

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA**  
**VOLUME 2**

---

**LT 500 KV SE ESTREITO – SE CACHOEIRA PAULISTA C1 E C2**

**P.011333-RL-EIA-001\_L18**

JULHO DE 2018

---

00	17.01.18	00	A. Deberdt	L. Vaz	C. Vieira
01	29.06.18	00	A. Deberdt	L. Vaz	C. Vieira

---

REV.	DD.MM.AA	NATUREZA DAS REVISÕES	ELABORAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO
------	----------	-----------------------	------------	-------------	-----------

## SUMÁRIO GERAL

### SUMÁRIO VOL. 01

1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR
2. EMPRESA RESPONSÁVEL PELOS ESTUDOS
3. DADOS DA EQUIPE TÉCNICA MULTIDISCIPLINAR
4. DADOS DO EMPREENDIMENTO
  - 4.1 IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO
    - 4.1.1 CUSTO TOTAL DO EMPREENDIMENTO
    - 4.1.2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS DO EMPREENDIMENTO
    - 4.1.3 ANEXOS
  - 4.2 DESCRIÇÃO DO PROJETO
    - 4.2.1 INFORMAÇÕES TÉCNICAS
      - 4.2.1.1 Traçado
      - 4.2.1.2 Torres
      - 4.2.1.3 Cabos e Isoladores
    - 4.2.2 OBRA
      - 4.2.2.1 Cronograma de Implantação
      - 4.2.2.2 Histograma da Obra
      - 4.2.2.3 Canteiro de Obras
      - 4.2.2.4 Anexos
    - 4.2.3 SUBESTAÇÕES EXISTENTES QUE NECESSITAM DE AMPLIAÇÃO
    - 4.2.4 FAIXA DE SERVIDÃO
- 5 ESTUDO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E LOCACIONAIS

### SUMÁRIO VOL. 2

6. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL
  - 6.1 DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO
    - 6.1.1 ÁREAS DE ESTUDO PARA O MEIO FÍSICO
    - 6.1.2 ÁREAS DE ESTUDO PARA O MEIO BIÓTICO
    - 6.1.3 ÁREAS DE ESTUDO PARA O MEIO SOCIOECONÔMICO
  - 6.2 MEIO FÍSICO
    - 6.2.1 METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA
      - 6.2.1.1 Caracterização e Classificação Climatológica



	6.2.1.2	Sistemas Atmosféricos em Escala Sinótica
	6.2.1.3	Fenômenos Externos
	6.2.1.4	Parâmetros Meteorológicos
	6.2.1.5	Considerações Finais
6.2.2		<b>RECURSOS HÍDRICOS</b>
	6.2.2.1	Caracterização Geral dos Recursos Hídricos
	6.2.2.2	Região Hidrográfica do Paraná
	6.2.2.3	Região Hidrográfica Atlântico Sudeste
	6.2.2.4	Nascentes e Áreas Alagáveis
	6.2.2.5	Períodos de Cheia e Vazante
	6.2.2.6	Considerações Finais
6.2.3		<b>ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS</b>
	6.2.3.1	Geologia
	6.2.3.2	Geomorfologia
	6.2.3.3	Solos
	6.2.3.4	Sismicidade
	6.2.3.5	Vulnerabilidade Geotécnica
6.2.4		<b>PALEONTOLOGIA</b>
	6.2.4.1	Caracterização Paleontológica
	6.2.4.2	Paleontologia da Área de Estudo
	6.2.4.3	Considerações Finais
6.2.5		<b>ESPELEOLOGIA</b>
	6.2.5.1	Caracterização Espeleológica Regional
	6.2.5.2	Legislação Pertinente
	6.2.5.3	Metodologia dos Levantamentos Espeleológicos
	6.2.5.4	Resultados dos Levantamentos Espeleológicos
	6.2.5.5	Considerações Finais
	6.2.5.6	Anexos
6.2.6		<b>NÍVEL DE RUÍDO</b>
	6.2.6.1	Atividades com Potencial de Geração de Ruídos
	6.2.6.2	Caracterização da Poluição Sonora
	6.2.6.3	Comunidades Passíveis de Sofrer Influência da Poluição Sonora
	6.2.6.4	Normas Técnicas Aplicadas para a Medição de Ruídos
	6.2.6.5	Ruído Audível
	6.2.6.6	Considerações Finais

## **SUMÁRIO VOL. 3**

### **6. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

#### **6.3 MEIO BIÓTICO**

	6.3.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS
	6.3.2	CARACTERIZAÇÃO DOS ECOSISTEMAS
	6.3.2.1	Fitofisionomias
	6.3.2.2	Serra da Mantiqueira
	6.3.2.3	Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade
6.3.3		<b>FLORA</b>
	6.3.3.1	Introdução
	6.3.3.2	Objetivo

	6.3.3.3	Áreas Amostras
	6.3.3.4	Aspectos Metodológicos
	6.3.3.5	Resultados
	6.3.3.6	Considerações Finais
	6.3.3.7	Anexos
6.3.4		FAUNA
	6.3.4.1	Introdução
	6.3.4.2	Objetivos
	6.3.4.3	Aspectos Metodológicos
	6.3.4.4	Áreas Amostras
	6.3.4.5	Herpetofauna
	6.3.4.6	Avifauna
	6.3.4.7	Mastofauna
	6.3.4.8	Anexos
6.3.5		ECOLOGIA DA PAISAGEM
	6.3.5.1	Introdução
	6.3.5.2	Fundamentação
	6.3.5.3	Abordagem Metodológica
	6.3.5.4	Diagnóstico do Estudo de Ecologia de Paisagens
	6.3.5.5	Setorização da Área de Estudo
	6.3.5.6	Composição das Paisagens
	6.3.5.7	Considerações Finais

## **SUMÁRIO VOL. 4**

### **6. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

#### **6.4 MEIO SOCIOECONÔMICO**

	6.4.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS
	6.4.2	CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO
	6.4.2.1	Aspectos Econômicos dos Municípios
	6.4.3	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO
	6.4.3.1	Estrutura Fundiária e Usos do Solo no Corredor de 1 km
	6.4.3.2	Edificações, Benefícios e Infraestrutura na Faixa de 80 m
	6.4.3.3	Tendências de Crescimento Populacional
6.4.4		INFRAESTRUTURA, SERVIÇOS PÚBLICOS E VULNERABILIDADES
	6.4.4.1	Saúde
	6.4.4.2	Transporte
	6.4.4.3	Segurança Pública
	6.4.4.4	Comunicação e Informação
	6.4.4.5	Educação
	6.4.4.6	Organização Social
6.4.5		RECURSOS MINERAIS
	6.4.5.1	Caracterização dos Recursos Minerais
	6.4.5.2	Considerações Finais
	6.4.5.3	Anexo
6.4.6		POPULAÇÕES TRADICIONAIS
6.4.7		PATRIMÔNIO ARQUEOLÓGICO, HISTÓRICO, CULTURAL,

- NATURAL
- 6.4.8 DIAGNÓSTICO POR MUNICÍPIO
- 6.4.8.1 Nova Resende
  - 6.4.8.2 Ibiraci
  - 6.4.8.3 Passos
  - 6.4.8.4 Monte Belo
  - 6.4.8.5 Bom Jesus da Penha
  - 6.4.8.6 Campestre
  - 6.4.8.7 Cássia
  - 6.4.8.8 Espírito Santo do Dourado
  - 6.4.8.9 Piranguinho
  - 6.4.8.10 Santa Rita do Sapucaí
  - 6.4.8.11 Delfim Moreira
  - 6.4.8.12 Itajubá
  - 6.4.8.13 Piquete
  - 6.4.8.14 Itaú de Minas
  - 6.4.8.15 Cabo Verde
  - 6.4.8.16 Divisa Nova
  - 6.4.8.17 Juruáia
  - 6.4.8.18 Muzambinho
  - 6.4.8.19 Poço Fundo
  - 6.4.8.20 Brazópolis
  - 6.4.8.21 Cachoeira de Minas
  - 6.4.8.22 Ipuíuna
  - 6.4.8.23 Piranguçu
  - 6.4.8.24 Pouso Alegre
  - 6.4.8.25 Santa Rita de Caldas
  - 6.4.8.26 São Sebastião da Bela Vista
  - 6.4.8.27 Wenceslau Braz
  - 6.4.8.28 Guaratinguetá
  - 6.4.8.29 Lorena
  - 6.4.8.30 Cachoeira Paulista

## **7. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**

### **7.1 PREÂMBULO**

### **7.2 IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO**

#### **7.2.1 BASES DE DADOS CONSULTADAS**

#### **7.2.2 RESULTADOS**

## **SUMÁRIO VOL. 5**

## **8. ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS**

### **8.1 IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS**


#### **8.1.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ETAPAS E ATIVIDADES DO EMPREENDIMENTO**

##### **8.1.1.1 Estudos e Elaboração de Projetos**

##### **8.1.1.2 Estabelecimento da Faixa de Servidão**

##### **8.1.1.3 Implantação de Canteiros e Estruturas de Apoio Construtivo**

##### **8.1.1.4 Implantação dos Sítios Construtivos e Acessos**

- 8.1.1.5 Ações Construtivas da LT (Torres e Lançamento de Cabos)
  - 8.1.1.6 Operação e Manutenção
  - 8.1.2 METODOLOGIA ADOTADA PARA A AIA
    - 8.1.2.1 Atributos para a Avaliação dos Impactos
  - 8.2 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS**
    - 8.2.1 MATRIZ DE IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS**
    - 8.2.2 DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS**
      - 8.2.2.1 Impactos Previstos para a Fase de Planejamento
      - 8.2.2.2 Impactos Previstos para a Fase de Implantação
      - 8.2.2.3 Impactos Previstos para a Fase de Operação
      - 8.2.2.4 Geração de Expectativas (Positivas e Negativas) na População, Conflitos e Incertezas
      - 8.2.2.5 Interferência em Atividades Minerárias
      - 8.2.2.6 Perda de Áreas Produtivas e Benfeitoras
      - 8.2.2.7 Interferências em Áreas Destinadas à Proteção Ambiental
      - 8.2.2.8 Aumento da Demanda por Serviços e Pressão sobre a Infraestrutura Básica
      - 8.2.2.9 Geração de Emprego e Aumento de Renda
      - 8.2.2.10 Aumento dos Casos de Gravidez e da Incidência de Doenças
      - 8.2.2.11 Migração Temporária e Mudanças no Cotidiano da População
      - 8.2.2.12 Alteração no quadro de Segurança Pública
      - 8.2.2.13 Dinamização da Economia
      - 8.2.2.14 Interferência na Patrimônio Histórico, Cultural, Arqueológico e Paisagístico
      - 8.2.2.15 Aumento da Arrecadação Tributária
      - 8.2.2.16 Elevação dos Níveis de Ruídos na Fase de Implantação
      - 8.2.2.17 Alteração da Qualidade do Ar
      - 8.2.2.18 Alteração da Qualidade da Água e Sedimentos
      - 8.2.2.19 Desencadeamento de Processos Erosivos e Assoreamento
      - 8.2.2.20 Intensificação do Tráfico e Pressão sobre a Infraestrutura Viária
      - 8.2.2.21 Acidentes com a Fauna Silvestre
      - 8.2.2.22 Ocorrência de Acidentes de Trabalho nas Frentes de Obra
      - 8.2.2.23 Redução da Oferta de Emprego e Desaquecimento da Economia
      - 8.2.2.24 Alteração da Paisagem e Redução de Habitats para a Fauna e Flora
      - 8.2.2.25 Melhoria na Qualidade do Sistema Elétrico
      - 8.2.2.26 Colisão de Aves com Cabos da LT
      - 8.2.2.27 Geração de Campo Eletromagnético na Faixa de Servidão da LT
  - 8.3 ANÁLISE CONCLUSIVA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E MEDIDAS**
- 

## **MITIGADORAS**

### **8.3.1 MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTAIS**

### **8.4 PLANOS, PROGRAMAS E PROJETOS**

## **9. ÁREAS DE INFLUÊNCIA**

### **9.1 ÁREA DIRETAMENTE AFETADA (ADA)**

### **9.2 ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (AID)**

### **9.3 ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII)**

## **SUMÁRIO VOL. 6**

## **10. MEDIDAS MITIGADORAS, COMPENSATÓRIAS E PROGRAMAS AMBIENTAIS**

### **10.1 PROGRAMAS AMBIENTAIS**

#### **10.1.1 PROGRAMAS AMBIENTAIS**

##### **10.1.1.1 Justificativa**

##### **10.1.1.2 Objetivos**

##### **10.1.1.3 Ações Previstas**

#### **10.1.2 PLANO AMBIENTAL DE CONSTRUÇÃO**

##### **10.1.2.1 Subprograma de Mobilização e Treinamento da Mão de Obra**

##### **10.1.2.2 Subprograma de Educação Ambiental para Trabalhadores**

##### **10.1.2.3 Subprograma de Controle Ambiental nos Canteiros e Frentes de Obra**

##### **10.1.2.4 Subprograma de Monitoramento e Controle de Processos Erosivos**

#### **10.1.3 PROGRAMA DE SUPRESSÃO DA VEGETAÇÃO E REPOSIÇÃO FLORESTAL**

##### **10.1.3.1 Justificativa**

##### **10.1.3.2 Objetivos**

##### **10.1.3.3 Ações Previstas**

#### **10.1.4 PROGRAMA DE MITIGAÇÃO DE ACIDENTES COM A FAUNA**

##### **10.1.4.1 Justificativa**

##### **10.1.4.2 Objetivos**

##### **10.1.4.3 Ações Previstas**

#### **10.1.5 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA AVIFAUNA**

##### **10.1.5.1 Justificativa**

##### **10.1.5.2 Objetivos**

##### **10.1.5.3 Ações Previstas**

#### **10.1.6 PROGRAMA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL**

##### **10.1.6.1 Justificativa**

##### **10.1.6.2 Objetivos**

##### **10.1.6.3 Ações Previstas**

##### **10.1.6.4 Diagnóstico Socioambiental Participativo**

#### **10.1.7 PROGRAMA DE INDENIZAÇÃO DA FAIXA DE SERVIDÃO**

##### **10.1.7.1 Justificativa**

##### **10.1.7.2 Objetivos**

##### **10.1.7.3 Ações Previstas**

#### **10.1.8 PROGRAMA DE ACOMPANHAMENTO DOS DIREITOS MINERÁRIOS**





- 10.1.8.1 Justificativa
- 10.1.8.2 Objetivos
- 10.1.8.3 Ações Previstas
- 10.1.9 PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS
  - 10.1.9.1 Justificativa
  - 10.1.9.2 Objetivos
  - 10.1.9.3 Ações Previstas
- 10.1.10 PROGRAMA DE MANUTENÇÃO DA FAIXA DE SERVIDÃO
  - 10.1.10.1 Justificativa
  - 10.1.10.2 Objetivo
  - 10.1.10.3 Ações Previstas
- 10.1.11 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DAS INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS
  - 10.1.11.1 Justificativa
  - 10.1.11.2 Objetivos
  - 10.1.11.3 Ações Previstas
- 10.1.12 PROGRAMA AMBIENTAL PARA GESTÃO DO PATRIMÔNIO ARQUEOLÓGICO, HISTÓRICO E CULTURAL
  - 10.1.12.1 Justificativa
  - 10.1.12.2 Objetivos
  - 10.1.12.3 Ações Previstas
- 10.1.13 PLANO DE COMPENSAÇÃO AMBIENTAL
  - 10.1.13.1 Justificativa
  - 10.1.13.2 Objetivos
  - 10.1.13.3 Ações Previstas

## **11. SOLICITAÇÕES DO ICMBIO PARA A APA DA SERRA DA MANTIQUEIRA**

### **SUMÁRIO VOL. 7**

## **12. PROGNÓSTICO AMBIENTAL**

### **12.1 NÃO IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO**

### **12.2 IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DO EMPREENDIMENTO**

## **13. CONCLUSÃO**

## **14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**


### **14.1 MEIO FÍSICO**

- 14.1.1 METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA
- 14.1.2 RECURSOS HÍDRICOS
- 14.1.3 ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS
  - 14.1.3.1 Geologia
  - 14.1.3.2 Geomorfologia
  - 14.1.3.3 Solos
  - 14.1.3.4 Sismicidade
  - 14.1.3.5 Vulnerabilidade Geotécnica
- 14.1.4 PALEONTOLOGIA
- 14.1.5 ESPELEOLOGIA
- 14.1.6 NÍVEL DE RUÍDO

### **14.2 MEIO BIÓTICO**

- 14.2.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ECOSISTEMAS
- 14.2.2 FLORA



- 14.2.3 FAUNA
    - 14.2.3.1 Fauna Geral
    - 14.2.3.2 Herpetofauna
    - 14.2.3.3 Avifauna
    - 14.2.3.4 Mastofauna
  - 14.2.4 ECOLOGIA DA PAISAGEM
  - 14.3 MEIO SOCIOECONÔMICO**
    - 14.3.1 CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO
      - 14.3.1.1 Aspectos Econômicos dos Municípios
    - 14.3.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO
    - 14.3.3 INFRAESTRUTURA, SERVIÇOS PÚBLICOS E VULNERABILIDADES
      - 14.3.3.1 Saúde
      - 14.3.3.2 Transporte
      - 14.3.3.3 Segurança Pública
      - 14.3.3.4 Comunicação e Informação
      - 14.3.3.5 Educação
      - 14.3.3.6 Organização Social
    - 14.3.4 RECURSOS MINERAIS
    - 14.3.5 POPULAÇÕES TRADICIONAIS
    - 14.3.6 DIAGNÓSTICO POR MUNICÍPIO
    - 14.3.7 UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
  - 15. GLOSSÁRIO**
- 

# ÍNDICE

6. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	1
6.1. DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO .....	1
6.1.1. ÁREA DE ESTUDO PARA O MEIO FÍSICO .....	1
6.1.2. ÁREA DE ESTUDO PARA O MEIO BIÓTICO .....	2
6.1.3. ÁREA DE ESTUDO PARA O MEIO SOCIOECONÔMICO .....	3
6.2. MEIO FÍSICO .....	4
6.2.1. METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA .....	4
6.2.1.1. CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO CLIMATOLÓGICA .....	5
6.2.1.2. SISTEMAS ATMOSFÉRICOS EM ESCALA SINÓTICA .....	7
6.2.1.3. FENÔMENOS EXTREMOS .....	9
6.2.1.4. PARÂMETROS METEOROLÓGICOS .....	12
6.2.1.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	36
6.2.2. RECURSOS HÍDRICOS .....	36
6.2.2.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS RECURSOS HÍDRICOS .....	36
6.2.2.2. REGIÃO HIDROGRÁFICA DO PARANÁ .....	42
6.2.2.3. REGIÃO HIDROGRÁFICA ATLÂNTICO SUDESTE .....	45
6.2.2.4. NASCENTES E ÁREAS ALAGÁVEIS .....	47
6.2.2.5. PERÍODOS DE CHEIA E VAZANTE .....	49
6.2.2.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	53
6.2.3. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS .....	54
6.2.3.1. GEOLOGIA .....	54
6.2.3.2. GEOMORFOLOGIA .....	75
6.2.3.3. SOLOS .....	95
6.2.3.4. SISMICIDADE .....	105
6.2.3.5. VULNERABILIDADE GEOTÉCNICA .....	109
6.2.4. PALEONTOLOGIA .....	122
6.2.4.1. CARACTERIZAÇÃO PALEONTOLÓGICA .....	122
6.2.4.2. PALEONTOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO .....	123
6.2.4.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	126
6.2.5. ESPELEOLOGIA .....	126
6.2.5.1. CARACTERIZAÇÃO ESPELEOLÓGICA REGIONAL .....	126
6.2.5.2. LEGISLAÇÃO PERTINENTE .....	131
6.2.5.3. METODOLOGIA DOS LEVANTAMENTOS ESPELEOLÓGICOS .....	132
6.2.5.4. RESULTADOS DOS LEVANTAMENTOS ESPELEOLÓGICOS .....	135
6.2.5.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	150

6.2.5.6.	ANEXOS .....	151
6.2.6.	NÍVEL DE RUÍDO .....	151
6.2.6.1.	ATIVIDADES COM POTENCIAL DE GERAÇÃO DE RUÍDOS...	152
6.2.6.2.	CARACTERIZAÇÃO DA POLUIÇÃO SONORA.....	153
6.2.6.3.	COMUNIDADES PASSÍVEIS DE SOFRER INFLUÊNCIA DA POLUIÇÃO SONORA .....	153
6.2.6.4.	NORMAS TÉCNICAS APLICADAS PARA A MEDIÇÃO DE RUÍDOS .....	155
6.2.6.5.	RUÍDO AUDÍVEL .....	157
6.2.6.6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	158



## LISTA DE FIGURAS

Figura 6.2.1-1 - Zona de Convergência do Atlântico Sul .....	9
Figura 6.2.1-2 - Efeitos Regionais na América do Sul do El Niño e La Niña, durante o Verão (DJF) e Inverno (JJA). .....	11
Figura 6.2.1-3 - Anos de Ocorrência e Intensidade do fenômeno La Niña (CPTEC, 2017)...13	
Figura 6.2.1-4 - Temperatura Média Mensal de 1981 a 2010 nas Estações Próximas ao Empreendimento .....	15
Figura 6.2.1-5 - Temperatura Máxima Média Mensal de 1981 a 2010 nas Estações Próximas ao Empreendimento.....	17
Figura 6.2.1-6 - Temperatura Mínima Média Mensal de 1981 a 2010 nas Estações Próximas ao Empreendimento.....	18
Figura 6.2.1-7 - Umidade Relativa do Ar Média Mensal de 1981 a 2010 nas Estações Próximas ao Empreendimento .....	21
Figura 6.2.1-8 - Pressão Atmosférica Média Mensal de 1981 a 2010 nas Estações Próximas ao Empreendimento.....	24
Figura 6.2.1-9 - Insolação Média Mensal de 1981 a 2010 nas Estações Próximas ao Empreendimento .....	26
Figura 6.2.1-10 - Intensidade Média Mensal do Vento no período de 1981 a 2010 em Cinco Estações Climatológicas Próximas ao Empreendimento .....	29
Figura 6.2.1-11 - Mapa de Densidade de Descargas Elétricas, onde se destaca a região do traçado da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista .....	34
Figura 6.2.2-1 - Mapa do Brasil contendo as 12 Regiões Hidrográficas, onde se destaca em Vermelho o Traçado da LT 500kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2.....	37
Figura 6.2.2-2 - Aspecto Geral de um Trecho do rio Sapucaí, onde se prevê que o Traçado da LT vai passar (vista observada da Estrada Municipal José Víctor Amaral).....	40
Figura 6.2.2-3 - Aspecto Geral de um trecho do rio Muzambo que será cortado pelo Traçado da LT. Divisa entre os municípios de Muzambinho-MG e Juruáia-MG .....	41
Figura 6.2.2-4 - Margens do rio Machado, junto ao barramento da UHE Poço Fundo.....	41
Figura 6.2.2-5 - Vista geral de um trecho do reservatório da UHE Poço Fundo, onde o traçado da LT passará. ....	42
Figura 6.2.2-6 - Vista geral de um trecho do rio Cervo, onde o traçado da LT cruzará o referido corpo hídrico. Vista da Rodovia MG179 .....	42
Figura 6.2.2-7 - Histograma dos quantitativos de cabeceiras diagnosticadas na AE do empreendimento, considerando as diferentes faixas de distância até o traçado da LT .....	48



Figura 6.2.2-8 - Vazões médias mensais no rio Sapucaí (1999-2009), extraídas da base de dados da Agência Nacional de Águas (ANA). .....	51
Figura 6.2.2-9 - Vazões médias mensais no rio Muzambo (1999-2009), extraídas da base de dados da Agência Nacional de Águas (ANA). .....	51
Figura 6.2.2-10 - Vazões médias mensais no rio Machado (1999-2009), extraídas da base de dados da Agência Nacional de Águas (ANA). .....	52
Figura 6.2.2-11 - Vazões médias mensais no rio do Cervo (1999-2009), extraídas da base de dados da Agência Nacional de Águas (ANA). .....	52
Figura 6.2.2-12 - Precipitação mensal média nas estações meteorológicas de Araxá, Machado, São Lourenço, Resende, Campos do Jordão, Franca e Taubaté, extraída das normais meteorológicas 1981-2010 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). .....	53
Figura 6.2.3-1 - (a) Afloramento de migmatito cinza claro. (b) Presença de matacões de gnaiss na região de domínio do Complexo Campos Gerais. ....	57
Figura 6.2.3-2 - Cavidade formada em rocha carbonática característica do Complexo Campos Gerais. Local conhecido como Gruta do Angico (caracterizada no tema “Espeleologia”). ....	57
Figura 6.2.3-3 - Afloramento de gnaiss migmatítico de coloração cinza escuro posicionado em vertente de média a alta declividade, na região de domínio da Suíte Serra de São Gonçalo. ....	58
Figura 6.2.3-4 - Afloramento de gnaiss pouco alterado e muito fraturado do Complexo São Gonçalo do Sapucaí. ....	59
Figura 6.2.3-5 - Afloramento de quartzito branco a creme com grãos de granulometria média na região de domínio do Grupo Canastra Indiviso. ....	60
Figura 6.2.3-6 - Vista geral de afloramento rochoso quartzítico no alto de uma serra na região de domínio do Grupo Canastra Indiviso .....	60
Figura 6.2.3-7 - Vista aérea de grandes afloramentos do Complexo Varginha Guaxupé .....	61
Figura 6.2.3-8 - (a) Área contendo matacões de gnaiss de textura fina a média com feldspatos caulinizados na região de domínio da Unidade Granulítica Basal (rocha intemperizada). (b) Amostra de gnaiss característico desta unidade. ....	62
Figura 6.2.3-9 - (a) Afloramento de gnaiss de coloração cinza claro. (b) Afloramento de rocha gnaiss migmatítica com veios de quartzo e feldspato em região de afloramento do leito do Rio do Machado, em áreas de domínio da Unidade Ortognáissica Migmatítica Intermediária. ....	62
Figura 6.2.3-10 - (a) Afloramento de gnaiss de coloração cinza claro e textura média. (b) Outro afloramento de gnaiss com textura fanerítica grosseira. Ambas ocorrências se encontram na Unidade Paragnáissica Migmatítica Superior. ....	63



Figura 6.2.3-11 - Afloramento de gnaiss migmatítico muito intemperizado mostrando bandas máficas de coloração arroxeada e félsicas claras dominadas por feldspato e quartzo em iguais proporções. ....	64
Figura 6.2.3-12 - (a) Detalhe de amostra de quartzito feldspático fino a médio do grupo Andrelândia (NPaq – quartzito). (b) Detalhe de amostra de gnaiss de coloração cinza escuro fortemente tectonizado, mostrando foliação intensamente dobrada e possuindo textura fanerítica. ....	65
Figura 6.2.3-13 - Vista geral de escarpa de quartzito característico do Grupo Araxá.....	66
Figura 6.2.3-14 - (a) Campo de blocos gnáissicos do Grupo Araxá dispersos em área de pastagem. (b) Detalhe de uma amostra de gnaiss cinza escuro do Grupo Araxá .....	67
Figura 6.2.3-15 - Afloramento de gnaiss migmatítico de textura fanerítica fina a média que se encontra na região de domínio do Granito Serra dos Coelhos. ....	68
Figura 6.2.3-16 - Amostra de granito intemperizado de textura média e grosseira, na região de domínio do Granitoide Caconde.....	69
Figura 6.2.3-17 - (a) Afloramento de rocha granítica característico do Granito Serra do Alto da Pedra. (b) Amostra de granito de textura equigranular fina e coloração cinza escura com feldspato alcalino.....	70
Figura 6.2.3-18 - Vista geral de blocos e alguns afloramentos rochosos compreendidos na região de domínio do Granito Cachoeira de Minas .....	71
Figura 6.2.3-19 - Detalhe de um afloramento de arenito da Formação Botucatu.....	72
Figura 6.2.3-20 - Diferentes aspectos do relevo na região de domínio da unidade geomorfológica Serra da Canastra.....	81
Figura 6.2.3-21 - Aspectos geomorfológicos na região de domínio da unidade geomorfológica da Depressão do Rio Grande.....	82
Figura 6.2.3-22 - (a) Paisagem característica na região de Bom Jesus da Penha-MG. (b) Paisagem característica da região de Nova Resende – MG, onde predomina a cafeicultura. As duas regiões se localizam na unidade do Planalto Jacuí – Muzambinho .....	83
Figura 6.2.3-23 - Aspecto geral do relevo na região de domínio da unidade geomorfológica Patamares de Varginha.....	84
Figura 6.2.3-24 - Aspectos gerais do relevo da unidade Planalto Poços de Caldas, onde se evidencia um relevo ondulado a montanhoso formado por colinas e morros com controle estrutural, onde se observam, em algumas encostas a exposição de afloramentos rochosos .....	86
Figura 6.2.3-25 - Aspecto geral da unidade geomorfológica Depressão do Rio Sapucaí, apresentando características de relevo arrasado e aplanado .....	87
Figura 6.2.3-26 - Aspecto geral de um trecho onde se situa da unidade geomorfológica Planalto de Campos do Jordão que faz parte da Serra da Mantiqueira Meridional. ....	88



Figura 6.2.3-27 - Aspecto geral do relevo de morros e serras representados pela unidade Serranias de Delfim Moreira – Carmo de Minas, nas proximidades de Itajubá .....	89
Figura 6.2.3-28 - Aspecto geral de uma faixa das escarpas da serra da Mantiqueira, com vegetação nativa preservada .....	90
Figura 6.2.3-29 - Aspecto geral da unidade geomorfológica Depressão do Médio Vale do Paraíba do Sul .....	91
Figura 6.2.3-30 - Vista aérea da unidade geomorfológica Tabuleiros e Colinas da Bacia Sedimentar de Taubaté, onde está inserida a SE Cachoeira Paulista .....	93
Figura 6.2.3-31 - (a) Detalhes do latossolo vermelho (LVd) de textura areno-argilosa encontrado em campo. (b) Pequeno perfil de solo LVd de coloração vermelha e textura argilo-arenosa .....	98
Figura 6.2.3-32 - (a) Perfil de solo LVAd de coloração vermelho amarelo e granulometria areno-argilosa. (b) Solo LVAd de coloração vermelha e granulometria fração areno-argilosa encontrado em campo .....	98
Figura 6.2.3-33 - Perfil de Neossolo Litólico em beira de estrada de terra .....	99
Figura 6.2.3-34 - (a) Detalhe de Cambissolo CXbd de coloração avermelhada e granulometria fração areia encontrado em campo. (b) Perfil desse mesmo solo em talude .....	101
Figura 6.2.3-35 - (a) Cambissolo Háplico (CHd) de coloração ocre e granulometria argilosa encontrado em campo. (b) Pequeno talude de corte de estrada em região de abrangência de Cambissolo Húmico .....	101
Figura 6.2.3-36 - Perfil de Argissolo Vermelho (PVd1) de talude de corte de estrada .....	102
Figura 6.2.3-37 - (a) e (b) Perfis de Argissolo Vermelho Amarelo (PVAd8) de talude de corte de estrada .....	103
Figura 6.2.3-38 - Aspecto geral do Argissolo (PVAe) de coloração vermelha e textura arenosa contendo grânulos de quartzo angulosos .....	103
Figura 6.2.3-39 - (a) Crista linear com cerca de 200m de altura composta de afloramento de xisto bastante diaclasado. (b) Topo de montanha constituída por afloramentos de xisto. Ambos os pontos observados são referentes ao Afloramento rochoso puro (AR1) .....	104
Figura 6.2.3-40 - Gráfico dos percentuais de distribuição das classes de vulnerabilidade geotécnica na Área de estudo do empreendimento .....	119
Figura 6.2.3-41 - Vista geral de uma cicatriz de um deslizamento de terra (movimento de massa) – Ponto 67 do Mapa de Vulnerabilidade Geotécnica .....	121
Figura 6.2.3-42 - Talude de corte de estrada com solo exposto com sinais de processos erosivos e movimento de material (Ponto 119 - Mapa de Vulnerabilidade Geotécnica) .....	121
Figura 6.2.5-1 - Mapa de províncias espeleológicas no território brasileiro .....	128





Figura 6.2.5-2 - Zoom da Figura 6.2 - 46, onde se destaca a região do traçado da LT 500 kV Estreito – Cachoeira Paulista C1 e C2 que não corta nenhuma província espeleológica estabelecida no território brasileiro.....	129
Figura 6.2.5-3 - Mapa de potencial alto e muito alto para ocorrência de cavernas conforme CECAV (Jansen et al. 2012), considerando o traçado do empreendimento .....	130
Figura 6.2.5-4 - Vista geral da boca de entrada da Gruta do Angico.....	137
Figura 6.2.5-5 - Presença de fauna cavernícola na Gruta do Angico.....	138
Figura 6.2.5-6 - Vista geral do conduto central da cavidade .....	138
Figura 6.2.5-7 - Vista geral do conduto direito da cavidade .....	139
Figura 6.2.5-8 - Vista geral do conduto esquerdo da cavidade .....	139
Figura 6.2.5-9 - Espeleotemas presentes na Gruta do Angico .....	140
Figura 6.2.5-10 - Lixo acumulado e restos de construção no interior da cavidade .....	140
Figura 6.2.5-11 - Vista geral da Cavidade 1 do Complexo Alto da Serra.....	141
Figura 6.2.5-12 - Vista geral da Cavidade 2 do Complexo Alto da Serra.....	142
Figura 6.2.5-13 - Vista geral da Cavidade 3 do Complexo Alto da Serra.....	142
Figura 6.2.5-14 - Vista frontal aérea do Abrigo do Itambé.....	144
Figura 6.2.5-15 - Vista aérea da boca do Abrigo do Itambé.....	144
Figura 6.2.5-16 - Vista frontal do maciço onde está inserida a Toca do Urubu .....	146
Figura 6.2.5-17 - Vista da boca da Gruta do Itambé .....	146
Figura 6.2.5-18 - Maior detalhe da Toca do Urubu, onde se observa urubus presentes na mesma .....	147
Figura 6.2.5-19 - Vista frontal da Gruta da PCH Poço Fundo.....	148
Figura 6.2.5-20 - Vista do interior da Gruta da PCH Poço Fundo .....	149
Figura 6.2.5-21 - Processo de esfoliação esferoidal. ....	149
Figura 6.2.5-22 - Detalhe da colmeia de vespas presentes na entrada da Gruta da PCH Poço Fundo .....	150



## LISTA DE QUADROS

Quadro 6.1.3-1 - Municípios da Área de Estudo (AE) .....	3
Quadro 6.2.1-1 - Lista das Sete Estações Meteorológicas utilizadas para a Caracterização Climatológica na Região do Empreendimento .....	5
Quadro 6.2.1-2 - Anos de Ocorrência e Intensidade do fenômeno El Niño (CPTEC, 2017) .	12
Quadro 6.2.1-3 - Anos de Ocorrência e Intensidade do fenômeno La Niña (CPTEC, 2017).	12
Quadro 6.2.1-4 - Resumo da Precipitação Acumulada Mensal e Anual para cada uma das Sete Estações Climatológicas definidas para a Região de Estudo do Empreendimento.....	14
Quadro 6.2.1-5 - Resumo da Temperatura Média Compensada Mensal e Anual para cada uma das Sete Estações Climatológicas Definidas para a Região de Estudo do Empreendimento. ....	16
Quadro 6.2.1-6 - Resumo da Temperatura Máxima Mensal e Anual para cada uma das Sete Estações Climatológicas Definidas para a Região de Estudo do Empreendimento. ....	19
Quadro 6.2.1-7 - Resumo da Temperatura Mínima Mensal e Anual para cada uma das Sete Estações Climatológicas Definidas para a Região de Estudo do Empreendimento .....	19
Quadro 6.2.1-8 - Resumo da Umidade Relativa do Ar para cada uma das Sete Estações Climatológicas Definidas para a Região de Estudo do Empreendimento .....	22
Quadro 6.2.1-9 - Resumo da Pressão Atmosférica para cada Seis das Estações Climatológicas na Região de Estudo Definida para o Empreendimento .....	25
Quadro 6.2.1-10 - Resumo da Insolação Total para cada uma das Sete Estações Climatológicas Definidas para a Região de Estudo do Empreendimento .....	27
Quadro 6.2.1-11 - Resumo da Intensidade dos Ventos em Cinco das Estações Climatológicas Definidas para a Região de Estudo do Empreendimento .....	30
Quadro 6.2.1-12 - Resumo da Direção dos Ventos para cada uma das Sete Estações Climatológicas Definidas para a Região de Estudo do Empreendimento .....	32
Quadro 6.2.1-13 - Concentração de raios (densidade de descargas) nos municípios intervenientes ao traçado do empreendimento, segundo o Mapa de Raios em Tempo Real (site INPE - ELAT, dezembro de 2017) .....	35
Quadro 6.2.2-1 - Listagem dos 75 corpos hídricos que serão atravessados pelo traçado da Linha de Transmissão e seus respectivos municípios. ....	38
Quadro 6.2.2-2 - Quantitativos das cabeceiras verificadas na AE do empreendimento e classificadas dentro de faixas de distância que estão até o eixo do traçado da LT .....	47
Quadro 6.2.2-3 - Lista das cinco Estações Fluviométricas utilizadas para a caracterização climatológica na região do empreendimento .....	50



Quadro 6.2.3-1 - Quadro Resumo com os domínios morfoestruturais, regiões geomorfológicas e unidades geomorfológicas presentes na AE do empreendimento .....	76
Quadro 6.2.3-2 - Lista das Unidades Geomorfológicas presentes na AE do empreendimento, com o cálculo das suas respectivas áreas de domínio .....	76
Quadro 6.2.3-3 - Extensão das Unidades Geomorfológicas que interferem diretamente nos traçados C1 e C2 da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista.....	77
Quadro 6.2.3-4 - Classificação de Declividades definida para os estudos geomorfológicos, com base naquela definida pela Embrapa (1979). .....	78
Quadro 6.2.3-5 - Lista dos eventos sísmicos registrado na AE do empreendimento no período compreendido entre os anos de 1900 a 2017 .....	106
Quadro 6.2.3-6 - Lista dos 65 eventos sísmicos registrados nas adjacências do empreendimento no período compreendido entre os anos de 1900 a 2017 .....	107
Quadro 6.2.3-7 - Classificação da Vulnerabilidade Geotécnica das Unidades Geológicas .....	113
Quadro 6.2.3-8 - Classificação da vulnerabilidade geotécnica dos tipos de solo. ....	115
Quadro 6.2.3-9 - Classificação da vulnerabilidade geotécnica de acordo com o uso e cobertura do solo.....	116
Quadro 6.2.3-10 - Classificação da vulnerabilidade geotécnica a partir da declividade.....	117
Quadro 6.2.3-11 - Classificação da vulnerabilidade geotécnica a partir da altimetria.....	117
Quadro 6.2.3-12 - Quantitativo de área para as cinco classes de vulnerabilidade geotécnica definidas para a Área de Estudo do empreendimento. ....	118
Quadro 6.2.4-1 - Quantitativos das Classes de Potencial Paleontológico .....	126
Quadro 6.2.5-1 - Grau de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil de acordo com a Litologia .....	134
Quadro 6.2.5-2 - Principais características das cavidades encontradas na área de estudo da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2 .....	136
Quadro 6.2.6-1 - Lista de Comunidades próximas à Linha de Transmissão 500 kV Estreito – Cachoeira Paulista C1 e C2. ....	154
Quadro 6.2.6-2 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)..	156
Quadro 6.2.6-3 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)..	156
Quadro 6.2.6-4 - Resumo dos Cálculos do Ruído Audível (RA) na Borda de uma faixa de 60 m - Baseado nos Estudos “Faixa de Passagem e Distâncias de Segurança” de da LT, 2017. ....	158



## 6. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

### 6.1. DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Neste capítulo são apresentadas as Áreas de Estudo (AE) para cada meio contemplado neste EIA, acompanhadas das devidas justificativas técnicas utilizadas para sua delimitação.

Tal delimitação abrange as áreas utilizadas como referência para o diagnóstico socioambiental realizado, incluindo a provável área a ser diretamente afetada pelo Projeto (Área Diretamente Afetada – ADA), conforme apresentado no mapa **L18-MP-G-6-001**.

Salienta-se que neste item não são delimitadas a Área de Influência Direta (AID) e a Área de Influência Indireta (AII) do empreendimento, dado que essas só serão conhecidas após a avaliação dos impactos ambientais.

#### 6.1.1. ÁREA DE ESTUDO PARA O MEIO FÍSICO

A definição da Área de Estudo do Meio Físico foi fundamentada e estabelecida a partir de aspectos específicos inerentes a cada um dos diferentes fatores (temas) que o caracterizam e que pudessem ser avaliados, para a determinação das possíveis interferências e impactos causados pela implantação do empreendimento.

Embasado nesta premissa, a Área de Estudo foi determinada de formas variadas, levando-se em consideração as particularidades de cada tema específico que compõe o meio físico associadas com as próprias características do empreendimento a ser implantado.

Para os componentes geológicos, pedológicos, geomorfológicos e recursos hídricos estabeleceu-se como Área de Estudo, uma extensão de 5 km para cada lado dos eixos principais do traçado da Linha de Transmissão (LT) 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista (C1 e C2). Considerou-se que esta extensão é suficientemente representativa para a caracterização da dinâmica destes fatores físicos, tanto de forma independente quanto de forma integrada, que irão interagir com a implantação do empreendimento.

Em relação a outros componentes do meio físico, tais como Clima e Sismicidade, a delimitação de uma Área de Estudo já não foi tão importante e necessária. Para estes temas procurou-se caracterizar, de forma regionalizada, seus principais indicadores já que os mesmos condicionam e afetam diretamente a dinâmica e caracterização dos componentes mencionados anteriormente (Geologia, Pedologia, Geomorfologia e Recursos Hídricos). Portanto, seus efeitos em relação à linha de transmissão a ser implantada ocorrem de forma correlacionada aos outros componentes do meio físico.

Para a caracterização dos componentes Níveis de Ruído, Recursos Minerais, Vulnerabilidade Geotécnica, Paleontologia e Espeleologia procedeu-se a definição de uma Área de Estudo com uma abrangência territorial mais restritiva e localizada, já que a implantação do empreendimento pode impactar diretamente os aspectos inerentes a cada um destes temas. Para estes itens, o foco do estudo se concentrou, principalmente, na faixa de servidão da LT (80 m de extensão - 40 m para cada lado dos seus eixos).

Entretanto, vale ressaltar que para o componente de Espeleologia foi criada uma área de estudo específica denominada Área de Influência de Cavidades (AIC) com *buffer* de 250 m para cada lado dos eixos do traçado do empreendimento, além de uma Área de Estudo maior, abrangendo uma extensão de 1 km para cada lado, sendo que as mesmas nortearam o detalhamento da caracterização espeleológica da região. Para a Paleontologia se determinou apenas uma Área de Estudo, também com 1 km para cada lado dos eixos do traçado para verificação do seu potencial paleontológico, levando-se em consideração, as características geológicas da região (componente Geologia).

Para o tema Recursos Minerais foi feita uma avaliação abrangente dos processos minerários existentes em uma área de 5 km de extensão (conforme caracterizado acima), só que detalhando apenas os processos que interferem diretamente no traçado da LT, isto é, dentro da faixa de servidão de 80 m. Vale destacar que este tema específico se enquadra também à caracterização do meio socioeconômico, onde a Área de Estudo poderia ser mais restritiva, com extensão de a 1 km para cada lado dos eixos do traçado.

Por fim, para o tema Vulnerabilidade Geotécnica restringiu-se a Área de Estudo com 1 km para cada lado dos eixos da LT, em função de ser um tema que associa tanto características do meio físico (geológica, geomorfologia, pedologia, declividade, entre outros), quanto do meio socioeconômico (usos e ocupação do solo). Além disso, suas ocorrências, efeitos e interveniências se concentram na área de influência direta de implantação do empreendimento.

Portanto, informa-se que para o meio físico o estabelecimento da Área de Estudo considerou as particularidades de cada um de seus componentes a fim de se estabelecer uma caracterização mais acurada e qualitativa de seus aspectos que possibilitasse uma melhor avaliação dos possíveis impactos que a implantação do empreendimento trará para a região.

### **6.1.2. ÁREA DE ESTUDO PARA O MEIO BIÓTICO**

A definição das Áreas de Estudo para o Meio Biótico teve como base as fitofisionomias originais predominantes e as classes mais representativas da cobertura vegetal e uso do solo ao longo da diretriz de traçado preferencial da LT SE Estreito – SE Cachoeira Paulista.

A Serra da Mantiqueira abrange uma extensa área de Floresta Ombrófila que se prolonga perpendicularmente ao traçado da LT Estreito – Cachoeira Paulista, com variações altitudinais abruptas do relevo que resultam num conjunto variado de fitofisionomias. Por se tratar de uma região extremamente relevante para o diagnóstico do Meio Biótico, especialmente para o levantamento da fauna, toda sua extensão foi considerada para o estudo, respeitada a similaridade fitofisionômica com o trecho afetado pela LT.

Diante do exposto, foram adotadas as seguintes áreas de estudo para o Meio Biótico, de acordo com necessidades específicas para cada estudo realizado:

#### **Área de Estudo para o diagnóstico da fauna:**

Para o levantamento de dados secundários a Área de Estudo abrangeu as fitofisionomias e as respectivas subdivisões afetadas pelo traçado da LT, incluindo a Serra da Mantiqueira. O

levantamento de dados primários priorizou as áreas diretamente afetadas pelo traçado da LT, com áreas amostrais representativas para as principais fitofisionomias.

#### Área de Estudo para o diagnóstico da vegetação e ecologia da paisagem:

Para a caracterização das fitofisionomias, cobertura vegetal e ecologia da paisagem foi adotada como Área de Estudo uma faixa de 10 km ao redor do traçado projetado para a LT, resultando em uma poligonal alongada com 20 km de largura e aproximadamente 410 km de extensão. Esta faixa se mostrou mais adequada para a caracterização da cobertura vegetal e dos fragmentos florestais, após a realização de ensaios com uma faixa menor (1 km ao redor do traçado) e com a delimitação maior a partir das sub-bacias *Otto* nível 4, ambas consideradas menos adequadas para o estudo em questão.

Para o levantamento da flora a partir de dados primários, foi adotada uma faixa de 500 metros ao redor do traçado projetado para a LT (1 km de corredor), para a distribuição das unidades amostrais nas fitofisionomias interceptadas pela LT.

### 6.1.3. ÁREA DE ESTUDO PARA O MEIO SOCIOECONÔMICO

Para o meio socioeconômico, a área estabelecida para a realização dos estudos (AE) é definida como o conjunto dos territórios municipais atravessados pela LT 500 kV Estreito-Cachoeira Paulista, que poderão sofrer os impactos sociais e econômicos do empreendimento nas suas fases de implantação e operação, de forma direta e indireta. O traçado da LT percorre o território de 26 municípios no estado de Minas Gerais e quatro no estado de São Paulo, conforme apresentado no **Quadro 6.1.3-1** a seguir. Esta Área de Estudo será considerada para a análise da infraestrutura, dos serviços públicos e das vulnerabilidades da região de implantação do empreendimento.

**Quadro 6.1.3-1 - Municípios da Área de Estudo (AE)**

UF	MUNICÍPIO
MG	Brasópolis
	Cachoeira de Minas
	Campestre
	Delfim Moreira
	Espírito Santo do Dourado
	Ipuiúna
	Itajubá
	Piranguçu
	Piranguinho
	Pouso Alegre
	Santa Rita de Caldas
	Santa Rita do Sapucaí
	São Sebastião da Bela Vista
	Wenceslau Braz
	Bom Jesus da Penha
	Cabo Verde
	Cássia
	Divisa Nova
	Ibiraci
	Itaú de Minas

UF	MUNICÍPIO
	Juruáia
	Monte Belo
	Muzambinho
	Nova Resende
	Passos
	Poço Fundo
SP	Cachoeira Paulista
	Guaratinguetá
	Lorena
	Piquete

Conforme determinação do Termo de Referência do IBAMA, a segunda escala de análise dos estudos socioeconômicos contempla uma abordagem mais detalhada sobre alguns temas, considerando como área de estudo a área compreendida no corredor de 1 km de largura para cada lado a partir da diretriz da LT e abrangendo a identificação das localidades rurais mais próximas do empreendimento, que podem ter sua dinâmica socioeconômica afetada de forma direta pela sua implantação e operação. Esta escala de análise será utilizada para a caracterização da população afetada e dos usos do solo nas áreas mais próximas ao empreendimento.

A área necessária à implantação do empreendimento – Área Diretamente Afetada (ADA) – é delimitada pela faixa de servidão de 40 m para cada lado do eixo da futura LT, somada à área destinada à infraestrutura associada, como as áreas de apoio às obras, vias de acessos, área de bota-fora e de canteiros de obra. A análise da ADA considerará os possíveis impactos do empreendimento nas propriedades rurais localizadas na faixa de servidão – que receberão as torres – e nas áreas destinadas aos canteiros de obra e vias de acesso, que serão afetadas pelas obras civis e infraestrutura temporária e permanente do empreendimento.

## 6.2. MEIO FÍSICO

### 6.2.1. METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA

Para a caracterização dos parâmetros meteorológicos da Área de Estudo foram utilizados dados das normais climatológicas do período de 1981 a 2010 disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Sete estações foram consideradas para essa análise devido à proximidade com a LT, sendo elas: Araxá, Machado e São Lourenço, em Minas Gerais, Resende, no estado do Rio de Janeiro, e Campos do Jordão, Franca e Taubaté em São Paulo. Vale destacar que para alguns parâmetros meteorológicos, nem todas as estações apresentam dados completos do período avaliado, nestes casos específicos foram considerados apenas os dados das estações que não apresentavam estas falhas, conforme será evidenciado no item 6.2.1.4 (Parâmetros Meteorológicos) do presente relatório.

O **Quadro 6.2.1-1** lista as sete estações meteorológicas utilizadas na presente caracterização climatológica da região de implantação do empreendimento.

**Quadro 6.2.1-1 - Lista das Sete Estações Meteorológicas utilizadas para a Caracterização Climatológica na Região do Empreendimento**

NOME DA ESTAÇÃO	LATITUDE (°)	LONGITUDE (°)	DISTÂNCIA ATÉ A LT (km)	ALTITUDE (m)
Araxá	-19,61	-46,95	77,3	1.023,61
Machado	-21.68	-45.94	23,9	873,35
São Lourenço	-22.1	-45.01	59,2	953,2
Resende	-22.45	-44.44	68,3	439,89
Campos do Jordão	-22.75	-45.6	31,4	1.642,00
Franca	-20.58	-47.36	39,1	1.026,2
Taubaté	-23.03	-45.55	53,8	577

O mapa **L18-MP-F-6.2.1-001** do Caderno de Mapas apresenta a localização e distribuição espacial das supracitadas estações climatológicas em relação ao traçado da Linha de Transmissão (LT) 500kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista (C1 e C2).

Vale ressaltar que os estudos climatológicos a nível regional, no contexto do presente EIA/RIMA, deram ênfase para as variações espaciais e temporais dos diferentes parâmetros meteorológicos. Já a classificação climática da região de influência do empreendimento foi baseada nos critérios utilizados para o projeto Clima do Brasil 1:500.000 apresentado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Os dados coletados foram tabulados e foram calculadas as médias mensais e anuais para cada uma das estações estabelecidas para caracterização dos parâmetros meteorológicos estabelecidos. Estes dados analisados foram representados em gráficos e ilustrações, com a identificação e determinação de valores característicos.

A seguir é apresentada a caracterização climatológica da região do empreendimento, assim como a avaliação dos principais parâmetros meteorológicos inerentes aos estudos ambientais, que são: precipitação pluviométrica, temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, insolação, vento e nível cerâmico. Enfatizando, conforme já mencionado, que estes parâmetros meteorológicos se basearam nos dados das normais climatológicas do período de 1981 a 2010 disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

#### **6.2.1.1. CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO CLIMATOLÓGICA**

Conforme mencionado anteriormente, para a caracterização e classificação climatológica da área de estudo da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2 foi utilizada a classificação estabelecida no projeto Clima do Brasil 1:500.000 apresentado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cujos dados pesquisados indicam que sua última atualização ocorreu no dia 24/10/2017. Este mapa representa as diferentes zonas climáticas do território brasileiro que estão agrupadas de acordo com a temperatura e umidade.

Essa classificação climatológica foi idealizada e produzida por Edmon Nimer e sua equipe, no ano de 1974, que procurou integrar métodos tradicionais e dinâmicos para exprimir, de maneira simples, as complexas relações entre os fatores ecológicos do território brasileiro. Este modelo de classificação procura representar um esforço de sistematização macroclimática do território



brasileiro definido a partir de dados obtidos de diversas estações climatológicas previamente estabelecidas. Dessa forma, procura atender aos objetivos mais gerais da síntese do complexo climático zonal e regional, podendo assim definir e determinar mesoclimas (climas locais) em seus aspectos mais proeminentes, evidenciando uma compreensão da distribuição geográfica dos diversos tipos de vegetação, de solos e de uso da terra (Nimer, 1979).

Conforme relatado pelo IBGE (2017), a classificação climatológica de Edmon Nimer, adotada no presente diagnóstico foi baseada em três sistemas que integram métodos quantitativos e de dinâmica atmosférica.

O primeiro sistema, mais abrangente, relativo à gênese climática, fundamentado na climatologia dinâmica e nos padrões de circulação atmosférica, define os três climas zonais (Equatorial, Tropical e Temperado) e suas subunidades regionais. Os climas zonais são divididos nas seguintes modalidades regionais:

- Clima Equatorial
- Clima Tropical Austral do Brasil Setentrional
- Clima Tropical do Nordeste Oriental
- Clima Tropical do Brasil Central
- Clima Tropical Boreal do Brasil Setentrional
- Clima Temperado do Brasil Meridional

O segundo sistema delimita as regiões térmicas (Mesotérmico Mediano e Brando, Subquente e Quente) e fundamenta-se na frequência e médias dos valores extremos mensais. Assim são classificadas da seguinte maneira:

- Temperatura média de 18°C para o mês mais frio:
  - Clima Quente – temperaturas maiores que 18°C.
  - Clima Subquente – temperaturas menores que 18°C.
- Temperatura média de 15°C para o mês mais frio:
  - Clima Subquente – temperaturas maiores que 1°C.
  - Clima Mesotérmica – temperaturas menores que 15°C, que podem ser brando (15 a 10°C), mediano (10 a 0°C) e frio (menor que 0°C)

A classificação de regiões quanto aos padrões de umidade e seca mensais (que vão de Superúmido até Semiárido) é resultante do terceiro sistema adotado. Neste se relaciona o número de meses secos com tipo de vegetação natural predominante, afim de mostrar a interação do regime climático com a biogeografia e a ecologia.

- Clima Superúmido (sem seca ou com subseca)
- Clima Úmido (com um a dois ou três meses secos)
- Clima Subúmido (com quatro a cinco meses secos)
- Clima Semiárido (com seis ou mais meses secos), sendo subdividido em brando (com seis meses secos), mediano (com sete a oito meses secos), forte (com nove a 10 meses secos) e muito forte (com 11 meses secos).
- Clima Árido ou Desértico (com 12 meses secos)
- Clima Temperado do Brasil Meridional

Portanto, os três sistemas, e suas unidades relacionadas, são independentes e se superpõem, resultando em diversas regiões climáticas e ecologicamente distintas. Segundo Nimer (1979), o Clima Tropical pode, do ponto de vista da variação de umidade e temperatura, conter todos os tipos climáticos, desde o mais úmido ao mais seco, do mais quente ao mais frio, dependendo das condições específicas controladas por fatores dinâmicos e geográficos regionais e locais. Já o Clima Equatorial pode estar relacionado a climas quentes, mesotérmicos, frios ou gelados, mas deverá ser superúmido ou úmido, porém jamais subúmido ou seco, pois não se permite uma longa estação seca. Além disso, os climas equatorial, tropical e temperado podem estar combinados a climas mesotérmicos superúmidos e úmidos.

Com base nestas premissas metodológicas definidas por Edmond Nimer (1979), o mapa **L18-MP-F-6.2.1-002** foi elaborado para o presente EIA, baseado na classificação climatológica caracterizada acima.

Verifica-se pelo referido mapa, que o traçado da LT 500kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista está localizado em uma região que se caracteriza pelo clima Tropical Brasil Central (tropical úmido-seco), predominando a região térmica classificada como subquente, com temperaturas médias entre 15 e 18 °C em pelo menos um mês do ano, e clima úmido com pelo menos 3 meses secos, onde em algumas regiões esse período pode ser menor, entre 1 a 2 meses. Pequenas variações no clima são observadas ao longo do traçado, o que acarreta a presença de seis tipos diferentes de classificação a partir da metodologia utilizada.

Por fim, vale destacar que o clima Tropical do Brasil Central se caracteriza por duas estações bem definidas: uma chuvosa e outra seca, ou de chuvas insuficientes. Além disso, a distinção entre o verão e o inverno é reforçada pelo regime térmico, pois excluindo as áreas mais montanhosas, o verão é quente em toda a região abrangida por este clima, enquanto o inverno é brando ao sul e nas áreas serranas (Nimer, 1979).

### **6.2.1.2. SISTEMAS ATMOSFÉRICOS EM ESCALA SINÓTICA**

Para o entendimento dos fenômenos meteorológicos em escala sinótica, é fundamental o conhecimento dos sistemas atmosféricos atuantes no território brasileiro, já que os mesmos acarretam fortes influências nas condições do clima e tempo. Nesta escala define-se a circulação primária ou geral da atmosfera, onde se destacam a Zona de Convergência dos Alísios (ITCZ), os cinturões de alta pressão nas latitudes médias, as zonas ciclônicas circumpolares, a Oscilação Sul associada ao El Niño e a circulação monçônica. Os fenômenos climáticos em escala sinótica possuem permanência temporal de uma semana a seis meses.

Na região sudeste e central do Brasil observam-se duas estações bem definidas: uma estação seca e outra chuvosa. A estação chuvosa possui um regime do tipo monção, com períodos chuvosos em que predomina a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e períodos secos com regimes pluviométricos mais localizados. Ressalta-se ainda que durante o inverno, algumas frentes frias atingem as regiões sudeste e centro oeste, ocasionalmente provocando geadas, e às vezes chegando até a região Norte, onde são denominadas de friagens.

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) se caracteriza por ser uma persistente banda de nebulosidade e precipitação com orientação noroeste-sudeste, que se estende desde o sul e leste da Amazônia até o sudoeste do Oceano Atlântico Sul, sendo o principal sistema meteorológico de grande escala responsável pelo regime de chuvas sobre as regiões sul e

sudeste do Brasil durante os meses de primavera e verão (Cavalcanti *et al*, 2009). Ressalta-se que a permanência da ZCAS por períodos mais extensos na região sudeste acarretam períodos de enchentes de verão nesta região e veranicos na região sul.

A atividade convectiva se inicia na bacia Amazônica no início do mês de agosto e se movimenta em direção ao sudeste do Brasil. Na segunda quinzena de outubro tem início a estação chuvosa em grande parte das regiões centro oeste e sudeste do Brasil, onde as chuvas mais intensas ocorrem no período entre os meses de dezembro a fevereiro. Já em meados de março e começo de abril, esta atividade convectiva se enfraquece sobre a região tropical. Portanto, considera-se que a ZCAS é responsável pelas precipitações pluviométricas mais volumosas para as regiões centro oeste e sudeste do Brasil.

A intensificação da ZCAS pode estar associada a outros sistemas meteorológicos que não atuam diretamente na área de estudo, como os sistemas frontais, os vórtices ciclônicos de altos níveis e a Alta Bolívia.

Vale destacar ainda, o papel primordial que as características topográficas do continente sul-americano, principalmente no que se refere à presença da Cordilheira dos Andes, exercem na modulação de certas feições da circulação atmosférica, sendo mais acentuada durante a época de verão. Em geral a ZCAS posiciona-se na sua posição mais a leste em dezembro, principalmente em associação com a alta precipitação sobre o Brasil, o escoamento de nordeste sobre a parte leste da Bolívia e a baixa precipitação sobre o Altiplano. Entretanto em janeiro, a ZCAS se situa mais a oeste, devido ao aumento da precipitação no Altiplano, que é fortemente modulada pelo escoamento de ar úmido em baixos níveis na região leste dos Andes. Portanto, as características topográficas influenciam efetivamente nas variações pluviométricas por todo o continente sul-americano já que afetam diretamente a circulação atmosférica.

A **Figura 6.2.1-1** ilustra a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) pelo continente sul-americano, se destacando o território brasileiro.



**Figura 6.2.1-1 - Zona de Convergência do Atlântico Sul**

Fonte: <https://www.climatempo.com.br>

Ressalta-se que todas as regiões do Brasil estão sujeitas as variações temporais do clima, onde os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCMs) que são definidas como aglomerados de tempestades se organizam em sistemas específicos que se movimentam por horas, provocando chuvas intensas, ventos fortes, e muitas vezes, queda de granizo.

Por fim, vale lembrar a importância da atuação e influência da ZCAS para a região sudeste do Brasil, pois as altas precipitações pluviométricas observadas no período de verão garantem uma grande quantidade de água que é utilizada para diversas atividades socioeconômicas, tais como: agricultura, geração de energia elétrica, abastecimento de água para população ali existente, entre outros. Entretanto, problemas relacionados a deslizamentos de terra e enchentes também estão associadas às altas precipitações observadas na região que somadas às condições topográficas da região e a falta de planejamento habitacional e governamental (ocupação ordenada do solo) acarretam estes tipos de situação que devem ser remediados e mitigados.

### **6.2.1.3. FENÔMENOS EXTREMOS**

Os fenômenos extremos que podem ocorrer na região da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2, acarretando períodos de seca extrema ou de chuvas intensas, geralmente estão associados aos eventos do El Niño e La Niña.

Estes fenômenos El Niño e La Niña caracterizam-se, respectivamente, pelo aquecimento e esfriamento das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical Central e Oriental. O gradiente de pressão entre o Pacífico Central e do Oeste (chamado de “oscilação sul”) experimenta variações associadas ao aquecimento ou esfriamento do Pacífico Equatorial. A interação entre o comportamento de anomalias de TSM (Temperatura da Superfície do Mar) no Pacífico Tropical e as mudanças na circulação atmosférica decorrente deste aquecimento constitui o fenômeno de interação oceano-atmosfera mencionado na literatura como ENOS (El Niño / Oscilações Sul).

A combinação das circulações atmosféricas anômalas induzidas pelas distribuições especiais de TSM sobre os oceanos Pacífico Equatorial e Atlântico Tropical afeta o posicionamento latitudinal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Atlântico, influenciando a distribuição da pluviosidade sobre a bacia do Atlântico Norte da América do Sul.

Portanto, ressalta-se que os fenômenos El Niño (anomalias positivas) e La Niña (anomalias negativas) são oscilações normais, previsíveis das temperaturas da superfície do mar, nas quais o homem não pode interferir. São fenômenos naturais, variações normais do sistema climático da Terra, que existem há milhares de anos e continuarão a existir.

Segundo Marengo (1998), o fenômeno La Niña, ou episódio frio do Oceano Pacífico, é o resfriamento anômalo das águas superficiais no Oceano Pacífico Equatorial Central e Oriental. Este fenômeno é o oposto do El Niño, pois as temperaturas habituais da água do mar à superfície nesta região situam-se em torno de 25°C, enquanto durante o El Niña, as temperaturas diminuem para cerca de 22 a 23°C. Os principais efeitos do La Niña observados no Brasil são:

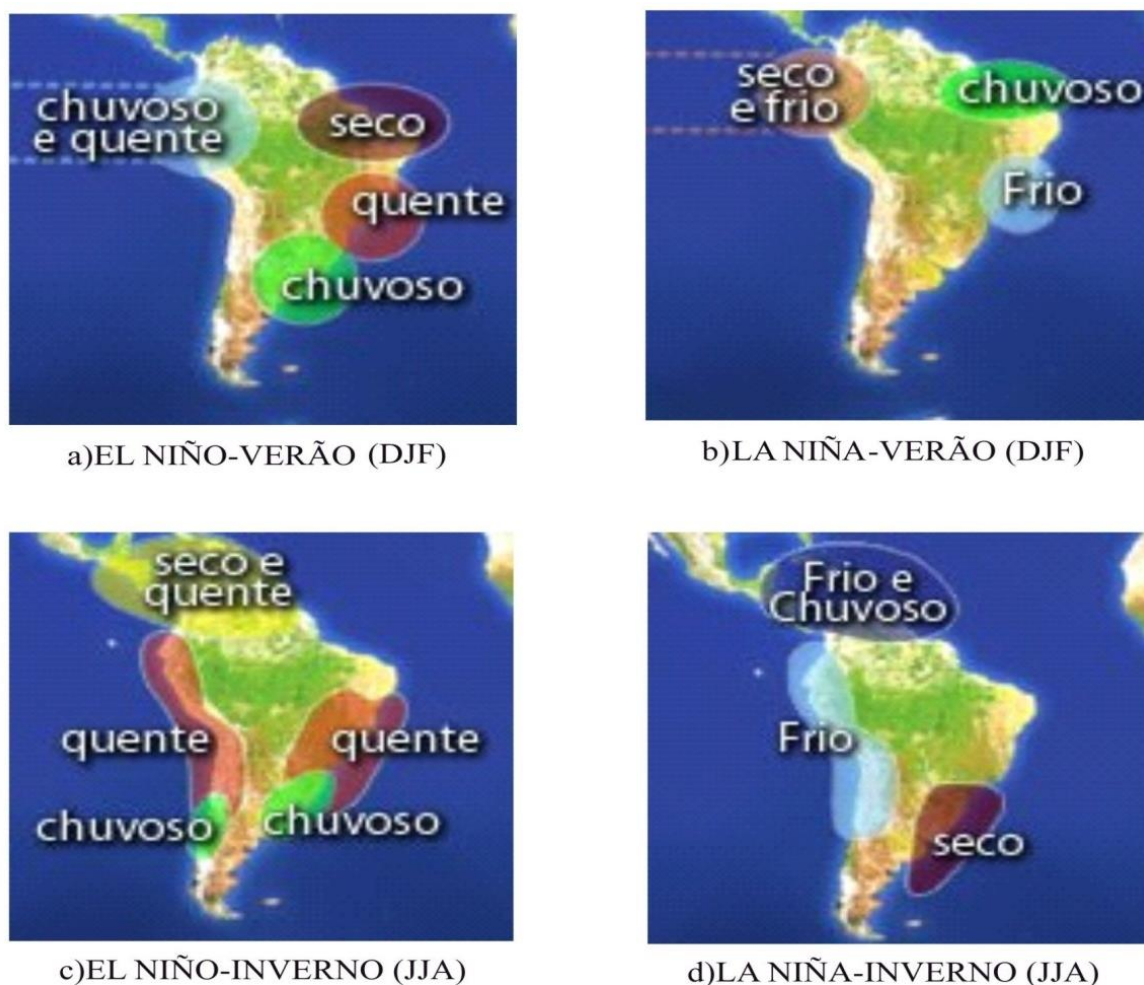
- Passagens rápidas de frentes frias sobre a Região Sul, com tendência de diminuição da precipitação nos meses de setembro a fevereiro, principalmente no Rio Grande do Sul, além do centro-nordeste da Argentina e Uruguai;
- Temperaturas próximas da média climatológica ou ligeiramente abaixo da média sobre a Região Sudeste, durante o inverno;
- Chegada das frentes frias até a Região Nordeste, principalmente no litoral da Bahia, Sergipe e Alagoas;
- Tendência às chuvas abundantes no norte e leste da Amazônia; e
- Possibilidade de chuvas acima da média sobre a região semiárida do Nordeste do Brasil.

Essas chuvas só ocorrem se, concomitantemente ao La Niña, as condições atmosféricas e oceânicas sobre o Oceano Atlântico mostrarem-se favoráveis, isto é, as variações da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) estejam acima da média no Atlântico Tropical Sul e abaixo da média no Atlântico Tropical Norte.

Mais especificamente, para a região no sul e sudeste do Brasil, durante o forte evento de La Niña de 1988/1989, a estação chuvosa de setembro a dezembro de 1988 teve um mês de muita seca, mas os demais meses da estação teve chuva normal, ou ligeiramente acima da média.

Por fim, informa-se que o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) monitora a evolução do La Niña e El Niño e dissemina previsões de seus impactos climáticos sobre o Brasil através do Boletim de Informações Climáticas – INFOCLIMA.

A **Figura 6.2.1-2** apresenta didaticamente os impactos observados do El Niño e La Niña na América do Sul, considerando o histórico destes eventos nos últimos 50 anos. É provável que durante alguns eventos do El Niño ou La Niña não aconteçam os impactos representados na mencionada figura.



**Figura 6.2.1-2 - Efeitos Regionais na América do Sul do El Niño e La Niña, durante o Verão (DJF) e Inverno (JJA).**

Fonte: CPTEC/INPE/ENOS.

O **Quadro 6.2.1-2** apresenta os anos de ocorrência e a intensidade do fenômeno El Niño, evidenciados pelo CPTEC/INPE (2017), onde se verifica a existência de 33 eventos desta natureza. Já o **Quadro 6.2.1-3** apresenta os anos de ocorrência e a intensidade do fenômeno La Niña registrados pelo CPTEC/INPE (2017), onde se observa a existência de 19 eventos desta natureza. Ressalta-se que a intensidade destes fenômenos pode ser classificada em fraca, moderada ou forte.

**Quadro 6.2.1-2 - Anos de Ocorrência e Intensidade do fenômeno El Niño (CPTEC, 2017)**

EVENTOS	ANO DE OCORRÊNCIA	INTENSIDADE	EVENTOS	ANO DE OCORRÊNCIA	INTENSIDADE
1	1877 - 1878	Forte	18	1963	Fraca
2	1888 - 1889	Moderada	19	1965 - 1966	Moderada
3	1896 - 1897	Forte	20	1968 - 1970	Moderada
4	1899	Forte	21	1972 - 1973	Forte
5	1902 - 1903	Forte	22	1976 - 1977	Fraca
6	1905 - 1906	Forte	23	1977 - 1978	Fraca
7	1911 - 1912	Forte	24	1979 - 1980	Fraca
8	1913 - 1914	Moderada	25	1982 - 1983	Forte
9	1918 - 1919	Forte	26	1986 - 1988	Moderada
10	1923	Moderada	27	1990 - 1993	Forte
11	1925 - 1926	Forte	28	1994 - 1995	Moderada
12	1932	Moderada	29	1997 - 1998	Forte
13	1939 - 1941	Forte	30	2002 - 2003	Moderada
14	1946 - 1947	Moderada	31	2004 - 2005	Fraca
15	1951	Fraca	32	2006 - 2007	Fraca
16	1953	Fraca	33	2009 - 2010	Fraca
17	1957 - 1959	Forte			

**Quadro 6.2.1-3 - Anos de Ocorrência e Intensidade do fenômeno La Niña (CPTEC, 2017)**

EVENTOS	ANO DE OCORRÊNCIA	INTENSIDADE	EVENTOS	ANO DE OCORRÊNCIA	INTENSIDADE
1	1886	Forte	11	1964 - 1965	Moderada
2	1903 - 1904	Forte	12	1970 - 1971	Moderada
3	1906 - 1908	Forte	13	1973 - 1976	Forte
4	1909 - 1910	Forte	14	1983 - 1984	Fraca
5	1916 - 1918	Forte	15	1984 - 1985	Fraca
6	1924 - 1925	Moderada	16	1988 - 1989	Forte
7	1928 - 1929	Fraca	17	1995 - 1996	Fraca
8	1938 - 1939	Forte	18	1998 - 2001	Moderada
9	1949 - 1951	Forte	19	2007 - 2008	Forte
10	1954 - 1956	Forte			

#### 6.2.1.4. PARÂMETROS METEOROLÓGICOS

##### 6.2.1.4.1. Precipitação Pluviométrica

A precipitação pluviométrica pode ser entendida como o processo pelo qual a água condensada na atmosfera tinge gravitacionalmente a superfície terrestre. Já o índice pluviométrico é a medição da quantidade de chuva, medida em milímetros, que ocorre em um determinado local durante um dado período de tempo.

A **Figura 6.2.1-3** ilustra um gráfico com os valores de precipitação média mensal para as sete

estações meteorológicas situadas próximas à região do empreendimento.

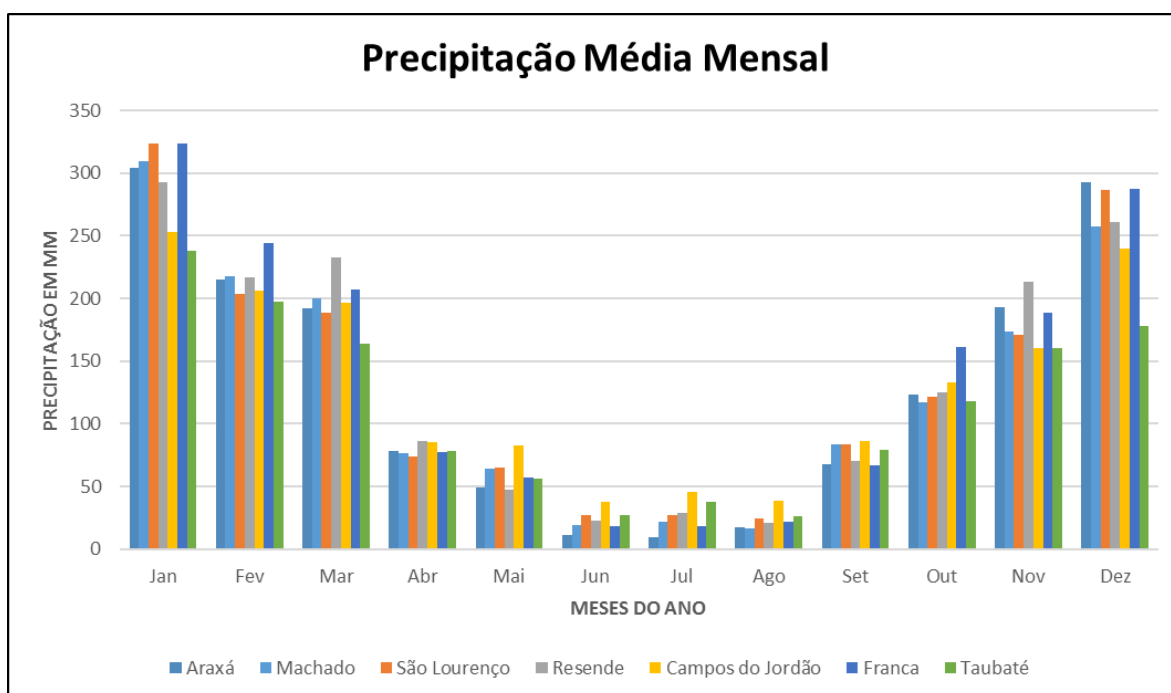



Figura 6.2.1-3 - Anos de Ocorrência e Intensidade do fenômeno La Niña (CPTEC, 2017)

O **Quadro 6.2.1-4** apresenta os valores de precipitação acumulada mensal e anual para cada uma das estações, assim como o valor médio acumulado para cada mês somando os valores das sete estações.



**Quadro 6.2.1-4 - Resumo da Precipitação Acumulada Mensal e Anual para cada uma das Sete Estações Climatológicas definidas para a Região de Estudo do Empreendimento.**

Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010															
Precipitação Acumulada Mensal e Anual (mm)															
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
83579	Araxá	MG	304,3	215,3	192,1	78,0	49,1	11,4	9,6	17,6	67,7	123,6	193,1	292,4	1554,2
83683	Machado	MG	309,1	218,1	199,6	76,3	64,1	18,8	21,9	16,5	83,6	117,1	173,8	257,0	1555,9
83736	São Lourenço	MG	323,9	203,3	188,7	73,9	65,1	27,3	27,2	24,1	83,5	121,3	170,6	286,3	1595,2
83738	Resende	RJ	292,9	216,9	232,5	85,9	47,6	22,9	28,7	20,9	70,7	125,4	213,0	260,8	1618,2
83714	Campos do Jordão	SP	253,1	206,0	196,7	85,5	82,5	38,0	45,9	38,3	85,8	133,0	160,6	240,0	1565,4
83630	Franca	SP	323,2	243,8	207,5	77,7	57,5	17,9	18,4	21,6	67,2	161,4	189,0	287,4	1672,6
83784	Taubaté	SP	238,1	197,3	163,6	78,6	55,8	26,7	37,9	26,4	79,6	118,2	160,7	178,0	1360,9
<b>Soma da Precipitação das Estações</b>			2044,6	1500,7	1380,7	555,9	421,7	163,0	189,6	165,4	538,1	900,0	1260,8	1801,9	
<b>Média Mensal das Estações</b>			292,1	214,4	197,2	79,4	60,2	23,3	27,1	23,6	76,9	128,6	180,1	257,4	

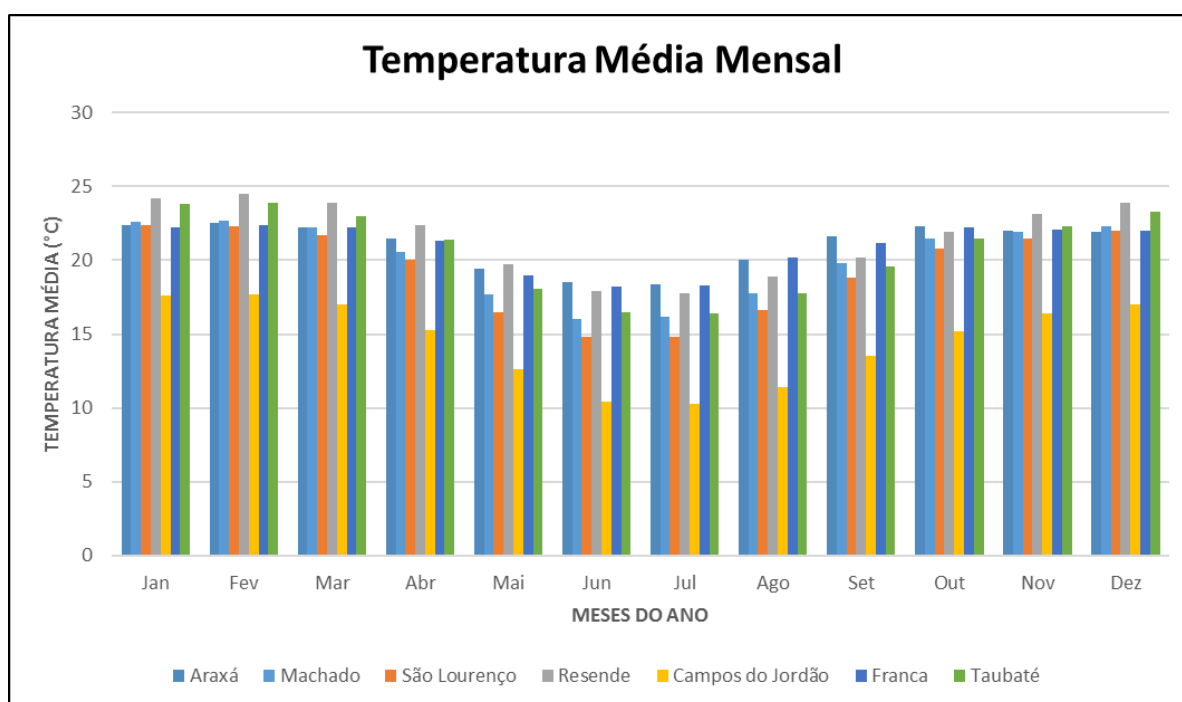
Verificam-se dois períodos bem distintos durante o ano no que se refere aos índices pluviométricos: um período seco que compreende os meses de abril a setembro, onde se destacam os meses de junho, julho e agosto (inverno) como os mais secos, com precipitações médias acumuladas de 23,3 mm, 27,1 mm e 23,6 mm respectivamente. Enquanto no período entre os meses de outubro a março, os índices pluviométricos são bem mais elevados, evidenciando um período chuvoso, se destacando as precipitações que ocorrem nos meses de janeiro e dezembro (verão), com precipitações médias acumuladas de 292,1 e 257,4 mm, respectivamente.

Além disso, observa-se que o maior valor de precipitação acumulada anual está na estação Franca com 1.672,6 mm. Enquanto o menor valor de precipitação acumulada anual é verificado na estação climatológica de Taubaté com 1.360,9 mm. Já as outras cinco estações climatológicas apresentam valores de precipitação acumulada anual na faixa entre 1.550 mm a 1.620 mm.

#### 6.2.1.4.2. Temperatura do Ar

A temperatura pode ser entendida como o nível de calor que existe no ambiente, resultante, por exemplo, das ações dos raios solares. Pode ser traduzida como a temperatura reinante em um ponto da atmosfera próximo à superfície da Terra.


A **Figura 6.2.1-4** ilustra um histograma com os valores de temperatura média mensal para as sete estações climatológicas situadas próximas a região do empreendimento.



**Figura 6.2.1-4 - Temperatura Média Mensal de 1981 a 2010 nas Estações Próximas ao Empreendimento**

O **Quadro 6.2.1-5** apresenta os valores de temperatura média compensada mensal e anual para cada uma das estações, assim como o valor médio acumulado para cada mês somando os valores das sete estações.

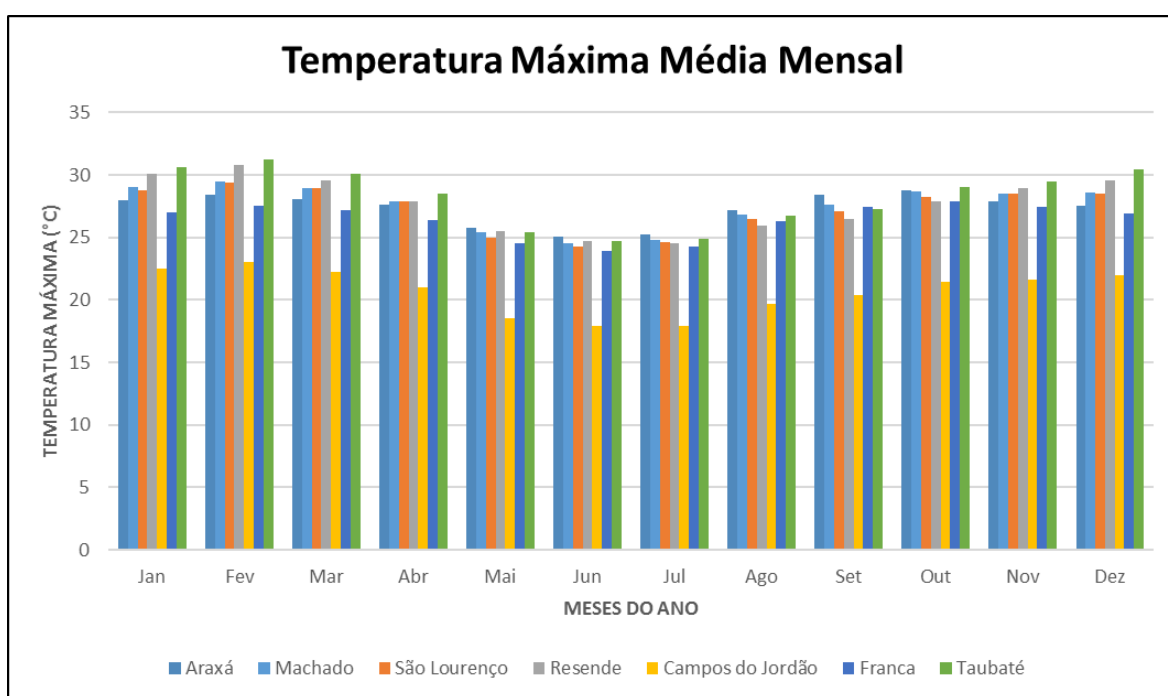
**Quadro 6.2.1-5 - Resumo da Temperatura Média Compensada Mensal e Anual para cada uma das Sete Estações Climatológicas Definidas para a Região de Estudo do Empreendimento.**

Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010															
Temperatura Média Compensada Mensal e Anual (°C)															
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
83579	Araxá	MG	22,4	22,5	22,2	21,5	19,4	18,5	18,4	20,0	21,6	22,3	22,0	21,9	21,1
83683	Machado	MG	22,6	22,7	22,2	20,6	17,7	16,0	16,2	17,8	19,8	21,5	21,9	22,3	20,1
83736	São Lourenço	MG	22,4	22,3	21,7	20,0	16,5	14,8	14,8	16,6	18,8	20,8	21,5	22,0	19,4
83738	Resende	RJ	24,2	24,5	23,9	22,4	19,7	17,9	17,8	18,9	20,2	21,9	23,1	23,9	21,5
83714	Campos do Jordão	SP	17,6	17,7	17,0	15,3	12,6	10,4	10,3	11,4	13,5	15,2	16,4	17,0	14,5
83630	Franca	SP	22,2	22,4	22,2	21,3	19,0	18,2	18,3	20,2	21,2	22,2	22,1	22,0	20,9
83784	Taubaté	SP	23,8	23,9	23,0	21,4	18,1	16,5	16,4	17,8	19,6	21,5	22,3	23,3	20,6
<b>Média Mensal das Estações</b>			22,2	22,3	21,7	20,4	17,6	16,0	16,0	17,5	19,2	20,8	21,3	21,8	

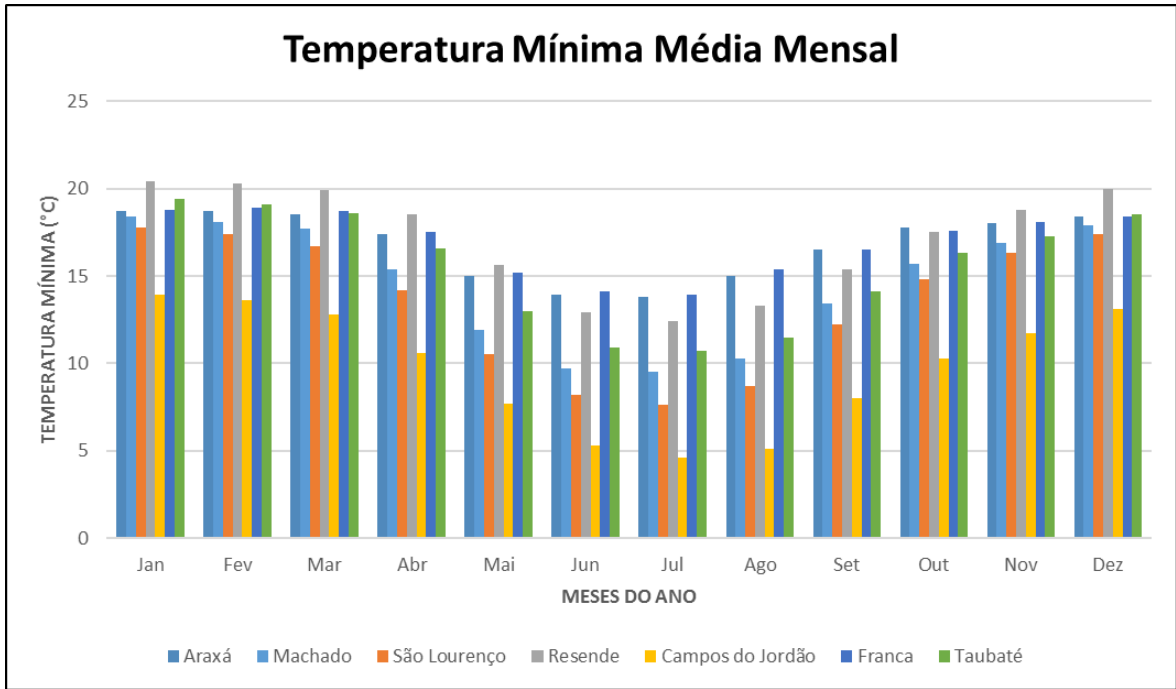
Verifica-se que a temperatura média do ar apresenta menores valores para os meses de junho e julho (inverno) com temperaturas de 16,0°C para ambos os meses. Já os maiores valores observados correspondem aos meses de janeiro e fevereiro (verão) com temperaturas médias de 22,2°C e 22,3°C, respectivamente.

Quanto à temperatura média anual, esta oscila entre 14,5°C em Campos do Jordão-SP, obviamente por se situar na região da Serra da Mantiqueira com cotas altimétricas elevadas e 21,5°C em Resende-RJ. Verifica-se que para as outras cinco estações a temperatura varia pouco, estando na faixa de 19°C a 21°C.

Em relação às temperaturas máxima e mínima médias mensais, as **Figura 6.2.1-5** e **Figura 6.2.1-6** ilustram, respectivamente, suas variações mensais ao longo do ano por meio de histogramas. Enquanto, o **Quadro 6.2.1-6** e o **Quadro 6.2.1-7**, apresentam os valores das temperaturas máxima e mínima para cada umas das sete estações que embasam o estudo dos parâmetros meteorológicos.




**Figura 6.2.1-5 - Temperatura Máxima Média Mensal de 1981 a 2010 nas Estações Próximas ao Empreendimento**




**Figura 6.2.1-6 - Temperatura Mínima Média Mensal de 1981 a 2010 nas Estações Próximas ao Empreendimento**

**Quadro 6.2.1-6 - Resumo da Temperatura Máxima Mensal e Anual para cada uma das Sete Estações Climatológicas Definidas para a Região de Estudo do Empreendimento.**

Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010															
Temperatura Máxima Mensal e Anual (°C)															
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
83579	Araxá	MG	28,0	28,4	28,1	27,6	25,8	25,1	25,2	27,2	28,4	28,8	27,9	27,5	27,3
83683	Machado	MG	29,0	29,5	28,9	27,9	25,4	24,5	24,8	26,8	27,6	28,7	28,5	28,6	27,5
83736	São Lourenço	MG	28,8	29,4	28,9	27,9	25,0	24,3	24,6	26,5	27,1	28,2	28,5	28,5	27,3
83738	Resende	RJ	30,1	30,8	29,6	27,9	25,5	24,7	24,5	25,9	26,5	27,9	28,9	29,6	27,7
83714	Campos do Jordão	SP	22,5	23,0	22,2	21,0	18,5	17,9	17,9	19,7	20,4	21,4	21,6	22,0	20,7
83630	Franca	SP	27,0	27,5	27,2	26,4	24,5	23,9	24,3	26,3	27,4	27,9	27,4	26,9	26,4
83784	Taubaté	SP	30,6	31,2	30,1	28,5	25,4	24,7	24,9	26,7	27,3	29,0	29,5	30,4	28,2
<b>Média Mensal das Estações</b>			28,0	28,5	27,9	26,7	24,3	23,6	23,7	25,6	26,4	27,4	27,5	27,6	

**Quadro 6.2.1-7 - Resumo da Temperatura Mínima Mensal e Anual para cada uma das Sete Estações Climatológicas Definidas para a Região de Estudo do Empreendimento**

Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010															
Temperatura Mínima Mensal e Anual (°C)															
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
83579	Araxá	MG	18,7	18,7	18,5	17,4	15,0	13,9	13,8	15,0	16,5	17,8	18,0	18,4	16,8
83683	Machado	MG	18,4	18,1	17,7	15,4	11,9	9,7	9,5	10,3	13,4	15,7	16,9	17,9	14,6
83736	São Lourenço	MG	17,8	17,4	16,7	14,2	10,5	8,2	7,6	8,7	12,2	14,8	16,3	17,4	13,5
83738	Resende	RJ	20,4	20,3	19,9	18,5	15,6	12,9	12,4	13,3	15,4	17,5	18,8	20,0	17,1
83714	Campos do Jordão	SP	13,9	13,6	12,8	10,6	7,7	5,3	4,6	5,1	8,0	10,3	11,7	13,1	9,7
83630	Franca	SP	18,8	18,9	18,7	17,5	15,2	14,1	13,9	15,4	16,5	17,6	18,1	18,4	16,9
83784	Taubaté	SP	19,4	19,1	18,6	16,6	13,0	10,9	10,7	11,5	14,1	16,3	17,3	18,5	15,5
<b>Média Mensal das Estações</b>			18,2	18,0	17,6	15,7	12,7	10,7	10,4	11,3	13,7	15,7	16,7	17,7	

Verifica-se que, seguindo a tendência de temperatura média mensal, os maiores valores de temperatura máxima mensal, são observados nos meses de janeiro e fevereiro (verão), com valores de 28,0°C e 28,5°C. Essa mesma tendência é observada para os valores de temperatura mínima mensal que evidenciam os menores valores para os meses de junho e julho (inverno) com valores de 10,7°C e 10,4°C.

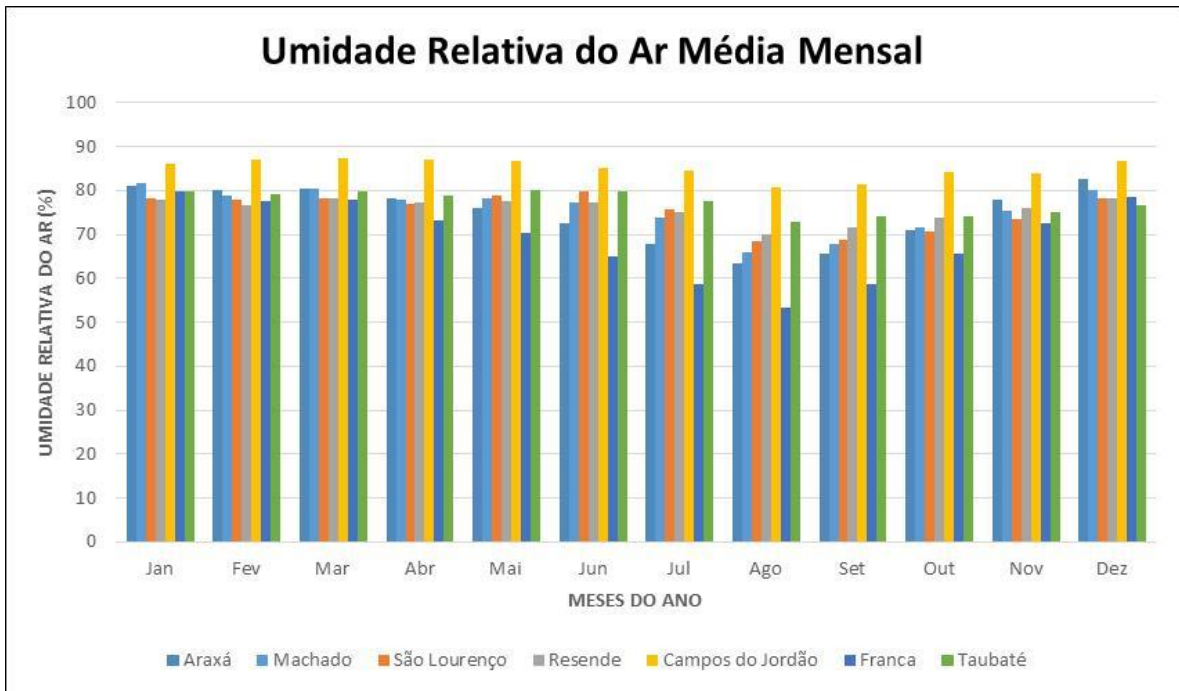
Vale destacar ainda que, a estação Campos do Jordão apresenta os menores valores anuais tanto de temperatura máxima (20,7°C) quanto de temperatura mínima (9,7°C), já que notoriamente é uma região com temperaturas mais baixas devido a sua localização na Serra da Mantiqueira (cotas altimétricas mais elevadas). Por outro lado, a estação climatológica de Taubaté apresenta o maior valor anual de temperatura máxima com 28,2°C, enquanto a estação climatológica de Resende apresenta o maior valor anual de temperatura mínima com 17,1°C. Tal constatação já tinha sido evidenciada no gráfico de temperatura média compensada (**Figura 6.2.1-4**).

#### 6.2.1.4.3. Umidade Relativa do Ar

O parâmetro meteorológico de umidade relativa do ar é definido como a razão entre o percentual (em número de moléculas) de água no ar e o percentual que corresponde à saturação naquela temperatura ambiente, onde seus valores variam de acordo com a temperatura e precipitação pluviométrica. Destaca-se que a umidade relativa do ar é a medida mais utilizada para mensurar a sensação térmica em dias muito secos ou muito úmidos.

Ressalta-se ainda, que o aumento ou redução da umidade relativa do ar não evidencia necessariamente a ocorrência de alteração na concentração de vapor de água no ar, pois a sua variação, seja para cima ou para baixo, pode se originar da alteração da temperatura ambiente, uma vez que a umidade relativa do ar é inversamente proporcional a temperatura do ar.


A **Figura 6.2.1-7** ilustra um histograma com os valores de umidade relativa do ar média mensal para as sete estações climatológicas situadas próximas a região do empreendimento. Enquanto que o **Quadro 6.2.1-8** apresenta os valores de umidade relativa do ar para cada uma das sete estações que embasam os estudos dos parâmetros meteorológicos.



**Figura 6.2.1-7 - Umidade Relativa do Ar Média Mensal de 1981 a 2010 nas Estações Próximas ao Empreendimento**



**Quadro 6.2.1-8 - Resumo da Umidade Relativa do Ar para cada uma das Sete Estações Climatológicas Definidas para a Região de Estudo do Empreendimento**

Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010															
Umidade Relativa do Ar Média Compensada (%)															
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
83579	Araxá	MG	81,2	80,0	80,6	78,2	75,9	72,5	67,8	63,5	65,5	70,9	78,0	82,7	74,7
83683	Machado	MG	81,6	79,0	80,3	77,9	78,3	77,4	73,9	65,9	67,9	71,7	75,4	80,2	75,8
83736	São Lourenço	MG	78,4	78,0	78,4	77,1	79,0	79,7	75,7	68,5	68,7	70,7	73,6	78,1	75,5
83738	Resende	RJ	78,0	76,7	78,3	77,4	77,6	77,2	75,0	69,9	71,7	73,9	76,0	78,2	75,8
83714	Campos do Jordão	SP	86,1	87,1	87,5	87,2	86,9	85,3	84,5	80,9	81,5	84,2	83,8	86,8	85,2
83630	Franca	SP	79,7	77,6	77,8	73,2	70,4	64,9	58,7	53,4	58,8	65,7	72,6	78,7	69,3
83784	Taubaté	SP	79,9	79,3	79,9	78,9	80,0	79,7	77,5	72,8	74,1	74,0	75,2	76,6	77,3
<b>Média Mensal das Estações</b>			80,7	79,7	80,4	78,6	78,3	76,7	73,3	67,8	69,7	73,0	76,4	80,2	

Os maiores valores observados da umidade relativa do ar se encontram nos meses de janeiro e março com valores de 80,7% e 80,4%, respectivamente. Enquanto que os menores valores constatados se situam nos meses de agosto e setembro com valores de 67,8% e 69,7%. Os meses restantes apresentam valores variando em relação a esses extremos.

O maior valor médio anual de umidade relativa do ar foi verificado na estação de Campos do Jordão com valor de 85,2%, que está acima do valor médio mensal mais elevado de 80,7% diagnosticado no mês de janeiro. Já o menor valor médio de umidade relativa do ar foi observado na estação de Franca com valor de 69,3%, que também está acima do menor valor médio mensal observado em agosto que foi de 67,8%.

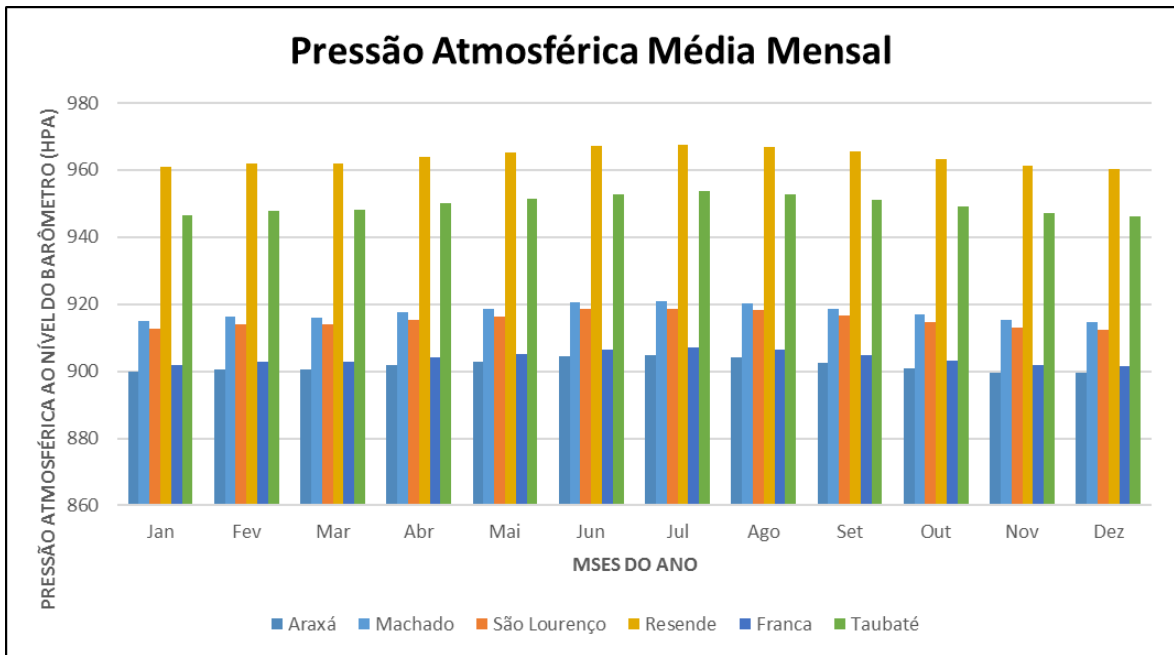
#### 6.2.1.4.4. Pressão Atmosférica

Pressão atmosférica é definida como o peso exercido por uma coluna de ar, com secção reta de área unitária, que se encontra acima do observador, em um dado instante e local. Fisicamente, representa o peso que a atmosfera exerce por unidade de área.

O estudo da distribuição da pressão atmosférica está intimamente relacionado com o movimento da atmosfera, sendo que o ar é um fluido que se movimenta das áreas da alta pressão em direção às áreas de menor pressão. Geralmente, a pressão atmosférica apresenta valores maiores no período de inverno do que no período de verão, sendo que a mesma é reduzida ao nível do mar.


Em geral, a pressão atmosférica está em contínua variação, mudando de ponto para ponto e, em cada ponto, ao longo do tempo. Esta variação ocorre devido à contínua alteração da massa específica do ar, nas diferentes camadas da atmosfera, causada por alterações na temperatura, no conteúdo de vapor de água ou em ambas. Informa-se que a massa específica do ar diminui quando aumenta a temperatura, o teor de umidade, ou ambos (Varejão-Silva, 2006).

A **Figura 6.2.1-8** apresenta um gráfico com os valores de média mensal de pressão atmosférica ao nível do barômetro para seis das sete estações climatológicas definidas para a caracterização dos parâmetros meteorológicos, pois no Banco de Dados das Normais Climatológicas disponibilizado pelo INMET (período de 1981 a 2010), este parâmetro não é apresentado na Estação Campos do Jordão. Já o **Quadro 6.2.1-9** apresenta os valores mensais e anual de pressão atmosférica ao nível do barômetro para essas mesmas seis estações climatológicas situadas na região próxima ao empreendimento.



**Figura 6.2.1-8 - Pressão Atmosférica Média Mensal de 1981 a 2010 nas Estações Próximas ao Empreendimento**

**Quadro 6.2.1-9 - Resumo da Pressão Atmosférica para cada Seis das Estações Climatológicas na Região de Estudo Definida para o Empreendimento**

Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010															 INMET
Pressão Atmosférica ao Nível do Barômetro (hPa)															
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
83579	Araxá	MG	899,8	900,6	900,5	901,7	902,8	904,4	904,9	904,1	902,5	900,8	899,6	899,5	901,8
83683	Machado	MG	915,1	916,2	916,1	917,6	918,7	920,5	920,9	920,4	918,6	916,8	915,3	914,6	917,6
83736	São Lourenço	MG	912,7	914,0	913,9	915,3	916,4	918,5	918,7	918,4	916,6	914,7	913,0	912,4	915,4
83738	Resende	RJ	961,0	961,9	961,9	963,8	965,2	967,2	967,6	967,0	965,5	963,4	961,2	960,4	963,8
83630	Franca	SP	901,8	902,8	902,7	904,0	905,1	906,6	907,1	906,3	904,7	903,0	901,9	901,5	904,0
83784	Taubaté	SP	946,4	947,7	948,2	950,0	951,4	952,9	953,7	952,9	951,2	949,0	947,1	946,3	949,7
<b>Média Mensal das Estações</b>			922,8	923,9	923,9	925,4	926,6	928,4	928,8	928,2	926,5	924,6	923,0	922,5	

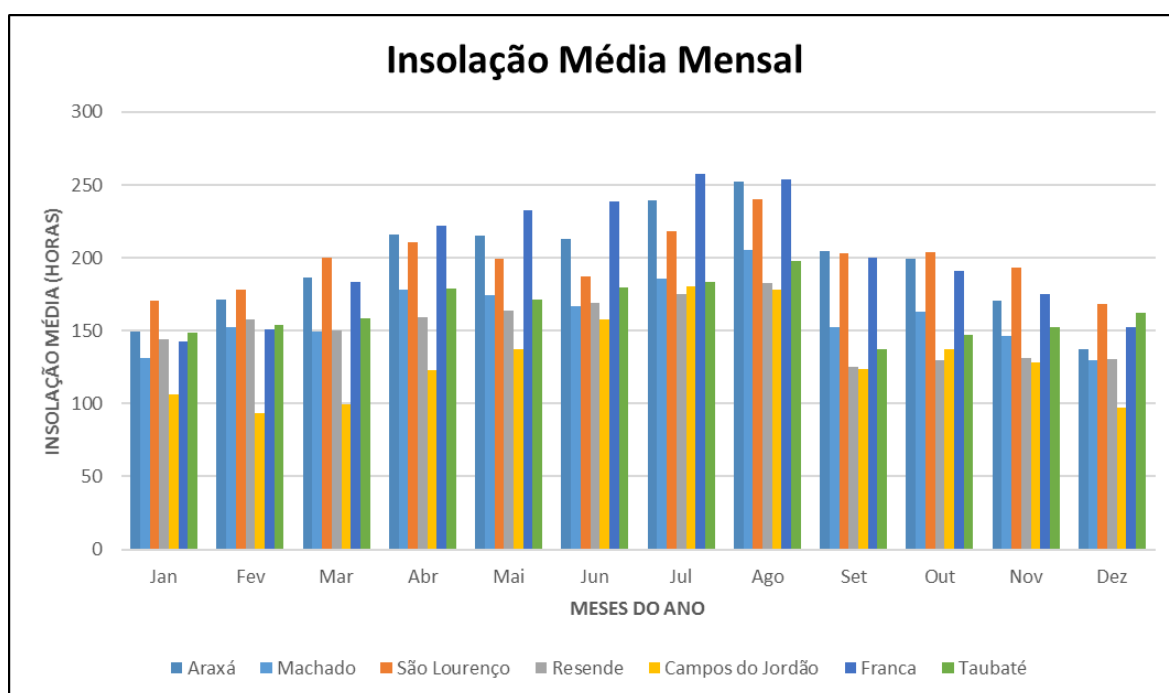
Observa-se que a variação sazonal da pressão atmosférica ao longo dos meses do ano é muito pequena para cada uma das estações climatológicas, mantendo valores praticamente constantes, onde o maior valor médio mensal é verificado no mês de julho com 928,8 hPa e o menor valor médio mensal diagnosticado no mês de dezembro com valor de 922,5 hPa.

Entretanto, constata-se que há uma considerável variação espacial quando comparados os valores medidos individualmente para cada uma das seis estações (valor anual – **Quadro 6.2.1-9**), onde a Estação Araxá apresenta o menor valor médio anual de 901,8 hPa, enquanto que a estação Resende possui o maior valor médio anual de pressão atmosférica com 963,8 hPa.

#### 6.2.1.4.5. Insolação


A insolação é definida como a radiação solar recebida pela Terra e a sua medição corresponde à quantidade de horas de brilho solar que uma superfície recebe. Também pode ser caracterizada como a energia que se propaga sem necessidade da presença de um meio material ou aplica-se para designar o próprio processo de transferência desse tipo de energia.

A **Figura 6.2.1-9** ilustra o gráfico contendo os valores de insolação média mensal para as sete estações meteorológicas situadas próximas à região do empreendimento. Enquanto que o **Quadro 6.2.1-10** apresenta os valores médios da insolação para cada uma das sete estações climatológicas situadas na região próxima ao empreendimento.



**Figura 6.2.1-9 - Insolação Média Mensal de 1981 a 2010 nas Estações Próximas ao Empreendimento**

**Quadro 6.2.1-10 - Resumo da Insolação Total para cada uma das Sete Estações Climatológicas Definidas para a Região de Estudo do Empreendimento**

Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010															
Insolação Total (horas)															
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
83579	Araxá	MG	149,2	171,5	186,6	216,2	215,1	213,1	239,1	252,4	204,3	199,6	170,9	137,0	2355,0
83683	Machado	MG	130,9	152,5	149,4	177,8	174,4	166,9	185,5	205,2	152,4	163,2	146,2	129,4	1933,8
83736	São Lourenço	MG	170,9	178,1	199,7	210,7	199,1	187,0	218,6	239,8	203,3	203,6	193,0	168,1	2371,9
83738	Resende	RJ	143,8	157,8	149,9	159,3	163,4	169,0	174,9	182,4	125,2	129,4	131,0	130,6	1816,7
83714	Campos do Jordão	SP	106,4	93,6	99,8	122,9	137,2	157,9	180,3	177,9	123,8	137,2	128,0	97,6	1562,6
83630	Franca	SP	142,3	151,1	183,3	221,8	232,6	238,9	257,2	253,7	200,3	190,7	175,4	152,5	2399,8
83784	Taubaté	SP	148,9	154,3	158,4	178,6	171,6	179,3	183,6	197,7	137,0	147,1	152,2	162,6	1971,3
<b>Média Mensal das Estações</b>			141,8	151,3	161,0	183,9	184,8	187,4	205,6	215,6	163,8	167,3	156,7	139,7	

Observa-se que os maiores valores anuais acumulados de insolação (última coluna relacionada ao Ano – **Quadro 6.2.1-10**) correspondem às estações São Lourenço e Franca, com valores de 2.371,9 horas e 2.399,8 horas, respectivamente. Enquanto que os menores valores de insolação anual observados são: 1.562,6 horas na Estação de Campos do Jordão e 1.816,7 horas na Estação de Resende.

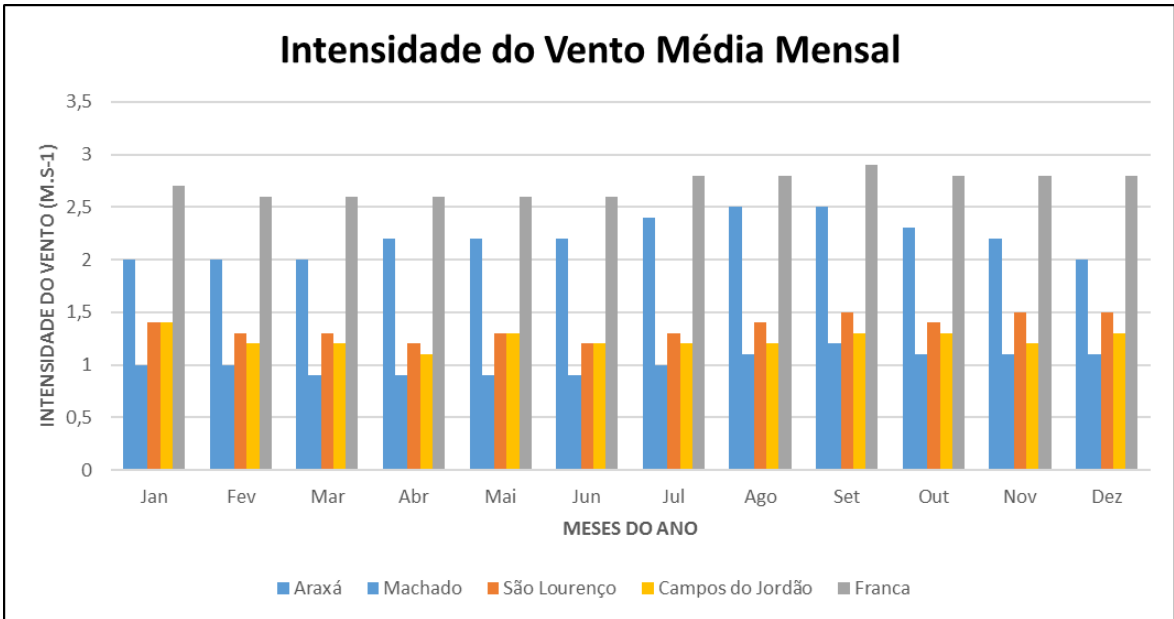
Já os meses de julho e agosto apresentam os maiores valores de insolação com média de 205,6 horas e 215,6 horas, respectivamente. Enquanto os meses de janeiro e dezembro possuem os valores médios mais baixos de insolação, com 141,8 horas e 139,7 horas, respectivamente.

#### 6.2.1.4.6. Vento

A caracterização do vento em qualquer ponto da atmosfera requer a determinação de dois parâmetros: sua direção e sua velocidade. Essas grandezas são instantâneas e pontuais, pois o escoamento do ar depende das condições atmosféricas que variam no espaço e com o tempo.

A direção do vento define a posição do horizonte aparente do observador a partir da qual o vento parece provir (ou seja, de onde o vento sopra). Já a velocidade do vento à superfície varia bastante com o tempo e se caracteriza por intensas oscilações, sendo que o módulo da velocidade do vento é, normalmente, expresso em metros por segundo (m/s), em quilômetros por hora (km/h) ou em *knot* (Varejão-Silva, 2006).


A **Figura 6.2.1-10** apresenta o gráfico com os valores de média mensal da intensidade do vento para cinco das sete estações climatológicas definidas para a caracterização dos parâmetros meteorológicos, pois no Banco de Dados das Normais Climatológicas disponibilizado pelo INMET (período de 1981 a 2010), este parâmetro não é apresentado nas Estações Resende e Taubaté. Já o **Quadro 6.2.1-11** apresenta os valores de intensidade dos ventos para cada umas dessas cinco estações climatológicas situadas na região próxima ao empreendimento.



**Figura 6.2.1-10 - Intensidade Média Mensal do Vento no período de 1981 a 2010 em Cinco Estações Climatológicas Próximas ao Empreendimento**



**Quadro 6.2.1-11 - Resumo da Intensidade dos Ventos em Cinco das Estações Climatológicas Definidas para a Região de Estudo do Empreendimento**

Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010															
Intensidade do Vento (m/s)															
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
83579	Araxá	MG	2,00	2,00	2,00	2,20	2,20	2,20	2,40	2,50	2,50	2,30	2,20	2,00	2,20
83683	Machado	MG	1,00	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,20	1,10	1,10	1,10	1,00
83736	São Lourenço	MG	1,40	1,30	1,30	1,20	1,30	1,20	1,30	1,40	1,50	1,40	1,50	1,50	1,40
83714	Campos do Jordão	SP	1,40	1,20	1,20	1,10	1,30	1,20	1,20	1,20	1,30	1,30	1,20	1,30	1,20
83630	Franca	SP	2,70	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,80	2,80	2,90	2,80	2,80	2,80	2,70
<b>Média Mensal das Estações</b>			1,70	1,62	1,60	1,60	1,66	1,62	1,74	1,80	1,88	1,78	1,76	1,74	

Verifica-se que os ventos são mais intensos nos meses de agosto e setembro com valores de 1,80 m/s e 1,88 m/s, enquanto os meses que apresentam os menores valores de intensidade dos ventos são março e abril com valores similares de 1,6 m/s. Constata-se que a variação sazonal dos ventos é muito pouco significativa com valores constantes ao longo dos meses do ano quando se avalia cada estação de forma individual.

Ressalta-se ainda que a Estação de Franca é a que apresenta maior intensidade de vento média anual com valor de 2,70 m/s, enquanto a Estação Machado apresenta o valor mais baixo de intensidade média dos ventos com 1,00 m/s. Nesse caso observa-se uma variação espacial considerável entre os extremos dos valores de intensidade dos ventos nas estações utilizadas.

Com relação aos dados de direção do vento, o **Quadro 6.2.1-12** representa a caracterização desse parâmetro para todas as sete estações climatológicas definidas para a caracterização climatológicas, onde se verifica que para este atributo também foram disponibilizados dados referentes das Estações Resende e Taubaté.

Os dados de direção do vento indicam que predomina a condição de calmaria para a região em estudo para as estações Machado, Resende, Campos do Jordão e Franca. Já a Estação de Araxá indica predominância de ventos de Leste, enquanto nas Estações São Lourenço e Taubaté a direção do vento se mostra variável, com ventos de Nordeste e calmaria ao longo do ano.

**Quadro 6.2.1-12 - Resumo da Direção dos Ventos para cada uma das Sete Estações Climatológicas Definidas para a Região de Estudo do Empreendimento**

Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010															
Direção Predominante do Vento (pontos cardeais e colaterais)															
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
83579	Araxá	MG	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
83683	Machado	MG	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma
83736	São Lourenço	MG	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	NE	-
83738	Resende	RJ	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma
83714	Campos do Jordão	SP	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma
83630	Franca	SP	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma	Calma
83784	Taubaté	SP	NE	-	-	NE	Calma	Calma	Calma	NE	NE	NE	NE	NE	-

#### 6.2.1.4.7. Nível Ceráunico

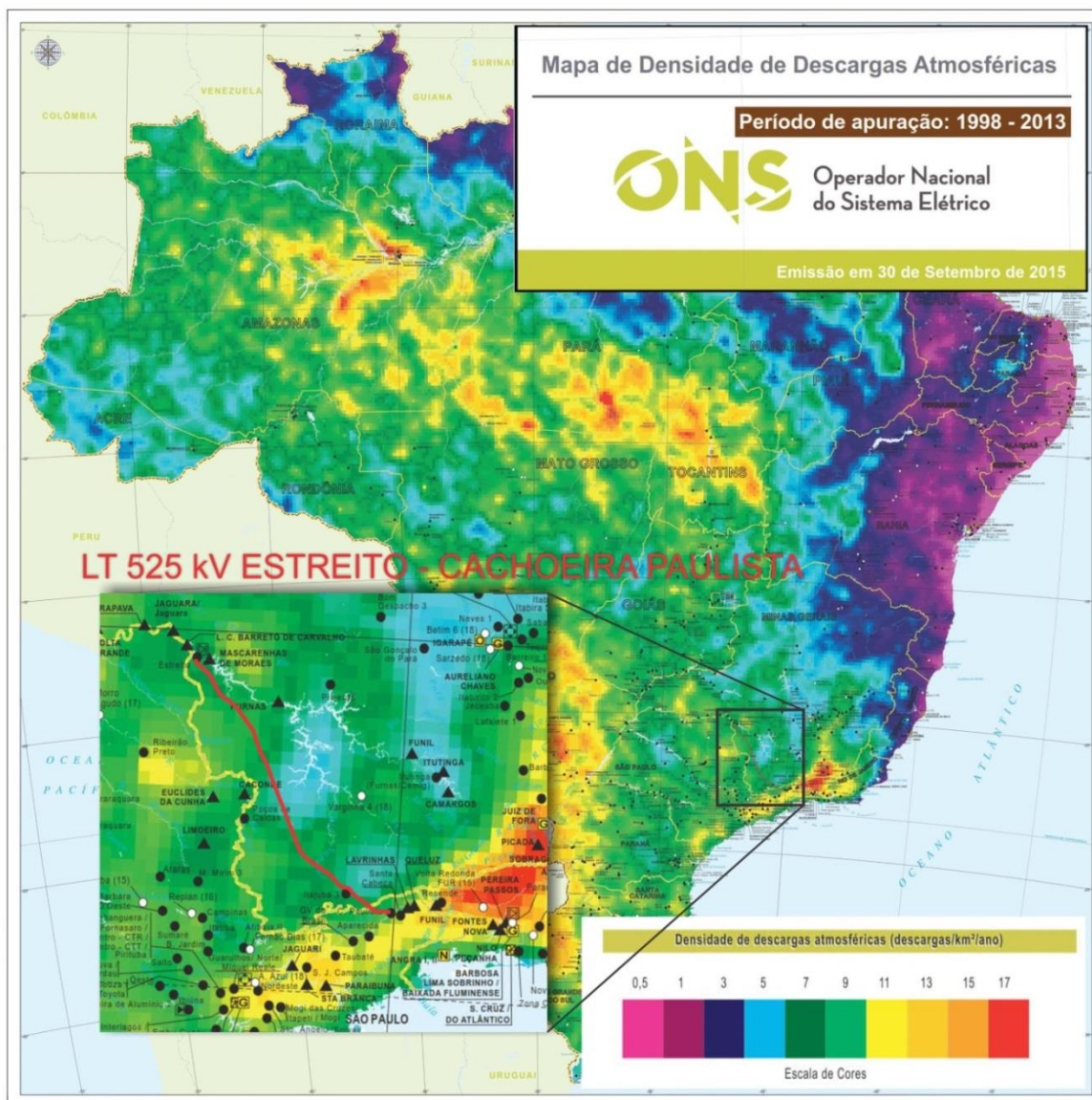
O nível ceráunico é definido como a contagem dos dias de trovoadas por ano, ou seja, são registrados os números de cada dia no ano em que foi ouvido o trovão de ao menos uma descarga atmosférica.

Segundo a NBR 5419/2001, a densidade de descargas atmosféricas (Ng) é estimada pela equação:

$$Ng = 0,04 \times Td^{1,25} \text{ [descargas / km}^2 \text{ / ano]}$$

A Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas (RINDAT) define descargas atmosféricas como descargas elétricas de grande extensão e de grande intensidade que ocorrem devido ao acúmulo de cargas elétricas em regiões localizadas da atmosfera, em geral dentro de tempestades. Podem ocorrer da nuvem para o solo, do solo para a nuvem, dentro da nuvem, da nuvem para um ponto qualquer na atmosfera, denominados descargas no ar, ou ainda entre nuvens (intra-nuvens). Dentre os tipos existentes, o mais comum é o intra-nuvens que representam cerca de 70% do número total de descargas,

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) elaborou o Mapa de Densidades de Descargas Atmosféricas com dados do período compreendido entre os anos de 1998 a 2013, onde a **Figura 6.2.1-11** destaca a região de estudo que abrange o traçado da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2.



**Figura 6.2.1-11 - Mapa de Densidade de Descargas Elétricas, onde se destaca a região do traçado da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista**

Fonte: INPE / Operador Nacional do Sistema Elétrico

A partir do mapa da **Figura 6.2.1-11**, é possível observar que a densidade de descargas atmosféricas na região de estudo do empreendimento varia entre 5 a 11 descargas/km²/ano, predominando a faixa entre 7 e 9 descargas/km²/ano, com maior intensidade na tríplice divisa dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, provavelmente em função da ocorrência de relevo montanhoso, caracterizado pela Serra da Mantiqueira. O nível cerâmico médio para a região de Minas Gerais é de 75 dias de trovoadas por ano.

Além disso, foi feita uma consulta ao site do INPE/ELAT (Grupo de Eletricidade Atmosférica) onde se constatou que o mapa de raios em tempo real que pode ser visualizado em seu site, atualizado em novembro de 2017, evidencia as mesmas características observadas no Mapa da **Figura 6.2.1-11** para a região ao longo do traçado do empreendimento. No referido site foi possível coletar informações atualizadas no dia 06/12/2017, da concentração de raios nos municípios que são interceptados pelo traçado da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2.

O **Quadro 6.2.1-13** abaixo apresenta a relação destes municípios que são interceptados pelo traçado do empreendimento e seus respectivos valores de densidade de raios. Identifica-se que o município com menor densidade de raios é Piranguinho (MG), com 2,0003 descargas por km<sup>2</sup>/ano, enquanto o município de maior densidade foi Lorena (SP), com 7,6090 descargas por km<sup>2</sup>/ano.

**Quadro 6.2.1-13 - Concentração de raios (densidade de descargas) nos municípios intervenientes ao traçado do empreendimento, segundo o Mapa de Raios em Tempo Real (site INPE - ELAT, dezembro de 2017)**

Municípios compreendidos pela LT	Densidade de descargas (descargas por km <sup>2</sup> /ano)
Piranguinho (MG)	2,0003
Brazópolis (MG)	2,0123
Santa Rita do Sapucaí (MG)	2,0278
São Sebastião da Bela Vista (MG)	2,0373
Campestre (MG)	2,1170
Itajubá (MG)	2,1989
Divisa Nova (MG)	2,2201
Espírito Santo do Dourado (MG)	2,2831
Poço Fundo (MG)	2,3286
Piranguçu (MG)	2,3318
Monte Belo (MG)	2,3372
Cachoeira de Minas (MG)	2,3423
Muzambinho (MG)	2,3651
Nova Resende (MG)	2,3785
Juruáia (MG)	2,3841
Cabo Verde (MG)	2,4195
Santa Rita de Caldas (MG)	2,4561
Passos (MG)	2,4945
Itaú de Minas (MG)	2,5136
Bom Jesus da Penha (MG)	2,5472
Wenceslau Braz (MG)	2,5913
Pouso Alegre (MG)	2,6000
Ipuiúna (MG)	2,8154
Cássia (MG)	3,1121
Ibiraci (MG)	3,2180
Delfim Moreira (MG)	3,2950
Piquete (SP)	4,4600
Guaratinguetá (SP)	5,9895
Cachoeira Paulista (SP)	7,1646
Lorena (SP)	7,6090

Avaliando os dados do **Quadro 6.2.1-13**, de modo geral, os municípios pertencentes ao estado de São Paulo são os que apresentam maior densidade, haja vista o município de Lorena, que é seguido por Cachoeira Paulista, com 7,1646 descargas por km<sup>2</sup>/ano, Guaratinguetá, com 5,9895 descargas por km<sup>2</sup>/ano e Piquete, com 4,4600 descargas por km<sup>2</sup>/ano. O município de Minas Gerais, relacionado ao empreendimento, com maior valor de densidade é Delfim Moreira, com 3,2950 descargas por km<sup>2</sup>/ano, o que mostra que há pouca variação nos municípios estudados desse estado, que possui a média de 2,4395 descargas por km<sup>2</sup>/ano. A média dos municípios estudados em São Paulo é de 6,3058 descargas por km<sup>2</sup>/ano.

Por fim, ressalta-se que para a implantação de linhas de transmissão e distribuição de energia

elétrica é fundamental a caracterização detalhada das descargas atmosféricas existentes na região dos referidos empreendimentos já que as mesmas quando muito elevadas são responsáveis pelos seus desligamentos não programados ocasionados por sobretensões de origem atmosférica. Segundo o INPE - ELAT, as medidas a serem adotadas para minimização do aparecimento de tais eventos é o aperfeiçoamento dos sistemas de aterramento e uso de para raios, principalmente nas regiões com maior incidência de descargas.

### **6.2.1.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Verifica-se que todo o traçado do empreendimento encontra-se em uma região de clima Tropical Brasil Central, com temperaturas nas estações climatológicas para o estudo apresentando média anual entre 19 a 21 °C, sendo a única exceção à estação Campos do Jordão que pela sua localização, situada na Serra da Mantiqueira (influência da altitude e relevo montanhoso), possui valor médio abaixo dessa faixa (14,2 °C).

Já a distribuição da precipitação pluviométrica possui caráter sazonal, caracterizando plenamente o clima Tropical Brasil Central com duas estações bem definidas: uma estação seca, principalmente no período entre os meses de junho a agosto e uma estação mais úmida, onde se destaca o período entre os meses de dezembro a fevereiro como o mais chuvoso (verão quente e úmido).

Vale ressaltar que os valores mais elevados de umidade relativa do ar são observados durante o verão, enquanto os de pressão atmosférica e insolação são verificados durante os meses de inverno.

De maneira geral, a intensidade dos ventos indica valores baixos, sendo o maior valor observado na estação climatológica de Franca. Verificou-se que a variação sazonal dos ventos é muito pouco significativa com valores constantes ao longo dos meses do ano quando se avaliou cada estação de forma individual.

Por fim, em relação ao nível cerâmico verifica-se que o traçado do empreendimento se situa, predominantemente, na faixa de valor entre 7 a 9 descargas/km<sup>2</sup>/ano, conforme observado na **Figura 6.2.1-11**, que define uma incidência média de descargas atmosféricas.

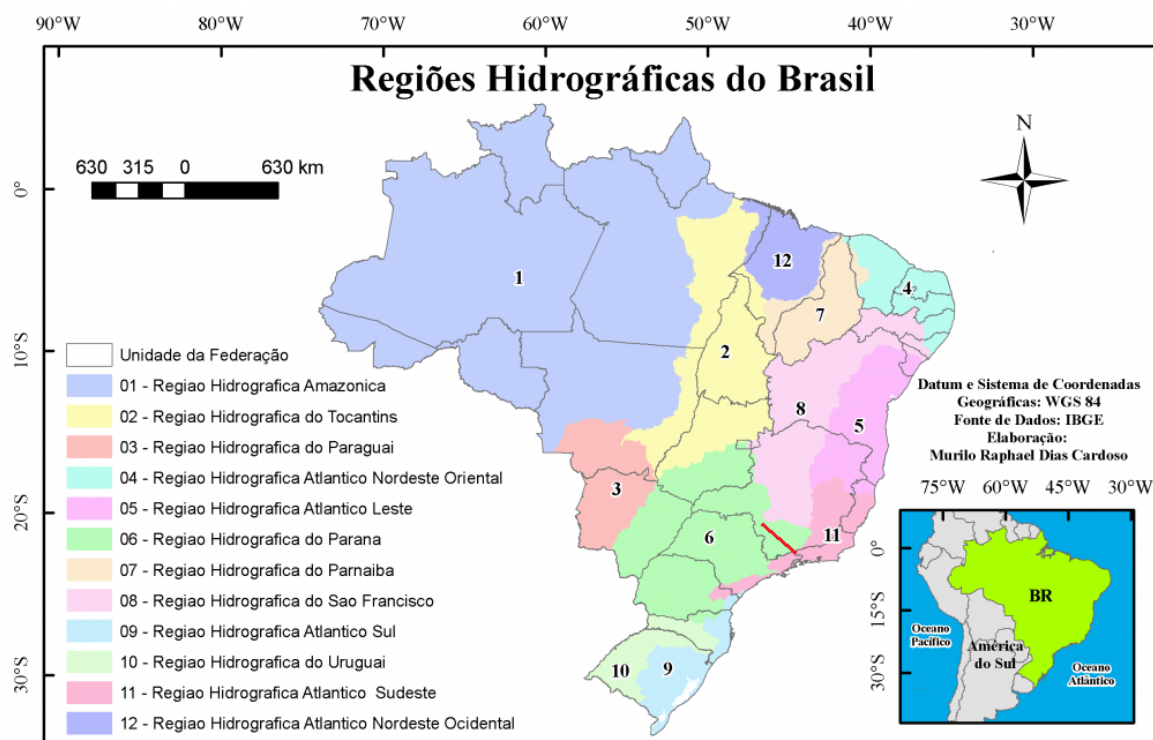
## **6.2.2. RECURSOS HÍDRICOS**

### **6.2.2.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS RECURSOS HÍDRICOS**

Em função da importância que os corpos hídricos possuem como elementos integradores da paisagem e da dinâmica dos ambientes terrestres é de fundamental importância o pleno conhecimento dos cursos d'água existentes e seu comportamento hidrológico para que a implantação de qualquer tipo de empreendimento, no caso em questão, a LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2, acarrete os menores impactos possíveis.

O Brasil possui 12 regiões hidrográficas por todo o seu território, definidas a partir da Resolução nº 32 de 2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, onde o traçado da linha de transmissão em estudo corta duas destas regiões hidrográficas, sendo que a Região

Hidrográfica do Paraná corta quase toda a totalidade desta, enquanto a Região Hidrográfica Atlântico Sudeste é responsável por uma pequena faixa. A **Figura 6.2.2-1** ilustra o mapa do Brasil contemplando as regiões hidrográficas existentes, onde está destacado por uma linha vermelha o traçado da LT em estudo.



**Figura 6.2.2-1 - Mapa do Brasil contendo as 12 Regiões Hidrográficas, onde se destaca em Vermelho o Traçado da LT 500kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2**  
(IBGE, de acordo com a Resolução nº 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos de 2003).

No contexto da Região Hidrográfica do Paraná constata-se que o traçado da linha de transmissão em estudo encontra-se situada na bacia hidrográfica do rio Grande, enquanto no âmbito da Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste constata-se que o traçado da referida LT localiza-se na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

Segundo dados obtidos da Agência Nacional de Águas (ANA), a Região Hidrográfica do Paraná apresenta uma área de 879.873 km<sup>2</sup> abrangendo os estados de São Paulo (25% da região), Paraná (21% da região), Mato Grosso do Sul (20% da região), Minas Gerais (18% da região), Goiás (14% da região) e Distrito Federal (0,5% da região), englobando 33,21% da população nacional. Essa região possui a maior demanda por recursos hídricos do País, equivalente a 736 m<sup>3</sup>/s, que corresponde a 31% da demanda nacional, onde a irrigação (42%) é a maior usuária dos recursos hídricos, seguida do abastecimento industrial (27%). A região do traçado da linha de transmissão interfere na bacia hidrográfica do rio Grande que está inserida nessa região hidrográfica.

A Região Hidrográfica Atlântico Sudeste se caracteriza pelo elevado contingente populacional e pela importância econômica de sua indústria. Sua área é de aproximadamente 213.172 km<sup>2</sup>, o equivalente a 2,5% do território brasileiro, abrangendo territórios dos estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e litoral do Paraná. Os seus principais rios são o Paraíba do Sul e o Doce, sendo que o traçado da LT interfere apenas em um pequeno trecho da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

*Raf*



Para caracterização detalhada dos corpos hídricos que estão inseridos nas duas bacias hidrográficas supracitadas e que interferem na Área de Estudo da LT SE Estreito – SE Cachoeira Paulista, foram elaborados 13 mapas hidrográficos (**L18-MP-F-6.2.2-001** a **L18-MP-F-6.2.2-013**) que são devidamente apresentados no Caderno de Mapas do presente EIA. Ressalta-se que estes mapas hidrográficos apresentam também a identificação das cabeceiras de rio que representam as nascentes dos corpos hídricos existentes na área de estudo e a distância delas em relação ao eixo do traçado (item 6.2.2.4 do presente relatório). Além disso, é importante informar que a Área de Estudo (AE) estabelecida abrange um raio de 5 km para cada lado dos eixos do traçado do empreendimento.

O mapa geral **L18-MP-F-6.2.2-014** contempla as regiões hidrográficas do Paraná e do Atlântico Leste, onde se delimita a Bacia do rio Grande e a Bacia do rio Paraíba do Sul, destacando-se ainda o traçado da linha de transmissão.

Com base nas informações inerentes aos supracitados mapas, estabeleceu-se a listagem dos 75 corpos hídricos que vão sofrer interferência direta com a implantação do empreendimento, sendo estes cortados pela LT. O **Quadro 6.2.2-1** apresenta a listagem dos referidos corpos hídricos e seus respectivos municípios, enquanto da **Figura 6.2.2-2** até a **Figura 6.2.2-6** são apresentados aspectos gerais de alguns corpos hídricos observados nas atividades de campo realizadas para diagnóstico ambiental do meio físico.

A partir do enquadramento realizado pelo ZEE-MG, todos os cursos d'água que cortam o traçado da LT são pertencentes à classe II, exceto o Córrego da Fortaleza, que segundo esta fonte, é classe especial. As águas de classe II podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca. Já as águas de classe especial podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

**Quadro 6.2.2-1 - Listagem dos 75 corpos hídricos que serão atravessados pelo traçado da Linha de Transmissão e seus respectivos municípios.**

<b>CORPO HÍDRICO IDENTIFICADO</b>	<b>MUNICÍPIOS</b>
Córrego Bela Vista	Santa Rita Do Sapucaí
Córrego Boa Vista	Delfim Moreira
Córrego Cachoeira	Monte Belo
Córrego Chica Costa	Espírito Santo Do Dourado
Córrego Coutinho	Cássia
Córrego da Bocaína	Delfim Moreira
Córrego da Cachoeirinha	Espírito Santo Do Dourado
Córrego da Divisa	Espírito Santo Do Dourado
Córrego da Fortaleza	Passos
Córrego da Jacuba	Monte Belo
Córrego da Lagoa	Passos
Córrego da Onia	Delfim Moreira
Córrego da Peroba	Cássia

<b>CORPO HÍDRICO IDENTIFICADO</b>	<b>MUNICÍPIOS</b>
Córrego da Ponte Alta	Espírito Santo Do Dourado
Córrego da Rosata	Pouso Alegre
Córrego da Sepultura	Santa Rita De Caldas
Córrego das Flores	Nova Resende
Córrego do Bairro da Berta	Itajubá
Córrego do Cafundu	Campestre
Córrego do Feital	Monte Belo
Córrego do Ouro	Campestre
Córrego do Patuá	Santa Rita Do Sapucaí
Córrego do Pontal	Bom Jesus Da Penha
Córrego do Pouso Frio	Piranguçu
Córrego do Quilombo	Wenceslau Braz
Córrego do Roque	Campestre
Córrego dos Quatis	Monte Belo
Córrego Fundo	Ibiraci/Itaú de Minas/Passos
Córrego Inha	Pouso Alegre
Córrego Mandagaia	Passos
Córrego Pinhalzinho	Nova Resende
Córrego Pouso d'Anta	Santa Rita Do Sapucaí
Córrego Rico	Passos
Córrego Sanharão	Monte Belo
Córrego Santa Cruz	Itaú De Minas
Córrego Sapezinho	Cássia/Passos
Córrego Tijuco Preto	Divisa Nova
Ribeirão Assunção	Cabo Verde
Ribeirão da Paca	Divisa Nova
Ribeirão Barra Mansa	Passos
Ribeirão Campestre	Bom Jesus Da Penha
Ribeirão da Cachoeira	Muzambinho
Ribeirão da Cachoeirinha	Cachoeira De Minas
Ribeirão da Estiva	Bom Jesus Da Penha/Divisa Nova
Ribeirão das Anhumas	Itajubá
Ribeirão das Araras	Passos
Ribeirão das Areias	Cássia/Itaú de Minas/Passos
Ribeirão das Posses	Campestre
Ribeirão do Machadinho do Campo	Nova Resende
Ribeirão do Tanque	Ibiraci
Ribeirão do Vintém	Santa Rita Do Sapucaí
Ribeirão dos Afonsos	Pouso Alegre
Ribeirão dos Fisis	Monte Belo
Ribeirão dos Porcos	Piranguinho
Ribeirão Inhumas	Cabo Verde

<b>CORPO HÍDRICO IDENTIFICADO</b>	<b>MUNICÍPIOS</b>
Ribeirão Machadinho do Campo	Espírito Santo Do Dourado
Ribeirão Barra Mansa	Cássia
Ribeirão Piranguinho ou dos Antunes	Piranguçu
Ribeirão Piranguçu	Piranguçu
Ribeirão Santa Quitéria	Cássia/Passos
Ribeirão São Bartolomeu	Monte Belo
Ribeirão São Joaquim	Cássia
Ribeirão São Pedro	Espírito Santo Do Dourado
Ribeirão Vargem Grande ou da Candel	Cachoeira De Minas
Ribeirão Vermelho ou do Camban	Delfim Moreira
Rio Cabo Verde	Bom Jesus Da Penha/Cabo Verde/Itaú de Minas/Nova Resende/Passos
Rio Claro	Passos
Rio Comprido	Delfim Moreira
Rio do Cervo	Pouso Alegre
Rio do Peixe	Itaú De Minas
Rio Dourado	Espírito Santo Do Dourado
Rio Machado	Campestre/Ipuiúna
Rio Muzambo	Juruáia/Passos
Rio São Tomé	Passos
Rio Sapucaí	Bom Jesus Da Penha/Cássia/Itajubá/Passos/Santa Rita do Sapucaí/São Sebastião da Bela Vista/Wenceslau Braz



**Figura 6.2.2-2 - Aspecto Geral de um Trecho do rio Sapucaí, onde se prevê que o Traçado da LT vai passar (vista observada da Estrada Municipal José Victor Amaral).**



**Figura 6.2.2-3 - Aspecto Geral de um trecho do rio Muzambo que será cortado pelo Traçado da LT. Divisa entre os municípios de Muzambinho-MG e Juruaia-MG**



**Figura 6.2.2-4 - Margens do rio Machado, junto ao barramento da UHE Poço Fundo**



**Figura 6.2.2-5 - Vista geral de um trecho do reservatório da UHE Poço Fundo, onde o traçado da LT passará.**



**Figura 6.2.2-6 - Vista geral de um trecho do rio Cervo, onde o traçado da LT cruzará o referido corpo hídrico. Vista da Rodovia MG179**

### **6.2.2.2. REGIÃO HIDROGRÁFICA DO PARANÁ**

A Região Hidrográfica do Paraná, conforme citado anteriormente, apresenta uma área de 879.873 km<sup>2</sup> abrangendo os estados de São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal, englobando quase que um terço da população nacional. Além de ser a região mais populosa do país, é também a mais urbanizada, com taxa de urbanização de 90,5%. 1.505 municípios fazem parte da região, sendo 1.402 com a sede inserida na Região

Hidrográfica do Paraná (MMA, 2006). A bacia hidrográfica do rio Grande, que está inserida nessa região hidrográfica, sofre interferência da linha de transmissão em estudo.

A ocupação atual dessa região é destacada por grandes aglomerações populacionais, principalmente concentradas nas áreas de cabeceiras das principais drenagens ou nos altos e médios cursos dos principais cursos de água regionais. Há uma menor concentração populacional na parte central da região, onde se encontram grandes centrais hidrelétricas e aproveitamento múltiplo da água. Uma das grandes vocações da região é de geração de energia hidrelétrica, sendo responsável por mais de 60% da produção do Sistema Interligado Nacional (SIN). Ainda, apresenta o mais desenvolvido parque industrial nacional e diversificadas atividades agropecuárias ao longo da região, sendo responsável por mais de 40% do PIB brasileiro (MMA, 2006). Essas atividades apresentam relação direta com os usos da água e geração de potenciais impactos negativos.

Essa região possui a maior demanda por recursos hídricos do País, o equivalente a 736 m<sup>3</sup>/s, correspondendo a 31% da demanda nacional, na qual a irrigação (42%) é a maior usuária dos recursos hídricos, seguida do abastecimento industrial (27%). Apesar da grande demanda, a Região Hidrográfica do Paraná possui menos que 7% da disponibilidade hídrica do Brasil, o que pode possibilitar conflitos entre usos múltiplos da água e potenciais situações de escassez (MMA, 2006).

Quanto à disponibilidade hídrica, segundo o Ministério do Meio Ambiente (2006), a região apresenta vazão média de 11.453 m<sup>3</sup>/s e vazão específica média de 13,1 L/s.km<sup>2</sup>. Já a Q<sub>95</sub>, que corresponde à vazão média diária excedida ou igualada em 95% do tempo, é de 4.657 m<sup>3</sup>/s. Quando levados em conta os eventos hidrológicos críticos, não há situações contundentes de escassez por falta de disponibilidade hídrica na Região Hidrográfica do Paraná, mas ocorre excesso de demanda em relação às disponibilidades existentes, isto é, em áreas mais populosas pode ocorrer uma demanda superior à disponibilidade existente no local (MMA, 2006). Um evento crítico a ser destacado foi o rebaixamento dos níveis dos reservatórios a partir do final da década de 1990, sendo mais crítico em 2001. Esse evento gerou implicações socioeconômicas na época e houve racionamento de consumo de energia na maior parte do Brasil.

A região é dividida em seis unidades hidrográficas principais: Grande, Iguaçu, Paranaíba, Paranapanema, Paraná e Tietê. O rio Paraná é formado principalmente pelos rios Paranaíba e Grande, que se unem para formá-lo entre os limites dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Os outros rios que nomeiam as bacias citadas anteriormente são afluentes de margem esquerda do rio Paraná (MMA, 2006). Conforme relatado anteriormente, a maior parte do traçado da linha de transmissão em estudo está situada na bacia hidrográfica do rio Grande.

#### 6.2.2.2.1. Bacia Hidrográfica do Rio Grande

A Bacia Hidrográfica do rio Grande abrange cerca de 143.000 km<sup>2</sup>, com 60% de sua extensão inserida no estado de Minas Gerais e 40% no estado de São Paulo, interceptando um total de 393 municípios. Sua nascente se situa na Serra da Mantiqueira, no município de Bocaina de Minas (MG), a uma altitude de cerca de 2.000 m. Os principais afluentes do rio Grande pela margem direita são os rios das Mortes, Jacaré, Santana, Pouso Alegre, Uberaba e Verde, enquanto pela margem esquerda são os rios Capivari, Sapucaí, Pardo, Mogi-Guaçu e Turvo.

A área da bacia corresponde a 16,3% da área total da região hidrográfica em que ela está inserida. Essa bacia também compreende 13,9% da população total da Região Hidrográfica do Paraná, abrangendo 434 municípios e possuindo uma alta taxa de urbanização, sendo esta de aproximadamente 86,6% (MMA, 2006).

Quanto à disponibilidade hídrica, a vazão média da bacia é de 2.210,9 m<sup>3</sup>/s, enquanto a vazão específica média é de 15,4 L/s.km<sup>2</sup>, superior à da Região Hidrográfica em que ela está inserida. Já a Q<sub>95</sub> é de 913,5 m<sup>3</sup>/s (MMA, 2006). A disponibilidade hídrica *per capita* é de 9.159,1 m<sup>3</sup>/hab.ano, valor classificado como situação confortável pela Unesco, 2003, e como situação rica por Rebouças, 1994.

Vale destacar a caracterização dessa bacia no Relatório R3 da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2 (Caracterização e Análise Socioambiental – ELETROBRAS/EPE, 2015) que informa que o rio Grande, no seu curso inferior, constitui a divisa natural entre os estados de Minas Gerais e de São Paulo, com extensão de pouco mais de 600 km, com uma área drenada de aproximadamente 83.000 km<sup>2</sup> sendo quase exclusivamente constituída pelas bacias dos afluentes da margem esquerda, em território paulista, sendo que os principais são os rios Sapucaí, Pardo e Turvo (ANA, 2015). Enquanto que o seu curso superior, com extensão de 700 km, corre em território mineiro, onde recebe como contribuição principal o rio das Mortes, afluente da margem direita e o rio Sapucaí, afluente da margem esquerda.

Nesta bacia destaca-se a presença de duas importantes represas. No início do corredor está a Usina Mascarenhas de Moraes (Peixoto), com capacidade para 476 MW e que possui 59.600 km<sup>2</sup> de área, gerando energia a partir de um desnível de 43 m, sendo operada por Furnas. Seu lago é capaz de armazenar 2,18% de todo o volume represável pelos reservatórios do sistema Sudeste/Centro Oeste, o que corresponde a 8,47% do armazenamento do subsistema do rio Grande (FURNAS, 2015). A segunda grande represa é a de Furnas, que está localizada entre os municípios de São José da Barra e São João Batista da Glória, possuindo capacidade de geração de 1.216 MW. Seu reservatório cobre 1.440 km<sup>2</sup> (banhando 34 municípios) e a cota máxima do armazenamento atinge 768 m de altitude, de modo que a cota mínima de operação da usina é de 750 m (FURNAS, 2015).

Além disso, o rio Grande apresenta 13 barragens instaladas ao longo de seu curso, onde se observa, de montante para jusante: Alto Rio Grande (em fase de outorga), Camargos, Itutinga, Funil, Furnas, Marechal Mascarenhas de Moraes (Peixoto), Estreito, Jaguará, Igarapava, Volta Grande, Porto Colômbia, Marimbondo e Água Vermelha; além de parte do reservatório de Ilha Solteira (IPT, 2008).

Suas águas vêm sendo utilizadas para diversos fins como abastecimento, diluição de esgotos, irrigação, e como já apresentado, para a geração de energia elétrica. A vertente mineira, onde se localiza o traçado da linha de transmissão, apresenta como principal demanda o setor de irrigação/aquicultura/dessedentação, com 2,571m<sup>3</sup>/s, seguido do uso industrial, com 0,936m<sup>3</sup>/s. O abastecimento público, bem como outros usos, apresentam 0,086 e 0,283m<sup>3</sup>/s, respectivamente. Já a vertente paulista do rio Grande corresponde a maior demanda de suas águas, onde 43% das mesmas são utilizadas no setor irrigação/aquicultura/dessedentação animal, seguido pelo uso industrial, com cerca de 37% da demanda e abastecimento público com 16,78%.

Com o objetivo de contribuir para o planejamento da formação dos comitês de bacia, além de

identificar áreas específicas para embasar a implantação de instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos e a gestão descentralizada desses recursos, foram identificadas e definidas unidades de planejamento e gestão dos recursos hídricos no Estado de Minas Gerais (UPGRH), para todas as Regiões Hidrográficas. As unidades de planejamento são unidades físico-territoriais identificadas dentro das bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais, apresentando uma identidade regional caracterizada por aspectos físicos, socioculturais, econômicos e políticos.

A Bacia do Rio Grande (GD) é dividida em GD1 – Bacia do Alto Rio Grande; GD2 – Bacias dos rios das Mortes e Jacaré; GD3 – Bacia do reservatório de Furnas; GD4 – Bacia do rio Verde; GD5 – Bacia do rio Sapucaí; GD6 – Bacias dos afluentes mineiros dos rios Mogi-Guaçu/Pardo; GD7 – Bacia dos afluentes mineiros do Médio Rio Grande; e GD8 – Bacia dos afluentes mineiros do Baixo Rio Grande. Informa-se que o traçado da LT em questão corta as unidades GD3, GD5 e GD7.

### **6.2.2.3. REGIÃO HIDROGRÁFICA ATLÂNTICO SUDESTE**

A outra região hidrográfica que a linha de transmissão atravessa, mesmo que em uma pequena parcela ao sul do traçado, é a Região Hidrográfica Atlântico Sudeste, que abrange os estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná. Esta Região se caracteriza pelo elevado contingente populacional, abrigando 14,7% da população brasileira, além da alta taxa de urbanização e da importância econômica de sua indústria. Sua área é de 214.629 km<sup>2</sup>, o equivalente a 2,5% do território brasileiro. Os seus principais rios são Paraíba do Sul e Doce, sendo que o traçado da LT interfere apenas na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

Devido ao grande número de habitantes, a região hidrográfica em questão apresenta uma das maiores demandas nacionais, além de uma das menores disponibilidades hídricas relativas. Quanto à disponibilidade de águas superficiais, a vazão média é de 3.178 m<sup>3</sup>/s, enquanto a vazão média relativa é de 16,3 L/s.km<sup>2</sup>. A Q<sub>95</sub>, vazão média diária excedida ou igualada em 95% do tempo, é de 989,4 m<sup>3</sup>/s, o que corresponde à 2% da água disponível no país (MMA, 2006).

Há uma diferença considerável entre as vazões máximas e mínimas obtidas nos períodos secos e chuvosos nos principais rios da região. Essa variação, somada às condições geomorfológicas da bacia, acabam por definir eventos hidrológicos críticos (MMA, 2006).

O desenvolvimento da região fez com que ela fosse responsável por uma parcela significativa do PIB brasileiro, sendo esta correspondente a 14,4% no ano de 2002. Isso tem relação com seus usos superficiais outorgados, que abrangem as atividades de mineração, indústria, abastecimento humano, irrigação e termelétricidade. Em termos de demanda de água, segundo a ANA, 2005, o setor agropecuário consome 15,13% do total demandado pela região, enquanto o setor industrial requer 14,01% desse total.

#### **6.2.2.3.1. Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul**

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul possui área de cerca de 57.000 km<sup>2</sup> e, aproximadamente, 1.100 km de extensão, abrangendo os estados de São Paulo (23,7%), Rio de Janeiro (36,7%) e Minas Gerais (39,6%), sendo considerada uma das mais problemáticas



do Brasil, devido à grande urbanização dessa região com múltiplos usos da água, principalmente para abastecimento, geração de energia elétrica e uso industrial. Os principais afluentes pela margem esquerda são os rios Jaguari, Paraibuna, Pomba e Muriaé, enquanto pela margem direita são os rios Piraí, Piabanha e Dois Rios.

Esta bacia abrange uma área com 181 municípios e possui uma vazão específica de 14,5 L/s.km<sup>2</sup>, sendo que a vazão média por habitante é de 5.633,81 m<sup>3</sup>/hab.ano, o que confere uma situação confortável para a bacia. Entretanto, em função da grande industrialização da região, problemas ambientais de qualidade das águas da bacia são observados, principalmente no que se refere à presença de metais pesados, fenóis e oxigênio dissolvido. Além disso, o rio também é afetado por efluentes domésticos despejados incorretamente sem tratamento prévio. Por fim, a extração de areia do leito e das planícies de inundação desse rio também trazem prejuízos, pois alteram significativamente trechos do rio e a qualidade das águas, assim como a estabilização das margens.

Sua nascente se localiza na Serra da Bocaina, no estado de São Paulo, a partir da confluência dos rios Paraitinga e Paraibuna. Informa-se que o rio Paraitinga desce da Serra da Bocaina, nos municípios de Areias e São José do Barreiro, a 1.800 m de altitude rumo a sudoeste em vale estreito e encaixado entre a Serra do Mar e as Serras da Bocaina, Quebra-Cangalha e Jambeiro (ANA, 2015), enquanto percorrendo um vale, aproximadamente paralelo, desce o rio Paraibuna, no estado de São Paulo até o encontro entre ambos formando o rio Paraíba do Sul.

Vale destacar também a caracterização dessa bacia no Relatório R3 da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista (Caracterização e Análise Socioambiental – ELETROBRAS/EPE, 2015) que informa que no período entre as décadas de 1930 a 1960 foram construídas as principais barragens ao longo do rio Paraibuna/Paraitinga; Santa Branca; Funil; Santa Cecília e Ilha dos Pombos (IGAM, 2015). Destacando-se o sistema Paraíba do Sul/Guandu, que é composto por dois subsistemas:

- Paraíba: compreende a transposição das águas do rio Paraíba do Sul em Santa Cecília. Esse subsistema é composto pela estação elevatória de Santa Cecília, barragem de Santana, estação elevatória de Vigário, usinas hidrelétricas Nilo Peçanha e Fontes Nova, reservatório de Ponte Coberta e usina hidrelétrica Pereira Passos.
- Lajes: consiste das barragens de Tocos e Lajes, calha da CEDAE e das Usinas Fontes Nova e Fontes Velha (que está atualmente desativada). Ambos os subsistemas foram projetados para suprir de energia elétrica e água a cidade do Rio de Janeiro. Essas barragens modificaram o comportamento hidráulico-sedimentológico do rio.

Adicionalmente, próximo à fronteira entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro, encontra-se uma barragem que forma a represa de Funil (Furnas), que tem uma potência nominal de 72 MW (FURNAS, 2015). Nos principais afluentes do rio Paraíba do Sul existem outras hidrelétricas, dentre as quais podem ser citadas as que passam por Itagauçaba, Bananal e Piraí. Outra barragem do rio Paraíba do Sul a ser citada é a de Santa Cecília, onde ocorre a transposição de águas para o rio Guandu. A represa de Ribeirão das Lajes recebe águas do rio Paraíba do Sul, do rio Piraí e do córrego do Vigário, desviando-as para o rio Guandu (ABESRIO, 2015).

#### 6.2.2.4. NASCENTES E ÁREAS ALAGÁVEIS

Segundo a Lei Federal 12.651/2012 (Artigo 3º, XVII), nascente é definida como um afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água. Já Felipe & Magalhães Junior (2013), propõe que nascente seja entendida como um sistema ambiental em que o afloramento da água subterrânea ocorre naturalmente, de modo temporário ou perene, e cujos fluxos hidrológicos na fase superficial sejam integrados à rede de drenagem. Portanto, uma nascente contempla os mais diversos processos hidrológicos, hidrogeológicos e geomorfológicos que acarretam a exfiltração da água e na formação de um curso d'água. Enquanto isso, o Art. 2º da Resolução CONAMA nº 303/2002 define nascente ou olho d'água como o local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea.

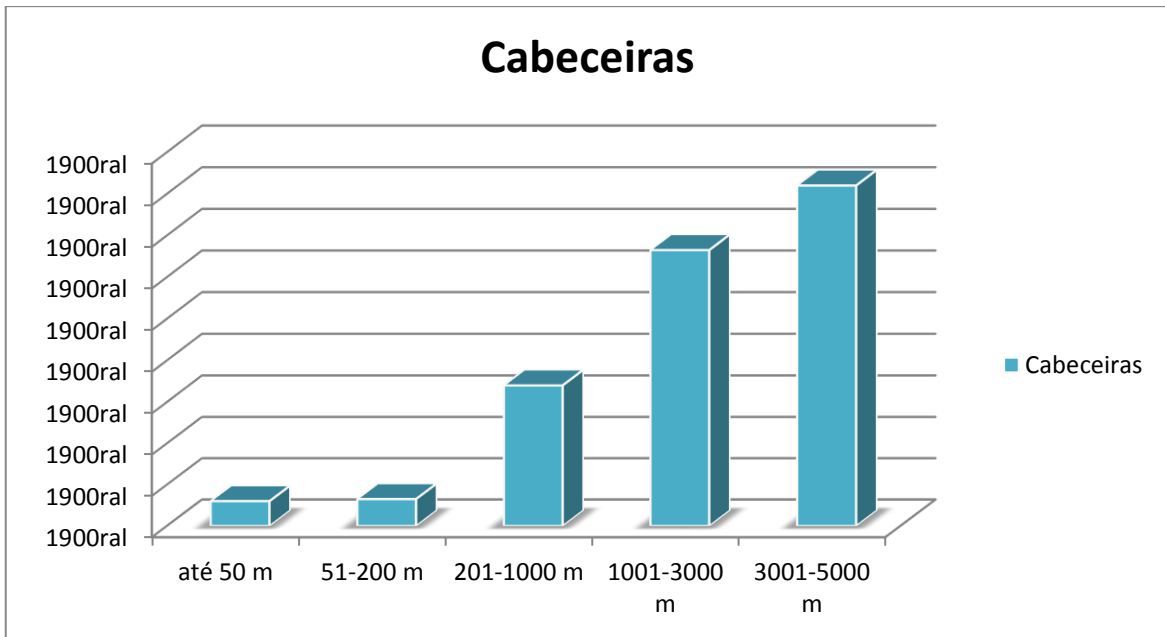
Para verificação da presença de nascentes ao longo do traçado da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2, foi utilizado o método de identificação e determinação dos pontos onde se iniciam os corpos hídricos (drenagens) na Área de Estudo (AE), correspondentes as suas cabeceiras, que podem ser observados nos mapas topográficos. Considera-se que estes pontos correspondem às principais nascentes das drenagens naturais e perenes ali existentes. A partir desta identificação foi determinada a distância de cada uma destas cabeceiras até o eixo do traçado do empreendimento.

Dentro da AE do empreendimento foram diagnosticados 390 cabeceiras que foram classificadas dentro de cinco faixas pré-estabelecidas e relacionadas à distância das referidas cabeceiras até o eixo do traçado da LT, são elas: (1) até 50 m; (2) de 51 a 200 m; (3) de 201 a 1.000 m; (4) de 1.001 a 3.000 m; e (5) de 3.001 a 5.000 m. Destaca-se que o limite de 5.000 m se deve ao fato da AE definida para o empreendimento estabelecer esta faixa limítrofe significativa para os estudos ambientais inerentes ao diagnóstico do meio físico.

O **Quadro 6.2.2-2** apresenta os quantitativos do mapeamento das nascentes com o número total de cabeceiras observadas e classificadas dentro das faixas pré-estabelecidas, com a determinação de percentagem para cada uma destas faixas dentro do total diagnosticado. A **Figura 6.2.2-7** ilustra um histograma, onde se observa a variação dos quantitativos das cabeceiras classificadas nas referidas faixas determinadas.

**Quadro 6.2.2-2 - Quantitativos das cabeceiras verificadas na AE do empreendimento e classificadas dentro de faixas de distância que estão até o eixo do traçado da LT**

MAPEAMENTO DAS NASCENTES (CABECEIRAS)		
CLASSIFICAÇÃO	QUANTITATIVOS	PERCENTAGEM
Até 50 m	12	3%
De 51 a 200 m	13	3%
De 201 a 1000 m	68	18%
De 1001 a 3000 m	133	34%
De 3001 a 5000 m	164	42%
TOTAL	390	100%



**Figura 6.2.2-7 - Histograma dos quantitativos de cabeceiras diagnosticadas na AE do empreendimento, considerando as diferentes faixas de distância até o traçado da LT**

Avaliando os dados apresentados no **Quadro 6.2.2-2** e na **Figura 6.2.2-7**, verifica-se que atenção especial deve ser dada as 12 cabeceiras que estão classificadas na faixa de “até 50 m”, já que as mesmas estão inseridas na faixa de servidão do empreendimento (40 m para cada um dos lados do seu traçado) ou estão muito próximas dos limites desta faixa. Portanto, para a implantação das torres da LT deverão ser avaliadas as possíveis interferências ambientais, frente à presença destas possíveis nascentes detectadas durante este diagnóstico. Além disso, ressalta-se que a implementação dos canteiros de obra e de toda infraestrutura envolvida na fase de implantação do empreendimento também devem levar em consideração a localização das cabeceiras dos corpos hídricos existentes na região.

Durante a fase de implantação do empreendimento, considera-se importante também uma avaliação detalhada das 13 cabeceiras classificadas na faixa “de 51 até 200 m”, pois também se encontram em um trecho que pode sofrer interferências ambientais diretas devido às atividades construtivas a serem implementadas.

Portanto, dentro do total de 390 cabeceiras (nascentes) observadas, deve-se estabelecer uma avaliação mais atenta de 25 cabeceiras que estão classificadas dentro das faixas de “até 50 m” e “de 51 a 200 m”, que representam a percentagem de apenas 9% em relação ao total verificado. Ademais, informa-se que os mapas hidrográficos do Caderno de Mapas (**L18-MP-F-6.2.2-001** a **L18-MP-F-6.2.2-013**) evidenciam as 390 cabeceiras (nascentes) mapeadas na área de estudo, onde se pode visualizar a distribuição espacial e a classificação das faixas de distância ao traçado de cada uma delas.

Com relação às áreas alagáveis dos corpos hídricos, que estão estreitamente relacionadas às suas planícies de inundação, não foram verificados gleissolos representativos durante os levantamentos pedológicos realizados que pudessem caracteriza-las. No contexto deste aspecto, devem ser avaliadas, preliminarmente, as regiões que são caracterizadas e definidas como depósitos quaternários (levantamento geológico) e de neossolos flúvicos (levantamento pedológico) que podem estabelecer relações com as planícies de inundação dos corpos hídricos.

Portanto, considera-se que a avaliação das áreas alagáveis deve ser evidenciada durante a fase construtiva do empreendimento, onde a locação final das torres da LT deverá ser determinada “*in loco*”, levando-se em consideração a possível presença dessas áreas. A identificação destas áreas alagáveis deve ser feita pontualmente, caso a caso, quando o traçado da LT cortar definitivamente determinados corpos hídricos. Vale lembrar que tanto as margens quanto a própria calha do corpo hídrico em questão deverão ser avaliadas no campo, onde será possível determinar o melhor ponto para a implantação das torres da LT sem acarretar modificações ambientais locais.

Por fim, destaca-se que a definição atual do traçado do empreendimento estabeleceu como um dos critérios evitar o máximo possível qualquer tipo de interferência no que se refere aos corpos hídricos, principalmente em relação as suas possíveis nascentes e áreas alagáveis, para evitar possíveis impactos ambientais a serem gerados por estas situações e pelas dificuldades técnicas para a própria implantação do referido empreendimento. O refinamento do traçado final deverá ocorrer durante a fase executiva do próprio empreendimento, quando estes aspectos deverão ser levados em consideração.

#### **6.2.2.5. PERÍODOS DE CHEIA E VAZANTE**

Para o estudo dos fenômenos de cheia e vazante foram utilizados dados de precipitação obtidos nas estações climatológicas de Araxá, Machado, São Lourenço, Resende, Campos do Jordão, Franca e Taubaté que foram selecionadas para o diagnóstico ambiental do tema relacionado à Meteorologia e Climatologia, conforme caracterizado no item 6.2.1 do presente EIA.

Além disso, foram coletados e consolidados dados hidrométricos obtidos de estações fluviométricas localizadas em quatro dos principais rios presentes na Área de Estudo (AE), que são cortados pelo traçado da linha de transmissão, sendo eles: rios Sapucaí, Muzambo, Machado e do Cervo, pertencentes à Bacia do Rio Grande. Foram estabelecidas cinco estações fluviométricas para o estudo dos fenômenos de cheia e vazante, sendo que as mesmas encontram-se listadas no **Quadro 6.2.2-3**. O funcionamento e manutenção das referidas estações fluviométricas são de responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA), sendo que os dados obtidos para este estudo foram obtidos por meio de consulta ao sistema Hidroweb (ANA, 2018).

Ressalta-se que a escolha das supracitadas estações possibilitou uma cobertura de toda a Área de Estudo da LT, como pode ser verificado pelo mapa **L18-MP-F-6.2.2-015**, que mostra a localização dessas estações climatológicas e fluviométricas.

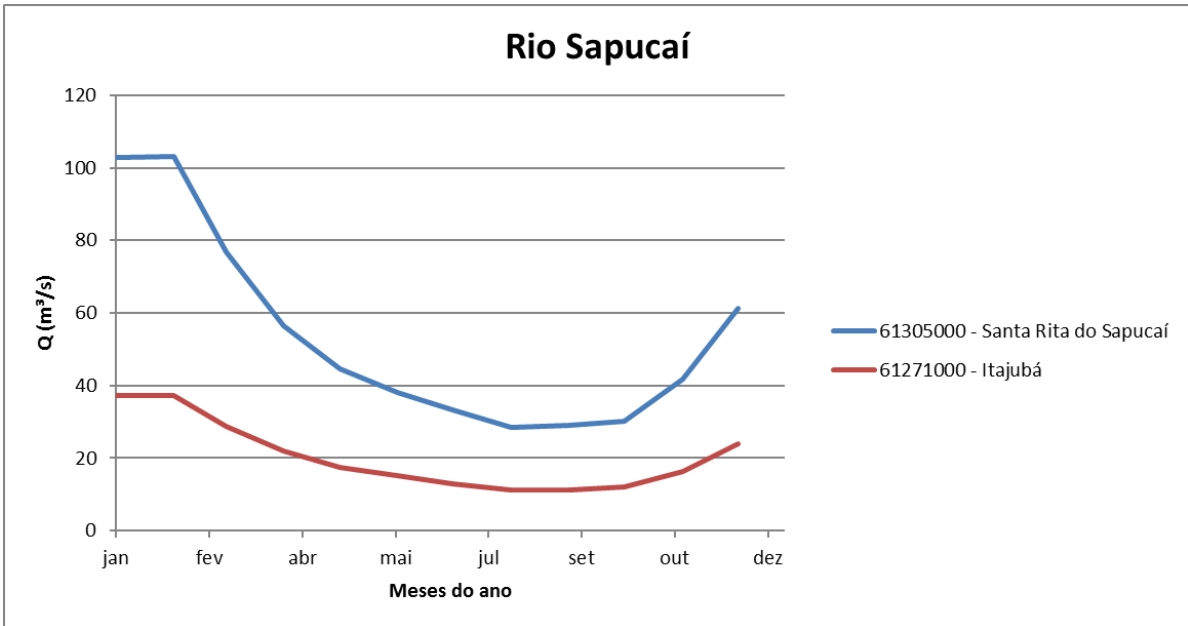
**Quadro 6.2.2-3 - Lista das cinco Estações Fluviométricas utilizadas para a caracterização climatológica na região do empreendimento**

CÓDIGO	NOME DA ESTAÇÃO	RIO	MUNICÍPIO	LATITUDE (°)	LONGITUDE (°)	ÁREA DE DRENAGEM (Km <sup>2</sup> )
61305000	Santa Rita do Sapucaí	Rio Sapucaí	Santa Rita do Sapucaí	-22,25	-45,71	2810
61271000	Itajubá	Rio Sapucaí	Itajubá	-22,45	-45,42	869
61610000	Juréia	Rio Muzambo	Monte Belo	-21,28	-46,36	884
61565000	Cachoeira Poço Fundo	Rio do Machado	Poço Fundo	-21,79	-46,12	349
61390000	Vargem do Cervo	Rio do Cervo	Pouso Alegre	-22,12	-45,92	486

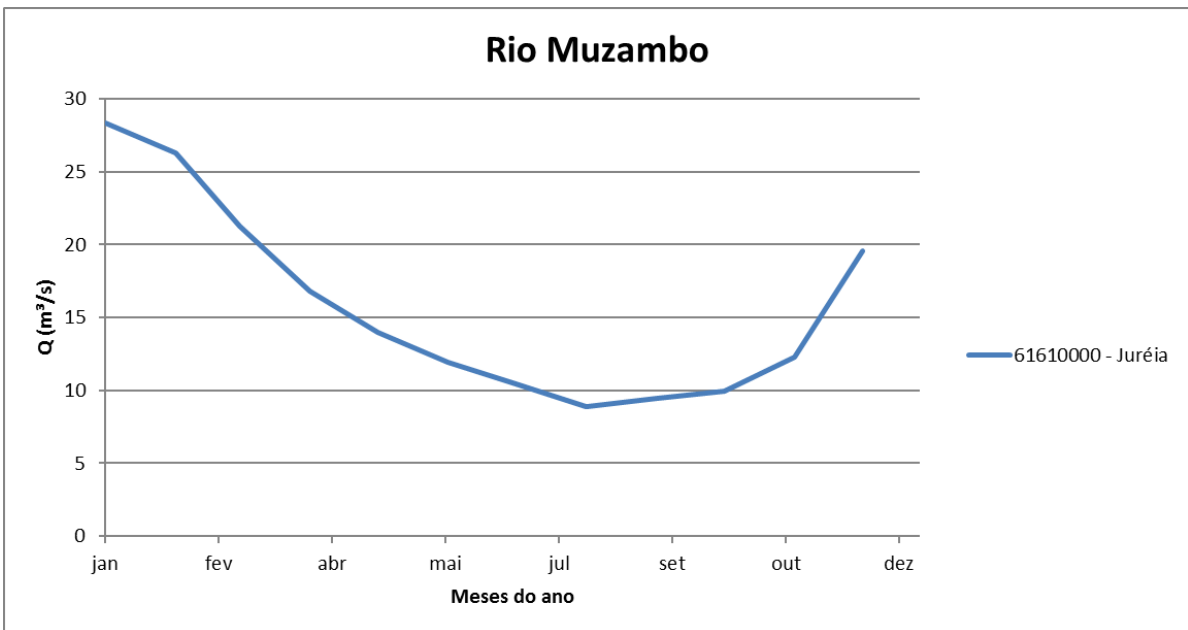
A partir dos dados coletados e consolidados no período entre os anos de 1999 a 2009, foram elaborados hidrogramas dos quatro rios citados acima, que estão inseridos na Área de Estudo do empreendimento. A determinação deste período se deve ao fato de serem dados apresentados com ausência de falhas para todas as referidas estações utilizadas. A partir desses hidrogramas apresentados nas **Figura 6.2.1-8** até **Figura 6.2.2-11**, é possível observar que o comportamento da vazão dos corpos hídricos segue o mesmo padrão de variação sazonal em todas as estações, sendo que o mesmo está diretamente relacionado às variações do regime pluviométrico da região (dados de precipitação) que podem ser observadas na **Figura 6.2.2-12**.

Nota-se que os maiores valores de precipitação são observados nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, sendo que os maiores picos de vazão dos referidos corpos hídricos também ocorrem neste período (principalmente em janeiro e fevereiro). A partir de março, o valor das vazões começa a decrescer gradualmente, na medida em que a precipitação também diminui, encontrando valores mínimos em agosto e setembro. Enquanto isso, a precipitação apresenta seus menores valores de junho a agosto. Após esse período, a precipitação começa a aumentar, fazendo o mesmo com as vazões. Tal constatação consolida a estreita relação informada acima, em que as variações das vazões dos corpos hídricos da região ocorrem em função da quantidade de chuvas (regime pluviométrico).

Adicionalmente, avaliando os dados da **Figura 6.2.2-12** fica evidenciada a presença de duas estações bem características, a saber, uma estação seca (junho a agosto) e uma estação chuvosa (dezembro a fevereiro), sendo que os valores de vazão seguem esta tendência, onde os maiores valores de vazão são observados na estação cheia, enquanto os menores na época de estiagem (seca).



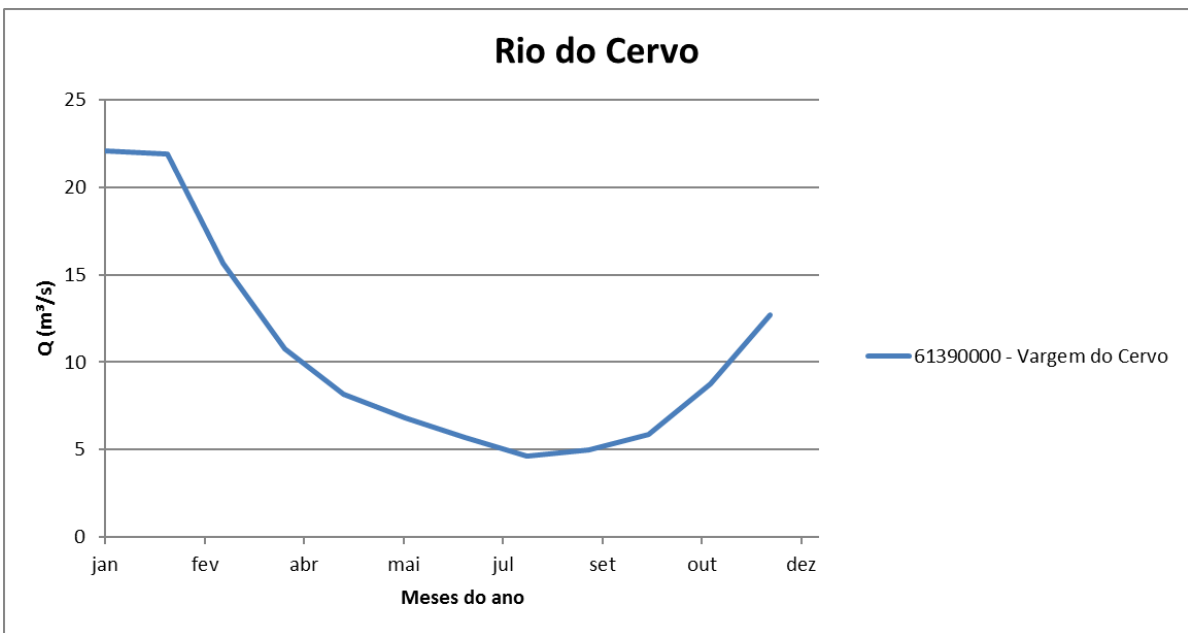
**Figura 6.2.2-8 - Vazões médias mensais no rio Sapucaí (1999-2009), extraídas da base de dados da Agência Nacional de Águas (ANA).**



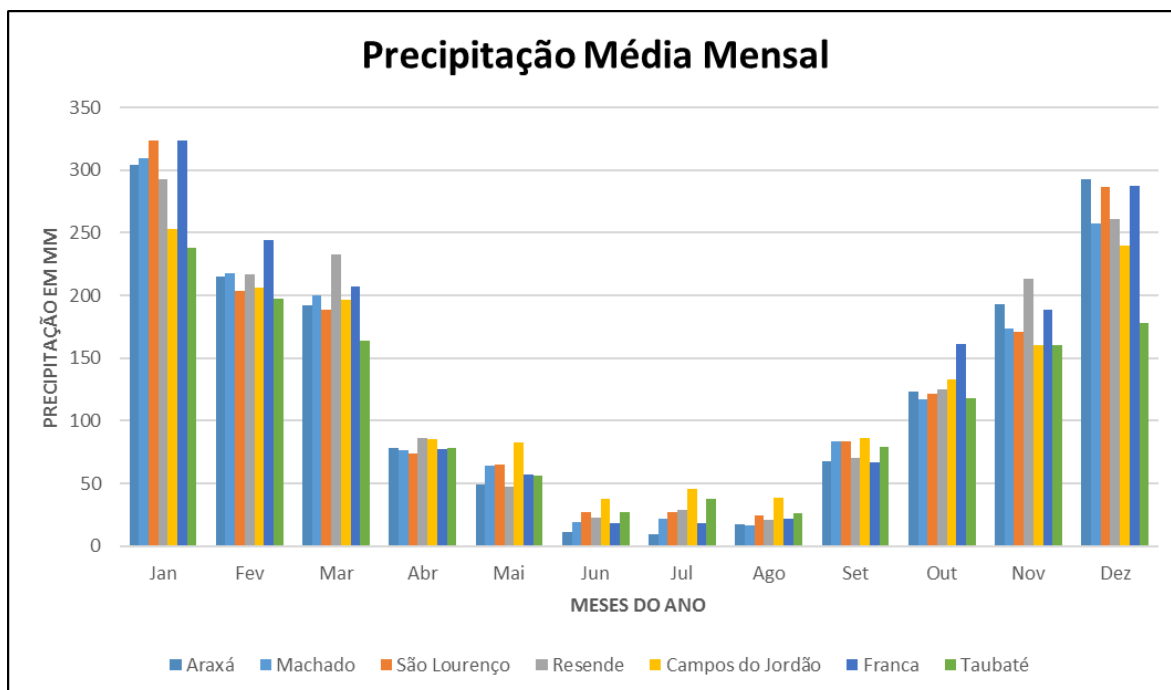
**Figura 6.2.2-9 - Vazões médias mensais no rio Muzambo (1999-2009), extraídas da base de dados da Agência Nacional de Águas (ANA).**



**Figura 6.2.2-10 - Vazões médias mensais no rio Machado (1999-2009), extraídas da base de dados da Agência Nacional de Águas (ANA).**



**Figura 6.2.2-11 - Vazões médias mensais no rio do Cervo (1999-2009), extraídas da base de dados da Agência Nacional de Águas (ANA).**



**Figura 6.2.2-12 - Precipitação mensal média nas estações meteorológicas de Araxá, Machado, São Lourenço, Resende, Campos do Jordão, Franca e Taubaté, extraída das normais meteorológicas 1981-2010 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).**

#### 6.2.2.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se que a maior parte do traçado da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2 está inserida na Região Hidrográfica do Paraná, mais especificamente contemplada na bacia hidrográfica do rio Grande. Um pequeno trecho do traçado, que abrange a região de SE Cachoeira Paulista, está localizado na Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste, compreendendo a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

Ao longo do traçado foram diagnosticados 75 corpos hídricos que são cortados pelo seu eixo, onde podemos destacar os rios Sapucaí, Muzambo, Machado e do Cervo. Nestes pontos específicos, a locação de torres da LT nas proximidades dos corpos hídricos deve ser definida em locais que não interfiram com os mesmos, evitando possíveis impactos e suas áreas alagáveis.

Para o mapeamento de nascentes existentes foram diagnosticadas 390 cabeceiras, sendo que apenas 12 delas encontram-se a menos de 50 m do traçado principal. Essas constituem, portanto, pontos de atenção que devem ser obrigatoriamente evitados para a instalação das torres. Outras 13 cabeceiras foram classificadas como na faixa “de 51 até 200 m” e os 9% que somam essas duas categorias devem receber maior atenção, pois se encontram em um trecho que pode sofrer interferências ambientais diretas devido às atividades de implantação da LT.

Em relação aos períodos de cheia e vazante, observa-se que a região se caracteriza por duas estações bem definidas, a saber, uma de seca (julho a agosto) e outra de cheia (dezembro a fevereiro), onde as vazões dos corpos hídricos ali existentes variam de acordo com o regime pluviométrico da região.



## 6.2.3. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

### 6.2.3.1. GEOLOGIA

#### 6.2.3.1.1. Geologia Regional

A região de inserção do empreendimento abarca uma ampla complexidade tectônica bem caracterizada em diversos estudos. Esta região é marcada principalmente pela presença de importantes faixas de dobramentos proterozoicos, envolvendo um conjunto de unidades estratigráficas de evolução policíclica e assentadas sobre um embasamento arqueano de alto grau metamórfico, essencialmente granito-gnáissico com sequências vulcano-sedimentares do tipo *greenstone belt* associadas e cinturões granulíticos. Essas faixas são compostas essencialmente por rochas metassedimentares dobradas e metamorizadas em pelo menos dois ciclos tectônicos – Uruçuano e Brasileiro, com rochas máficas e ultramáficas associadas, sendo que as mesmas estão em posição marginal a duas regiões cratônicas: os crátons do São Francisco e Amazônico (DNPM, 1984). Em âmbito regional, o contexto geológico da área estudada está inserido nas seguintes Províncias Geotectônicas: Tocantins, Mantiqueira e Bacia do Paraná.

A Província do Tocantins representa uma importante faixa orogenética Brasileira originada pela junção dos crátons Amazônico e do São Francisco, e possivelmente de um terceiro bloco cratônico, o Bloco Paranapanema, encoberto pelas rochas sedimentares da Bacia do Paraná. A junção dessas áreas continentais participou da aglutinação do Gondwana ocidental no fim do Neoproterozoico. É constituída de faixas de dobramentos conhecidas individualmente como faixas Brasília, Araguaia e Paraguai (Viana et al, 2017).

A Província Tocantins é uma mega-entidade litotectônica, de direção aproximadamente N-S, inserida entre os Crátons Amazônico e São Francisco-Congo (Almeida *et al.*, 1981) no ciclo orogenético Pan-Africano/Brasileiro, durante o Neoproterozoico, ocasião em que amalgamou o supercontinente do Gondwana (Unrug, 1992). Esta Província compreende as Faixas Araguaia e Paraguai, fazendo fronteira com o limite leste do Cráton Amazônico, e a Faixa Brasília, na margem oeste do Cráton São Francisco, segundo Pimentel *et al.* (2000b) e Dardenne *et al.* (2000).

A Província da Mantiqueira constitui um sistema orogenético Neoproterozoico situado na região sul e sudeste do Brasil, abrangendo os orógenos Araçuai, Ribeira, Brasília Meridional, Dom Feliciano e São Gabriel, que se distribuem desde o sul da Bahia até o Rio Grande do Sul. Esta Província desenvolveu-se durante a orogenia Neoproterozoica Brasileiro - Pan Africana, a qual resultou na amalgamação do paleocontinente Gondwana Ocidental (Heilbron et al, 2004). A região do empreendimento encontra-se no segmento central da província Mantiqueira abrangendo a compartimentação tectônica da extremidade sul do Orógeno Brasília e Ribeira.

O Orógeno Brasília apresenta trend estrutural NNW-SSE, sendo constituído por nappes inferiores com metamorfismo que atinge fácies granulito de pressão relativamente alta e nappes inferiores com metamorfismo de pressão mais baixa e inúmeros corpos granitoides cálcio-alcalinos derivados de um arco magmático cordilherano. O Orógeno Ribeira apresenta trend estrutural NE-SW e é composto por cinco terrenos tectono-estratigráficos separados por falhas de empurrão ou por zonas de cisalhamento oblíquas transpressivas (Heilbron et al, 2004).

A Bacia do Paraná é definida como uma bacia intracratônica e se caracteriza por ser uma região de sedimentação suportada por um embasamento consolidado, com um domínio crustal de elevada resistência a esforços compreensivos originados pela convergência de placas ao longo da faixa de colisão (margens de placas) durante o Fanerozoico. É uma bacia de grandes dimensões, associadas a um perfil em rampa de mergulho suave e uma história de sedimentação marcada por múltiplos episódios de acumulação e subsequente erosão regional de pacotes rochosos, onde sua história de subsidências é subdividida em várias fases distintas (Milani & Ramos, 1998).

A análise integrada da subsidência da Bacia do Paraná com as grandes orogêneses ocorridas na borda continental ativa do Gondwana evidenciou uma relação entre ciclos de criação de espaço deposicional na área intracratônica e os referidos episódios orogênicos. Sua origem se originou na forma de depressões alongadas na direção NE-SW, segundo a trama do substrato pré-cambriano (Milani, 2007).

Esta bacia está situada na porção centro-oriental do continente sulamericano e se desenvolveu durante o Paleozoico e o Mesozoico. Seu arcabouço estratigráfico é composto por seis supersequências: Rio Ivaí, Paraná e Gondwana que representam grandes ciclos transgressivo-regressivos paleozoicos; e Gondwana II, Gondwana III e Bauru que representam pacotes sedimentares continentais e rochas ígneas associadas (Milani & Ramos, 1998).

#### 6.2.3.1.2. Caracterização das Unidades Geológicas

Para caracterização e delimitação das unidades geológicas na área de estudo da LT 500kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2 foi realizada uma pesquisa bibliográfica para levantamento de dados secundários e foram realizadas atividades de campo abrangendo a Área de Estudo (AE) definida para o empreendimento (5 km para cada lado a partir do eixo principal do traçado) que resultou na elaboração de 13 mapas, na escala 1:100.000, que são apresentados nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-001** a **L18-MP-F-6.2.3-013** do Caderno de Mapas. Ressalta-se que os referidos mapas se embasaram no conteúdo do mapeamento geológico realizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), de relatórios técnicos relacionados à região em estudo e de observações de campo.

Vale destacar que a definição a Área de Estudo com 5 km para cada lado do eixo principal do traçado visou a identificação das principais unidades geológicas presentes na região, além de melhor caracterizar os principais aspectos estruturais existentes não só da Faixa de Servidão do empreendimento (40 m para cada lado dos eixos dos dois circuitos da LT) como no seu entorno.

A caracterização das unidades litológicas observadas na Área de Estudo da linha de transmissão será apresentada abaixo em ordem cronoestratigráfica, agrupando as mesmas na escala geológica em que foram consolidadas.

#### **Arqueano - Mesoarqueano**

##### GREENSTONE FORTALEZA DE MINAS (A3fm)

A unidade Greenstone Fortaleza de Minas é caracterizada por terrenos granitos-greenstone e

é constituída por uma sequência de makomatiitos, metabasaltos e metassedimentos, exposta em uma janela estrutural com cerca de 30 km de largura e 180 km de comprimento, em meio a rochas metassedimentares da Faixa Brasília. É formada por faixas alongadas e descontínuas de sequências supracrustais circundadas por rochas gnáissicas, possuindo direção NW-SE. É constituída por duas Unidades: a Unidade Morro do Níquel, que se caracteriza pelos derrames komatiíticos diferenciados; e a Unidade Morro do Ferro, com metassedimentos químicos e detríticos (Pimentel, M. & Ferreira Filho, C, 2002).

A unidade Greenstone Fortaleza de Minas corresponde a sucessões supracrustais arqueanas do tipo greenstone-belts, que incluem rochas metavulcânicas ultrabásicas (komatitos) e máficas magnesianas (basaltos komatiíticos), rochas subvulcânicas máficas a félsicas (diabásios, riodacitos) e metapelitos frequentemente carbonosos. Formações ferríferas são localmente observadas (CPRM, 2007).

A presença desta unidade é muito restritiva e pode ser observada nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-003** e **L18-MP-F-6.2.3-004**.

#### COMPLEXO CAMPOS GERAIS (A3cg)

O Complexo Campos Gerais é um fragmento da crosta siálica Arqueana, situado no extremo sudoeste do Cráton do São Francisco que é caracterizado por ortognaisses que podem ser subdivididos em dois grupos principais.

O primeiro grupo é denominado de Ortognaisse Campos Gerais e apresenta estrutura migmatítica e composição tonalítica a monzogranítica. Caracteriza-se por um conjunto de tipos faciológicos com mesossoma composto por rocha foliada, de coloração cinza esverdeada, granulometria fina e composição predominantemente tonalítica. Possui variações composicionais de termos granodioríticos a monzograníticos que transicionam para o leucossoma. A estrutura migmatítica caracteriza-se por termos nebulíticos, estromáticos e *schlieren* (Turbay *et al.*, 2008).

O segundo grupo foi denominado de Ortognaisse Serra do Quilombo e possui bandamento composicional irregular, decimétrico a centimétrico, resultante da intensa deformação de uma suíte de rochas tonalíticas e graníticas. Ressalta-se que tanto o Ortognaisse Serra do Quilombo, quanto de Campos Gerais são cortados por veios e diques pegmatóides e aplíticos (Turbay *et al.*, 2008).

De maneira geral, o Complexo Campos Gerais é formado por um conjunto de metamorfitos de fácies anfíbolito, em parte migmatizado e retrometamorfizado, onde se identificam gnaisses e migmatitos diversos e subordinamente lepititos, rochas calcissilicáticas, calcários, xistos granadíferos e quartzitos (DNPM, 1984). Especificamente, destaca-se na região da cidade de Itaú de Minas a presença de rochas calcárias, onde a exploração de calcário é observada com presença de fábricas de cimento.

A distribuição espacial desta unidade na Área de Estudo (AE) do empreendimento pode ser visualizada nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-001** a **L18-MP-F-6.2.3-004**. A **Figura 6.2.3-1** e a **Figura 6.2.3-2** apresentam aspectos geológicos da região de domínio do Complexo Campos Gerais que foram observados durante as atividades de campo.



Figura 6.2.3-1 - (a) Afloramento de migmatito cinza claro. (b) Presença de matacões de gnaiss na região de domínio do Complexo Campos Gerais.



Figura 6.2.3-2 - Caverna formada em rocha carbonática característica do Complexo Campos Gerais. Local conhecido como Gruta do Angico (caracterizada no tema “Espeleologia”).

### Proterozoico – Paleoproterozoico

#### SUÍTE SERRA DE SÃO GONÇALO (PPsg)

A Suíte Serra de São Gonçalo é constituída por (hornblenda)-biotita ortognaiss de composição granítica ou granodiorítica cinza ou rosa, com matriz de granulação média. Encontra-se deformada e submetida a metamorfismo regional de grau alto (fácies anfibolito) anteriormente ao evento orogênico brasileiro. Neste evento desenvolveu-se uma foliação planar ou plano-linear, correspondente ao bandamento metamórfico e à transposição de bandas anatéticas pretéritas que se apresentam paralelas ao plano axial de nappes de dobramento e cavalgamento responsáveis pela justaposição tectônica dos conjuntos ortognaissicos paleoproterozoicos e as sequências supracrustais neoproterozoicas (CPRM, 2005).

Esta unidade geológica ocupa uma pequena extensão de área da AE do empreendimento, onde sua distribuição espacial pode ser visualizada nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-008** e **L18-MP-F-6.2.3-009**. A **Figura 6.2.3-3** apresenta uma ocorrência encontrada em campo na região de domínio da Suíte Serra de São Gonçalo.



**Figura 6.2.3-3 - Afloramento de gnaiss migmatítico de coloração cinza escuro posicionado em vertente de média a alta declividade, na região de domínio da Suíte Serra de São Gonçalo.**

#### COMPLEXO SÃO GONÇALO DO SAPUCAÍ (PPsg)

O Complexo São Gonçalo do Sapucaí é caracterizada por ortognaisses bandados de composição granodiorítica a tonalítica, gnaisses dioríticos, quartzitos e rochas metamáficas. Esta unidade é essencialmente metassedimentar, metamorfizada em condições da fácies anfíbolito e, mais localmente da granulito.

Os referidos ortognaisses bandados se caracterizam por uma alternância de bancos centimétricos a métricos de biotita e/ou hornblenda gnaisses diorito-tonalíticos de granulação fina. Associam-se subordinadamente bancos ou lentes de quartzitos, turmalinito e xisto grafitoso. Os ortognaisses homogêneos, que também são observados nesta unidade litológica, são constituídos por (hornblenda)-biotita gnaisses granodiorito-tonalíticos, leucocráticos e de granulação média. Informa-se que tanto os ortognaisses bandados quanto os homogêneos estão associados a bancos anfíbolíticos concordantes (CPRM, 2005).

A distribuição espacial desta unidade geológica na AE do empreendimento pode ser visualizada nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-008** e **L18-MP-F-6.2.3-009**. A **Figura 6.2.3-4** apresenta um afloramento gnáissico pertencente a esta unidade geológica.



**Figura 6.2.3-4 - Afloramento de gnaiss pouco alterado e muito fraturado do Complexo São Gonçalo do Sapucaí.**

#### ORTOGNAISSE POUSO ALEGRE (PPpa)

O Ortognaisse Pouso Alegre é um ortognaisse alóctone de composição granítica a granodiorítica, apresentando feições migmatíticas. Estas rochas são correlacionadas com a borda meridional do Cráton do São Francisco e interpretadas como uma parte da paleoplaca Sanfranciscana que foi desmembrada durante a evolução da Faixa Brasília (CPRM, 2008).

A distribuição espacial desta unidade geológica pode ser observada no mapa **L18-MP-F-6.2.3-009**.

#### **Proterozoico - Mezoproterozoico**

#### GRUPO CANASTRA INDIVISO (MPci)

O Grupo Canastra é caracterizado, basicamente, por um conjunto de intercalações, mais ou menos espessas, de filitos e quartzitos. A espessura média dessa sequência varia consideravelmente, desde a porção norte, onde sustenta chapadões de grande extensão, até a porção sul, onde parece ter ocorrido encurtamento crustal por força de tectônica compressiva imposta à área. O conjunto compreende uma sequência iniciada por filitos que, em direção ao topo, apresentam aumento progressivo da contribuição arenosa (granocrescência ascendente), passando a quartzo-filitos, quartzitos micáceos, quartzitos e finalmente, ortoquartzitos que sustentam as escarpas das serras e os chapadões (Pereira *et al.*, 1994).

Toda a sequência apresenta uma gradação lateral e vertical entre pacotes de filito e quartzito, que evidenciam uma ritmicidade do conjunto. Os quartzitos compreendem desde quartzitos micáceos laminados até ortoquartzitos maciços, sendo comuns intercalações de níveis centimétricos de clorita-muscovita filito em quase todos os estratos. Os filitos e quartzo-filitos se caracterizam por coloração prateada quando rocha são e coloração avermelhada quando alteradas (Pereira *et al.*, 1994).

Esta unidade pode ser observada no mapa **L18-MP-F-6.2.3-001**. A **Figura 6.2.3-5** apresenta um afloramento que ocorreu no domínio predominante do Grupo Canastra Indiviso e a **Figura 6.2.3-6** mostra um aspecto geral de um afloramento quartzítico.



**Figura 6.2.3-5 - Afloramento de quartzito branco a creme com grãos de granulometria média na região de domínio do Grupo Canastra Indiviso**



**Figura 6.2.3-6 - Vista geral de afloramento rochoso quartzítico no alto de uma serra na região de domínio do Grupo Canastra Indiviso**

### **Proterozoico - Neoproterozoico**

#### **COMPLEXO VARGINHA-GUAXUPÉ (NPv)**

O Complexo Varginha-Guaxupé é constituído por paragneisses que recobrem extensas áreas de rochas de fácies granulito em meio a rochas de fácies anfibolito, em parte migmatizadas e retrometamorfizadas. Os núcleos granulíticos vão diminuindo em dimensão na direção sul, onde se destacam os migmatitos e granitóides (DNPM, 1984).

A **Figura 6.2.3-7** mostra a vista aérea de afloramentos do Complexo Varginha Guaxupé.



**Figura 6.2.3-7 - Vista aérea de grandes afloramentos do Complexo Varginha Guaxupé**

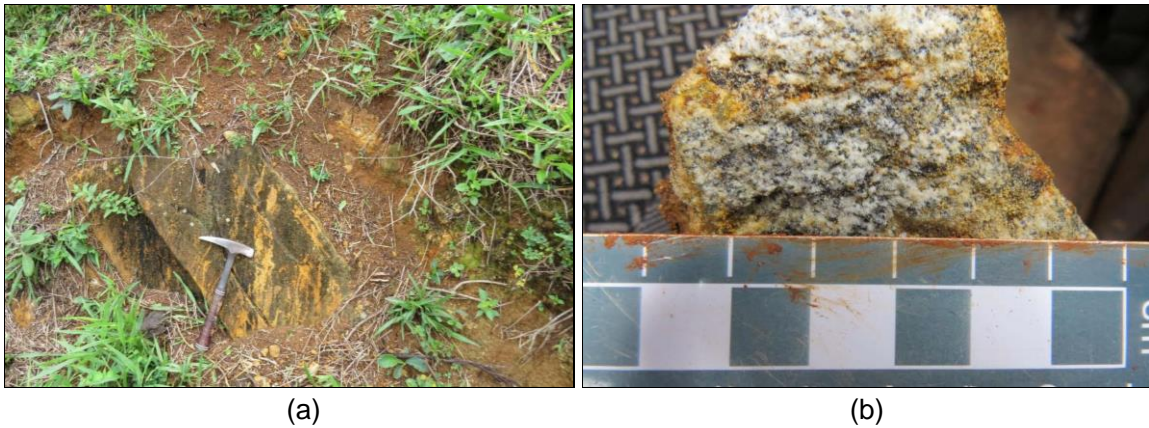
Portanto, este complexo é caracterizado por gnaisses neoproterozoicos de origem ígnea e sedimentar, com grau de metamorfismo na fácies anfibolito e granulito, que está subdividido em três unidades:

- Unidade Granulítica Basal (NPvg)

A Unidade Granulítica Basal é constituída predominantemente por granada-(ortopiroxênio) granulito bandado de composição modal enderbítica, mangerítica e sienítica (Oliveira *et al.* 1986). A foliação principal apresenta estrutura plano linear a lineações minerais e de estiramento com baixo ângulo de caimento para W-SW. Observa-se indicadores cinemáticos, contemporâneos a dobramentos isoclinais e em bainha sob condições metamórficas de alto grau. Em direção ao topo dos granulitos basais ocorre cisalhamento sin-metamórfico normal com indicadores cinemáticos consistentes com topo a SW (CPRM, 2005).

A distribuição espacial desta unidade pode ser verificada nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-005**, **L18-MP-F-6.2.3-006** e **L18-MP-F-6.2.3-010**. A **Figura 6.2.3-8** ilustra aspectos desta unidade, com detalhe de uma amostra.





**Figura 6.2.3-8 - (a) Área contendo matacões de gnaiss de textura fina a média com feldspatos caulinizados na região de domínio da Unidade Granulítica Basal (rocha intemperizada). (b) Amostra de gnaiss característico desta unidade.**

- Unidade Ortognáissica Migmatítica Intermediária (NPvog)

A unidade litológica Ortognáissica Migmatítica é caracterizada por biotita-hornblenda ortognaisses e biotita gnaiss de composição granodiorítica a tonalítica em contatos transicionais com corpos batolíticos de granito gnáissico. Geralmente, apresenta aspecto migmatítico com textura estromática. Estes gnaisses possuem granulometria fina, além de localmente a presença de porfiroclastos, e originalmente, de feldspatos. Ambos os litotipos possuem intercalações de lentes de anfibolitos com espessura variando de centimétrica a métrica e granulometria fina a grossa (CPRM, 2005).

Esta unidade ocupa extensa parte da AE do empreendimento, podendo ser visualizada nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-004** a **L18-MP-F-6.2.3-013** do Caderno de Mapas, com exceção da Folha **L18-MP-F-6.2.3-006**. A **Figura 6.2.3-9** apresenta afloramentos rochosos desta unidade geológica.

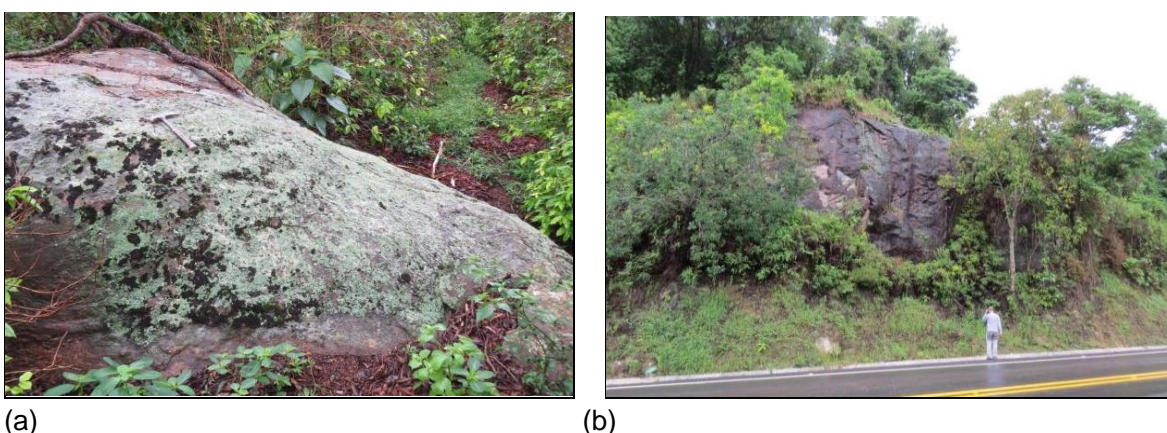


**Figura 6.2.3-9 - (a) Afloramento de gnaiss de coloração cinza claro. (b) Afloramento de rocha gnaiss migmatítica com veios de quartzo e feldspato em região de afloramento do leito do Rio do Machado, em áreas de domínio da Unidade Ortognáissica Migmatítica Intermediária.**

- Unidade Paragnáissica Migmatítica Superior (NPv<sub>gm</sub>)

A unidade litológica Paragnáissica Migmatítica Superior é composta por metassedimentos migmatíticos com anatexia decrescente em direção ao topo, que se caracterizam por (cordierita)-granada-(sillimanita) biotita gnaiss bandado com leucossomas a biotita e granada, que gradam, para o topo, a micaxisto com leucossoma a muscovita restrito. Ocorrem ainda, intercalações de gnaiss básico a intermediário e metabásico. Os metassedimentos possuem uma foliação regional, de segunda geração, superimposta a uma foliação, ou bandamento gnáissico pretérito (CPRM, 2005).

Sua distribuição espacial na AE do empreendimento pode ser observada nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-006** a **L18-MP-F-6.2.3-013** do Caderno de Mapas, com exceção do Mapa **L18-MP-F-6.2.3-010**. Na **Figura 6.2.3-10** observa-se afloramentos rochosos característicos da Unidade Paragnáissica Migmatítica Superior.



(a) Afloramento de gnaiss de coloração cinza claro e textura média.  
 (b) Outro afloramento de gnaiss com textura fanerítica grosseira. Ambas ocorrências se encontram na Unidade Paragnáissica Migmatítica Superior

#### COMPLEXO PETÚNIA (NP<sub>pt</sub>)

O Complexo Petúnia é caracterizado por diferentes associações litológicas, condições de metamorfismo e contexto estrutural. É constituído por paragnaisses, metapelitos e rochas metamáficas da faixa Jacuí-Bom Jesus da Penha (Turbay et al, 2008), apresentando uma grande variabilidade de tipos litológicos, tais como: biotita gnaiss, clorita xisto, quartzo-mica xisto, quartzito, cianita-granada micaxisto, hornblendito, talco xisto, cromititos, metaultramafito e metagabro. O grau de metamorfismo diagnosticado foi determinado na fácies anfíbolito.

O Complexo Petúnia pode ser dividido em duas unidades informais, sendo elas a Unidade Gnáissica e a Unidade Metassedimentar-Metaultramáfica (Roig, 1993 *apud* Fayad, 2013). A Unidade Gnáissica é constituída por gnaisses finos, parcialmente migmatizados, que ocorrem com intercalações de quartzitos, quartzo-mica xistos e xistos pelíticos, que apresentam granada e cianita, além de anfíbolitos e granitóides. Corpos gabróicos parcialmente anfíbolitizados também são muito comuns dentro desta unidade.

A unidade Metassedimentar-Metaultramáfica é formada por metapelitos com porções distintas de granada e cianita, além de corpos metaultramáficos, representados principalmente por xistos à base de tremolita, clorita e antofilita (Roig, 1993 *apud* Fayad, 2013).

Esta unidade geológica pode ser visualizada no mapa **L18-MP-F-6.2.3-004**. A **Figura 6.2.3-11** apresenta uma ocorrência (rocha alterada) observada em campo do Complexo Petúnia.



**Figura 6.2.3-11 - Afloramento de gnaiss migmatítico muito intemperizado mostrando bandas máficas de coloração arroxeada e félsicas claras dominadas por feldspato e quartzo em iguais proporções.**

#### COMPLEXO EMBU – UNIDADE PARAGNÁISSICA (NPepg)

A unidade paragnáissica do Complexo Embu é constituída predominantemente por muscovita-granada-sillimanita-biotita gnaisses migmatíticos, com aspecto nebulítico ou *schlieren*, e biotita gnaisses de composição tonalítica a granodiorítica. Também há ocorrência de rochas calcissilicáticas como bandas ou *boudins* intercalados nestes gnaisses associados a anfíbolitos. O grau de metamorfismo diagnosticado foi determinado na fácies anfíbolito. As rochas do Complexo Embu sofreram cinco fases de deformação, onde o metamorfismo principal está relacionado às duas primeiras fases e a segunda fase de deformação gerou a foliação principal e dobras regionais associadas à terceira, quarta e quinta fases de deformação (CPRM, 2005).

Segundo Motidome (1992), o Complexo Embu é constituído basicamente por prováveis ortognaisses microporfiróides e biotita gnaisses aluminosos/xistos. Rochas granitoides intrusivas também são observadas, sendo de cinco tipos diferentes e três deles com composições quartzo-monzoníticas, granodioríticas e graníticas.

Esta unidade pode ser visualizada em um pequeno trecho da AE do empreendimento, nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-012** e **L18-MP-F-6.2.3-013**.

#### GRUPO ANDRELÂNDIA (NP<sub>a</sub>)

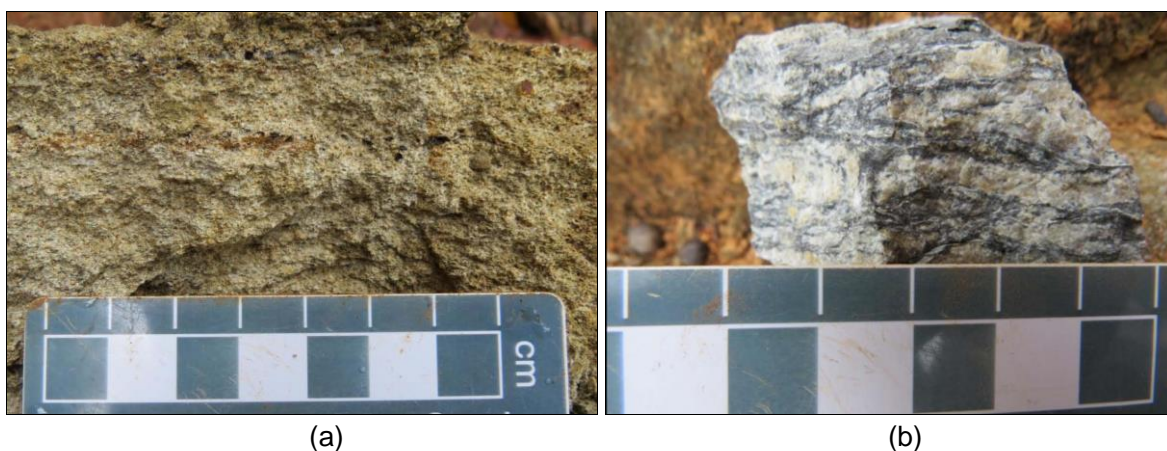
O Grupo Andrelândia é representado por biotita-granada gnaisses de bandamento milimétrico, quartzitos, xistos, metagrauvaca, migmatitos e xistos intercalados a porções lenticulares de quartzo-muscovita xistos e quartzitos micáceos. Estes paragnaisses evidenciam um alto grau de intemperismo, com feldspatos e muscovita caulinizados (Turbay *et al*, 2008).

Essas rochas sofreram uma história de deformação complexa cujos resultados foram padrões de interferência produzidos por três fases deformacionais ( $D_1$ ,  $D_2$  e  $D_3$ ). Duas unidades tecto-estratigráficas distintas são reconhecidas, separadas por falhamento de empurrão, sendo que este divide o Grupo Andrelândia em uma parte autóctone e outra alóctone. Além disso, estudos detalhados sugerem que os sedimentos que preencheram a bacia proterozoica foram metamorfizados na fácies anfibolito (Nummer, 1993).

O Grupo Andrelândia é caracterizado por Elbert, 1957 (*apud* DNPM, 1984), por quartzitos basais e por granada-micaxistos com estauroлита, cianita e sillimanita e gnaisses. Também micaxistos, xistos feldspáticos, gnaisses, leptinolitos, anfibolitos, metaultrabasitas, dioritos gnáissicos se associam às litologias do referido complexo. Ocorre em domínios distintos do Orógeno Ribeira a sul e sudeste do Cráton São Francisco, bem como nos *nappes* do extremo sul do Orógeno Brasília.

A Megassequência Andrelândia é constituída pela Sequência Carrancas (inferior) que inclui paragnaisses bandados com intercalações de anfibolitos, quartzitos e filitos, quartzitos e intercalações de xistos e filitos e xistos cinzentos; e pela Sequência Serra do Turvo (superior) que se caracteriza por biotita xisto, com protólitos sedimentares formados por turbiditos pelíticos e pelitos hemipelágicos (CPRM, 2007).

A ocorrência desta unidade pode ser observada no trecho do traçado do empreendimento nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-004**, **L18-MP-F-6.2.3-005**, **L18-MP-F-6.2.3-009** e **L18-MP-F-6.2.3-010** do Caderno de Mapas. A **Figura 6.2.3-12** apresenta duas amostras, uma de quartzito e a outra de gnaisse, que são litologias características do Grupo Andrelândia na AE do empreendimento.



**Figura 6.2.3-12 - (a) Detalhe de amostra de quartzito feldspático fino a médio do grupo Andrelândia (NPaq – quartzito). (b) Detalhe de amostra de gnaisse de coloração cinza escuro fortemente tectonizado, mostrando foliação intensamente dobrada e possuindo textura fanerítica.**

#### UNIDADE ARANTINA (NPaarg)

A Unidade Arantina está inserida na Megassequência Andrelândia que representa uma sucessão metassedimentar neoproterozoica com rochas metaígneas máficas associadas, composta regionalmente por seis associações de litofácies, onde as duas sequências das sucessões distais dessa Megassequência correspondem a Unidade Arantina (CPRM, 2005).

Esta unidade ocorre na *nappe* Varginha, em fácies granulito e se caracteriza por sucessões de

espessura até decamétricas de biotita-muscovita xistos/gnaisses de granulometria grossa, separadas por frequentes intercalações de quartzitos, quartzo xistos, quartzitos manganíferos, rochas calcissilicáticas e anfibolitos. Entretanto, vale se destacar que essa unidade específica é caracterizada por gnaisses fitados com cianita e k-feldspato e ausência de muscovita (CPRM, 2005).

Esta unidade pode ser encontrada no mapa **L18-MP-F-6.2.3-005**, ocupando uma pequena área da Área de Estudo (AE) do empreendimento.

#### GRUPO ARAXÁ (NPaa)

O Grupo Araxá representa uma sequência ígnea máfica recoberta por sedimentos pelíticos que foi metamorfizado em fácies anfibolito (Seer, 1991 *apud* Silva, 2006). As unidades que compõem o Grupo Araxá têm origem tanto sedimentar (xistos e quartzitos), quanto magmática (anfibolitos), e devido a sua complexidade estrutural se torna difícil sua separação em formações (Silva, 2006).

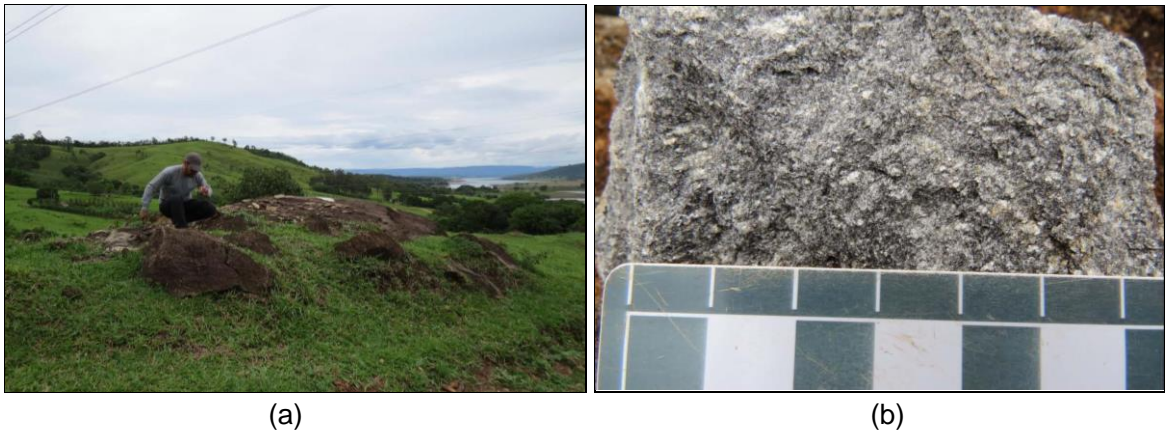
O conjunto de rochas que caracterizam o Grupo Araxá é constituído por quartzitos finamente foliados, biotita-xistos, clorita xistos e muscovita-xistos, além de xistos metavulcânicos porfiríticos e anfibolitos. Essas rochas foram correlacionadas ao Grupo Araxá com base na semelhança da litologia e do seu empilhamento, e formam a *klippe* da Serra do Pararaca e outra menor a oeste, ambas encaixadas ao longo de uma zona milonítica (Turbay *et al.* 2008).

O vulcanismo associado à sedimentação do Grupo Araxá é variado, indo desde anfibolitos de fundo oceânico até tufos e metavulcânicas ácidas, ocorrendo intrusões gabróicas e granítica sin, tardi e pós tectônicas frequentes (Teixeira & Danni, 1978; Leonardos *et al.*, 1990; Brod *et al.*, 1991/1992 *apud* COMIG & SEME, 1994).

A distribuição espacial deste grupo pode ser visualizada nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-001** a **L18-MP-F-6.2.3-003**. A **Figura 6.2.3-13** apresenta uma vista geral de escarpa de quartzito, enquanto a **Figura 6.2.3-14** apresenta pequeno afloramento rochoso de gnaisse do Grupo Araxá.



**Figura 6.2.3-13 - Vista geral de escarpa de quartzito característico do Grupo Araxá**



**Figura 6.2.3-14 - (a) Campo de blocos gnáissicos do Grupo Araxá dispersos em área de pastagem. (b) Detalhe de uma amostra de gnaise cinza escuro do Grupo Araxá**

### CORPOS GRANÍTICOS E GRANITOIDES

Na região de influência da linha de transmissão em estudo verifica-se a ocorrência de corpos graníticos, granitoides e charnockitóides da era Neoproterozoica que são listados abaixo:

- Granito Serra dos Coelhoos (NP2\_y\_1lsc).

O Granito Serra dos Coelhoos é um dos conjuntos graníticos que ocorrem encaixados em rochas metamórficas do Complexo Varginha-Guaxupé, estando incluso na unidade granitóides tipo I, sinorogênicos do Orógeno Socorro-Guaxupé.

Esse granito, assim como os outros dessa unidade, apresenta tendência calcialcalina potássica e caráter que pode variar de metaluminoso a fracamente peraluminoso. As composições monzogranítica, granodiorítica, monzodiorítica e diorítica são predominantes, com também alguns termos monzoníticos, sieníticos e tonalíticos. A orientação planar de micas e/ou anfibólios é a principal contribuinte para a foliação bem desenvolvida desse granito (CPRM, 2005).

A distribuição espacial desta unidade geológica na AE do empreendimento pode ser visualizada no mapa **L18-MP-F-6.2.3-011**. A **Figura 6.2.3-15** apresenta aspectos da geologia englobada pelo Granito Serra dos Coelhoos.



**Figura 6.2.3-15 - Afloramento de gnaiss migmatítico de textura fanerítica fina a média que se encontra na região de domínio do Granito Serra dos Coelho.**

- Charnockitóides sinorogênicos do orógeno Socorro-Guaxupé (NP3s\_y\_1C).

A unidade Charnockitóides sinorogênicos do Orógeno Socorro-Guaxupé engloba diversos corpos de rochas mangerito-graníticas da suíte São José do Rio Pardo (CPRM, 2005). Esta unidade é constituída por mangeritos verdes, de granulação média a grossa, e quartzo mangeritos com aproximadamente 10% de minerais máficos. Localmente os mangeritos gradam para hornblenda granitos rosados e, em algumas porções, granitos hololeucocráticos podem ser abundantes. Rochas sieníticas, charnockitos e enclaves de piroxênio dioritos ocorrem esporadicamente. Estas rochas apresentam-se intensamente deformadas, com foliação e lineação mineral normalmente bem definidas pelos agregados de minerais máficos.

Esta unidade geológica pode ser observada no mapa **L18-MP-F-6.2.3-006** do Caderno de Mapas do presente EIA, ocupando um pequeno trecho da Área de Estudo (AE) do empreendimento.

- Granitoides tipo I, tardi-orogênicos do Paranapiacaba (NP3p\_y\_2I).

A unidade Granitoides tipo I, tardi-orogênicos do Paranapiacaba se refere a corpos graníticos foliados calcialcalinos, tipo I, sin a tardicolisionais, do Orógeno Paranapiacaba. Estes formam diversos conjuntos, principalmente no sul de São Paulo, em mais de uma dezena de corpos, além de no centro e leste do estado ocorrerem pequenas intrusões isoladas (CPRM, 2005).

A pequena ocorrência desta unidade pode ser verificada no mapa **L18-MP-F-6.2.3-011**.

- Granitoides indiferenciados do orógeno Socorro-Guaxupé (NP3s\_y).

Os Granitoides indiferenciados do orógeno Socorro-Guaxupé são granitoides tectônica e quimicamente indiferenciados do Orógeno Socorro-Guaxupé e apresentam-se na forma de corpos contínuos, alongados, por vezes boudinados e dobrados, além de possuírem

composição calcialcalina. Esta unidade é representada por granitoides a hornblenda e clinopiroxênios, nebulíticos ou *schlieren*, classificados como monzodioritos, tonalitos, granodioritos, monzogranitos e granitos álcali-feldspáticos (CPRM, 2005). Também são constituídos por biotita granitos róseos, por vezes acinzentados, finos, equigranulares a inequigranulares. Localmente ocorrem muscovita-biotita monzogranitos brancos, finos a médios.

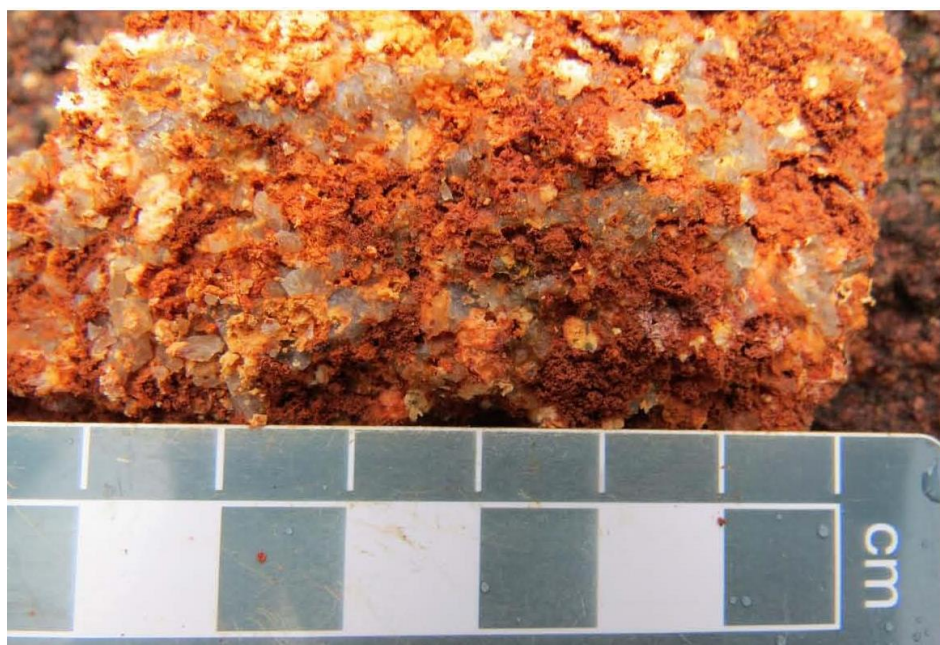
Esta unidade pode ser visualizada em um pequeno trecho da AE do empreendimento, no mapa **L18-MP-F-6.2.3-012**.

- Granitoide Caconde (NP3s\_y\_cc).

A unidade Granitoide Caconde é representada por granitos, monzodioritos e tonalitos foliados, calcioalcalinos e alcalinos básicos e ultrabásicos. Possui em seu contexto litologias granitoides pré a sinorogênicas, tais como granitoides foliados, e ortognaisses calcialcalinos de alto teor de potássio.

O Granitoide Caconde é englobado pela unidade de Granitoides tectônica e quimicamente indiferenciados do Orógeno Socorro-Guaxupé. Esta unidade é caracterizada por possuir composição calcialcalina, além de ser representada por monzodioritos, tonalitos, granodioritos, monzogranitos e granitos álcali-feldspáticos (CPRM, 2005).

A distribuição espacial desse Granitoide na AE do empreendimento pode ser observada no mapa **L18-MP-F-6.2.3-006** do Caderno de Mapas, identificando que o traçado da LT corta essa unidade. A **Figura 6.2.3-16** apresenta uma amostra de granito situado neste domínio.



**Figura 6.2.3-16 - Amostra de granito intemperizado de textura média e grosseira, na região de domínio do Granitoide Caconde**

- Suíte Mangerítica (NP3s\_y\_1Csm).

A Suíte Mangerítica é um dos corpos de rocha mangerito-graníticas englobados pela unidade



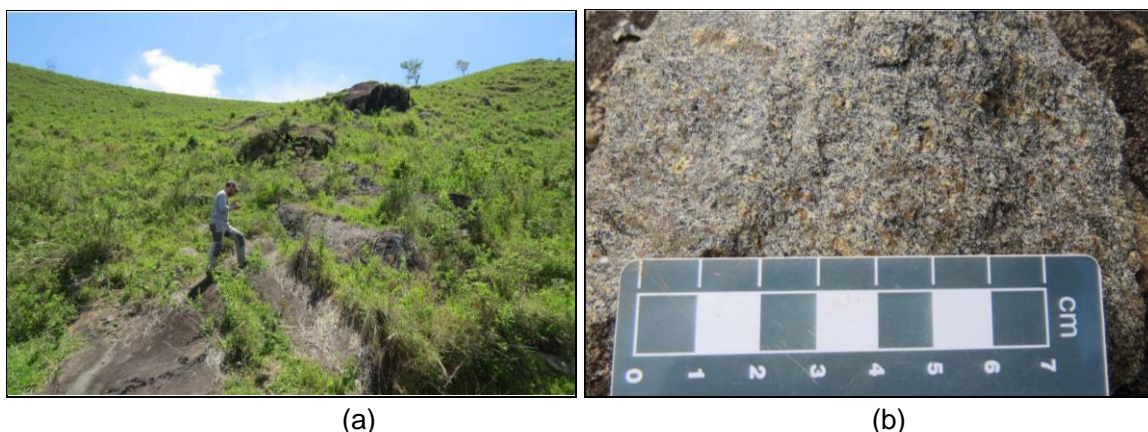
de Charnockitóides sinorogênicos, do Orógeno Socorro-Guaxupé. Assim como a unidade já citada anteriormente, essa suíte é representada por mangeritos verdes, de granulação média a grossa, além de quartzo mangeritos com aproximadamente 10% de minerais máficos (CPRM, 2005).

Esta unidade pode ser visualizada no mapa **L18-MP-F-6.2.3-007**.

- Granito Serra do Alto da Pedra (NP3p\_y\_2Sap).

O Granito Serra do Alto da Pedra está enquadrado na unidade de granitos foliados peraluminosos, tipo S, sin a tardicolisionais, do Orógeno Paranapiacaba, estando localizado na divisa dos estados de São Paulo e Minas Gerais. Trata-se de uma biotita granitoide orientado e apresenta forma alongada, sendo associado a zonas de cisalhamento. Está alojado entre uma faixa da unidade ortognáissica migmatítica intermediária e a unidade paragnáissica migmatítica superior do Complexo Varginha (CPRM, 2005).

A sua ocorrência na região que do traçado do empreendimento pode ser visualizada no mapa **L18-MP-F-6.2.3-011**. A **Figura 6.2.3-17** apresenta aspectos característicos dessa unidade.



**Figura 6.2.3-17 - (a) Afloramento de rocha granítica característico do Granito Serra do Alto da Pedra. (b) Amostra de granito de textura equigranular fina e coloração cinza escura com feldspato alcalino.**

- Granito Cachoeira de Minas (NP3s\_y\_2cm)

O Granito Cachoeira de Minas está relacionado às faixas móveis neoproterozoicas e pode ser classificados em dois tipos: os granitoides tardi a pós-tectônicos, que se caracterizam por biotita granitos, muscovita granitos e granitos pegmatóides; e granitoides sintectônicos e complexos granitoides polidiapíricos que se caracterizam por extensos maciços petrograficamente heterogêneos e com grande variabilidade mineralógica, os quais englobam porções gnáissicas ou migmatíticas e restos de metassedimentos (COMIG & SEME, 1994).

Sua distribuição espacial na AE do empreendimento pode ser observada no mapa **L18-MP-F-6.2.3-010**. Na **Figura 6.2.3-18** observa-se ocorrências presentes na região de domínio do Granito Cachoeira de Minas.



**Figura 6.2.3-18 - Vista geral de blocos e alguns afloramentos rochosos compreendidos na região de domínio do Granito Cachoeira de Minas**

### **Fanerozoico - Mesozoico**

#### **FORMAÇÃO BOTUCATU (J3K1bt)**

A Formação Botucatu é composta por arenitos quartzosos finos a grossos de origem eólica do Período Jurássico, com grãos bem selecionados e arredondados, de coloração vermelha, com estruturas sedimentares bem características, tais como estratificações cruzadas, planares ou acanaladas de médio a grande porte. Verifica-se ainda a ocorrência de intercalações de argilito e siltito. Além disso, informa-se que são interpretados como depósitos residuais de dunas eólicas crescentes e lineares acumuladas em extenso mar de areia (CPRM, 2005). O contato superior com a Formação Serra Geral é concordante e caracterizado pelo primeiro derrame vulcânico, com ocorrência de camadas do topo da Formação Botucatu interdigitadas nos basaltos da Formação Serra Geral (Zálan, et al., 1987).

A idade da Formação Botucatu é atribuída ao Jurássico Superior e seus sedimentos de topo intercalam-se em derrames basálticos da base da Formação Serra Geral (COMIG & SEME, 1994).

Verifica-se que esta unidade geomorfológica margeia paralelamente o traçado da LT 500kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2 sem, no entanto, atravessá-la. Os mapas **L18-MP-F-6.2.3-001** e **L18-MP-F-6.2.3-002** do Caderno de Mapas ilustram a localização desta unidade na AE do empreendimento. A **Figura 6.2.3-19** ilustra, em detalhe, um afloramento rochoso arenítico de coloração vermelha e friável típico desta formação.



**Figura 6.2.3-19 - Detalhe de um afloramento de arenito da Formação Botucatu**

#### FORMAÇÃO MARÍLIA (K2m)

A Formação Marília é constituída por arenitos finos a médios, imaturos, com presença subordinada de frações de areia grossa a grânulos, de coloração bege a rosa pálida, podendo conter cimentação e nódulos carbonáticos. Constituem estratos tabulares, normalmente maciços, de cor bege a rosa, com cimentação e nódulos carbonáticos, onde na base é comum a ocorrência discreta de concentração de clastos, enquanto no topo são comuns intercalações de delgadas lentes de lamitos arenosos (Fernandes e Coimbra, 2000 *apud* CPRM, 2005).

Ressalta-se que o ambiente deposicional interpretado para essa unidade litológica é de um sistema de leques aluviais, com depósitos de canais entrelaçados e de fluxos densos, e presença subordinada de dunas eólicas de pequeno porte.

Esta unidade é observada em um pequeno trecho da Área de Estudo (AE) no mapa **L18-MP-F-6.2.3-001**, sem que o traçado da LT passe por ela.

#### FORMAÇÃO SERRA GERAL (K1\_Λ\_sg)

A Formação Serra Geral é caracterizada por basaltos tholeiíticos e andesi-basaltos tholeiíticos, com augita e pigeonita, perfazendo aproximadamente 90% do volume total das rochas extrusivas. Subordinadamente ocorrem andesitos tholeiíticos, riodacitos e riolitos. Ressalta-se que a Formação Serra Geral é resultado de intenso magmatismo fissural no período Cretáceo, representado na forma de uma espessa cobertura de lavas, com cerca de 1.500 m de espessura junto ao depocentro da bacia, associado a uma extensa rede de diques e múltiplos níveis de soleiras intrudidos na pilha sedimentar (CPRM, 2005). As rochas desta formação são compostas por fenocristais de plagioclásio, piroxênio, e rara olivina, em matriz afanítica máfica.

Portanto, a Formação Serra Geral é predominantemente constituída por derrames basálticos que, via de regra, estão sobrepostos aos arenitos da Formação Botucatu. A maior parte deste vulcanismo de bacia intracontinental ocorreu no Jurássico Superior / Cretáceo Inferior até o final deste período (COMIG & SEME, 1994).

Esta unidade pode ser visualizada nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-001** e **L18-MP-F-6.2.3-002** do Caderno de Mapas. A Formação Serra Geral cruza o traçado da LT em um pequeno trecho.

### **Fanerozoico - Cenozoico**

#### FORMAÇÃO SÃO PAULO (Esp) – GRUPO TAUBATÉ

A Formação São Paulo é representada por arenitos grossos, conglomeráticos, localmente conglomerados, com granodrecrescência ascendente para o topo até siltitos e argilitos. A origem de sua formação está relacionada a um sistema fluvial meandrante. Apresentam estratificações cruzadas de portes variados, geometria plano-côncava e bases erosivas. Na base dos arenitos grosseiros se verificam clastos argilosos de dimensões centimétricas, enquanto que as camadas siltosas e os argilitos do topo são laminados (CPRM, 2005). Este conjunto de sedimentos corresponderia a depósitos meandrantes, tendo os depósitos finos laminados testemunhos de lagoas oriundas da migração e abandono de canais (Riccomini, 1989 *apud* CPRM, 2005).

Em um outro conjunto constituído por arenitos grossos que gradam para sedimentos mais finos, até siltitos e argilitos apresentam estruturais gradacionais normais, rítmicas, estratificações cruzadas plano-paralelas horizontais, com grande persistência lateral e estruturas tipo climbing *ripples* nas porções arenosas finas, representando depósitos de rompimentos de diques marginais associados à planície de inundação deste sistema (Riccomini, 1989 *apud* CPRM, 2005).

Esta formação pode ser visualizada no mapa **L18-MP-F-6.2.3-013**, estando situada no estado de São Paulo.

#### FORMAÇÃO RESENDE (Er) – GRUPO TAUBATÉ

Ressalta-se que a unidade litológica Formação Resende se localiza nas porções basais e laterais do Rift Continental do Sudeste do Brasil, correspondendo a um sistema de leques aluviais associado à planície fluvial de rios entrelaçados (CPRM, 2005).

A Formação Resende é caracterizada, na porção proximal do sistema de leques aluviais, por depósitos de diamictitos e conglomerados, com seixos, matacões e blocos angulosos a subarredondados, normalmente polimíticos, em matriz lamítica e arenosa, arcoseana e gradação normal ou inversa (Riccomini, 1989 *apud* CPRM, 2005). A parte distal é constituída por arenitos com estratificação cruzada e lamitos predominantemente arenosos, com ocorrência de crostas calcíticas, sob a forma nodular (CPRM, 2005).

A ocorrência desta unidade se encontra em um pequeno trecho na Área de Estudo (AE), que pode ser observada no mapa **L18-MP-F-6.2.3-012**.

#### FORMAÇÕES QUATERNÁRIAS (Q)

As Formações Quaternárias se caracterizam por Depósitos Aluvionares (Q2a) que são os depósitos de areias, cascalhos, siltes, argilas e localmente turfas, que se formam nas margens, fundos de canal e planícies de inundação e rios que foram resultados de processos de erosão, transporte e deposição a partir de áreas-fontes diversas (CPRM, 2005).

Os Depósitos Aluvionares podem ser ilustrados nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-009** a **L18-MP-F-6.2.3-013** do Caderno de Mapas, com exceção do mapa **L18-MP-F-6.2.3-012**. Essa unidade se faz presente na Área de Estudo, sendo que o traçado da LT passa por ela.

Além dos Depósitos Aluvionares, observa-se ainda as Coberturas Detríticas Indiferenciadas (Qdi e N1dl) que são caracterizadas por areias finas a grossas, localmente síltico-argilosas e mais, raramente, conglomeráticas, intimamente relacionadas a superfícies de aplainamento, formando terrações argilo-arenosos com cascalhos dispersos e níveis de material transportado e ferruginoso. Estes níveis são constituídos por uma matriz rica em óxido de ferro, que evidencia material alóctone (CPRM, 2005).

As Coberturas Detríticas Indiferenciadas podem ser encontradas na Área de Estudo (AE) nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-001** e **L18-MP-F-6.2.3-010**.

#### 6.2.3.1.3. Considerações Finais

A Área de Estudo referente à LT 500kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2 está localizada em uma região predominantemente formada por uma grande variedade de rochas metamórficas, principalmente na fácies granulito, que sofreram intenso metamorfismo.

Tal característica evidencia a complexidade tectônica da Área de Estudo que se caracteriza pela presença de importantes faixas de dobramentos proterozoicos, envolvendo um conjunto de unidades estratigráficas de evolução policíclica e assentadas sobre um embasamento arqueano de alto grau metamórfico, essencialmente granito-gnáissico com sequências vulcano-sedimentares do tipo *greenstone belt* associadas e cinturões granulíticos. Além disso, em função deste intenso processo de tectonismo, observam-se sistemas de zonas de cisalhamento transcorrentes com lineamentos estruturais com orientação predominante de NE-SW. Em âmbito regional, conforme já caracterizado no presente relatório, o contexto geológico da área estudada está inserido nas Províncias Geotectônicas de Tocantins, Mantiqueira e Bacia do Paraná.

As unidades geológicas mais representativas ao longo do traçado do empreendimento são aquelas referentes ao Complexo Varginha-Guaxupé, Grupo Araxá, Grupo Andrelândia e Complexo Campos Gerais. A ocorrência de corpos graníticos e granitoides também são observados na Área de Estudo do empreendimento, além de formações quaternárias (depósitos aluvionares e coberturas detríticas) que estão relacionadas principalmente com os corpos hídricos existentes na região. Pode-se constatar esta caracterização e distribuição geológica e estrutural a partir da observação dos mapas geológicos elaborados no contexto deste tema (**L18-MP-F-6.2.3-001** a **L18-MP-F-6.2.3-013** do Caderno de Mapas).

## 6.2.3.2. GEOMORFOLOGIA

### 6.2.3.2.1. Aspectos Gerais da Caracterização Geomorfológica

A Geomorfologia objetiva o estudo das formas de relevo identificando, descrevendo e analisando as mesmas, buscando compreender os seus processos pretéritos e atuais. Para o estudo integral das formas de relevo leva-se em consideração três abordagens sistematizadas que compõem todo o contexto da análise geomorfológica, a saber, compartimentação morfológica, levantamento da estrutura superficial e estudo da fisiologia da paisagem.

A Geomorfologia estuda as formas da paisagem, realizando uma análise integrada com os outros temas relacionados ao meio físico, principalmente, Geologia, Hidrografia, Pedologia, entre outros.

Para caracterização e delimitação das unidades geomorfológicas na área de estudo da LT 500kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista foi realizada uma pesquisa bibliográfica (dados secundários), abrangendo toda a Área de Estudo (AE) definida com extensão de 5 km para cada lado dos eixos dos dois circuitos do traçado que resultou na elaboração de 13 mapas geomorfológicos, na escala 1:100.000, que são apresentados nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-014** a **L18-MP-F-6.2.3-026** do Caderno de Mapas. Destaca-se que a abrangência desta Área de Estudo objetivou englobar todas as regiões e unidades geomorfológicas que são interferidas pelo traçado do empreendimento.

Ressalta-se que os referidos mapas se embasaram no conteúdo de informações obtidas junto ao IBGE, destacando-se aquelas oriundas do mapeamento multidisciplinar integrado dos recursos naturais do Território Nacional executados no âmbito do Projeto RADAMBRASIL de 1983, relativo às Folhas SF. 23/24 Rio de Janeiro/Vitória, em escala 1:250.000, sendo que as mesmas contemplam a região de estudo onde está inserido o traçado do empreendimento.

A caracterização da Área de Estudo (AE) constatou a presença de três domínios morfoestruturais que correspondem aos maiores táxons na compartimentação do relevo. Ocorrem em escala regional e organizam os fatores geomorfológicos, segundo o arcabouço geológico marcado pela natureza das rochas e pela tectônica que atua sobre elas (IBGE, 2009). A compartimentação morfoestrutural objetiva fornecer a base espacial para a classificação das regiões e unidades geomorfológicas e o conhecimento de suas relações.

Os domínios morfoestruturais existentes na AE do empreendimento são: os Depósitos Sedimentares Quaternários englobando uma região geomorfológica e duas unidades geomorfológicas; as Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóica contemplando duas regiões geomorfológicas e três unidades geomorfológicas; e os Cinturões Móveis Neoproterozóicos abrangendo seis regiões geomorfológicas e 11 unidades geomorfológicas.

O **Quadro 6.2.3-1** apresenta um Quadro Resumo com as regiões geomorfológicas e unidades geomorfológicas existentes na Área de Estudo do empreendimento que pertencem a cada um dos três domínios morfoestruturais supracitados. A partir desta classificação serão caracterizados cada um destes compartimentos no presente relatório.

Analisando o **Quadro 6.2.3-1**, observa-se a ocorrência de 16 unidades geomorfológicas

presentes na Área de Estudo (AE) da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista, sendo que as mesmas são devidamente representadas e caracterizadas ao longo do presente relatório, onde também são definidas as regiões geomorfológicas que elas se encontram.

**Quadro 6.2.3-1 - Quadro Resumo com os domínios morfoestruturais, regiões geomorfológicas e unidades geomorfológicas presentes na AE do empreendimento**

DOMÍNIOS MORFOESTRUTURAIS	REGIÕES GEOMORFOLÓGICAS	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
Cinturões Móveis Neoproterozóicos	Depressões do Rio Paraíba do Sul	Depressão do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul
	Planalto do Alto Rio Grande	Depressão do Rio Sapucaí
		Serranias de Lambari e Conceição das Pedras
	Patamar Oriental da Bacia do Paraná	Patamares Cuestiformes Orientais da Bacia do Paraná
	Planalto de Poços de Caldas	Planalto de Poços de Caldas
		Patamares de Varginha
		Planalto de Jacuí - Muzambinho
	Planaltos da Canastra	Serra da Canastra
		Depressão do Rio Grande
	Serra da Mantiqueira Meridional	Planalto de Campos do Jordão
Serranias de Delfim Moreira - Carmo de Minas		
Escarpas da Serra da Mantiqueira		
Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas	Tabuleiros e Colinas Sedimentares do Rifte Continental do SE do Brasil	Tabuleiros e Colinas da Bacia Sedimentar de Taubaté
	Planaltos da Bacia do Alto Rio Paraná	Planalto do Triângulo Mineiro
Depósitos Sedimentares Quaternários	Formas Agradacionais Atuais e Subatuais Interioranas	Planícies e Terraços Fluviais
		Planícies do Rio Paraíba do Sul

O **Quadro 6.2.3-2** apresenta a listagem destas 16 unidades geomorfológicas e a área por km<sup>2</sup> ocupada por cada uma delas na referida Área de Estudo, destacando-se que a região ocupada por corpo d'água continental (marcada em vermelho) não é uma unidade geomorfológica e sim regiões ocupadas por lagos, reservatórios, rios, entre outros.

**Quadro 6.2.3-2 - Lista das Unidades Geomorfológicas presentes na AE do empreendimento, com o cálculo das suas respectivas áreas de domínio**

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	PORCENTAGEM (%)
Planalto de Jacuí - Muzambinho	679,4	17,8%
Planalto de Poços de Caldas	671,0	17,6%
Depressão do Rio Grande	553,7	14,5%
Depressão do Rio Sapucaí	439,1	11,5%
Patamares de Varginha	343,3	9,0%
Serranias de Delfim Moreira - Carmo de Minas	212,3	5,6%
Serra da Canastra	152,5	4,0%
Patamares Cuestiformes Orientais da Bacia do Paraná	124,2	3,3%
Escarpas da Serra da Mantiqueira	108,1	2,9%
Serranias de Lambari e Conceição das Pedras	107,0	2,8%
Tabuleiros e Colinas da Bacia Sedimentar de Taubaté	106,6	2,8%

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	PORCENTAGEM (%)
Planícies e Terraços Fluviais	97,1	2,6%
Planalto de Campos do Jordão	70,6	1,9%
Depressão do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul	66,2	1,8%
Planícies do Rio Paraíba do Sul	23,8	0,6%
Planalto do Triângulo Mineiro	15,7	0,4%
Corpo D'água Continental *	37,6	1,0%
TOTAL	3.808,2	100,0%

Verifica-se que as duas unidades geomorfológicas mais representativas na Área de Estudo (AE) são o Planalto Jacuí – Muzambinho e o Planalto de Poços de Caldas com 17,8% e 17,6% da área total, respectivamente. Além disso, as unidades Depressão do Rio Grande e Depressão do Sapucaí também apresentam uma área considerável dentro da AE do empreendimento, com porcentagens também acima de 10% em relação a área total. Em contrapartida, o Planalto do Triângulo Mineiro e as Planícies do rio Paraíba do sul são as unidades geomorfológicas menos representativas na AE, ambas apresentando valores inferiores a 1% da área total.

Avaliando apenas os traçados C1 e C2 do empreendimento verifica-se que das 16 unidades geomorfológicas observadas nos estudos realizados, apenas 13 têm interferência direta ao longo dos mesmos. O **Quadro 6.2.3-3** apresenta a extensão em km para cada uma das unidades geomorfológicas que cortam os traçados C1 e C2 do empreendimento (com pequenas variações entre as mesmas).

**Quadro 6.2.3-3 - Extensão das Unidades Geomorfológicas que interferem diretamente nos traçados C1 e C2 da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista**

LT	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	EXTENSÃO (KM) C1/C2
C1 / C2	Planalto de Poços de Caldas	64,5 / 64,6
	Planalto de Jacuí - Muzambinho	64,3 / 64,3
	Depressão do Rio Grande	63,4 / 62,0
	Depressão do Rio Sapucaí	43,8 / 44,0
	Patamares de Varginha	37,2 / 36,5
	Serra da Canastra	22,0 / 23,2
	Serranias de Delfim Moreira - Carmo de Minas	20,0 / 20,0
	Serranias de Lambari e Conceição das Pedras	14,7 / 14,4
	Escarpas da Serra da Mantiqueira	10,9 / 11,1
	Tabuleiros e Colinas da Bacia Sedimentar de Taubaté	9,6 / 9,6
	Planalto de Campos do Jordão	8,3 / 8,4
	Planícies e Terraços Fluviais	6,7 / 6,9
	Depressão do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul	4,7 / 4,6
	Corpo D'água Continental	0,2 / 0,4
TOTAL	370,2 / 370,2	

Comparando-se os dados apresentados no **Quadro 6.2.3-2** e no **Quadro 6.2.3-3** verifica-se que as unidades geomorfológicas Patamares Cuestiformes Orientais da Bacia do Paraná, Planícies do rio Paraíba do Sul e Planalto Triângulo Mineiro não estão presentes ao longo do traçado da LT.



As quatro unidades geomorfológicas mais representativas ao longo dos traçados C1 e C2 da LT são as mesmas que apresentam as maiores áreas inseridas na AE do empreendimento, a saber: Planalto de Poços de Caldas, Planalto de Jacuí – Muzambinho, Depressão do Rio Grande e Depressão do Rio Sapucaí.

Ressalta-se que a localização e a distribuição espacial das 16 unidades geomorfológicas supracitadas podem ser observadas nos mapas geomorfológicos confeccionados para o presente relatório que compõem os mapas **L18-MP-F-6.2.3-014** a **L18-MP-F-6.2.3-026**.

Adicionalmente, para a caracterização geomorfológica da AE do empreendimento também foram elaborados 13 mapas de declividade (**L18-MP-F-6.2.3-027** a **L18-MP-F-6.2.3-039**), sendo que cada um deles corresponde a um dos 13 mapas geomorfológicos apresentados nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-014** a **L18-MP-F-6.2.3-026**. Ressalta-se que o mapa de declividade é uma ferramenta de grande potencial para determinação de áreas críticas no que se refere à possibilidade de deslizamentos de encostas, de erodibilidade, análises de terreno para definição do planejamento de obras, traçados de perfis ecodinâmicos da paisagem, entre outros. No contexto deste tema, informa-se que a determinação de movimentos de massa existentes, potenciais, naturais ou induzidos, ativos ou inativos é apresentada no item “Vulnerabilidade Geotécnica” já que envolve a integração e caracterização de diversas temáticas do meio físico, de forma conjunta, tais como: geologia, pedologia, clima, entre outros, inclusive a própria geomorfologia a partir da caracterização da dinâmica dos processos geomorfológicos.

Para caracterização da declividade foram determinadas cinco classes de relevo distintas, conforme apresentado no **Quadro 6.2.3-4**.

**Quadro 6.2.3-4 - Classificação de Declividades definida para os estudos geomorfológicos, com base naquela definida pela Embrapa (1979).**

DECLIVIDADE	CLASSES DE RELEVO
0 - 3 %	Plano
3 - 8%	Suave Ondulado
8 - 20%	Ondulado
20 - 45%	Forte Ondulado
> 45%	Montanhoso/Escarpado

Além disso, foi elaborado o mapa hipsométrico da AE do empreendimento, conforme pode ser visualizado no mapa **L18-MP-F-6.2.3-040** no Caderno de Mapas. Este mapa objetiva avaliar as variações altimétricas existentes e, dessa forma, associar com os aspectos geomorfológicos presentes na região em estudo, principalmente ao que se refere à interferência direta ao traçado da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista.

Conforme pode ser observado tanto nos mapas de declividade quanto no mapa hipsométrico, o traçado da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista encontra-se em um terreno onde predomina um relevo suave ondulado a ondulado, se caracterizando basicamente com variações altimétricas pouco abruptas, evidenciando, na sua maior parte, a presença de mares de morros (colinas intermontanas) que são comuns no estado de Minas Gerais.

Avaliando-se, exclusivamente, o conteúdo do mapa hipsométrico verifica-se que o traçado encontra-se na maior parte em terrenos com cotas na faixa de 600 a 1.100 m, onde em três

trechos característicos do traçado, ocorre um aumento da elevação do terreno.

O primeiro trecho se situa na região de Nova Resende, situado no Planalto Jacuí – Muzambinho, onde se observa uma faixa de relevo cortando, transversalmente, o traçado do empreendimento e que apresenta cotas altimétricas na faixa de 1.100 a 1.200 m.

Já o segundo trecho, bem mais extenso, se dispõe paralelamente ao eixo do traçado e está associado à unidade geomorfológica Planalto de Poços de Caldas, que também apresenta cotas altimétricas na faixa de 1.100 a 1.200 m. Ressalta-se que estes dois trechos estão inseridos na região geomorfológica Planalto de Poços de Caldas (**Quadro 6.2.3-1**).

O terceiro trecho que se destaca pelas elevadas cotas altimétricas, refere-se às escarpas da Serra da Mantiqueira e Serranias de Delfim Moreira – Carmo de Minas que apresentam altitudes acima de 1.400 m, sendo que ambas as unidades geomorfológicas supracitadas estão inseridas na região geomorfológica da Serra da Mantiqueira Meridional (**Quadro 6.2.3-1**).

#### 6.2.3.2.2. Descrição Geomorfológica na AE do Empreendimento

Neste item são caracterizados os três domínios morfoestruturais que são observados na Área de Estudo do empreendimento para o tema geomorfologia, assim como são descritas as suas principais unidades geomorfológicas observadas. Além disso, é evidenciada para cada uma destas unidades a respectiva região geomorfológica onde as mesmas se inserem. Ressalta-se que a caracterização de todo o contexto geomorfológico baseou-se nas premissas e diretrizes estabelecidas pelo Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE, 2007.

Os domínios morfoestruturais, conforme caracterizado no item anterior, ocorrem em escala regional e organizam os fatos geomorfológicos segundo o arcabouço geológico levando-se em consideração as características litológicas e estruturais (tectônica) da região em estudo (IBGE, 2009).

As regiões geomorfológicas representam os compartimentos inseridos nos conjuntos litomorfoestruturais que, sob a ação dos fatores climáticos, lhes conferem características genéticas comuns, agrupando feições semelhantes, associadas às formações superficiais e às fitofisionomias (IBGE, 2009).

Já as unidades geomorfológicas são determinadas como um arranjo de formas altimétrica e fisionomicamente semelhantes em seus diversos tipos de modelados. Estas unidades indicam seus processos originários, formações superficiais, comportamento da drenagem, e tipos de modelados diferenciados dos demais (IBGE, 2009).

#### **Cinturões Móveis Neoproterozóicos**

Este domínio morfoestrutural é caracterizado por extensas áreas representadas por planaltos, alinhamentos serranos e depressões interplanálticas formadas em terrenos que sofreram intensa atividade tectônica, como dobramentos e falhamentos, incluindo principalmente metamorfitos e granitoides associados.

## SERRA DA CANASTRA

Esta unidade geomorfológica corresponde ao divisor de águas dos rios que correm para a bacia do São Francisco e de afluentes formadores da bacia do Paraná. Inclui as barras, cristas e chapadas que se constituem nos relevos mais elevados da Região dos Planaltos da Canastra. Os topos das chapadas, geralmente planos e descontínuos, são herança da superfície de aplanamento que truncou os topos destas estruturas, em que as camadas mostram mergulho de  $65^\circ$  e ocorrem predominantemente em quartzitos. Apresentam vales encaixados que aproveitam as camadas de rochas mais sensíveis à erosão linear, como por exemplo, os filitos presentes na referida região. Nas escarpas voltadas para sudoeste, no extremo norte da unidade, são observadas ravinas em diferentes estágios de evolução. (RADAMBRASIL, 1983).

Presença de modelados de dissecação estrutural com topos convexos e agrupados e de modelados de dissecação homogênea ou diferencial com topos convexos e tabulares, com densidade de drenagem baixa e aprofundamentos das incisões muito fraco (até 50 m) a fraco (> 50 até 100 m). Localmente, também são observados modelados de aplanamento tipo pediplano degradado inumado por coberturas detríticas e/ou alteração, constituídas de couraças e/ou latossolos.

Esta unidade faz parte da região geomorfológica dos Planaltos da Canastra e sua ocorrência pode ser observada no trecho do traçado do empreendimento, onde está situada a SE Estreito (mapa **L18-MP-F-6.2.3-014** do Caderno de Mapas). A **Figura 6.2.3-20** apresenta aspectos gerais do relevo característico da região da unidade Serra da Canastra na AE do empreendimento.



(a)

(b)



(c)

**Figura 6.2.3-20 - Diferentes aspectos do relevo na região de domínio da unidade geomorfológica Serra da Canastra**

#### DEPRESSÃO DO RIO GRANDE

A Depressão do Rio Grande pode ser definida como um amplo compartimento rebaixado, desenvolvido ao longo da drenagem do Rio Grande e seus afluentes diretos. A Depressão é do tipo periférica e possui disposição geral NW-SE, sendo concordante com outras feições marcantes em cunho regional, como a Serra da Canastra (Cortes, 2015).

Essa Depressão ocupa grandes extensões no sul de Minas e pequena parte do Triângulo Mineiro. Esta unidade isolou trechos do planalto dissecado do sul de Minas em seu desenvolvimento, assim como promoveu o recuo das camadas areníticas e basálticas da Bacia Sedimentar do Paraná (Andrade, 2006).

O setor meridional da Depressão é caracterizado por um relevo de colinas com altitudes médias em torno de 1.000 m. Entre a Serra da Canastra e o Planalto da Bacia Sedimentar do Paraná, a depressão é do tipo periférica, apresentando relevo de colinas com altitudes próximas de 800m. Enquanto isso, na região noroeste da Depressão, seus limites mineiros são pouco nítidos e podem apresentar passagens gradativas para os compartimentos mais rebaixados do Planalto da Bacia Sedimentar do Paraná. Nessa área, sobre formas mistas de aplainamento e dissecação fluvial, as altitudes variam de 550 a 580 m (Andrade, 2006).

Ainda, a Depressão do Rio Grande é caracterizada por relevos planos situados em altitudes em torno de 450 m esculpidos sobre depósitos coluvionares e eluvionares, predominantemente arenosos, que recobrem as litologias do Grupo Bambuí. É uma área densamente povoada por uma população de baixa renda (Meira & Alves, 2010).

Esta unidade faz parte da região geomorfológica dos Planaltos da Canastra apresentando modelados de dissecação homogênea com topos convexos, com grande variabilidade na densidade de drenagem ao longo de sua extensão (de muito baixa a alta) e predominância de

aprofundamento das incisões classificadas como muito fracas (até 50 m).

A distribuição espacial desta unidade na Área de Estudo (AE) do empreendimento pode ser visualizada nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-014** a **L18-MP-F-6.2.3-016**. A **Figura 6.2.3-21** apresenta aspectos geomorfológicos da região de domínio da unidade Depressão do Rio Grande, que foram observadas durante as atividades de campo.



**Figura 6.2.3-21 - Aspectos geomorfológicos na região de domínio da unidade geomorfológica da Depressão do Rio Grande**

#### PLANALTO DE JACUÍ - MUZAMBINHO

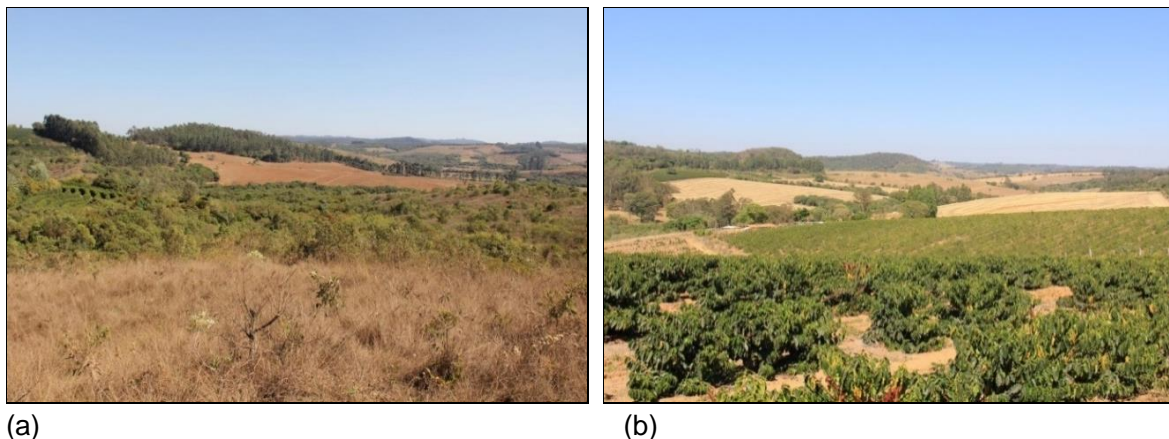
Esta unidade geomorfológica ocupa a maior extensão de área da AE do empreendimento, onde sua distribuição espacial pode ser visualizada nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-016** a **L18-MP-F-6.2.3-019**. Além disso, esta unidade está inserida na região geomorfológica denominada Poços de Caldas.

A unidade do Planalto de Jacuí – Muzambinho se caracteriza por dois tipos de formas de relevo preponderantes, a saber:

- O primeiro tipo se caracteriza pelos modelados de dissecação homogênea ou diferencial que não possuem controle estrutural marcante e são caracterizados predominantemente por colinas, morros e interflúvios tabulares. Apresentam alta densidade de drenagem com predominância de padrões dendríticos e com aprofundamentos das incisões variando de fraco (> 50 a 100 m) a médio (> 100 a 150 m). Observa-se que são as formas de relevo que predominam na AE do empreendimento, abrangendo parte dos municípios de Muzambinho, Bom Jesus da Penha, Nova Resende, Fortaleza de Minas e Cabo Verde.
- O segundo tipo se caracteriza pelos modelados de dissecação estrutural, onde sua própria denominação já evidencia a ocorrência de um controle estrutural nos processos de dissecação, em geral associadas a rochas metamórficas, que possuem cristas, vales e sulcos estruturais. Verifica-se padrões de drenagem característicos, onde seus canais evidenciam possíveis estruturas geológicas ou acamamentos estratigráficos.

Destaca-se na região de domínio da referida unidade geomorfológica, os modelados de dissecação estrutural que são subdivididos em duas formas específicas, a saber: aqueles com encostas de topo convexo que apresentam vales bem definidos e vertentes de declividades variadas, que são observados nos municípios de Juruaia, principalmente Nova Resende; e

aqueles com encostas de topo aguçado que se caracterizam por serem alongados e estreitos, onde o controle estrutural é definido por vales encaixados. Os topos aguçados são produto da interceptação de vertentes de declividade acentuada, entalhadas por sulcos e ravinas profundas. A **Figura 6.2.3-22** apresenta o aspecto geral do relevo na região de domínio da unidade geomorfológica Planalto de Jacuí - Muzambinho.



(a)

(b)

**Figura 6.2.3-22 - (a) Paisagem característica na região de Bom Jesus da Penha-MG. (b) Paisagem característica da região de Nova Resende – MG, onde predomina a cafeicultura. As duas regiões se localizam na unidade do Planalto Jacuí – Muzambinho**

#### PATAMARES DE VARGINHA

A unidade Patamares de Varginha está inserida na região geomorfológica do Planalto de Poços de Caldas, apresentando altitudes variando de 800 m nas margens da represa de Furnas a 1.200 m em algumas cristas destacadas. Nesta unidade geomorfológica toda a rede de drenagem pertence à Bacia do Paraná. Na parte oeste, destacam-se as bacias dos rios Guaxupé e Canoas, afluentes do rio Pardo; e a leste as bacias dos rios Muzambinho, Verde, São Tomé, Machado e Sapucaí-Guaçu, afluentes do rio Grande.

Verifica-se a predominância dos modelados de dissecação homogênea, com densidade de drenagens variando de baixa a média e aprofundamento das incisões em geral muito fraco a fraco, variando na faixa entre 38 e 115 m. Configuram colinas e morros algumas vezes alongados, das vertentes convexo-côncavas e topos convexos a planos. Ocorrem algumas linhas de cumeeada e formas de topos aguçados. Foram reconhecidos setores de dissecação diferencial, com aprofundamento das incisões na faixa de 101 a 155 m, refletindo algumas direções estruturais de unidades adjacentes, como os Patamares da Canastra e Planaltos de Andrelândia e de Poços de Caldas. Além disso, são observados modelados de acumulação correspondem e planícies fluviais, com a presença de terraços esculpido em formações aluviais.

Entre as cidades de Passos-MG e Guaxupé-MG, o relevo é escalonado em setores, a partir dos contatos com a Unidade Geomorfológica Patamares da Canastra. Nos limites com essa unidade ocorre a serra do Chapadão, delimitada por cornijas, onde ocorrem ravinas. A área à sua frente encerra entalhes de drenagem profundos.

Após a subida ao nível topograficamente mais elevado do chapadão, há um relevo aplanado, com vales que alcançam de 30 a 40 m de aprofundamento. Trata-se de restos de uma superfície de aplanamento, posicionada a cerca de 1.000 a 1.200 m. Daqui, individualizam-se

relevos destacados em forma de mesas que se mostram como residuais das formações cretácicas distribuídas a oeste. Feições de dissecação mais acentuadas assinalam a descida do nível de topo do Chapadão para um nível inferior de aplanamento situado entre 900 e 1.000 m. Aqueles relevos dissecados acusam aprofundamentos dos vales da ordem de 60 a 70 m, prolongando-se até as proximidades de Jacuí-MG. Na descida desse compartimento morfológico mais alto observa-se a intercalação de formas rebaixadas de topos abaulados ou planos e conjuntos de relevos dissecados mais elevados que se alongam no sentido leste - oeste. Os relevos aplanados têm setores especialmente contínuos, interrompidos por pontões e cristas.

No trecho compreendido entre Guaxupé-MG e as vertentes do Planalto de Poços de Caldas, a sul, prolongam-se os dissecados mais baixos, definidos por vales encaixados entremeados por alvéolos, posicionados em torno dos 950 m, dos quais se elevam cristas e pontões isolados.

A distribuição espacial desta unidade geomorfológica na AE do empreendimento pode ser visualizada nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-018** e **L18-MP-F-6.2.3-019**. A **Figura 6.2.3-23** apresenta um aspecto geral do relevo da referida unidade geomorfológica.



**Figura 6.2.3-23 - Aspecto geral do relevo na região de domínio da unidade geomorfológica Patamares de Varginha.**

#### PLANALTO POÇOS DE CALDAS

A unidade do Planalto de Poços de Caldas constitui um compartimento topográfico elevado, em que as altimetrias variam entre pouco menos de 1.000 m até cerca de 1.300 m, com pontos cotados em mais de 1.640 m. Destaca-se nesta unidade a presença do corpo intrusivo alcalino cretáceo, componente da estrutura elevada e internamente erodida de Poços de Caldas. Além disso, vale lembrar que esta unidade está inserida na região geomorfológica de mesma denominação (Planalto de Poços de Caldas).

O Planalto de Poços de Caldas abrange uma extensa região da AE do empreendimento e apresenta relevo variando de ondulado a montanhoso, já que as deformações e deslocamentos do embasamento cristalino, que compõem a região resultaram em blocos de relevos alçados.

Ao longo do tempo, esses blocos de relevos alçados, têm sofrido ação erosiva frequente, acarretando pacotes de erosão evoluídos tanto em profundidade quanto em extensão real. As encostas são classificadas como estrutural convexa e homogênea convexa (RADAMBRASIL, 1983).

Trata-se de um planalto de dissecação fortemente controlado por fatores litoestruturais. A drenagem reflete nos canais, com segmentos orientados e vales profundos condicionados pela geologia estrutural da região. Em função desta influência tectônica, observa-se escarpas adaptadas a falhas, escarpas indiferenciadas, vales e sulcos estruturais, cristas e linhas de cumeada orientadas (RADAMBRASIL, 1983).

Predominam os modelados de dissecação diferencial com aprofundamentos de 101 a 165 m. Setores de modelados de dissecação homogênea são encontrados pontualmente, como por exemplo, na parte central da estrutura circular erodida de Poços de Caldas e na parte oriental da unidade.

Feições de relevos alongados de topos convexos, definindo interflúvios estreitos mais extensos, recobertos por colúvios são observados na região.

Algumas das cumeadas e cristas que se desdobram como abas externas da estrutura elevada, interiormente erodida de Poços de Caldas, definem relevos assimétricos com blocos nas encostas. A drenagem de primeira ordem que parte das bordas dessa estrutura é centrífuga. O seu interior apresenta um nível rebaixado de colinas e morros de topos convexos, com vertentes convexo-côncavas, isolados por densa malha de drenagem em que as incisões dos vales contam cerca de 30 m de aprofundamento, em média. Os vales são preenchidos por pacotes coluviais, enquanto os topos e meias vertentes sustentam coberturas delgadas. Os interflúvios são intensamente entalhados por ravinas sub-atuais cicatrizadas pela vegetação de pastagem. Dos dissecados mais baixos de topos nivelados, anteriormente referidos, elevam-se pontões e cristas estruturais representando, em maior ou menor escala, variações de componentes litológicos (RADAMBRASIL, 1983).

Há escarpas reconhecidas como adaptadas a falhas ou escarpas de falhas, com feições tipo facetas trapezoidais nas bases. As escarpas de alguns morros mostram fissuras que aparentam o deslocamento de blocos, com elevação e/ou abatimento. Ocorrem feições tipo cristas, que se destacam dos relevos mamelonares rebaixados, assim como ocorrências de matacões nas encostas dos relevos, em áreas fechadas nos seus sopés. Os vales eventualmente são largos, sendo que alguns possuem fundos planos e colmatados (RADAMBRASIL, 1983).

A distribuição espacial desta unidade geomorfológica pode ser observada nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-019** a **L18-MP-F-6.2.3-021** do Caderno de Mapas do presente EIA. Enquanto a **Figura 6.2.3-24** apresenta aspectos gerais do relevo predominante da unidade Planalto de Poços de Caldas.





**Figura 6.2.3-24 - Aspectos gerais do relevo da unidade Planalto Poços de Caldas, onde se evidencia um relevo ondulado a montanhoso formado por colinas e morros com controle estrutural, onde se observam, em algumas encostas a exposição de afloramentos rochosos**

#### DEPRESSÃO DO RIO SAPUCAÍ

A unidade geomorfológica Depressão do Rio Sapucaí apresenta relevos de suaves colinas ou morros de vertentes convexas, com topos semi aplanados e expressivas coberturas aluviais nos vales. O relevo ao longo dos principais cursos fluviais é dissecado em formas colinosas, de interflúvios longos, com topos e vertentes convexizadas e aprofundamentos entre 30 a 40 m. O intemperismo é intenso impossibilitando a observação da rocha matriz, com formação e espessas camadas de solo residual maduro recoberto por colúvio nos topos das colinas, dando ao relevo um aspecto ligeiramente abaulado (RADAMBRASIL, 1983).

Predominam formas de relevo com modelados de dissecação homogênea com topos convexos ou aguçados, densidade de drenagem variando de baixa a média e com aprofundamento das incisões classificado como fraco (> 50 a 100 m). Localmente, observam-se modelados de dissecação estrutural com encostas de topo convexo.

As colinas nas proximidades dos principais rios são balizadas por cristas e linhas de cumeadas mais elevadas e extensas que correspondem a grandes falhas regionais. Outros falhamentos se interceptam a este, facilitando a atuação dos agentes erosivos na ampliação da área por erosão remontante.

Os rios Sapucaí, Sapucaí-Mirim, do Cervo e Itaim formam terraços fluviais de grande extensão ao longo dos canais e com larguras variáveis que chegam a ultrapassar 2,5 km, como no rio Sapucaí, a sudeste da cidade de Santa Rita do Sapucaí-MG. Podem ser entrevistados, em alguns desses terraços, setores mais elevados e convexos, que correspondem a alterações da rocha em feições afogadas pelo entulhamento dos vales. As colinas nas proximidades dos rios principais são balizadas por cristas e linhas de cumeadas mais elevadas e extensas, que correspondem a grandes falhas regionais (RADAMBRASIL, 1983).

Esta unidade está inserida na região geomorfológica Planalto do Alto Rio Grande e sua distribuição espacial pode ser verificada nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-022** a **L18-MP-F-6.2.3-024**. Na **Figura 6.2.3-25** pode-se observar o aspecto geral de um trecho desta unidade geomorfológica.



**Figura 6.2.3-25 - Aspecto geral da unidade geomorfológica Depressão do Rio Sapucaí, apresentando características de relevo arrasado e aplanado**

#### SERRANIAS DE LAMBARI E CONCEIÇÃO DAS PEDRAS

As Serras de Lambari e Conceição das Pedras possuem relevos de formas alongadas, tipos cristas e linhas de cumeada, com cotas altimétricas elevadas entre 1.000 a 1400 m. Os relevos topograficamente elevados e com aspecto serrano evidenciam predominância de cristas com escarpas íngremes e seus vales são alinhados, com presença de blocos fraturados ao longo das encostas.

A unidade é marcada por escarpas adaptadas a falhas, sulcos estruturais, grandes linhas de cumeadas e cristas simétricas alinhadas que indicam a direção dos dobramentos e falhamentos ocorridos na área (modelados com dissecação estrutural). Algumas áreas com predominância de formas de topos aguçados são balizadas por cristas de maior altitude, escarpadas e de topos também aguçados. Estes relevos têm forte tendência de orientação SO-NE e apresentam como característica principal uma menor espessura no manto de alteração (RADAMBRASIL, 1983).

Esta unidade está inserida na região geomorfológica Planalto do Rio Grande e pode ser visualizada em um pequeno trecho da AE do empreendimento, sendo que a mesma atravessa uma faixa do traçado da LT (mapa **L18-MP-F-6.2.3-022** do Caderno de Mapas).

#### PLANALTO DE CAMPOS DO JORDÃO

A unidade geomorfológica Planalto de Campos do Jordão se apresenta intensamente influenciada pela tectônica da região, onde predominam os relevos com dissecação diferencial, cujos aprofundamentos das incisões variam de 158 a 372 m. Presença de relevos irregulares, com cristas mais elevadas e marcadas por planos de falhas, quase destituídas de formações superficiais. Nas porções mais baixas, as formas são mais convexizadas e alongadas, recobertas por camada de colúvio de textura argilo-arenosa com 2 a 3 m de espessura (RADAMBRASIL, 1983).

Presença de ravinas é frequente, evidenciando a parcela de contribuição destes relevos no assoreamento dos vales, de fundos planos e colmatados. Além disso, são frequentes os sinais de movimentação de solo devido ao intenso uso agrícola (RADAMBRASIL, 1983).

A parte mais central da unidade apresenta formas homogêneas de dissecação, com densidade de drenagem que variam de fina a média e aprofundamentos que vão de 66 a 90 m. Apresentam topos alongados e convexizados recobertos por colúvio e espessa camada de solo residual maduro. Nestas áreas, os vales têm perfil transversal aproximado de “V”.

Esta unidade faz parte da região geomorfológica da Serra da Mantiqueira Meridional e sua distribuição espacial na AE do empreendimento pode ser observada nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-023** a **L18-MP-F-6.2.3-025** do Caderno de Mapas, destacando-se o **L18-MP-F-6.2.3-025** onde o traçado da LT a atravessa. A **Figura 6.2.3-26** ilustra um trecho desta unidade, onde se constata a presença de uma LT já implantada.



**Figura 6.2.3-26 - Aspecto geral de um trecho onde se situa da unidade geomorfológica Planalto de Campos do Jordão que faz parte da Serra da Mantiqueira Meridional.**

#### SERRANIAS DE DELFIM MOREIRA – CARMO DE MINAS

A unidade geomorfológica Serranias de Delfim Moreira se caracteriza por relevos escarpados de morros com vertentes côncavas a retilíneas e topos variando entre arredondados e angulosos, com cumes acima de 1.800 m. Em função dessas características, as formas de relevo são caracterizadas como modelados de dissecação estrutural aguçada com encostas de topos aguçados.

As serranias projetam-se a NNW do maciço alcalino de Passa Quatro até a passagem da zona de Cisalhamento São Bento do Sapucaí, conformando um conjunto de cristas alongadas orientadas para NNE e balizadas por litologias granitoides e biotita-gnaisses conspícuos. Apresenta também direção NW-SE dada fundamentalmente pela drenagem invertida que intercepta as estruturas NE-SW que são determinadas pelos alinhamentos topográficos (MARQUES NETO, 2017).

Esta unidade situa-se na região geomorfológica da Serra da Mantiqueira Meridional e pode ser visualizada nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-024** e **L18-MP-F-6.2.3-025**. A **Figura 6.2.3-27** apresenta aspectos gerais da região de abrangência desta unidade geomorfológica.



**Figura 6.2.3-27 - Aspecto geral do relevo de morros e serras representados pela unidade Serranias de Delfim Moreira – Carmo de Minas, nas proximidades de Itajubá**

#### ESCARPAS DA SERRA DA MANTIQUEIRA

A unidade Escarpas da Serra da Mantiqueira é caracterizada por um alinhamento montanhoso bastante elevado, alçado por tectônica, sendo que sua linha de cumeada sustenta altitudes entre 1.100 e 1.400 m, atingindo mais de 1.700 m (Pico da Pedra Selada – 1.755 m). Ressalta-se que na Área de Estudo é a região que apresenta as maiores altitudes, conforme pode ser constatado no Mapa Hipsométrico (mapa **L18-MP-F-6.2.3-040** do Caderno de Mapas).

As escarpas da Serra da Mantiqueira consistem em um relevo de transição entre a depressão interplanáltica do médio vale do rio Paraíba do Sul e o planalto do alto rio Grande, em território mineiro. Na escarpa da Serra da Pedra Selada, situam-se os formadores dos rios Pirapetinga e da Pedra Preta, que drenam para o rio Paraíba do Sul, sendo o seu reverso montanhoso, drenado por pequenos tributários do rio Preto (RADAMBRASIL, 1983).

A região se caracteriza por um conjunto de cristas alongadas de diversificadas características geomorfológicas, com a elevada amplitude altimétrica e morros associados a vales estreitos. Resultam de processos endógenos e exógenos complexos, tectônicos, denudacionais e agradacionais que dinamizam a evolução dessa paisagem (OLIVEIRA & MARQUES NETO, 2015).

Esta unidade está inserida na região geomorfológica da Serra da Mantiqueira Meridional contemplando formas de relevo caracterizadas por modelados de dissecação estrutural aguçada, com topos estreitos e alongados que evidenciam controle estrutural e presença de vales encaixados. A sua ocorrência limita-se a uma pequena faixa que corta o traçado do empreendimento que pode ser visualizado no mapa **L18-MP-F-6.2.3-025**. A **Figura 6.2.3-28** apresenta um aspecto geral das escarpas da Serra da Mantiqueira.



**Figura 6.2.3-28 - Aspecto geral de uma faixa das escarpas da serra da Mantiqueira, com vegetação nativa preservada**

#### DEPRESSÃO DO MÉDIO VALE DO PARAÍBA DO SUL

A Depressão do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul é caracterizada por uma extensa depressão interplanáltica, ladeada pelo reverso da Serra do Mar e pela escarpa da Serra da Mantiqueira. Está localizada entre os municípios de Três Rios e Engenheiro Passos, se propagando também a oeste, no Vale do Paraíba paulista. A região reflete um forte controle lito-estrutural assinalado pelo lineamento Além-Paraíba e pela tectônica extensional, o que apresentou como resultado a geração de bacias sedimentares continentais, como as bacias de Resende e Volta Redonda. Nessas áreas também se situam as mais amplas planícies fluviais do rio Paraíba do Sul, possuindo boa aptidão agrícola devido a sua boa fertilidade natural. Também há presença de colinas tabulares resultantes do modelado dos sedimentos e rochas Terciárias depositadas nessas bacias (DANTAS, et al., 2005).

Esta unidade encontra-se incorporada a região geomorfológica conhecida como Depressões do Rio Paraíba do Sul, registrando altimetrias de 500 a 600 m na sua maior parte, contrastando com as dos planaltos circundantes que ultrapassam os 2.500 m. Sua distribuição espacial na AE do empreendimento pode ser observada nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-025** e **L18-MP-F-6.2.3-026** do Caderno de Mapas, onde se observam modelados de dissecação estrutural e homogênea com predominância de colinas com topos convexos, mas com ocorrência de topos aguçados.

Apresenta formas de relevo condicionadas a um controle geológico (depressão tectônica) e afetadas por sucessivas fases erosivas e deposicionais, onde se desenvolveram em gnaisses, migmatitos e rochas graníticas diversas. Os modelados se apresentam estruturalmente alongados e paralelos entre si, identificando-se colinas, cristas, escarpas erosivas e vales adaptados a falhas e fraturas que cortam a área com orientação preferencial NE-SO (RADAMBRASIL, 1983).

As formas de relevo mais comuns são as colinas convexas, com aprofundamentos de aproximadamente 40 a 127 m e predominância de drenagens do tipo fina. Nos sopés das

escarpas do Planalto de Campos do Jordão ocorrem relevos com dissecação preferencial , cujos aprofundamentos oscilam entre 115 e 156 m. O conjunto topográfico e morfológico forma paisagem de “mar de morros”. Além disso, processos erosivos atuantes são comuns em seu relevo dissecando as encostas convexas, onde ravinas, terracetes e grandes voçorocas são comuns, fato este que limita o aproveitamento das terras (RADAMBRASIL, 1983).

Na **Figura 6.2.3-29** observa-se o aspecto geral da unidade geomorfológica Depressão do Médio Vale do Paraíba do Sul.



**Figura 6.2.3-29 - Aspecto geral da unidade geomorfológica Depressão do Médio Vale do Paraíba do Sul**

### **Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas**

O domínio morfoestrutural bacias e coberturas sedimentares fanerozóicas é constituído por planaltos e chapadas desenvolvidos sobre rochas sedimentares horizontais a sub-horizontais, eventualmente dobradas e/ou falhadas, em ambientes de sedimentação diversos, dispostos nas margens continentais e/ou interior do continente.

#### **PATAMARES CUESTIFORMES ORIENTAIS DA BACIA DO PARANÁ**

Os Patamares Cuestiformes Orientais da Bacia do Paraná se caracterizam pela ocorrência de relevos monoclinais com caimento topográfico voltado para o interior da bacia e bordas escarpadas e vales pouco profundos. Suas encostas são caracterizadas como homogêneas convexas e seu relevo é plano e/ou dissecado em interflúvios tabulares e amplos interflúvios convexizados. Os Patamares Cuestiformes correspondem ao desdobramento de cuestas, ocasionado em diferentes camadas de rochas sedimentares do Mesozoico intercaladas pelos derrames basálticos do Jura-Cretáceo (RADAMBRASIL, 1983).

Nesta unidade geomorfológica é possível reconhecer as bordas escarpadas erosivas, características das cuestas basálticas, com relevo alto marcado por colinas amplas de topos aplainados, alcançando altitudes que variam de 700 até 1.200 m. Além disso, linhas de escarpa festonadas e relevo intensamente dissecado com formas convexas nas vertentes marcam a

transição para as regiões rebaixadas para o compartimento ao lado (DE MOURA PASSARELLA et al, 2010).

Verifica-se que esta unidade geomorfológica margeia paralelamente o traçado da LT 500kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2 a partir da subestação SE Estreito sem, no entanto, atravessa-la. Os mapas **L18-MP-F-6.2.3-014** e **L18-MP-F-6.2.3-015** ilustram a localização desta unidade na AE do empreendimento. Ressalta-se que esta unidade está inserida na região geomorfológica Patamar Oriental da Bacia do Paraná.

#### PLANALTO DO TRIÂNGULO MINEIRO

O Planalto do Triângulo Mineiro possui relevo plano e ondulado, apresentando modelados de dissecação homogênea ou diferencial compostos, predominantemente por colinas suaves, com topos planos ou arredondados, encostas côncavas e convexas e com padrão de drenagem dendrítica. A densidade de drenagem varia de muito baixa a baixa, enquanto o aprofundamento das incisões é classificado como fraco (> 50 a 100 m). Já as cotas altimétricas ficam na faixa de 600 a 800 m na AE do empreendimento.

Esta unidade está inserida na região geomorfológica Planaltos da Bacia do Alto Rio Paraná. Além disso, observa-se no mapa **L18-MP-F-6.2.3-014** que a referida unidade não atravessa o traçado do empreendimento, estando disposta paralelamente ao mesmo, em um pequeno trecho próximo à subestação SE Estreito.

#### TABULEIROS E COLINAS DA BACIA SEDIMENTAR DE TAUBATÉ

A Bacia Sedimentar de Taubaté está localizada na região do Vale do Rio Paraíba do Sul entre as bacias de São Paulo e Resende. É uma bacia assimétrica, possui forma de semigraben basculhada para direção NW, ocasionalmente afetada por fenômenos de silicificação anteriores a sedimentação e atividade tectônica sin e pós sedimentar com sedimentos basculhados e afetado por falhas (Melo et al, 1983).

Especificamente, esta unidade geomorfológica se caracteriza pela presença de amplas colinas sedimentares nos pacotes mais espessos dos sedimentos terciários com topos achatados e altitudes de 600 a 650 m. As partes mais baixas se caracterizam por vales abertos, onde as altitudes estão na faixa de 560 a 600 m. Os principais relevos reconhecidos vão de formas extremamente regulares e suavizadas, como os Tabuleiros e as Colinas Amplas, até as Colinas Pequenas com Espigões locais (Vidal, 1997).

Além disso, esta unidade está inserida na região geomorfológica conhecida como Tabuleiros e Colinas Sedimentares do Rift Continental do sudeste do Brasil. Possuem modelados de dissecação homogênea ou diferencial com formas de topos convexas, densidade de drenagem muito variada (baixa a alta) e aprofundamento das incisões variando de muito fraco (até 50 m) a fraco (>50 a 100 m). Esta unidade é observada no mapa **L18-MP-F-6.2.3-026** e está localizada no estado de São Paulo. A **Figura 6.2.3-30** apresenta um aspecto geral da unidade Tabuleiros e Colinas da Bacia Sedimentar de Taubaté.



**Figura 6.2.3-30 - Vista aérea da unidade geomorfológica Tabuleiros e Colinas da Bacia Sedimentar de Taubaté, onde está inserida a SE Cachoeira Paulista**

### **Depósitos Sedimentares Quaternários**

O domínio morfoestrutural Depósitos Sedimentários Quaternários é composto pelas áreas de acumulação representadas pelas planícies e terrações de baixa declividade e, eventualmente, depressões modeladas sobre depósitos de sedimentos horizontais a sub-horizontais de ambientes fluviais, marinhos, fluvio-marinhos, lagunares e/ou eólicos, dispostos na zona costeira ou no interior do continente.

#### **PLANÍCIES DO RIO PARAÍBA DO SUL**

A unidade geomorfológica Planície do Rio Paraíba do Sul se caracteriza pelas planícies e terraços fluviais específicos do rio Paraíba do Sul, situada no trecho final do traçado do empreendimento, no estado de São Paulo. São áreas de acumulação de sedimentos fluviais quaternários. Esta unidade está inserida na região geomorfológica conhecida como Formas Agrádacionais Atuais e Subatuais Interioranas.

Os terraços fluviais do rio Paraíba do Sul apresentam-se dissecados em colinas muito amplas, gerando relevos tabuliformes e descontínuos. Estes terraços se dispõem em dois níveis: o inferior posiciona-se a 3 a 8 m acima da planície de várzea, sendo caracterizado por cascalhos e areias grossas, sendo que o mesmo passa gradativamente para o nível superior, capeado por aluviões antigos (RADAMBRASIL, 1983).

Já o curso do rio Paraíba do Sul forma inúmeros meandros, sendo que ainda ocorrem diques naturais e canais abandonados distribuídos ao longo de sua ampla planície fluvial. São áreas planas que podem ser periodicamente alagadas. Esta planície é caracterizada por sedimentos argilo-arenosos, argilosos, sílticos e orgânicos.

Esta unidade geomorfológica pode ser visualizada no mapa **L18-MP-F-6.2.3-026**, estando situada no estado de São Paulo. Entretanto, destaca-se que tal unidade não atravessa o traçado do empreendimento.

#### **PLANÍCIES E TERRAÇOS FLUVIAIS**

As planícies se caracterizam por áreas planas resultante de acumulação fluvial, sujeitas a inundações periódicas, correspondendo às várzeas atuais e ocorrem nos vales com preenchimento aluvial. São depósitos sedimentares quaternários que estão associados aos rios



existentes na região de influência do empreendimento (áreas de acumulação de sedimentos).

Os terraços fluviais também são modelados de acumulação fluvial de forma plana, levemente inclinada, apresentando ruptura de declive em relação ao leito do rio e às várzeas recentes situadas em nível inferior, entalhada devido às mudanças de condições de escoamento e consequente retomada de erosão. Ocorrem, geralmente, nos vales dos corpos hídricos que existem na AE do empreendimento, contendo aluviões finos a grosseiros, pleistocênicos e holocênicos. Esta unidade também está inserida na região geomorfológica conhecida como Formas Agradacionais Atuais e Subatuais Interioranas.

#### 6.2.3.2.3. Considerações Finais

A Área de Estudo (AE) referente à LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2 está localizada, predominantemente, na região geomorfológica conhecida como Planalto de Poços de Caldas, onde se destacam as unidades geomorfológicas Planalto de Poços de Caldas, Planalto Jacuí – Muzambinho e Patamares de Varginha que juntos abrangem um total de 44,4% da AE do empreendimento (vide **Quadro 6.2.3-2**). Outras duas unidades geomorfológicas com ocorrência considerável na Área de Estudo são a Depressão do Rio Grande (14,5% do total da AE) e a Depressão do rio Sapucaí (11,5% do total da AE). Ressalta-se que todas estas cinco unidades geomorfológicas estão inseridas no Domínio Morfoestrutural Cinturões Móveis Neoproterozoicos.

Pela caracterização geomorfológica dissertada ao longo do presente diagnóstico verifica-se que a Área de Estudo é uma região formada por uma grande variação de formas de relevo, se destacando os planaltos e patamares, serras e cadeias montanhosas, assim como depressões e menos comumente planícies e terraços fluviais.

Destaca-se ainda que os processos morfodinâmicos predominantes estão associados a processos erosivos e de dissecação, onde os modelados de dissecação homogênea e estrutural com encostas convexas são os mais comuns, apresentando vales e drenagens encaixadas. Em relação a este ponto específico, destaca-se que a região é bastante antropizada, com exceção de alguns trechos de serras e escarpas, com presença de intensa atividade agrícola, com destaque ao café, e pecuária, onde a vegetação nativa está bem degradada. Fato este, que facilita a ação dos processos erosivos e de dissecação comuns na região, associados aos períodos de chuvas intensas. Destaca-se que a determinação e caracterização dos movimentos de massa existentes na AE são devidamente apresentadas no âmbito do tema “Vulnerabilidade Geotécnica” já que este assunto envolve a integração conjunta de vários temas específicos do meio físico (Geologia, Pedologia, Clima, entre outros), além da própria Geomorfologia.

Além disso, ressalta-se que na região em estudo predomina o relevo suave ondulado a ondulado, com variações altimétricas pouco abruptas, onde a maior parte dos terrenos encontra-se na faixa de 600 a 1.100 m (cotas altimétricas). Acima desta faixa altimétrica se destaca a região geomorfológica da Serra da Mantiqueira Meridional, mais ao sul do traçado, com altitudes acima de 1.400 m (escarpas e serranias) e mais duas regiões, com cotas altimétricas na faixa de 1.100 a 1.200 m, inseridas na região geomorfológica Planalto de Poços de Caldas.

### 6.2.3.3. SOLOS

#### 6.2.3.3.1. Aspectos Metodológicos

Para caracterização e delimitação dos diversos tipos de solo na Área de Estudo da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista foi realizada uma pesquisa bibliográfica para obtenção de dados secundários e um levantamento de campo com o levantamento de dados primários, abrangendo um raio de 5 km de extensão em relação aos eixos dos dois traçados do empreendimento. As informações adquiridas resultaram na elaboração de 13 mapas, na escala 1:100.000, que são apresentados nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-041** a **L18-MP-F-6.2.3-053** do Caderno de Mapas.

Ressalta-se que os referidos mapas se embasaram no mapeamento pedológico realizado no estado de Minas Gerais pela Universidade de Viçosa (Departamento de Solos-DPS/LABGEO) que procurou relacionar os tipos de solo com características de tipos de relevo e de vegetação. Adicionalmente, foi realizada uma vasta pesquisa bibliográfica em artigos e documentos técnicos relacionados ao tema em questão (caracterização pedológica) para complementação de informações técnicas. Após esta pesquisa bibliográfica foi feito um levantamento de campo a fim de consolidar os dados obtidos na primeira etapa e observar os tipos de solo existentes ao longo do traçado da LT.

Vale destacar que os critérios adotados para classificação dos tipos de solo foram adotados em consonância com as diretrizes atualizadas e preconizadas pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (EMBRAPA, 2006).

A caracterização pedológica integral envolve a definição e delimitação dos horizontes e camadas com identificação e registro de suas características morfológicas individualmente, especificando a transição entre os referidos horizontes e camadas, profundidade, espessura, cloração, textura, estrutura, consistência e outros atributos mais específicos. Além de observações de campo, são realizadas análises laboratoriais para complementação de sua caracterização.

Para o entendimento de como é feita a classificação dos solos é fundamental o conhecimento dos principais atributos físicos e químicos que os definem, a partir das premissas e diretrizes estabelecidas pelo Manual Técnico de Pedologia do IBGE, 2007, que são:

- Determinação dos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais do solo - seções de constituição mineral ou orgânica característica e dotada de propriedades geradas por processos formadores do próprio solo.
- Cor – sensação visual que se manifesta na presença da luz e, de certa maneira, reflete a quantidade de matéria orgânica, o tipo de óxido de ferro e a classe de drenagem do solo. Utiliza-se a Carta de Munsell para designação de cores do solo.
- Textura – pode ser confundida com o conceito de granulometria do solo, já que representa a fase mineral sólida do solo e determina a proporção dos teores de argila, silte e areia.
- Estrutura – corresponde ao arranjo das partículas (areia, argila e silte) do solo, podendo

ser granular, prismática, em blocos e laminar.

- Consistência – refere-se às forças de adesão e coesão que variam de acordo com o grau de umidade do solo.
- Cerosidade – são filmes de material inorgânico de natureza diversa, orientados ou não, constituindo revestimentos ou superfícies brilhantes na superfície dos elementos estruturais. Sua ocorrência é ocasional.
- Transição entre Horizontes – é a faixa de transição que separa horizontes distintos, podendo ser abrupta, gradual, clara ou difusa.
- Saturação por Bases (V%) e Saturação por Alumínio (m%) – indicam o potencial nutricional dos solos, classificando-os em eutrófico (alta saturação), distrófico (baixa saturação), álico e ácido.
- Atividade da Fração Argila (T) – capacidade de troca de cátions correspondente à fração argila.
- Caráter Alítico – refere-se à condição em que o solo se encontra fortemente dessaturado.
- Contato Lítico – refere-se ao contato entre o solo e a rocha dura.

Para o presente relatório são caracterizados os principais solos da região que estão inseridos a Área de Estudo (AE) e também na Área de Intervenção (AI) do empreendimento. O conhecimento dos tipos de solo existentes (texturas, estruturas, comportamento, entre outros) é fundamental para o entendimento da dinâmica geomorfológica da região, além de subsidiar amplamente a caracterização e o entendimento técnico de outro tema inerente ao meio físico que se refere à vulnerabilidade geotécnica. Para este tema supracitado será feita a avaliação da susceptibilidade à erosão dos solos existentes para caracterizar a presença ou não de aparecimento de processos erosivos e de movimentos de massa na Área de Estudo, além de associá-los com a própria implantação do empreendimento.

De maneira geral, apesar da região sul e sudoeste do estado de Minas Gerais, que compreende grande parte do traçado do empreendimento, ser uma grande produtora de café, verifica-se que os solos da região em geral são classificados como ácidos e com baixa reserva de nutrientes, o que restringe a produção cafeeira caso não sejam executadas atividades de calagem e adubação adequadas.

#### 6.2.3.3.2. Tipos de Solo na Área de Estudo

A caracterização dos tipos de solo observados na Área de Estudo da linha de transmissão será apresentada abaixo.

#### LATOSSOLOS

Os latossolos são solos muito intemperizados e, portanto, bastante evoluídos, caracterizados por material mineral, sendo homogêneos profundos, de boa drenagem e com horizonte B

latossólico subjacente a qualquer tipo de horizonte A. Possui mineralogia da fração argila predominantemente caulínica ou caulínica oxídica. Difere-se entre si, principalmente pela coloração e teores de óxido de ferro. São fortemente ácidos, sendo que o caráter distrófico destes solos evidencia baixa fertilidade natural, pois a saturação por bases costuma ser menor que 50% nos primeiros metros.

São solos típicos de regiões tropicais e estão distribuídos por amplas e antigas superfícies de erosão, pedimentos ou terraços fluviais. Geralmente são encontrados em terrenos de relevo plano ou suave ondulado, apesar de também ocorrerem em relevo montanhoso.

Os solos observados na Área de Estudo para essa categoria são os Latossolos Vermelhos e os Latossolos Vermelho Amarelos.

Os Latossolos Vermelhos recebem esse nome devido às cores vermelhas acentuadas que apresentam, sendo esta coloração consequência dos altos teores e da natureza dos óxidos de ferro presentes no material originário em ambientes bem drenados. A cor, a textura e a estrutura desse solo são uniformes em profundidade. Além disso, apresenta condições adequadas para um bom desenvolvimento radicular em profundidade, em função de serem profundos, além de porosos ou muito porosos (EMBRAPA, 2013).

Os Latossolos Vermelho Amarelos, que são característicos de ambientes bem drenados, são muito profundos e muito utilizados para agropecuária, sendo indicada a adubação fosfatada, já que em condições naturais os teores de fósforo são baixos nesses solos. Estes latossolos apresentam como limitação também a baixa quantidade de água disponível para as plantas, porém por serem profundos e porosos ou muito porosos, apresentam condições adequadas para um bom desenvolvimento radicular em profundidade. Também apresentam uniformidade em profundidade para as características de cor, textura e estrutura (EMBRAPA, 2013).

Na Área de Estudo, estes latossolos compreendem o tipo de solo mais comum, com predominância dos Latossolos Vermelhos distróficos (LVd2 e LVd1) com horizonte típico A moderado, com textura média a argilosa e saturação por bases menor que 50%, com relevo plano e suave ondulado e fase floresta subcaducifólia (d1), cerrado (d2); e Latossolos Vermelho Amarelos distróficos (LVAd1 e LVAd3), bem drenados, com horizonte típico A moderado, muito profundos e bastante intemperizados, com textura média a argilosa, com relevo plano e suave ondulado e fase cerrado (d1) e fase caatinga hipoxerófila (d2). Os Latossolos Vermelho distróficos e Latossolos Vermelho Amarelos distróficos são representados na **Figura 6.2.3-31** e na **Figura 6.2.3-32**, respectivamente.



**Figura 6.2.3-31 - (a) Detalhes do latossolo vermelho (LVd) de textura areno-argilosa encontrado em campo. (b) Pequeno perfil de solo LVd de coloração vermelha e textura argilo-arenosa.**



**Figura 6.2.3-32 - (a) Perfil de solo LVAd de coloração vermelho amarelo e granulometria areno-argilosa. (b) Solo LVAd de coloração vermelha e granulometria fração areno-argilosa encontrado em campo.**

Variantes desses quatro tipos de latossolos são observadas ao longo do traçado, que apresentam variações em suas características tais como: horizonte A fraco/moderado, textura arenosa a argilosa e com fases de vegetação e tipos de relevo diversos. Ademais, é importante destacar, que se observam localmente Latossolos Vermelhos distroféricos (LVdf1) com horizonte típico A moderado/proeminente, com textura argilosa e fase floresta subcaducifólia e relevo plano e suave ondulado.

## NEOSSOLOS

Os Neossolos são solos constituídos por material mineral ou orgânico pouco espesso (< 30 cm) e sem apresentar qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Apresentam predomínio de características herdadas do material originário, sendo solos pouco evoluídos. Variam de solos rasos até profundos e de baixa a alta permeabilidade, podendo apresentar também alta ou baixa saturação por bases, além de acidez e altos teores de alumínio e de sódio. Na região do traçado são verificados dois tipos de neossolos, a saber, o Neossolo Litólico e o Neossolo Flúvico.

O Neossolo Litólico encontrado na região é distrófico, com horizonte típico A fraco/moderado assentado diretamente sobre rocha. São solos rasos ou muito rasos (pouco desenvolvidos), de textura arenosa e não hidromórficos (RLd1 – fase cerrado e relevo ondulado e escarpado). Apresentam grande presença de material cascalhento e de fragmentos de rocha, alta erodibilidade e, em função destas características, são de baixa fertilidade. A **Figura 6.2.3-33** apresenta um perfil de Neossolo Litólico.



**Figura 6.2.3-33 - Perfil de Neossolo Litólico em beira de estrada de terra**

Enquanto isso, o Neossolo Flúvico é também distrófico, com típico Horizonte A moderado assentado sobre camada ou horizonte C e que apresenta uma sucessão de camadas de natureza aluvionar sem relação pedogenética entre si (RUbd1 – fase caatinga hipoxerófilas e relevo plano). Em geral apresenta argila de atividade baixa e saturação por bases menor que 50%.

## NITOSSOLOS

Os Nitossolos são solos compostos por material mineral, de textura argilosa ou muito argilosa, moderadamente ácidos a ácidos com saturação por bases baixa a alta e se caracterizam pela presença de um horizonte B nítico. Esse solo apresenta baixa atividade da argila, além de ser não hidromórfico. São solos profundos, bem drenados e de coloração vermelha a brunada, estando mais relacionados ao material de origem, podendo ser originados de rochas básicas, calcáreas ou intermediárias.

Na região de influência do traçado é encontrado apenas em uma pequena faixa na região norte da LT, próximo a SE Estreito (Folha 01), que se caracteriza por um Nitossolo Vermelho (NVef1) eutrófico típico A chernozêmico / moderado, com textura argilosa, fase caatinga hipoxerófila e relevo suave ondulado.

Os Nitossolos Vermelhos, geralmente, de coloração vermelha a vermelho-escura, podem ser argilosos ou muito argilosos, além de possuírem estrutura em blocos fortemente desenvolvidos, derivados de rochas básicas e ultrabásicas, com diferenciação de horizontes pouco notável.

Apesar de apresentarem alto risco de erosão devido aos relevos acidentados em que esses solos são encontrados, os Nitossolos Vermelhos são de grande importância agrônômica, já que mesmo os solos distróficos e álicos respondem bem à aplicação de corretivos (EMBRAPA, 2013).

## CAMBISSOLOS

Os Cambissolos são solos constituídos por material mineral com horizonte B incipiente e subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, geralmente são rasos a profundos com teor de argila semelhante entre os horizontes A e B, forte a imperfeitamente drenados, de baixa a alta saturação por bases e presença de argilas de atividade baixa a alta. Sua textura é bastante variada, desde argilosa até cascalhenta.

É identificado no campo pela sensação de sedosidade na textura devido ao silte presente e pela massa de solo rica em mica. São solos em estágio intermediário de intemperismo, onde o seu horizonte B incipiente possui em geral textura franco arenosa ou mais argilosa, podendo ter estruturas em blocos, granular ou prismática, com casos de solos com ausência de agregados, que possuem estrutura em grãos simples ou maciça. Na Área de Estudo são encontrados dois solos dessa classe, sendo eles os Cambissolos Háplicos (CX) e os Cambissolos Húmicos (CH).

Os Cambissolos Háplicos geralmente são identificados por não apresentarem horizonte superficial A húmico, e podem ser encontrados normalmente em relevos forte ondulados ou montanhosos. De fertilidade natural variável, esses solos apresentam como principais limitações para uso o relevo com declives acentuados, a pequena profundidade e a ocorrência de pedras na massa do solo (EMBRAPA, 2013).

Os Cambissolos Húmicos são caracterizados por possuírem horizonte A superficial húmico, que se caracteriza pela cor escura, devido à riqueza em matéria orgânica. São solos de baixa fertilidade e geralmente ácidos, sendo mais utilizados para cultivos de subsistência, pastagem e reflorestamento. São associados a climas frios de altitude ou clima subtropical do Sul do Brasil (EMBRAPA, 2013).

Na Área de Estudo são encontrados os Cambissolos Háplicos (CX) distróficos, com típico horizonte A fraco e moderado, horizonte B incipiente, textura argilosa (bd1) a cascalhenta (bd6), relevo forte ondulado e fase caatinga hipoxerófila (bd1) a cerrado (bd6). Possuem argila de baixa atividade, com fertilidade baixa e são medianamente profundos a rasos. O Cambissolo Háplico distrófico é ilustrado na **Figura 6.2.3-34** a seguir.



**Figura 6.2.3-34 - (a) Detalhe de Cambissolo CXbd de coloração avermelhada e granulometria fração areia encontrado em campo. (b) Perfil desse mesmo solo em talude**

Localmente, também são encontrados Cambissolo Háplico + Latossolo Vermelho Amarelo (CXbd9) distróficos na fase cerrado e relevo suave ondulado e ondulado / plano e suave ondulado; além destes observa-se Cambissolo Háplico (CXbd24) distrófico, com horizonte A moderado, textura média, cascalhenta, na fase subcaducifólia e relevo forte ondulado.

Também são observados Cambissolos Húmicos (CHd1) distrófico, com típico horizonte A úmido/proeminente, textura argilosa + Cambissolo Háplico Tb distrófico, com horizonte A moderado, textura argilosa. A fase é de floresta subperenifólia e o relevo é forte ondulado. O Cambissolo Húmico distrófico é representado pela **Figura 6.2.3-35**.



**Figura 6.2.3-35 - (a) Cambissolo Háplico (CHd) de coloração ocre e granulometria argilosa encontrado em campo. (b) Pequeno talude de corte de estrada em região de abrangência de Cambissolo Húmico.**

## ARGISSOLOS

Os Argissolos são solos constituídos por material mineral, pouco profundos a profundos, que mostram aumento do teor de argila do horizonte superficial A para o subsuperficial Bt. Possuem argila de atividade baixa ou argila de atividade alta correlacionada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B. As cores do horizonte Bt variam de acinzentadas a avermelhadas. Frequentemente, apresentam baixa atividade da argila (CTC) e normalmente, são solos ácidos. Podem ser alíticos (altos teores de alumínio), distróficos (baixa



saturação de bases) ou eutróficos (alta saturação de bases). Na região foram observados Argissolos Vermelhos e Argissolos Vermelho Amarelos.

Os Argissolos Vermelhos recebem esse nome devido aos teores mais altos e à natureza dos óxidos de ferro presentes no material originário em ambientes bem drenados, o que gera cores vermelhas acentuadas. Apresenta um teor de argila no horizonte subsuperficial bem superior ao horizonte superficial, além de ocorrerem principalmente em áreas de relevo ondulado. A fertilidade natural desse solo é muito variável devido à diversidade de materiais de origem (EMBRAPA, 2013).

Os Argissolos Vermelho-Amarelos são solos que apresentam horizonte de acumulação de argila B textural, com cores vermelho-amarelas devido à presença da mistura dos óxidos de ferro hematita e goethita. São solos profundos e muito profundos, bem estruturados e bem drenados. Além disso, apresentam principalmente a textura média/argilosa, podendo também ser encontradas em menores frequências as texturas média/média e média/muito argilosa. Quanto à fertilidade natural, esta é baixa a muito baixa, possuindo também reação fortemente ácida e argilas de atividade baixa (EMBRAPA, 2013).

Na Área de Estudo são observados, ao longo do traçado, os Argissolos Vermelhos distróficos (d), na sua grande maioria, e também eutróficos (e), típico horizonte A moderado e textura média argilosa. Os argissolos se encontram na fase floresta subperenifólia e relevo ondulado para os distróficos e na fase floresta subcaducifólia e relevo ondulado. Os argissolos distróficos se divergem entre si em função do tipo PVd2 apresentar no seu perfil um horizonte de latossolo vermelho amarelo muito profundo, que não é observado no tipo PVd1. O Argissolo Vermelho distrófico pode ser observado em um talude de corte de estrada na **Figura 6.2.3-36**.



**Figura 6.2.3-36 - Perfil de Argissolo Vermelho (PVd1) de talude de corte de estrada**

Também são encontrados na região de estudo os Argissolos Vermelho Amarelos com cinco variações observadas, onde predominam os Argissolos Distróficos (PVAd2), com típico horizonte A moderado, textura média/argilosa com fase de floresta subcaducifólia e relevo suave ondulado e ondulado; e Argissolos Eutróficos (PVAe2) com típico horizonte A moderado, textura média/argilosa com fase de floresta subcaducifólia e relevo forte ondulado e

montanhoso. As outras três variações observadas na região são menos frequentes, são eles: (a) os Argissolos vermelho amarelos + Latossolo Vermelho Amarelo + Cambissolo Háplico (PVAd8 – relevo ondulado e forte ondulado e floresta subcaducifólia); (b) os Argissolos Vermelho Amarelo + Cambissolo Háplico + Afloramento Rochoso (PVAd9 – relevo forte ondulado e floresta subperenifólia); e (c) os Argissolos Vermelho Amarelo + Latossolo Vermelho (PVAd11 – relevo ondulado e floresta subcaducifólia). Os solos Argissolo Vermelho Amarelo distrófico e Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico estão representados na **Figura 6.2.3-37** e na **Figura 6.2.3-38**, respectivamente.



**Figura 6.2.3-37 - (a) e (b) Perfis de Argissolo Vermelho Amarelo (PVAd8) de talude de corte de estrada.**



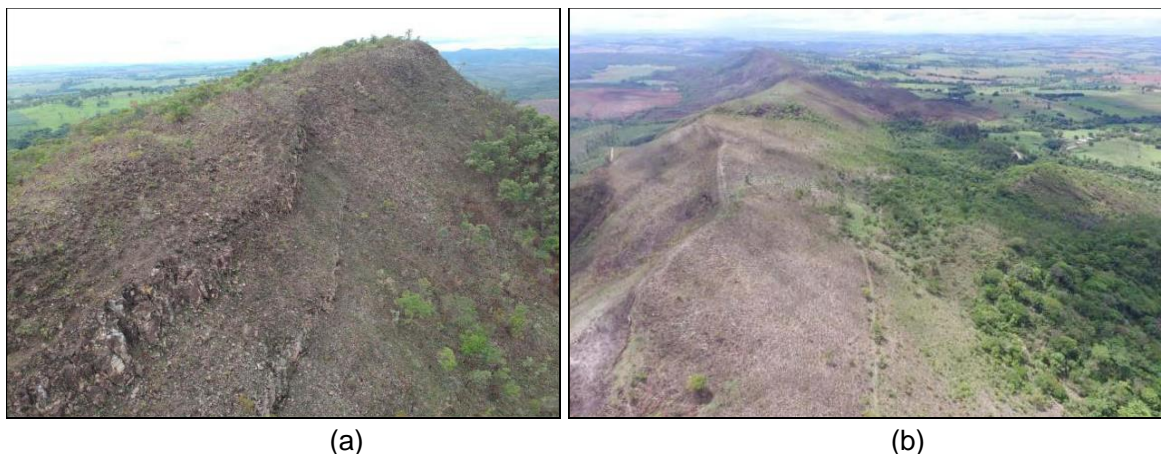
**Figura 6.2.3-38 - Aspecto geral do Argissolo (PVAe) de coloração vermelha e textura arenosa contendo grânulos de quartzo angulosos**

## AFLORAMENTOS DE ROCHA

Os afloramentos de rocha são tipos de terrenos representados por exposições de diferentes tipos de rochas, ocorrendo principalmente na zona semi-árida. Se caracterizam por exposições de rocha dura, branda ou semi-branda, nua ou com reduzidas porções de materiais detríticos grosseiros não consolidados, constituindo uma mistura de fragmentos provenientes da desagregação das rochas com material terroso. Não é classificável como solo e muitas vezes encontra-se associado à Neossolos Litólicos, ocorrendo também como inclusões em áreas de outros solos (EMBRAPA, 2013).

No mapeamento pedológico realizado foram diagnosticadas duas áreas significativas que foram caracterizadas como de Afloramento rochoso puro (AR1) e Afloramento Rochoso + Cambissolo Háplico distrófico típico e léptico, com Horizonte A moderado, textura siltosa gradando para argilosa + Neossolo Litólico distrófico Horizonte A fraco/moderado, na fase floresta subperenifólia e relevo montanhoso (AR4). Esta unidade se encontra em uma extensa área que abrange a subestação SE Estreito. Portanto, quando os afloramentos de rocha aparecem como unidade, eles representam no mínimo 1/5 da área delimitada para a referida unidade. Reitera-se que no seu domínio mapeado (mapas **L18-MP-F-6.2.3-041** e **L18-MP-F-6.2.3-042** do Caderno de Mapas) não se observa apenas afloramentos de rocha que são mais predominantes nas cotas mais elevadas e nas encostas mais íngremes do relevo mais montanhoso, enquanto que nas porções mais baixas desta região se observa presença de perfis de solo (cambissolos ou neossolos).

A **Figura 6.2.3-39** apresenta uma vista aérea na região de domínio destes afloramentos rochosos, onde se observa nas cotas elevadas (crista da serra), afloramento de xistos bastante diaclasados.



**Figura 6.2.3-39 - (a) Crista linear com cerca de 200m de altura composta de afloramento de xisto bastante diaclasado. (b) Topo de montanha constituída por afloramentos de xisto. Ambos os pontos observados são referentes ao Afloramento rochoso puro (AR1).**

### 6.2.3.3.3. Considerações Finais

Observa-se pelos mapas pedológicos elaborados no contexto do diagnóstico ambiental que a maior parte da Área de Estudo é caracterizada, predominantemente, por latossolos vermelhos

e latossolos vermelhos amarelos. Esta evidência está em consonância com solos típicos de regiões tropicais e comuns em terrenos de relevo plano ou suave ondulado que caracterizam, geomorfologicamente, a maior parte da região em estudo formado por planaltos – mar de morros).

Além disso, os Argilossolos também representam uma ocorrência em uma área significativa. Ressalta-se ainda, que os afloramentos rochosos indicados na região no entorno da SE Estreito são mais comuns na área montanhosa e alta declividade, onde as condições de desenvolvimento de perfis de solo não são tão propícias. Enquanto que nas cotas mais baixas, como por exemplo, na região de acesso a referida SE Estreito, há presença de solo neste domínio com predominância de cambissolos.

Vale destacar que a maioria dos solos existentes estão associados principalmente a rochas metamórficas que são as unidade litológicas que predominam na região do traçado do empreendimento, conforma observado e relatado no contexto do tema “Geologia”.

Ressalta-se que a caracterização e determinação da susceptibilidade à erosão que está estreitamente relacionada aos tipos de solo existentes será devidamente avaliada no contexto do tema “Vulnerabilidade Geotécnica”. Pois esse tema envolve uma gama ainda maior de dados que precisam ser correlacionados e integrados com outros aspectos do meio físico, como por exemplo geomorfologia (tipos de relevo, tografia e declividade) e geologia (tipos de rocha), assim como aspectos do meio socioeconômico tal como uso e manejo dos solos e aspectos do meio biótico, como por exemplo a questão da cobertura vegetal.

#### **6.2.3.4. SISMICIDADE**

##### **6.2.3.4.1. CARACTERIZAÇÃO SISMOLÓGICA**

A crosta terrestre apresenta uma série de placas tectônicas que se movimentam lentamente entre si, produzindo um esforço contínuo de deformação nas grandes massas de rocha que compõem a litosfera. Os movimentos das placas tectônicas podem ocasionar afastamento (movimentos divergentes), colisão (movimentos convergentes) ou deslizamentos de uma placa pela outra (movimentos transcorrentes). Os terremotos ocorrem, com maior frequência e intensidade, nos limites entre as placas tectônicas que são zonas tectonicamente instáveis.

Os terremotos ou abalos sísmicos de grande magnitude ocorrem quando o deslocamento na interface entre as placas tectônicas é impedido, fato este que acarreta um acúmulo gradual de energia de deformação que só é liberada quando a resistência da rocha ali existente é superada, originando sua ruptura abruptamente. Esta situação gera uma liberação de energia até que se alcance uma nova posição de equilíbrio. Essa energia liberada, subitamente, se propaga por meio de ondas de deformação acarretando deslocamentos da superfície podendo ou não causar destruição.

O Brasil, por se localizar no interior da placa tectônica da América do Sul (zona intraplaca), apresenta uma sismicidade bem inferior (frequência e magnitude) do que aquela observada nas regiões de limites de placas tectônicas, como é o caso, por exemplo, da região leste do continente sul-americano que se caracteriza pela zona de convergência e de contato entre as placas de Nazca e Sul-americana. Além disso, o Brasil se caracteriza por apresentar sismicidade inferior de outras regiões intraplacas semelhantes, tais como leste da América do

Norte, África e Austrália.

Portanto, os eventos sísmicos naturais ocorrem continuamente no processo de equilíbrio do arcabouço tectônico da Terra a grandes profundidades, acarretando terremotos, vulcanismos, acomodação da crosta e outros fenômenos. Destaca-se que os sismos naturais também são conhecidos como sismos tectônicos, sendo entendidos como os movimentos da crosta terrestre (placas tectônicas) que ocorrem num determinado espaço de tempo e local, se propagando em todas as direções (ondas sísmicas) para dentro, para fora e ao longo da superfície da crosta.

Além dos sismos naturais, podem ocorrer os chamados sismos induzidos, que são aqueles que podem ser gerados no interior da crosta e estão comumente relacionados ao enchimento de reservatórios hidrelétricos. Este processo pode ocorrer em função do aumento das pressões hidrostáticas geradas pela infiltração de água nas descontinuidades do substrato rochoso, ocasionando perda de resistência do mesmo e, conseqüentemente, gerando tremores (acomodação do substrato rochoso). Os principais fatores que influem no desencadeamento de sismos induzidos são a altura da coluna d'água do reservatório, velocidade do enchimento, características geológicas estruturais específicas da região e presença de solos permeáveis que facilitam a infiltração d'água.

A caracterização sismológica natural e induzida na área de estudo se baseou na consulta, levantamento e compilação de dados coletados junto aos principais observatórios sismológicos existentes (Observatório Sismológico da Universidade de Brasília, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciência Atmosféricas da Universidade de São Paulo - IAG/USP e IPT) no período compreendido entre os anos de 1900 até o ano de 2017. A coleta dos eventos sísmicos na Área de Estudo (AE) foi realizada na base de dados dos supracitados observatórios, especificamente, no dia 20/11/2017.

O mapa **L18-MP-F-6.2.3-054** do Caderno de Mapas ilustra os eventos sísmicos registrados em uma área de 110 km<sup>2</sup>, onde está inserida a Área de Estudo do empreendimento, onde se destacam os municípios que são cortados pelo traçado da LT 500kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista. Informa-se que os limites dos referidos municípios delimitam a Área de Estudo definida para a caracterização e avaliação dos aspectos inerentes ao meio socioeconômico.

Ao todo foram verificados 71 eventos sísmicos, sendo que apenas seis deles foram detectados dentro de municípios que estão contemplados na Área de Estudo. O **Quadro 6.2.3-5** apresenta a listagem e as principais características (ano de ocorrência, coordenadas do epicentro, magnitude, distância ao traçado e local) dos referidos eventos sísmicos observados na AE. Informa-se que estes eventos são representados no mapa **L18-MP-F-6.2.3-054** como pontos vermelhos, onde cada um deles é identificado por um código ID definido pelo Observatório que o registrou.

**Quadro 6.2.3-5 - Lista dos eventos sísmicos registrado na AE do empreendimento no período compreendido entre os anos de 1900 a 2017**

EVENTO_ID	ANO	LATITUDE	LONGITUDE	MAGNITUDE	DISTÂNCIA	LOCAL
usp2017gdih	2017	-21,93	-46,53	2,2 mR	43,17 km	Poços de Caldas/MG
usp2017avpb	2017	-21,94	-46,53	2,2 mR	43,73 km	Poços de Caldas/MG
usp2016dzvu	2016	-22,24	-45,92	2,2 MLv	11,24 km	Pouso

EVENTO_ID	ANO	LATITUDE	LONGITUDE	MAGNITUDE	DISTÂNCIA	LOCAL
						Alegre/MG
bsb19961018214401	1996	-21,04	-46,74	4,0 mR	20,23 km	Jacuí-Guaxupé/MG
bsb19840408205600	1984	-20,80	-46,76	3,8 mR	8,18 km	Passos/MG
bsb19810118161950	1981	-20,71	-46,7	3,3 mR	1,63 km	Passos/MG

Avaliando os dados do **Quadro 6.2.3-5** verifica-se que o evento sísmico mais próximo do traçado atual do empreendimento ocorreu em Passos/MG no ano de 1981, a uma distância de 1,63 km do seu eixo e com uma magnitude de 3,3 mR. Já o evento sísmico de maior magnitude ocorreu em Jacuí-Guaxupé/MG com um valor de 4,0 mR no ano de 1996.

O **Quadro 6.2.3-6** lista os outros 65 eventos sísmicos registrados nas adjacências da AE que estão representados por círculos amarelos no mapa **L18-MP-F-6.2.3-054**. No **Quadro 6.2.3-6** é informado o ano de ocorrência, as coordenadas geográficas, magnitude e localização de cada um dos eventos coletados.

Observa-se no **Quadro 6.2.3-6** que o evento de maior magnitude registrado na área representada no presente documento foi de 5,1 mA em Mogi Guaçu/SP no ano de 1922 (evento 56). Posteriormente, verificam-se dois eventos sísmicos de magnitude de 3,9 mA e 4,0 m mA em Poços de Caldas/MG e Bom Sucesso/MG, respectivamente (eventos 52 e 60). Ressalta-se que o evento sísmico de Jacuí-Guaxupé/MG mencionado no **Quadro 6.2.3-5** e que se encontra na AE do empreendimento, também teve magnitude de 4,0 mR, indicando ser o segundo evento de maior magnitude na área estudada.

**Quadro 6.2.3-6 - Lista dos 65 eventos sísmicos registrados nas adjacências do empreendimento no período compreendido entre os anos de 1900 a 2017**

EVENTOS	ANO	LATITUDE	LONGITUDE	MAGNITUDE	LOCAL
1	2017	-21,18	-44,94	0,9 MLv	Ijaci/MG
2	2017	-22,64	-44,51	2,3 mR	Arapei/SP
3	2017	-21,93	-46,57	2,2 mR	Poços de Caldas/MG
4	2017	-21,96	-46,55	2,3 mR	Poços de Caldas/MG
5	2017	-21,79	-46,54	3,2 mR	Poços de Caldas/MG
6	2016	-21,91	-44,88	2,6 mR	Baependi/MG
7	2016	-21,37	-46,15	2,3 mR	Areado/MG
8	2015	-20,11	-45,25	2,3 mR	Santo Antonio do Monte/MG
9	2014	-21,14	-44,60	2,5 mR	Nazareno/MG
10	2014	-20,18	-45,40	2,7 mR	Japaraíba/MG
11	2014	-21,09	-44,59	2,5 mR	Nazareno/MG
12	2014	-21,22	-45,77	2,4 mR	Campos Gerais/MG
13	2014	-21,20	-45,67	1,9 mR	Campos Gerais/MG
14	2014	-21,97	-45,50	1,8 mR	Heliódora/MG
15	2014	-21,62	-44,93	2,2 mR	Luminárias/MG
16	2014	-20,41	-46,16	2,3 mR	Piumhi/MG
17	2014	-21,07	-44,66	0,9 MLv	Bom Sucesso/MG
18	2014	-21,06	-44,66	1,1 MLv	Bom Sucesso/MG
19	2014	-21,06	-44,66	1,3 MLv	Bom Sucesso/MG

EVENTOS	ANO	LATITUDE	LONGITUDE	MAGNITUDE	LOCAL
20	2014	-21,05	-44,66	0,8 MLv	Bom Sucesso/MG
21	2014	-21,06	-44,65	1,7 MLv	Bom Sucesso/MG
22	2014	-20,60	-45,29	2,4 mR	Camacho/MG
23	2013	-21,13	-44,83	1,6 mR	Ibituruna/MG
24	2013	-21,85	-46,89	2,9 mR	Vargem Grande do Sul/SP
25	2013	-20,63	-45,76	2,8 mR	Santo Inacio/MG
26	2011	-21,17	-44,95	3,2 mR	Ijaci; Funil/MG
27	2006	-21,64	-46,86	3,0 mR	S. Jose do Rio Pardo/SP
28	2005	-21,03	-47,29	3,1 mR	SBenedAreias/SP
29	2003	-20,37	-44,81	2,9 mR	Itaguara-MG
30	2003	-21,31	-46,19	3,2 mR	Areado-MG
31	2002	-20,27	-44,67	3,4 mR	Itaguara-MG
32	1997	-20,75	-45,75	3,5 mR	Guaxupé/MG
33	1997	-20,82	-47,17	2,9 mR	Antas-SP
34	1996	-21,29	-47,32	2,8 mlnd	Cajuru/SP
35	1993	-20,58	-45,40	2,9 mR	Formiga/MG
36	1993	-20,58	-45,40	3,1 mR	Formiga/MG
37	1992	-21,33	-46,15	2,9 mR	Areado/MG
38	1992	-20,33	-44,58	3,3 mR	Crucilandia/MG
39	1990	-20,11	-44,62	2,8 mR	Divinopolis/MG
40	1990	-21,23	-46,02	2,9 mR	Alfenas/MG
41	1987	-21,30	-46,20	2,9 mR	NW Alfenas/MG
42	1987	-20,50	-44,50	2,8 mR	S. Itaguara/MG
43	1982	-20,76	-45,80	3,2 mR	Furnas/MG
44	1982	-21,64	-46,65	3,1 mR	Poços de Caldas/MG
45	1981	-21,45	-46,09	3,1 mR	Alfenas/MG
46	1976	-20,28	-44,75	3,2 mlnd	Carmo do Cajuru/MG
47	1972	-20,28	-44,75	3,7 mR	Carmo do Cajuru/MG
48	1971	-20,28	-44,75	3,5 mlnd	Carmo do Cajuru/MG
49	1970	-20,28	-44,75	3,4 mA	Carmo do Cajuru/MG
50	1966	-20,80	-46,00	3,2 ml	Região de Furnas/MG
51	1964	-20,51	-45,59	3,0 ml	Pontevila/MG
52	1950	-21,82	-46,71	3,9 mA	Poços de Caldas/MG
53	1947	-21,79	-46,58	3,0 ml	Poços de Caldas/MG
54	1946	-21,31	-46,71	3,0 ml	Guaxupé/MG
55	1935	-21,03	-44,75	3,7 mA	Bom Sucesso/MG
56	1922	-22,17	-47,04	5,1 mA	Mogi Guaçu/SP
57	1920	-21,03	-44,75	3,0 ml	Bom Sucesso/MG
58	1920	-21,03	-44,75	3,0 ml	Bom Sucesso/MG
59	1920	-21,03	-44,75	3,2 ml	Bom Sucesso/MG
60	1920	-21,03	-44,75	4,0 mA	Bom Sucesso/MG
61	1919	-21,03	-44,75	3,2 ml	Bom Sucesso/MG
62	1901	-21,03	-44,75	3,0 ml	Bom Sucesso/MG

EVENTOS	ANO	LATITUDE	LONGITUDE	MAGNITUDE	LOCAL
63	1901	-21,03	-44,75	3,0 ml	Bom Sucesso/MG
64	1901	-21,03	-44,75	3,0 ml	Bom Sucesso/MG
65	1901	-21,03	-44,75	3,0 ml	Bom Sucesso/MG

#### 6.2.3.4.2. Considerações Finais

Em função do Brasil estar situado em uma região intraplacas, a atividade sísmica registrada em seu território é de baixa magnitude. Levando-se em consideração esta premissa, observa-se que a Área de Estudo definida para avaliação sísmica da região de implantação do empreendimento, abrangendo os municípios que são intervenientes ao traçado, apresenta um histórico de baixíssimas ocorrências de eventos sísmicos. Em levantamento de dados secundários junto aos principais observatórios sismológicos do Brasil, que registram os eventos sísmicos, constatou-se a ocorrência direta de apenas seis eventos sísmicos na AE, onde o de maior magnitude registrada foi de 4,0 mR no ano de 1996, no município de Jacuí-Guaxupé/MG.

Portanto, com base nos dados levantados e consistidos com relação à sismicidade, conclui-se que a LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2 será implantada em uma região que não representa riscos de segurança e integridade no que se refere a possível ocorrência de eventos sísmicos.

#### 6.2.3.5. VULNERABILIDADE GEOTÉCNICA

##### 6.2.3.5.1. Contextualização

A geotecnia é a ciência que caracteriza o comportamento dos materiais e terrenos da crosta terrestre. A geotecnia ambiental, um segmento mais específico dessa ampla ciência, é a prática que envolve considerações referentes aos aspectos técnicos dos materiais geológicos, ao meio geológico natural e não natural e aos processos naturais do meio ambiente.

A linha de transmissão se caracteriza por ser um tipo de empreendimento que abrange grandes extensões lineares (comprimento) com uma largura restrita (faixa de servidão), necessitando de investigações geológico-geotécnicas do subsolo a pequenas profundidades para conhecimento das condições estruturais das fundações e do local onde serão implementadas e construídas as bases das torres metálicas. Além disso, as atividades de infraestrutura e de apoio inerentes à fase de implantação do empreendimento requer a abertura de vias de acesso e execução de taludes de corte e aterro que podem potencializar o aparecimento de processos erosivos e instabilizatórios que evidenciam a vulnerabilidade geotécnica das encostas antropizadas. Face a estas premissas, consolida-se o conceito que a caracterização da vulnerabilidade geotécnica pode ser embasada em aspectos relacionados à caracterização da suscetibilidade a erosão dos materiais subsuperficiais existentes na área de implantação do empreendimento.

Portanto, para a definição da vulnerabilidade geotécnica de uma determinada região é fundamental a realização de uma análise integrada dos fatores condicionantes que interferem diretamente na suscetibilidade a erosão e que possam acarretar o possível desencadeamento de processos erosivos (ravinações, voçorocas) e instabilizatórios (movimentos de massa,



queda de blocos) e, conseqüentemente, assoreamentos de corpos hídricos próximos a estes eventos devido à implantação do empreendimento. Os principais fatores condicionantes do meio físico que evidenciam a caracterização da vulnerabilidade geotécnica no presente estudo são: geologia (tipos litológicos e aspectos estruturais), pedologia (tipos de solo), climatologia, geomorfologia (declividade e hipsometria) e usos e cobertura do solo.

Ressalta-se que estes componentes supracitados e a interação entre eles são os fatores condicionantes naturais da intensidade do processo erosivo em um dado local, que evidencia e identifica a vulnerabilidade geotécnica da área de estudo. Com a retirada da vegetação natural para implantação de sistemas antrópicos de uso e manejo das terras, dá-se a intensificação do processo erosivo. Comumente, a interferência humana acelera em muito o processo, tornando-o de difícil controle. Assim, a caracterização da susceptibilidade à erosão das terras permite identificar as áreas mais frágeis e sujeitas à degradação, que devem, portanto, serem utilizadas e manejadas com maior cuidado, ou mesmo preservadas ou mantidas sem utilização.

Conceitualmente, a erosão é um processo contínuo que engloba a desagregação ou destacamento de uma massa de solo de um local, e o seu transporte e deposição em outro local (HOLY, 1980). No caso da erosão hídrica, são considerados dois subtipos: erosão areolar e erosão linear (LAFLEN e ROSE, 1998). A erosão areolar é também chamada de entressulcos ou laminar, e a erosão linear pode ser referida por erosão em sulcos. A erosão areolar inicia com o impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo descoberto, desagregando-o. Após a saturação da camada superficial do solo, forma-se um filme líquido à superfície em que as partículas em suspensão podem ser mais facilmente transportadas. Com a continuidade da precipitação, aumentando o volume de água à superfície do solo, esta pode alcançar os caminhos preferenciais de escoamento do terreno, formando-se a enxurrada ou "runoff". A depender do volume e energia da enxurrada, dá-se o destacamento do solo nos sulcos, que é transportado para as áreas mais baixas, ocorrendo então o sub-tipo de erosão referido por linear ou em sulcos (WEILL e PIRES NETO, 2007).

Em estudos regionais de natureza mais qualitativa, como é o caso dos estudos de impacto ambiental, não são feitas determinações ou estimativas da erosão. O diagnóstico, nesse caso, pode ser efetuado a partir da caracterização qualitativa da susceptibilidade das terras ao processo erosivo, por diferentes aproximações. Uma abordagem adequada é partir da análise e interpretação integrada das condições presentes dos principais fatores condicionantes do processo. Assim, em uma área que se possa considerar homogênea quanto às condições climáticas, ou mais especificamente quanto à erosividade das chuvas para causarem erosão, as variações locais da geologia, do relevo, da pedologia e usos e cobertura do solo é que poderão definir a maior ou menor susceptibilidade das terras ao processo.

#### 6.2.3.5.2. Procedimento Metodológico

Para o diagnóstico da vulnerabilidade geotécnica da Área de Estudo foi adotada a metodologia de mapeamento da vulnerabilidade natural à perda de solo estabelecida por CREPANI *et al.* (2001) que adota critérios específicos para atribuição de valores de vulnerabilidade. No caso do presente diagnóstico, conforme mencionado anteriormente, os fatores condicionantes definidos para este estudo são: geologia, geomorfologia, pedologia, climatologia e usos e ocupação do solo.

Portanto, para a diferenciação e caracterização da vulnerabilidade geotécnica da Área de Estudo utilizaram-se dados obtidos no diagnóstico ambiental do meio físico para os temas de Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Uso e Cobertura do Solo. Reitera-se que para o tema Clima, considerou-se que as condições climáticas são homogêneas para toda a região em estudo, não sendo, portanto, um fator principal para a diferenciação da vulnerabilidade geotécnica.

A partir da coleta de dados, estabeleceu-se a integração das informações geológicas, geomorfológicas, pedológicas e de uso e cobertura do solo que foi efetuada empregando técnicas de geoprocessamento, que permitiram a confecção de um Mapa de Vulnerabilidade Geotécnica da Área de Estudo, a partir da determinação e da espacialização de classes de vulnerabilidade geotécnica definidas para o presente diagnóstico.

Em face ao que foi exposto, o produto final deste diagnóstico foi à elaboração e apresentação de 13 folhas que compõem o Mapa de Vulnerabilidade Geotécnica da Área de Estudo do Meio Físico, em escala 1:100.000, considerando 1 km para cada lado dos eixos principais dos traçados da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2. Ressalta-se que a definição desta área de 1 km para cada lado do traçado foi considerada suficiente para a abrangência e caracterização efetiva deste tema em relação às futuras atividades executivas inerentes à implantação deste empreendimento.

Portanto, a elaboração do Mapa de Vulnerabilidade Geotécnica objetivou representar, de forma integrada, a sensibilidade natural intrínseca dos atributos físicos da Área de Estudo frente às pressões antrópicas já existentes, que podem ser potencializadas ou acrescidas com a implantação do empreendimento. A sistematização das características do meio físico foi feita por meio de análise multicritério a partir da valoração de elementos desses quatro fatores físicos supracitados.

Esta valoração teve como objetivo identificar os graus de fragilidade de cada aspecto, por meio de interpretações de seus elementos. Foram atribuídos valores de 1 a 7 para cada fator condicionante, com exceção do uso e cobertura dos solos que foi classificado de 0 a 7. Destaca-se que quanto maior o número, maior a vulnerabilidade geotécnica., onde a sua classificação foi subdividida em cinco classes principais: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta que são devidamente detalhadas no presente diagnóstico.

A seguir são descritos os atributos considerados na avaliação relativos a cada fator condicionante supracitado (geologia, geomorfologia, pedologia e usos e cobertura do solo).

## **GEOLOGIA**

A vulnerabilidade dos aspectos geológicos ocorre em função da combinação da resistência da rocha ao intemperismo, a presença de falhas, fraturas ou dobras, além do grau de alteração e de coesão da rocha. A caracterização desse fator condicionante foi realizada com base em informações apresentadas no próprio texto dissertativo do diagnóstico ambiental do tema geologia e da distribuição espacial das unidades litológicas representadas nos Mapas Geológicos (L18-MP-F-6.2.3-001 a L18-MP-F-6.2.3-013 do Caderno de Mapas) produzidos na escala de 1:100.000.

A coesão da rocha e dos solos refere-se à força interna que une suas partículas. De uma maneira geral, quanto mais coesa a rocha ou o solo, menos frágil o mesmo será às ações

antrópicas e de intemperismo. As rochas ígneas e metamórficas (granitos, tonalitos, gnaisses, diabásio, entre outros), apresentam, em sua maioria, alto grau de coesão da rocha quando não decompostas, o que imprime uma baixa fragilidade. Já nas rochas sedimentares, onde a coesão da rocha frequentemente é menor, por consequência a fragilidade é maior. Vale destacar também, que a composição mineralógica de cada unidade litológica também é importante neste contexto. Dentro desse critério, os Depósitos Quaternários são os que apresentam a maior fragilidade, já que praticamente não há coesão interna.

Em face ao que foi exposto, consolida-se o conceito que às rochas metamórficas e ígneas são mais resistentes ao processo erosivo do que as sedimentares. Dentre estas, é conhecido que em termos gerais as de granulometria grosseira, como os arenitos, são mais susceptíveis do que as de granulometria fina, como os argilitos e folhelhos. Em um mesmo tipo de rocha, a composição mineralógica ou conjunto dos principais minerais presentes, e a ocorrência ou não de cimentação entre os grânulos dos minerais, também definem o grau de susceptibilidade à erosão.

Com base nestas premissas, as unidades geológicas foram classificadas de 1 a 7, conforme apresentado no **Quadro 6.2.3-7**.

**Quadro 6.2.3-7 - Classificação da Vulnerabilidade Geotécnica das Unidades Geológicas**

UNIDADES GEOLÓGICAS	DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
Greenstone Fortaleza de Minas	Terrenos granitos-greenstone, constituída por uma sequência de makomatiitos, metabasaltos e metassedimentos.	3
Complexo Campos Gerais	Ortognaisses subdivididos em dois grupos: Ortognaisse Campos Gerais e Ortognaisse Serra do Quilombo.	3
Suíte Serra de São Gonçalo	(Hornblenda)-biotita ortognaisse de composição granítica ou granodiorítica.	3
Complexo São Gonçalo do Sapucaí	Ortognaisses bandados de composição granodiorítica a tonalítica, gnaisses dioríticos, quartzitos e rochas metamáficas.	2
Ortognaisse Pouso Alegre	Ortognaisses alóctones de composição granítica a granodiorítica, apresentando feições migmatíticas.	3
Grupo Canastra Indiviso	Conjunto de intercalações, mais ou menos espessas, de filitos e quartzitos.	3
Unidade Granulítica Basal	Granada-(ortopiroxênio) granulito bandado de composição modal enderbítica, mangerítica e sienítica.	2
Unidade Ortognáissica Migmatítica Intermediária	Biotita-hornblenda ortognaisses e biotita gnaisse de composição granodiorítica a tonalítica em contatos transicionais com corpos batolíticos de granito gnáissico.	3
Unidade Paragnáissica Migmatítica Superior	Metassedimentos migmatíticos com anatexia decrescente em direção ao topo.	3
Complexo Petúnia	Paragnaisses, metapelitos e rochas metamáficas da faixa Jacuí-Bom Jesus da Penha	4
Complexo Embu – unidade paragnáissica	Muscovita-granada-sillimanita-biotita gnaisses migmatíticos, com aspecto nebulítico ou schlieren, e biotita gnaisses de composição tonalítica a granodiorítica.	3
Grupo Andrelândia	Biotita-granada gnaisses de bandamento milimétrico, quartzitos, xistos, metagrauvaca, migmatitos e xistos intercalados a porções lenticulares de quartzo-muscovita xistos e quartzitos micáceos.	3
Unidade Arantina	Fácies granulito e se caracteriza por sucessões de espessura até decamétricas de biotita-muscovita xistos/gnaisses de granulometria grossa.	3
Grupo Araxá	Sequência ígneas máfica recoberta por sedimentos pelíticos que foi metamorfozido em fácies anfíbolito.	2

UNIDADES GEOLÓGICAS	DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
Corpos Graníticos e Granitóides	Corpos graníticos, granitóides e charnockitóides.	3
Formação Botucatu	Arenitos quartzosos finos a grossos de origem eólica do Período Jurássico.	5
Formação Marília	Arenitos finos a médio, imaturos, com presença subordinada de frações de areia grossa a grânulos.	5
Formação Serra Geral	Basaltos tholeiíticos e andesi-basaltos tholeiíticos, com augita e pigeonita.	3
Formação São Paulo - Grupo Taubaté	Arenitos grossos, conglomeráticos, localmente conglomerados, com granodecrescência ascendente para o topo até siltitos e argilitos.	5
Formação Resende - Grupo Taubaté	Depósitos de diamictitos e conglomerados, com seixos, matacões e blocos angulosos a subarredondados.	5
Formações Quaternárias	Depósitos Aluvionares	6

## PEDOLOGIA

Outro fator condicionante que exerce importante influência na determinação da Vulnerabilidade Geotécnica é o tipo de solo e suas características intrínsecas. A sua caracterização foi baseada no próprio texto dissertativo do diagnóstico ambiental do tema pedologia e da distribuição espacial das unidades pedológicas representadas nos mapas **L18-MP-F-6.2.3-041** a **L18-MP-F-6.2.3-053** do Caderno de Mapas, produzidos na escala de 1:100.000.

Comumente em trabalhos regionais, não se procede à determinação mesmo que indireta da erodibilidade dos diferentes tipos de solos presentes na área de estudo, mas se interpreta essa qualidade do solo. A erodibilidade do solo é uma função do tipo de solo (classe taxonômica), e para dado tipo de solo, a erodibilidade ou susceptibilidade à erosão varia com a textura (associada à granulometria), estrutura e agregação, profundidade, teor de matéria orgânica e drenagem da camada de solo. Grande parte dessas informações pode ser extraída dos mapas e relatórios dos levantamentos de solos, permitindo a avaliação qualitativa da erodibilidade, em termos de alta, média ou baixa erodibilidade e classes intermediárias, em relação às quais se atribuem os graus de susceptibilidade à erosão dos diferentes tipos de solos.

Para este diagnóstico, avaliou-se a suscetibilidade à erosão dos solos por meio da caracterização dos seus principais atributos físicos tais como: textura, estrutura do solo, profundidade e drenagem.

Os solos com drenagens deficientes apresentam comportamento de menor estabilidade quando comparados a solos mais drenados. A deficiência na drenagem torna os solos mais frágeis, pois faz com que os mesmos permaneçam mais tempo úmidos ou até mesmo encharcados (saturados), favorecendo a erosão e/ou desbarrancamento, por perda de sua resistência.

Um comportamento análogo ocorre em relação à profundidade. Os solos mais rasos são mais facilmente removidos, ou seja, são mais susceptíveis às ações externas, apresentando-se mais frágeis quando comparados a solos de maior profundidade. Já em relação à estrutura, pode-se dizer que quanto mais desenvolvida, maior a resistência à desagregação, ou seja, menor a fragilidade.

A sua textura também é um fator preponderante na suscetibilidade a erosão, onde solos mais arenosos apresentam maior fragilidade às ações erosivas das águas pluviais por serem não coesivos, enquanto solos de textura argilosa tendem a ter maior estabilidade, justamente por serem solos classificados como coesivos. Com base nestas premissas, as unidades pedológicas foram classificadas de 1 a 7, conforme apresentado no **Quadro 6.2.3-8**.

**Quadro 6.2.3-8 - Classificação da vulnerabilidade geotécnica dos tipos de solo.**

UNIDADES PEDOLÓGICAS	DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
Latossolo Vermelho	Distrófico, com textura média a argilosa e relevo plano e suave ondulado	2
Latossolo Vermelho Amarelo	Distrófico, com textura média a argilosa e relevo plano e suave ondulado.	2
Latossolo Vermelho	Distroférico, com textura argilosa e relevo plano e suave ondulado.	2

UNIDADES PEDOLÓGICAS	DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
Neossolo Litólico	Distrófico, com textura arenosa e relevo ondulado e escarpado.	7
Neossolo Flúvico	Distrófico, com textura arenosa e relevo plano.	5
Nitossolo Vermelho	Eutrófico, com textura argilosa e relevo suave ondulado.	4
Cambissolo Háptico	Distrófico, com textura argilosa a cascalhenta e relevo forte ondulado.	5
Cambissolo Húmico	Distrófico, com textura argilosa e relevo forte ondulado.	5
Argissolo Vermelho	Distrófico, com textura média argilosa e relevo ondulado.	4
Argissolo Vermelho	Eutrófico, com textura média argilosa e relevo ondulado.	4
Argissolo Vermelho Amarelo	Distrófico, com textura média/argilosa e relevo suave ondulado e ondulado.	4
Argissolo Vermelho Amarelo	Eutrófico, com textura média/argilosa e relevo forte ondulado e montanhoso.	5
Afloramentos Rochosos	Terrenos representados por exposições de rocha com direntes graus de alteração associados a cambissolos	7

## **USO E COBERTURA DO SOLO**

O levantamento da cobertura vegetal e uso do solo foram avaliados no contexto da vulnerabilidade geotécnica a partir das informações apresentadas nos Mapas de Uso do Solo e Cobertura Vegetal (mapas **L18-MP-S-6.4.3-001** a **L18-MP-S-6.4.3-013** do Caderno de Mapas), produzidos na escala 1:100.000 que está inserido no contexto do diagnóstico ambiental do meio socioeconômico.

Os tipos de uso e fitofisionomias do mapeamento foram estabelecidos e valorados nas seguintes classes: Estrutura urbana; Campo Cerrado; Áreas Agrícolas Perenes ou Semiperenes; Campos Agrícolas de Culturas Temporárias; Pasto; Silvicultura; Florestas Naturais ou Seminaturais; Vegetação Secundária; Rios, Reservatórios e Lagos; e Área Úmida, Brejosa ou Alagada.

Ressalta-se que a classificação do uso e cobertura do solo se baseia na taxa de cobertura proporcionada pela vegetação ou seu uso. Para cada uma dessas classes, foi atribuída uma classificação de 0 a 7, que pode ser visualizada no **Quadro 6.2.3-9**.

**Quadro 6.2.3-9 - Classificação da vulnerabilidade geotécnica de acordo com o uso e cobertura do solo**

USO E COBERTURA	DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
Estrutura urbana	Cidades ou aglomerados urbanos	0
Campo Cerrado	Vegetação nativa alterada que naturalmente oferece pouca cobertura.	6
Áreas agrícolas perenes ou semiperenes	Área de uso agrícola de ciclo longo, sem rotatividade de culturas.	7
Campos agrícolas de culturas temporárias	Área de uso agrícola, com frequente movimentação de solo.	7
Pasto	Pasto com poucas ou nenhuma árvore.	7

USO E COBERTURA	DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
Silvicultura	Área com boa cobertura vegetal, porém de exposição do solo periodicamente, além de vegetação com crescimento lento.	7
Florestas naturais ou seminaturais	Área florestada com vegetação nativa.	1
Vegetação secundária	Vegetação em regeneração.	4
Rios, reservatórios e lagos	Rios, lagos, açudes ou outra massa d'água.	0
Área úmida, brejosa ou alagada	Vegetação com influência fluvial e pouca cobertura do solo.	6

## **GEOMORFOLOGIA**

Com relação ao relevo, as formas de maior amplitude, mais inclinadas e de vertentes mais longas favorecem o processo erosivo, ao contrário daquelas mais baixas e de menor declividade. A interferência da amplitude das formas no processo erosivo se relaciona ao fato de que ela determina a energia potencial atuante e a capacidade do agente erosivo (água) realizar trabalho: quanto maior a amplitude, maior a energia do relevo. O relevo desempenha ainda papel importante na circulação da água pluvial e nas relações infiltração-deflúvio, de modo que em relevos mais planos a infiltração da água é favorecida, enquanto que nos mais inclinados o escoamento superficial é promovido (WEILL e PIRES NETO, 2007).

Na análise dos aspectos geomorfológicos para o presente diagnóstico foram analisadas as variáveis relacionadas à declividade ou inclinação de encostas (relação entre a amplitude e o comprimento de rampa), além do gradiente altimétrico (hipsometria) com base nos dados obtidos no contexto do diagnóstico ambiental do tema geomorfologia. Para esta análise foram utilizados os textos dissertativos referentes às duas variáveis e os mapas de Declividade (**L18-MP-F-6.2.3-027** a **L18-MP-F-6.2.3-039**) e Hipsométrico (**L18-MP-F-6.2.3-040**) presentes no diagnóstico ambiental do Meio Físico do tema Geomorfologia e no Caderno de Mapas.

Informa-se que quanto maior a declividade, maior é a sua vulnerabilidade geotécnica a eventos erosivos e instabilizatórios, assim como se observa para as variações das cotas altimétricas (hipsometria). Portanto, os valores atribuídos de 1 a 7 aumentam proporcionalmente com os valores de declividade e cota altimétrica, conforme pode ser visualizado no **Quadro 6.2.3-10** e no **Quadro 6.2.3-11**, respectivamente.

**Quadro 6.2.3-10 - Classificação da vulnerabilidade geotécnica a partir da declividade**

INTERVALOS – DECLIVIDADE	CLASSIFICAÇÃO
0° - 3°	1
4° - 8°	3
9° - 20°	4
21° - 45°	5
>45°	7

**Quadro 6.2.3-11 - Classificação da vulnerabilidade geotécnica a partir da altimetria**

INTERVALOS – COTAS ALTIMÉTRICAS	CLASSIFICAÇÃO
0 - 600m	1
601 - 900m	2
901 – 1.200 m	3



INTERVALOS – COTAS ALTIMÉTRICAS	CLASSIFICAÇÃO
1201 – 1.400 m	4
1401 – 1.800 m	5
1801 – 2.200 m	6
2201 – 2.792 m	7

### 6.2.3.5.3. Caracterização da Vulnerabilidade Geotécnica

A partir da valoração de cada um dos elementos característicos das cinco variáveis físicas definidas para a caracterização da vulnerabilidade geotécnica procedeu-se o cruzamento das informações técnicas provenientes dos mapas de geologia, pedologia, usos e cobertura do solo e geomorfologia, este último, mais especificamente relativo à declividade e a hipsometria da Área de Estudo (1 km para cada eixo do traçado das LT).

O somatório dos valores de vulnerabilidade das cinco variáveis consideradas variou de 4 a 35. Após a classificação dos dados e agrupando os valores em cinco diferentes classes, foi obtido a partir do ArcGIS o Mapa de Vulnerabilidade Geotécnica com a espacialização destas classes, composto por 13 folhas e que está apresentado no Caderno de Mapas (**L18-MP-F-6.2.3-055** a **L18-MP-F-6.2.3-067**).

As classes foram estabelecidas como: vulnerabilidade muito baixa (valores de 4 a 10), vulnerabilidade baixa (valores de 11 a 16), vulnerabilidade média (valores de 17 a 22), vulnerabilidade alta (valores de 23 a 29), e por fim, vulnerabilidade muito alta (valores de 30 a 35).

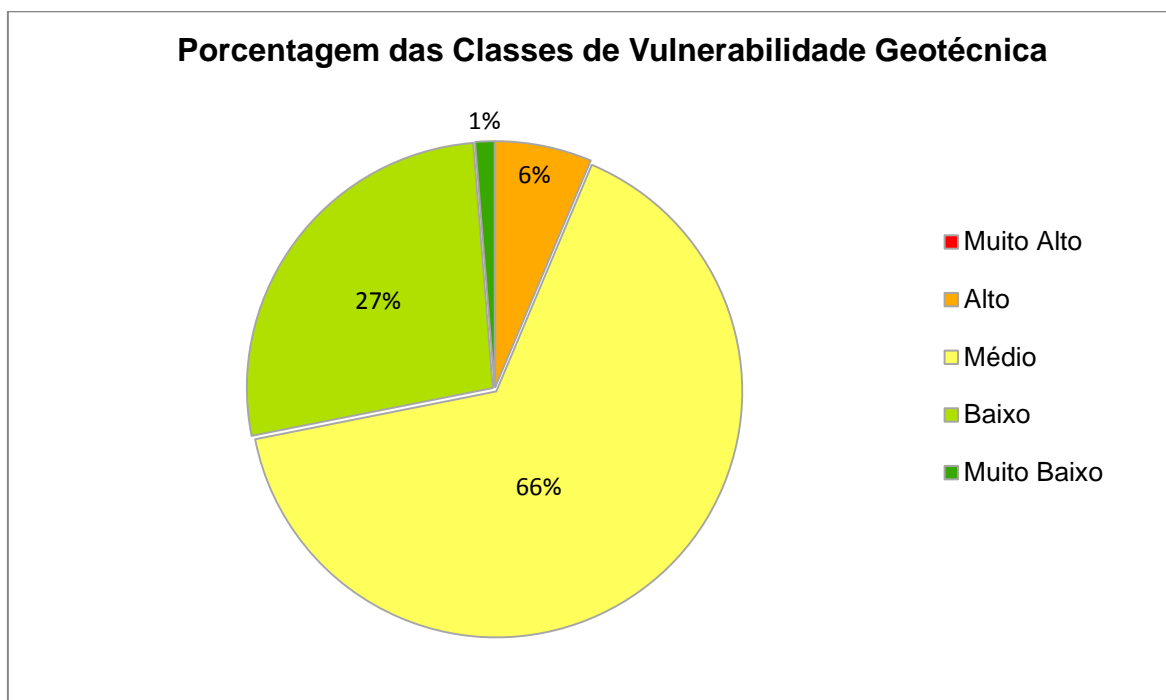
Ressalta-se que as classes de vulnerabilidade alta e muito alta são aquelas que requerem maior atenção, pelo fato de serem as que apresentam maior suscetibilidade à erosão e, portanto, mais propícias à ocorrência de processos erosivos e instabilizatórios (movimentos de massa – deslizamentos e escorregamentos, voçorocamento, ravinamento, queda de blocos, entre outros). As áreas de média vulnerabilidade geotécnica também são áreas sujeitas a estes tipos de processos, mas que em caso de implementação de medidas mitigadoras, preventivas e de controle adequadas e efetivas (disciplinamento das águas pluviais por dispositivos de drenagem, reconformação e planejamento de taludes de corte e aterro) a ocorrência destas patologias será inibida. Por fim, as áreas definidas como de muito fraca e fraca vulnerabilidade geotécnicas apresentam pouco ou nulo risco a ocorrência e desenvolvimento de processos erosivos e/ou instabilizatórios.

O **Quadro 6.2.3-12** apresenta um resumo dos quantitativos das áreas ocupadas por cada uma das classes definidas para a vulnerabilidade geotécnica existentes na Área de Estudo, enquanto a **Figura 6.2.3-40** mostra um gráfico detalhando a porcentagem de distribuição espacial de cada uma destas classes em relação à área total do estudo (1 km para cada lado do eixo dos traçados do empreendimento).

**Quadro 6.2.3-12 - Quantitativo de área para as cinco classes de vulnerabilidade geotécnica definidas para a Área de Estudo do empreendimento.**

CLASSES	ÁREA (km <sup>2</sup> )	PORCENTAGEM (%)
Muito Baixa	9,58	1,27%
Baixa	202,48	26,84%

CLASSES	ÁREA (km <sup>2</sup> )	PORCENTAGEM (%)
Média	494,32	65,54%
Alta	47,89	6,35%
Muito Alta	0,00	0,00%
TOTAL	754,89 km <sup>2</sup>	100,00%



**Figura 6.2.3-40 - Gráfico dos percentuais de distribuição das classes de vulnerabilidade geotécnica na Área de estudo do empreendimento**

Avaliando os dados apresentados tanto no **Quadro 6.2.3-12** quanto na **Figura 6.2.3-40**, constata-se a ampla predominância da classe de vulnerabilidade geotécnica média em relação às outras quatro classes, com uma área de abrangência de 493,32 km<sup>2</sup>, o que corresponde aproximadamente a 66% da Área de Estudo definida para este diagnóstico.

Em relação às classes de vulnerabilidade geotécnica muito baixa e baixa, verifica-se que considerando seus quantitativos de forma conjunta, ambas representam uma área de abrangência de 212,06 km<sup>2</sup>, perfazendo uma porcentagem aproximada de 28% da área total.

No outro extremo observa-se que não há ocorrência da classe de vulnerabilidade geotécnica muito alta, entretanto a classe definida como alta abrange uma área de 47,89 km<sup>2</sup>, correspondendo a aproximadamente a 6% da área total de estudo. Ressalta-se que esta área de abrangência da classe alta deverá ter atenção especial na fase de implantação do empreendimento, afim de se evitar a potencialização de eventos de movimentos de massa e processos erosivos.

Observa-se que em geral a abrangência das áreas de vulnerabilidade geotécnica alta está associada a relevo ondulado a forte ondulado, como observado por exemplo nas unidades geomorfológicas da Serra da Canastra, Serranias de Delfim Moreira – Carmo de Minas e no Planalto de Poços de Caldas. Há também ocorrência de classe de vulnerabilidade alta

associada a relevo montanhoso/escarpado como observado na unidade geomorfológica da Serra da Mantiqueira. Além disso, verifica-se que as rochas metamórficas predominam amplamente nestas regiões, podendo haver presença de corpos graníticos associados. Em relação aos tipos de solo, verifica-se uma grande variabilidade na área de abrangência de vulnerabilidade alta, predominando afloramentos de rocha, argissolos e cambissolos.

Nestas áreas de vulnerabilidade geotécnica alta, o projeto executivo do empreendimento deverá tomar medidas de engenharia mais efetivas e criteriosas no que diz respeito às intervenções relacionadas à abertura de acessos, serviços de corte e aterro, de escavação de fundações, entre outras, que envolvem revolvimento de material sub-superficial do terreno para que amenize ou anule o possível desenvolvimento de processos erosivos e instabilizatórios de qualquer natureza. Estas medidas necessariamente passam pela necessidade de disciplinamento do escoamento superficial das águas pluviais que é o fator catalisador preponderante no desencadeamento dos referidos eventos. Casos específicos, podem ocorrer no que se refere ao possível deslocamento de lascas ou blocos de rocha em escarpas rochosas inerentes ao relevo montanhoso/escarpado, onde medidas de estabilização dos mesmos poderão ser necessárias.

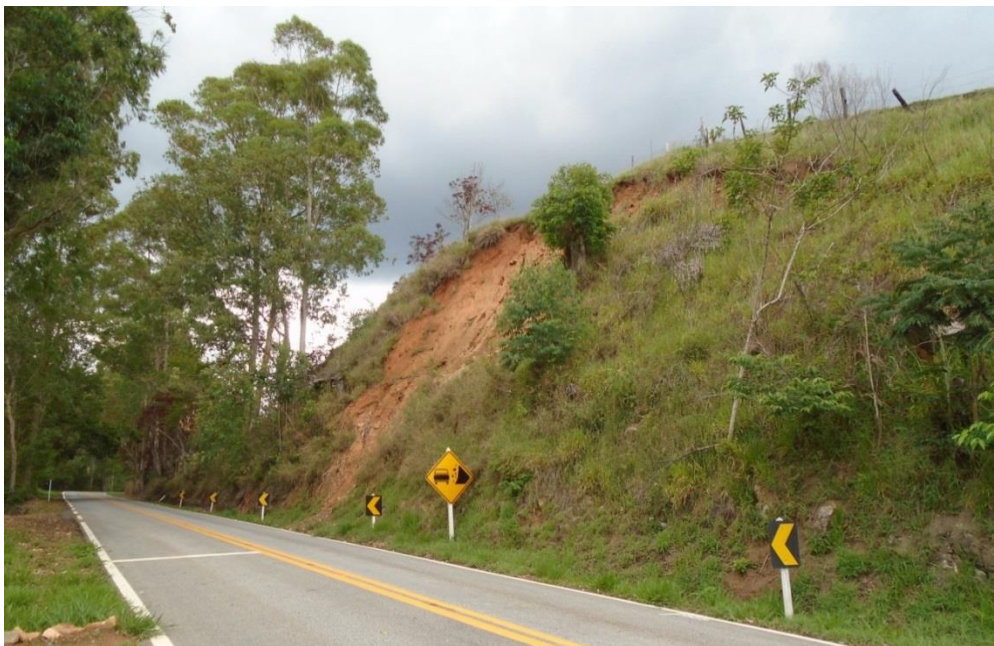
Por fim, foi feito um levantamento expedito para verificação da presença de processos erosivos existentes ao longo da Área de Estudo do empreendimento, por meio da observação de imagens de satélite do Google, onde foram identificadas voçorocas, ravinas, escorregamentos e/ou deslizamentos, além também de encostas rochosas íngremes que podem potencializar queda de blocos e/ou lascas rochosas. Também foram identificados pontos que indicavam material de solo exposto que podem sofrer processo de erosão frente à ação de águas pluviais, como por exemplo saibreiras, decapeamento de encosta e taludes de corte. Em relação aos corpos hídricos não foram identificados pontos que evidenciassem a presença de processos de assoreamento natural ou induzido.

Neste levantamento foram interpretados e indicados 131 pontos de atenção relacionados ao tema de vulnerabilidade geotécnica (suscetibilidade à erosão), que foram agrupados em quatro classes distintas de caracterização geotécnica, onde dentre estes se tem: 39 pontos estão relacionados às feições erosivas (presença de ravinas e voçorocas), 20 pontos estão relacionados a movimentos de massas (cicatrices ou vestígios de deslizamentos, rastejos e escorregamentos), 15 pontos relacionados a afloramentos rochosos (encostas íngremes – em serras) e o restante 57 pontos relacionados ao material de solo exposto às intempéries, principalmente a ação erosiva de águas pluviais. A localização e a distribuição espacial de cada um dos supracitados pontos de atenção dentro da sua classe definida são representadas no Mapa de Vulnerabilidade Geotécnica (13 Folhas - L18-MP-F-6.2.3-055 a L18-MP-F-6.2.3-067).

Exemplificando o diagnóstico de vulnerabilidade geotécnica, são apresentados dois aspectos de processos erosivos e instabilizatórios. A **Figura 6.2.3-41** ilustra uma cicatriz de movimento de massa observada na região do Ponto 67 correspondente ao Mapa de Vulnerabilidade Geotécnica, enquanto a **Figura 6.2.3-42** apresenta talude de encosta sofrendo ação erosiva com sinais de movimento de massa (Ponto 119 – Mapa de Vulnerabilidade Geotécnica).



**Figura 6.2.3-41 - Vista geral de uma cicatriz de um deslizamento de terra (movimento de massa) – Ponto 67 do Mapa de Vulnerabilidade Geotécnica**



**Figura 6.2.3-42 - Talude de corte de estrada com solo exposto com sinais de processos erosivos e movimento de material (Ponto 119 - Mapa de Vulnerabilidade Geotécnica).**

#### 6.2.3.5.4. Considerações Finais

O Mapa de Vulnerabilidade Geotécnica inerente do traçado da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2 evidenciou que 66% da Área de Estudo (1 km para cada lado do eixo do traçado) foi caracterizada como de média vulnerabilidade geotécnica, tendo por base o cruzamento dos dados geológicos, pedológicos, usos e cobertura do solo e geomorfológicos (declividade e hipsometria) levantados no diagnóstico do meio físico e socioeconômico. Além

disso, verificou-se que em geral as áreas classificadas de alta vulnerabilidade geotécnica correspondem à região de relevo ondulado a muito ondulado, em alguns pontos alcançando relevo montanhoso/escarpado, associados a rochas metamórficas que compõem as serras e serranias existentes, como também a unidade geomorfológica Planalto de Poços de Caldas.

Um levantamento expedito dos processos erosivos e instabilizatórios foi realizado com base em observações de imagens de satélite do Google ao longo do traçado do empreendimento, onde foram verificados cicatrizes, vestígios e presença de ravinas, voçorocas e movimentos de massa esparsos, além de pontos de material de solo exposto que podem sofrer processo futuro de erosão. Além disso foram levantados, pontos de encostas rochosas que podem sofrer processos instabilizatórios relativos à queda de blocos e/ou lacas rochosas (desplacamento). De maneira geral, verifica-se que a Área de Estudo onde será implantado o empreendimento não apresenta muitos eventos destas naturezas.

Por fim, vale ressaltar que este diagnóstico é uma ferramenta técnica importante para nortear as futuras atividades de implantação do empreendimento (obras de engenharia e infraestrutura), visando a minimizar o possível desencadeamento de processos erosivos e assoreamento de corpos hídricos.

## **6.2.4. PALEONTOLOGIA**

### **6.2.4.1. CARACTERIZAÇÃO PALEONTOLÓGICA**

A caracterização paleontológica visa o levantamento, identificação e mapeamento das áreas com potencial fóssilífero que estão inseridas na Área de Estudo definida para o referido tema, dando ênfase para a Área de Intervenção (AI). Neste contexto, é importante ressaltar que a caracterização geológica da Área de Estudo, com definição das unidades geológicas ali existentes é o fator condicionante e indicador para estabelecer e identificar o potencial fóssilífero de uma região. Vale destacar que no contexto deste estudo, são avaliadas apenas as unidades litoestratigráficas sedimentares, já que são os tipos litológicos que possuem potencial positivo de ocorrências de fósseis.

Em relação à definição da Área de Estudo para o tema “Paleontologia”, informa-se que foi a mesma estabelecida para a caracterização geológica, justamente pela estreita relação entre ambos os temas conforme mencionado no parágrafo anterior. Portanto, para o presente diagnóstico ambiental do potencial paleontológico considerou-se a Área de Estudo com 5 km para cada lado dos eixos do traçado do empreendimento.

O Decreto-Lei Nº 4.146, de 04 de março de 1942, estabelece que os depósitos fóssilíferos são propriedade da Nação e, como tais, a extração de espécimes fósseis depende da autorização prévia e fiscalização do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM). Portanto, no Brasil, a responsabilidade de coordenar e supervisionar as atividades relacionadas aos depósitos fóssilíferos é do DNPM, que possui uma série de mecanismos legais que norteiam e definem as diretrizes para salvamento dos fósseis antes da fase de implantação de qualquer tipo de empreendimento.

Em função dessa premissa, a caracterização paleontológica da região da LT 500kV SE Estreito

– SE Cachoeira Paulista C1 e C2 (ELETROBRAS - EPE, 2015) se baseou na identificação das unidades litoestratigráficas que possuem potencial fossilífero (rochas sedimentares) e da existência ou não de sítios fossilíferos na Área de Estudo, por meio de uma consulta minuciosa na base de dados PALEO da CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) e, principalmente, na base de dados do SIGEP (Comissão Brasileira dos Sítios Geológicos e Paleobiológicos), além de artigos acadêmicos que evidenciem novos registros fossilíferos nas unidades litoestratigráficas sedimentares observadas na região.

Além disso, levando-se em conta a geologia da Área de Estudo estabeleceu-se uma classificação para cada unidade litológica quanto ao seu potencial de ocorrência fossilífera para a elaboração do Mapa de Potencial Paleontológico, onde foram determinadas três classes específicas:

- Positiva: unidades litoestratigráficas que apresentam registros de ocorrências fossilíferas (rochas sedimentares);
- Improvável: unidades que não apresentam fósseis registrados (rochas sedimentares e depósitos quaternários atuais); e
- Nulo: unidades que possuem características que não tornam possível a ocorrência e manutenção de ocorrências fossilíferas (rochas metamórficas e ígneas).

#### **6.2.4.2. PALEONTOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO**

O levantamento bibliográfico na Área de Estudo do empreendimento foi realizado a partir da consulta ao Banco de Dados do SIGEP e PALEO da CPRM, onde foi constatada a inexistência de sítios paleontológicos na referida região. Foi consultado o inventário de geossítios do Brasil por meio das publicações disponibilizadas pela SIGEP (Volumes I, II e III – Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil) e verificada a distribuição espacial das ocorrências paleontológicas cadastradas no Brasil objetivando a possível interferência da implantação da LT 500kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2 sobre algum destes sítios paleontológicos. A distribuição das ocorrências paleontológicas mais próximas ao traçado da linha de transmissão foi incorporada ao Mapa de Potencial Paleontológico elaborado apresentado no mapa **L18-MP-F-6.2.4-001** do Caderno de Mapas.

Ressalta-se que esta avaliação técnica final já era esperada já que, grande parte do empreendimento, está localizada em domínio de rochas metamórficas e ígneas que, para sua formação requerem uma série de condições específicas de pressão e temperatura que impedem a formação de fósseis. Lembrando que a fossilização é produto de uma ação combinada de processos físicos, químicos e biológicos que para o seu desenvolvimento há necessidade de uma série de condições de deposição e consolidação de sedimentos que esteja associada à ocorrência de um rápido processo de soterramento de restos de animais e plantas. Este tipo de ambiente deposicional é bem característico na formação de rochas sedimentares (processos de sedimentação e diagênese).

Levando-se em consideração esta premissa, foram determinadas e caracterizadas as unidades litológicas que apresentam potencial fossilífero conhecido, estando todas elas relacionadas com sua origem sedimentar. Estas unidades litológicas de origem sedimentar foram classificadas de acordo com as três classes supracitadas anteriormente (positiva, improvável e

nulo), enquanto as unidades representadas por rochas metamórficas e ígneas foram classificadas, exclusivamente, como de potencial fossilífero nulo.

A seguir são caracterizadas, em ordem cronológica, as unidades litológicas de origem sedimentar que apresentam ocorrência de fósseis na literatura existente e suas respectivas classificações estabelecidas no âmbito deste diagnóstico.

#### 6.2.4.2.1. Formação Botucatu (J3K1bt)

A Formação Botucatu é composta por arenitos quartzosos finos a grossos de origem eólica do Período Jurássico com estruturas sedimentares bem características, tais como estratificações cruzadas, planares ou acanaladas de médio a grande porte. Verifica-se ainda a ocorrência de intercalações de argilito e siltito.

Essa Formação apresenta 165 ocorrências na Base PALEO, estando elas principalmente localizadas na região de Garivaldino e na Região do Ouro, na Pedreira São Bento. Por isso, é classificada como potencial de ocorrência fossilífera **POSITIVA**.

A Formação Botucatu se constitui em uma das maiores deposições eólicas contínuas do mundo, possuindo extensos ergs. Apresenta inúmeros icnofósseis, estes sendo atribuídos a vertebrados e invertebrados e associados às ocorrências de estruturas sedimentares não-biogênicas, o que confirmou a existência de um ambiente desértico com relativa umidade ocasional, especialmente nas regiões de interduna e subsuperfície.

#### 6.2.4.2.2. Formação Marília (K2m)

A Formação Marília é constituída por arenitos finos a médios, imaturos, com presença subordinada de frações de areia grossa a grânulos, podendo conter cimentação e nódulos carbonáticos. Possui espessura média de 60 m e seus arenitos e arenitos conglomeráticos possuem frequentes estratificações cruzadas (acanalares e planares).

A partir da Base PALEO, 27 ocorrências fossilíferas foram identificadas nessa Formação, estando elas, principalmente, próximo ao município de Uberaba (MG). Assim, pode-se classificar essa unidade como **POSITIVA** para a ocorrência de fósseis. Esses fósseis são caracterizados em pedreiras e cortes de estrada contendo moldes de conchostráceos, ostracodes, gastrópodes, escamas de peixes e carófitas.

#### 6.2.4.2.3. Formação Serra Geral (K1\_Λ\_sg)

A Formação Serra Geral é caracterizada por basaltos tholeiíticos e andesi-basaltos tholeiíticos, com augita e pigeonita, perfazendo aproximadamente 90% do volume total das rochas extrusivas. Subordinadamente ocorrem andesitos tholeiíticos, riocacitos e riolitos. Ressalta-se que a Formação Serra Geral é resultado de intenso magmatismo fissural no período Cretáceo, representado na forma de uma espessa cobertura de lavas, com cerca de 1.500 m de espessura junto ao depocentro da bacia, associado a uma extensa rede de diques e múltiplos níveis de soleiras intrudidos na pilha sedimentar.

Foram encontradas seis ocorrências fossilíferas nessa Formação a partir da Base PALEO,

sendo que esses fósseis contêm principalmente espículas. Portanto, é possível classificar essa unidade como **POSITIVA** para a ocorrência de fósseis.

#### 6.2.4.2.4. Formação São Paulo (Esp) – Grupo Taubaté

A Formação São Paulo é representada por arenitos grossos, conglomeráticos, localmente conglomerados, com granodecrescência ascendente para o topo até siltitos e argilitos. A origem de sua formação está relacionada a um sistema fluvial meandrante.

Essa Formação, a partir da Base PALEO, não apresenta ocorrências fossilíferas. Por isso, essa Formação é classificada como potencial de ocorrência fossilífera **IMPROVÁVEL**.

#### 6.2.4.2.5. Formação Resende (Er) – Grupo Taubaté

A Formação Resende é caracterizada, na porção proximal do sistema de leques aluviais, por depósitos de diamictitos e conglomerados, enquanto na parte distal é constituída por arenitos com estratificação cruzada e lamitos predominantemente arenosos, com ocorrência de crostas calcíticas, sob a forma nodular (CPRM, 2005).

Essa Formação também não apresenta ocorrências fossilíferas, a partir da Base PALEO. Assim sendo, essa unidade é classificada como potencial de ocorrência fossilífera **IMPROVÁVEL**.

#### 6.2.4.2.6. Formações Quaternárias (Q)

As Formações Quaternárias se caracterizam por Depósitos Aluvionares (Q2a) que são os depósitos de areias, cascalhos, siltes, argilas e, localmente turfas, além dos Depósitos Aluvionares e as Coberturas Detríticas Indiferenciadas (Qdi e N1dl) que são caracterizadas por areias finas a grossas, localmente siltico-argilosas e mais, raramente, conglomeráticas, intimamente relacionadas a superfícies de aplainamento.

A partir da Base PALEO, não foram identificadas ocorrências nessa Formação. Portanto, pode-se classificar essa unidade como **IMPROVÁVEL** para a ocorrência de fósseis.

A partir dessa caracterização e de todo o conhecimento geológico da Área de Estudo definida para o empreendimento foi estabelecida a elaboração do Mapa de Potencial Paleontológico que pode ser visualizado no Caderno de Mapas (**L18-MP-F-6.2.4-001**).

Destaca-se ainda, que conforme mencionado anteriormente, no referido Mapa de Potencial Paleontológico foram plotados também os pontos de ocorrência fossilífera existentes. O ponto mais próximo dessa área se encontra à aproximadamente 30 km do traçado da LT (próximo SE Estreito), situando-se no município de Pedregulho – SP, em um local denominado Pedreira Chave do Calixto. Suas ocorrências fossilíferas correspondem a Formação Botucatu.

Avaliando as informações técnicas oriundas do Mapa de Potencial Espeleológico, observa-se que mais de 90% da Área de Estudo do empreendimento apresenta potencial paleontológico categorizado como de classe **NULO**, fato este estreitamente relacionado com a predominância de rochas metamórficas e ígneas assentadas na região. As unidades litológicas de origem sedimentar compreendem 9,63% do valor total da Área de Estudo, sendo que 3% foram



categorizadas como classe “Positiva” e 6,63% categorizadas na classe “Improvável”. O **Quadro 6.2 - 29** apresenta estes quantitativos.

**Quadro 6.2.4-1 - Quantitativos das Classes de Potencial Paleontológico**

CLASSIFICAÇÃO	ÁREA DE ESTUDO	
	Km <sup>2</sup>	PORCENTAGEM (%)
Nulo	3.410,93	90,37
Improvável	250,3	6,63
Positivo	113,15	3
Total	3.774,38 Km <sup>2</sup>	100%

### 6.2.4.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados levantados, ratifica-se que a Área de Estudo do empreendimento não possui sítios paleontológicos situados nos municípios atravessados pelo traçado do empreendimento.

Conforme amplamente relatado no presente diagnóstico, grande parte do seu traçado corta unidades geológicas caracterizadas por rochas metamórficas e ígneas que não são propícias a ocorrência de fósseis. Esta afirmação pode ser constatada observando-se o mapa **L18-MP-F-6.2.4-001**, onde mais de 90% da área total estudada é classificada com potencial paleontológico nulo.

### 6.2.5. ESPELEOLOGIA

#### 6.2.5.1. CARACTERIZAÇÃO ESPELEOLÓGICA REGIONAL

O estudo de cavernas em território nacional geralmente está focado em cavidades desenvolvidas em litologias clássicas como o quartzito, arenito, minério de ferro e, notadamente, as rochas carbonáticas.

Existem publicações adotadas como base pelo CECAV que identificam o potencial para formação de cavernas de acordo com a litologia presente. Jansen *et al.* (2012) fizeram esta classificação dividindo o potencial espeleológico em cinco classes: ocorrência improvável, baixa, média, alta e muito alta.

Esta classificação foi discutida a partir de informações de bases de dados espeleológicos, por meio da contagem de cavidades presentes em cada litologia. Devido à alta solubilidade das rochas carbonáticas, estas vêm em primeiro lugar, seguidas pelas cavidades em minério de ferro, também muito solúveis. Os arenitos são mais complexos, haja vista que nem todos possuem a mesma cimentação, que pode ou não facilitar a formação de cavidades. Os quartzitos são susceptíveis a formação de cavidades, devido a um fator estrutura. As demais litologias, geralmente pouco solúveis e imprevisíveis, por serem pouco estudadas e por não comporem uma carste propriamente dita, apresentam, em sua grande maioria, baixo desenvolvimento e baixa relevância.

Estima-se que apenas 5% das cavidades do território brasileiro estão cadastradas em bases de dados. Isso se deve ao fato do Brasil possuir área continental e uma diversidade litológica muito rica. Praticamente qualquer litologia pode desenvolver cavidade, mas a espeleologia é pouco difundida e, mesmo que uma cavidade seja conhecida por uma comunidade inteira, poderá levar anos para que seja cadastrada nas bases espeleológicas, pelo simples fato de que aquela população desconhece a facilidade de tal ação ou mesmo pela falta de interesse.

As áreas cuja litologia e até mesmo geomorfologia são propícias para a ocorrência de cavernas no Brasil, são chamadas de Províncias Espeleológicas. Estas regiões geralmente são caracterizadas por ocorrência de unidades litoestratigráficas carbonáticas ou areníticas.

A **Figura 6.2.5-1** apresenta um mapa com a distribuição e caracterização de todas as províncias espeleológicas existentes no território brasileiro, assim como evidencia a localização do traçado da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2 (em azul). A **Figura 6.2.5-2** apresenta um zoom da **Figura 6.2.5-1**, onde se destaca o traçado do referido empreendimento.

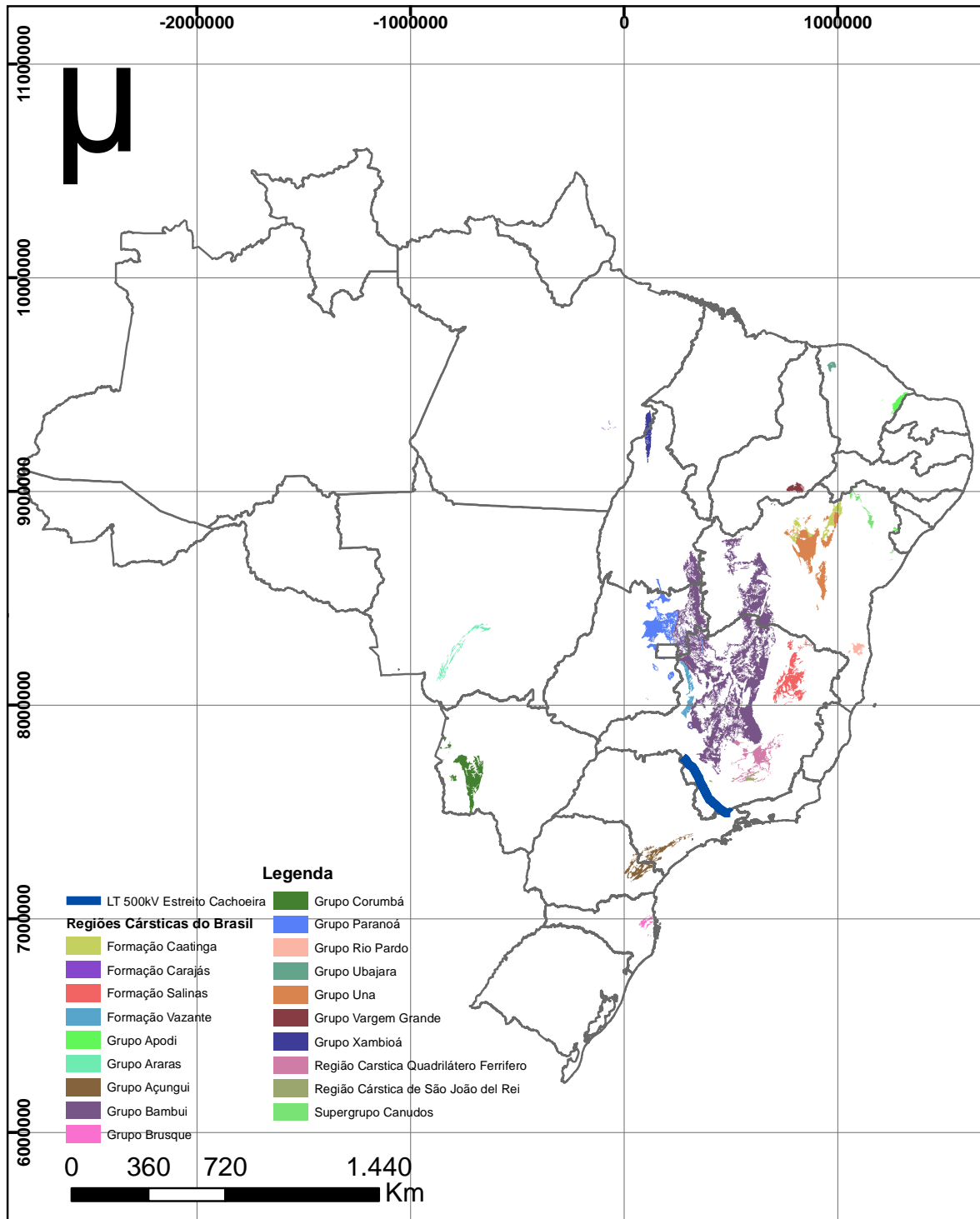
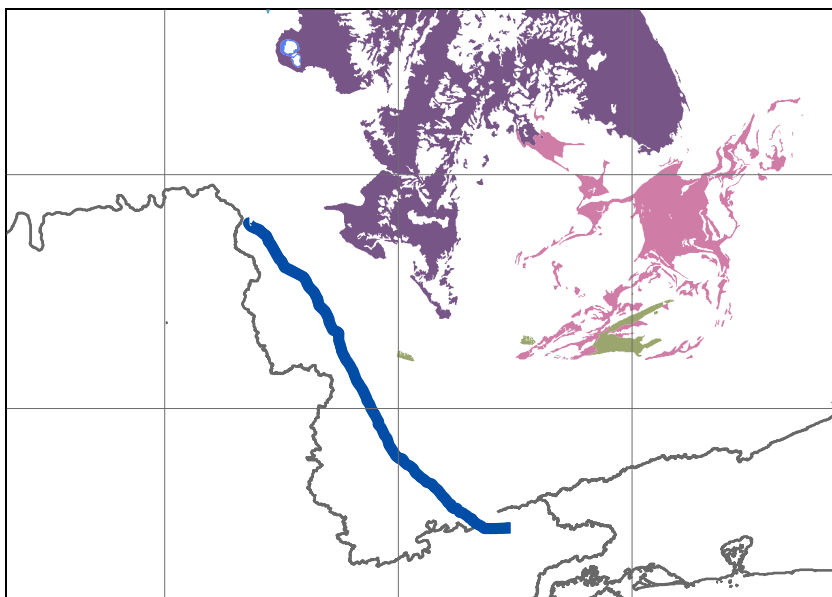


Figura 6.2.5-1 - Mapa de províncias espeleológicas no território brasileiro



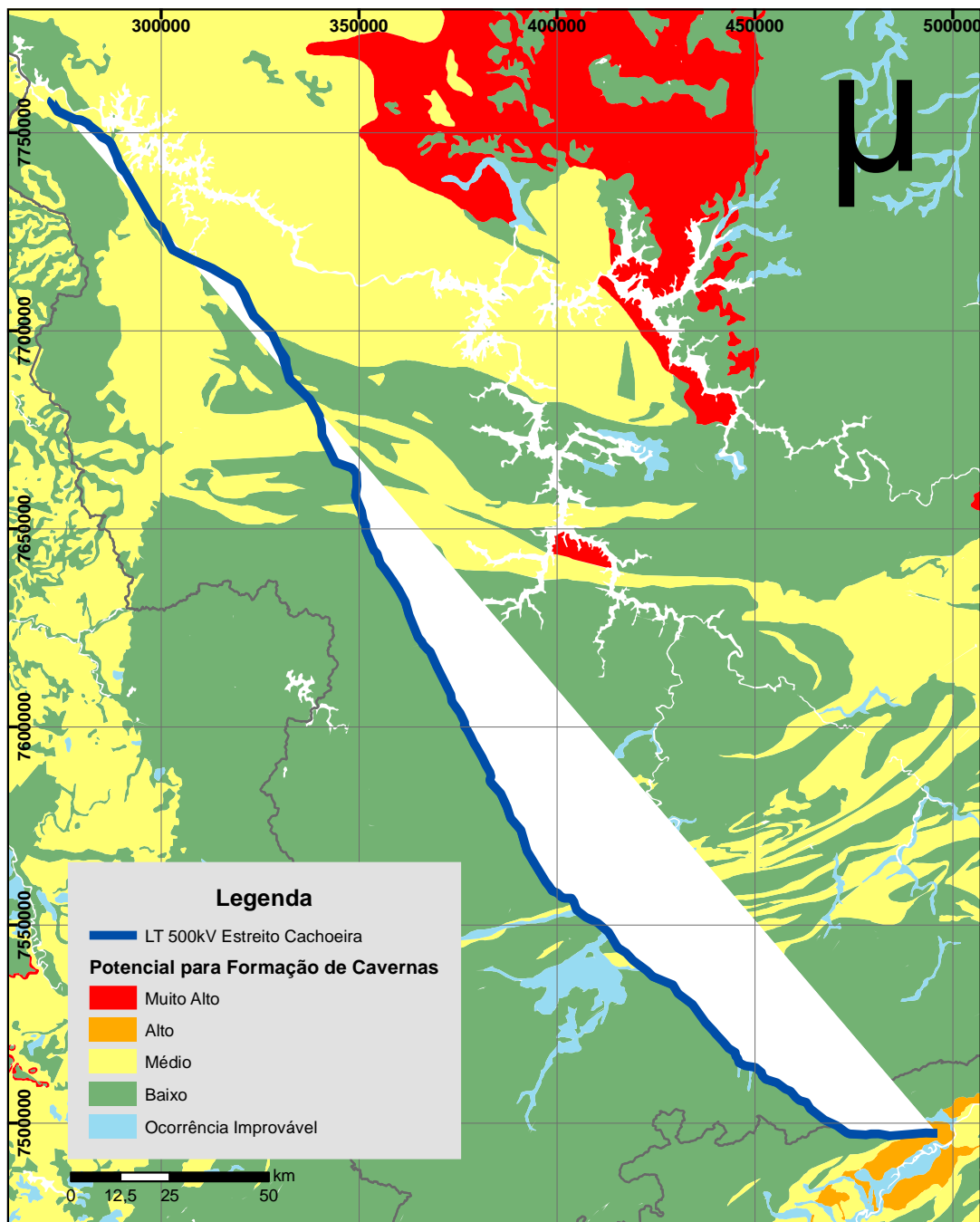
**Figura 6.2.5-2 - Zoom da Figura 6.2 - 46, onde se destaca a região do traçado da LT 500 kV Estreito – Cachoeira Paulista C1 e C2 que não corta nenhuma província espeleológica estabelecida no território brasileiro.**

Levando-se em consideração o empreendimento em estudo, verifica-se pelas **Figura 6.2.5-1** e **Figura 6.2.5-2** que os traçados dos circuitos C1 e C2 da LT 500 kV Estreito – Cachoeira Paulista não seccionam nenhuma região com potencial cárstico reconhecido. Na verdade, a LT está distante mais de 30 km de qualquer província cárstica conhecida, mais precisamente se localiza entre as províncias cársticas de São João Del Rei a norte e do Grupo Açungui ao sul (**Figura 6.2.5-2**).

Embora não seccione litologias carbonáticas ou regiões cársticas conhecidas, a diretriz da LT atravessa regiões com vertentes de alta declividade, com potencial espeleológico citado em bibliografia especializada. A Serra da Mantiqueira é uma destas regiões. Um recente trabalho de mapeamento espeleológico no município de Resende - RJ (Almeida *et al.*, 2017) mapeou nove cavidades em gnaisses na Mantiqueira, sendo que algumas apresentaram espeleotemas e até mesmo registros arqueológicos (cerâmica e ponta de flecha). Entretanto, a cidade de Resende está a cerca de 30 km a norte de Cachoeira Paulista, porém a LT cruza a Serra da Mantiqueira a 10 km a oeste da SE Cachoeira Paulista, aumentando um pouco mais essa distância para este contexto.

Em face ao que foi exposto, verifica-se que grande parte de empreendimento, mais de 80% do traçado, secciona rochas cristalinas compostas por granitos e gnaisses, com ocorrências de cavidades nas áreas limítrofes da Área de Estudo. O restante está representado por depósitos de alúvio, colúvio e elúvio além de arenitos das Formações Marília e Botucatu e unidades Terciárias pouco consolidadas do grupo Taubaté.

Além disso, de acordo com o mapa de potencial para ocorrência de cavernas no Brasil, produzido por Jansen et al. (2012) (**Figura 6.2.5-3**) e adotado pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV, algumas pequenas regiões do traçado foram definidas como possuindo alto potencial. Desta forma, estas possíveis interferências junto ao patrimônio espeleológico das regiões a serem seccionadas pelas futuras linhas de transmissão justificam estes estudos, que tem como objetivo primordial, evitar que o traçado proposto interfira em qualquer cavidade natural subterrânea ao longo do empreendimento.



**Figura 6.2.5-3 - Mapa de potencial alto e muito alto para ocorrência de cavernas conforme CECAV (Jansen et al. 2012), considerando o traçado do empreendimento**

Portanto, considerando o contexto geológico, grande parte do empreendimento secciona litologias do embasamento cristalino muito antigas, representadas por gnaisses e granitos com baixo potencial para formação de cavernas, mesmo assim estas litologias foram investigadas em campo por meio de amostragem total ao longo de traçado, atendendo o princípio da precaução. Tendo em vista a possibilidade da descoberta de novas cavidades ao longo do empreendimento, tornou-se prudente um criterioso levantamento em campo, com a realização de caminhamentos para a checagem da real potencialidade espeleológica da região de inserção do empreendimento.

## 6.2.5.2. LEGISLAÇÃO PERTINENTE

A espeleologia é a área das ciências que estuda as cavidades naturais. De acordo com o parágrafo único do art. 1º do Decreto 99.556/90, cavidade natural é todo e qualquer espaço subterrâneo penetrável pelo homem com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora encontrados, e o corpo rochoso onde o mesmo se insere, desde que a sua formação tenha sido formada por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou do tipo de rocha encaixante. Nesta designação estão incluídos todos os termos regionais, tais como gruta, lapa, toca, abismo, furna e buraco.

O patrimônio espeleológico é, primeiramente, retratado na legislação brasileira como bem de posse da União, nos termos da Constituição Federal de 1988, no inciso X do Artigo 20.

Em face à sua relevância sociocultural, econômica e ambiental, a Constituição Federal no Artigo 216 estabelece que as cavernas são patrimônio cultural brasileiro e, por isso, estão submetidas a intensa fiscalização, sob a premissa de que todos possuem o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (Art.225 – Constituição Federal).

Para tal, o Estado criou leis que viabilizam a preservação das cavidades naturais nos aspectos cultural, econômico e ambiental, como:

- Decreto nº 99.556, de 01/10/1990 - Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e dá outras providências.
- Decreto nº 6.640, de 07/11/2008 - Dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional.
- Instrução Normativa nº 100 de 05/06/2006 - Regulamenta o mergulho em caverna.
- Instrução Normativa nº30 de 19/09/2012 - Estabelece procedimentos administrativos e técnicos para a execução de compensação espeleológica de que trata o art. 4º, § 3º, do Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, alterado pelo Decreto nº 6.640, de 7 de novembro de 2008, para empreendimentos que ocasionem impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea classificada com grau de relevância alto, e que não possuam na sua área, conforme análise do órgão licenciador, outras cavidades representativas que possam ser preservadas sob a forma de cavidades testemunho.
- Instrução Normativa/ICMBIO nº 01, de 24/01/2017 - Estabelece procedimentos para definição de outras formas de compensação ao impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea com grau de relevância alto, conforme previsto no art. 4º, § 3º do Decreto nº 99.556, de 1º outubro de 1990.
- Portaria IBAMA nº 887 de 15/06/1990 - Dispõe sobre o uso das cavidades subterrâneas, entre outros.

- Portaria IBAMA nº 015 de 23/02/2001 - Disciplina o acesso e uso de cavernas turísticas na Chapada Diamantina/BA.
- Portaria ICMBIO nº 078 de 03/09/2009 - Cria o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - CECAV.
- Portaria MMA nº 358 de 30/09/2009 - Institui o Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico.
- Resolução CONAMA nº 009/86 de 24/01/1986 - Dispõe sobre a criação de Comissão Especial para estudos do Patrimônio Espeleológico.
- Resolução CONAMA nº 237/97 de 19/12/1997 - Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental.
- Resolução CONAMA nº 347/04 de 10/09/2004 - Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico.

Da legislação acima vale ressaltar os seguintes pontos normativos:

O Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - CECAV, criado pela Portaria nº 78/2009, passa a ter como objetivo realizar pesquisas científicas e ações de manejo para conservação dos ambientes cavernícolas e espécies associadas, assim como auxiliar no manejo das Unidades de Conservação federais com ambientes cavernícolas.

A Resolução CONAMA nº 347/2004 estabelece no Art. 4º que a localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades, considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores do patrimônio espeleológico ou de sua área de influência dependerão de prévio licenciamento pelo órgão ambiental competente, nos termos da legislação vigente. Estabelece ainda que, as autorizações ou licenças ambientais, na hipótese de cavidade natural subterrânea relevante ou de sua área de influência, na forma do Art. 2º inciso II, dependerão, no processo de licenciamento, de anuência prévia do IBAMA (art. 4º, § 1º).

A Resolução CONAMA nº 347/2004 ainda estabelece um raio mínimo de 250 m, que compreende elementos do ecossistema cavernícola e sua interligação com o ambiente externo, responsáveis pela manutenção da integridade física e equilíbrio ecológico.

Apesar das competências e atribuições do ICMBIO e do CECAV nos processos de regulação do patrimônio espeleológico, a mesma Resolução CONAMA nº 347/2004, no tocante ao licenciamento ambiental, versa sobre o patrimônio espeleológico nacional e estabelece que o órgão ambiental competente pelo licenciamento do empreendimento ou atividade é responsável por analisar os estudos espeleológicos e avaliar o grau de impacto ao patrimônio espeleológico afetado.

### **6.2.5.3. METODOLOGIA DOS LEVANTAMENTOS ESPELEOLÓGICOS**

Os levantamentos espeleológicos na Área de Estudo do empreendimento foram realizados

para cumprimento das diretrizes estabelecidas pelo Decreto 6640/2008 e Instrução Normativa (IN) MMA nº 02/2017 que visam a análise da potencialidade espeleológica da área de estudo definida para o meio físico da LT 500kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2.

De modo a evitar a interferência do empreendimento sobre o patrimônio espeleológico nacional, principalmente, em cavidades de grande relevância espeleológica, como as desenvolvidas em litologias carbonáticas, buscou-se mapear toda e qualquer cavidade na Área de Estudo definida para os levantamentos espeleológicos de campo, Esse mapeamento também teve o objetivo de propor medidas para evitar qualquer intervenção junto às eventuais cavidades naturais, haja vista que a melhor forma de se preservar as cavernas é deixando-as intocáveis e distantes das ações antrópicas, que de forma direta ou indireta, podem influir no sistema cárstico regional. Essa influência pode gerar impactos sobre a biota, patrimônio geológico, água, controles erosivos, aproveitamento inadequado dos aspectos de ordem histórica, cultural, arqueológica e paleontológica.

Para os levantamentos espeleológicos detalhados foi estabelecida a Área de Influência de Cavidades (AIC) com *buffer* de 250 m para cada lado do eixo dos dois circuitos da LT, onde foi executada uma investigação pormenorizada, por meio de caminhamento exocárstico, dos 370 km que englobam o traçado da LT, mesmo onde não existia potencial para ocorrência de cavernas definidas como de alto ou muito alto potencial. Além disso, para incrementação dos estudos espeleológicos estabeleceu-se que o caminhamento de campo se estenderia para uma área de abrangência com 1 km a partir do eixo dos dois circuitos, denominando-a de Área de Estudo Espeleológico, onde as cavidades ali identificadas também deveriam ser registradas.

Ressalta-se também que para consulta na base de dados do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - CECAV-ICMBio, foi realizado um raio de abrangência ainda maior de 5 km para cada lado do eixo do traçado, onde outras cavidades foram diagnosticadas e que são citadas no presente diagnóstico ambiental. Entretanto, em função das grandes distâncias em relação ao empreendimento, não havendo qualquer tipo de interferência com o mesmo, a caracterização detalhada das mesmas não foi realizada por não se justificar, exceção feita a uma única cavidade, denominada Gruta do Angico, pela sua relevância espeleológica.

Por fim, destaca-se que a metodologia definida para os levantamentos espeleológicos foi conduzida objetivando gerar um mapa espeleológico para uso na definição final do traçado e, principalmente, a atender plenamente as leis regulamentadoras que norteiam o referido tema, levando-se em conta, principalmente, os possíveis impactos que o empreendimento poderia acarretar em cavidades que estivessem localizadas dentro da AIC estabelecida.

#### 6.2.5.3.1. Atividades de Escritório

Os trabalhos de escritório iniciaram com a criação de uma base SIG (Sistema de Informação Geográfica), a partir do uso do software ArcGIS da ESRI. O abastecimento dos dados teve início com o traçado da linha de transmissão em estudo. A partir da diretriz do traçado foram criados os *buffers* da Área de Intervenção (AI) com 40 m a partir dos eixos principais dos circuitos da LT, da AIC (Área de Influência das Cavidades) definida, englobando 250 m a partir do eixo principal de cada um dos circuitos da LT e da Área de Estudo Espeleológico (AEE) com 1 km para cada lado dos eixos dos referidos circuitos.

O aporte dos dados secundários, iniciou-se com a pesquisa e download da base do CANIE, de



responsabilidade do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) e Instituto Chico Mendes de Biologia (ICMBio) compreendendo as cavidades cadastradas e Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil, na escala de 1:2.500.000 (JANSEN, 2012) e das cavidades cadastradas no CNC (Cadastro Nacional de Cavernas da Sociedade Brasileira de Espeleologia – SBE) para os estados interferidos pelo empreendimento. Além disso, foi feita uma análise integrada da geologia regional da região do traçado para verificação e caracterização de locais susceptíveis ao aparecimento de cavidades naturais. Destaca-se que os resultados deste levantamento inicial de dados secundários foram devidamente caracterizados no item 6.2.5.1 Caracterização Espeleológica Regional. Conforme indicado anteriormente, para este levantamento inicial foi considerada uma Área de Estudo mais abrangente de 5 km para cada lado do eixo do traçado principal.

Com a base SIG (Sistema de Informação Geográfica) estruturada, foi iniciado o levantamento bibliográfico referente às publicações sobre a geologia e espeleologia. A base SIG foi transportada para o formato KMZ do *Google*, iniciando-se um trabalho de fotointerpretação, utilizando as imagens e relevo digital do *software Google Earth Pro*. Esta etapa teve como proposta identificar áreas com potencial espeleológico para compilação de um novo mapa de potencialidades espeleológicas do empreendimento.

A confecção do mapa de caminhamento para levantamento exocárstico foi embasado no Mapa de Potencialidades de Cavernas no Brasil de 1:2.500.000, refinado por meio do confronto com a base geológica e fotointerpretação da Área de Influência de Cavidades - AIC. O grau de potencialidade para formação de cavidades foi subdividido segundo Jansen (2009) em: improvável, baixo, médio, alto e muito alto, de acordo com as litologias existentes (**Quadro 6.2.5-1**).

**Quadro 6.2.5-1 - Grau de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil de acordo com a Litologia**

LITOTIPO	GRAU DE POTENCIALIDADE
Calcário, Dolomito, Evaporito, Metacalcário, Formação ferrífera bandada, Itabirito e Jaspilito.	Muito Alto
Calcrete, Carbonatito, Mármore e Marga.	Alto
Arenito, Conglomerado, Filito, Folhelho, Fosforito, Grauvaca, Metaconglomerado, Metapelito, Metassiltito, Micaxisto, Milonito, Quartzito, Pelito, Riolito, Ritmito, Rocha calci-silicática, Siltito e Xisto.	Médio
Anortosito, Arcóseo, Augengnaisse, Basalto, Charnockito, Diabasio, Diamictito, Enderbitto, Gabro, Gnaisse, Granito, Granitóide, Granodiorito, Hornfels, Kinzigito, Komatito, Laterita, Metachert, Migmatito, Monzogranito, Oliva gabro, Ortoanfíbolito, Sienito, Sienogranito, Tonalito, Trondhjemito, entre outros litotipos.	Baixo
Aluvião, Areia, Argila, Cascalho, Lamito, Linhito, Turfa e outros sedimentos.	Ocorrência Improvável

A partir dos dados compilados, associados à estrutura geomorfológica e às cavidades inventariadas das bases CANIE e CNC, foi confeccionado o mapa refinado do potencial espeleológico para a AIC, utilizado como referência na etapa de campo para a coleta de dados primários. Nenhuma área definida como de alto ou muito alto potencial espeleológico, de acordo com o CECAV, foi suprimida deste estudo antes do caminhamento para a investigação do

exocárste.

Após as atividades de campo, os dados levantados foram unidos à base SIG. A compilação e análise destes dados permitiram identificar a interferência do traçado junto a cavidades, sendo propostas variantes de forma que todas as cavidades ficassem fora da AIC.

#### 6.2.5.3.2. Atividades de Campo

As atividades de campo foram executadas entre os dias 12 e 24 de novembro de 2017. Nesta etapa foi realizado o caminhamento exocárstico, tendo por finalidade mapear cavidades passíveis de serem interferidas pelo empreendimento. Desta forma, foi executada uma avaliação de todo o traçado da LT, mesmo apresentando potenciais médio, baixo ou improvável. A investigação foi executada por amostragem, dando maior ênfase para áreas cujo contexto litológico e geomorfológico fosse propício para formação de cárste ou pseudocarste.

Para concretizar os estudos ainda foram consultados os Grupos Espeleológicos locais em busca de informações de cavidades ainda não registradas ou regiões de interesse espeleológico, além de entrevistas com moradores da região, normalmente donos de fazenda dentro da AIC e da Área de Estudo, por meio de formulários elaborados, especificamente, para esta finalidade.

Basicamente, a caracterização do potencial espeleológico do empreendimento se deu por coleta de informações litológicas e geomorfológicas, por meio de pontos de controles espeleológicos. Procurou-se identificar principalmente estruturas e afloramentos que caracterizassem relevo cárstico. DRONES DJI, modelos Phantom III Advanced e Spark, também foram utilizados como apoio na prospecção de locais de difícil acesso ou para localização de pontos com necessidade de investigação detalhada, assim como para a identificação de novas cavidades.

#### 6.2.5.4. RESULTADOS DOS LEVANTAMENTOS ESPELEOLÓGICOS

Conforme relatado anteriormente, o empreendimento não secciona nenhuma região cárstica reconhecida ou mesmo litologias que apresentem alto e muito alto potenciais espeleológicos, ainda que o mapa de potencial para ocorrência de cavernas no Brasil de acordo com Jansen et al. (2012), utilizado como base pelo CECAV, apresentasse alto potencial para o trecho final do empreendimento, próximo a SE Cachoeira Paulista.

Na primeira reavaliação ainda de dados secundários, por meio de uma compilação de dados geológicos de 1:100.000 e o mapeamento do CECAV de 1:2.500.000, notou-se que na verdade as áreas que poderiam apresentar litologias carbonáticas não estão presentes na região da Área de Estudo, em seu lugar estão depósitos notadamente inconsolidados da Formação Resende que não apresentam potencial espeleológico.

Mesmo após a reavaliação do mapa de potencial para formação de cavernas, todo o traçado da LT em estudo foi alvo de caminhamento exocárstico para garantir uma melhor contextualização litológica e, assim, definir o real potencial das unidades litoestratigráficas presentes.

Basicamente, conforme relatado anteriormente, os levantamentos espeleológicos realizados

foram divididos em duas etapas distintas: A primeira etapa se caracterizou pela consulta ao banco de dados do CECAV-ICMBio que evidenciou a ocorrência de quatro cavidades ao longo do traçado da LT, considerando a Área de Estudo com 5 km para cada lado do eixo dos dois circuitos do traçado do empreendimento para os levantamentos espeleológicos. Já a segunda etapa se caracterizou pelas atividades de campo realizadas para a prospecção espeleológica, em uma Área de Estudo Espeleológico (AEE) de 1 km para cada do eixo dos dois circuitos do traçado, onde foram identificadas e cadastradas mais quatro cavidades, sendo que o conjunto de abrigos nomeados como Complexo de Abrigos do Alto da Serra é o único que se localiza dentro da AIC definida (250 m para cada lado do eixo do traçado).

A partir do levantamento de dados de escritório e de campo foram elaborados os mapas de potencial espeleológico ao longo de toda a extensão do traçado da LT, levando-se em consideração a Área de Estudo Espeleológico definida para o empreendimento. No Caderno de Mapas encontram-se os referidos mapas espeleológicos (**L18-MP-F-6.2.5-001** a **L18-MP-F-6.2.5-013**) elaborados na escala 1:100.000, enquanto o **Anexo 6.2.5 - 1** caracteriza os pontos espeleológicos levantados durante as atividades de campo que também estão indicados nos mapas **L18-MP-F-6.2.5-001** a **L18-MP-F-6.2.5-013**.

O mapa **L18-MP-F-6.2.5-014** apresenta a localização de todas as cavidades diagnosticadas durante os levantamentos espeleológicos realizados ao longo do traçado da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2, levando-se em consideração a Área de Estudo definida para o referido empreendimento. Posteriormente, é caracterizada cada uma destas cavidades encontradas durante as duas etapas de trabalho acima relatadas.

Embora os estados de Minas Gerais e São Paulo sejam reconhecidos por abrigarem milhares de cavidades, apenas quatro cavidades estão cadastradas na base de dados do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - CECAV-ICMBio, dentro da área de abrangência de 5 km para cada lado do eixo do traçado: três em granitos e uma em rocha carbonática. Vale destacar que nenhuma delas se encontra dentro da faixa de 250 m estabelecida e que caracteriza a Área de Influência de Cavidades (AIC).

O **Quadro 6.2.5-2** apresenta as principais características das quatro cavidades naturais encontradas na Base de Dados do CECAV-ICMBio e que se situam na Área de Estudo com 5 km em relação aos eixos dos traçados. Enquanto a localização de cada uma delas também pode ser observada no mapa **L18-MP-F-6.2.5-014** (pontos em vermelho).

**Quadro 6.2.5-2 - Principais características das cavidades encontradas na área de estudo da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2**

CAVIDADES ENCONTRADAS NA ÁREA DE ESTUDO			
NOMENCLATURA	MUNICÍPIO	LITOLOGIA	DISTÂNCIA DA LINHA (m)
Gruta do Rio do Peixe I	Campestre - MG	Granito	3.770m
Toca do Morcego	Campestre - MG	Granito	3.770m
Toca do Bicho I	Cabo Verde - MG	Granito	1.200m
Gruta do Angico	Passos - MG	Mármore	2.090m

Avaliando os dados apresentados no **Quadro 6.2.5-2**, verifica-se que a Gruta do Angico encontra-se em região de rocha carbonática, enquanto as outras três cavidades se situam em região de rocha granítica.

Além disso, observa-se que a Toca do Bicho I é a cavidade situada mais próxima ao traçado da LT 500 kV SE Estreito – SE Cachoeira Paulista C1 e C2, a uma distância de 1,2 km da diretriz do circuito, estando, portanto, fora da Área de Estudo Espeleológico definida. Esta cavidade encontra-se registrada na base CNC com o código MG-469 e no CANIE com o código 010159.02978.31.09501. Durante as atividades de campo, esta cavidade não foi identificada devido a possível coordenada deslocada, entretanto, a mesma foi mantida nos presentes estudos espeleológicos.

Dentre estas quatro cavidades relatadas, a Gruta do Angico (registrada no CNC com o código de MG-523 e no CANIE 009501.02950.31.47907) é a cavidade de maior relevância espeleológica, sendo a única cavidade desenvolvida em rochas carbonáticas (mármore). É a cavidade que possui o maior desenvolvimento, contendo um salão principal com cerca de 20 m de diâmetro e mais um salão menor com apenas 3 m de diâmetro. Além disso, ela está localizada a 2,9 km do traçado, em uma lente de mármore entre xistos e quartzitos do Grupo Araxá. Ressalta-se que a referida cavidade, mesmo estando localizada a uma distância considerável do eixo do traçado do empreendimento, foi visitada durante as atividades de campo realizadas, apesar de não estar inserida na Área de Estudo estabelecida para os levantamentos espeleológicos.

A Gruta do Angico é uma caverna desenvolvida em mármore de coloração cinza escuro. A cavidade possui abertura em semicírculo arredondado no teto, com 10 m de largura por 4 m de altura (**Figura 6.2.5-4**). Na fauna cavernícola foram observados alguns quirópodes de grande porte, além de insetos e nidificação de aves silvestres (**Figura 6.2.5-5**).



**Figura 6.2.5-4 - Vista geral da boca de entrada da Gruta do Angico**



**Figura 6.2.5-5 - Presença de fauna cavernícola na Gruta do Angico**

A Gruta do Angico possui desenvolvimento dividido em três condutos distribuídos em forma quase simétrica, partindo do salão principal, com cerca de 10 m de diâmetro e 10 m de altura máxima, desenvolvendo em declividade de aproximadamente 20°, a partir da entrada. O conduto central possui desenvolvimento horizontal com apenas 3 m de diâmetro (**Figura 6.2.5-6**). O da direita é subvertical em espiral, seguindo pelo lado esquerdo, onde está localizada grande parte dos espeleotemas da cavidade (**Figura 6.2.5-7**). O conduto da esquerda tem desenvolvimento com 20° de declividade e abertura em formato cilíndrico com 1,5 m de diâmetro, abrindo para uma pequena sala com cerca de 3 m de altura de 1,7 m de diâmetro (**Figura 6.2.5-8**).

Os espeleotemas mais característicos da cavidade são estalactites, estalagmites, colunas e escurrimentos, e geralmente estão danificados por ação humana (**Figura 6.2.5-9**).



**Figura 6.2.5-6 - Vista geral do conduto central da cavidade**



**Figura 6.2.5-7 - Vista geral do conduto direito da cavidade**



**Figura 6.2.5-8 - Vista geral do conduto esquerdo da cavidade**



**Figura 6.2.5-9 - Espeleotemas presentes na Gruta do Angico**

A cavidade demonstra grande atividade humana, alvo de grande número de visitas, acarretando acúmulo de lixo, inscrições no interior e construções de alvenaria (**Figura 6.2.5-10**).



**Figura 6.2.5-10 - Lixo acumulado e restos de construção no interior da cavidade**

#### 6.2.5.4.1. Cavidades Identificadas nos Levantamentos de Campo

Os levantamentos espeleológicos de campo na Área de Estudo Espeleológico (AEE) constataram a ocorrência de mais quatro cavidades que não estavam registradas no banco de dados do CECAV. O registro destas novas cavidades foi feito de forma cadastral. Foram anotadas coordenadas e cotas da boca das cavidades, estimativas de tamanho da entrada e desenvolvimento, litologia, presença ou não de fauna cavernícola, classificação de classe e número de indivíduos observados ou mesmo registros biológicos presentes na cavidade, presença de espeleotemas, presença de zona afótica e fatores de preservação. Ao final do estudo todas as cavidades identificadas foram cadastradas no CANIE mantido pelo CECAV.

A seguir são caracterizadas, detalhadamente, as quatro cavidades encontradas, sendo que a localização de cada uma delas pode ser observada no mapa **L18-MP-F-6.2.5-014** (pontos em roxo).

Abrigo Alto da Serra

**Coordenadas UTM:** 23k 404002E 7556873N.

Altitude da Boca: 1.137 m.

Distância para eixo das LT: 214 m do C1 e 286 m do C2.

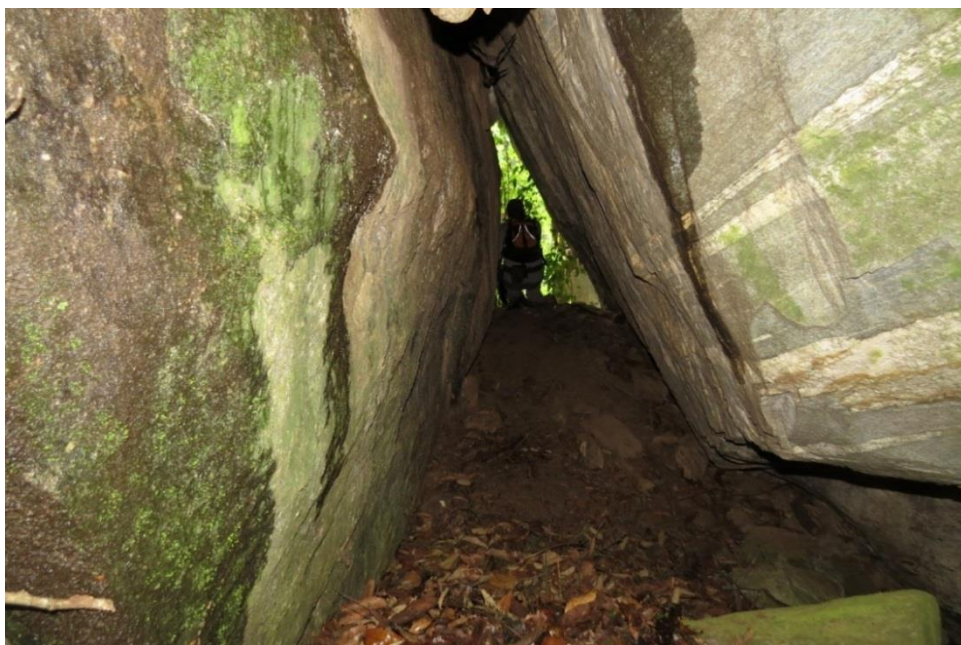
**Município:** Espírito Santo do Dourado – MG.

Litologia: Gnaisse.

**Registro CANIE/CECAV:** 023306.00001.31.24401.

O complexo de cavidades Alto da Serra está situado no topo de uma serra com vertentes de alta declividade, onde ocorrem blocos de ortognaisses arrançados de forma caótica, constituindo um conjunto de cavidades, situada em sua vertente Sul. O complexo consiste em um conjunto de três cavidades, classificadas como abrigo e de baixa relevância espeleológica, desenvolvidas nestes gnaisses de coloração cinza escuro. Estas cavidades se situam dentro da AIC do empreendimento estando a uma distância inferior a 250 m no que se refere ao eixo do circuito C1 (distância de 214 m).

O acesso é realizado pela rodovia sem nome que liga a cidade de Espírito Santo do Dourado até o trevo com a rodovia MG – 179. Ao atingir o km 5, saindo de Espírito Santo, deve-se tomar à direita, no bairro Alto da Serra, e ao deslocar 65 m, entrar na estrada vicinal à esquerda, passando por casas, até chegar ao final da estrada onde se localiza o sítio do Sr. Odilei, informante das cavidades. A partir daí o acesso se dá através de caminhada, partindo da casa sede, caminhando por 40 m em área de pastagem, até cruzar a cerca de arame farpado. Em meio à mata fechada caminhar por mais 120 m sentido Sudoeste até o local das cavidades. A **Figura 6.2.5-11** ilustra a cavidade 1 do Complexo Alto da Serra.



**Figura 6.2.5-11 - Vista geral da Cavidade 1 do Complexo Alto da Serra**

A Cavidade 2 é um pequeno abrigo com uma passagem de 3 m de desenvolvimento, 3 m de largura e 1 m de altura, sem presença de fauna cavernícola (**Figura 6.2.5-12**).





**Figura 6.2.5-12 - Vista geral da Caverna 2 do Complexo Alto da Serra**

A Caverna 3, também classificada como abrigo possui diminutas dimensões, com 1 m de altura e 1,5 m de desenvolvimento em formato triangular, sem presença de fauna cavernícola (**Figura 6.2.5-13**).



**Figura 6.2.5-13 - Vista geral da Caverna 3 do Complexo Alto da Serra**

Abrigo do Itambé

**Coordenadas UTM:** 23k 289434E 7740976N.

Altitude da Boca: 918 m.

Distância para eixo das LT's: 433 m do C2 e 945 m do C1.

**Município:** Ibiraci – MG.

**Litologia:** Quartzito.

**Registro CANIE/CECAV:** 023307.00001.31.29707.

A cavidade está inserida na classificação tipo abrigo, e recebeu o nome de Abrigo do Itambé por estar localizada no bairro rural de Itambé, sendo classificada como de baixa relevância espeleológica. O acesso é realizado pela Rodovia Antônio Leite Garcia (MG – 344), saindo de Cássia – MG, percorrendo 12 km sentindo a cidade de Ibiraci – MG, entrando em estrada vicinal à direita que liga os bairros rurais de Manoelino e Itambé. Posteriormente, segue por 7,8 km em estrada principal, até chegar a um entroncamento, aonde se toma a esquerda seguindo por 5 km até a entrada da fazenda Pasto da Serra, à esquerda. Passar a porteira e seguir por 1.450 m sempre na estrada principal que leva a sede. Ao chegar na casa, o acesso é realizado somente por caminhada, no sentido SO por cerca de 650 m, em área de alta declividade até chegar ao maciço de quartzito, onde está o abrigo.

A Cavidade foi desenvolvida em um quartzito com cerca de 100 m de altura, acima da rampa de colúvio (**Figura 6.2.5-14**). Foi possível identificar uma gênese inicial gerada por *piping*, seguindo por lixiviação do cimento e desprendimento de blocos do teto, ocasionando a formação de um grande abrigo de baixo desenvolvimento (**Figura 6.2.5-15**). Verifica-se pelas **Figura 6.2.5-14** e **Figura 6.2.5-15** que o seu acesso terrestre é impossível, em função do abrigo se situar em uma encosta rochosa íngreme.

Geologicamente está inserida no Grupo Araxá, que localmente é representada por um pacote constituído, essencialmente, por quartzitos, dando origem a extensas serras, constituindo verdadeiros *hogbacks*, cujos topos, de uma maneira geral, representam os máximos topográficos locais.



**Figura 6.2.5-14 - Vista frontal aérea do Abrigo do Itambé.**



**Figura 6.2.5-15 - Vista aérea da boca do Abrigo do Itambé**

Toca do Urubu

**Coordenadas UTM:** 23k 288200E 7744299N.

Altitude da Boca: 946 m.

Distância para eixo das LT's: 475 m do C2 e 565 m do C1.

**Município:** Ibiraci – MG.

**Litologia:** Quartzito.

**Registro CANIE/CECAV:** 023310.00002.31.29707.

Localizada em um maciço de quartzito com, aproximadamente, 240 m de altitude acima do relevo circunvizinho (**Figura 6.2.5-16**), não é possível acessar a Toca do Urubu por meio de caminhada, com isso, foi realizado levantamento aéreo com auxílio de Drone, resultando na descoberta da cavidade. Classificada como abrigo, a cavidade possui pequenas dimensões e apresenta baixa relevância espeleológica.

O acesso é realizado pela Rodovia Antônio Leite Garcia (MG – 344), saindo de Cássia – MG, percorrer por 12 km sentindo a cidade de Ibiraci – MG, e entrar em estrada vicinal à direita que liga os bairros rurais de Manoelino e Itambé. Seguir por 7,8 km em estrada principal, até chegar no entroncamento, virando-se a esquerda, deve-se seguir por 7,3 km até chegar em um acesso à esquerda que liga a torres de uma linha de transmissão já existente. Ao passar o colchete, seguir por 1 km até o fim da estrada, onde já será possível avistar a gruta no maciço de quartzito. Como não é possível chegar até lá por caminhada, o acesso até a sua entrada só pode ser realizado com rapel. Em função desta dificuldade de acesso foi feito um levantamento aéreo com uso de drone para sua caracterização.

Geologicamente está inserida no Grupo Araxá, que localmente é representada por um pacote constituído essencialmente por quartzitos, dando origem a extensas serras com morfologia de *hogbacks*, representando os máximos topográficos locais. Sua gênese foi gerada pelo chamado *piping*, que consiste na erosão interna que provoca a remoção de partículas do interior da rocha, formando uma porosidade secundária, por meio de pequenos canais que vão aumentando de proporção e forma, de acordo com a percolação e circulação da água. (**Figura 6.2.5-17**).

Durante o levantamento aéreo foi possível observar por imagem de vídeo uma grande concentração de abelhas no entorno da toca, além de urubus possivelmente moradores, ou usuários da cavidade em épocas de reprodução (**Figura 6.2.5-18**).



**Figura 6.2.5-16 - Vista frontal do maciço onde está inserida a Toca do Urubu**



**Figura 6.2.5-17 - Vista da boca da Gruta do Itambé**



**Figura 6.2.5-18 - Maior detalhe da Toca do Urubu, onde se observa urubus presentes na mesma**

Gruta da PCH Poço Fundo

**Coordenadas UTM:** 23k 382931E 7588423N.

Altitude da Boca: 1.165 m.

Distância para eixo das LT's: 275 m do C2 e 424 m do C1.

**Município:** Campestre – MG.

Litologia: Gnaisse.

**Registro CANIE/CECAV:** 023309.02984.31.11002.

A Gruta da PCH Poço Fundo está desenvolvida em um ortognaisse migmatítico da Unidade Ortognáissica Intermediária (NPvog), recebendo esse nome por estar localizada nas proximidades da PCH Poço Fundo e sendo classificada como caverna e de baixa relevância espeleológica. O seu acesso é realizado pela cidade de Campestre – MG, saindo do centro da cidade, seguir na rua Gabriel Junqueira até chegar na estrada vicinal que liga ao Bairro dos Campos, seguindo por mais 23 km até chegar na ponte da cachoeira da barragem - PCH Poço Fundo, local bastante conhecido na região. A partir deste ponto, seguir em caminhada por uma pequena trilha à esquerda que leva ao leito do rio, ao atravessar para a margem direita do rio, encontra-se a cavidade.

A cavidade possui abertura em formato triangular invertido com teto composto por um grande bloco retangular de granito, e laterais formadas por matacões da mesma litologia com coloração cinza claro, contendo pouca biotita (**Figura 6.2.5-19**), possuindo cerca de 2,2 m de altura e 1,7 m de largura, sendo maior na entrada e afunilando com desenvolvimento ascendente por cerca

de 8 m com 10° de declividade positiva (**Figura 6.2.5-20**).

Geologicamente está inserida na Unidade Ortognáissica Intermediária, caracterizado localmente por gnaisses migmatíticos, de granulação fina e de composição granodiorítica a tonalítica. Sua mineralogia é composta, basicamente, por plagioclásio, quartzo, feldspato potássico, biotita e anfibólio. A sua gênese deve-se a conjugação da esfoliação esferoidal (**Figura 6.2.5-21**) e fluxo fluvial, gerando um processo de corrosão, pois a cavidade era inicialmente inundada pelo curso original do rio Machado, atualmente desviado para a produção de energia na PCH.

Não apresentam quirópteros em sua fauna cavernícola, apenas colmeias de vespas na entrada da gruta (**Figura 6.2.5-22**).



**Figura 6.2.5-19 - Vista frontal da Gruta da PCH Poço Fundo**



**Figura 6.2.5-20 - Vista do interior da Gruta da PCH Poço Fundo**



**Figura 6.2.5-21 - Processo de esfoliação esferoidal.**





**Figura 6.2.5-22 - Detalhe da colmeia de vespas presentes na entrada da Gruta da PCH Poço Fundo**

#### **6.2.5.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo espeleológico da LT 500 kV Estreito - Cachoeira Paulista englobou ações sistemáticas para a caracterização do mapeamento geológico e exocárstico de cavidades e definição do real potencial espeleológico para a fase de avaliação do impacto ambiental do empreendimento a fim de promover a proteção do patrimônio espeleológico de acordo com o estipulado pela Legislação Brasileira em vigor. No âmbito da espeleologia, o traçado não intercepta nenhuma região cárstica de relevância nacional.

Em face das litologias apresentadas pelas sequências geológicas seccionadas pelo empreendimento, compostas por granitos e gnaisses, além de xistos e quartzitos, em especial atribuídos aos diversos embasamentos cristalinos regionais interferidos, o potencial espeleológico da Área de Estudo Espeleológico é, predominantemente, baixo e médio. Não ocorrem áreas de alto e muito alto potencial dentro da Área de Estudo, e as regiões, antes definidas com esta classificação, foram rebaixadas em função da inexistência de litologias com algum potencial para formação de cavidades naturais subterrâneas.

Os domínios graníticos e gnaisses formam relevos arredondados, compondo mar de morros com raros depósitos de tálus que, geralmente, são os responsáveis pela formação de cavidades naturais nestas litologias, haja visto, o arranjo de acúmulo de grandes matacões, que a princípio poderiam gerar tais cavidades de pequeno porte. Embora tenham sido registradas duas cavidades neste contexto, estas possuem desenvolvimento pequeno e ausência de espeleotemas ou fauna que as atribuam alguma relevância espeleológica. Apenas um conjunto de abrigos registrados e denominados de Abrigos Alto da Serra está localizado dentro da AIC (250 m dos eixos dos traçados), porém possuem desenvolvimento inferior a 5 m e, logo, uma pequena área de influência. Devido às cavidades estarem inseridas em mata primária do bioma Mata Atlântica, com bordas definidas, sua área de influência pode ser considerada o próprio fragmento de mata, não sendo afetado diretamente pelo empreendimento.

Uma segunda cavidade em gnaiss também foi cadastrada e denominada como Gruta da PCH Poço Fundo, desenvolvida no antigo leito do rio Machado fora da AIC. Possui desenvolvimento reduzido e não será afetada pelas construções e aberturas de acesso da LT.

Em um grande maciço de quartzito do Grupo Araxá foram identificadas mais duas cavidades de pequenas dimensões que, além de estarem fora da AIC, situam-se a mais de 100 m de altura da base do maciço e, por conseguinte, não serão interferidas pelo empreendimento.

Todas as quatro novas cavidades identificadas durante o caminhamento exocárstico para este diagnóstico foram devidamente registradas na base do CANIE/CECAV e já se encontram validadas com o grau 2.

Com relação às quatro cavidades que já estavam cadastradas no Banco de Dados do CANIE/CECAV, a de maior relevância e que foi visitada nas atividades de campo foi a Gruta do Angico em rocha carbonática (mármore). Ressalta-se que a cavidade Toca do Bicho I, também foi visitada (fora da AIC, mas próxima ao limite de 1 km da AEE – Área de Estudo Espeleológico) porém, mesmo tendo sido feito todo o caminhamento no entorno da região onde deveria estar localizada tal cavidade, não foi encontrada em meio à vegetação densa. É provável que suas coordenadas estejam deslocadas ou foram colhidas sem uso de equipamento de precisão, o que impediu a sua localização. Já as cavidades Toca do Morcego e Gruta do Rio Peixe I não foram visitadas devido a sua localização estar a mais de 3.000 m do eixo do traçado, portanto, fora da área de estudo estabelecida para os levantamentos de campo, tendo sido apenas relatadas no presente documento (coleta de dados secundários).

Diante do exposto, como as pequenas cavidades existentes estão dentro da classificação de baixa relevância e não ocorrem regiões classificadas como de alto ou muito alto potencial para formação de cavernas, torna-se inócua o avanço dos estudos nestas “eventuais cavidades”, como maneira de se adotar medidas mitigadoras e até mesmo conservacionistas para a preservação destas áreas, uma vez que não serão afetadas diretamente pelo empreendimento. Assim, os estudos aqui apresentados são bastante consistentes e representam resultados sólidos e suficientes para se negatizar espeleologicamente o empreendimento em questão.

#### **6.2.5.6. ANEXOS**

##### **ANEXO 6.2.5 - 1 – Lista dos Pontos de Campo do Levantamento Espeleológico.**

#### **6.2.6. NÍVEL DE RUÍDO**

No presente item, serão apresentadas as informações relativas às atividades que apresentam potencial de geração de poluição sonora relacionadas às fases de instalação e operação da Linha de Transmissão (LT) 500 kV Estreito – Cachoeira Paulista C1 e C2. Convém destacar que a descrição completa de todas as atividades previstas para as fases de planejamento, instalação e operação, independente do seu potencial para a geração de poluição sonora, é apresentada no Capítulo 4 Descrição do Empreendimento.

### 6.2.6.1. ATIVIDADES COM POTENCIAL DE GERAÇÃO DE RUÍDOS

Durante a etapa de mobilização das obras e execução dos serviços preliminares, serão executadas diversas atividades necessárias para dar início à implantação da linha de transmissão. As principais atividades desenvolvidas nessa etapa são a preparação de logística e dos acessos que serão utilizados durante as obras, bem como a instalação dos canteiros de obras e estocagem de estruturas metálicas. Durante a execução dessas atividades ocorrerá grande movimentação de veículos de pequeno, médio e grande porte. Isso pode gerar um acréscimo no nível de ruído associado ao tráfego de veículos nas principais vias de acesso e nas áreas dos canteiros de obras, caso não sejam associadas medidas de prevenção de controle.

Todos os equipamentos, máquinas e veículos utilizados para a execução dessas atividades apresentam determinados níveis de emissão de ruído, os quais devem estar dentro dos limites estabelecidos na legislação vigente. Deve-se dar atenção ao efeito sinérgico oriundo do funcionamento em conjunto do maquinário, o qual poderá resultar em poluição sonora.

Para a implantação da linha de transmissão está prevista a instalação de cinco canteiros de obras, sendo um canteiro central localizado no município de Santa Rita de Sapucaí-MG, e quatro canteiros de apoio localizados nos municípios de Campestre, Ibiraci, Bom Jesus da Penha no estado de Minas Gerais, e Piquete no estado de São Paulo. Para a definição da localização dos canteiros, foram considerados diversos fatores, como por exemplo: logística, prioridade de escolha em local já antropizado e estratégia de execução de obras, objetivando a redução de deslocamentos dos efetivos de mão de obra e de equipamentos nas frentes de serviço, o que acarretará a minimização de impactos.

Durante a fase de implantação dos canteiros de obras, dependendo da localização definida, algumas atividades podem apresentar potencial de aumento de ruído, que são: supressão vegetal (uso de motosserras e maquinários pesados), serviços de terraplenagem (nivelamento do terreno), construção civil e construção de acessos. Porém essas atividades podem ou não ser necessárias para a implantação dos canteiros de obras.

Outras atividades importantes a serem executadas podem aumentar os níveis de ruído na Área de Intervenção do empreendimento, estando as mesmas relacionadas à implantação das praças de torres e praças de lançamento de cabos que também caracterizam a fase de implantação da linha de transmissão. Estas atividades envolvem serviços de escavação, preparação de fundação e montagem de estruturas inerentes a cada uma das referidas torres a serem construídas ao longo do traçado, além da necessidade de abertura de acessos e supressão vegetal.

Em face ao que foi exposto, ratifica-se que as atividades de supressão vegetal e abertura de acessos, além da montagem das estruturas de torres, praças de lançamento de cabo e praças de torres são as principais atividades que serão realizadas durante a etapa de implantação da LT 500 kV Estreito – Cachoeira Paulista C1 e C2 e podem gerar um acréscimo ao nível de ruído durante sua execução. Essas atividades são pontuais e temporárias, portanto, uma vez terminada a execução de tais atividades, os ruídos decorrentes da implantação da linha de transmissão deixam de ser gerados.

### 6.2.6.2. CARACTERIZAÇÃO DA POLUIÇÃO SONORA

A poluição sonora pode ser entendida como um conjunto crítico de fenômenos sonoros com elevada intensidade e de longa duração, que superem os níveis considerados normais para os seres humanos. Basicamente, se desenvolve pelo elevado nível de ruídos em um determinado local, capaz de produzir incômodos ao bem estar e a saúde. Ressalta-se que o termo “ruído” pode ser definido, juridicamente, como um agente poluente.

Destaca-se que a poluição sonora pode causar impactos à qualidade de vida, à medida que os níveis excessivos de sons e ruídos estejam acima dos limites suportáveis pelo ouvido humano ou prejudiciais ao repouso noturno e ao sossego público, em especial nos centros urbanos e comunidades rurais.

As principais fontes de ruídos que apresentam as características do nível de ruído atual no entorno do empreendimento são definidas como:

- **Ruído Natural:** São gerados por eventos naturais, como vento, rios, queda de árvores e frutos, tempestades, chuvas, podendo ser gerados também pela fauna e flora local.
- **Ruído das Comunidades no Entorno:** É gerado principalmente em locais com adensamento populacional. Esses ruídos normalmente são gerados em atividades cotidianas, carros de som, construção de obras civil, etc., sendo mais conhecido como “ruído urbano”.
- **Ruídos Gerados pela Circulação de Veículos na Malha Viária:** Estes ruídos são decorrentes da circulação de veículos na malha viária.

### 6.2.6.3. COMUNIDADES PASSÍVEIS DE SOFRER INFLUÊNCIA DA POLUIÇÃO SONORA

Durante a realização dos estudos ambientais, foram identificadas algumas comunidades que estão localizadas dentro da Área de Estudo que foi definida para esse item em 2 km a partir do eixo da LT 500 kV Estreito – Cachoeira Paulista C1 e C2.

Na Área de Estudo existem várias rodovias tanto federais, quanto estaduais que influenciam diretamente no nível de ruído do empreendimento, as principais são: MG-438, LMG-856, MG-344, MG-444, MG-050, BR-146, LMG-837, LMG-846, MG-446, MG-446, BR-491, BR-267, MG-179, BR-459, BR-381, MG-295, BR-383, BR-360, SP-183, SP-060, SP-058 e BR-488, e existem também diversas estradas municipais que dão acesso às comunidades rurais. O ruído gerado nessas rodovias é devido à grande movimentação de veículos de diferentes portes e velocidades.

A partir dessa malha viária se estabelecerá a implantação do empreendimento que deverá passar próximo de centros urbanos e comunidades rurais ali existentes. Em função dessa premissa, é importante frisar que os ruídos oriundos das atividades previstas durante a etapa de implantação do empreendimento irão se somar aos ruídos já existentes na região de inserção da linha de transmissão, aumentando o potencial para a geração de poluição sonora nas comunidades identificadas.

Dessa forma as comunidades rurais e urbanas passíveis de sofrer influência da poluição sonora na fase de implantação e operação do empreendimento foram mapeadas e estão listadas no **Quadro 6.2.6-1**. Enquanto no Caderno de Mapas (**L18-MP-F-6.2.6-001**) encontra-se um mapa da distribuição espacial das referidas comunidades rurais e urbanas ao longo do traçado do empreendimento.

É importante ressaltar que as comunidades foram levantadas durante a realização dos estudos ambientais e até o início da construção do empreendimento esse número de comunidades pode vir a aumentar, devido à possível expansão urbana em alguns municípios.

**Quadro 6.2.6-1 - Lista de Comunidades próximas à Linha de Transmissão 500 kV Estreito – Cachoeira Paulista C1 e C2.**

NOME	TIPO	UF	MUNICÍPIO	DISTÂNCIA DA LT (M)	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (UTM)	
					E	N
Bairro Laje	Bairro Rural	MG	Ibiraci	100	279.727	7.752.995
Bairro Itambé	Bairro Rural	MG	Cassia	700	291.807	7.739.706
Município de Cassia	Bairros Urbanos	MG	Cassia	1500	299.926	7.723.347
Bom Jesus da Penha	Cidade	MG	Bom Jesus da Penha	600	341.668	7.675.284
Nova Resende	Cidade	MG	Nova Resende	1500	351.252	7.663.300
Bairro Barra Bonita	Bairro Rural	MG	Muzambinho	1400	350.427	7.648.822
Município de Monte Belo	Cidade	MG	Monte Belo	1400	357.942	7.640.181
Bairro Fundão dos Cardoso	Bairro Rural	MG	Cabo Verde	1200	359.050	7.634.259
Bairro Pedro dos Reis	Bairro Rural	MG	Cabo Verde	200	361.025	7.632.098
Serra dos Lemes	Distrito Cabo Verde	MG	Cabo Verde	1900	364.288	7.630.133
Bairro Posses	Bairro Rural	MG	Campestre	600	376.123	7.600.727
Bairro Rural Município de Pouso Alegre	Bairro Rural	MG	Pouso Alegre	250	405.023	7.552.962
Bairro Rural Furnas	Bairro Rural	MG	Pouso Alegre	670	415.326	7.545.863
Localidades próximas a Santa Rita do Sapucaí	Bairro Rural	MG	Santa Rita do Sapucaí	450	423677.00	7.538.602
Localidades próximas a Santa Rita do Sapucaí 2	Bairro Rural	MG	Santa Rita do Sapucaí	660	422305.00	7.538.138

NOME	TIPO	UF	MUNICÍPIO	DISTÂNCIA DA LT (M)	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (UTM)	
					E	N
Bairro - Município de Santa Rita do Sapucaí	Bairro Urbano	MG	Santa Rita do Sapucaí	1100	426.765	7.537.364
Bairro Pinhal Redondo	Bairro Rural	MG	Piranguinho	700	435.642	7.529.166
Bairro Teodoros	Bairro Rural	MG	Brasópolis	1800	440.601	7.524.823
Bairro Laje	Bairro Urbano	MG	Piranguinho	1700	444.427	7.520.499
Bairro Grotão	Bairro Rural	MG	Piranguinho	500	446.319	7.516.519
Bairro Melos	Bairro Rural	MG	Piranguçu	600	449.164	7.513.571
Bairro Freires	Bairro Rural	MG	Itajuba	500	457.997	7.508.863
Bairro Vieiras	Bairro Rural	MG	Wescelau Braz	300	459.080	7.507.572
Bairro Imbiruçu	Bairro Rural	MG	Wenceslau Braz	800	461.492	7.506.665
Município Piquete	Cidade	SP	Piquete	1400	482.014	7.498.610
Bairro Quilombo	Bairro Rural	SP	Cachoeira Paulista	1300	490.926	7.498.758
Bairro Embaú	Bairro Rural	SP	Cachoeira Paulista	1850	495.728	7.499.373

#### 6.2.6.4. NORMAS TÉCNICAS APLICADAS PARA A MEDIÇÃO DE RUÍDOS

Baseado nas premissas dissertadas acima será estabelecida a definição e caracterização de um programa ambiental específico de monitoramento de níveis de ruídos para amenizar os possíveis impactos negativos que possam ser gerados.

Tal programa ambiental deverá estar embasado na Resolução CONAMA Nº 001/1990 que dispõe sobre os critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política, além de indicar a observância de atendimento as Normas NBR-10151 e NBR-10152 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A Resolução CONAMA nº 001/90, datada de 08/03/1990, com publicação no DOU de 02/04/1990 – página 6.408, transcreve: “Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política.” Adicionalmente, esta Resolução indica a observância das Normas NBR-10.151 e NBR-10.152, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

Informa-se que, resumidamente, a NBR-10151 estabelece os procedimentos para avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o bem estar da comunidade e define um método de medição de ruído. Já a NBR-10152 determina os níveis de ruído para conforto acústico em ambientes

diversos.

#### 6.2.6.4.1. NBR 10.151

A NBR 10.151 fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, independente da existência de reclamações. Determina os procedimentos para avaliação de ruído em áreas habitadas, como um método para medição de ruído e um método de avaliação para medições do nível de pressão sonora equivalente (LAeq) em decibéis ponderados em "A" [dB (A)]. Também indica os equipamentos adequados (medidor de nível de pressão sonora e calibrador acústico), sendo que ambos devem ser certificados pelo INMETRO, para realizar as medições.

Define também como se deve fazer a avaliação do ruído e estabelece um nível de critério de avaliação (NCA) para ruídos em ambientes externos, conforme consta no **Quadro 6.2.6-2**.

**Quadro 6.2.6-2 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A).**

TIPOS DE ÁREAS	DIURNO	NOTURNO
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: Adaptado da NBR-10.151

#### 6.2.6.4.2. NBR 10.152

A norma NBR 10.152 fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos, bem como estipula níveis de decibéis e a curva de avaliação de ruídos (NC) considerados confortáveis em diferentes ambientes considerando a NBR.10-151, conforme mostra o **Quadro 6.2.6-3**.

**Quadro 6.2.6-3 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A).**

LOCAIS		dB (A)	NC
Hospitais	Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros cirúrgicos	35 - 45	30 - 40
	Laboratórios, Áreas para uso do público	40 - 50	35 - 45
	Serviços	45 - 55	40 - 50
Escolas	Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35 - 45	30 - 40
	Salas de aula, laboratórios	40 - 50	35 - 45
	Circulação	45 - 55	40 - 50
Hotéis	Apartamentos	35 - 45	30 - 40
	Restaurantes, Salas de Estar	40 - 50	35 - 45
	Portaria, Recepção, Circulação	45 - 55	40 - 50
Residências	Dormitórios	35 - 45	30 - 40
	Salas de estar	40 - 50	35 - 45
Auditórios	Sala de concertos, Teatro	30 - 40	25 - 30
	Salas de conferências, cinemas, salas de uso múltiplo	35 - 45	30 - 35
	Restaurantes	40 - 50	35 - 45
Escritórios	Salas de reunião	30 - 40	25 - 35
	Salas de gerência, salas de projetos e administração	35 - 45	30 - 40

LOCAIS		dB (A)	NC
	Salas de computadores	45 - 65	40 - 60
	Salas de mecanografia	50 - 60	45 - 55
Igrejas e Templos (cultos meditativos)		40 - 50	35 - 45
Locais para esporte	Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45 - 60	40 - 55

Fonte: Adaptado da NBR-10.152

Notas:

- a) O valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto que o valor superior significa nível sonoro aceitável para a finalidade.
- b) Níveis superiores aos estabelecidos nesta Tabela são considerados de desconforto, sem necessariamente implicar risco de dano à saúde.

### 6.2.6.5. RUÍDO AUDÍVEL

O Ruído Audível (RA) é o principal ruído gerado na fase de operação do empreendimento, sendo também denominado de efeito corona. É comumente verificado nas superfícies dos seus condutores, como consequência direta dos níveis de tensão de operação nas mesmas. Importante se destacar, que o efeito corona é um fator inerente às Linhas de Transmissão, desde que o nível de ruído gerado esteja enquadrado na legislação brasileira (NBR-10.152).

Ressalta-se que o ruído audível é consequência direta dos níveis de tensão de operação da LT, sendo comumente observado nas superfícies dos condutores destas. Ocorre quando o valor do gradiente de potencial excede o valor do gradiente crítico disruptivo ao ar.

Esse efeito pode ser influenciado pelas configurações de fixação dos condutores e pelas condições climáticas, que provocam perdas, ruído eletromagnético, vibrações, entre outros. E a tensão da linha também influencia o nível de ruído, sendo que quanto maior a tensão, maior o ruído.

Os maiores valores de Ruído Audível são normalmente limitados na faixa de passagem das linhas, sendo obtidos a partir de expressões empíricas durante o projeto de coordenação de isolamento. É importante ressaltar também que, quanto mais água acumulada em torno dos condutores, mais audível é o ruído, sendo este mais intenso em dias de neblina nos quais devido à grande umidade do ar, a transmissão do som é facilitada.

No contexto do empreendimento, o Edital da ANEEL estabelece o valor de 58 dBA para o Ruído Audível (RA) no limite da faixa para condições de chuva fina. Levando-se em consideração esta premissa estabeleceu-se o cálculo do nível de ruído audível para o empreendimento em uma faixa de servidão de no mínimo 60 m.

Para obtenção do ruído audível foi adotada a metodologia e rotina de cálculo descrita no livro vermelho "EPRI AC – Transmission Line Reference Book 200 kV and Above – Third Edition – 2008". O **Quadro 6.2.6-4** apresenta o resumo dos cálculos dos valores do Ruído Audível (RA) em função da largura adotada da faixa de servidão de 60 m.



**Quadro 6.2.6-4 - Resumo dos Cálculos do Ruído Audível (RA) na Borda de uma faixa de 60 m - Baseado nos Estudos “Faixa de Passagem e Distâncias de Segurança” de da LT, 2017.**

LIMITE SEMI-FAIXA (m)	L50 RAIN EPRI (dbA)	L5 RAIN EPRI (dbA)	FAIR WEATHER RANGE (dbA)
30	51,4	59,4	23,3 a 43,8

O valor obtido do Ruído Audível (RA) para o condutor molhado no limite de uma faixa de 60 m, foi de **51,4 dBA**, estando o mesmo abaixo do valor de 58 dBA estabelecido pela ANEEL, evidenciando que este valor está em conformidade com a condicionante definida pelo órgão regulador.

#### **6.2.6.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

De forma geral os ruídos gerados durante as etapas de construção e operação do empreendimento irão se misturar aos ruídos já existentes. Sabe-se que a etapa que poderá gerar maiores níveis de ruído será a etapa de implantação do empreendimento, decorrente das atividades construtivas das Linhas de Transmissão. Porém, cabe ressaltar que as atividades são pontuais e provisórias, e, portanto, uma vez finalizadas, os níveis de ruídos voltam a ser apenas aqueles já existentes nas localidades.

Os níveis de ruídos indicados pelas Normas NBR-10.151 e NBR-10.152, devem ser observados, independente da etapa do empreendimento.

Na etapa de operação da linha de transmissão, o ruído audível é o principal ruído gerado, porém o nível de ruído audível durante essa etapa está abaixo do limite estabelecido no edital da ANEEL.