

**RELATÓRIO DE PROSPECÇÃO
ESPELEOLÓGICA**

**CANTEIRO DE OBRAS,
CIT e ÁREA DE INTERVENÇÃO
UHE ITAOCARA**

ITAOCARA E APERIBÉ – RIO DE JANEIRO

Julho de 2016

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO | 1 |
| FIGURA 2: CONTEXTO GEOTECTÔNICO DA REGIÃO DA ÁREA | 9 |
| FIGURA 3: COMPARTIMENTAÇÃO TECTÔNICA DA REGIÃO SUDESTE BRASILEIRA. NO ESTUDO EM QUESTÃO, PARA OS TERRENOS DA FAIXA RIBEIRA: 8 E 9 -DOMÍNIOS ANDRELÂNDIA E JUIZ DE FORA DO TERRENO OCIDENTAL; 10 - TERRENO PARAÍBA DO SUL; 11 E 12 - TERRENO ORIENTAL, COM ARCO RIO NEGRO DISCRIMINADO (11); 13- TERRENO CABO FRIO. A REGIÃO DA ÁREA DE ESTUDO (APROXIMADA) ESTÁ REPRESENTADA PELA ELIPSE VERMELHA. | 10 |
| FIGURA 4: MAPA GEOLÓGICO COM AS ÁREAS INVESTIGADAS. | 12 |
| FIGURA 5: ESTAÇÃO 051, FOTO COM VISADA PARA NORTE. EXEMPLO DA ÁREA DE OCORRÊNCIA DA UNIDADE ARCÁDIA-AREAL, PERTENCENTE AO GRUPO ANDRELÂNDIA..... | 13 |
| FIGURA 6: AFLORAMENTOS DA UNIDADE SERRA DA BOLÍVIA. À ESQUERDA, GNAISSE QUARTZO-FELDSPÁTICO APRESENTANDO BANDAMENTO DIFUSO (PONTO 005). À DIREITA, GRANITÓIDE COMPOSTO ESSENCIALMENTE POR QUARTZO E FELDSPATO, EM MEIO A GNAISSE BANDADO (PONTO 032). | 13 |
| FIGURA 7: TANQUE DE PSICULTURA NO PONTO 039. ÁREA DE OCORRÊNCIA DOS DEPÓSITOS COLÚVIO-ALUVIONARES, QUE OCORREM NAS COTAS MAIS BAIXAS DA ÁREA. | 14 |
| FIGURA 8: MAPA GEOMORFOLÓGICO COM A ÁREA DO CANTEIRO..... | 17 |
| FIGURA 9: LOCALIZAÇÃO DE CAVIDADES NATURAIS EM RELAÇÃO A ÁREA DO CANTEIRO | 20 |
| FIGURA 10: ESQUEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE FINLAYSON (EXTRAÍDO DE HARDT, 2003)..... | 21 |
| FIGURA 11: EXEMPLO DE CAVERNA ESTRUTURAL..... | 22 |
| FIGURA 12: EXEMPLO DE CAVERNA EM TALUS | 22 |
| FIGURA 13: EXEMPLO DE CAVERNA FORMADA POR INSTABILIZAÇÃO DE BLOCOS | 23 |
| FIGURA 14: EXEMPLO DE CAVERNA COM CIRCULAÇÃO DE ÁGUA. | 23 |
| FIGURA 15: EXEMPLO DE TAFONI | 24 |
| FIGURA 21: (EM SENTIDO HORÁRIO) A: COLINAS SEM AFLORAMENTOS COM DECLIVIDADE ALTA DA ENCOSTA (VISADA PARA S A PARTIR DO PONTO 72); B: VISADA PARA NÉ A PARTIR DO PONTO 18, REGIÃO DE COLINAS SEM AFLORAMENTOS DE ROCHA; C: AMPLA SUPERFÍCIE DE COLINA SEM AFLORAMENTOS DE ROCHA, VISADA PARA NE A PARTIR DO PONTO 163; D: COLINA COM PASTO NO PONTO 34. VISADA DA FOTO PARA E, EVIDENCIANDO REGIÃO DE DECLIVIDADE MODERADA, SEM AFLORAMENTOS ROCHOSOS..... | 27 |
| FIGURA 21: (DIREITA) PROCESSO EROSIVO EM ATIVIDADE NO PONTO 30; (ESQUERDA) EROSIÃO DETECTADA NO TERÇO SUPERIOR DE VERTENTE (PONTO 239). | 28 |
| FIGURA 22: À ESQUERDA, FOTO COM VISADA PARA SUL PARA O PONTO 239, PLANÍCIE ALUVIONAR NA MARGEM ESQUERDA DO RIO PARAÍBA DO SUL. À DIREITA, FOTO REALIZADA NO PONTO 51 COM VISADA PARA NORTE, PRESENÇA DE ÁREA ALAGADA NO FUNDO DE VALE EM MEIO A COLINAS ALONGADAS. | 28 |
| FIGURA 20: MATA FECHADA EM ENCOSTA ÍNGREME NO PONTO 24. NÃO FORAM IDENTIFICADOS AFLORAMENTOS ROCHOSOS NA REGIÃO. | 29 |
| FIGURA 17: À ESQUERDA, LINHA DE DRENAGEM SECA À MEIA ENCOSTA (PONTO 155), SEM AFLORAMENTOS. À DIREITA, DRENAGEM COM ÁGUA E PRESENÇA DE BLOCOS E MATAÇÕES. | 29 |
| FIGURA 21: A: MATAÇÕES SITUADOS NA MEIA ENCOSTA DE VERTENTE COM DECLIVIDADE ALTA (PONTO 81); B: MATAÇÕES E BLOCOS EM LEITO DE DRENAGEM EFÊMERA A MEIA ENCOSTA (PONTO 173); C: MATAÇÃO ISOLADO SITUADO NO TERÇO INFERIOR DE ENCOSTA (PONTO 164); D: LEITO ROCHOSO DO RIO PARAÍBA DO SUL, PRESENÇA DE MATAÇÕES (PONTO 240). | 30 |
| FIGURA 17: DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE AFLORAMENTOS NAS ÁREAS INVESTIGADAS. | 31 |
| FIGURA 17: AFLORAMENTO DO TIPO LAJEDO POSICIONADO NO FUNDO DE VALE (PONTO 94, A DIREITA) E SITUADO NA MEIA ENCOSTA DA VERTENTE (PONTO 199, À ESQUERDA). | 31 |
| FIGURA 17: À ESQUERDA, DRENAGEM IDENTIFICADA NO PONTO 005, SECA NA ÉPOCA DA VISITA, ENCAIXADA EM GNAISSE. À DIREITA, DETALHE DO BANDAMENTO GNÁISSICO..... | 32 |
| FIGURA 18: AFLORAMENTO DO TIPO LAJEDO EM DRENAGEM IDENTIFICADA NO PONTO 032, À ESQUERDA. GRANITO DE GRANULAÇÃO GROSSA, À DIREITA. | 32 |
| FIGURA 18: A - VISTA PARA AFLORAMENTO POSICIONADO NO TERÇO INFERIOR DE ENCOSTA ONDE FORAM REGISTRADOS OS PONTOS 202 A 205; B - DETALHE PARA A BASE DE PAREDÃO DA FOTO ANTERIOR (PONTO 204); C - BASE DE PAREDÃO COM ALTURA ESTIMADA EM 6M (PONTO 175); D - BASE DE PAREDÃO COM ALTURA ESTIMADA EM 3 M, PRESENÇA DE FEIÇÕES ALVEOLARES (PONTO 180). | 33 |
| FIGURA 18: A – PONTO 168: INTERSEÇÃO DE FRATURA SUB-VERTICAL COM FRATURA SUB-HORIZONTAL (ACIMA DA CABEÇA DE ESPELEÓLOGO); B – PONTO 168: VISTA DO LADO OPOSTO AO DA FOTO ANTERIOR, LARGURA DA FRATURA ESTIMADA EM 0,25 M SOB TETO; C – FRATURA SUB-VERTICAL NÃO PENETRÁVEL, DETALHE PARA FEIÇÃO ALVEOLAR NA PARTE ESQUERDA DIREITA (PONTO 177); D – FRATURA SUB-VERTICAL NÃO PENETRÁVEL (PONTO 175). | 34 |

FIGURA 21: ABRIGO DO PONTO 97 A: VISÃO GERAL PARA ABRIGO POSICIONADO NA BASE DE AFLORAMENTO; B: DETALHE PARA O PISO SEDIMENTAR INDICANDO PELA COLORAÇÃO MAIS CLARA A REGIÃO ABRIGADA POR TETO; C: CONDUTO NÃO ACESSÍVEL CONTROLADO POR FRATURA SUBVERTICAL DE 245º; D: DETALHE PARA ESPELEOTEMAS DO TIPO CORALÓIDES. 35

FIGURA 21: ABRIGO DO PONTO 202. ESQUERDA: ESPELEÓLOGO SOBRE MATAÇÃO DESMORONADO EM FRENTE AO ABRIGO; DIREITA: VISTA PARA PORÇÃO INTERNA DE ABRIGO. 35

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: RELAÇÃO DE CAVIDADES NATURAIS LEVANTADAS. 18

TABELA 2: RELAÇÃO DAS CAVERNAS EM GRANITO E GNAISSE COM MAIORES DESENVOLVIMENTO E DESNÍVEIS EM ÂMBITO MUNDIAL EM 2008. 25

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS QUE OCORREM NA ÁREA DO CANTEIRO DE OBRAS. 11

QUADRO 2: COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DE ACORDO COM RADAMBRASIL: IDENTIFICAÇÃO DO DOMÍNIO MORFOESTRUTURAL, DA REGIÃO GEOMORFOLÓGICA E AINDA DAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DA ÁREA DO ESTUDO. 15

QUADRO 3: COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DE ACORDO COM A CPRM: IDENTIFICAÇÃO DO DOMÍNIO MORFOESTRUTURAL, DA UNIDADE MORFOESCULTURAL E AINDA DA UNIDADE GEOMORFOLÓGICA DA ÁREA DO ESTUDO. 16

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADA - Área Diretamente Afetada

AID - Área de Influência Direta

CNC - Cadastro Nacional de Cavidades

CECAV - Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas

CPRM - Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CANIE - Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas

CCAR - Coordenação de Cartografia

DGC - Diretoria de Geociências

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente

LP – Licença Prévia

MDE - Modelo Digital de Elevação

SINIMA - Sistema Nacional de Informação do Meio Ambiente

Tr – Termo de Referência

UHE - Usina Hidrelétrica

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 | ASPECTOS LEGAIS..... | 2 |
| 2 | PREMISSAS | 4 |
| 3 | METODOLOGIA..... | 5 |
| 3.1 | FASE ESCRITÓRIO (PRÉ CAMPO) | 5 |
| 3.1.1 | <i>Pesquisa bibliográfica</i> | <i>5</i> |
| 3.1.2 | <i>Aquisição de imagens/Geoprocessamento.....</i> | <i>5</i> |
| 3.1.3 | <i>Elaboração de mapas-base de campo e fotointerpretação.....</i> | <i>5</i> |
| 3.1.4 | <i>Avaliação da logística e infra estrutura local para etapas de campo.....</i> | <i>6</i> |
| 3.1.5 | <i>Reunião pré-campo com a equipe envolvida no trabalho</i> | <i>6</i> |
| 3.2 | FASE DE CAMPO | 7 |
| 3.2.1 | <i>Introdução</i> | <i>7</i> |
| 3.2.2 | <i>Mobilização da equipe integral a campo (Coordenação+Equipe técnica de Campo).....</i> | <i>7</i> |
| 3.2.3 | <i>Prospecção e descrição de “feições espeleológicas”</i> | <i>7</i> |
| 3.3 | FASE DE ESCRITÓRIO | 8 |
| 3.3.1 | <i>Recebimento dos dados de campo pela coordenação ainda durante a etapa de campo da equipe técnica.....</i> | <i>8</i> |
| 3.3.2 | <i>Alimentação, organização e tratamento do Banco de Dados</i> | <i>8</i> |
| 3.3.3 | <i>Elaboração dos produtos finais.</i> | <i>8</i> |
| 4 | CONTEXTUALIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA..... | 9 |
| 4.1 | CONTEXTUALIZAÇÃO GEOLÓGICA | 9 |
| 4.1.1 | <i>Contexto Geotectônico</i> | <i>9</i> |
| 4.1.2 | <i>Litoestratigrafia</i> | <i>11</i> |
| 4.1.3 | <i>Aspectos de Geologia Estrutural.....</i> | <i>14</i> |
| 4.2 | CONTEXTUALIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA..... | 14 |
| 5 | CONTEXTUALIZAÇÃO ESPELEOLÓGICA..... | 18 |
| 5.1 | DADOS ESPELEOLÓGICOS SECUNDÁRIOS..... | 18 |
| 5.2 | CAVIDADES NATURAIS EM GRANITOS E GNAISSES..... | 21 |
| 5.2.1 | <i>Classificação</i> | <i>21</i> |
| 5.2.1.1 | <i>Cavernas Estruturais.....</i> | <i>21</i> |
| 5.2.1.2 | <i>Cavidades em Depósitos de Blocos e Matacões.....</i> | <i>22</i> |
| 5.2.1.3 | <i>Tafonis.....</i> | <i>24</i> |
| 5.2.2 | <i>Aspectos espeleológicos de Cavernas Graníticas e Gnáissicas</i> | <i>24</i> |
| 6 | PROSPECÇÃO ESPELEOLÓGICA NAS ÁREAS DO CANTEIRO DE OBRAS, EIXO, CIT E ÀREA DE INTERVENÇÃO DA UHE ITAOCARA | 26 |
| 6.1 | INTRODUÇÃO | 26 |
| 6.1.1 | <i>Feições superficiais</i> | <i>26</i> |
| 6.1.1.1 | <i>Topos e encostas de colinas sem afloramentos</i> | <i>27</i> |
| 6.1.1.2 | <i>Planícies de inundação</i> | <i>28</i> |
| 6.1.1.3 | <i>Quebras de relevo</i> | <i>28</i> |
| 6.1.1.4 | <i>Drenagens</i> | <i>29</i> |
| 6.1.1.5 | <i>Depósitos de matacões</i> | <i>30</i> |
| 6.1.1.6 | <i>Aforamentos rochosos</i> | <i>30</i> |
| 6.1.1.7 | <i>Abrigos</i> | <i>34</i> |
| 6.1.2 | <i>Cavidades Naturais.....</i> | <i>36</i> |
| 7 | CONCLUSÃO | 37 |
| 8 | RECOMENDAÇÃO | 38 |
| 9 | REFERÊNCIAS..... | 39 |

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório tem como objetivo apresentar os resultados da **Prospecção Espeleológica** realizada nas áreas do **Canteiro de Obras, CIT e Área de Intervenção do Projeto Usina Hidrelétrica - UHE Itaocara I**. O empreendimento visa a geração de energia hidrelétrica e sua área total, incluindo o reservatório, se localiza no médio-baixo curso do rio Paraíba do Sul, divisa estadual entre Minas Gerais e Rio de Janeiro, nos municípios de Itaocara, Cantagalo, Aperibé, Pirapetinga e Santo Antônio de Pádua.

Como parte do Programa de Prospecção Exocárstica, elaborado pelo Consórcio UHE Itaocara (2015), este documento consiste no primeiro relatório de prospecção espeleológica destinado somente para as áreas do canteiro do empreendimento, sendo previstos mais dois relatórios de igual teor: um destinado ao recobrimento da área do reservatório, e outro para a Área de Influência Direta (AID) composta a partir de um raio de 250 m da Área Diretamente Afetada (ADA) pelo enchimento da barragem.

A identificação de cavidades naturais subterrâneas constitui o objetivo principal deste relatório. O trabalho envolveu tanto o levantamento de dados espeleológicos secundários quanto a investigação direta em campo com intuito de identificar novas cavidades.

A prospecção foi direcionada tanto para áreas do empreendimento destinado ao Canteiro e sua AID, Eixo do Barramento (e AID), a CIT e Área de Intervenção conforme a Figura 1 a seguir:

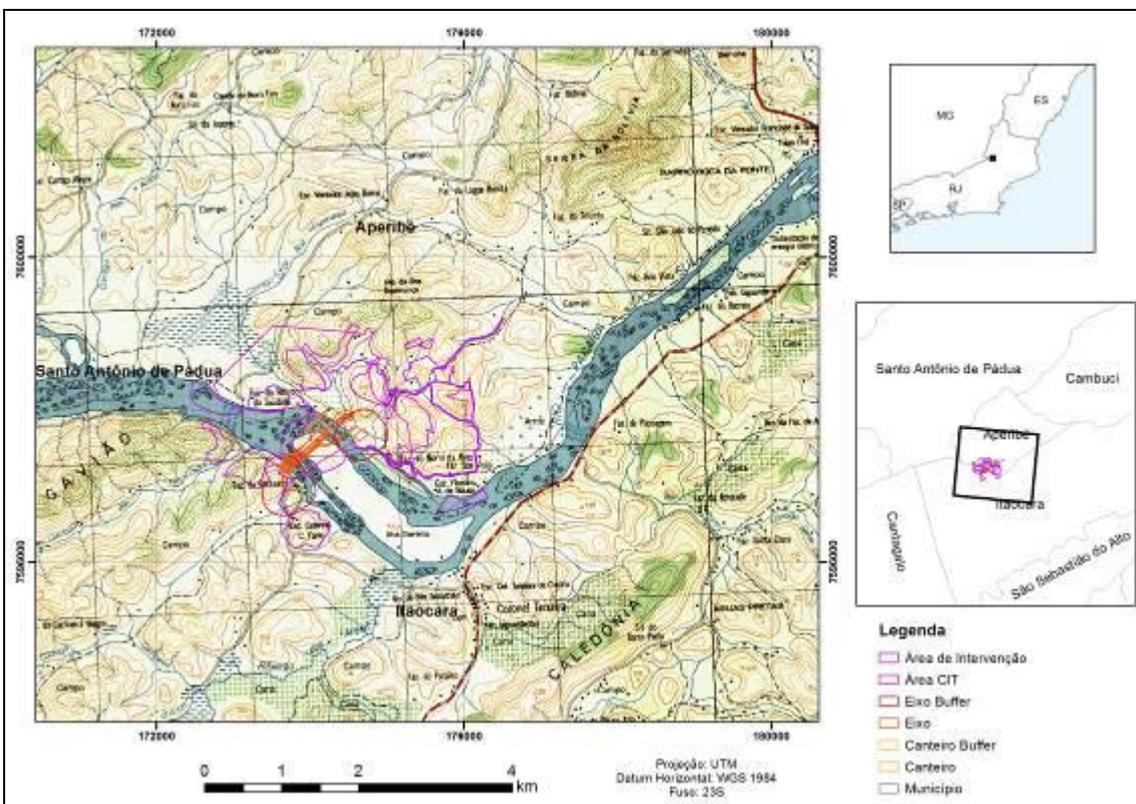


Figura 1: Localização da área do estudo

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (1974)

O termo exocarste será discutido mais a frente neste relatório uma vez que as litologias ocorrentes na área, granitos e gnaisses apresentam o grau de dissolução pouco relevantes para processos de carstificação.

Estudos posteriores à identificação de cavidades naturais relacionadas a mapeamentos espeleotopográficos e valoração espeleológica não estão contemplados no presente, devendo os mesmos no caso de identificação de feições espeleológicas serem desenvolvidos em etapas de contratações posteriores à fase de prospecção.

Conforme o Termo de Referência 2015-Tr-004 elaborado pelo Consórcio UHE Itaocara (2015), o Programa de Prospecção Exocárstica tem como objetivo atender a recomendações contidas no Parecer Técnico nº 05/2011, referente à condicionante Licença Prévia (LP) nº 2.13, que solicita:

“Apresentar complemento de estudo de prospecção exocárstica e endocárstica para a fase de construção do empreendimento com o objetivo de localização de eventuais novas formações espeleológicas de acordo com o termo de referência disponível, elaborado pelo CECAV/ICMBio”.

O presente relatório visa atender esta solicitação e deverá ser submetido aos órgãos de controle ambiental no âmbito do processo de obtenção de licenciamento ambiental da área. A seguir são apresentados alguns dos principais tópicos da legislação brasileira pertinente ao tema.

1.1 ASPECTOS LEGAIS

As cavidades naturais subterrâneas são bens da União conforme o artigo 20 da Constituição da República Federativa Brasileira (Brasil, 1988). No mesmo documento, no artigo 216, consta que “...os sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico...” (Brasil, 1988) são patrimônios culturais do Brasil.

O Decreto Federal n. 99.556, de 1º de outubro de 1990 teve como objetivo estabelecer a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território brasileiro (BRASIL, 1990). Em junho de 1997 o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) criou o Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas (CECAV), órgão com objetivo específico de executar programas que visam proteger e conservar o patrimônio espeleológico nacional.

Em setembro de 2004, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) editou a Resolução 347/04 (Brasil, 2004), com o objetivo de instituir o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE), parte integrante do Sistema Nacional de Informação do Meio Ambiente (SINIMA). O objetivo foi de congregar informações correlatas ao patrimônio espeleológico nacional e estabelecer, para fins de proteção ambiental das cavidades naturais subterrâneas, os procedimentos de uso e exploração do patrimônio espeleológico nacional.

A legislação de 2004 também diz respeito à necessidade de licenciamento por órgão ambiental competente para empreendimentos e atividades com potencial ou que efetivamente possam poluir ou degradar cavidades naturais subterrâneas e sua área de influência. Conforme previsto no Artigo 4 da Resolução CONAMA 347.

“a localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades, considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores do patrimônio espeleológico ou de sua área de influência dependerão de prévio licenciamento pelo órgão ambiental competente, nos termos da legislação vigente”.

A legislação de 1990 foi alterada por uma nova redação, o Decreto Federal nº 6.640 de novembro de 2008, tendo como finalidade proteger o patrimônio espeleológico, autorizar e promover estudos e pesquisas técnico-científicas, além de atividades espeleológicas, esportivas, turísticas, recreativas, educacionais e culturais (Brasil, 2008).

Ressalta-se que estudos relacionados a mapeamento espeleotopográfico, valoração espeleológica e definição do grau de relevância de cavidades naturais não é objeto do escopo da atual contratação, que se restringe à prospecção espeleológica. No entanto são apresentados a seguir alguns dos aspectos principais da legislação atual relativa a valoração do grau de relevância espeleológica que deve ser aplicado em etapas posteriores às fases de prospecção.

O Artigo 2 do Decreto 6640 prevê uma classificação em quatro graus de relevância para as cavidades naturais subterrâneas conforme transcrito abaixo:

“A cavidade natural subterrânea será classificada de acordo com seu grau de relevância em máximo, alto, médio ou baixo, determinado pela análise de atributos ecológicos, biológicos, geológicos, hidrológicos, paleontológicos, cênicos, histórico-culturais e socioeconômicos, avaliados sob enfoque regional e local”.

Para a avaliação das cavidades, deve ser realizada a análise de atributos de cada cavidade natural considerando graus de importância destes atributos entre: acentuado, significativo ou baixo, tanto ao nível local quanto regional.

Posteriormente foi editada a Instrução Normativa número 2 – IN2 (Brasil, 2009), que estabelece a metodologia para a classificação do grau de cavidades naturais previstas na legislação de 2008.

Assim, as regras para a classificação dos graus de relevância das cavidades naturais de acordo com o Decreto n. 6.640 foram determinadas na Instrução Normativa n.2 – IN2 de 20 de agosto de 2009 cujo objetivo é estabelecer a metodologia de avaliação (BRASIL, 2009). Nela são apresentados os conceitos dos atributos a serem considerados para todas as quatro classes (máximo, alto, médio e baixo) bem como uma chave de classificação conjugando o grau de importância do atributo em nível local e regional para determinação dos graus alto, médio e baixo.

A classificação final determina a possibilidade ou não de impactos negativos irreversíveis bem como as medidas de compensação que devem ser adotadas.

2 PREMISSAS

- O presente trabalho é parte do Programa de Prospecção Exocárstica elaborado pelo Consórcio UHE Itacara (2015) cujo objetivo é identificar o patrimônio espeleológico nas áreas que “...possam sofrer interferências direta ou indireta pelas obras de engenharia do empreendimento”.
- O Escopo do trabalho na presente fase contratada consistiu apenas na prospecção, locação em mapa e caracterização sucinta de feições geomorfológicas superficiais e cavidades naturais, no caso de constatações de ocorrências. As etapas de mapeamento de cavidades e respectivas valorações serão programadas e executadas posteriormente, através de outros contratos, se ambas as partes assim desejarem.
- A área total de atuação nessa fase do trabalho abrange a área prevista para o Canteiro de Obras e AID (250 m), para o Eixo da Barragem e AID (250 m), para a área denominada CIT e a Área de Intervenção conforme solicitação e dados fornecidos pelo contratante.

3 METODOLOGIA

A metodologia de trabalho foi desenvolvida com etapas de escritório e de campo. As etapas de escritório ocorreram nas fases preliminar, intermediária e final, o trabalho de campo foi realizado na fase intermediária.

3.1 FASE ESCRITÓRIO (PRÉ CAMPO)

A etapa preliminar se deu em escritório, sendo destinada ao levantamento e avaliação de bases e informações pré-existentes de interesse espeleológico na região. Nessa etapa foi elaborado mapa de campo, também foi executada fotorinterpretação e análise de feições presentes na área do estudo a ser investigada.

3.1.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

- Pesquisa de trabalhos de cunho acadêmico ou componentes de algum programa estadual ou nacional de mapeamento cárstico espeleológico executados na região; bases geológicas, geomorfológicas e dados espeleológicos;
- Consulta ao Cadastro Nacional de Cavidades - CNC da Sociedade Brasileira de Espeleologia – SBE (2009); e ao Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas - CECAV (2015) sobre ocorrências na região de estudo tendo como objetivo adquirir as informações sobre as coordenadas das cavidades, descrição de litologia, controle, espeleogênese e espeleometria.
- A principal base geológica consultada foi a Folha Santo Antônio de Pádua da CPRM (2008) na escala 1:100.000.
- As bases geomorfológicas consultadas foram do Radambrasil (Brasil, 1983) escala 1:1.000.000, e o mapeamento geomorfológico para o Estado do Rio de Janeiro da CPRM (2000) na escala 1:250.000.

3.1.2 AQUISIÇÃO DE IMAGENS/GEOPROCESSAMENTO

- Pesquisa e aquisição de imagens de satélite com resoluções compatíveis ao estudo tendo sido adquirida Fotografia Aérea do Projeto RJ-25 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2002)
- Juntamente com a Fotografia Aérea foram adquiridos os Metadados do produto Modelo Digital de Elevação – MDE escala 1:25.000 do Projeto RJ-25 (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística – IBGE s/d). A partir do MDE foi possível a geração de curvas de nível de 5 em 5 m e confecção de bases temáticas da hipsometria e declividades presentes na área.
- Criação e alimentação de banco de dados com as informações cartográficas acima adquiridas.

3.1.3 ELABORAÇÃO DE MAPAS-BASE DE CAMPO E FOTOINTERPRETAÇÃO

A elaboração das bases temáticas de campo foi realizada com a superposição de:

- Imagem de satélite com resolução de 256 dpi, que equivale a um tamanho de pixel de 4 metros;
- Vetores em formato de arquivos digitais das áreas do Canteiro de Obras (.kml), do Eixo da Barragem (.kml), da área denominada CIT (.shp) e a Área de Intervenção (.shp). Estes vetores foram fornecidos pelo contratante.
- Topografia com curva de nível de 5 m;
- Base geológica

A elaboração de mapa de campo na escala 1:5.000 contendo os vetores das áreas a serem investigadas possibilitou a fotointerpretação da área. O objetivo foi eleger alvos preferenciais de ataque e identificar áreas para adensamento de malha de caminhamento da investigação espeleológica, segundo a maior ou menor potencialidade para as ocorrências de cavidades naturais subterrâneas. Além disto, foram avaliadas a topografia e declividade extraída do MDE a fim de verificar áreas com alta declividade no terreno.

Tendo como referência os aspectos do contexto litológico e estrutural observados no Mapa Geológico da Folha Santo Antônio de Pádua (CPRM 2008) e aspectos geomorfológicos (Brasil, 1983; CPRM, 2000), bem como a interpretação da imagem e topografia definiu-se uma abordagem de maior adensamento das linhas de caminhamento e pontos de descrição para estas áreas consideradas de maior potencialidade espeleológica.

A fotointerpretação foi direcionada na tentativa de identificar:

- Áreas de afloramentos rochosos,
- Lineamentos estruturais;
- Drenagens;
- Áreas com declividades acentuadas e quebras de relevo.

3.1.4 AVALIAÇÃO DA LOGÍSTICA E INFRA ESTRUTURA LOCAL PARA ETAPAS DE CAMPO

- Definição de cidade para base de campo;
- Consulta e definição de estabelecimentos para hospedagem, alimentação, condição de internet local;

3.1.5 REUNIÃO PRÉ-CAMPO COM A EQUIPE ENVOLVIDA NO TRABALHO

Essa atividade visa a exposição prévia de cronograma de atividades, procedimentos de comunicação e segurança na etapa de prospecção. Engloba:

- Definição dos procedimentos de campo direcionados a todos os membros da equipe, referente a técnicas que aumentem a assertividade da ação técnica de cada um e ainda quanto aos quesitos de segurança e proteção do meio ambiente;
- Exposição da estimativa do cronograma de atividades e metas para toda a equipe integrante do projeto;
- Apresentação de informações adicionais.

3.2 FASE DE CAMPO

3.2.1 INTRODUÇÃO

A fase de campo estendeu de 13 a 19 de dezembro, permanecendo a equipe de coordenação até o dia 15 *in loco*. Dos dias 13 a 17 de março de 2016 e, dos dias 29 de junho a 4 de julho de 2016.

A equipe da MC Ambiental Ltda locada nessa fase do projeto é constituída pela equipe de coordenação e pela equipe técnica de campo. A coordenação, composta por um geógrafo-espeleólogo sênior, um geólogo-espeleólogo sênior. A equipe técnica de campo é integrada por um geólogo espeleólogo júnior e um auxiliar de campo. De forma periódica, a equipe conta com apoio de biólogo espeleólogo sênior na etapa de campo para prospecção espeleológica.

Toda a equipe é paramentada com os EPI's necessários à esse tipo de atividade, ou seja uniforme de manga comprida, perneira, óculos de proteção, bota anti derrapante, luvas, capacete com iluminação adequada à exploração de cavernas. A relação de equipamentos e complementada com bússola de geólogo tipo "Brunton", GPS Garmin de 12 canais, máquina fotográfica, Solução de Ácido Clorídrico (HCl) 10%, Caderneta de Campo e facão com bainha de proteção.

No intuito de otimizar o trabalho de campo o vetor com os limites das ADA's e AID's foram importados para os aparelhos GPS.

3.2.2 MOBILIZAÇÃO DA EQUIPE INTEGRAL A CAMPO (COORDENAÇÃO+EQUIPE TÉCNICA DE CAMPO)

Mobilização da equipe de campo (geólogo espeleólogo júnior +auxiliar de campo) juntamente com a coordenação (geógrafo-espeleólogo sênior+ geólogo espeleólogo senior) para a área de estudo.

Nessa etapa, o primeiro dia de campo foi destinado ao reconhecimento geral das áreas por toda a equipe a fim de reconhecer *in loco* as áreas pré-definidas na etapa de fotointerpretação da imagem de satélite.

Foi exposto com caráter complementar, pela equipe da coordenação, informações e procedimentos a serem adotados, compatíveis com o cenário local de feições geomorfológicas superficiais, potenciais na prospecção de cavidades.

Nessa fase ainda foi avaliado e definido pela coordenação, detalhes a respeito da programação e cronograma de atividades da equipe de campo, que permaneceu na área de estudo.

3.2.3 PROSPECÇÃO E DESCRIÇÃO DE "FEIÇÕES ESPELEOLÓGICAS"

A continuidade da etapa de campo, agora integrada pela equipe técnica de campo, foi executada a prospecção espeleológica propriamente dita, com a descrição e locação das feições encontradas.

A equipe foi direcionada *a priori* aos caminhamentos (*trekkings*) definidos na etapa de escritório, marcados em GPS. Desta forma foram definidos em campo os alvos prioritários para o início da prospecção espeleológica. Áreas consideradas com maior potencial para a ocorrência de cavidades, portanto para terem maior densidade de caminhamento. Foram priorizadas as áreas de afloramentos rochosos independentemente de sua posição na encosta, drenagens e lineamentos estruturais. Para as áreas de mata foi definida a necessidade de checagem para verificação de presença de afloramentos rochosos e/ou cavidades naturais.

A complementação da malha de caminhamentos foi realizada de acordo com as situações em campo vivenciadas sendo o espaçamento da malha de caminhamento maior nas áreas de campos visualizadas nas colinas sem a presença de afloramentos. Estas áreas de menor potencial para ocorrências espeleológicas tiveram o adensamento do caminhamento reduzido em relação as áreas de maior potencial.

Ao final do expediente, já na base local (hotel), a equipe em questão executou diariamente a atualização do banco de dados, com a devida comunicação com a coordenação, a respeito do relato das atividades diárias de campo, para validação dessas.

3.3 FASE DE ESCRITÓRIO

3.3.1 RECEBIMENTO DOS DADOS DE CAMPO PELA COORDENAÇÃO AINDA DURANTE A ETAPA DE CAMPO DA EQUIPE TÉCNICA

Como descrito no sub-item anterior, a equipe de campo, ainda na área de estudo enviou diariamente os caminhamentos executados e descrições dos pontos juntamente com sua documentação fotográfica.

3.3.2 ALIMENTAÇÃO, ORGANIZAÇÃO E TRATAMENTO DO BANCO DE DADOS

Com a etapa de campo, partiu-se para a alimentação e organização dos dados primários coletados em campo.

A partir do estágio em que a equipe de coordenação considerou o banco de dados representativo em relação à estimativa da totalidade de informações, teve início a fase de análise e tratamento dessas informações.

3.3.3 ELABORAÇÃO DOS PRODUTOS FINAIS.

Distribuição por parte da coordenação dos itens dos produtos finais a serem elaborados, além da definição do cronograma de entrega desses produtos, culminando na finalização do texto técnico explicativo e respectivos anexos pela equipe.

Já concluído o estágio de finalização dos produtos foi executada a revisão integral do documento.

4 CONTEXTUALIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA

A seguir são apresentados alguns aspectos principais da contextualização da geologia e da geomorfologia da área do estudo.

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO GEOLÓGICA

4.1.1 CONTEXTO GEOTECTÔNICO

A área de estudo se enquadra no contexto tectônico da costa sudeste brasileira, com destaque para três episódios tectônicos na região.

- O primeiro e mais importante, objeto de estudo no presente relatório, registrado nas rochas mais antigas desenvolveu-se no período entre o Neoproterozóico e o Cambriano. Foi responsável pela granitogênese e pela edificação do Orógeno, ou Faixa, Ribeira (Figura 2) e ocorreu durante a amalgamação do supercontinente Gondwana.
- O segundo episódio está associado à abertura do Atlântico Sul e à implantação das bacias marginais petrolíferas de Espírito Santo, Campos e Santos.
- O terceiro está relacionado à uma importante reativação tectônica que culminou na implantação do Sistemas de Riftes do Sudeste, associado ao magmatismo alcalino de idade Eocretácea a Eocênica.



Figura 2: Contexto geotectônico da região da área de estudo (quadrilátero preto).

Fontes: Heilbron *et al.*, 2000; 2004,2008;
Tupinambá *et al.*, 2007.

A Faixa Ribeira constitui um sistema orogênico de direção NE, que se estende por 1400km ao longo da costa SE brasileira, resultado da colisão entre os

paleocontinentes São Francisco-Congo com a porção ocidental do Cráton de Angola, envolvendo também outras microplacas. Essa Faixa se desenvolveu em vários episódios de convergência da Orogenia Brasiliana-Panafricana durante o Neoproterozóico–Cambriano com os últimos estágios no Ordoviciano Inferior (Heilbron *et al.*, 2008).

A Faixa Ribeira é composta por diversos terrenos tectônico-estratigráficos limitados por importantes discontinuidades estruturais que foram, ao longo da evolução do orógeno, acrescidos em vários episódios colisionais. Cada um desses terrenos apresenta, em geral, uma assembléia de rochas que envolvem o embasamento Arqueano/Paleoproterozóico, sequências metassedimentares e metavulcano-sedimentares relacionadas ao fechamento oceânico, granitóides pré- a pós-colisionais e sequências metassedimentares e metavulcano-sedimentares relacionadas ao colapso gravitacional do orógeno.

A área de estudo se encontra no contato entre os terrenos denominados *Klippe* Paraíba do Sul (Heilbron *et al.*, 2004, 2009; Tupinambá *et al.*, 2007; Schmitt *et al.*, 2009) que é composto por ortogneisses paleoproterozóicos, rochas metassedimentares siliciclásticas (gnaiesses e xistos pelíticos) e lentes de mármore, calcissilicáticas e gonditos, e Ocidental, que é representado pelos domínios Juiz de Fora, composto por granulitos paleoproterozóicos (Trouw *et al.*, 2000; Heilbron *et al.*, 2004a) e Andrelândia, composto por gnaiesses com silimanita e quartzitos (Figura 3).

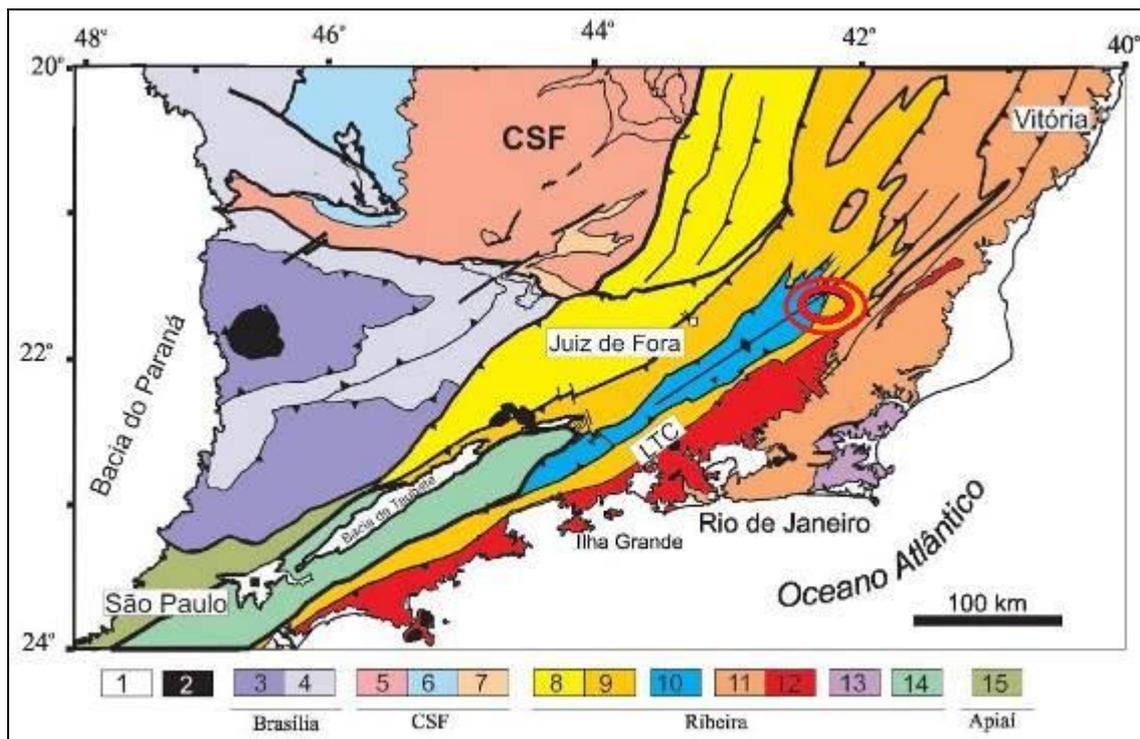


Figura 3: Compartimentação tectônica da região sudeste brasileira. No estudo em questão, para os terrenos da Faixa Ribeira: 8 e 9 -Domínios Andrelândia e Juiz de Fora do Terreno Ocidental; 10 - Terreno Paraíba do Sul; 11 e 12 - Terreno Oriental, com Arco Rio Negro discriminado (11); 13- Terreno Cabo Frio. A região da área de estudo (aproximada) está representada pela elipse vermelha.

Fontes: Heilbron *et al.* (2004, 2009); Tupinambá *et al.* (2007); Schmitt *et al.* (2009).

4.1.2 LITOESTRATIGRAFIA

No âmbito das unidades litoestratigráficas, na área do estudo ocorrem apenas três dessas, dentre elas a Unidade Arcádia-Areal, pertencente ao Grupo Andrelândia, a Unidade Serra da Bolívia, pertencente ao Complexo Serra da Bolívia e Depósitos Colúvio-Aluvionares (Quadro 1 e Figura 4).

| Nome da unidade | Descrição | Hierarquia | Unidade maior |
|-------------------------------|--|--------------|---------------------------|
| Depósitos colúvio-aluvionares | Depósitos aluvionares recentes: areias com intercalações de argila, cascalho e restos de matéria orgânica | Não definida | Não definida |
| Serra da Bolívia | ortognaisse diorítico a tonalítico ou quartzodiorítico a quartzo-sienítico; gabros e noritos | Complexo | Complexo Serra da Bolívia |
| Arcádia-Areal | (granada)-biotita gnaisses bandados, com muitas intercalações de quartzitos, rochas calcissilicáticas, rochas metaultramáficas, gonditos e ocorrência de sulfetos disseminados | Unidade | Grupo Andrelândia |

Quadro 1: Unidades estratigráficas que ocorrem na área do Canteiro de Obras.

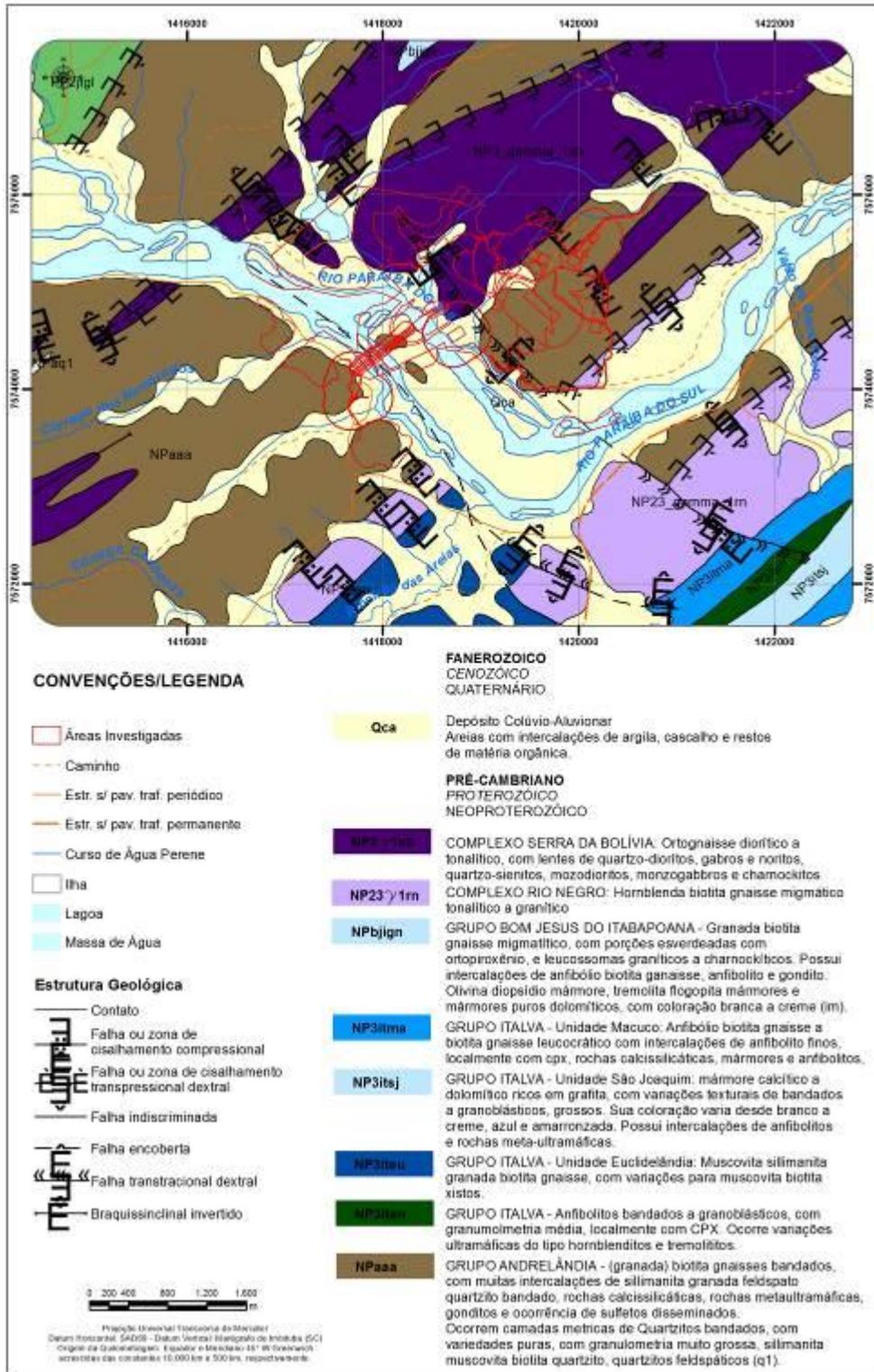


Figura 4: Mapa geológico com as áreas investigadas.
Fonte: CPRM (2008).

A Unidade Arcádia-Areal ocupa a maior parte da área tanto na margem direita quanto na margem esquerda do rio Paraíba do Sul. Na área de ocorrência de tal unidade há colinas alongadas que sustentam pastos extensos, em geral sem afloramentos rochosos (Figura 5).



Figura 5: Estação 051, foto com visada para norte. Exemplo da área de ocorrência da Unidade Arcádia-Areal, pertencente ao Grupo Andrelândia.

A Unidade Serra da Bolívia, por sua vez, que ocupa apenas a porção oeste da área aflora em dois pontos (estações 005 e 032). Ambos os afloramentos são de gnaiss bandado de composição quartzo-feldspática. Nota-se que há porções migmatíticas e graníticas em meio ao gnaiss (Figura 6).



Figura 6: Afloramentos da Unidade Serra da Bolívia. À esquerda, gnaiss quartzo-feldspático apresentando bandamento difuso (Ponto 005). À direita, granitóide composto essencialmente por quartzo e feldspato, em meio a gnaiss bandado (Ponto 032).

Já os Depósitos Colúvio-Aluvionares estão representados por solos arenosos, arenosiltosos e argilosos (ricos em matéria orgânica). Na área de ocorrência de tal unidade é comum a presença de áreas alagadas, que se tratam de planícies de inundação. Em alguns locais desta unidade se encontram tanques de piscicultura (Figura 7).



Figura 7: Tanque de piscicultura no Ponto 039. Área de ocorrência dos depósitos colúvio-aluvionares, que ocorrem nas cotas mais baixas da área.

4.1.3 ASPECTOS DE GEOLOGIA ESTRUTURAL

Na área de estudo essas rochas se encontram deformadas, também, por uma zona de cisalhamento de direção NE-SW, sinistral, tardia ao evento colisional principal. Essa megaestrutura e suas conseqüentes estruturas secundárias têm participação decisiva na dinâmica e no quadro geomorfológico local, tanto na formação de feições de superfície quanto em possíveis ocorrências espeleológicas.

A estrutura planar mais freqüente observada em campo é a foliação, que se encontra sub paralela ao bandamento gnáissico, exibindo *strike* NE-SW, com altos a médios valores angulares de mergulho, geralmente para SE.

Em termos de estruturas lineares, as lineações mineral e de estiramento, impressa principalmente nas micas, é predominantemente *strike slip*, concordante com o movimento da transcorrência, com baixos ângulos de mergulho.

4.2 CONTEXTUALIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

Para a contextualização e caracterização geomorfológica foram utilizadas duas fontes principais de referência: a compartimentação geomorfológica do Radambrasil (1983) e o mapeamento geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro realizado pela CPRM (2000).

De acordo com Radambrasil (1983), a área de estudo em termos de compartimentação geomorfológica¹ está inserida no **Domínio Morfoestrutural das Faixas de Dobramentos Remobilizados** (Quadro 2), caracterizado em geral por evidências de dobramentos e falhamentos que resultaram em alinhamentos das formas do relevo.

¹Compartimentação do Radambrasil: Domínio Morfoestrutural, Região Geomorfológica, Unidade geomorfológica.

| 1 Domínio Morfoestrutural | 2 Região Geomorfológica | 3 Unidades Geomorfológicas | |
|-------------------------------------|-------------------------|---|--|
| Faixas de Dobramentos Remobilizados | Vale do Paraíba do Sul | Alinhamentos de Cristas do Paraíba do Sul | Depressão Escalonada dos Rios Pomba e Muriaé |

Quadro 2: Compartimentação Geomorfológica de acordo com Radambrasil: Identificação do Domínio Morfoestrutural, da Região Geomorfológica e ainda das Unidades Geomorfológicas da área do estudo.

Fonte: Brasil (1983)

Os Alinhamentos de Cristas refletem um nítido controle de falhas e fraturas de orientação NE-SW, denominada de Lineamento de Além-Paraíba por Almeida, Hasui e Carneiro (1975) sendo posteriormente referida como Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul (ZCRPS) por Dayan e Keller (1990) in Silva e Mello (2011).

Esta ampla região deprimida, limitada por planaltos como a Serra do Mar e Serra da Mantiqueira, soerguidas por tectônica extensional a partir do Paleozoico até o Terciário, compõem a **Região Geomorfológica Vale do Paraíba do Sul**, assim denominada na bibliografia acima referida.

Nesta região obedecendo ao controle estrutural, o rio Paraíba do Sul apresenta no trecho médio um padrão morfológico de drenagem retilíneo segundo a direção geral SW, sendo presentes em suas margens amplas planícies fluviais em cotas altimétricas inferiores a 200 m, onde ocorrem formas de acumulação.

O controle estrutural está presente também no alinhamento de colinas convexo-côncavas que também segue a orientação geral NE-SW. As altitudes atingem 1250 m nos topos.

A área do estudo se encontra na porção residual da unidade geomorfológica denominada **Alinhamentos de Cristas do Paraíba do Sul**, alojado de forma descontínua espacialmente com a unidade **Depressão Escalonada dos Rios Pomba e Muriaé**. Ambas integram a Região Geomorfológica Vale do Paraíba do Sul.

Apesar da continuidade espacial, há um contraste morfológico entre estas unidades. Assim, o controle estrutural que se observa nos Alinhamentos de Cristas, é mascarado na unidade da Depressão Escalonada dos Rios Pomba e Muriaé, onde a dissecação fluvial assume papel preponderante no alargamento da depressão. Nesta há um predomínio de formas de dissecação homogênea em cotas altimétricas que variam de 100 a 700 m. A confluência do rio Pomba com o rio Paraíba do Sul se dá próximo a Itaocara (RJ) na cota de 117 m de altitude.

A título de complemento, vale fazer referência à compartimentação geomorfológica da CPRM (2000) para o Estado do Rio de Janeiro². Nela, a maior parte do território do

²Compartimentação da CPRM: Domínio Morfoestrutural, Domínio Morfoescultural, e Unidades Geomorfológicas agrupadas conforme sistemas de relevos principais e subordinados. Estes foram avaliados segundo propriedades morfológicas e morfométricas listadas a seguir: amplitude topográfica; gradiente das vertentes; geometria das vertentes; geometria dos topos; coberturas inconsolidadas; densidade de drenagem e padrão de drenagem

Estado incluindo a área do estudo, está inserida no **Domínio Morfoestrutural do Cinturão Orogênico do Atlântico** (Quadro 3). Este compreende um conjunto de rochas metamórficas e ígneas de idade Pré-Cambriana a Eopaleozóica que se inserem na faixa de Dobramento Ribeira, tendo sofrido deformações decorrentes de ciclos orogênicos do evento brasileiro de idade proterozóica (Heilbron et al., 2004).

| 1 Domínio Morfoestrutural | 2 Unidade Morfoescultural | 3 Unidade Geomorfológica |
|----------------------------------|---|---|
| Cinturão Orogênico do Atlântico | Depressões Interplanálticas com Alinhamentos Serranos Escalonados | Depressão com Serras Alinhadas do Norte-Noroeste Fluminense |

Quadro 3: Compartimentação Geomorfológica de acordo com a CPRM: Identificação do Domínio Morfoestrutural, da Unidade Morfoescultural e ainda da Unidade Geomorfológica da área do estudo.

Fonte: CPRM (2000)

O soerguimento de blocos devido a tectônica resultou tanto em zonas planálticas como em depressões interplanálticas como no médio vale do rio Paraíba do Sul. Estas áreas deprimidas em geral apresentam alinhamentos serranos escalonados.

No âmbito regional a área desse estudo se encontra na unidade **Morfoescultural da Depressões Interplanálticas com Alinhamentos Serranos Escalonados**. Esta engloba a **Unidade Geomorfológica Depressão com Serras Alinhadas do Norte-Noroeste Fluminense** (Quadro 3) que é bordejada por Depressões interplanálticas do Vale do Rio Pombo, a norte, do Vale do Rio Negro, a sudeste, e, pelo Planalto Residual do Reverso da Serra dos Órgãos (Figura 8).

A maior parte das áreas investigadas se encontra no sistema de relevo de **Domínio Colinoso** (legenda 232), com predomínio de “mar de morros” e formas de degradação do relevo (Figura 8). As colinas pouco dissecadas apresentam vertentes convexo-concavas e topos arredondados ou alongados com sedimentação de colúvios e alúvios. De forma subordinada, ocorrem morrotes alinhados e morros baixos.

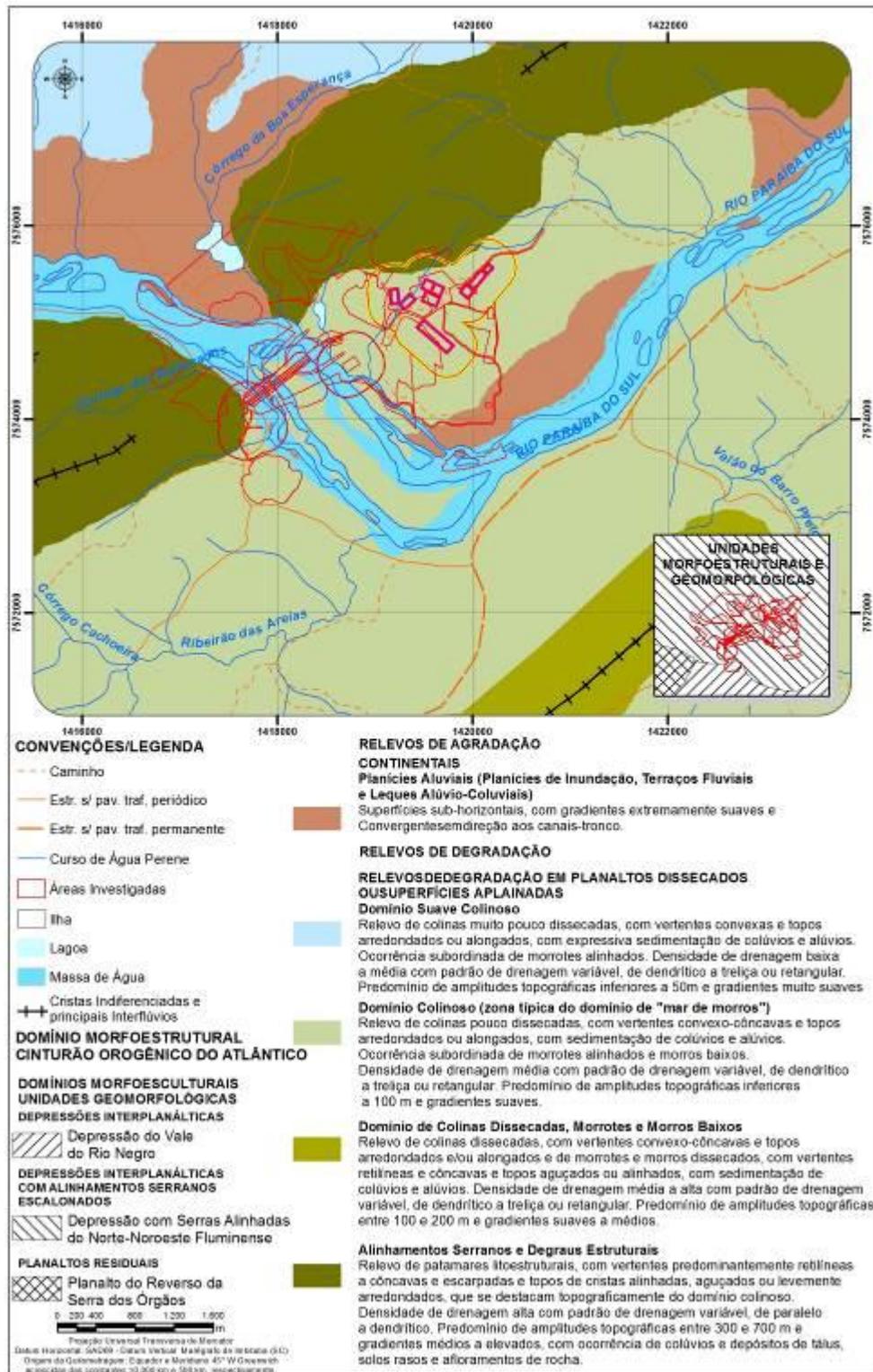


Figura 8: Mapa geomorfológico com a área do Canteiro de Obras, CIT e Área de Intervenção, UHE Itaocara. Fonte: CPRM (2000)

5 CONTEXTUALIZAÇÃO ESPELEOLÓGICA

5.1 DADOS ESPELEOLÓGICOS SECUNDÁRIOS

Para a contextualização espeleológica da área do estudo foram utilizados os dados do CECAV (2015) para os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, além desses buscou-se informações sobre cavidades naturais nos municípios de Itaocara e Cantagalo, no Rio de Janeiro contidos no Termo de Referência (Consórcio...2015). A Tabela 1 apresenta a relação destas cavidades.

| Nome | Município | Coordenada E ³ | Coordenada N | Litologia | Fonte |
|--|-----------------------|---------------------------|--------------|---------------------|---------------------------------|
| Gruta das Furnas | Cambuci | 815619 | 7612090 | Calcário | Biodiversity* |
| Gruta do Perazzo | Cambuci | 813981 | 7613427 | Mármore / Granito | Doc. encaminhado CECAV (2012)** |
| Gruta Novo Tempo | Cantagalo | 789542 | 7585020 | Mármore / Quartzito | CECAV / CNC da SBE |
| Abrigo-sob-rocha do Caxangá | Itaocara | 792554 | 7589202 | Tufa calcária | SBE |
| Gruta da Helena | Itaocara | 793013 | 7590302 | Mármore | Redespeleo Brasil / CNC da SBE |
| Gruta da Serra Vermelha | Itaocara | 799453 | 7590828 | Arenito | Redespeleo Brasil / CNC da SBE |
| Gruta da Serra Vermelha II | Itaocara | 799503 | 7590838 | Arenito | Redespeleo Brasil / CNC da SBE |
| Gruta do Boi Morto | Itaocara | 792876 | 7584706 | Mármore | Redespeleo Brasil |
| Gruta dos Bougainvilles | Itaocara | 791192 | 7586587 | Mármore | Redespeleo Brasil |
| Gruta dos Espinhos | Itaocara | 791158 | 7584737 | Mármore | Redespeleo Brasil / CNC da SBE |
| Gruta Verde | Itaocara | 781852 | 7588692 | Sem informação | SBE e CECAV |
| Gruta da Lagoa Feia | São Sebastião do Alto | 792717 | 7578976 | Mármore | SBE e CECAV |
| Caieira | Itaocara | 792975 | 7589405 | Mármore | Consórcio UHE...(2015)*** |
| Oswaldo Rosalino | Itaocara | 791796 | 7586096 | Mármore | Consórcio UHE...(2015)*** |
| Itaocara | Itaocara | 802159 | 7601120 | Quartzito | Consórcio UHE...(2015)*** |
| Gruta Pedra Santa | Cantagalo | 783725 | 7571589 | Mármore | Consórcio UHE...(2015)*** |
| Abrigo Caxangá II | Itaocara | 792451 | 7589033 | Tufas calcárias | Consórcio UHE...(2015)*** |
| Abrigo 18 de Março | Itaocara | 791554 | 7587172 | Tufas calcárias | Consórcio UHE...(2015)*** |
| Gruta do Mamão | Itaocara | 790911 | 7585390 | Mármore | Consórcio UHE...(2015)*** |
| Mirindiba Mirim 1 | Itaocara | 791109 | 7588477 | Mármore | Consórcio UHE...(2015)*** |
| Mirindiba Mirim 2 | Itaocara | 790457 | 7588300 | Mármore | Consórcio UHE...(2015)*** |
| Mirindiba Maior | Itaocara | 790988 | 7588270 | Mármore | Consórcio UHE...(2015)*** |
| *Biodiversity and Conservation (2011) DOI 10.1007/s10531-011-0057-5 | | | | | |
| **Doc. encaminhado CECAV (2012): Leda Zogbi / CODEX da Redespeleo | | | | | |
| ***Compilação de dados: Cecav/ICMBio, 2009; Redespeleo-CODEX, 2009; Sociedade Brasileira de Espeleologia – CNC/SBE, 2009; Ibama-Escritório Regional Nova Friburgo, 2009. | | | | | |

Tabela 1: Relação de cavidades naturais levantadas.

A Figura 9 apresenta a localização destas cavidades naturais no entorno da área do Canteiro. A partir desta área foram gerados raios de 5, 10, 15 e 20 km para facilitar a verificação aproximada da distância das feições espeleológicas em relação às áreas investigadas. Foi utilizado como fundo de mapa a base litológica com objetivo de verificar em quais os grupos, unidades e tipos de rochas as cavidades até o momento registradas ocorrem. De forma complementar na Figura 9 as litologias consideradas com potencial de carstificação foram destacadas em negrito na legenda.

³ Estas coordenadas podem conter erros de acurácia para localização direta em campo.

Não há ocorrências espeleológicas no Estado de Minas Gerais no raio de 15 km. Os registros se dão no Estado do Rio de Janeiro a ENE, NE, SSW e SSE da área do canteiro.

A cavidade mais próxima da ADA se localiza acerca de 5 km na direção ENE denominada de Caverna Itaocara, situado no município homônimo. A litologia descrita é o quartzito. No mapa litológico da Figura 9 se posiciona sobre depósito colúvio-aluvionar próximo ao contato com a Unidade Arcádia Areal que tem quartzito como Litotipo 2. Essa imprecisão pode se dar pelo caráter regional desse mapa geológico, ou seja, pelo baixo grau de precisão na locação de seus contatos litológicos.

Outras cavidades se localizam acerca de 8 km a SSE, Grutas da Serra Vermelha I e II, tendo como litologia descrita na base do CECAV arenito. No entanto sobre a base geológica elas se encontram na Unidade Morro do Escoteiro tendo como litotipos granitos associados a pegmatitos. Novamente ocorre uma imprecisão.

Acerca de 9 km a SSW da área do Canteiro, seguindo esta direção ocorre a maior concentração de cavidades naturais situadas na Serra do Candido, instalada sobre mármore da Unidade São Joaquim do Grupo Italva. Um registro isolado, na mesma Unidade se verifica a sul da área aproximadamente a 20 km de distância da ADA do canteiro, trata-se da Gruta da Lagoa Feia.

A mais de 20 km a NE da área do Canteiro, se encontram as Grutas do Perazzo e das Furnas localizadas em mármore intercalados a gnaisses do Grupo Bom Jesus do Itabapoana. A litologia descrita na base do CECAV confere com a do mapa litológico adotado.

A Unidade São Joaquim do Grupo Italva, sujeita a processos de carstificação e muito favorável a formação de cavernas de dissolução, corroborado pelos registros do CECAV, ocorre em estreita faixa de orientação NE/SW acerca de 3,5 km a sul da ADA do canteiro. A mesma se prolonga e alarga para SW onde se localiza a Serra do Candido. No entanto, de acordo com a sobreposição da área do Canteiro sobre a base geológica e descrições de campo, este Grupo não ocorre na ADA e AID do Canteiro.

Conforme a contextualização geológica da área (Item 4.1.2 - Litoestratigrafia neste relatório), as áreas investigadas se localizam sobre ortognaisses do Complexo Serra da Bolívia e gnaisses da Unidade Arcádia Areal (Grupo Andrelândia), além de depósitos aluvionares e coluvionares. Diante deste exposto, a prospecção teve direcionamento para possibilidade de ocorrências espeleológicas em rochas maciças e pouco solúveis. A partir desta constatação, fez-se necessário uma revisão sobre cavidades naturais em granitos e gnaisses apresentado a seguir.

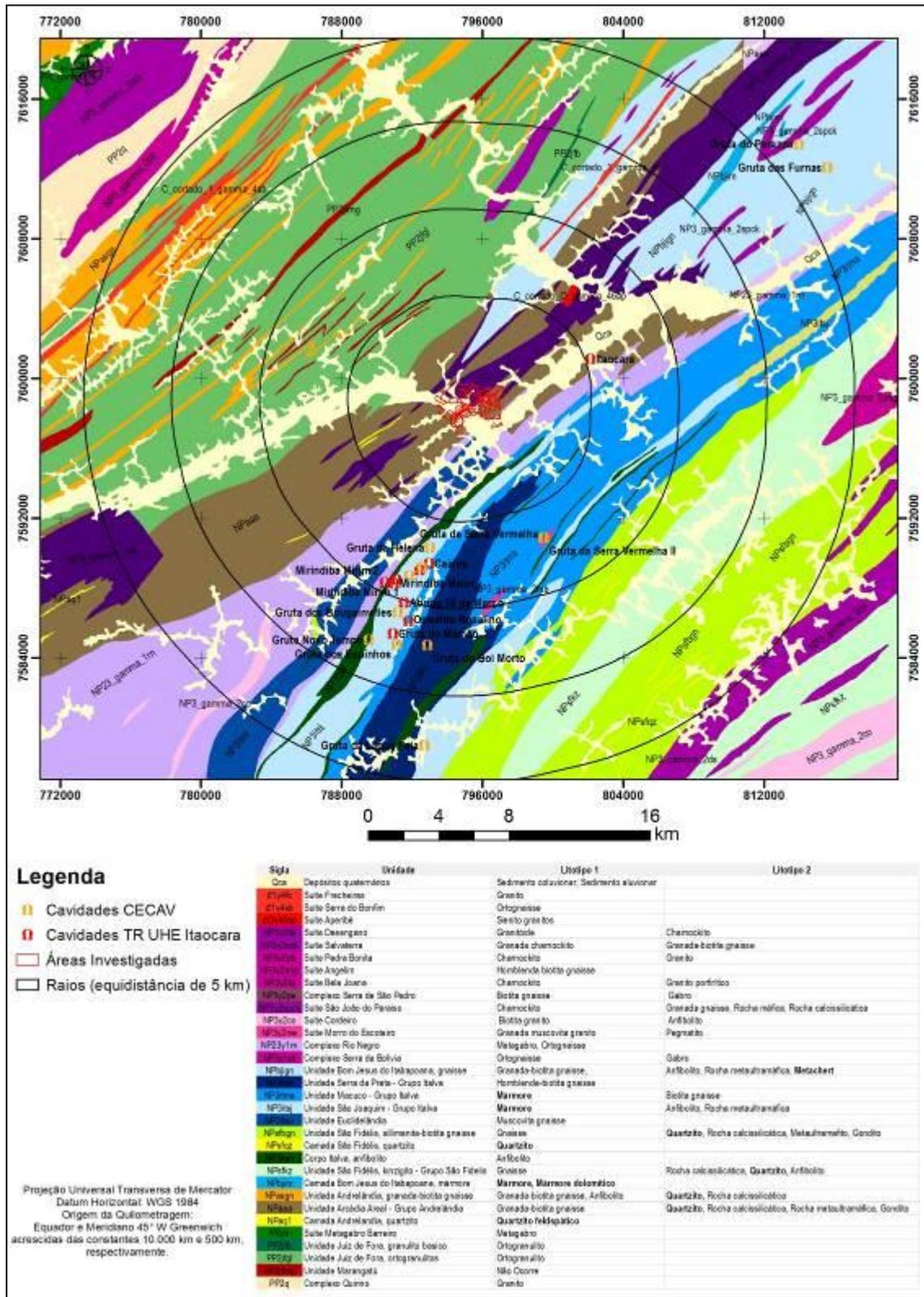


Figura 9: Localização de cavidades naturais em relação a área do Canteiro de Obras, CIT e Área de Intervenção, UHE Itaipava
Fonte: CPRM (2008); CECAV (2015)

5.2 CAVIDADES NATURAIS EM GRANITOS E GNAISSES

5.2.1 CLASSIFICAÇÃO

Cavidades naturais em granito e gnaisses ainda são pouco conhecidas e estudadas se comparada à outras litologias. De forma mais intensa, a partir da década de 1970, expedições e estudos nestas cavernas foram relatadas em diversos países sendo possível citar apenas alguns deles: Estados Unidos - T.S.O.D Cave, New York (Carrol Jr, 1977), Austrália - Girraween National Park (Finlayson, 1982) Labertouche Cave em Melbourne (Finlayson, 1986), Suécia - Fennoscandian Shield (Sjöberg, 1986), Espanha - Península Ibérica (Vidal Romaní & Rodriguez, 2011), Brasil (Sena, 1996; Hardt, 2003; Auler, 2007; Igual 2011), Alemanha - Fichtelgebirge Mountains (Striebel, 2008), Africa do Sul (Scheuerer et al. 2013) e China (Song et al., 2015).

Diversas classificações tipológicas de cavidades naturais em granitos são encontradas na literatura (Twidale, 1982; Sjöberg, 1986; Finlayson, 1986; Twidale & Vidal Romaní, 2005) e apresentam variações de organização e nomenclatura. A Figura 10 ilustra de forma esquemática a classificação de Finlayson (1986).

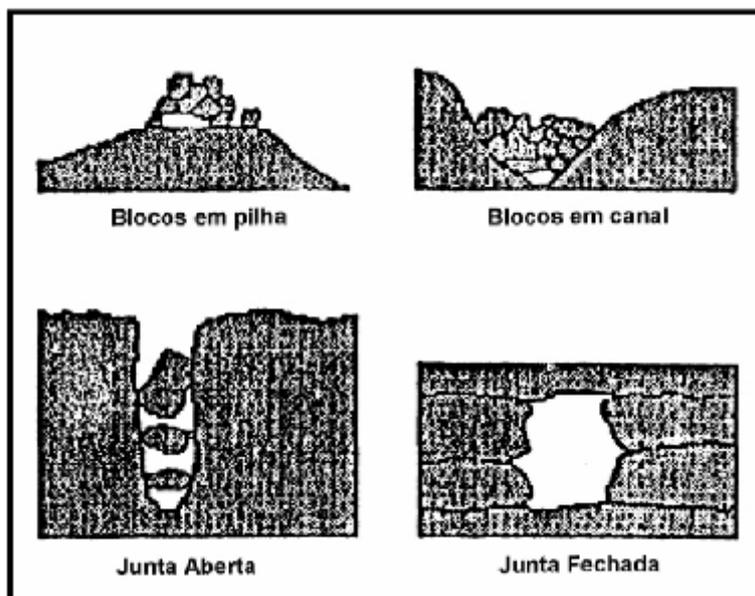


Figura 10: Esquema de classificação de Finlayson (extraído de Hardt, 2003) Possíveis processos de gênese de cavidades nos domínios de Embasamento Granito-Gnaissico.

Uma síntese das tipologias é apresentada por Vidal Romaní & Rodriguez (2011) que descrevem os três tipos principais: **Cavernas Estruturais** (também relatadas como cavernas em fissuras ou em juntas, **Cavernas em Blocos** (por vezes relatadas como cavernas de talus, cavernas em matacões ou empilhamento de blocos) e **Tafonis**. Em meio a esses tipos, abaixo descritos, estão incluídas as possíveis gênese de cavernas, de acordo com o quadro geomorfológico/pedológico local, na área do serviço.

5.2.1.1 Cavernas Estruturais

O primeiro grupo corresponde às cavidades estruturais que se desenvolvem segundo planos de fraturas, juntas e falhas principais da rocha maciça tanto disposta de forma verticalizada quanto horizontalmente. A cavernas estruturais foram denominadas por

Finlayson, 1986 (in Hardt, 2003) de cavernas de juntas e classificadas em dois tipos: junta aberta e junta fechada (Figura 10). Segundo Vaqueiro e Rodrigues (s/d) o alargamento destas descontinuidades na rocha pode ocorrer devido ao intemperismo relacionados à erosão química e física da rocha. A Figura 11 abaixo ilustra este tipo de caverna.

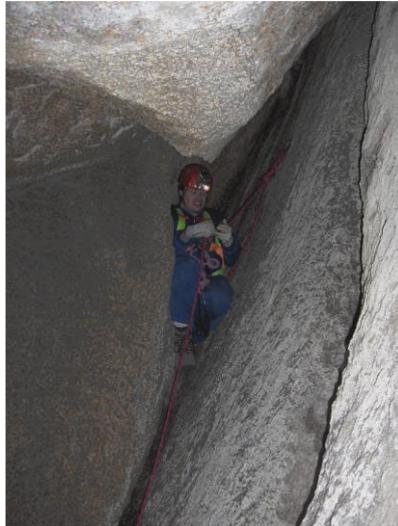


Figura 11:Exemplo de Caverna Estrutural

5.2.1.2 Cavidades em Depósitos de Blocos e Matacões

As cavidades em depósito de blocos e matacões incluem as **Cavernas de Talus** (Figura 12) e constituem outro tipo, caracterizado pelo empilhamento e intemperismo tanto dos blocos e matacões quanto do solo e podem se encontrar em várias posições na encosta, bem como no fundo de vales de drenagens (Blocos em canal - Figura 10). De maneira mais específica podem ser listadas dentro deste grupo.

Sequência sucinta de processos para a gênese de cavidades a partir da formação de talus:

- Instabilização em taludes rochosos, resultando em processos como queda de blocos; ruptura e deslizamento planar ou em cunha;
- Depósito de matacões empilhados que se acumulam na base de escarpas ou de encostas declivosas (alguns autores admitem que podem se encontrar em várias posições na encosta)
- Formação de “vazios” entre matacões métricos ou decamétricos.



Figura 12:Exemplo de Caverna em Talus

Cavidades formadas a partir da instabilização de **blocos *in situ***, geradas a partir da sequência (Figura 13):

- Intemperismo diferencial ao longo de planos de descontinuidades;
- Instabilização de blocos/matacões;
- Acomodação de blocos/matacões;
- *Formação de “vazios”.*



Figura 13: Exemplo de Caverna formada por instabilização de blocos

Sequência de processos de formação de **Cavidades associadas à circulação de águas** (Figura 14) (Corresponde a Corestones and Grus de Twidale, 1982):

- Relacionado à circulação de águas pluviais ou águas subterrâneas entre as rochas, no caso maciças, que de forma prévia apresentam fraturas, fissuras, falhas ou nos planos de estratificação (Twidale & Vidal Romaní, 2005)
- Intemperismo da rocha em contato com a água resultam no arredondamento de arestas rochosas;
- O produto do intemperismo rochoso (“grus” – areia e cascalho) pode ser removido pela circulação das águas (“descargas” de água subsuperficial ou drenagem subterrânea)
- Formação de aberturas entre as rochas que se conectam ou formação de Cavernas;

Esse tipo de Cavidade foi denominado ainda como “Blocos em Canal” (Finlayson, 1986).



Figura 14: Exemplo de Caverna com circulação de água.

5.2.1.3 Tafonis

O terceiro tipo de cavidade em granitos são tafonis (Figura 15), que são vazios naturais que se desenvolvem na rocha apresentando-se em formas côncava, convexa e alveolar. Em geral se situam em escarpa rochosa, frequentemente granito-gnáissica ou arenítica, em climas secos desérticos ou ao longo de falésias marinhas, de dimensões variadas até métricas, em geral formando “pequenas cavernas rasas”, muitas vezes associadas em conjuntos alveolados. Ainda podem se apresentar em matações, por processo de desagregação nas escarpas acima referidas.

Constituem uma feição geomorfológica enigmática, cujo intemperismo diferencial que leva a formação dessas cavidades pode estar relacionado a vários fatores que podem ser convergentes, aventando-se entre outras hipóteses:

- Crescimento de cristais de soluções salinas de intemperismo em clivagens ou fissuras minerais acentuado por calor de insolação;
- Ruptura localizada de capa superficial de intemperismo (silicificação, ferrificação) expondo localizadamente a rocha mais intemperisável onde se formam as cavidades;
- Bolsões de concentração de minerais ou de granulação diferenciada, mais suscetível ao intemperismo;
- Desgaste por abrasão eólica (corrosão).



Figura 15:Exemplo de Tafoni

5.2.2 ASPECTOS ESPELEOLÓGICOS DE CAVERNAS GRANÍICAS E GNÁISSICAS

Um ponto importante relacionado a dimensões das cavidades em granitos e gnaisses ressaltado por Twidale & Vidal Romaní (2005) é que independente da solubilidade da rocha, outros fatores podem ser determinantes para o desenvolvimento do vazio subterrâneo. Dentre eles, a dimensão e conectividade das descontinuidades na rocha (p. ex. fraturas, falhas, estratificações), continuidade e velocidade da passagem de água, gradiente hidráulico e taxas de elevadas pluviosidades, mesmo em rochas pouco solúveis como no caso de granitos e gnaisses podem formar grandes sistemas de cavernas. Em termos de dimensões as maiores cavernas graníticas do mundo são apresentadas na Tabela 2 a seguir:

Inventário de cavidades graníticas em âmbito mundial

| Nome da cavidade | Localização | Desenv. (metros) | Desnível (metros) |
|--|------------------------|------------------|-------------------|
| T. S. D. O. Cave System | New York (USA) | 3.950 | 51 |
| Bodagrottoma | Iggesund (Suécia) | 2.610 | |
| Bat Cave | North Carolina (USA) | 1.693 | 58 |
| M. B. D. A. T. H. S. Cave | New Hampshire (USA) | 1.615 | 42 |
| Goose Creek Cave | Colorado (USA) | 1.200 | |
| Hölicksgrottan | Hornsländt (Suécia) | 1.133 | |
| Sphagnum Ravine Cave | New York (USA) | 1.020 | |
| Upper and Middle Greenhorn Cave System | Califórnia (USA) | 956 | 152 |
| O Folón | Galícia (Espanha) | 905 | 34 |
| Goolie Cave | Queensland (Austrália) | 600 | 120 |

Tabela 2: Relação das cavernas em granito e gnaisse com maiores desenvolvimento e desníveis em âmbito mundial em 2008.

Fonte: Basis for the statement and management of the Folón Cave as a natural monument: Adenda to the file of Statement to Granite System Cave of O Folón as natural monument. Vigo 06/2008 – Spain. Disponível em: <http://www.mauxo.com/downloads/Folonv3.9.0.es.hd.pdf>

No Brasil expedições e pesquisas em cavidades de Granito, Granitóides e Gnaisse foram realizadas no sul de Minas Gerais (Sena, 1995; Hardt , 1996), em Bertioga (Zampaulo et al., 2005) e Ubatuba (Iguar et al., 2011) em São Paulo. Na Bahia, tafonis foram cadastrados por Auler (2007).

Nos últimos anos a Gruta do Riacho Subterrâneo em Itu (SP) se destaca como a maior caverna de granito da América do Sul apresentando cerca de 1.400 m de desenvolvimento linear e despertou o interesse multidisciplinar atraindo a atenção devido aos aspectos mineralógicos, biológicos, arqueológicos (Iguar, 2011)

Em 2012, a Base de Dados Geoespacializados do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV disponibilizava informações sobre a localização geográfica de 10.134 cavidades naturais subterrâneas no Brasil. Deste total, 140 cavidades se localizam em litologias como granito, gnaisse e granitóides, ou seja, pouco mais de 1% (Galvão & Cruz, 2012). O número é relativamente muito pequeno considerando o potencial para ocorrências espeleológicas nestas rochas no Brasil. Como exemplo, a Província Geológica da Mantiqueira de extensão regional, na qual se insere a área do estudo, abrange partes dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro (p.ex. Serra do Mar), o sul e leste de Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia.

6 PROSPECÇÃO ESPELEOLÓGICA NAS ÁREAS DO CANTEIRO DE OBRAS, EIXO, CIT E ÀREA DE INTERVENÇÃO DA UHE ITAOCARA

6.1 INTRODUÇÃO

De acordo com a metodologia proposta para o presente trabalho, foi realizado caminhamento na área dando maior importância às áreas estabelecidas em escritório e em campo como sendo de maior potencial para a ocorrência de cavidades (conforme descrito no item 3.1.3 desse relatório).

Além das trilhas percorridas foram registrados e descritos 244 pontos de modo a caracterizar as áreas visitadas com foco na potencialidade para ocorrência de cavidades naturais subterrâneas. O ANEXO I apresenta o mapa com as linhas de caminhamentos e os pontos adquiridos em campo bem como tabela com a descrição detalhada de cada estação de campo. Para o presente levantamento foi utilizado o Sistema de Coordenadas UTM, Datum WGS 84, Zona 23S.

6.1.1 FEIÇÕES SUPERFICIAIS

As áreas investigadas são caracterizadas por relevo dissecado em relação às adjacências, ou seja, ocorrem colinas alongadas e planícies de inundação que contrastam com os maciços rochosos e inselbergs mais elevados do entorno. Afloramentos de rocha ocorrem de forma localizada nas encostas e nos fundos de vale, sendo baixa a sua expressão areal quando comparada as áreas do terreno recoberto por solos. Dessa forma, a região em apreço possui potencial restrito para a ocorrência de cavidades. Foram identificadas poucas feições passíveis de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas, dentre elas:

- Afloramentos rochosos;
- Matacões;
- Drenagens;
- Quebras de relevo.

Em tais regiões a investigação foi sistemática. Buscou-se identificar situações onde processos de erosão mecânica atuassem de forma mais intensa, podendo gerar espaços vazios.

As outras feições identificadas na área, menos susceptíveis à ocorrência de cavidades naturais subterrâneas são:

- Topos e encostas sem afloramentos;
- Planícies de inundação.

A seguir é apresentada a descrição detalhada de cada uma dessas feições.

6.1.1.1 Topos e encostas de colinas sem afloramentos

A maior parte da área investigada se constitui de colinas alongadas com topos aplanados, cujas cotas mais elevadas registradas no interior da área situam-se próximo aos 200 m de altitude (Pontos 77, 67 e 86). As encostas apresentam declividades acentuadas predominantemente, em menor proporção elas se encontram suavizadas. Em geral, as colinas sustentam pastos artificiais da base ao topo, onde em alguns locais é possível se ter uma ampla visada da ordem de dezenas até centenas de metros de áreas de campo limpo, caracterizadas em boa parte pela ausência de afloramentos rochosos (Figura 16).



Figura 16: (Em sentido horário) A: Colinas sem afloramentos com declividade alta da encosta (visada para S a partir do Ponto 72); B: Visada para NE a partir do Ponto 18, região de colinas sem afloramentos de rocha; C: Ampla superfície de colina sem afloramentos de rocha, visada para NE a partir do Ponto 163; D: Colina com pasto no Ponto 34. Visada da foto para E, evidenciando região de declividade moderada, sem afloramentos rochosos.

Em alguns pontos foram constatados processos erosivos em solo coluvionar silto-arenoso de coloração alaranjada, como é o caso do Ponto 30. A seguir (Figura 17), alguns exemplos de tal feição. Todas essas situações foram inspecionadas (a exemplo dos pontos 75, 93 e 211 e 239), sendo executada uma malha de pontos de controle com a finalidade de delimitar tais contextos.



Figura 17: (Direita) Processo erosivo em atividade no Ponto 30; (Esquerda) Erosão detectada no terço superior de vertente (Ponto 239).

6.1.1.2 Planícies de inundação

As planícies de inundação ocorrem nas cotas mais baixas da região. Depressões marginais do rio Paraíba do Sul além de várzeas em fundos de vales de tributários do mesmo constituem estas feições. As mesmas são sujeitas a alagamentos periódicos e apresentam depósitos aluvionares. Estas depressões foram inspecionadas e não foi identificada nenhuma cavidade natural subterrânea. A seguir, são apresentados alguns exemplos (Figura 18):



Figura 18: À esquerda, foto com visada para sul para o Ponto 239, planície aluvionar na margem esquerda do Rio Paraíba do Sul. À direita, foto realizada no Ponto 51 com visada para norte, presença de área alagada no fundo de vale em meio a colinas alongadas.

6.1.1.3 Quebras de relevo

Em relação às quebras de relevo procurou-se inspecioná-las objetivando a detecção de afloramentos rochosos. Sabe-se que é comum a ocorrências desses nessas situações. Como exemplo, a região do Ponto 24, em uma encosta íngreme coberta por mata, apresentou características que pudessem gerar tal situação (Figura 19). No entanto, não ocorrem afloramentos em tal feição. Em geral, não foram identificadas cavidades nesse contexto.



Figura 19: Mata fechada em encosta íngreme no Ponto 24. Não foram identificados afloramentos rochosos na região.

6.1.1.4 Drenagens

Em relação às drenagens superficiais buscou-se inspecioná-las na procura de afloramentos rochosos, regiões de acúmulo de matacões e ainda áreas em que processos erosivos mecânicos, em geral, fossem capazes de gerar espaços vazios que caracterizem cavidades naturais subterrâneas.

Os pontos de descrições realizados em linhas de drenagens efêmeras e se distribuem em várias posições na encosta, desde próximo ao topo (ponto 86) quanto na meia encosta e na baixa vertente. A maioria destas drenagens se encontravam seca por ocasião da prospecção.

Com foco na espeleologia as drenagens foram investigadas com objetivo de detectar a presença de afloramentos rochosos possivelmente exumados pela ação da água. Na área, algumas drenagens não se associam a afloramentos, outras exibem blocos ou matacões no leito, a Figura 20 a seguir ilustra estas situações.



Figura 20: À esquerda, linha de drenagem seca à meia encosta (Ponto 155), sem afloramentos. À direita, drenagem com água e presença de blocos e matacões.

Outros pontos em drenagens (05, 32, 94 e 155) tiveram maior interesse espeleológico uma vez que associam a presença de afloramentos, estes se apresentam na forma de lajedos e serão tratadas no tópico relativo aos afloramentos.

6.1.1.5 Depósitos de matacões

A possibilidade de ocorrências de cavernas de talus direcionou a atenção da prospecção espeleológica para os depósitos de matacões. Estas feições apresentam uma distribuição areal restrita considerando a área total investigada, estando localizadas tanto na meia encosta quanto na base de colinas podendo ou não estar associados à linhas de drenagens a exemplo dos Pontos 88 a 91 e Ponto 173.

Os depósitos de matacões mais expressivos identificados ocorrem associados aos afloramentos como observado na região do Ponto 166 caracterizada pela ocorrência de matacões situados no terço inferior da encosta. No entanto foram também observados de forma isolada (Ponto 164) e sobre lajedos no leito do rio Paraíba do Sul (Ponto 240) (Figura 21). Em todas as situações, seja pela quantidade ou pela dimensão reduzida das frações, os depósitos de matacões foram insuficientes para formar cavidades naturais.



Figura 21: A: Matacões situados na meia encosta de vertente com declividade alta (Ponto 81); B: Matacões e blocos em leito de drenagem efêmera a meia encosta (Ponto 173); C: Matacão isolado situado no terço inferior de encosta (Ponto 164); D: Leito rochoso do rio Paraíba do Sul, presença de matacões (Ponto 240).

6.1.1.6 Afloramentos rochosos

Os afloramentos de rocha *in situ*, assim como os matacões, tem distribuição restrita em relação a toda a área investigada. Eles ocorrem na meia encosta e na base de colinas predominantemente, e no fundo de alguns vales. As exposições mais significativas situam-se no terço inferior de vertente de colinas na margem direita do Rio Paraíba do Sul (Exemplos próximos aos Pontos 164 a 172 e 197 a 206). Na

margem oposta, eles se apresentam de forma isolada (Exemplos Ponto 65, 94 e outros) conforme ilustra o mapa de pontos de afloramentos na Figura 22.

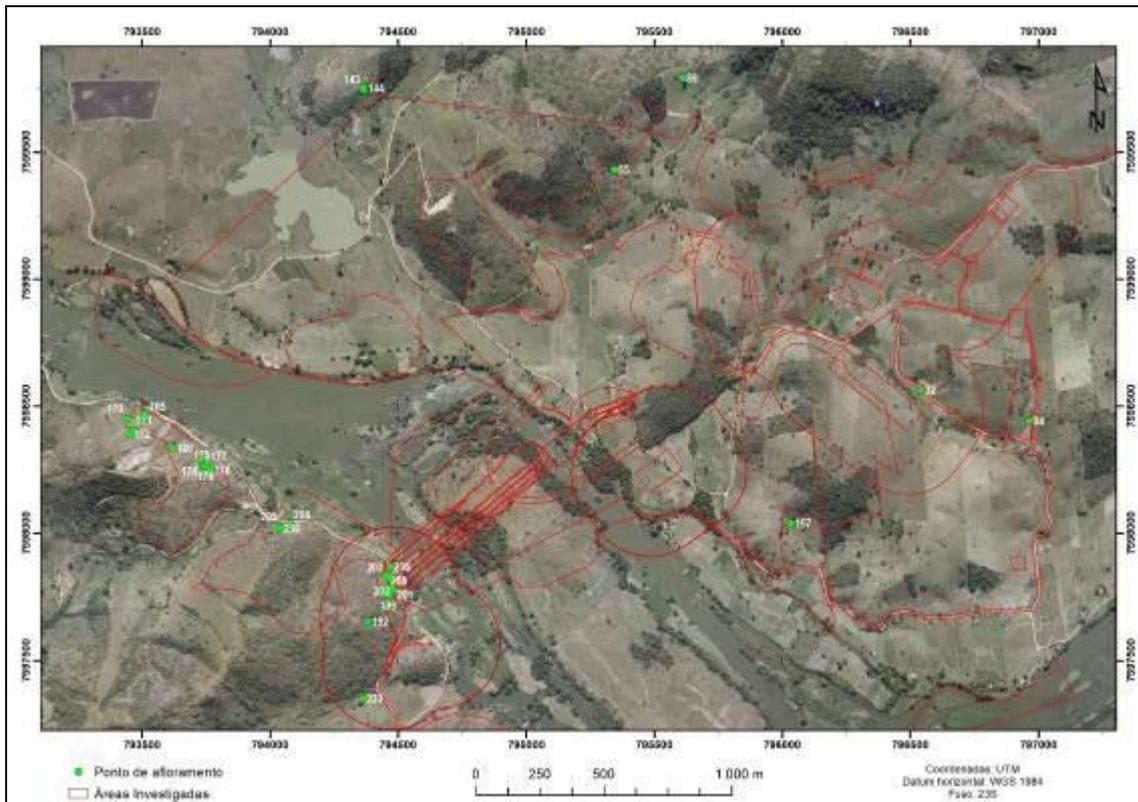


Figura 22: Distribuição dos pontos de afloramentos nas áreas investigadas.

De maneira geral, os afloramentos ocorrem na forma de lajedos e de paredões, estes últimos por vezes se associam a rupturas de relevo.

Os afloramentos do tipo **Lajedos** foram observados na meia encosta de vertente de colinas e em fundo de vales, podendo ou não estarem associados a drenagens (Figura 23). As declividades variam de baixa a alta.



Figura 23: Afloramento do tipo lajedos posicionado no fundo de vale (Ponto 94, a direita) e situado na meia encosta da vertente (Ponto 199, à esquerda).

No Ponto 5 foi identificada uma drenagem (Figura 24) em cujo leito aflora gnaiss bandado composto pela alternância de níveis quartzo-feldspáticos e minerais máficos. O curso de tal drenagem é linear (direção aproximada E-W). Tal drenagem foi totalmente inspecionada e não foram identificadas cavidades naturais subterrâneas.



Figura 24: À esquerda, drenagem identificada no Ponto 005, seca na época da visita, encaixada em gnaisse. À direita, detalhe do bandamento gnáissico.

No Ponto 32 foi constatada outra drenagem com leito rochoso (Figura 25), assim como no Ponto 5, exibindo afloramentos de gnaisse bandado com porções migmatíticas e graníticas. A rocha em questão não possui nenhum componente de coeficiente de solubilidade importante. Tal feição foi inteiramente inspecionada e não foram identificadas cavidades.



Figura 25: Afloramento do tipo lajedo em drenagem identificada no Ponto 032, à esquerda. Granito de granulação grossa, à direita.

Alguns lajedos vistoriados apresentam extensão de até 20 m (Ponto 94 e 201). Estes afloramentos foram vistoriados em detalhe e não foram identificadas feições espeleológicas.

Os afloramentos rochosos na forma de **Paredões** ocorrem predominantemente na meia encosta, no terço inferior de vertente e na base de colinas, presentes em ambas as margens do Rio Paraíba do Sul. Estes afloramentos se encontram no domínio de rochas gnáissicas da Unidade Arcádia Areal do Grupo Andrelândia.

Em geral, os paredões apresentam extensões restritas a poucos metros, as alturas são variadas podendo atingir até 8 m (Ponto 178) e conformar rupturas no relevo significativas (Figura 26). Destaca-se uma exposição rochosa significativa que pode ser visualizada em estrada de acesso, estando situada no terço inferior de encosta. Trata-se de afloramento com dois paredões escalonados.



Figura 26: A - Vista para afloramento posicionado no terço inferior de encosta onde foram registrados os Pontos 202 a 205; B - Detalhe para a base de paredão da foto anterior (Ponto 204); C - Base de paredão com altura estimada em 6m (Ponto 175); D - Base de paredão com altura estimada em 3 m, presença de feições alveolares (Ponto 180).

De especial interesse do ponto de vista espeleológico, os paredões foram vistoriados em detalhe. Em algum deles foram observadas fraturas abertas verticalizadas como no caso dos Pontos 168, 175 e 177 por exemplo (Figura 27). Deve-se ressaltar que estas feições conformam pequenos condutos e possuem, em geral, dimensões insuficientes para serem acessadas no seu interior, desta foram, não foram consideradas feições espeleológicas, ou cavernas estruturais conforme a revisão de literatura indica (vide ítem 5.2.1.1 do Capítulo 5).

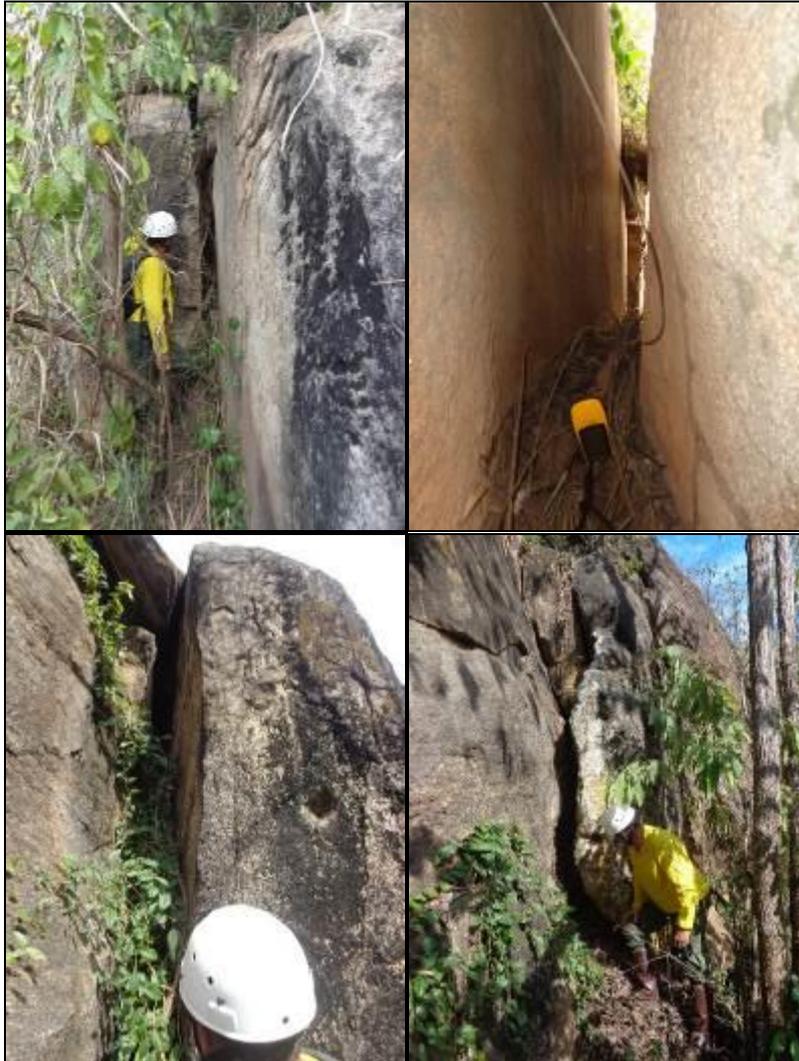


Figura 27: A – Ponto 168: Interseção de fratura sub-vertical com fratura sub-horizontal (acima da cabeça de espeleólogo); B – Ponto 168: Vista do lado oposto ao da foto anterior, largura da fratura estimada em 0,25 m sob teto; C – Fratura sub-vertical não penetrável, detalhe para feição alveolar na parte esquerda direita (Ponto 177); D – Fratura sub-vertical não penetrável (Ponto 175).

6.1.1.7 Abrigos

No caminhamento espeleológico foram identificadas duas feições caracterizadas como abrigos. Um se localiza na margem direita do rio Paraíba do Sul e outro na sua margem esquerda e serão descritos a seguir.

O **Abrigo do Ponto 97** situa-se na base e no contorno de afloramento de granitoide localizado na base de encosta de colina. As dimensões foram estimadas em 6,0 m de largura, altura de teto de 1,6 m e projeção horizontal perpendicular a entrada de 1,2 m. O piso sedimentar apresenta zona seca abrigada. Foram observados espeleotemas do tipo coraloides com dimensões máximas de 4 mm no interior de pequeno conduto não acessível (Figura 28). O abrigo é conhecido localmente como local para proteção de chuva, tendo sido indicado pelo proprietário de terreno.

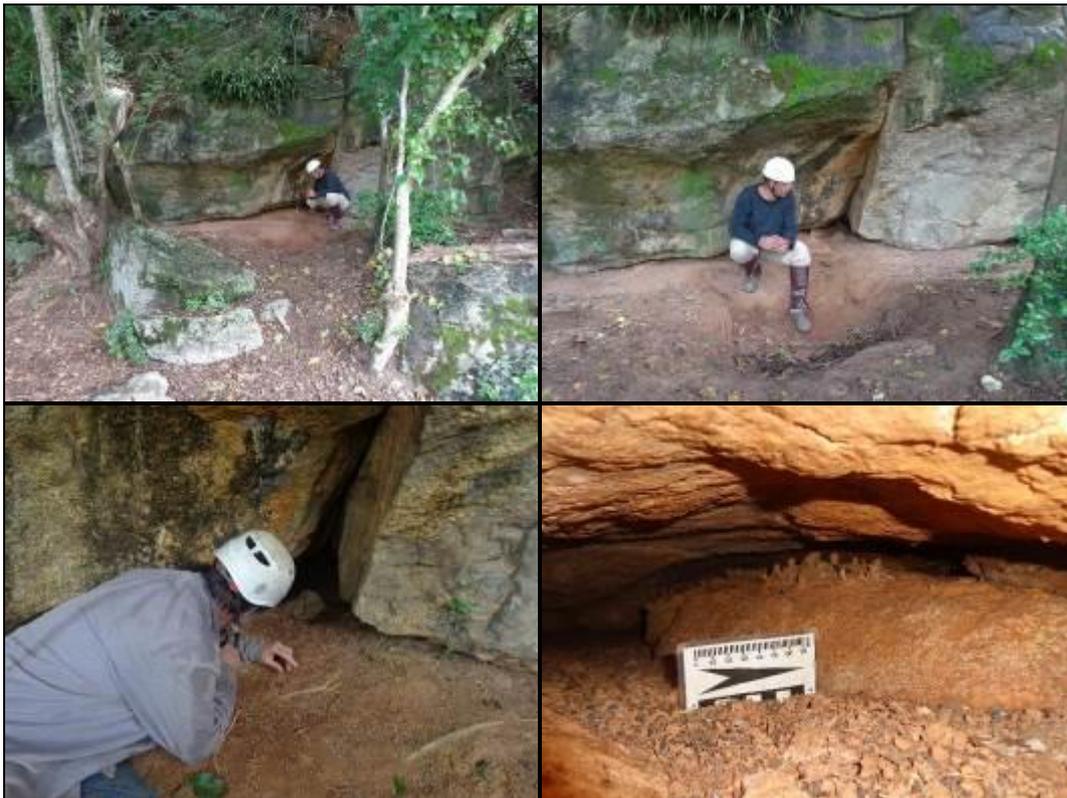


Figura 28: Abrigo do Ponto 97 A: Visão geral para abrigo posicionado na base de afloramento; B: Detalhe para o piso sedimentar indicando pela coloração mais clara a região abrigada por teto; C: Conduto não acessível controlado por fratura subvertical de 245°; D: Detalhe para espeleotemas do tipo coralóides.

O **Abrigo do Ponto 202** situa-se na base de paredão com altura do paredão de 5,0 m, em afloramento situado na meia encosta da vertente com declividade muito alta. Um abatimento de teto conformou o abrigo que apresenta 6,5 m largura e 0,9 m de altura de teto e 0,9 m de projeção horizontal perpendicular a entrada. Verifica-se piso sedimentar. Presença de matacão desmoronado em frente ao abrigo (Figura 29).



Figura 29: Abrigo do Ponto 202. Esquerda: Espeleólogo sobre matacão desmoronado em frente ao abrigo; Direita: Vista para porção interna de abrigo.

6.1.2 CAVIDADES NATURAIS

Na prospecção espeleológica nas áreas investigadas da UHE Itaocara, não foram identificadas cavidades naturais principalmente pelo fato de afloramentos de rocha serem pouco frequentes em relação a dimensão total das áreas.

Deve-se considerar que a área apresenta um potencial reduzido para a ocorrências espeleológicas.

As rochas aflorantes (gnaisses, granitos e migmatitos) têm pouca propensão à dissolução, principal processo para carstificação e consequente formação de cavernas de “origem cárstica”.

Assim, não sendo este tipo de intemperismo químico um agente importante na geração de cavidades em tais litologias, buscou-se em campo situações com predomínio de atuação dos processos físicos que pudessem gerar espaços vazios subterrâneos caracterizando cavidades. Em todos os casos inspecionados tais processos não foram eficientes suficientemente para a geração dessas feições subterrâneas.

7 CONCLUSÃO

1. De acordo com os levantamentos e avaliações executados na fase de escritório pré-campo (item 3.1 da metodologia) a interpretação de imagens, o cadastro espeleológico, e as bibliografias geológica e geomorfológica, apontaram de forma preliminar que a área do estudo se caracterizava como de baixo potencial espeleológico.
2. Conforme a investigação de campo e a descrição dos pontos dos caminhamentos, o baixo potencial para ocorrências espeleológicas foi confirmado pelo fato de não terem sido identificadas cavidades naturais na área.
3. A frequência de ocorrência de afloramentos rochosos na área é restrita. Em geral a área se caracteriza por colinas capeadas por solo e por várzeas.
4. As rochas observadas não apresentam um grau de dissolução suficiente para desencadear processos de carstificação, tendo sido constatados gnaisses, granitos e migmatitos. Diante deste quadro, a prospecção foi direcionada às situações em que a formação de cavidades naturais se relacionam aos processos físicos descritos no item 5.2 desse relatório que geram em consequência Cavernas estruturais, Cavernas em Talus, Cavernas relacionadas a circulação de água e tafonis.
5. Em relação às áreas investigadas, sem considerar a ADA e AID do Reservatório ainda a serem prospectados, o levantamento de dados secundários apontou que um conjunto de cavidades se encontram acerca de 8 km a sul, na Serra do Cândido, nos mármores da Unidade São Joaquim do Grupo Itálva.

8 RECOMENDAÇÃO

1. Uma vez que não foram identificadas cavidades naturais nas áreas investigadas, não há recomendação específica para o prosseguimento das etapas subseqüentes da espeleologia, que consistiriam nas fases de mapeamento e valoração das cavidades encontradas.

9 REFERÊNCIAS

ALMEIDA F. F. M.; HASUI Y.; CARNEIRO C. D. R. O lineamento de Além-Paraíba. **Anais Academia Brasileira de Ciências**, v. 48, p. 575, 1975.

AULER, A. 2007. Expedição cadastra tafoni na Bahia. **Conexão Subterrânea**, Boletim 49,pg.1, Redespeleo - disponível em www.redespeleo.org.br]

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto **RADAMBRASIL**: Folhas SF 23/24 – Rio de Janeiro / Vitória; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1983. 780p. il.,6 mapas (Levantamento de Recursos Naturais, v. 32)

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**, 1988. Brasília: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Decreto n. 99.556, de 01 outubro de 1990. Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02 out. 1990. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D99556.htm.

BRASIL. Resolução CONAMA Nº 347, de 10 de setembro de 2004. Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 set. 2004. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>.

BRASIL. Decreto Federal n. 6.640 de 7 nov. 2008. Dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto número 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes em território nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 nov. 2008. Seção 1. p. 8.

BRASIL. Instrução Normativa n. 2, de 20 de agosto de 2009. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 21 ago. 2009.

CARROLL Jr, R.W. TSOD - The adirondack talus cave that went the extra mile. The Cascade Caver. **International Journal of Vulcanospeleology**. v.16. n. 7-8, p.67-69.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS - CECAV. 2012. **Banco de dados**. Disponível em: <http://www4.icmbio.gov.br/cecav/> Consultado em 05 de dezembro de 2015

COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. Programa Informações para Gestão Territorial – GATE. Projeto Rio de Janeiro. **Geomorfologia**. CPRM, 2000. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geodiversidade/Projeto-Rio-de-Janeiro---Geomorfologica-613.html>

_____. Programa Informações para Gestão Territorial – GATE. Projeto Rio de Janeiro. **Mapa Geomorfológico Folha Ponte Nova/Juiz de Fora**. SF.23-X-B/D Escala 1:250.000. CPRM, 2000. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geodiversidade/Projeto-Rio-de-Janeiro---Geomorfologica-613.html>

_____. Programa Geologia do Brasil. Mapa Geológico Folha Santo Antônio de **Pádua**. SF 23-X-D-VI. Escala 1:100.000. CPRM, 2008. Disponível em: <http://geobank.cprm.gov.br/>

_____. Programa Geologia do Brasil. **Mapa Geológico Folha São Fidélis**. SF 24-V-C-IV Escala 1:100.000. CPRM, 2009. <http://geobank.cprm.gov.br/>

CONSÓRCIO UHE ITAOCARA –. Programa de Prospecção Exocárstica. **Termo de Referência – TR 004**. Itaocara, 2015.

DAYAN, H.; KELLER, J. V. A. A Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul nas vizinhanças de Três Rios (RJ): uma análise da deformação dada por algumas feições estruturais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 19, n. 4, p. 494-506, 1990.

FINLAYSON, B.L. 1982. Granite caves in Girraween National Park, southeast Queensland. **Helictite**, 20: 53-59.

FINLAYSON, B.L. 1986. The formation of caves in granite. Book In: **New directions in karst**, Sweeting, M. M. P., K., (ed.). Norwich (UK): Geobooks, 333-347.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE / Diretoria de Geociências - DGC / Coordenação de Cartografia – CCAR. **Metadados do produto Modelo Digital de Elevação 1:25.000 do Projeto RJ-25**. s/d. Disponível em: ftp://geofp.ibge.gov.br/modelo_digital_de_elevacao/projeto_rj_escala_25mil/

GALVÃO, A.L.C.O.; CRUZ, J.B. 2012. Brasil ultrapassa 10.000 cavernas conhecidas: considerações técnicas sobre os dados geoespacializados e disponibilizados pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV. EspeleInfo: **Boletim Eletrônico do CECAV** - Ano 3, Edição Especial. Disponível em: <http://www4.icmbio.gov.br/cecav/> (Consulta em 20 de janeiro de 2012)

HARDT, R. 2003. Cavernas em granito e gnaiss. Aplicação de um sistema de classificação. Congresso Brasileiro de Espeleologia, **Anais XXVII CBE**, Januária – MG, julho de 2003.

HEILBRON, M.; MOHRIAK, Webster; VALERIANO, Claudio; MILANI, E.; ALMEIDA, Júlio Cesar Horta de; TUPINAMBÁ, Miguel. From Collision To Extension: The Roots Of The Southeastern Continental Margin Of Brazil. In: Webster Mohriak; Manik Talwani. (Org.). **Geology and Geophysics of Continental Margins**, Special Number of **International Geophysical Association**. 2000, v. 115.

HEILBRON M., PEDROSA-SOARES A.C., CAMPOS NETO M., SILVA L.C., TROUW R.A.J., JANASI V.C. 2004. **A província Mantiqueira**. In: V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B. Brito Neves (eds.) O Desvendar de um Continente: a moderna geologia da América do Sul e o legado da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo, Ed. Beca, Cap. XIII, p. 203-234

HEILBRON, M.; SOARES, Antonio Carlos Pedrosa; CAMPOS NETO, M. C.; SILVA, Luiz Carlos; TROUW, Rudolph. The Mantiqueira Province. In: **XLII Congresso Brasileiro de Geologia**, 2004, Araxá - Minas Gerais. Anais do XLII CBG CD-rom, 2004.

HEILBRON, M.; Valeriano, C. M.; Tassinari, C. C. G.; Almeida, J.; Tupinamba, M.; Siga, O.; Trouw, R. Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions. **Geological Society Special Publication**, v. 294, p. 211-237, 2008.

HEILBRON, M.; TUPINAMBÁ, Miguel; DUARTE, Beatriz Paschoal; NOGUEIRA, José Renato; VALLADARES, Claudia; ALMEIDA, Júlio Cesar Horta de; SILVA, Luiz

Guilherme Do Eirado; RAGATKI, Celia Diana; VALERIANO, Claudio; GERALDES, Mauro; SCHMITT, Renata. Faixa Ribeira Central e suas Conexões com as Faixas Araçuaí e Ribeira Sul. In: **XI simpósio de geologia do Sudeste**, 2009, são pedro (sp). XI simpósio de geologia do Sudeste, 2009. v. 1

IGUAL, E.C.; MARTINS, C.E.; PEREIRA, P.L. 2011. Grutas Granitóides na Praia da Sununga, Ubatuba - SP. Teto Baixo - Ano II - Número II - 06/05/2011 - pág. 04. **Boletim Eletrônico do GPME** - Grupo Pierre Martin de Espeleologia. ISSN 2177-8167 Disponível em: <http://www.blog.gpme.org.br/?p=773>. Consulta em 20 de janeiro de 2012.

IGUAL, E.C. 2011. Gruta do Riacho Subterrâneo, Itu-SP (CNC SBE SP 700): a maior caverna em granito do Hemisfério Sul. Teto Baixo - Ano II - Número II - 06/05/2011 - pág. 12. **Boletim Eletrônico do GPME** - Grupo Pierre Martin de Espeleologia. ISSN 2177-8167 Disponível em: <http://www.blog.gpme.org.br/?p=773>. Consulta em 20 de janeiro de 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Diretoria de Geodésia e Cartografia. **Santo Antônio de Pádua**. 1ª Ed., 1974. Folha SF 23-X-D-IV-2, Carta do Brasil, Escala 1: 50.000.

_____. **Ortofoto** Rio de Janeiro. Fotografia aérea colorida em formato digital, IBGE, julho de 2002.

LENHARE, B. D. **Potencial espeleológico em granitos e gnaisses**. nov 2011. Disponível em: <http://www.culturallmind.com/cultura-geral/potencial-espeleologico-em-granitos-e-gnaisses-parte-i/>

MC AMBIENTAL LTDA. **Relatório de Prospecção Espeleológica. Projeto de Ampliação de Serra Azul Área de Alternativa de Barragem 9B**. MMX - Grupo EBX Município de Itatiaiuçu Minas Gerais. Janeiro de 2012.

SCHEUERER, M LUNDBERG, J. E. K., SJÖBERG, R. Gobholo Cave: a long granite cave in Swaziland(Southern Africa). **Karst and Caves in Other Rocks**, Pseudokarst – oral 2013. ICS Proceedings

SENA, F.S. Considerações Genéticas de Cavidades em Gnaisse, Heliodora MG. **XXIII Congresso Brasileiro de Espeleologia** (inédito). Monte Sião, 1995.

SILVA, T. P. & MELLO, C. L. Reativações neotectônicas na Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul (sudeste do Brasil). *Geologia USP, Sér. Cient.vol.11no.1*. São Paulo, abr. 2011. Disponível em: <http://papegeo.igc.usp.br/scielo>.

SJÖBERG, R. 1986. Caves Indicating Neotectonic Activity in Sweden. **Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography**, 68(4), 393–398. <http://doi.org/10.2307/521530>

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA – SBE. **Cadastro Nacional de Cavidades – CNC**. 2009. Disponível em: <www.sbe.com.br>. Acesso em: 05 jun. 2015.

SONG, Z.; TANG, W.; LIU, X.; WANG, L.; XIANG, S.; LI, J.; YANG, S. 2015. Genesis and Geological Significance of Granite Caves in Laoshan of China. **Chemical Engineering Transactions**. v. 46: 763 - 768

STRIEBEL, T Granite caves in the Fichtelgebirge Mountains, Germany. **Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe**. Coruña. 2008. Vol. 33, pp. 167 – 174 ISSN: 0213 - 4497

TROUW R.A.J., HEILBRON M., RIBEIRO A., PACIULLO F.V.P., VALERIANO C.M., ALMEIDA J.C.H., TUPINAMBÁ M., ANDREIS R.R. 2000. The Central Segment of The Ribeira Belt. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho (eds.) **Tectonic Evolution of South America**. Rio de Janeiro, p. 287-310.

TUPINAMBÁ, Miguel; HEILBRON, M.; DUARTE, Beatriz Paschoal; NOGUEIRA, José Renato; VALLADARES, Claudia Sayão; ALMEIDA, Julio Cesar Horta de; EIRADO, Luiz Guilherme Do; MEDEIROS, S. R.; ALMEIDA, Clayton Guia de; MIRANDA, Alan W A; RAGATKY, Celia Diana. Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: Estado da Arte e Conexões com a Faixa Araçuaí. **Geonomos**, v. 15, p. 67-79, 2007.

TWIDALE C. R. **Granite Landforms**, Elsevier, Amsterdam, 1982. 372 pp.

TWIDALE C. R. & VIDAL ROMANÍ J.R. 2005 - **Landforms and geology of granite terrains**. A.A. Balkema Publishers Leiden. Great Britain.

TWIDALE, C. R. & BOURNE, J. A. Caves in granitic rocks: types, terminology and origins. **Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe. Coruña**. 2008. Vol. 33, pp. 35 - 57

SCHMITT, R. S.; TROUW, R. A. J.; VANSCHMUS, William R; PASSCHIER, Cees W. Cambrian orogeny in the Ribeira Belt (SE Brazil) and correlations within West Gondwana: ties that bind underwater. **Journal of the Geological Society of London**, v. 294, p. 279-296, 2008.

VIDAL ROMANÍ, J. R.; SANJURJO SÁNCHEZ, J.; VAQUEIRO, M., FERNÁNDEZ MOSQUERA, D. Speleothems of Granite Caves. **Comunicações Geológicas**, 2010, t. 97, pp. 71-80

VIDAL ROMANÍ, J.R. & RODRÍGUEZ, M.V. 2011. **Las cuevas graníticas**. Teto Baixo - Ano II - Número II - 06/05/2011 - pág. 12. Boletim Eletrônico do GPME - Grupo Pierre Martin de Espeleologia. ISSN 2177-8167 Disponível em: <http://www.blog.gpme.org.br/?p=773>. Consulta em 20 de janeiro de 2012.

ZAMPAULO, R.A.; FERREIRA, J.S.; LIMA, M.E.L.; PEREIRA, M.H. Prospecção e topografia da Gruta Granítica T 47, Bertiooga, São Paulo. **Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Espeleologia**. Campinas, São Paulo, 7 a 10 de julho de 2005. Sociedade Brasileira de Espeleologia.

ANEXO I

RESPONSABILIDADE TÉCNICA:

**EDUARDO ABJAUD HADDAD
CREA-MG 87663/D**

**ALEXANDRE PIZARRO
CREA-MG 67994/D**