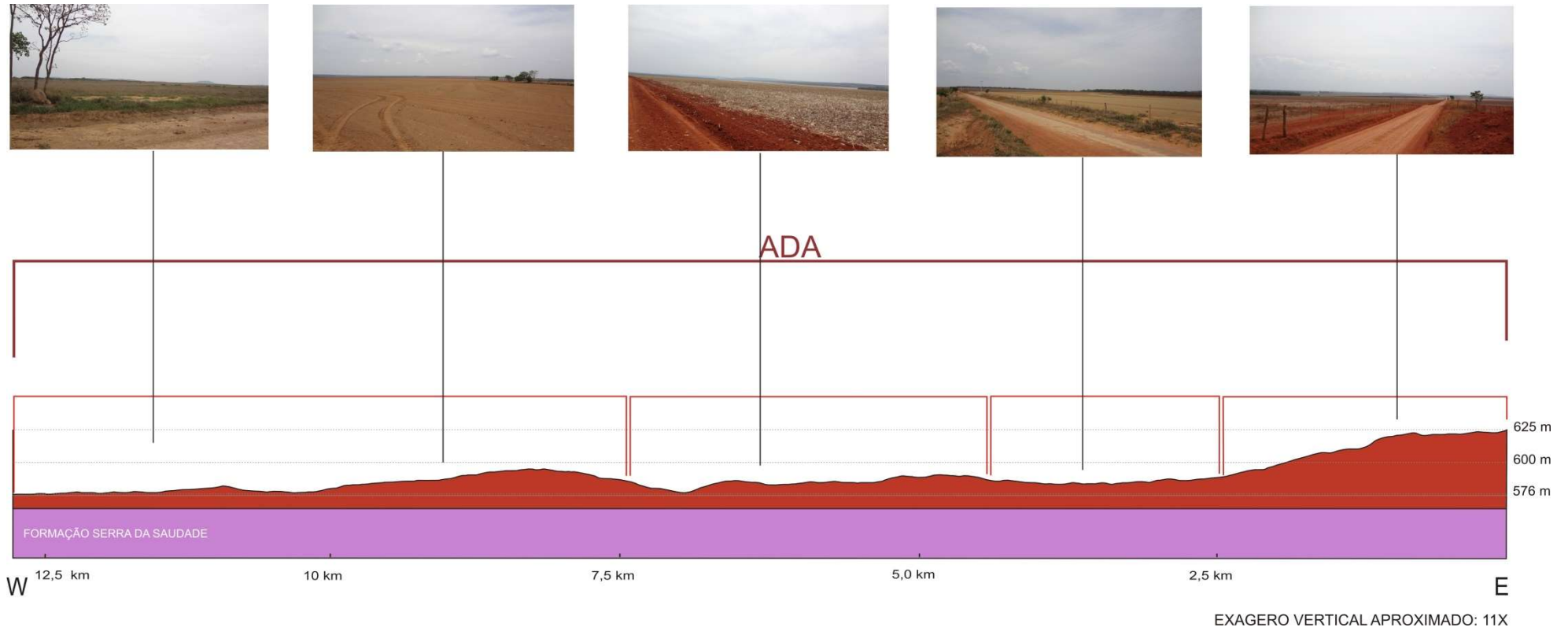


Figura 13.5.3-3: Aspecto do modelado dissecado estrutural, ausente na ADA e AID do empreendimento.



A Figura 13.5.3-4 mostra o perfil topomorfológico em modelado superfície de aplanamento representativo da ADA do empreendimento.

Figura 5.3-4: Perfil topomorfológico seccionando a ADA do empreendimento.



13.5.4. Processos geodinâmicos e hidrológicos nos modelados

13.5.4.1. Superfície de aplanamento – topo de relevo tabular

Este modelado é observado na maior parte da ADA do empreendimento. Ocupa a porção de topo dos divisores de águas da bacia do São Francisco e seus afluentes no compartimento geomorfológico denominado Depressão do São Francisco. As superfícies aplanadas apresentam cotas altimétricas variáveis entre 576 e 625 metros na ADA, representadas por uma antiga superfície de aplanamento recoberta por sedimentos cenozóicos e materiais de natureza pedológica (latossolos). Caracteriza-se como uma superfície de relevo muito suave, com inclinações que variam entre 0 e 8%, com predominância da declividade de 2% (Figura 13.5.4.1-1). Esta superfície foi esculpida sobre os siltitos da Formação Serra da Saudade – Grupo Bambuí e posteriormente recoberta por sedimentos detríticos de idade Cenozóica.

Figura 13.5.4.1-1: Modelado Superfície de aplanamento – topo de relevo tabular.



Em razão da baixa declividade e presença de materiais de cobertura (solos) porosos e permeáveis, predomina a infiltração sobre o escoamento superficial das águas pluviais. Dessa maneira, os processos geomorfodinâmicos são atenuados pelo relevo suave e materiais de cobertura.

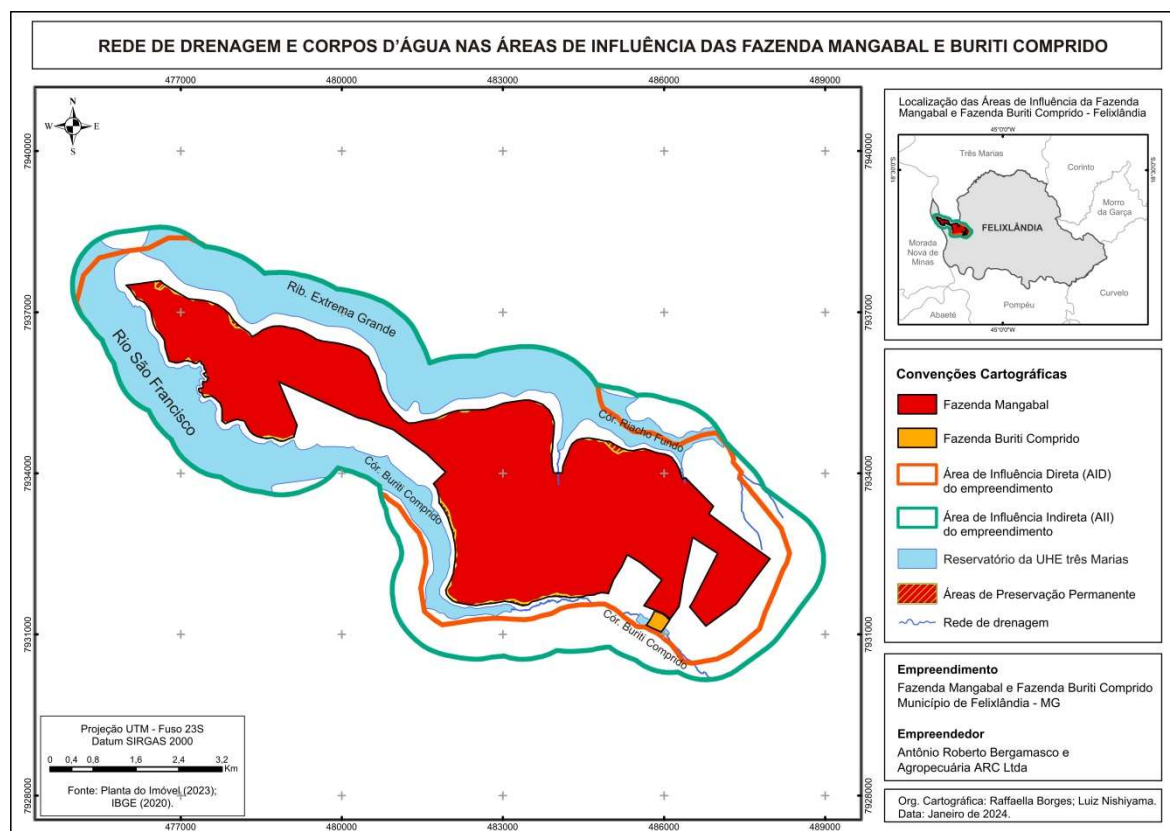
A água de infiltração na cobertura inconsolidada permite o armazenamento subsuperficial, formando uma zona saturada sobreposta aos siltitos da Formação Serra da

Saudade. Parte dessa água de infiltração migra para as zonas mais profundas através de descontinuidades (fraturas e planos de acamamento) dos siltitos da Formação Serra da Saudade. A maior parte transita lateralmente na camada Cenozóica até atingir o lago da UHE de Três Marias.

Esse modelado apresenta baixa a muito baixa densidade de drenagem (Figura 13.5.4.1-2). Tal característica atesta a elevada capacidade da cobertura de solos e sedimentos em permitir a infiltração da água da chuva. O reduzido escoamento superficial implica em baixa incidência de processos erosivos sobre a superfície deste modelado.

A ocupação pelas atividades econômicas, sobretudo a agricultura, é realizada de forma intensa nesse tipo de modelado, favorecida pelo relevo apropriado à mecanização agrícola e presença de solos espessos.

Figura 5.4.1-2: Rede de drenagem pobre no modelado superfície de aplanamento – topo de relevo tabular na ADA do empreendimento.



13.5.4.2. Modelado dissecado estrutural

Distintamente do modelado Superfície de aplanamento – topo de relevo tabular, no modelado de dissecção estrutural a infiltração das águas pluviais tende ser menor que o escoamento superficial. A principal causa da menor quantidade de infiltração se deve à

pequena espessura, ou até ausência total, da camada solo ou de sedimentos (cobertura Cenozóica).

Este modelado se encontra ausente na ADA do empreendimento. Por essa razão os processos geomorfodinâmicos e hidrológicos não serão objetos de descrição.

13.6. SOLOS

13.6.1. Procedimentos metodológicos

Para o conhecimento dos tipos de solos presentes nas áreas de influência das fazendas Mangabal e Buriti Comprido buscaram-se, inicialmente, informações em fontes secundárias, tais como: trabalhos acadêmicos (dissertações de mestrado, teses de doutorado, monografias, artigos em periódicos e anais de eventos científicos), Manual do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos-SiBCS (EMBRAPA, 2013), mapas de solo do estado de Minas Gerais produzidos pela UFV/CETEC/UFLA/FEAM (2010) e pelo Projeto RADAM BRASIL (1983) (Levantamento de Recursos Naturais).

Findada a fase de pesquisa em fontes bibliográficas, passaram-se a produção de informações diretamente no campo por meio de levantamentos da cobertura pedológica.

Importante salientar que os levantamentos de campo não foram realizados com o objetivo de se proceder à estudos detalhados das características dos solos presentes nas áreas das fazendas Mangabal e Buriti Comprido, por meio de coleta de amostras para posterior análises químicas, descrição de macroscópica e caracterização de horizontes nos perfis. Desse modo, procuraram-se identificar os tipos presentes a partir de suas características visuais associadas à cor, textura, estrutura e, quando possível, a espessura e a identificação de horizontes do solo.

13.6.2. Solos presentes na AID e ADA do empreendimento

A maior parte das áreas de influência do empreendimento se encontra no domínio dos Latossolos, nas variações vermelho e vermelho-amarelo. Neossolos Litólicos ocorrem em porções restritas da AID, principalmente nos trechos mais declivosos, onde a cobertura cenozoica já foi removida por processos denudacionais. Já, na ADA os Neossolos Litólicos se encontram ausentes.

A ordem dos Latossolos se diferencia das demais ordens de solos por ostentar horizontes profundos, bem drenados e coloração relativamente homogênea com matizes avermelhada e/ou amareladas.

A ADA do empreendimento acha-se representada predominantemente por Latossolo Vermelho distrófico e, secundariamente, pelo Latossolo Vermelho-Amarelo e Gleissolo Melânico, conforme a nomenclatura obtida na classificação do SiBCS (EMBRAPA, 2013).

13.6.2.1. Latossolos

Os Latossolos são tipos pedológicos que exibem avançado estágio de intemperização, condição esta que leva a caracterizá-los como solos muito evoluídos em decorrência de intensas transformações do material constitutivo. Por essa razão são destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo. São normalmente muito profundos, raramente com o perfil inferior a metro. Denotam como aspecto peculiar a pouca diferenciação entre os horizontes A, B, e C, com transições usualmente difusas ou graduais e o horizonte B latossólico.

Ostentam coloração avermelhada, alaranjada ou amarelada dependendo da quantidade e do tipo de óxidos de ferro presentes. Normalmente se apresentam friáveis, porosos, com textura variável e argila de atividade baixa (Tb). São predominantemente ácidos e quimicamente pobres.

Minerais primários pouco resistentes ao intemperismo, bem como a fração silte, ocorrem em pequenas proporções, enquanto que os teores de óxidos de ferro e alumínio são elevados. Pode ser observado um escurecimento no horizonte superficial devido à presença da matéria orgânica (EMBRAPA, 2013).

Possuem boas condições físicas que, aliadas ao relevo plano ou suave ondulado dos locais onde ocorrem, favorecem a mecanização agrícola e utilização para os mais diversos tratamentos agrícolas adaptados à região. Por ser profundo, poroso ou muito poroso e, se for eutrófico, propicia condições adequadas para um bom desenvolvimento radicular em profundidade (EMBRAPA, 2013).

Os Latossolos ocupam grandes extensões sobretudo em porções de relevo suave e suave ondulado, a exemplo do que ocorre na maior parte da Depressão do Alto São Francisco, onde se insere a AID e ADA do empreendimento. Os Latossolos ali presentes evoluíram do intemperismo de coberturas detrítico-lateríticas de idade Cenozóica.

13.6.2.1.1. Latossolos Vermelho

Segundo a EMBRAPA – AGEITEC disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br> (acessado em 18/09/2023), 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.

Especificamente na AID e ADA do empreendimento o Latossolo Vermelho presente é do tipo distrófico (3º nível categórico do SiBCS). Quanto às características e as implicações para uso e manejo (4º nível categórico do SiBCS) pode ser caracterizado como típico, ou seja, não apresenta nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação.

A seguinte variação de Latossolo Vermelho distrófico ocorre na AID e ADA do empreendimento conforme delimitada no Mapa de Solo do Estado de Minas Gerais (UFV/CETEC/UFLA/FEAM, 2010):

LVd2 – LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico A fraco/moderado textura argilosa fase cerrado, relevo plano e suave ondulado (Figuras 6.2.1.1 - 1, 6.2.1.1 - 2, 6.2.1.1 - 3, 6.2.1.1 - 4 e 6.2.1.1 - 5).

Esta variação tem como material de origem a cobertura Cenozóica (Terciário-Quaternário detrítico-laterítico) que revestem a maior parte da Depressão do Alto São Francisco, onde predomina relevo plano a suave ondulado.

Figura 13.6.2.1.1 – 1: Latossolo Vermelho distrófico na ADA do empreendimento. Atentar para o relevo plano a suave ondulado da área de ocorrência (Depressão do Alto São Francisco).



Figura 13.6.2.1.1 – 2: Latossolo Vermelho distrófico na ADA do empreendimento. Atentar para o relevo plano a suave ondulado da área de ocorrência (Depressão do Alto São Francisco).



Figura 13.6.2.1.1 – 3: Latossolo Vermelho distrófico na ADA do empreendimento.



Figura 13.6.2.1.1 – 4: Vista parcial de um perfil do Latossolo Vermelho distrófico presente na ADA do empreendimento.

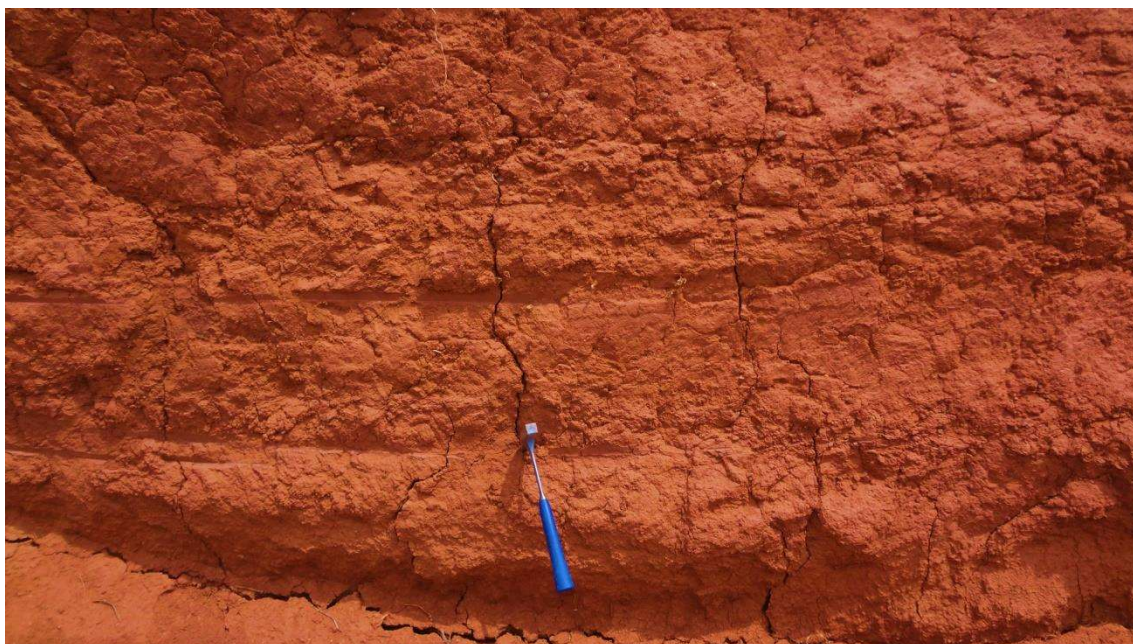


Figura 13.6.2.1.1 – 5: Detalhe do Latossolo Vermelho distrófico presente na ADA do empreendimento.



13.6.2.1.2. Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico

As variações de solos desta ordem estão presentes na AID e ADA do empreendimento, quase sempre associados aos Latossolos Vermelho distróficos típicos, ocupando extensas áreas e, de uma maneira geral, tendo como material de origem a cobertura cenozóica (Terciário-Quaternário detrítico-laterítico).

Os tipos distróficos (3º nível categórico) caracterizam-se como solos de baixa fertilidade, com saturação por bases < 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) e não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação (SiBCS, 2018).

A seguinte variação de Latossolo Vermelho-Amarelo foi observada nos levantamentos de campo, tanto na AID quanto na ADA do empreendimento, conforme a Legenda Expandida do Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais (UFV/CETEC/UFLA/FEAM, 2010):

LVAd1 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado textura argilosa; fase cerrado, relevo plano e suave ondulado (Figuras 13.6.2.1.2–1, 13.6.2.1.2–2, 13.6.2.1.2–3 e 13.6.2.1.2–4).

Assim como o Latossolo Vermelho, o Latossolo Vermelho-Amarelo presente na ADA/AID do empreendimento tem como material de origem a cobertura detritito-laterítica de idade Cenozóica que reveste a Depressão do Alto São Francisco.

Figura 13.6.2.1.2–1: Latossolo Vermelho-Amarelo presente na ADA/AID do empreendimento.



Figura 13.6.2.1.2–2: Latossolo Vermelho-Amarelo presente na ADA/AID do empreendimento.



Figura 13.6.2.1.2–3: Latossolo Vermelho-Amarelo presente na ADA/AID do empreendimento com vegetação típica de cerrado e presença da palmeira indaiá-do-campo (*Areceaceae*).



Figura 13.6.2.1.2–4: Perfil de Latossolo Vermelho-Amarelo presente na ADA/AID do empreendimento.



13.6.2.1.3. Latossolo Amarelo Distrófico

A seguinte variação de Latossolo Amarelo foi identificada nos levantamentos de campo na ADA do empreendimento, conforme a Legenda Expandida do Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais (UFV/CETEC/UFLA/FEAM, 2010):

LAd1 – LATOSSOLO AMARELO distrófico húmico textura argilosa + LATOSSOLO AMARELO distrófico típico A proeminente textura argilosa; ambos fase floresta subcaducifólia e floresta subperenifólia, relevo plano e suave ondulado, ilustrado nas Figuras 13.6.2.1.3-1, 13.6.2.1.3-2 e 13.6.2.1.3-3.

Figura 13.6.2.1.3-1: Latossolo Amarelo presente na ADA do empreendimento.



Figura 13.6.2.1.3-2: Latossolo Amarelo associado a Latossolo Vermelho-Amarelo presente na ADA do empreendimento.



Figura 13.6.2.1.3-3: Detalhe de Latossolo Amarelo presente na ADA do empreendimento.



13.6.2.2. Gleissolos

Gleissolos são solos minerais hidromórficos desenvolvidos de sedimentos recentes não consolidados, de constituição argilosa, argilo-arenosa e arenosa, do período do Holoceno. Podem ocorrer com algum acúmulo de matéria orgânica, porém, com o horizonte glei iniciando dentro de 50 cm da superfície, ou entre 50 e 125 cm, desde que precedido por horizontes com presença de mosqueados abundantes e cores de redução. Compreende solos mal a muito mal drenados e que possuam características resultantes da influência do excesso de umidade permanente ou temporário, devido à presença do lençol freático próximo à superfície, durante um determinado período do ano (EMBRAPA - AGEITEC, 2019).

Apresentam um horizonte subsuperficial de coloração acinzentada, cinzenta, com mosqueados amarelados ou avermelhados, oriundos da oxidação do ferro na matriz do solo, em consequência dos fenômenos de oxi-redução. São solos bastante diversificados em suas características físicas, químicas e morfológicas, devido às circunstâncias em que são formados, de aporte de sedimentos e sob condição hidromórfica. Podem ser eutróficos, distróficos, com argilas de atividade alta ou baixa, acidez moderada a forte. De um modo geral, apresentam sequência de horizontes A ou Ag, Cg; A, Big, Cg; A, Btg, Cg; H (menor que 40 cm), Cg. O horizonte A comumente é do tipo moderado ou proeminente (EMBRAPA - AGEITEC, 2019).

Na ADA do empreendimento a classe dos Gleissolos ocorre de maneira restrita associada a áreas úmidas das cabeceiras dos cursos d'água. A seguinte variação de Gleissolos pode ser observada nas áreas de influência do empreendimento:

GMd2 - GLEISSOLO MELÂNICO distrófico típico A proeminente + ORGANOSSOLOS HÁPLICO sáprico típicos e terricos + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado textura argilosa; todos fase campestre, relevo plano e suave ondulado. Solos com horizonte H hístico com menos de 40 cm de espessura ou horizonte A húmico, proeminente ou chernozêmico, com argila de atividade baixa e saturação por bases < 50%, ambas na maior parte dos horizontes B e/ou C (inclusive BA ou CA) dentro de 100 cm a partir da superfície do solo (SiBCS, 2018).

Figura 6.2.2-1: Área de ocorrência de Gleissolo Melânico distrófico associado à cabeceira de drenagem.



13.6.2.3. Neossolos Litólicos

Segundo EMBRAPA – AGEITEC (2019), os Neossolos se caracterizam por solos rasos, em geral a soma dos horizontes sobre a rocha não ultrapassa 50 cm, estando associados normalmente a relevos mais declivosos. As limitações ao uso estão relacionadas a pouca profundidade, presença da rocha e a declives acentuados associados às áreas de ocorrência destes solos. Tais fatores limitam o crescimento radicular, o uso de máquinas agrícolas e elevam o risco de erosão. Sua fertilidade está condicionada à soma de bases e à presença de alumínio, sendo maior nos eutróficos e mais limitada nos distróficos e álicos. Os teores de fósforo são baixos em condições naturais.

Neossolos Litólicos presentes na AID do empreendimento podem ser classificados quanto ao terceiro nível categórico do SiBCS como distrófico. No quarto nível categórico do SiBCS podem, em parte, ser enquadrados como típicos, porém, ocorrem porções com fragmentos de rocha, classificados como fragmentários, isto é, apresentam restrição à penetração das raízes.

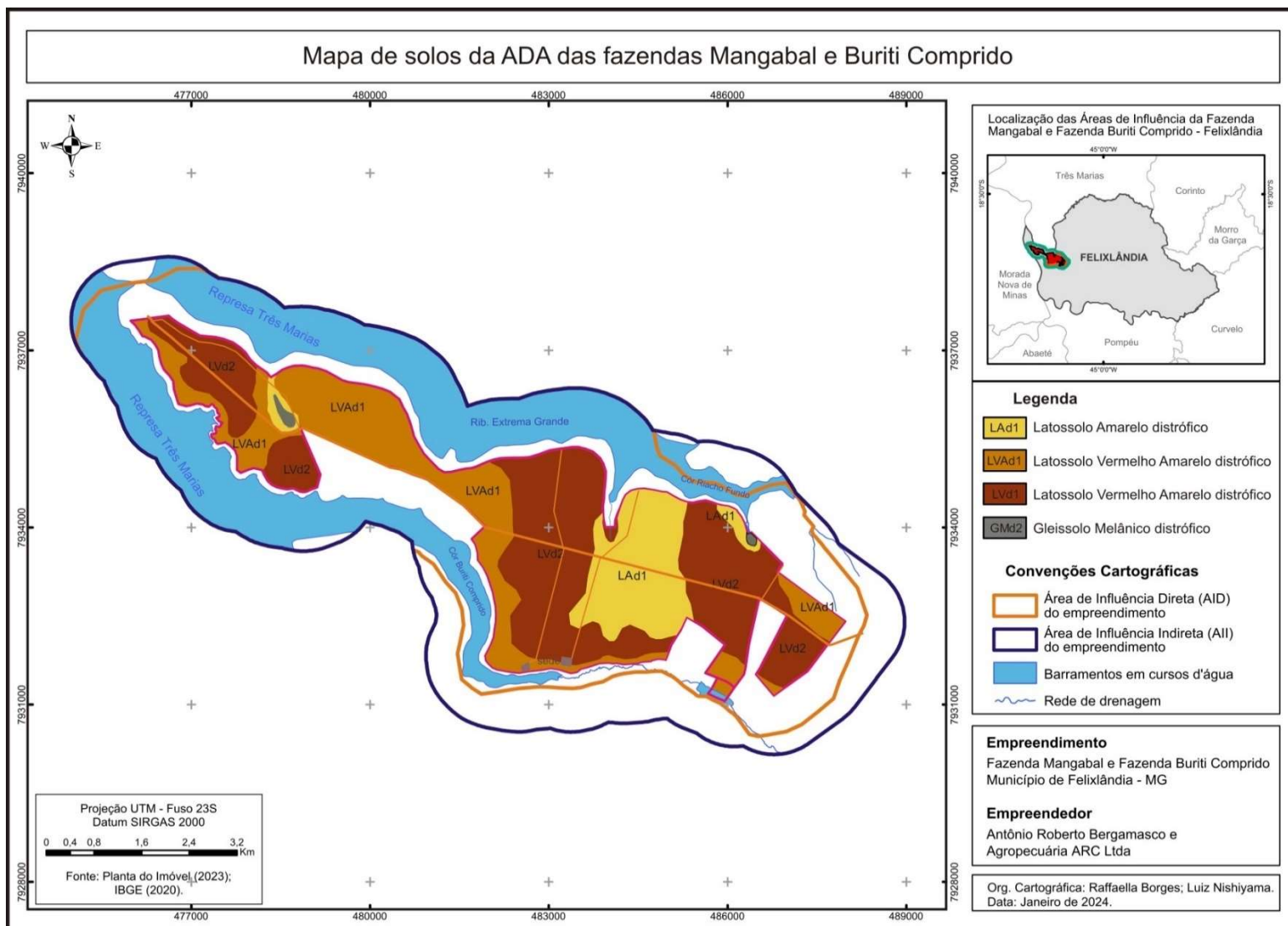
As seguintes variações de Neossolos Litólicos foram identificadas na AID do empreendimento (UFV/CETEC/UFLA/FEAM, 2010):

RLd2 – NEOSSOLO LITÓLICO distrófico típico A fraco/moderado + **LATOSSOLO VERMELHO** distrófico típico A moderada textura argilosa; ambos fase campo cerrado e cerrado, relevo suave ondulado e forte ondulado.

13.6.3. Mapa de solos das áreas de influência do empreendimento

A distribuição espacial dos tipos de solos nas áreas de influência encontra-se representada no mapa da Figura 13.6.3-1.

Figura 13.6.3-1: Mapa de solo das áreas de influência das fazendas Mangabal e Buriti Comprido. Fonte: UFV/CETEC/UFLA/FEAM, 2010.



13.7. Diagnóstico Geotécnico

De forma sucinta pode-se dizer que a geotecnia é um ramo da engenharia civil que estuda o comportamento dos materiais inconsolidados (solos) e das rochas para implantação de obras civis e previsão de impactos em decorrência das ações antrópicas.

No caso específico das fazendas Mangabal e Buriti Comprido, em razão do uso predominante por atividades agrícolas e da ausência de materiais rochosos expostos, estes não serão objetos de descrição geotécnica. Desse modo, serão caracterizados geotecnicamente apenas os materiais inconsolidados.

Cabe neste ponto destacar o uso do termo material inconsolidado. Adotou-se neste diagnóstico esta terminologia, ao invés de solo, com vistas a dirimir as diversas conotações implícitas no uso do termo solo para algumas áreas da ciência e do conhecimento técnico.

A título de exemplificação, pode-se mencionar o entendimento do termo solo na engenharia civil, geologia e agronomia.

O solo para o engenheiro civil compreende todos os materiais passíveis de escavação sem uso de explosivos. Para o geólogo o solo representa todos os materiais derivados do intemperismo das rochas. Alguns materiais considerados rocha pelos geólogos são interpretados como solos pelo engenheiro civil, como é o caso de algumas rochas sedimentares brandas. Já, para o agrônomo o solo representa a camada até onde se desenvolvem as raízes das plantas.

Quanto à natureza, os materiais inconsolidados podem ser de dois tipos: aquele que não sofreu qualquer tipo de transporte posterior à decomposição intempérica da rocha matriz, é denominado residual; ou aquele que, após a decomposição da rocha matriz, foi transportado e depositado em um local distinto de sua origem, este recebe a denominação retrabalhado (depósitos de colúvio, tálus, sedimentos aluviais e de canal fuvial, dentre outros).

Além da influência dos tipos litológicos na composição mineralógica dos materiais inconsolidados, o relevo, o clima e o lençol freático representam os fatores fundamentais para a sua evolução. Se de um lado o relevo suave possibilita uma longa evolução intempérica dos materiais inconsolidados e favorece o desenvolvimento de perfis verticais de grande espessura e mineralogicamente evoluídos (mais estáveis); de outro, em situações em que a superfície topográfica se apresenta mais inclinada, os agentes erosivos são mais atuantes do que os agentes intempéricos. Assim, os materiais inconsolidados exibem espessuras menores e são mineralogicamente menos evoluídos.

A erosão e o transporte de materiais previamente decompostos por intemperismo químico em porções de declividade mais acentuada do terreno e a sua deposição em locais de topografia

mais suave resulta na formação de uma cobertura inconsolidada do tipo transportado. Os depósitos assim formados ostentam espessuras variáveis, bem como o grau de evolução intempérica.

Ao serem submetidos aos diferentes ambientes da superfície da Terra, os materiais inconsolidados desenvolvem distintas características mecânicas, químicas e mineralógicas. O discernimento destas características constitui um preceito fundamental para projetos de engenharia, agronomia e geologia, de acordo com as especificidades de cada área do conhecimento. Em termos ambientais, o conhecimento acerca dos materiais inconsolidados é imprescindível à avaliação, prevenção e mitigação dos impactos ambientais e de riscos geológico-geotécnicos.

13.7.1. Objetivos

A caracterização geotécnica das áreas de influência das fazendas Mangabal e Buriti Comprido foi realizada com o objetivo de identificar os atributos e as propriedades geotécnicas dos materiais inconsolidados ali presentes, porém, com maior ênfase na ADA.

Objetivamente, a caracterização geotécnica pode fornecer importantes informações relativas aos materiais inconsolidados visando o entendimento de seu comportamento mecânico, seja este em sua condição natural ou induzida pela ação humana decorrente de processos de uso e ocupação.

Tendo em vista que a principal atividade na área da Fazenda Mangabal e Buriti Comprido está relacionada à agricultura, privilegiaram-se na presente caracterização geotécnica o comportamento mecânico dos materiais inconsolidados quanto a sua susceptibilidade à erosão nas áreas cultivadas e quando utilizados para execução de infraestruturas voltadas ao desenvolvimento da atividade fim.

Nesse sentido, entende-se que as informações geotécnicas são necessárias à elaboração de estudos e projetos voltados à identificação e prevenção de riscos geológico-geotécnicos e ambientais, e à mitigação de impactos ambientais decorrentes das atividades do empreendimento.

A título de exemplificação acerca da importância do conhecimento dos parâmetros e propriedades geotécnicas para o desenvolvimento das atividades na área do empreendimento podem-se citar: permeabilidade dos materiais inconsolidados (irrigação, projetos de manejo e conservação do solo, avaliação da contaminação do lençol freático); erodibilidade (susceptibilidade erosiva); índices físicos (execução de obras de infraestruturas) e meio ambiente (processos erosivos, contaminação do lençol freático e outros)

13.7.2. Contexto geotécnico regional

A região onde se inserem as áreas de influência do empreendimento é abrangida por duas grandes unidades geológicas: as bacias sedimentares do São Francisco e a Sanfranciscana. Estas

duas unidades sedimentares repousam sobre um embasamento estável desde o período Arqueano (+2,5 b.a.) denominado Cráton do São Francisco.

A Bacia do São Francisco é representada nas áreas de influência do empreendimento por litologias sedimentares sílticas-arenosas do Grupo Bambuí, sendo este localmente representado pela unidade geológica Formação Serra da Saudade.

As áreas de influência direta e diretamente afetada delimitadas para as fazendas Mangabal e Buriti Comprido estão inseridas em uma superfície rebaixada em relação ao relevo regional, pouco movimentada, denominada Depressão do Alto São Francisco (IBGE, 2006).

Nesta porção de relevo aplanado as litologias sedimentares da Formação Serra da Saudade (Grupo Bambuí) encontram-se recobertas nas porções aplanadas dos divisores de águas por uma cobertura sedimentar inconsolidada mais recente cuja idade atribuída é Terciário-Quaternária.

Os vales fluviais de maior expressão, a exemplo do vale do rio São Francisco e parte de baixo curso de seus afluentes, encontram-se parcialmente submersos pelas águas do reservatório da UHE de Três Marias. Os raros vales fluviais não afogados, que entalham esta superfície aplanada, quebram a monotonia do relevo local e regional e expõem as litologias sílticas-arenosas subjacentes pertencentes à unidade Serra da Saudade (Figura 13.7.2-1).

Figura 13.7.2-1: Siltitos da Formação Serra da Saudade observados fora dos limites da AII do empreendimento.



A ação dos processos intempéricos e geomorfodinâmicos sobre os siltitos e arenitos deu origem aos materiais inconsolidados dos tipos residuais e transportados nas áreas de influência do empreendimento ou então, na sua ausência, a exposição direta do substrato rochoso (Figura 13.7.2-2).

Figura 13.7.2-2: Residual siltico-argilosos resultante da decomposição de siltitos da Formação Serra da Saudade.



Dada à sua natureza sedimentar e os processos geológicos que atuaram ao longo do tempo geológico, as rochas da Formação Serra da Saudade exibem, nas porções onde se encontram expostas, características de baixa a média resistência mecânica. Os planos de acamamento representam as principais estruturas primárias, enquanto as dobras, falhas, juntas e diáclases representam as estruturas secundárias.

Em decorrência da natureza sedimentar das litologias presentes nas áreas de influência do empreendimento, estas apresentam resistência relativamente baixa ao intemperismo químico.

Dependendo do estágio de alteração intempélica das rochas da Formação Serra da Saudade presentes na região, estas podem ser classificadas quanto ao grau de coerência segundo ABGE (1983), nas seguintes classes conforme apresentados na Tabela 13.7.2-1, a seguir:

Tabela 13.7.2-1: Graus de Coerência de rochas. Fonte: ABGE (1983).

igla	Rocha	Característica	Resistência a compressão uniaxial (Mpa)*	
	Extremamente Branda	Marcada pela unha	R₀	0,25 – 1,0
5	Muito Branda	Esmigalha-se sob impacto da ponta do martelo de geólogo; pode ser raspada por canivete.	R₁	1,0 – 5,0
4	Branda	Pode ser raspada por canivete com dificuldade; marcada por firme pancada com ponta de martelo de geólogo.	R₂	5,0 – 25,0
3	Medianamente Resistente	Não pode ser raspada por canivete. Amostras podem ser fraturadas com um único golpe de martelo de geólogo.	R₃	25,0 – 50,0
2	Resistente	Amostras requerem mais de um golpe de martelo para fraturarem-se	R₄	50,0 – 100,0
	Muito Resistente	Amostras requerem muitos golpes de martelo para fraturarem-se	R₅	100,0 – 250,0
1	Extremamente Resistente	Amostras podem ser apenas lascadas com martelo de geólogo	R₆	>250,0

(*) 1,0 Mpa = 10,0 kgf/cm²

Mesmo quando pouco alterados, os siltitos apresentam grau de coerência C5 (extremamente branda a muito branda). Quanto à resistência à compressão simples se situa entre 0,25 e 5,0 Mpa.

O fator que mais influencia a resistência mecânica dos siltitos é o grau de intemperismo. A ação dos agentes do intemperismo, tanto físico quanto químico, pode resultar na desagregação ou decomposição da rocha (Figura 13.7.2-3).

Figura 13.7.2-3: Siltitos Formação Serra da Saudade (Grupo Bambuí) sob ação mecânica de expansão e contração por umedecimento e ressecamento resulta na desagregação em forma de pastilhas (*slacking*).



Uma espessa cobertura inconsolidada com textura argilo-arenosa a areno-argilosa contendo concreções limoníticas milimétricas reveste as superfícies aplainadas da Depressão do Alto São Francisco (Figuras 13.7.2-4, 13.7.2-5 e 13.7.2-6). Materiais assim caracterizados são geneticamente relacionados à cobertura Cenozóica pós-Cretácica, podendo atingir espessura da ordem de 08 (oito) metros.

Figura 13.7.2-4: Feição de relevo aplanado de parte da Depressão do Alto São Francisco - vista da ADA das fazendas Mangabal e Buriti Comprido.



Figura 13.7.2-5: Material inconsolidado argiloso derivado da cobertura Cenozóica e que recobre as porções aplanadas dos divisores de águas da Depressão do Alto São Francisco. Este tipo de material inconsolidado pode ser observado em grande parte da ADA das fazendas Mangabal e Buriti Comprido.

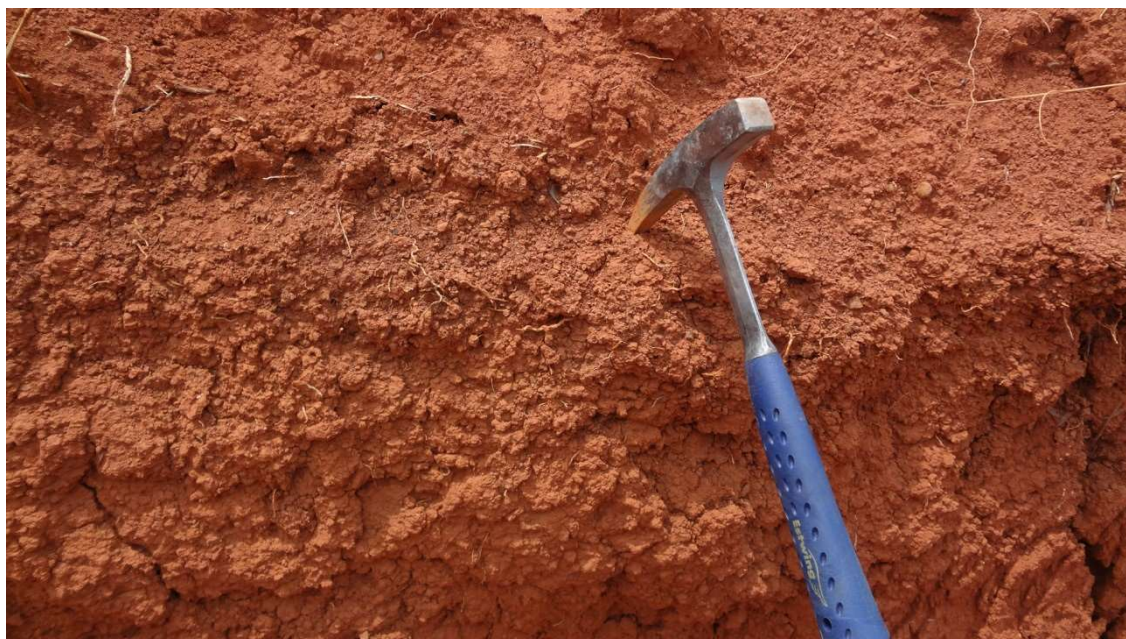


Figura 13.7.2-6: Material inconsolidado argiloso-arenoso derivado da cobertura Cenozóica e que recobre as porções aplanadas dos divisores de águas da Depressão do Alto São Francisco. Este tipo de material inconsolidado também pode ser observado em parte da ADA das fazendas Mangabal e Buriti Comprido.



De uma maneira geral os materiais inconsolidados de cobertura da mencionada ostentam elevada porosidade devido ao desenvolvimento de grande quantidade de macroporos, sobretudo na porção superior do perfil (Figura 13.7.2-5). A estrutura porosa resultou da cimentação das partículas de argila durante o processo de evolução do perfil, mais especificamente das lamelas de caulinita pelos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, o que resulta na formação de um esqueleto mineral estável constituído predominantemente por grãos de argila (agregados).

Figura 13.7.2-5: Material inconsolidado argiloso visto na parte superior do perfil. Apresenta elevada porosidade e presença de nódulos ferruginosos e grumos estáveis de argila. Perfil observado na ADA do empreendimento.



Apesar da estabilidade desses agregados na natureza, em condições de sobrecarga (edificação) ou de intenso manuseio com equipamentos de compactação ou agrícolas ou, ainda, adição produtos que alteram o pH do solo, o esqueleto mineral pode ser quebrado. Nesse caso, a camada superficial inconsolidada pode sofrer uma redução de volume por colapso da estrutura porosa. Na geotecnia os solos que apresentam essa propriedade são conhecidos como solos colapsíveis. Esse comportamento é indesejável na engenharia de solos. Quando não detectados previamente, podem acarretar em danos às estruturas implantadas, tais como: fundação rasa, aterros, muros, estradas pavimentadas, dentre outras. Ademais, a formação de agregados implica no aumento da susceptibilidade erosiva de solos argilosos presentes nas áreas de ocorrência.

A estrutura porosa por sua vez, implica em elevada permeabilidade dessa cobertura inconsolidada devido à interligação dos macroporos. A facilidade com que as águas de precipitação atmosférica infiltram nessa cobertura torna as superfícies aplanadas da Depressão do Alto são Francisco uma importante área de recarga de aquífero.

Localmente, onde o lençol freático é raso constitui um fator que influi nas características mecânicas e mineralógicas dos materiais inconsolidados. Em condição de saturação hídrica permanente ou intermitente estes evoluem mediante processos físico-químicos desencadeados pela ação de água (hidromorfia). Também não se pode desprezar a influência da matéria orgânica na sua evolução. Nesse ambiente ocorre a redução do ferro, passando de Fe^{+3} para o Fe^{+2} (do estado férrico para ferroso), resultando na coloração acinzentada do solo, o que indica a ausência do ferro no estado oxidado (Fe^{+3}), podendo ocorrer, ou não, a presença do ferro reduzido (Fe^{+2}) (RESENDE et al, 2002). Materiais inconsolidados que exibem tais características são comuns nas porções de nascentes, nos fundos de vales fluviais e nas porções deprimidas dos divisores de águas onde o lençol freático se encontra muito raso ou exposto (Figuras 13.7.2-6, 13.7.2-7 e 13.7.2-8).

Figura 13.7.2-6: Materiais inconsolidados com características hidromórficas presentes na ADA do empreendimento.



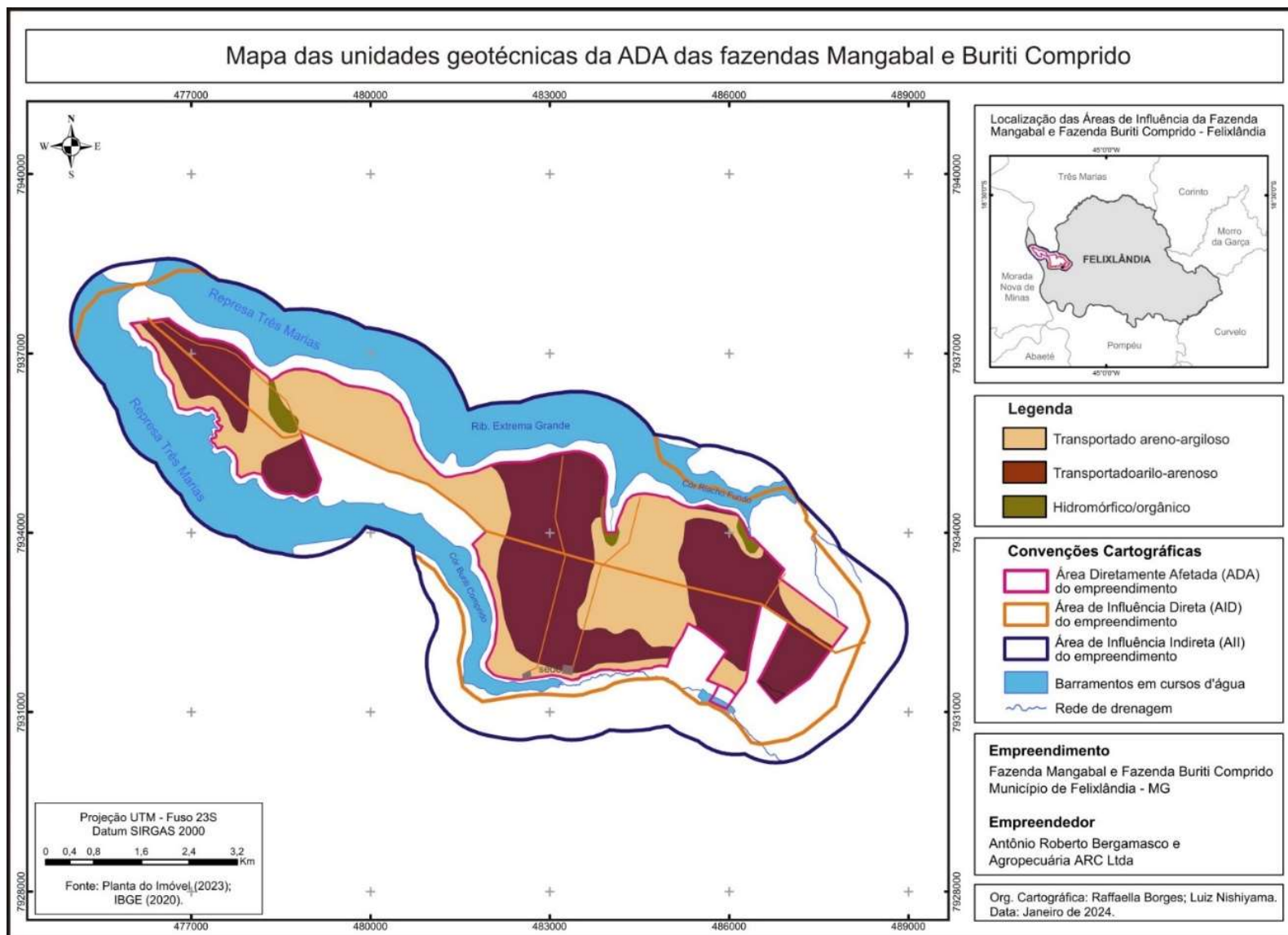
Figura 13.7.2-7: Área com lençol freático raso onde se desenvolvem materiais inconsolidados com características hidromórficas, observada em uma pequena porção da ADA do empreendimento.



13.7.3. Caracterização geotécnica da ADA do empreendimento

A totalidade da ADA do empreendimento está localizada na porção de abrangência da cobertura detrítica Cenozóica. Desse modo, os materiais inconsolidados presentes nos seus limites são geneticamente relacionados a essa cobertura, conforme se encontram representados no mapa geotécnico da Figura 13.7.3-1.

Figura 13.7.3-1: Mapa de unidades geotécnicas das áreas de influência do empreendimento das fazendas Mangabal e Buriti Comprido.



13.7.3.1. Materiais Inconsolidados Transportados

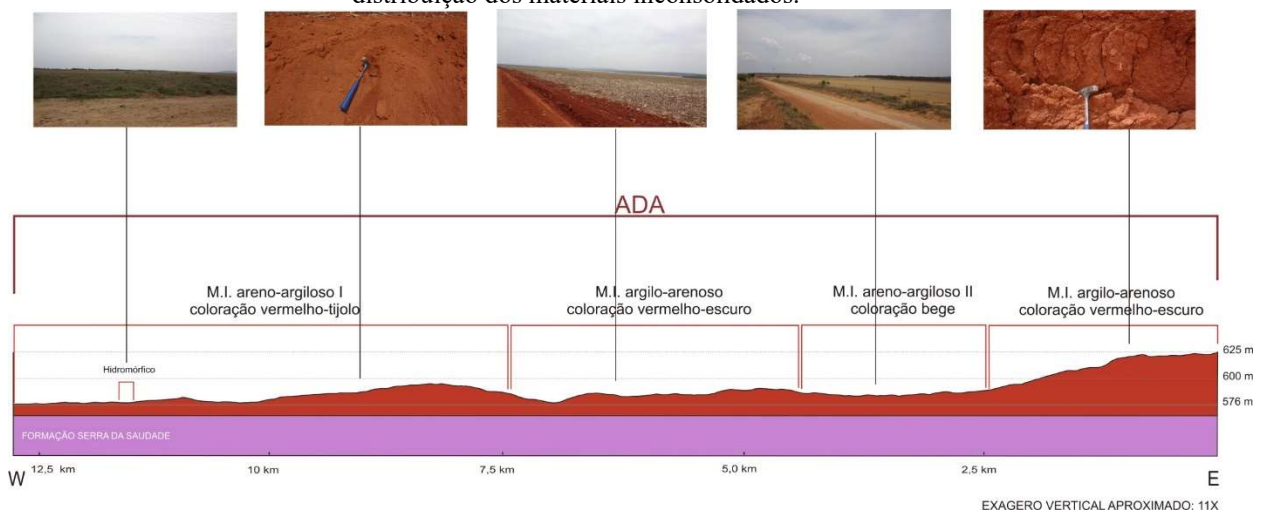
Dada à origem dos materiais inconsolidados, presentes na ADA do empreendimento, a partir da cobertura sedimentar Cenozóica, estes podem ser considerados transportados.

Três tipos de materiais inconsolidados transportados foram identificados na ADA:

- Transportados argilo-arenoso;
- Transportado areno-argiloso I
- Transportado areno-argiloso II
- Hidromórficos

A Figura 13.7.3.1-1 representa um perfil longitudinal com orientação aproximada E-W cortando a ADA do empreendimento com a distribuição dos materiais inconsolidados.

Figura 13.7.3.1-1: Perfil topográfico longitudinal cortando a ADA do empreendimento com a distribuição dos materiais inconsolidados.



13.7.3.1.1. Transportados argilo-arenoso

Materiais inconsolidados transportados caracterizados com argilo-arenoso ocorrem como cobertura dos divisores de águas do rio São Francisco, Ribeirão da Extrema Grande e seu afluente da margem esquerda, o córrego Riacho Fundo e o córrego Buriti Comprido. Ocupam porções da ADA com cotas altimétricas entre 620 metros e 587. A declividade máxima da unidade gira em torno de 4,8% e a média inferior a 2%.

Ensaio granulométrico realizado em materiais argilosos e porosos semelhantes encontrados nas superfícies de chapadas do estado permitem estimar a seguinte composição granulométrica: Pedregulho – 2 a 8%; Areia – 15 a 25%; silte – 2 a 7% e argila – 60 a 75%.

Materiais argilo-arenosos observados no campo evidenciam agregação de partículas de argila, representadas principalmente pela caulinita, a qual se deve à cimentação pelo óxido e hidróxido de ferro (hematita/goethita).

Com base nos estudos realizados por Nishiyama (1998) pode-se afirmar que a agregação de partículas do mineral de argila predominante, a caulinita, por óxido e hidróxido de ferro tornou os materiais inconsolidados argilo-arenosos presente na ADA do empreendimento muito porosos e permeáveis.

A explicação para a cimentação por óxido e hidróxido é resultado de uma longa evolução pedogênica em clima tropical e condição de relevo suave, o que permitiu a sua concentração juntamente com os minerais secundários mais estáveis, em contraposição à lixiviação de compostos minerais menos estáveis (Figura 13.7.3.1.1-1).

Figura 13.7.3.1.1-1: Material inconsolidado transportado argilo-arenoso presente na ADA do empreendimento. Atentar para a ocorrência de grumos estáveis de argila e nódulos ferruginosos.



O coeficiente de permeabilidade k (cm/s) também deve apresentar valores semelhantes aos encontrados para os materiais inconsolidados argilosos nas superfícies de chapadas da região se situando na ordem de grandeza de 10^{-3} cm/s.

A ausência de canais de drenagem na área de ocorrência dos materiais argilo-arenosos sugere elevada permeabilidade desta unidade geotécnica apesar da presença dos siltitos da Formação Serra da Saudade abaixo da cota 570 metros. Esta condição geológico-geotécnica com a presença de um substrato (siltitos) relativamente pouco permeável subjacente à camada inconsolidada condiciona a migração lateral da água infiltrada no contato com o silito. Assim, a água freática que se movimenta lateralmente ao encontrar a face livre no contato com os siltitos/arenitos dá origem às nascentes.

No caso específico da ADA do empreendimento, a água freática da infiltração é descarregada diretamente no reservatório da UHE de Três Marias quando o seu nível se encontra abaixo da cota de contato silito-inconsolidados. Quando o nível do reservatório se eleva além desse contato, o nível da água freática se eleva.

13.7.3.1.2. Transportados areno-argiloso I

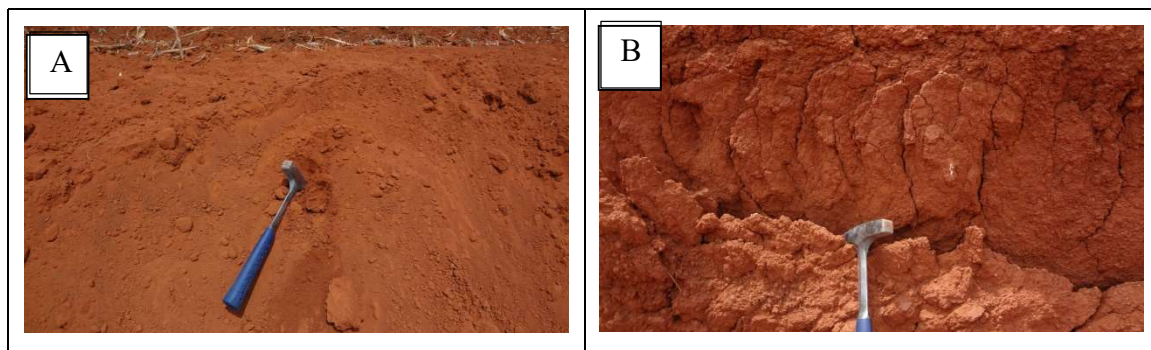
Levantamentos realizados no campo indicaram que os materiais areno-argilosos ocorrem em cotas altimétricas inferiores a 587 metros e provavelmente se estendam até cotas pouco inferiores ao da cota máxima do reservatório, em torno de 570 metros, onde se sobrepõem aos siltitos da Formação Serra da Saudade. Materiais semelhantes também foram observados em cotas superiores a 620 metros, ainda dentro dos limites da ADA das fazendas Mangabal e Buriti Comprido.

Caracterizam-se como materiais que contém maior porcentagem de areia em relação aos argilo-arenosos, com os seguintes valores estimados das frações granulométricas: pedregulho - < 2%; areia – 40 a 65%; silte – 6 a 12%; argila – 35 a 55%.

Quanto ao coeficiente de permeabilidade (k) os materiais areno-argilosos pouco diferem dos argilosos, se situando na mesma ordem de grandeza: em torno de 10^{-3} cm/s.

O que diferencia esses materiais dos argilo-arenosos é a menor intensidade de agregação de partículas de argila, possivelmente em decorrência da maior quantidade de fração areia em detrimento à de argila. Aspectos relacionados à agregação de partículas de caulinita pelo óxido e hidróxido de ferro podem ser notados diretamente no campo, conforme ilustrados na Figura 13.7.3.1.2-2.

Figura 13.7.3.1.2-2: Aspectos distintos de agregação de partículas observados diretamente no campo. Material inconsolidado areno-argiloso e (B) Material inconsolidado argilo-arenoso.



13.7.3.1.3. Transportado areno-argiloso II

Materiais inconsolidados caracterizados com areno-argiloso II podem ser observados em cotas altimétricas inferiores a 587 metros, ocupando uma suave depressão na ADA do empreendimento.

O principal aspecto que diferencia a unidade areno-argiloso II do areno-argiloso I é a coloração clara (bege-esbranquiçado), conforme ilustrados na Figura 13.7.3.1.3-1.

A causa da coloração clara pode estar relacionada à redução do óxido de ferro, com passagem do Fe+3 para Fe+2 (estado ferroso para o estado férrico) em épocas passadas, em ambiente com pH ácido e ação da água do lençol freático.

Texturalmente, esses materiais se assemelham ao areno-argiloso I.

13.7.3.1.3-1: Material inconsolidado areno-argiloso II de coloração clara presente em uma porção embaciada da ADA, com suave caimento das bordas (menos de 2%).



13.7.3.1.4. Hidromórficos

Materiais inconsolidados com características hidromórficas ocorrem em áreas restritas da ADA do empreendimento, associados às cabeceiras de drenagem. A sua origem se deve à exposição temporária ou permanente do lençol freático podendo apresentar matéria orgânica derivada do acúmulo de vegetação higrófila (Figura 13.7.3.1.4-1).

13.7.4. Profundidade da zona freática saturada na ADA

A profundidade da água subterrânea freática na ADA do empreendimento sofre influência dos seguintes fatores: nível d'água do reservatório da UHE Três Marias, tipo de cobertura inconsolidada, substrato rochoso, relevo e a espessura da cobertura inconsolidada.

13.7.4.1. Influência do reservatório da UHE Três Marias

Em razão de as fazendas Mangabal e Buriti Comprido terem a maior parte de seus respectivos perímetros demarcada pelo reservatório de Três Marias, este exerce, sem dúvida, uma grande influência no nível d'água freática, sobretudo na faixa mais próxima da linha d'água. À medida que se afasta do reservatório a sua influência tende a diminuir.

Como o nível d'água do reservatório varia de acordo com a sazonalidade climática, o NA freático também deve acompanhar essa sazonalidade.

Nas porções marginais ao reservatório de Três Marias a profundidade do NA freático oscila conforme o seu nível, aumentando gradualmente a medida que se afasta da linha d'água, ou seja, quanto mais distante da linha d'água do reservatório menor se torna a sua influência.

13.7.4.2. Influência do tipo de cobertura inconsolidada

A ocorrência de materiais inconsolidados argilo-arenoso e areno-argiloso, porosos e permeáveis na ADA do empreendimento sugere uma elevada capacidade de infiltração das águas das chuvas e, por consequência, a recarga freática.

Sendo a maior parte das águas pluviais infiltrada através do solo, em detrimento ao escoamento superficial, é esperada a uma variação relativamente grande na profundidade do lençol freático.

13.7.4.3. Influência da espessura da cobertura inconsolidada

Espessuras predominantes da cobertura inconsolidada estimadas entre 6 e 18 metros possibilitam o armazenamento da água freática.

13.7.4.4. Influência do substrato rochoso

A presença de Siltitos da Formação Serra da Saudade logo abaixo da cobertura inconsolidada, constituindo um substrato rochoso relativamente pouco permeável, também interfere na variação sazonal do nível freático, uma vez que estas litologias restringem a migração da água infiltrada para zonas profundas.

13.7.4.5. Influência do relevo.

A ADA das fazendas Mangabal e Buriti Comprido se encontra em porção de topo de divisor de águas do ribeirão da Extrema Grande e do córrego Buriti Comprido, que se caracteriza como uma superfície aplanada com leve caimento para as vertentes dos vales fluviais. Valores de declividades estão compreendidos entre 1,0 e 5,0%, com a média se situando na faixa de 2,0%.

A baixa declividade do terreno representa um fator de grande importância para a infiltração das águas pluviais e, conseqüentemente para a recarga freática e elevação do seu nível no período chuvoso do ano.

13.7.5. Profundidade do nível freático na ADA

Levando em consideração a existência do reservatório de Três Marias, a presença de um substrato rochoso pouco permeável (siltitos), relevo aplanado e a distância do local considerado em relação ao reservatório, a profundidade do lençol freático pode variar desde a condição aflorante na faixa da linha d'água a 15 metros nas porções mais elevadas do empreendimento.

As Figuras 13.7.5-1 a 13.7.5-7 mostram as diferentes situações de profundidades do NA freático.

O mapa da Figura 13.7.5-8 mostra a distribuição dos diferentes intervalos de profundidade do NA na ADA do empreendimento.

Figura 13.7.5-1: Lençol freático raso a aflorante na faixa adjacente à linha d'água do reservatório de Três Marias.



Figura 13.7.5-2: Lençol freático raso a aflorante em ponto deprimido da ADA e com presença de solo hidromórfico.



Figura 13.7.5-3: Lençol freático entre 3 e 5 metros.



Figura 13.7.5-4: Lençol freático entre 5 e 8 metros.



Figura 13.7.5-5: Lençol freático entre 8 e 12 metros.



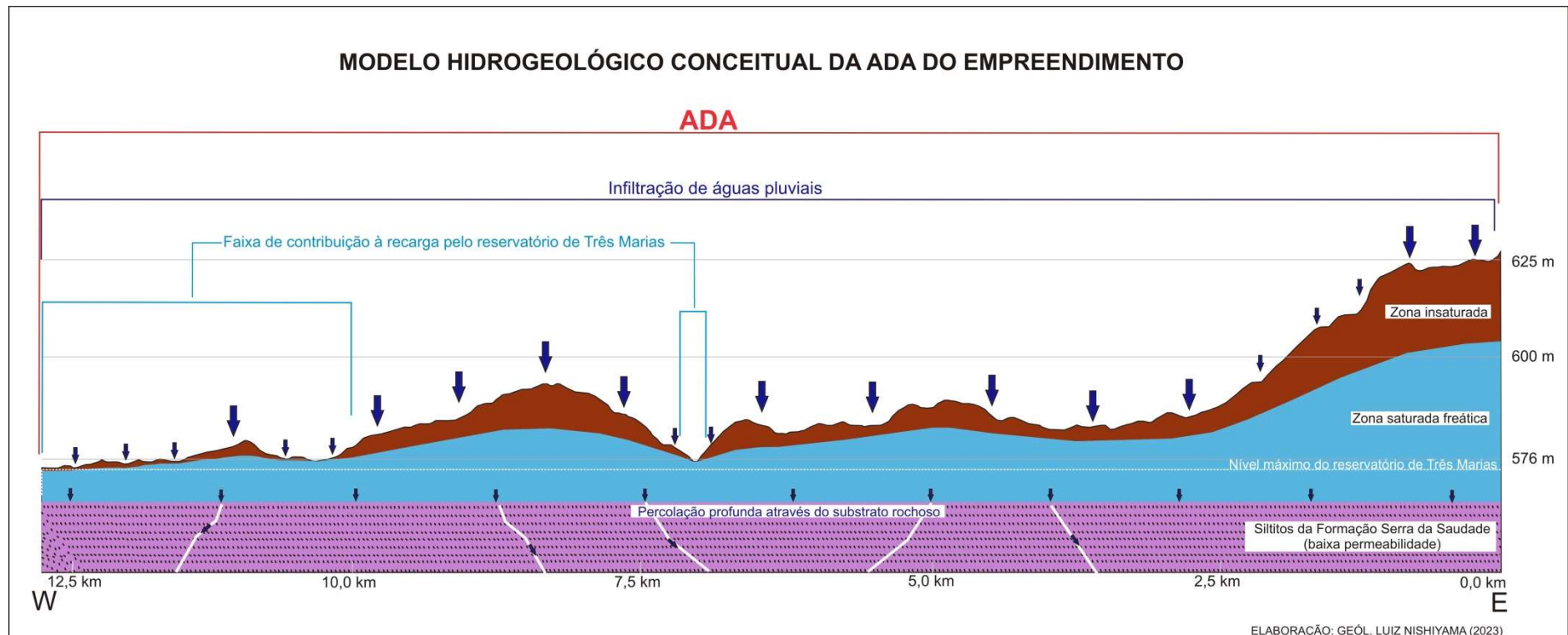
Figura 13.7.5-6: Lençol freático maior que 12 metros.



Figura 13.7.5-7: Variação do lençol freático de acordo com o relevo.



Figura 13.7.5-8: Modelo conceitual hidrogeológico da ADA das fazendas Mangabal e Buriti compreendo o comportamento das águas subterrâneas.



13.7.6. Conclusão

A ADA do empreendimento é caracterizada por apresentar superfícies de baixa declividade com valores oscilando entre 2 e 5%.

Uma característica marcante da ADA é a predominância de dois tipos de materiais inconsolidados: argilo-arenoso, com a fração argila oscilando entre 60% e 75% e areno-argiloso, com a fração argila entre 35% e 55%.

Relevo aplanado e coeficientes de permeabilidade elevados (k) contribuem para o aumento da infiltração das águas pluviais e, conseqüentemente, a redução do escoamento superficial, mesmo em superfícies cultivadas.

Precipitações atmosféricas mais volumosas podem produzir a erosão laminar, em superfícies desprovidas de vegetação, o que acarreta a mobilização de volume significativo de partículas do solo, auxiliado pelo destacamento causado pelo impacto direto das gotas de chuva (rainsplash).

O fluxo laminar, em seu turno, pode se concentrar em algum ponto do terreno e produzir sulcos erosivos. Assim, a carga sedimentar destacada é transportada ao longo de incisões no terreno e, ao atingir o reservatório de Três Marias, pode resultar no aumento da turbidez localizada de suas águas.

Vias de acesso que cortam plantações na ADA do empreendimento, principalmente aquelas que acompanham o declive do terreno, constituem usos do solo que merecem maior atenção em razão de possibilitarem a concentração de fluxo das águas pluviais e, conseqüentemente, a erosão e transporte de sedimentos. Caso não ocorra a retenção da carga sedimentar, esta pode chegar ao reservatório de Três Marias, causando o aumento de turbidez em pontos localizados.

Embora a erosão laminar do solo represente o processo atuante na ADA do empreendimento, não foram observadas durante os levantamentos de campo feições erosivas lineares do tipo sulcos e ravinas. A baixa declividade do terreno e a elevada capacidade de infiltração das águas pluviais, contribuem para a atenuação dos processos erosivos.

As Figuras 13.7.6-1 a 13.7.6-4 ilustram alguns fatores que contribuem para a atenuação ou aceleração dos processos erosivos.

Figura 13.7.6-1: Relevo suave na maior parte da ADA representa um fator para atenuação dos processos erosivos.



Figura 13.7.6-2: Materiais inconsolidados argilo-arenosos com perfis profundos, porosos e permeáveis representa outro fator favorável a atenuação dos processos erosivos.



Figuras 13.7.6-3: Principal via de acesso que corta a ADA do empreendimento. Observar bolsões para a retenção de águas pluviais.



Figuras 13.7.6-4: Principal via de acesso que corta a ADA do empreendimento. Observar camalhões em nível associado a bolsões para a retenção de águas pluviais.



Figuras 13.7.6-5: Via de acesso secundária que corta a ADA do empreendimento sem estrutura para redução da energia do fluxo de água e coleta (bolsões).



Figuras 13.7.6-6: Faixa de depleção do reservatório de Três Marias. Atentar para solos parcialmente expostos e maior declividade do terreno.



O Quadro 13.7.6-1, a seguir, apresenta a relação dos usos antrópicos na ADA e os efeitos sobre o meio físico.

Quadro 13.7.6-1: Usos antrópicos das unidades geotécnicas na ADA x possíveis efeitos deletérios sobre os componentes do meio físico.

UNIDADE GEOTÉCNICA	CARACTERÍSTICAS	USOS ANTRÓPICOS	POSSÍVEIS EFEITOS SOBRE A UNIDADE GEOTÉCNICA OU MEIO FÍSICO DO ENTORNO
<p>Materiais inconsolidados transportados argilo-arenosos e areno-argilosos (material de origem: sedimentos Cenozóicos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ocorrem praticamente em toda a extensão da ADA • Espessura relativamente grande (entre 2,0m e 18,0m) • Declividade muito baixa a baixa (<2 a 5%) • Frações granulométricas predominantes: areia (max. 55%) e argila (máx. 75%) • Permeabilidade alta a muito alta (ordem de grandeza 10^{-3} a 10^{-2} cm/s) • Profundidade do lençol freático (3 a 15m) • Baixa a média susceptibilidade erosiva • Substrato pouco permeável (siltito Serra da Saudade) 	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura (grãos) • Irrigação (pivô central) • Infraestruturas (vias de acesso principais e secundários, galpões, silos, oficinas, refeitórios, depósitos de insumos, fossas sépticas) 	<ul style="list-style-type: none"> • Erosão laminar do solo • Escoamento concentrado em vias de acesso – erosão linear (sulcos) • Introdução de agroquímicos no solo (fertilizantes minerais, defensivos e herbicidas) – alteração da qualidade da água subterrânea e do reservatório de Três Marias. • Aporte de sedimentos para margem do reservatório de Três Marias – aumento da turbidez
<p>Materiais inconsolidados hidromórficos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ocorre em uma pequena extensão da ADA ocupando uma porção rebaixada. Sofre influência da variação sazonal do reservatório de Três Marias e do lençol freático. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sem uso antrópico 	<ul style="list-style-type: none"> • Influência antrópica de baixa significância sobre a unidade geotécnica.

13.8. Recursos Hídricos superficiais

A água representa um recurso natural de valor econômico, estratégico e social, além de representar um componente imprescindível para a manutenção dos ecossistemas do planeta.

A Lei nº 6.938, de 31/08/1981, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, conceitua as águas superficiais juntamente com a atmosfera, as águas interiores, as águas subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo e os elementos da biosfera como Recursos Ambientais.

As águas superficiais são aquelas que se acumulam na superfície do nosso planeta e dão origem aos cursos d'água (rios, ribeirões e córregos), lagos, lagoas, pântanos e etc. Dada a sua forma de ocorrência, constituem as principais fontes de abastecimento de água potável do planeta.

A água pode ser considerada um recurso renovável devido a sua capacidade de se recompor em quantidade, principalmente pelas chuvas. Porém, a sua definição como um recurso renovável é limitada pelo uso, que interfere na sua disponibilidade e na quantidade existente pela qualidade apresentada.

Para a elaboração do diagnóstico relativo aos usos das águas superficiais no âmbito das áreas de influência das Fazendas Mangabal e Buriti Comprido foram realizados levantamentos de informações hidrográficas/hídricas em trabalhos técnico-científicos, monografias, dissertações, teses. Também, pesquisas realizadas na Plataforma Webgis IDE-SISEMA de atributos relativos à hidrografia e portarias de outorga/cadastro de usos insignificantes emitidos pelo IGAM.

Aspectos gerais da rede hidrográfica onde se insere o empreendimento

A Divisão Hidrográfica Nacional instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH/ANA (2003) delimita doze Regiões Hidrográficas Brasileiras, conforme apresentadas na Figura 13.8.1-1. Entende-se por Região Hidrográfica o espaço territorial representado 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 13.8-1: Divisão Hidrográfica Nacional instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos.



Fonte – CNRH, 2003

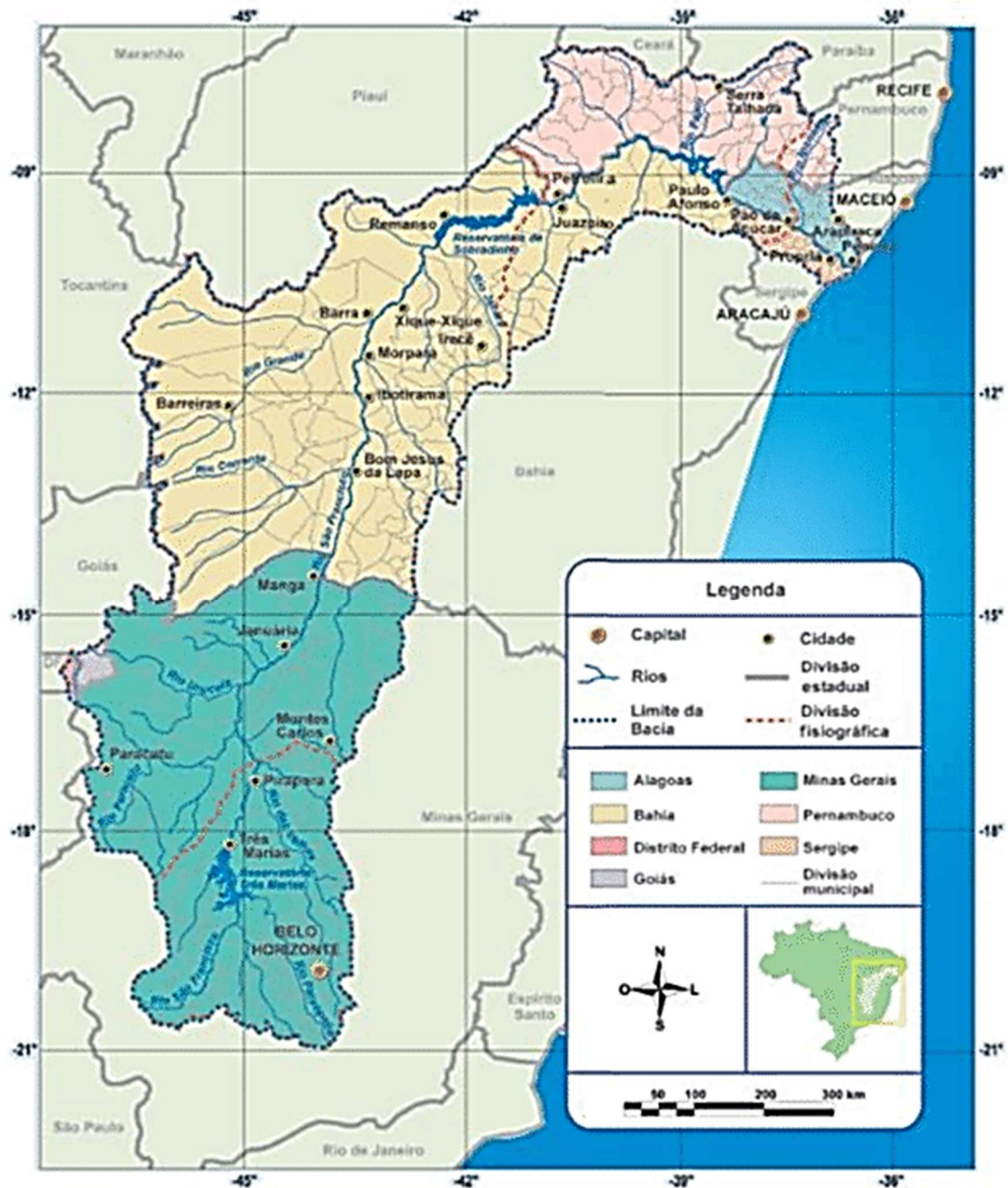
As áreas de influência das Fazendas Mangabal e Buriti Comprido estão inseridas na Região Hidrográfica do São Francisco (RHSF).

De acordo com a ANA (2015), a Região Hidrográfica do São Francisco abrange aproximadamente 638.466 km² de área, o que representa 7,5% do território nacional. Sete Unidades da Federação estão inseridas nesta Região Hidrográfica: Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Goiás, e Distrito Federal (Figura 13.8.1-2).

A Região Hidrográfica do São Francisco é subdividida em 04 (quatro) regiões fisiográficas da bacia, a saber: Alto (cerca de 40% da área da bacia hidrográfica), Médio (39% da área da bacia hidrográfica), Submédio (17% da área da bacia) e Baixo São Francisco (5% da área da bacia hidrográfica). A região Hidrográfica do SF congrega 503 municípios, dos quais 452 possuem as suas sedes inseridas no território da RHSF.

A população total da RHSF, segundo dados do IBGE de 2010, é de aproximadamente 14,3 milhões de habitantes (IBGE, 2010). Desse total, quase a metade reside na Unidade de estudo e Planejamento do Alto São Francisco, onde se encontra a Região Metropolitana de Belo Horizonte. Caracteriza-se por possuir população predominantemente urbana representada por 77% do total de seus habitantes. A densidade populacional média na RH São Francisco é de 22,4 hab./km², semelhante à média brasileira.

Figura 13.8-2: Unidades Hidrográficas da RH São Francisco e principais cidades.



A bacia do rio São Francisco, no estado de Minas Gerais, faz parte da região fisiográfica do Alto São Francisco segundo a nova subdivisão, a qual se estende desde a sua nascente até a altura das confluências dos rios Carinhonha pela margem esquerda e Verde Grande pela margem direita, conforme ilustrada na Figura 13.8.1.3.

Figura 13.8-3: Regiões fisiográficas do rio São Francisco. O Alto São Francisco, segundo a nova subdivisão, engloba a porção da bacia no estado de Minas Gerais.

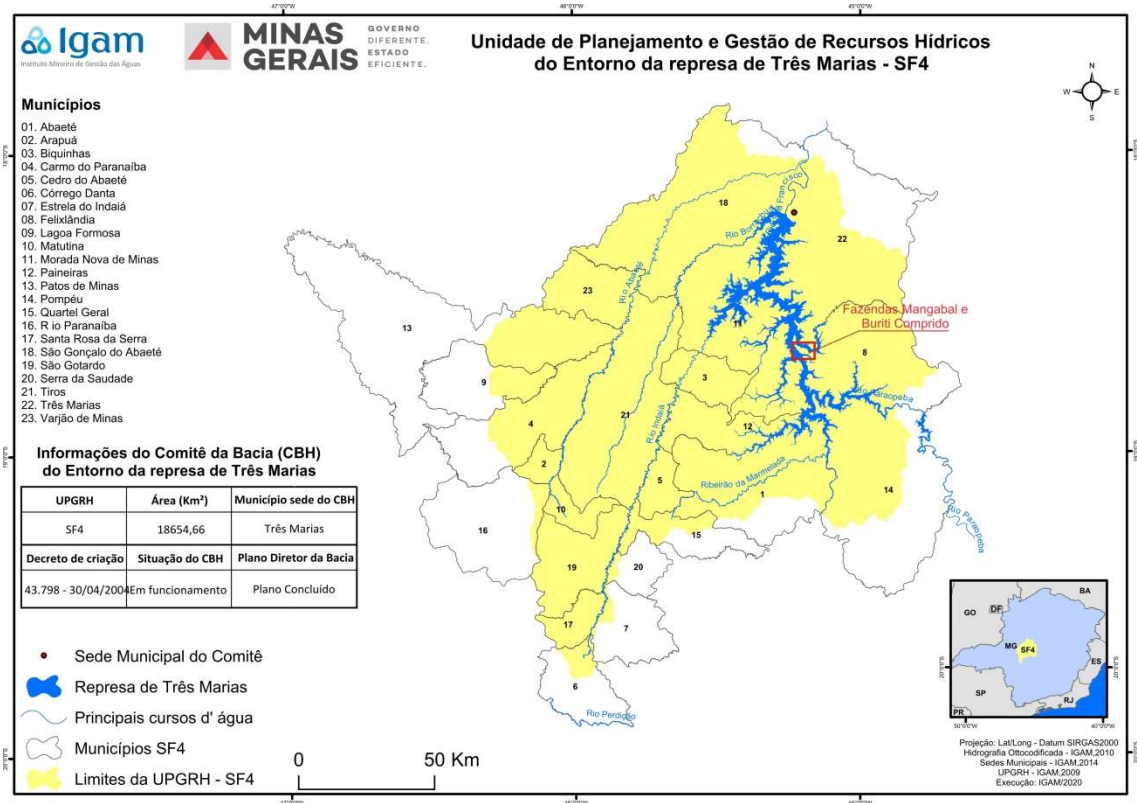


Os principais rios da Região Hidrográfica do Alto São Francisco são: São Francisco (trecho mineiro); Pará, Paraopeba, das Velhas; Jequitaiá; Grande; Verde Grande; Abaeté; Preto; Paracatu; Urucuia; Cariranha; Paramirim; Pajeú; Jacaré.

As fazendas Mangabal e Buriti Comprido estão inseridas da Unidade Hidrográfica do Alto São Francisco e na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Rio Paracatu - UPGRH – SF4 (Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias), conforme ilustrada na Figura 8.2-4.

Fazem parte da UPGRH – SF4 23 municípios, onde vivem 178.479 mil habitantes. Dentre estes 15 possuem as suas sedes administrativas na bacia. Os seguintes municípios integram a UPGRH SF4: Abaeté; Arapuá; Biquinhas; Carmo do Paranaíba; Cedro do Abaeté; Córrego Danta; Estrela do Indaiá; Felixlândia; Lagoa Formosa; Matutina; Morada Nova de Minas; Paineiras; Patos de Minas; Pompéu; Quartel Geral; Rio Paranaíba; Santa Rosa da Serra; São Gonçalo do Abaeté; São Gotardo; Serra da Saudade; Tiros; Três Marias; Varjão de Minas.

Figura 13.8-4: Localização do empreendimento em relação à UPGRH Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias – SF4 (Fonte: IGAM <https://comites.igam.mg.gov.br/>).



13.8.1. Rede hidrográfica nas áreas de influência do empreendimento

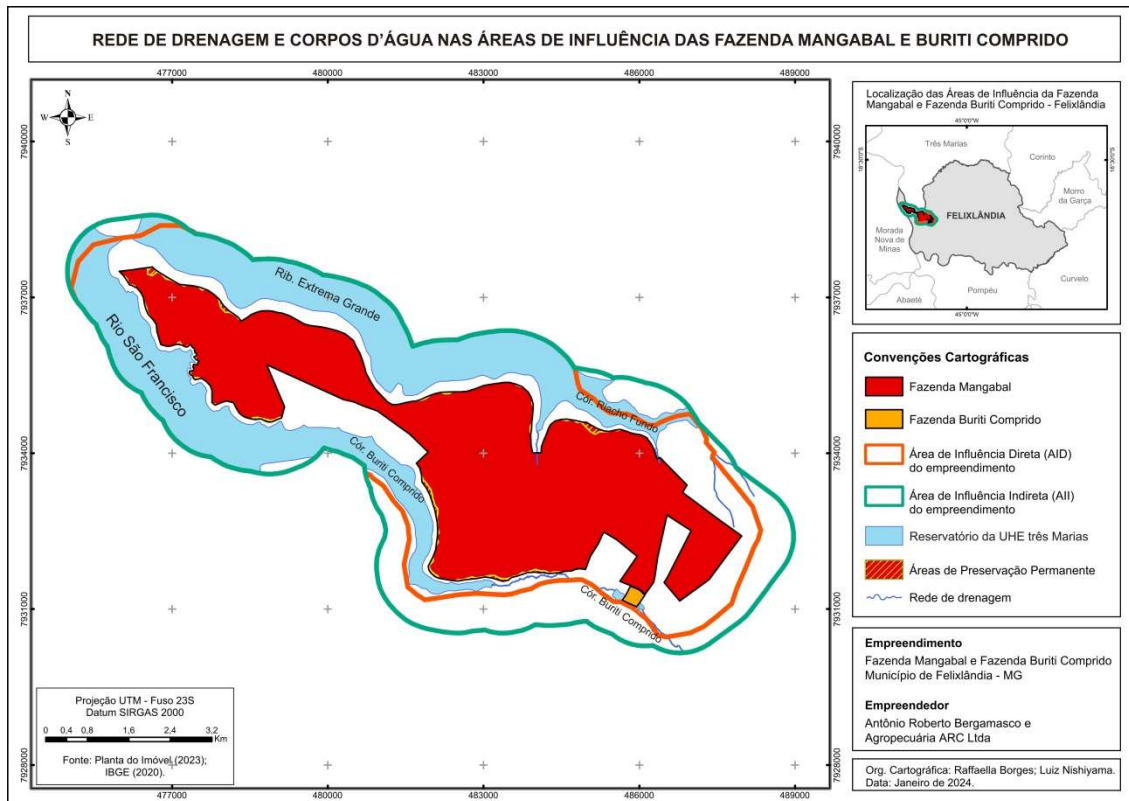
As áreas de Influência das Fazendas Mangabal e Buriti Comprido são drenadas pelo rio São Francisco, ribeirão Extrema Grande e córrego Buriti Comprido, sendo estes dois últimos afluentes da margem direita do rio São Francisco.

Desde a construção da UHE Três Marias, no final da década de 1950, parte destes cursos d' água se encontra represada nos respectivos trechos adjacentes ao empreendimento. Desse modo, o reservatório de Três Marias define a maior parte do perímetro da fazenda Mangabal, formando uma espécie de península que avança em direção ao lago de Três Marias.

Dentro dos limites da fazenda Mangabal nenhum curso d' água é observado. Isto se deve ao fato de sua área se encontrar em porção de divisor de águas. Apenas duas nascentes podem ser identificadas no seu limite norte, em contato com os trechos represados do córrego Riacho Fundo e Ribeirão Extrema Grande.

A Figura 13.8.2-1 mostra a rede de drenagem e as porções do lago formado pelo reservatório da UHE Três Marias nas áreas de influência do empreendimento.

Figura 13.8.1-1: Rede de drenagem e áreas inundadas pelo reservatório da UHE Três Marias nas áreas de influência do empreendimento.



13.9. Plano de monitoramento de águas superficiais

13.9.1. Justificativa para a escolha dos pontos de monitoramento

O monitoramento da qualidade das águas superficiais será realizado em 06 pontos de coleta definidos na AID do empreendimento. Destes, nenhum ponto se encontra alocado na ADA em razão da inexistência de cursos d'água dentro de seus limites.

A razão da ausência de cursos d'água na ADA do empreendimento se deve a sua localização em porção de divisor de águas do rio São Francisco e de seus afluentes diretos: o ribeirão da Extrema Grande e o córrego Buriti Comprido, além do córrego Riacho Fundo, afluente do ribeirão Extrema Grande.

Dada esta localização topográfica e geomorfológica do empreendimento, com a formação do lago da UHE Três Marias as drenagens fluviais existentes ficaram submersas. Desse modo, a ADA das fazendas objeto do presente diagnóstico do meio físico representa as porções de topo dos divisores de águas, onde se encontram ausentes as redes de drenagem fluvial.

Para tanto, a escolha dos pontos de monitoramento levou-se em consideração a existência do lago do reservatório da UHE Três Marias no entorno do empreendimento, as atividades desenvolvidas, as infraestruturas, as operações unitárias, além das características físicas locais (geologia, relevo e solo) que, em conjunto, podem acarretar em impactos ambientais com implicações nos meios físico, biótico e socioeconômicos.

Importante ressaltar que os pontos de amostragens foram definidos a partir da análise do alcance dos possíveis impactos ambientais gerados pelas atividades do empreendimento.

As seguintes atividades, infraestruturas e operações unitárias do empreendimento foram consideradas para a escolha dos pontos de monitoramento:

- atividades agrícolas atuais e futuras – tratos agrícolas de ciclo anual;
- usos de agroquímicos – fertilizantes, herbicidas e inseticidas;
- captação direta de água no reservatório da UHE Três Marias;
- vias de acesso em terra compactada e carreadores nas áreas cultivadas
- infraestruturas que podem alterar a qualidade da água, tais como: fossas sépticas; tanques de efluentes agroindustriais; estocagem de embalagens de agroquímicos; lavagem de máquinas e veículos; oficinas mecânicas; armazenamento de combustíveis; armazenamento de óleo queimado; armazenamento de insumos utilizados na agricultura; dentre outros.

Levou-se em consideração, também, a possibilidade de geração de impactos ambientais decorrentes das atividades do empreendimento sobre os recursos hídricos superficiais utilizados pelas comunidades e demais empreendimentos do entorno, além dos impactos à fauna e flora:

- carga sedimentar oriunda de áreas cultivadas e de estradas vicinais de terra

A carga sedimentar oriunda de áreas cultivadas, vias de acesso e processos erosivos é constituída basicamente de materiais do solo e pode causar, dependendo da quantidade, impactos diretos na qualidade das águas em uma faixa adjacente do reservatório Três Marias. Sabe-se que os impactos ambientais no meio físico não ocorrem dissociados dos impactos no meio biótico, com prováveis consequências para as espécies da flora e fauna.

- alteração na qualidade dos recursos hídricos superficiais por introdução de agroquímicos nas áreas cultivadas (inseticidas, fungicidas, herbicidas e adubos minerais); matéria orgânica; organismos patogênicos; óleos e graxas; dentre outros.

13.9.2. Cursos d'água escolhidos para monitoramento

A maior parte da ADA do empreendimento se encontra margeada pelo reservatório da UHE Três Marias, o qual abrange cerca de 55% de seu perímetro total.

O córrego Buriti Comprido representa o principal curso d'água que drena a AID do empreendimento e, secundariamente o córrego Riacho Fundo. No entanto, com a formação do lago da UHE Três Marias, parte da bacia hidrográfica deste córrego que faz limite com a ADA do empreendimento encontra-se inundada pelas águas do reservatório de Três Marias.

Os pontos escolhidos para o monitoramento das águas superficiais estão localizados na AID do empreendimento. Do total de seis pontos, quatro foram posicionados no remanso do lago de Três Marias e dois em drenagens superficiais (córrego Buriti Comprido e afluente sem denominação do Riacho Fundo). A localização dos pontos de amostragem encontram-se listados na Tabela 13.9.2-1 e representados na Figura 13.9.2-1.

Tabela 13.9.2-1: Localização dos pontos de monitoramento de águas superficiais.

PONTOS DE MONITORAMENTO		COORDENADAS
		GEOGRÁFICAS (Datum WGS84)
PMM-01	Córrego Buriti Comprido	18°43'3.72"S/45° 7'37.86"O
PMJ01	Remanso do córrego Buriti Comprido	18°41'24.06"S/45°10'27.42"O
PMJ-02	Remanso do rio São Francisco	18°40'8.76"S/45°12'57.56"O
PMM-02	Córrego sem denominação	18°41'0.50"S/45° 9'5.61"O
PMJ03	Remanso do córrego Riacho Fundo	18°40'34.20"S/45° 9'2.46"O
PMJ04	Remanso do ribeirão Extrema Grande	18°39'34.78"S/45°12'19.61"O

Figura 13.9.2-1: Localização dos pontos de amostragem de águas superficiais.



13.9.2.1. PMM-01 - Córrego Buriti Comprido

A bacia do córrego Buriti Comprido, onde foi definido o ponto PMM-01, possui a área estimada de 56,52 km² (considerando a porção inundada pelo lago da UHE Três Marias). Este córrego representa uma bacia de 2ª ordem de acordo com a classificação de Strahler (1952) e se caracteriza como afluente da margem direita do rio São Francisco. A sua nascente se encontra na cota 657 metros. A partir da cota 573 metros o seu talvegue é afogado pelas águas do reservatório da UHE Três Marias.

As fazendas Mangabal e Fazenda Buriti Comprido são delimitadas pelo córrego na sua vertente direita. O limite da Fazenda Mangabal estabelecido pelas águas do reservatório da UHE Três Marias se estende por aproximadamente 4.430 metros, enquanto que o limite estabelecido pelo córrego, em sua porção não inundada é de aproximadamente 1.230 metros. A Extensão total dos limites das duas fazendas na vertente direita do córrego Buriti Comprido é de 13.398 metros.

Na bacia hidrográfica do córrego Buriti Comprido a ocupação do solo é representada por silvicultura, agricultura de grãos, bovinocultura e remanescentes de vegetação nativa (cerrado e cerradão). A atividade agrícola de maior extensão na área da bacia corresponde à Fazenda Mangabal.

Ainda, encontra-se presente na vertente esquerda da bacia hidrográfica do Buriti Comprido uma aglomeração urbana denominada São José do Buriti, sendo esta distrito do município de Felixlândia.

A escolha deste córrego com dois pontos de monitoramento de águas superficiais é justificada pela localização das fazendas Mangabal e Buriti Comprido na vertente direita deste córrego.

O Ponto PMM-01 foi definido no limite montante da Fazenda Mangabal onde, teoricamente, seria o ponto de início de possível influência das atividades por ela praticadas na qualidade das águas deste córrego.

praticadas na qualidade das águas deste córrego.

13.9.2.2. PMJ- 01 – Córrego Buriti Comprido - remanso do reservatório de Três Marias

O ponto de amostragem designado PMJ01 está posicionado no remanso da UHE Três Marias, na AID do empreendimento.

A localização deste ponto pode ser justificada em razão de sua posição jusante em relação ao ponto PMM-01 e à fazenda Mangabal. Nesse sentido, o ponto PMJ-01 foi definido em local

onde seja possível detectar quaisquer alterações na qualidade das águas no trecho inundado do córrego Buriti Comprido decorrentes das atividades desta propriedade rural.

13.9.2.3. PMJ-02 – Reservatório da UHE Três Marias – vertente da margem direita do rio São Francisco (próximo da foz submersa do Buriti Comprido).

A localização deste ponto de amostragem se deve a sua posição jusante em relação ao ponto PMJ-01 e em relação à fazenda Mangabal. Desse modo, o ponto PMJ-02, da mesma forma que o ponto PMJ-01, foi definido em um local onde seja possível detectar quaisquer alterações na qualidade das águas do remanso do lago da UHE Três Marias decorrentes das atividades do empreendimento.

13.9.2.4. PMM-02 – Afluente (sem denominação) da margem esquerda do córrego Riacho fundo.

O ponto de monitoramento PMM-02 foi definido no córrego sem denominação, afluente da margem esquerda do córrego Riacho Fundo, que deságua diretamente no remanso do lago da UHE Três Marias.

A sua nascente encontra-se posicionada internamente à Fazenda Mangabal, de onde as suas águas percorrem cerca de 500 metros até o encontro com as águas do reservatório.

O ponto de monitoramento PMM-02 no córrego sem denominação representa um trecho do único curso d'água com a nascente na fazenda Mangabal.

13.9.2.5. PMJ-03 – Afluente (sem denominação) da margem esquerda do córrego Riacho fundo (trecho inundado).

O posicionamento do ponto de jusante PMJ-03 é relativo ao ponto de montante PMM-02. Apesar da curta distância entre estes dois pontos (menos de 1.000 metros) e de sua localização no remanso do lago da UHE Três Marias, este ponto é estratégico para detectar quaisquer alterações na qualidade das águas decorrentes das atividades da fazenda Mangabal.

13.9.2.6. PMJ04 – Remanso do lago da UHE Três Marias – Vale do ribeirão Extrema Grande.

13.9.3. 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 9.3-1)

Tabela 13.9.3-1: Parâmetros físico-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

Tetracloroeto de Carbono	mg/L
Tetracloroetano	mg/L
Xilenos	µg/L

13.9.4. Periodicidade do monitoramento das águas superficiais

Dadas às características da principal atividade do empreendimento (agricultura de ciclo anual), é desejável que as campanhas de coletas e análises físico-químicas e microbiológicas das superficiais sejam realizadas semestralmente, considerando a sazonalidade climática do ano, ou seja: seco (abril a setembro) e chuvoso (outubro a março).

13.9.5. 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.**

13.9.6. Considerações finais

A definição dos pontos de amostragem e monitoramento da qualidade das águas superficiais nas áreas das fazendas Mangabal e Buriti Comprido se deparou em uma questão crucial: a ausência de cursos d'água internamente à estas duas propriedades (ADA).

Dois cursos d'água estão presentes na AID do empreendimento: o córrego Buriti Comprido e o córrego Riacho Fundo. Mesmo assim, grande parte destes se encontra represada pelo lago da UHE três Marias.

Dessa forma, para a definição de pontos de montante e de jusante procurou-se ajustar as suas respectivas localizações levando em consideração o alcance dos impactos gerados pelos mencionados empreendimentos rurais na extensão do lago de Três Marias.

Assim, os pontos no lago de Três Marias foram posicionados mais próximos possível de sua margem, de maneira a possibilitar a detecção de alterações na qualidade das águas influenciadas pelas atividades agrícolas praticadas nas fazendas Mangabal e Buriti Comprido.

13.10. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

O diagnóstico hidrogeológico foi realizado com o objetivo de identificar as unidades aquíferas presentes na ADA/AID das fazendas Mangabal e Buriti Comprido e apresentar as suas principais características hidrogeológicas baseadas em pesquisa em fontes secundárias (bibliográficas) e em levantamentos de campo, tais como: distribuição horizontal e vertical; potencial aquífero; tipologia; condições de recarga e descarga; dentre outras.

Uma vez conhecidos os aspectos hidrogeológicos locais buscou-se, na sequência do presente diagnóstico, o entendimento do comportamento dos aquíferos identificados na ADA sob a influência dos processos naturais e/ou induzidos pela ação humana na qualidade e quantidade das águas subterrâneas neles contidas.

13.10.1. Síntese da geologia e hidrogeologia regional

Sabe-se que as áreas de influência do empreendimento estão inseridas no arcabouço geológico da grande unidade geotectônica denominada Cráton do São Francisco, estável desde o Paleoproterozóico. Desse modo, no contexto desta entidade estável se desenvolveu uma grande bacia de natureza intracratônica sobre a qual foram depositados sedimentos que fazem parte da Bacia intracratônica do São Francisco. O preenchimento desta bacia mostra uma evolução policíclica comprovada por unidades estratigráficas com características distintas e idades que variam desde o Paleoproterozóico a Neoproterozóico.

Segundo Alkmim e Martins-Neto (2001) a Bacia do São Francisco é composta por duas grandes unidades geológicas: Supergrupo Espinhaço (Paleo/Mesoproterozóico) e o Supergrupo São Francisco (Neoproterozóico). Este último é constituído pelos Grupos Macaúbas e Bambuí.

Fragoso et al. (2013) ao caracterizar geologicamente a região Noroeste de Minas Gerais identificaram essencialmente associações rochosas pertencentes à Bacia do São Francisco, a qual não difere substancialmente da região central do estado contexto em que se insere as áreas de influência do empreendimento. Os litotipos mais antigos são atribuídos ao Neoproterozóico, que correspondem ao Grupo Bambuí com as seguintes formações: Lagoa do Jacaré (calcarenito, calcissiltito, biolitito, dolomito, marga e siltito); Serra da Saudade (siltito e lentes de calcissiltito) e Três Marias (arenito feldspático e siltito), sendo ainda acrescida da recém-designada Formação Lagoa Formosa (siltito e diamictito).

Os referidos autores identificaram, em discordância com o Grupo Bambuí, espessos depósitos sedimentares de idade Cretácica pertencentes aos grupos Areado e Mata da Corda e Urucuia. Ainda, atribuem à gênese destas unidades geológicas o estiramento crustal produzido

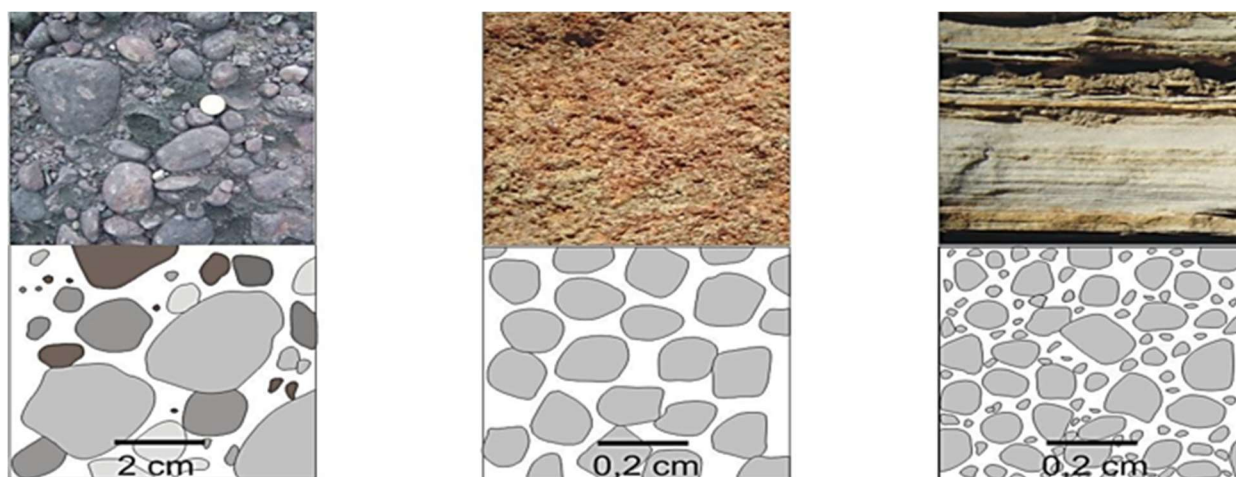
durante a abertura do Atlântico Sul. No Eocretáceo esta fase de tectônica distensiva foi responsável pela formação de um conjunto de falhamentos normais e pela reativação de algumas descontinuidades Proterozóicas. A partir da movimentação de blocos se desenvolveu uma bacia receptora, com geometria graben-horst, onde se depositaram as formações Abaeté (conglomerados, brechas e arenitos), Quiricó (siltito, argilito, folhelho e subordinadamente, arenito fino a grosso) e Três Barras (arenitos estratificados), pertencentes ao Grupo Areado.

A partir desse conhecimento prévio da geologia regional e local, pode afirmar que as unidades hidrogeológicas correspondentes, de acordo com a sua natureza, apresentam o caráter de aquífero granular.

No campo da hidrogeologia é importante distinguir, preliminarmente, as definições de aquífero granular e aquífero fraturado.

Segundo Elis (sem data), em termos comparativos entre um aquífero granular e um aquífero fraturado, o primeiro tipo compreende as rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados e, ainda, solos arenosos decompostos in situ (Figura 13.10.1-1) Constitui o tipo de aquífero mais importante pelo grande volume de água que armazena e por sua ocorrência em extensas áreas. Na Província Hidrogeológica do São Francisco o aquífero granular é representado pelas unidades sedimentares do Cretáceo (Urucuia, Mata da Corda e Areado) e do Permo-Triássico (Sambaíba).

Figura 13.10.1-1: Exemplos de aquíferos granulares: (A) conglomerado; (B) arenito grosso e (c) arenito fino.



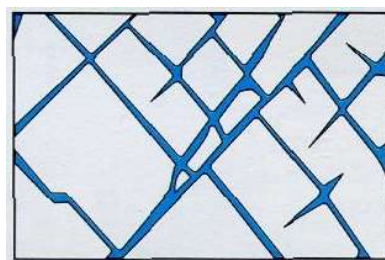
Fonte: Iritani e Ezaki, 2008 *apud* Varnier, 2009.

Ainda, de acordo com Elis (sem data), o aquífero fraturado é formado por rochas ígneas, metamórficas e carbonáticas. A capacidade destas litologias em acumular água está relacionada à quantidade de fraturas (densidade), suas aberturas, intercomunicação e persistência, além de

cavidades resultantes de dissolução de rochas carbonáticas. Na Província hidrogeológica do São Francisco o aquífero fraturado é representado pelo aquífero Bambuí (cárstico-fraturado).

A Figura 13.10.1-2, a seguir ilustra uma rocha metamórfica com porosidade de fratura.

Figura 13.10.1-2: Rocha com porosidade de fratura ou porosidade secundária.



Fonte: Varnier, 2009.

13.10.2. Aquíferos na região do empreendimento e suas características gerais e hidrodinâmicas

A porção do estado de Minas Gerais onde se localizam as áreas das fazendas Mangabal e Buriti Comprido faz parte da província Hidrogeológica do São Francisco. Esta província é composta por várias unidades hidroestratigráficas aquíferos, sistemas aquíferos e zonas aquíferas.

Unidades Hidroestratigráficas são formações geológicas ou partes delas, que armazenam e transmitem águas subterrâneas de forma semelhante e com produtividades da mesma ordem de grandeza, ou seja, considerando os aquíferos nos locais onde os mesmos não sofrem variações em suas produtividades.

Nesse sentido, se faz também necessária a compreensão do termo aquífero. Um aquífero é definido a partir de uma unidade estratigráfica estabelecida, acrescida do conhecimento de sua geometria, forma de ocorrência e características hidrodinâmicas gerais, além da descrição e registro de suas características morfológicas. Sofre grandes mudanças de classificação hidrogeológica em função das frequentes variações em suas produtividades.

Utiliza-se a designação sistema aquífero sempre que ocorrer a união de dois ou mais aquíferos, criando um domínio espacial limitado em superfície e em profundidade, relacionados ou não entre si, mas que constituem uma unidade prática para a investigação ou exploração.

Dois tipos de Aquíferos são identificados na porção em que se inserem os empreendimentos de acordo com o Mapa Hidrogeológico do Brasil - Folha Belo Horizonte

(CPRM, 2010): Bambuí (Fmb_NPb) e Aquífero Formações Cenozóicas Indiferenciados (Pmb_Fc_ind_c). Este último é representado pelos depósitos detríticos lateríticos que revestem as porções aplanadas da Depressão do São Francisco onde se localiza a ADA do empreendimento.

13.10.2.1. Aquífero Bambuí

Segundo CPRM (2015), o Aquífero Bambuí pode ser subdividido, de acordo com as suas características hidrogeológicas e hidrodinâmicas, em três unidades distintas:

1ª) Aquífero Bambuí – Descontínuo, de extensão regional e livre a confinado. Composto predominantemente por pelitos/metapelitos das unidades geológicas Serra da Saudade, Serra de Santa Helena e Paraopeba, além de arcóseos da formação Três Marias. Esta unidade aquífera apresenta capacidades específicas da ordem de $0,5 \text{ m}^3 / \text{h/m}$. Aquíferos Bambuí de produtividade elevada e de produtividade média podem ocorrer em subjacência.

2ª) Aquífero Bambuí - Contínuo, de extensão regional limitada e livre. Representado essencialmente por arenitos finos, pouco espessos, localmente silicificados, do Grupo Bambuí. É provável que as unidades carbonáticas/metacarbonáticas de produtividade média do Grupo Bambuí ocorram em subjacência.

3ª) Aquífero Bambuí - Descontínuo, de extensão regional limitada e livre a confinado. Esta unidade é composta por calcários, margas e metapelitos das formações Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré. Possui elevado grau de carstificação que se reflete em valores de capacidade específica geralmente acima de $10 \text{ m}^3 / \text{h/m}$. A transmissividade mostra valores entre $233 \text{ m}^2/\text{dia}$ a $7700 \text{ m}^2/\text{dia}$ e, localmente, o armazenamento específico é extremamente baixo ($66,0 \text{ mm}$). Suas áreas de maior expressão como aquífero livre, são observadas nas regiões de Montes Claros e Sete Lagoas. Verifica-se grande variabilidade nos padrões hidroquímicos, o que pode ser atribuída às diferenças de comportamento hidráulico e de interação com os litótipos constituintes. A condutividade elétrica e a dureza de suas águas, variam em amplo intervalo, apresentando valores médios de $427 \text{ } \mu\text{S/cm}$ e 202 mg/L , respectivamente. Teores elevados em flúor são de ocorrência restrita e associam-se à presença de minerais fluoretados (apatita e/ou fluorita).

De acordo com a Carta Geológica do Brasil a Milionésimo – Folha Belo Horizonte (SE 23) (CPRM, 2015) e o Mapa Hidrogeológico do Brasil – Folha Belo Horizonte (SE-23) (CPRM, 2010), o Aquífero Bambuí na região onde se inserem as fazendas Mangabal e Buriti Comprido, encontra-se representado pelas unidades hidroestratigráficas Serra da Saudade (Figura 13.10.2.1-1) e Três Marias (Figuras 13.10.2.1-2 e 13.10.2.1-3), sendo a primeira constituída

predominantemente de siltitos e folhelhos e a segunda por arenitos arcoseanos e pelitos arroxeados a lilás

Figura 13.10.2.1-1: Aquífero Bambuí – Serra da Saudade na região onde se inserem os empreendimentos fazendas Mangabal e Buriti Comprido.



Figura 13.10.2.1-2: Pelitos arroxeados do aquífero Bambuí – Formação Três Marias na região onde se inserem as áreas de influência dos empreendimentos.



13.10.3.1-3: Arenito arcoseano arroxeados do aquífero Bambuí – Formação Três Marias na região onde se inserem as áreas de influência do empreendimento.

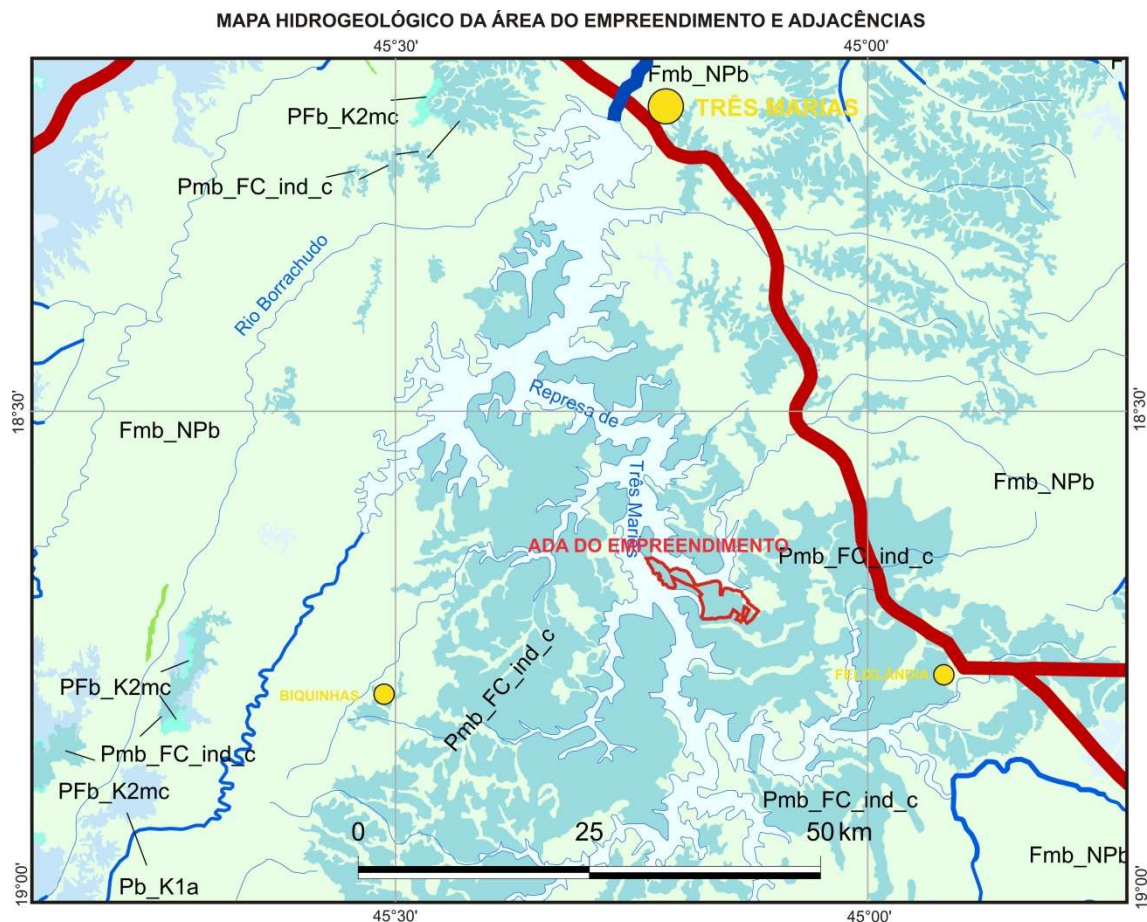


O Aquífero Bambuí apresenta grande diversidade em termos de produção de água nas áreas de ocorrência que oscilam desde unidades aquíferas muito produtivas a pouco produtivas.

Na região onde se inserem as fazendas Mangabal e Buriti Comprido o Aquífero Bambuí se mostra descontínuo, de extensão regional e livre a confinado. Composto predominantemente por pelitos/metapelitos das unidades geológicas Serra da Saudade, além de arcóseos e siltitos da formação Três Marias, apresentam capacidades específicas da ordem de 0,5 m³ /h/m. Os aquíferos do Bambuí, de produtividade elevada, representados pelos calcários e margas (Fe_NPb) não ocorrem na região do empreendimento, porém, aquíferos de produtividade média representado pelos pelitos e metapelitos da Formação serra da Saudade (Fm_NPb) podem ocorrer em subjacência a aquíferos cenozóicos.

A Figura 13.10.2.1-4 ilustra as áreas de ocorrência dos Aquíferos do Bambuí (Três Marias e Serra da Saudade) na região em que se inserem as fazendas Mangabal e Buriti Comprido.

Figura 13.10.2.1-4: Áreas de ocorrência dos aquíferos Três Marias e Serra da Saudade na região em que estão inseridas as fazendas Mangabal e Buriti Comprido.



UNIDADES AQUÍFERAS PRESENTES NAS ÁREAS DO EMPREENDIMENTO E ADJACÊNCIAS

Pmb_FC_ind	Aquífero Formações Cenozóicas Indiferenciado - Descontínuo, extensão regional e livre. Inclui principalmente aglomerados, areias e lateritas de coberturas detrito-lateríticas-ferruginosas do Fanerozóico, com ampla distribuição nas porções central e norte da folha; Pmb_FC_ind_a : aquífero Formações Cenozóicas Indiferenciado, no geral superposto ao aquífero Cristalino Indiferenciado de produtividade média; Pmb_FC_ind_b : aquífero Formações Cenozóicas Indiferenciado, no mais das vezes superposto ao aquífero Canastra de produtividade média; Pmb_FC_ind_c : aquífero Formações Cenozóicas Indiferenciado, no geral superposto aos aquíferos Bambuí de produtividade elevada/média ou Vazante de produtividade média; Pmb_FC_ind_d : aquífero Formações Cenozóicas Indiferenciado, no geral superposto ao aquífero Paranoá de produtividade média.
Fmb_NPb	Aquífero Bambuí - Descontínuo, de extensão regional e livre a confinado. Composto predominantemente por pelitos/metapelitos das unidades geológicas Serra da Saudade, Serra de Santa Helena e Paraopeba, além de arcóseos da formação Três Marias onde apresentam capacidades específicas da ordem de 0,5 m ³ /h/m. Os aquíferos Bambuí de produtividade elevada (Fe_NPb) e de produtividade média (Fm_NPb) podem ocorrer em subjacência.

FONTE: MAPA HIDROGEOLÓGICO DO BRASIL - FOLHA SE 23
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM
2010

A Carta Hidrogeológica do Brasil na escala 1:1.000.000 elaborada pela CPRM (2010) – Folha SE 23 – Belo Horizonte caracteriza as unidades aquíferas presentes na região onde se insere o empreendimento com base nos intervalos de variação de suas características hidráulicas: vazão específica (Q/s), transmissividade (T), permeabilidade (k) e vazão (Q).

13.10.2.2. Aquífero Cenozóico Indiferenciado

Esta unidade aquífera é representada na região em que se inserem as áreas de influências das fazendas Mangabal e Buriti Comprido pelos sedimentos argilo-arenosos a areno-argilosos sobrepostos ao Aquífero Bambuí – unidade hidroestratigráfica Serra da Saudade. No relevo local e regional o Aquífero Cenozóico se distribui pelas superfícies dos divisores de águas das bacias hidrográficas da Depressão do São Francisco.

Dada à elevada permeabilidade e porosidade dos materiais que compõem essa cobertura, aliadas ao relevo suave dos divisores de bacias, espessura relativamente grande e presença de um substrato pouco permeável representado pelos siltitos da Formação Serra da Saudade, as águas de infiltração que infiltram através da superfície do terreno acumulam no interior da camada Cenozóica.

13.10.3. Aspectos hidrogeológicos da AID e ADA dos empreendimentos

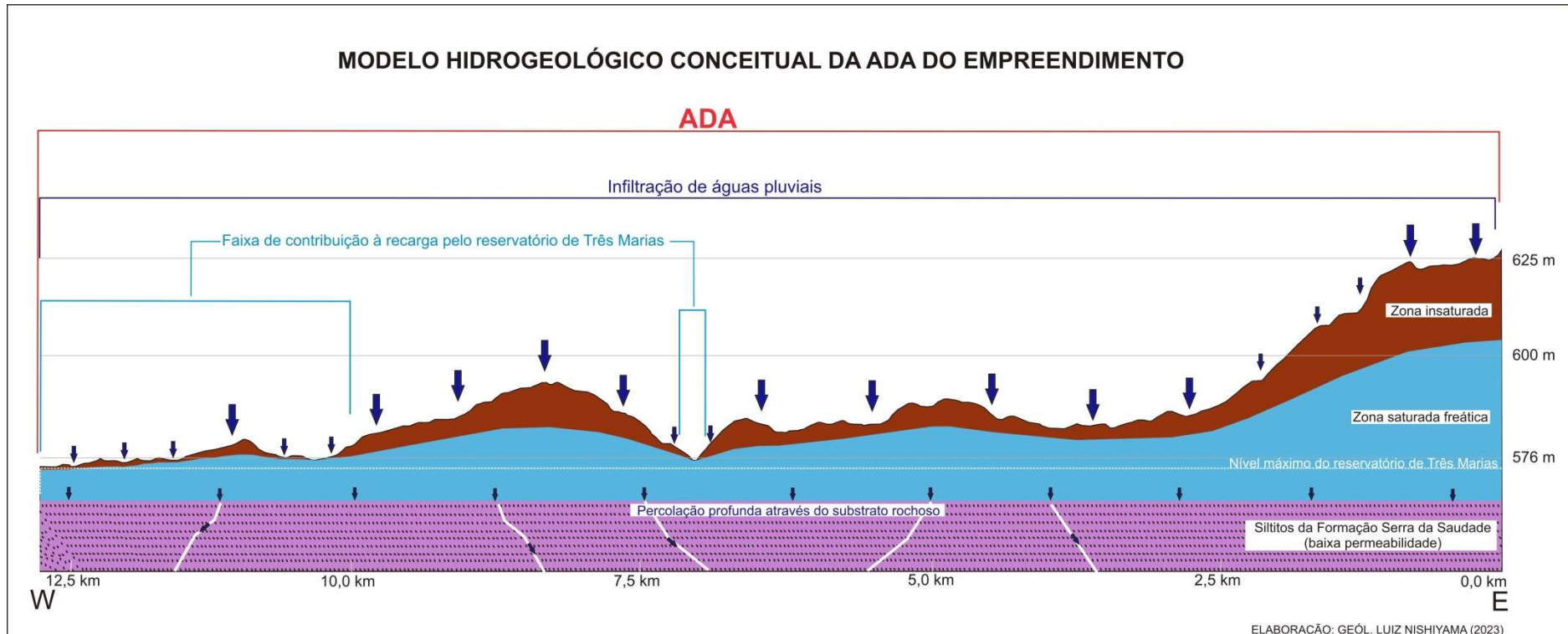
A Área de Influência Direta - AID dos empreendimentos encontra-se inserida em porção de ocorrência de litologias sedimentares dos grupos Bambuí – Formação Serra da Saudade e sedimentos areno-argilosos e argilo-arenosos da cobertura detrítica Cenozóica.

A totalidade da ADA dos empreendimentos se encontra no domínio do Aquífero Cenozóico. Localmente, este Aquífero possui grande importância em razão da contribuição para a elevada produtividade dos poços tubulares. No passado recente, antes da formação do reservatório da UHE Três Marias, este aquífero contribuía para o suprimento de água às nascentes de cursos d'água existentes nos vales fluviais da Depressão do São Francisco.

A Figura 13.10.3-1 apresenta o modelo hidrogeológico conceitual para as áreas de influência do empreendimento. De acordo com esse modelo, as áreas de recarga de aquíferos são representadas pelas porções aplanadas e recobertas por materiais inconsolidados de maior espessura (cobertura Cenozóica). Ao contrário, as porções declivosas e com cobertura inconsolidada de pequena espessura representam as áreas de descarga.

Não se pode descartar o fato de que desde a formação do reservatório de Três Marias, este passou a ser uma importante fonte de recarga subterrânea, principalmente para o Aquífero Serra da Saudade e secundariamente ao Aquífero Cenozóico nas porções que se situam abaixo da linha d'água.

Figura 13.10.3-1: Modelo hidrogeológico conceitual a ADA dos empreendimentos fazendas Mangabal e Buriti Comprido



13.10.4. Conclusão

A ADA e a AID do empreendimento estão localizadas em área de domínio dos aquíferos porosos e fraturados associados, respectivamente, à cobertura Cenozóica e às rochas sedimentares dos grupos Bambuí – Formação Serra da Saudade.

Siltitos da Formação Serra da Saudade apresentam características hidrodinâmicas vazão específica (Q/s), transmissividade (T), permeabilidade (k) e vazão (Q) relativamente baixas quando comparadas a outros aquíferos granulares devido às características granulométricas e de cimentação. Desse modo, a produção de água depende, em grande parte, da densidade de fraturamento, abertura, persistência, intercomunicação entre as fraturas.

Nos locais onde a camada pedológica é espessa e a existência de uma cobertura sedimentar Cenozóica porosa e permeável, predomina a infiltração sobre o escoamento superficial das águas pluviais e armazenamento da água infiltrada. Parte da água armazenada na camada Cenozóica migra através de seus poros para o aquífero Serra da Saudade subjacente.

A outra parte armazenada na camada sedimentar Cenozóica migra em direção às cabeceiras de drenagens e para o reservatório de Três Marias como escoamento de base. Neste último caso, a oscilação do nível do reservatório comanda o sentido do movimento da água freática. Em quase totalidade da ADA prevalecem estas condições.

É importante ressaltar que as áreas de armazenamento na camada Cenozóica são predominantemente ocupadas pela agricultura, sobretudo pelos tratos culturais de ciclo anual e, secundariamente por vegetação nativa (reservas legais).

Portanto, a condição predominante de recarga do aquífero Cenozóico, representada pelas superfícies de relevo suave dos divisores hidrográficos somadas às características de aquífero poroso e permeável, e ao uso do solo pela agricultura anual, constituem fatores que contribuem para uma maior susceptibilidade à contaminação da água subterrânea freática.

13.11. Diagnóstico espeleológico

O presente diagnóstico espeleológico foi realizado em cumprimento à Instrução de Serviço 08/2017 do SISEMA/MG, legislação vigente no âmbito do licenciamento ambiental no estado de Minas Gerais, que “dispõe sobre os procedimentos para a instrução dos processos de licenciamento ambiental de empreendimentos efetiva ou potencialmente capazes de causar impactos sobre cavidades naturais subterrâneas e suas áreas de influência”.

De acordo com a referida IS, em um processo de licenciamento ambiental convencional, os empreendimentos devem apresentar um laudo espeleológico contendo estudos específicos conforme as características da área do projeto.

13.11.1. Metodologia adotada para o diagnóstico espeleológico

Diagnóstico espeleológico nos limites da ADA e AID dos empreendimentos fazendas Mangabal e Buriti Comprido foram realizados com base no Termo de Referência e na legislação pertinente.

De antemão, as informações espeleológicas foram levantadas em fontes secundárias constantes nos documentos especializados relativos à região e às áreas de influência do empreendimento, tais como: trabalhos acadêmicos (artigos científicos, monografias, dissertações de mestrado, teses de doutorado); publicações de órgãos ligados às áreas de geologia, geomorfologia e meio ambiente (CPRM, IBGE, ICMBio, dentre outros); Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavidades no Brasil (Cecav/ICMBio), geológicos (CPRM) e geomorfológico.

De posse das informações bibliográficas preexistentes que versam sobre a espeleologia da região, passou-se à fase de investigação direta em trabalhos de escritório e de campo. Inicialmente, buscou-se reconhecer em imagens de satélite quaisquer evidências na superfície do terreno que pudessem ser favoráveis ao desenvolvimento de cavidades, em especial a ocorrência de rochas carbonáticas. Desse modo, procuraram-se identificar indícios de feições cársticas observáveis na superfície do terreno (exocarte) decorrentes de processos de dissolução de rochas, tais como: lapiás, de subsidência com formação de dolinas, sumidouro e ressurgência de cursos d'água.

Findada a fase de trabalhos de escritório, seguiram-se aos levantamentos de campo. Na sequência, foram realizadas investigações visuais diretas no campo ao longo de traçados pré-estabelecidos, os quais privilegiaram as áreas com características geológicas e geomorfológicas de maior interesse.

A integração das informações obtidas de procedimentos de investigação adotados possibilitou a avaliação do potencial espeleológico da ADA e da AID do empreendimento e de seu entorno.

A legislação de referência que embasou o estudo espeleológico na AID do empreendimento foi o Decreto Nº 6.640, de 07 de novembro de 2008, que define cavidades naturais, em seu parágrafo único, da seguinte maneira:

“Cavidade natural subterrânea é qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecida como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna ou buraco, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem, desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante” (DECRETO Nº 6640, de 07/13/2013).

As investigações espeleológicas na ADA e 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 que dispõe sobre a regulamentação dos estudos de Valoração de Cavidades Naturais Subterrâneas. Também, basearam-se 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, lapiás 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.

Outros documentos normativos e legislativos foram consultados, tais como: IN 30/2012 do Instituto Chico Mendes de Preservação da Biodiversidade - ICMBio e Resolução Conama 347/04, que dispõem sobre a Preservação e Conservação do Patrimônio Espeleológico Nacional.

Os trabalhos de investigação espeleológica na ADA e AID do empreendimento seguiram as seguintes etapas de trabalho:

13.11.1.1. – Etapas do estudo espeleológico na ADA/AID

Etapa 1 - Consultas em referências bibliográficas e bancos de dados – Consultas em fontes secundárias abrangeram publicações nas áreas de geologia, geomorfologia, espeleologia e pedologia de cunho acadêmico (monografias, dissertações de mestrado e teses de doutorado); artigos científicos publicados em periódicos; trabalhos apresentados em anais de eventos científicos; mapeamentos espeleológicos, geológicos, geomorfológicos e pedológicos realizados por instituições de ensino e pesquisa, órgãos governamentais, dentre outros; trabalhos técnicos; além de consultas a bancos de dados oficiais do CANIE/CECAV.

Etapa 2 - Interpretação de imagens de satélite e documentos cartográficos diversos – Os trabalhos de investigação realizados nessa etapa tiveram dois objetivos: 1º) identificar os indicadores (atributos) favoráveis ao desenvolvimento e/ou ocorrências de cavidades naturais na ADA/AID do empreendimento, tais como: geológicos (tipos litológicos, feições tectônicas em escala regional e local e afloramentos rochosos) e geomorfológicos (escarpamentos, afloramentos rochosos, vales profundos, rede de drenagem e feições cársticas de dissolução – lapiás, subsidências, dolinas, sumidouros dentre outros) e; 2º) de posse dos resultados da interpretação de imagens de satélite e mapas diversos, definir os percursos e os pontos de interesse para investigação de campo.

Etapa 3 - Levantamentos de campo - Os trabalhos de investigação de campo consistiram em: 1º) inicialmente, em consultas verbais a residentes/proprietários rurais na ADA/AID e no seu entorno próximo, questionando-os sobre o seu conhecimento acerca de ocorrências de cavidades e; 2º) em seguida, foram realizadas investidas em traçados previamente definidos na etapa anterior visando identificar o(s) tipo(s) litológico(s) presente (s) e a ocorrência de quaisquer feições que possam remeter aos processos cársticos (exo e endocárstico) e registro fotográfico.

Etapa 4 – Trabalhos de escritório – Uma vez encerradas as etapas anteriores passou-se a fase de elaboração do relatório final e da conclusão das investigações da área em questão. Nessa etapa, foram confeccionados mapas e perfis que, além de facilitar a compreensão das características geológicas e espeleogenéticas, auxiliaram na conclusão do presente diagnóstico.

13.11.1.2. Potencial espeleológico da ADA/AID dos empreendimentos

A avaliação do potencial espeleológico da ADA/AID dos empreendimentos seguiu duas linhas de procedimentos: 1º) consulta às bases de dados espeleológicos do **Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV/ICMBIO)** com o objetivo de levantar cavidades já cadastradas e; 2º) delimitação de áreas com maior possibilidade de ocorrência de cavidades na ADA/AID dos empreendimentos baseada em atributos geológicos (litologias e estruturas rochosas) e geomorfológicos (relevo, escarpas, feições morfológicas do relevo, dentre outros).

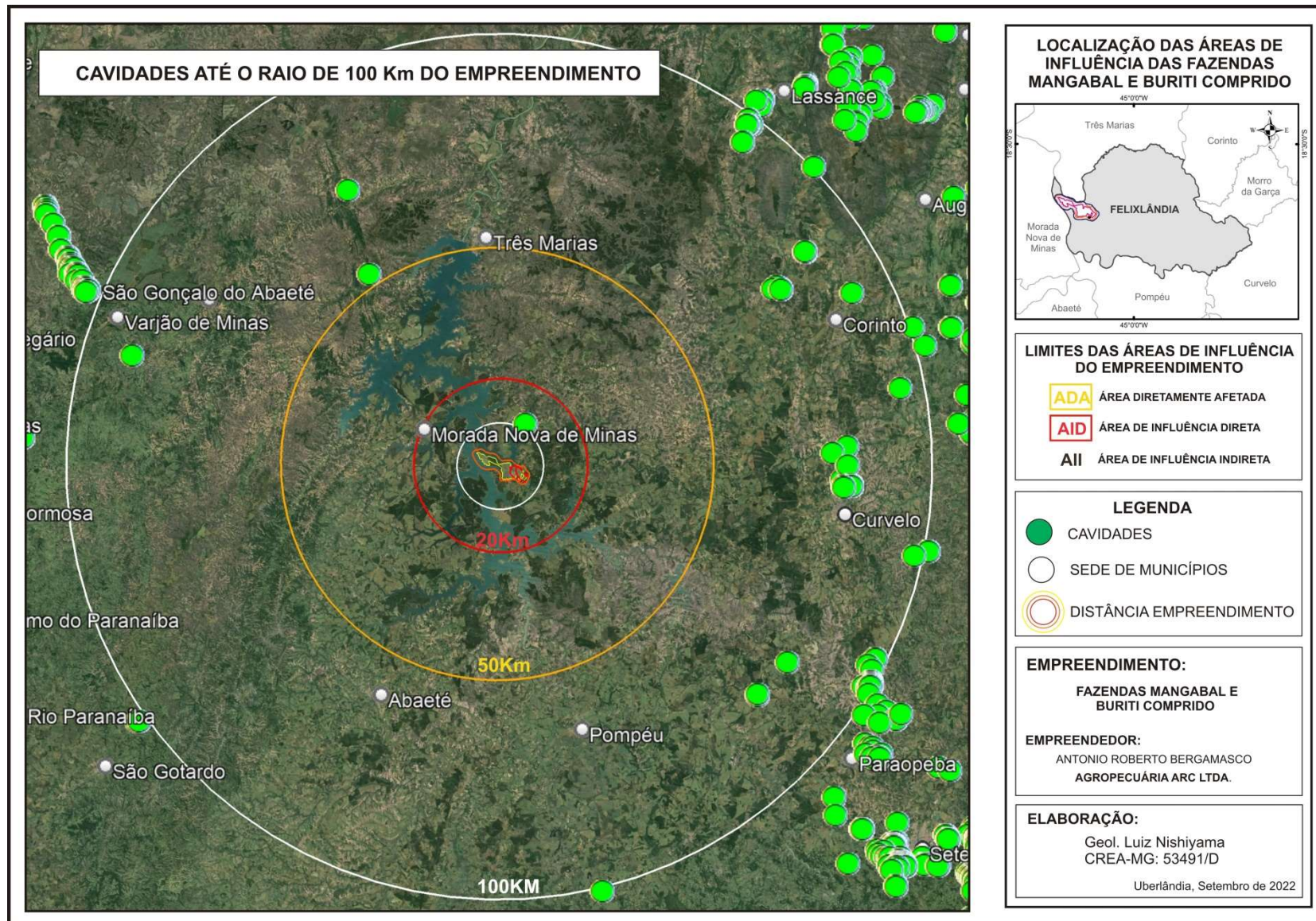
13.11.1.2.1. Pesquisa em base de dados do CECAV/ICMBIO

A consulta ao banco de dados do CECAV/ICMBIO revelou que, de acordo com o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE), ocorrem 108 (cento e oito) cavidades naturais cadastradas em um raio de 100 km da AID/ADA do empreendimento, conforme podem ser observadas na Figura 02.

Salienta-se que as cavidades cadastradas no banco de dados do CECAV/ICMBIO no raio de 100 km, a grande maioria está localizada entre 70 e 100 km e encontra-se desenvolvida em rochas do Grupo Bambuí.

A Figura 13.11.1.2.1-1 mostra a localização das cavidades registradas no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE/) em um raio de até 100 quilômetros da ADA do empreendimento. A circunferência traçada em cor branca representa o raio de 100 km; amarela 50 km e vermelha 20 km. A circunferência menor, traçada na cor branca, representa a AII do empreendimento.

Figura 13.11.1.2.1-1: Cavidades registradas no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE) até um raio de 100 da AID/ADA do empreendimento (circunferência branca maior). (Fonte: CECAV/ICMBIO).



13.11.2. Aspectos da geologia.

13.11.2.1. Contexto geológico regional

No contexto geológico regional, a ADA/AID do empreendimento localiza-se no domínio da grande unidade geotectônica denominada Cráton do São Francisco, sobre o qual foram depositados sedimentos da Bacia do São Francisco.

13.11.2.1.1. O Cráton do São Francisco

Para Almeida (1977), Alkmim et al. (1993) e Trompette (1994), o Cráton do São Francisco corresponde a um bloco continental rígido, que se desenvolveu no Arqueano, com repetição de processos tectonomagmáticos e que se manteve relativamente estável durante a deformação das faixas móveis marginais ao longo do evento Brasileiro-Panafricano, dentre as quais inclui-se o Orógeno Brasília. Dessa forma, as camadas sedimentares depositadas sobre o Cráton do São Francisco apresentam-se praticamente sem alteração na sua atitude, com estratos horizontais a subhorizontais.

Segundo Almeida (1977), o Cráton São Francisco corresponde à porção da Plataforma Sul-Americana consolidada como segmento litosférico no Arqueano e moldada pela orogênese brasileira (650-450 Ma).

13.11.2.1.2. Bacia Sedimentar do São Francisco

Para Alkmim & Martins-Neto (2001), a Bacia Sedimentar do São Francisco corresponde a uma bacia intracratônica que recobre o embasamento do Cráton do São Francisco. Abrange áreas dos estados de Minas Gerais, Bahia, Goiás e Tocantins. O preenchimento desta bacia apresenta uma evolução poli-histórica representada por unidades estratigráficas com características distintas e idades que variam do Paleoproterozóico ao Cretáceo Superior.

Desde o Paleozóico até o recente, vários estágios tectônicos controlados por períodos de relativa estabilidade, rápidas inversões nos campos de tensão extensivos/compressivos e movimentos verticais de compensação isostática marcaram a gênese e evolução da bacia.

Alkmim e Martins-Neto (2001) apresentam a estratigrafia da bacia sanfranciscana, composta pelas seguintes unidades: Supergrupo Espinhaço (Paleo/Mesoproterozóico); Supergrupo São Francisco (Neoproterozóico); Grupo Santa Fé (Paleozóico); e Grupos Areado, Mata da Corda e Urucuia (Cretáceo). O Quadro 13.11.2.1.2-1, a seguir, apresenta uma síntese estratigráfica da Bacia Sedimentar do São Francisco:

Quadro 13.11.2.1.2-1: Síntese estratigráfica da Bacia Intracratônica do São Francisco

UNIDADE		IDADE	AMBIENTE	BACIA	PRINCIPAIS ROCHAS
Grupo Uruçuia		Cretáceo	Eólico	Aulacógeno	Arenitos
Grupo Mata da Corda			Marinho		Vulcânicas alcalinas
Grupo Areado			Flúvio-lacustre		Conglomerados e arenitos
Grupo Santa Fé		Permo-carbonífero	Glaciomarinho	Sinéclise	Diamictitos e folhelhos
Supergrupo São Francisco	Grupo Bambuí	Neoproterozóico	Marinho Plataformar	Antepaís	Siltitos, calcipelitos, arenitos, conglomerados e carbonatos
	Grupo Macaúbas		Glaciocontinental	Rifte	Diamictitos e arenitos
Supergrupo Espinhaço		Mesoproterozóico	Eólico	Aulacógeno	Quartzitos
		Paleoproterozóico	Marinho		
Embasamento		>1,8 Ga			Gnaisses

Fonte: Adaptado de Alkmim e Martins-Neto (2001) e Baptista (2004).

Fragoso et al. (2013) apresentam a caracterização geológica regional referente a Bacia Sedimentar do São Francisco na região Noroeste de Minas Gerais. Segundo os autores mencionados afloram na região essencialmente associações rochosas pertencentes à Bacia do São Francisco. Os litotipos mais antigos são atribuídos ao Neoproterozóico e correspondem ao Grupo Bambuí. Nesta unidade foram reconhecidas as formações Lagoa do Jacaré (calcarenito, calcissiltito, biolitito, dolomito, marga e siltito), Serra da Saudade (siltito e lentes de calcissiltito) e Três Marias (arenito feldspático e siltito), sendo ainda acrescida da recém designada Formação Lagoa Formosa (siltito e diamictito). De maneira geral, estas associações litológicas correspondem a uma sedimentação marinha plataformar.

Em discordância erosiva com o Grupo Bambuí ocorrem espessos depósitos Cretácicos pertencentes aos grupos Areado e Mata da Corda. Estas unidades têm sua gênese relacionada ao estiramento crustal produzido durante a abertura do Atlântico Sul. No Eocretáceo esta fase de tectônica distensiva foi responsável pela formação de um conjunto de falhamentos normais e pela reativação de algumas descontinuidades Proterozóicas. A partir da movimentação de blocos se desenvolveu uma bacia receptora, com geometria graben-horst, onde depositaram as formações Abaeté (conglomerados, brechas e arenitos), Quiricó (siltito, argilito, folhelho e subordinadamente, arenito fino a grosso) e Três Barras (arenitos estratificados), pertencentes ao Grupo Areado. Por fim, rochas vulcânicas piroclásticas e epiclásticas atribuídas ao Grupo Mata da Corda evidenciam uma atividade magmática ocorrida durante o Neocretáceo.

13.11.2.2. Contexto local da geologia

Mapeamento geológico realizado na ADA/AID do empreendimento para a elaboração do presente diagnóstico espeleológico resultou na identificação da seguinte unidade geológica

pertencente à Bacia do São Francisco: a Formação Serra da Saudade pertencente ao Grupo Bambuí.

Ainda, recobrando as rochas da Formação Serra da Saudade pode ser observada uma espessa camada de constituída de materiais detríticos de idade Cenozóica ocupando, sobretudo, as porções dos divisores de bacias hidrográficas.

Tanto a ADA quanto a porção emersa da AID do empreendimento encontra-se sob o domínio dessa cobertura Cenozóica, condição pela qual impede a exposição de litologias da Formação serra da Saudade.

13.11.2.2.1. Formação Serra da Saudade

Esta unidade geológica caracterizada em campo, fora dos limites da ADA, acha-se localmente constituída de siltitos lilás finamente laminadas e com níveis de arenitos.

Próximo ao braço do córrego Extrema Grande pode ser destacada a ocorrência de rochas semelhantes à ardósias, predominantemente com cores acinzentadas e esverdeadas.

Segundo Knauer et al., 2013, estruturalmente os tipos litológicos pertencentes a esta unidade geológica preservam características sedimentares originais, com destaque para laminações e estratificações plano-paralelas, mas laminações/estratificações cruzadas não são raras.

Durante os trabalhos de campo, na ADA e AID do empreendimento e nas porções adjacentes onde ocorre a exposição da Formação Serra da Saudade, não foram observados quaisquer aspectos geológicas e geomorfológicas que pudessem sugerir evidências de processos espeleogenéticos internos e externos. No caso específico da ADA, além da ausência de quaisquer feições indicativas de presença de processos espeleogenéticos em superfície, o total recobrimento dos tipos litológicos da Formação Serra da Saudade por sedimentos Cenozóicos, é pouco provável a ocorrência de cavidades subterrâneas.

13.11.2.2.2. Cobertura Cenozóica

Uma cobertura sedimentar detrítica de idade Cenozóica ocorre revestindo as superfícies dos divisores de águas entre o rio São Francisco, ribeirão Extrema Grande e o córrego Buriti Comprido.

Observações realizadas diretamente no campo denotaram ser constituídos de sedimentos pouco consolidados, com textura predominantemente areno-argilosa, porém, termos argilo-

arenosos foram diferenciados e além de quantidades variáveis de nódulos milimétricos de óxido de ferro.

Na base do pacote ocorre um nível métrico concrecionário de laterita férrica, possivelmente gerado pela migração de óxido de ferro das porções superiores do perfil em meio aquoso na forma de Fe^{+2} e precipitação de óxido de ferro sob a forma de Fe^{+3} no contato com a unidade geológica subjacente (Formação Serra da Saudade).

Análises realizadas em imagem de satélite nos limites da ADA e AID do empreendimento seguidas de caminhamentos realizados no campo não detectaram quaisquer evidências de processos e/ou feições espeleogenéticos (dissolução, subsidência, sumidouro, lapiás, dolinas, dentre outros) que pudessem indicar a existência de cavidades subterrâneas.

As figuras 13.13.2.2.2-1 a 13.13.2.2.2-4 mostram alguns aspectos da cobertura Cenozóica.

Figura 13.11.2.2.2-1: Cobertura cenozoica presente no vale do rio São Francisco, onde se localiza a ADA do empreendimento. Esta cobertura é composta de materiais detrítico-lateríticos que recobrem a Formação Serra da Saudade. Atentar para o relevo plano a suave ondulado característico das áreas de ocorrência.



Figura 13.11.2.2.2-2: Aspecto dos materiais detrítico-lateríticos da cobertura cenozóica. Texturalmente, se caracterizam pela predominância de argila.



Figura 13.11.2.2.2-3: Cobertura cenozóica na ADA, porém com maior porcentagem de areia.



Figura 13.11.2.2-4: Detalhe da cobertura cenozóica com maior teor de areia.



13.11.3. Mapa de potencialidade de cavidades subterrâneas

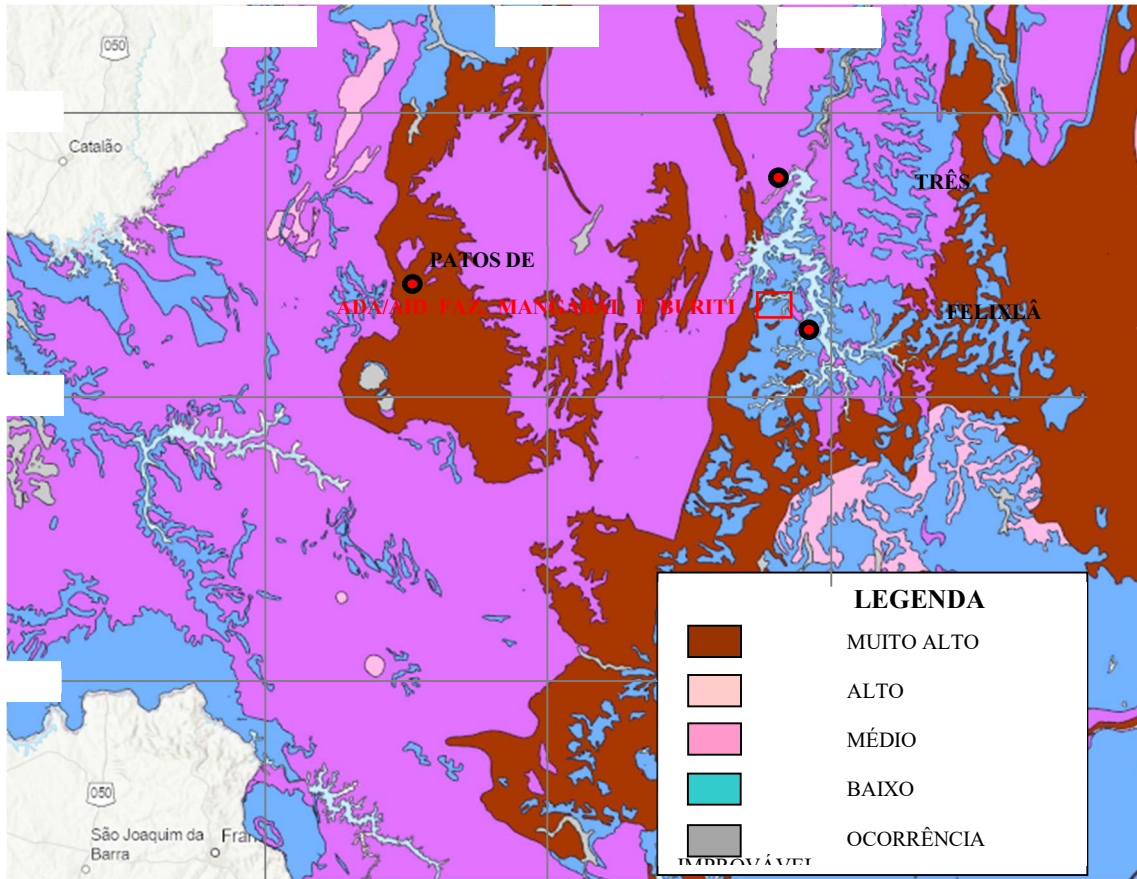
Jansen et al. (2012) elaboraram o **Mapa do Potencial de Ocorrência de Cavernas no Brasil**, em escala 1:2.500.000, com base nos critérios do CECAV/ICMBio e no Mapa Geológico do Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

O Mapa elaborado por Jansen et al. (2012) permite visualizar os graus de potencialidade de ocorrência de cavidades na ADA/AID dos empreendimentos.

Segundo o **Mapa do Potencial de Ocorrência de Cavernas no Brasil** o grau de Potencial **Baixo** predomina na ADA e AID do empreendimento. Corresponde à porção de ocorrência de cobertura Cenozóica, a qual recobre a Formação Serra da Saudade (Grupo Bambuí). Já nas porções em que a Formação Serra da Saudade se encontra exposto foi atribuída o grau de potencialidade **Médio**. Importante salientar que grau de potencialidade médio não ocorre na ADA e na AID dos empreendimentos em questão.

A Figura 13.13.3-1, a seguir, mostra um recorte do mapa realizado por Jansen et.al (2012) para as regiões centrais do estado de Minas Gerais, contexto em que se inserem as fazendas Mangabal e Buriti Comprido.

Figura 13.11.3-1: Mapa de Potencial de Ocorrência de Cavernas no Brasil. Recorte para a região central do estado de Minas Gerais, contexto regional em que se insere os empreendimentos fazendas Mangabal e Buriti Comprido.
 Fonte: JANSEN et al. (2012).



O Quadro 13.11.3-1 a seguir, apresenta a potencialidade de ocorrência de cavernas do CECAV/ICMBio baseada em condicionantes litológicas:

Quadro 13.11.3-1: Classificação de potencialidade de ocorrência de cavernas baseada na litologia segundo CECAV/ICMBio.

Litologias	Potencialidade de ocorrência de cavidades
Rocha Carbonática (Calcário, Calcarenito, Calcirudito, Dolomito e Carbonato), Evaporito e Formação Ferrífera (Itabirito e Jaspilito).	Muito alto
Calcrete, Calcilutito, Mármore e Marga.	Alto
Arenito , Calcixisto, Carbonatito, Conglomerado, Filito, Folhelho, Fosforito, Grauvaca, Micaxisto, Milonito, Orto-quartzito, Pelito, Quartzito, Ritmito, Rocha Calcilicática, Silito 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, Gnaise, 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, Riolito, 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

OBS: As litologias grifadas em amarelo representam os tipos que foram mapeados na ADA/AID do empreendimento durante o presente diagnóstico espeleológico.

13.11.4. Necessidade de uma abordagem multicriterial

A atribuição de graus de potencialidade a ocorrência de cavidades baseada exclusivamente em critério litológico (tipos de rochas), conforme observada no Quadro 13.13.3-1, complementada pelo Banco de Dados do CECAV/ICMBio, mostra um grau de generalização, sobretudo em razão de sua escala adotada (1:2.500.000).

Ao se basear exclusivamente no fator litológico, o Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavidades não considera os demais fatores geológicos e geomorfológicos importantes, exceto os litológicos, favoráveis ou não ao desenvolvimento de cavidades. Dentre os fatores fundamentais que deveriam ser avaliados podem se mencionar: composição mineralógica das rochas; estruturas tectônicas (foliação, xistosidade, fraturas, falhas, dobras); estruturas atectônicas (planos de acamamentos, juntas de partição e dobras, dentre outros). Considerando outros fatores geológicos e geomorfológicos na análise de potencial para ocorrência de cavidades, também merecem destaque: movimentos gravitacionais; atitude de estruturas - direção e mergulho;

susceptibilidade aos agentes do intemperismo; grau de intemperismo; grau de cimentação de rochas sedimentares; resistência mecânica das rochas; escarpas tectônicas (por deslocamentos ao longo de plano de falha); escarpas atectônicas (produzidas por erosão); dissecação erosiva (exposição de diferentes litologias, escavação pelas águas correntes); dentre outras.

Nesse sentido, investigações realizadas na ADA/AID das Fazendas Mangabal e Buriti Comprido visando levantamentos mais detalhados de ocorrência de cavidades, mediante informações geológicas, geomorfológicas, pedológicas, hidrogeológicas e hídricas (abordagem multicriterial) obtidas de interpretação de imagens aéreas e/ou de satélites e complementadas por trabalhos de campo, não prescindiram de estudos em escala compatível.

Apesar do caráter genérico do Mapa de Potencial de Ocorrência de Cavidades decorrente da escala adotada (1:2.500.000), é importante ressaltar a significativa contribuição deste documento cartográfico elaborado por Jansen et al. (2012) como uma base para estudos espeleológicos em maior detalhe, como é o caso de estudos ambientais de empreendimentos em processos de licenciamentos ambientais.

Não foram observadas quaisquer evidências de feições que remetesse a processos cársticos nas áreas de exposição da unidade Serra da Saudade (Grupo Bambuí), sobretudo fora dos limites da AII dos empreendimentos, embora alguns atributos geológicos e geomorfológicos favoráveis ao desenvolvimento de cavidades estejam presentes, tais como: escavação de vales fluviais promovida pelo ribeirão Extrema Grande em conjunto com seus afluentes.

13.11.5. Potencial para ocorrência de cavidades na ADA/AID dos empreendimentos

Esta etapa teve por objetivo investigar na ADA/AID e no seu entorno, o potencial para ocorrência de cavidades a partir de condicionantes geológicas, geomorfológicas, pedológicas, hidrogeológicas e hídricas (abordagem multicriteriais) favoráveis ao seu desenvolvimento. Para tanto, foi realizado um cruzamento de informações levantadas para a realização do presente diagnóstico, o que possibilitou redefinir as classes de potencial para ocorrência de cavidades.

13.11.5.1. Procedimentos adotados para investigação de campo

Uma vez definidas preliminarmente as classes de potencial para ocorrência de cavidades na área investigada com base no Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas elaborado por Jansen et al. (2012), nas análises de atributos obtidos por abordagem multicriterial e complementadas por informações obtidas em interpretação imagens de satélites, estabeleceram-

se os roteiros de campo com foco nas porções, *a priori*, de maior potencial para ocorrência de cavidades.

No caso específico da área delimitada para o estudo espeleológico as porções identificadas como **baixo potencial** para ocorrência de cavidades subterrâneas foi delimitada a leste e nordeste das áreas de influência dos empreendimentos. Esta classe de potencial ocupa as porções onde a cobertura Cenozóica se encontra ausente, com exposição de tipos litológicos (siltitos) da Formação Serra da Saudade. O relevo se apresenta com forte ondulação, vales fluviais com forte entalhamento de talvegues, sulcados por ravinhas.

Para as demais porções, não foi possível estender a análise em razão da existência do reservatório de UHE Três Marias.

Ao contrário, as áreas preliminarmente delimitadas neste estudo como classe de **Ocorrência Improvável** apresentam camada pedológica espessa desenvolvida sobre uma cobertura inconsolidada Cenozóica, relevo suave, ausência de afloramentos rochosos, além dos demais atributos geológicos e geomorfológicos. Por essa razão essas porções também são intensamente ocupadas por atividades agrícolas. A classe **Ocorrência Improvável** ocupa a totalidade da ADA do empreendimento.

As áreas preliminarmente definidas no **Mapa do Potencial de Ocorrência de Cavernas no Brasil** como *Médio Potencial*, a investigação de campo não demandou maior nível de detalhamento em razão destas se localizarem fora dos limites das áreas de influência dos empreendimentos.

Adicionalmente, informações coletadas em consultas verbais a proprietários rurais estabelecidos nestas áreas complementaram os trabalhos de investigação de ocorrência de cavidades subterrâneas, constituindo-se em uma etapa complementar para os objetivos da investigação espeleológica.

13.11.5.2. Potencialidade de ocorrência de cavidades da ADA dos empreendimentos

A ADA e a AID dos empreendimentos estão localizadas na unidade de relevo caracterizada por superfícies aplanadas pertencente à Depressão do São Francisco. Devido a ausência de atributos geológicos/Geomorfológicos atribuiu-se à maior parte da ADA a classe **Ocorrência Improvável**.

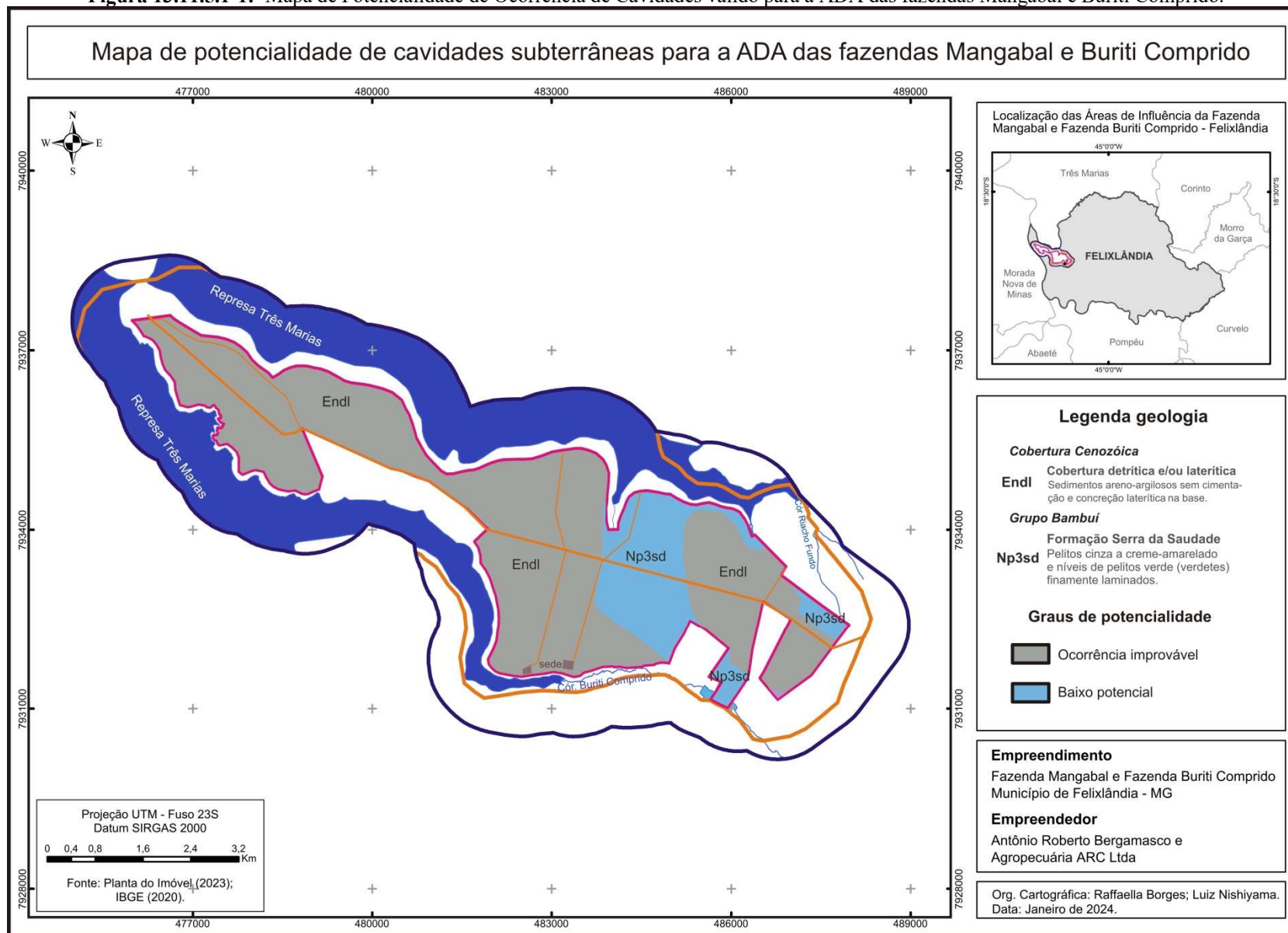
A espessa cobertura sedimentar de idade Cenozóica isenta de cimentação não reúne atributos para o desenvolvimento de cavidades. Apesar de a unidade geológica subjacente, a

Formação Serra da Saudade, apresentar alguns atributos favoráveis para o desenvolvimento de cavidades naturais.

Corrobora ainda, para a definição da classe **Ocorrência Improvável** para a maior parte da ADA dos empreendimentos a ausência de feições morfológicas visíveis que remetem a processos exo e endocársticos, tais como dolinas, subsidências, sumidouros e uvalas.

Delimitou-se como classe **Baixo Potencial** uma área menor da ADA. Esta categoria compreende as porções mais declivosas e, por esta razão a cobertura Cenozóica é menos espessa. Embora não tenha sido observada exposição direta de siltitos da Formação Serra da Saudade (Grupo Bambuí), quebras no relevo indicam a proximidade destas litologias. Demais feições geológicas, geomorfológicas, hidrogeológicas, pedológicas e hídricas não são observáveis na área, razão pela qual se justifica a atribuição do grau de potencialidade **Baixo Potencial**.

Figura 13.11.5.1-1: Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavidades válido para a ADA das fazendas Mangabal e Buriti Comprido.



13.11.6. CONCLUSÃO

Ao realizar os estudos que embasaram a avaliação espeleológica na AID e ADA das fazendas Mangabal e Buriti Comprido se evidenciou o caráter genérico do Mapeamento de Potencial de Ocorrência de Cavernas no Brasil, elaborado por Jansen et al. (2012) em escala 1:2.500.000. Além da escala de mapeamento adotada pelos mencionados autores, a qual não permite maiores detalhamentos, o procedimento metodológico para a delimitação das classes de potencial de ocorrência de cavidades teve como base o mapa geológico realizado pela CPRM na mesma escala, ou seja, valeu-se de critério essencialmente litológico das unidades geológicas com grau de generalização pertinente à escala de mapeamento. Desse modo, o mapa elaborado nessa escala não possibilita obter informações com detalhes necessários para estudos específicos, como é caso do EIA e, sobretudo, em nível de ADA de um empreendimento.

Distintamente do mapa apresentado por Jansen et al. (2012), o Mapa de Potencial a Ocorrência de Cavidades elaborado especificamente para a AID e ADA das Fazendas Mangabal e Buriti Comprido baseou-se em múltiplos critérios geológicos, geomorfológicos, pedológicos, hidrogeológicos e hídricos favoráveis ou não ao desenvolvimento de cavidades (atributos), tais como: litologia, composição mineralógica; evidências de processos espeleológicos (dissolução e corrosão); feições espeleológicas (cavidades, dolinas, sumidouros, lapíás, uvalas, dentre outras); estruturas (estratificação, foliação, fraturas, falhas, dobras), atitude das estruturas (mergulho); susceptibilidade aos agentes do intemperismo; grau de intemperismo; escarpas tectônicas (formadas por deslocamentos ao longo de plano de falha); escarpas erosivas; dissecação erosiva e exposição de contatos entre diferentes litologias, dentre outros.

Preliminarmente, os atributos obtidos de análise multicriterial foram levantados em imagens de satélites e, posteriormente, em campo a identificação quaisquer feições favoráveis ao desenvolvimento de cavidades subterrâneas.

O cruzamento dos mencionados atributos levantados especificamente para a presente avaliação espeleológica, e a sua complementação com informações levantadas em investigação *in situ* em trabalhos de campo, possibilitaram a elaboração de um documento cartográfico mais realista para as condições em escala de detalhe, portanto, mais adequado para os propósitos do EIA/RIMA dos empreendimentos.

Importante mencionar que, a consecução da investigação de campo ao longo de caminhamentos para validar as informações contidas no Mapa de Potencial de Ocorrência de Cavidades da AID e ADA do empreendimento e complementada por informações verbais

coletadas na área, especialmente na AID, foram fundamentais para a validação do documento cartográfico elaborado.

Mediante a realização do Mapa de Potencial de Ocorrência de Cavidades para a AID e ADA do empreendimento, **pode-se afirmar com certo grau de certeza sobre a ausência de cavidades subterrâneas na área avaliada.**

13.12. Referências Bibliográficas

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.

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

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_domínioshidrogeologicos_pol (Acessado em 12/09/2023).

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).

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).

Atlas do Abastecimento de Água. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=8> (acessado em 15/05/2022).

disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/downloads/unidades-de-planejamento/bacia-paranaiba/3783-dados-de-outorga-pn1> (acessado em 12/09/2023).

Relatório de Impacto Ambiental – RIMA da Usina Hidrelétrica de Três Marias. Belo Horizonte, 2019.

Relatório de Impacto Ambiental – RIMA da Usina Hidrelétrica de Três Marias. Belo Horizonte, 2019.

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>.

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

Portal dos Comitês. Disponível em: IGAM – <http://comites.igam.mg.gov.br/conheca-a-bacia-pn1>), acessado em 28/05/2022.

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

disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/downloads/unidades-de-planejamento/bacia-paranaiba/3783-dados-de-outorga-pn1> (acessado em 27/05/2022).

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 2023.

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

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 12 de setembro 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.

Bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. 2014. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/component/content/article/153>>. Acesso em: 12 de setembro de 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA <https://www.ana.gov.br/as-12-regioes-hidrograficas-brasileiras/parana> (acessado em 12/06/2022).

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paranaíba.** ANA, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb).** Acesso em maio de 2019. Disponível em < <http://hidroweb.ana.gov.br>>

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Sistema de Informações Hidrológicas.** Disponível em:

<<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/informacoeshidrologicas/redehidro.aspx>>. Acesso em: 01 maio 2017.

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.

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.

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.; 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.; 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.; 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.; 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.

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

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

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.

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.

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.

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

BAPTISTA M.C. 2004. **Estratigrafia e evolução geológica da região de Lagoa Formosa (MG)**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 104 p.

BAPTISTA M.C. 2004. **Estratigrafia e evolução geológica da região de Lagoa Formosa (MG)**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 104 p.

BARBIERI, P.R.B. **Caracterização da estação chuvosa nas regiões Sul e Sudeste do Brasil associado com a circulação atmosférica**. 136f, DISSERTAÇÃO (mestrado em meteorologia), INPE, São José dos Campos – SP, 2007.

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

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

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.

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.

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.

BERTOL, G. A. **Avaliação da recarga anual no aquífero Bauru no município de Araguari, Minas Gerais**. 2007. 131 f. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geologia. Instituto de Geociências, UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais.

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

BRASIL Lei nº 6.938, de 31/08/1981

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, 10/13/2008.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 357, de 18 de março de 2005** (alterada pela Resolução 410/2009 e 430/2013).

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

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

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. 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.

CEMIG. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA da Usina Hidrelétrica de Três Marias**. 2019.

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.

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.

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 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.

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 09 de dezembro de 2015.

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 09 de dezembro de 2015.

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 2019.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS – CEMIG. **Estudo de Impacto Ambiental - EIA da Usina Hidrelétrica de Três Marias**. Belo Horizonte, 2019.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS – CEMIG. **Estudo de Impacto Ambiental - EIA da Usina Hidrelétrica de Três Marias**. Belo Horizonte, 2019.

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

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

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.

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

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

EMBRAPA. AIGETEC disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>

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

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

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

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.

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, 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.

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.

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. 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.; 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.

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.

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 27/05/2019

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

GROSSI, Sad J. H.; CHIODI FILHO, C.; CHIODI, D.K. **Província de ardósia de Minas Gerais.** In: PINTO, C.P.; MARTINS NETO, M.A. (Ed.). *Bacia do São Francisco: geologia e recursos naturais*. Belo Horizonte: SBG/ MG, 2001. p. 235-243.

GROSSI, Sad J. H.; CHIODI FILHO, C.; CHIODI, D.K. **Província de ardósia de Minas Gerais.** In: PINTO, C.P.; MARTINS NETO, M.A. (Ed.). *Bacia do São Francisco: geologia e recursos naturais*. Belo Horizonte: SBG/ MG, 2001. p. 235-243.

<http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/> WebGis-1707_mg_domínios hidrogeologicos_pol (Acessado em 28/05/2019).

IGLESIAS, M.; UHLEIN, A. **Estratigrafia do Grupo Bambuí e coberturas fanerozóicas no vale do Rio São Francisco, norte de Minas Gerais**. Revista Brasileira de Geociências, v. 39, n. 2, 2009. p. 256-266.

IGLESIAS, M.; UHLEIN, A. **Estratigrafia do Grupo Bambuí e coberturas fanerozóicas no vale do Rio São Francisco, norte de Minas Gerais**. Revista Brasileira de Geociências, v. 39, n. 2, 2009. p. 256-266.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/> (acessado em 12/06/2022).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapa de relevos do Brasil**, 2006.

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

INSTITUTO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE **Carta Topográfica escala 1:100.000 - folha SE-22-Z-D-III Miraporanga. 1ª ed. 1970.**

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Bacia hidrográfica do Rio Paranaíba**. 2014. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/component/content/article/153>>. Acesso em: 18 de novembro de 2017.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gérias**. 2006. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/PERH/perhnet.pdf>> Acesso em 18 de novembro de 2017.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS – IGAM disponível em <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/regulacao-de-usos-de-recursos-hidricos> (acessado em 12/06/2022).

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS – IGAM disponível em <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/regulacao-de-usos-de-recursos-hidricos> (acessado em 12/09/2023).

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)** acessado em 05/2019. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>

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.

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.

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.

KNAUER, L. G., COSTA, R. D., FREIMANN, M., FERREIRA, M. P. **Carta geológica da Folha Morada Nova de Minas: escala 1:100.000– SE.23-Y-B-VI.** Minas Gerais: CODEMIG; CPRM, 2010. (Projeto Alto Paranaíba).

KNAUER, L. G., COSTA, R. D., FREIMANN, M., FERREIRA, M. P. **Carta geológica da Folha Morada Nova de Minas: escala 1:100.000– SE.23-Y-B-VI.** Minas Gerais: CODEMIG; CPRM, 2010. (Projeto Alto Paranaíba).

KUCHENBECKER, M. **Geologia e recursos minerais da Folha Morro da Garça SE.23-Z-A-IV : estado de Minas Gerais / Matheus Kuchenbecker ... [et al.] ...** – Belo Horizonte : CPRM, 2014. 61 p. : il.; 30 cm.

KUTCHENBECKER, M. **Geologia e recursos minerais da Folha Morro da Garça SE.23-Z-A-IV : estado de Minas Gerais / Matheus Kuchenbecker ... [et al.] ...** – Belo Horizonte : CPRM, 2014.

KUTCHENBECKER, M. **Geologia e recursos minerais da Folha Morro da Garça SE.23-Z-A-IV : estado de Minas Gerais / Matheus Kuchenbecker ... [et al.] ...** – Belo Horizonte : CPRM, 2014.

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

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.

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.

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., 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.; 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.

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

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

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.

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

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Instrução Normativa 02 de 20 de agosto de 2009. Institui a metodologia de classificação do grau de relevância de cavidades naturais subterrâneas.** Disponível em: <www.icmbio.gov.br/cecav/index.php?id_menu=159>acesso em 18 de maio de 2019.

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.

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.

NAVARRO, G. R. B.; ZARNARDO, A.; CONCEIÇÃO, F. T. **O Grupo Araxá na região 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. **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.

NOVAIS, G. T. **Caracterização climática da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e do entorno da Serra da Canastra (MG).** Dissertação de Mestrado -Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013, p. 175. Disponível em: <<http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/1395>>. Acesso em: 05/2019.

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.

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

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

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.

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: 05/2015.

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. **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. **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 Araxá Synform, Minas Gerais, Brazil – implications to the collage of the Gondwanaland**. Revista Brasileira de Geociências, 2000.

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

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.

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.

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

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

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Projeto Alto Paranaíba – Folha Três Marias** – SE.23-Y-B-III. Belo Horizonte, 2013.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Projeto Alto Paranaíba – Folha Morada Nova de Minas** – SE.23-Y-B-IV. Belo Horizonte, 2013.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Projeto Alto Paranaíba** – Folha Três Marias – SE.23-Y-B-III. Belo Horizonte, 2013.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Projeto Alto Paranaíba** – Folha Morada Nova de Minas – SE.23-Y-B-IV. Belo Horizonte, 2013.

SGARBI, P. B. A. **Magmatismo do Cretáceo na Região Sudoeste da Bacia Sanfranciscana: o Grupo Mata da Corda**. In: PEDROSA, A. C. Souza et al.(Ed.). Projeto Alto Paranaíba. Belo Horizonte, CODEMIG, 2013. p. 147-227. No prelo.

SGARBI, P. B. A. **Magmatismo do Cretáceo na Região Sudoeste da Bacia Sanfranciscana: o Grupo Mata da Corda**. In: PEDROSA, A. C. Souza et al.(Ed.). Projeto Alto Paranaíba. Belo Horizonte, CODEMIG, 2013. p. 147-227. No prelo.

SIGNORELLI, N., TULLER, M. P., SILVA, P. C. S., JUSTO, L. J. E. C. **Carta geológica da Folha Três Marias: escala 1:250.000** – SE.23-Y-B. Minas Gerais: CPRM; COMIG, 2003. (Projeto São Francisco).

SIGNORELLI, N., TULLER, M. P., SILVA, P. C. S., JUSTO, L. J. E. C. **Carta geológica da Folha Três Marias: escala 1:250.000** – SE.23-Y-B. Minas Gerais: CPRM; COMIG, 2003. (Projeto São Francisco).

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, 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, 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.

STRAHLER, A. N. (1952), «Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topology», Geological Society of America Bulletin, 63 (13): 1317–1342.

TEIXEIRA, W., et al. **Archean 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.

TEIXEIRA, W., et al. Archean 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.

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.; 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.

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.

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.

TUNDISI E MATSUMURA-TUNDISI. **Recursos Hídricos no Século XXI.** São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 328p.

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: 18 de junho. de 2016.

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: 18 de junho. de 2016.

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., 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. et al. **Tectônica da Faixa de Dobramentos Brasília – setores setentrional e meridional**. Geonomos, 20(2), 1-14, 2013.

UHLEIN, A. et al. **Tectônica da Faixa de Dobramentos Brasília – setores setentrional e meridional**. Geonomos, 20(2), 1-14, 2013.

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.

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.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFLA, UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS - UFLA E FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE – FEAM. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais: legenda expandida** / Universidade Federal de Viçosa; Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais; Universidade Federal de Lavras; Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p

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.

VALERIANO, C.M.; ALMEIDA, J.C.H.; SIMÕES, L.S.A.; DUARTE, B.P.; ROIG, H.L.; HEILBRON, M. 1997. **Evolução estrutural do domínio externo da Faixa Brasília no sudoeste de Minas Gerais: registros de uma tectônica pré-brasiliana**. *Rev. Bras. Geoc.* (no prelo).

VALERIANO, C.M.; ALMEIDA, J.C.H.; SIMÕES, L.S.A.; DUARTE, B.P.; ROIG, H.L.; HEILBRON, M. 1997. **Evolução estrutural do domínio externo da Faixa Brasília no sudoeste de Minas Gerais: registros de uma tectônica pré.**