

# PROJETO RELEVÂNCIA COMPLEXO PARAOPEBA - MINA FEIJÃO-JANGADA DIAGNÓSTICO GEOESPELEOLÓGICO



**VOLUME I**

**Belo Horizonte**

Maio de 2014.

**EMPRESA RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO**



**Ativo Ambiental Ltda.**

**CNPJ: 12.350.182/0001-00**

**Website: [www.ativoambiental.com.br](http://www.ativoambiental.com.br)**

**ENDEREÇO**

**Avenida Bernardo Monteiro, 71 – Floresta. CEP: 30150-280**

**Belo Horizonte, MG.**

**Tel: (31)3481-3335**

**E-mail: [contato@ativoambiental.com.br](mailto:contato@ativoambiental.com.br)**

**RESPONSÁVEL TÉCNICO**

**Geógrafo Leandro M. Duarte Maciel – CREA 126866 D**

**EMPRESA RESPONSÁVEL PELO EMPREENDIMENTO**



**Vale S.A.**

**CNPJ: 33.592.510/0007-40**

**ENDEREÇO**

**Mina de Águas Claras**

**Av. de Ligação 3080, prédio 1, 1º andar – Águas Claras. CEP 34000-000**

**Nova Lima, MG**

**Tel: (31)3481-3335**

**GESTOR DO PROJETO/SOLICITANTE**

**Carlos CalleTapia**

**Email: [carlos.calle@vale.com](mailto:carlos.calle@vale.com)**

#### EQUIPE TÉCNICA

<b>Nome do Profissional</b>	<b>Formação/Registro no conselho de classe</b>	<b>Função/Tema</b>
Leandro Márcio D. Maciel	Geógrafo / CREA MG 126866D	Coord. Geral do Projeto
Paulo Guerino Garcia Rossi	Geógrafo / CREA MG 122856D	Coord. de Geoespeleologia
Sérgio Leandro Sales	Estagiário Geógrafo	Geoprocessamento e Topografia

#### SAÚDE E SEGURANÇA OCUPACIONAL

<b>Nome do Profissional</b>	<b>Formação/Função</b>
Flávia Mara Evangelista	Diretora técnica
Alyne Costa Rocha	Coord. saúde e Segurança
Michele de Paula Mangerotti	Téc. Segurança do Trabalho / 26366/MG
Charles Golberto Cassiano	Téc. Segurança do Trabalho / 27950/MG

## SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	v
Lista de tabelas.....	xi
1- INTRODUÇÃO .....	1
2- ASPECTOS FISIográfICOS E INSERÇÃO DAS CAVIDADES ESTUDADAS NO CONTEXTO REGIONAL.....	3
2.1- Clima.....	3
2.2- Solos e vegetação .....	4
2.3- Contexto geológico-geomorfológico .....	6
3- ESPELEOLOGIA REGIONAL.....	11
3.1- Cavernas em rochas ferríferas .....	14
3.1- Cavernas em rochas pelíticas.....	15
4- MÉTODO DE ANÁLISE.....	15
4.1- Levantamento topográfico das cavernas .....	16
4.1.1- Método espeleotopográfico Ativo Ambiental .....	16
4.2- Análise da inserção na paisagem.....	19
4.3- Análise litológica e das estruturas.....	19
4.4- Análise morfológica e espeleométrica .....	19
4.5- Hidrologia .....	21
4.6- Depósitos clásticos e químicos .....	21
5- DESCRIÇÃO GEOESPELEOLÓGICA DAS CAVIDADES.....	22
5.1- Caverna MJ_0008 .....	23
5.2- Caverna MJ_0009 .....	32
5.3- Caverna MJ_0010 .....	36
5.4- Caverna MJ_0011 .....	39

6- ATRIBUTOS GEOESPELEOLÓGICOS GERAIS DAS CAVIDADES .....	43
6.1- Inserção na paisagem e aspectos litológicos.....	43
6.2- Espeleometria das cavidades .....	44
6.2.1- Rochas Ferríferas.....	44
6.2.2- Rochas Pelíticas.....	46
6.3- Aspectos hidrológicos das cavidades .....	48
6.4- Morfologia das cavidades.....	49
6.4- Depósitos químicos .....	49
6.5- Aspectos espeleogenéticos e cronológicos .....	49
7- CONCLUSÃO .....	51
8- BIBLIOGRAFIA.....	53
ANEXOS .....	57
ANEXO 1 .....	58
Mapa das Cavidades.....	58
ANEXO 02 .....	59
- Dados base de dados espeleométricos regionais e locais .....	59
- Dados espeleométricos em rochas ferríferas. Fonte: Base de dados Vale (2013), Carste (2011 b), Carste (2013) e Ativo (2013 a, b); .....	59
- Dados espeleométricos em rochas pelíticas. Fonte: Carste (2010) e Carste (2011 a).....	59
ANEXO 03 .....	73
Anotações de Responsabilidade Técnica – ART’s.....	73
Cadastros Técnicos Federais – CTF’s .....	73

## Lista de Figuras

Figura 1: Contexto de localização das cavidades na bacia hidrográfica do cór. Casa Branca (afluente do rio Paraopeba), próximo às minas de Jangada e Córrego do Feijão ao longo das serras do Rola-Moça e Três Irmãos. ....	1
Figura 2: Localização das cavidades estudadas.....	2
Figura 3: Contexto das tipologias de cobertura vegetal no entorno das cavidades, conforme o mapeamento do Estado de Minas Gerais (IEF, 2009). ....	6
Figura 4: Visada tridimensional do Quadrilátero Ferrífero com a indicação da área de ocorrência das cavidades e as megaestruturas de dobras, sendo elas: os vales anticlinais escavados, os sinclinais suspensos e as depressões alveolares.....	7
Figura 5: Coluna estratigráfica regional. Fonte: Alkmim e Marshak (1998). ....	8
Figura 6: Localização aproximada da área de estudos, de laranja, em relação ao mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero. Fonte: retirado de Rosière e Chemale Jr. (2000). ....	9
Figura 7: Geologia da região de inserção das cavidades.....	10
Figura 8: Localização da região de ocorrência das cavidades em relação aos limites da região cárstica do Quadrilátero Ferrífero, definida pelo ICMBio/CECAV. ....	12
Figura 9: Localização da área de estudo em relação à unidade geomorfológica local (Quadrilátero-Oeste) e à unidade espeleológica regional (Quadrilátero Ferrífero-Conceição), conforme Oliveira <i>et al.</i> (2011). ....	13
Figura 10: Exemplo de planta baixa (A), perfil e cortes (B) realizados em campo para as cavidades mapeadas. ....	18
Figura 11: Exemplo de cavidade com os dados topográficos inseridos no software COMPASS, o qual gera corretamente as linhas de trena medidas em campo para compará-las com o croqui desenhado em campo. ....	18
Figura 12: Contexto dos litotipos de inserção das cavidades conforme a classificação do CECAV/ICMBio sobre o mapeamento de Baltazar <i>et al</i> (2005).....	22
Figura 13: Vista da base da escarpa em cujo topo está localizada a cavidade. Na parte a jusante, existe vertedouro de monitoramento e encanamento de captação. ....	24

Figura 14: Placa que indica o uso do local como manancial de abastecimento de água sob responsabilidade da Prefeitura Municipal de Brumadinho..	24
Figura 15: Paredão entre a cavidade e a cachoeira onde há o contato entre canga detrítica (superior) e o filito (inferior) de cor marrom clara.	24
Figura 16: No interior da cavidade, o contato é perceptível em alguns pontos onde o intemperismo ao longo dos planos do filito é acentuado.	24
Figura 17: Vista da parede em canga próxima à entrada com umidade até nível de junta com 1 m de altura aproximada. A umidade também é observada na porção de contato do piso.	25
Figura 18: Umidade advinda dos condutos de fundo com pequeno canal formado próximo à parede da esquerda.	25
Figura 19: Entrada principal correspondente ao nível inferior da cavidade com ligeira inclinação para o exterior.	25
Figura 20: Segunda entrada sobre o patamar superior com teto baixo.	25
Figura 21: Vista para conduto de fundo, onde há exposição de paleopiso de crosta em meio aos sedimentos (próximo à sombra).	26
Figura 22: Outro paleopiso em exposição em conduto de fundo, chegando a formar canalículo na parte inferior.	26
Figura 23: Patamar de pequena extensão, ao lado da entrada, com presença de muitos coraloides e crostas.	26
Figura 24: Alvéolo localizado no teto próximo da entrada da cavidade, com umidade e gotejamento.	26
Figura 25: Conjunto de coraloides milimétricos pontiagudos encontrados em patamar próximo à entrada da cavidade.	27
Figura 26: Coralóides escuros centimétricos partindo de crosta branca no patamar próximo da entrada.	27
Figura 27: Coraloide centimétrico marrom com ponta do tipo rombuda.	27
Figura 28: Crosta de óxido-hidróxido de textura enrugada na entrada superior da cavidade.	27
Figura 29: Escorrimento com 1 m de altura aproximada ao longo de parede próxima ao patamar da cavidade.	27

Figura 30: Escorrimento ao longo de limite de bloco de canga do teto sem mais atividade hidrológica aparente. ....	27
Figura 31: Escorrimento de mais de 20 cm de diferentes texturas. ....	28
Figura 32: Escorrimento “serrilhado” formado ao longo de pendente de teto.....	28
Figura 33: Escorrimento ativo de 15 cm aproximadamente de textura ondulada. ....	28
Figura 34: Escorrimento ativo com mais de 30 cm de altura e 20 cm de largura.....	28
Figura 35: Coluna de 8 cm de altura formada entre saliências da parede. ....	28
Figura 36: Coluna com 20 cm de altura com textura de crosta enrugada próxima à entrada superior. ....	28
Figura 37: Estalactites de 5 cm formadas ao longo de linha de gotejamento do teto. ....	29
Figura 38: Detalhe de estalactite ativa com 5 cm de altura.....	29
Figura 39: Conjunto de crosta, pendente e feição nomeada de “canudo”, provavelmente formada por encrostamento em volta de antiga raiz, não apresentando atividade hidrológica atual.....	29
Figura 40: Feições nomeadas tipo “casca de ovo” em forma de bolhas estouradas.....	29
Figura 41: Feição semelhante a “boxwork” em parede formada por encrostamentos paralelos horizontais ao longo da foliação do filito.....	30
Figura 42: Pequena feição entrelaçada com características próximas de paleocaminhos de invertebrados em antigo corpo de solo. ....	30
Figura 43: Feição tipo “canal de teto”, entre blocos, formada ao longo depósito de textura argilosa. ....	30
Figura 44: Detalhe da feição tipo “canal de teto” onde se podem notar as marcas de fluxo, perfuração de camadas e resíduos de canudo. ....	30
Figura 45: Análise espeleométrica da cavidade nas escalas local (unidade geomorfológica) e regional (unidade espeleológica) conforme o método estabelecido pela IN-2 de 2009 (ICMBio/CECAV). ....	31
Figura 46: Entrada da cavidade com pequena escarpa formada na quebra da canga paralelamente à maior inclinação da vertente.....	32

Figura 47: Entorno da cavidade com tubulação abandonada e vegetação com predomínio de espécies pioneiras. ....	32
Figura 48: Salão da cavidade onde se pode observar o contato entre a canga estruturada (inferior) e a detrítica (superior) que compõe o teto. ....	33
Figura 49: Fratura principal longitudinal à cavidade ao longo do teto até o conduto da entrada superior do fundo da cavidade. ....	33
Figura 50: Marca do nível dos depósitos sedimentares carregados pelo escoamento ao fundo do conduto da entrada superior. ....	33
Figura 51: Após a passagem do conduto superior forma-se canal de 15 cm de profundidade com sinais de umidade. ....	33
Figura 52: Vista para a entrada superior do conduto a partir de pequena depressão em ruptura da cobertura de canga. ....	34
Figura 53: Pequena entrada lateral do salão principal em patamar com 70 cm de desnível aproximado. ....	34
Figura 54: Pilar em parede no fundo da cavidade. ....	34
Figura 55: Alvéolos de diferentes tamanhos circulares e irregulares entre 10 e 80 cm de diâmetro. ....	34
Figura 56: Cupim-tema próximo da entrada da cavidade partindo do piso até quase atingir o teto. ....	35
Figura 57: Pequena coluna de 4 cm de altura formada por depósitos de coloração branca próximo da passagem entre o salão e o conduto superior. ....	35
Figura 58: Análise espeleométrica da cavidade nas escalas local (unidade geomorfológica) e regional (unidade espeleológica) conforme o método estabelecido pela IN-2 de 2009 (ICMBio/CECAV). ....	35
Figura 59: Vista para jusante da cavidade onde há estruturas operacionais da mina Cór. Do Feijão, como: barragens de rejeito e captação e pêra ferroviária. ....	36
Figura 60: Entrada da cavidade com escarpa de 2,5 m de altura em ruptura de vertente declivosa. ....	36

Figura 61: Fundo do salão de entrada onde se nota o teto de canga detrítica e os grandes blocos de hematita compacta que formam paredes e partes do piso.....	37
Figura 62: Poça com marcas de gotejamento moldada em sedimentos areno-argilosos próximos à entrada lateral da cavidade.....	37
Figura 63: Pilar encontrado no salão de fundo da cavidade moldado em meio à canga detrítica..	37
Figura 64: Alvéolo padrão encontrado principalmente nas paredes do salão de fundo da cavidade. ....	37
Figura 65: Vista para parede de fundo, onde há conexão com a cavidade MJ-09 (seta) e o conjunto de matações de hematita compacta e pendente moldado na canga detrítica do teto. ....	38
Figura 66: Conjunto de coraloides milimétricos encontrados somente no salão principal, próximo a entrada. ....	38
Figura 67: Análise espeleométrica da cavidade nas escalas local (unidade geomorfológica) e regional (unidade espeleológica) conforme o método estabelecido pela IN-2 de 2009 (ICMBio/CECAV). ....	38
Figura 68: Posição da cavidade em pequena escarpa na ruptura de relevo entre o topo aplainado da serra e sua vertente sul. ....	39
Figura 69: Vista do relevo do entorno com declividade acentuada e a presença de canelas-de-ema com espécimes de aproximadamente 2 m de altura.....	39
Figura 70: Copo deixado no interior da cavidade, aparentemente sinalizando visitação constante. ....	40
Figura 71: Restos de fogueira localizados dentro da cavidade e tábuas utilizadas acento. ....	40
Figura 72: Parede sul composta por Formação Ferrífera Bandada.....	40
Figura 73: Parede norte, com parede e teto compostos por canga detrítica. Notar a junta de alívio entre eles.....	40
Figura 74: Vista geral da cavidade com padrão retilíneo, piso inclinado para exterior formado por sedimentos.....	41
Figura 75: Detalhe de canalículo no teto com base coberto por crosta, indicativa de escoamento. ....	41

Figura 76: Vista voltada para claraboia, a qual desemboca em pequeno patamar superior contornado por pilares próximo ao teto.....	41
Figura 77: Um dos pilares encontrado no patamar de fundo da cavidade próximo à desembocadura de canalículos.....	41
Figura 78: Coralóides de óxido-hidróxidos centimétricos do tipo rombudo. ....	42
Figura 79: Coralóides escuros pontiagudos em sequência sobre faixa de sílica da FFB. ....	42
Figura 80: Crosta branca a ligeiramente esverdeada, possivelmente fosfática, encontrada sobre a canga. ....	42
Figura 81: Fundo do patamar distal da cavidade com depósitos consideráveis de serapilheira.....	42
Figura 82: Análise espeleométrica da cavidade nas escalas local (unidade geomorfológica) e regional (unidade espeleológica) conforme o método estabelecido pela IN-2 de 2009 (ICMBio/CECAV). ....	42
Figura 83: Modelo tridimensional apresentando o contexto altimétrico das cavidades analisadas. ....	43
Figura 84: Ocorrência das cavidades por altimetria. As colunas vermelhas indica o litotipo ferrífero e a branca indica litotipopelítico.....	44
Figura 85: Resultados médios de área, desnível, projeção horizontal (PH) e volume para as cavidades em rochas ferríferas da área de estudo e para as escalas locais e regionais.....	45
Figura 86: Resultados médios de área, desnível, projeção horizontal (PH) e volume para as cavidades em rochas ferríferas para as escalas locais e regionais e da área de estudo.....	47

## **Lista de tabelas**

Tabela 1: Modelo de tabela para os cálculos espeleométricos de relevância definidos pela IN - 2 (20/08/2009). .....	21
Tabela 2: Cavidades analisadas no diagnóstico. ....	23
Tabela 3: Limites das classes de importância local e regional em rochas ferríferas analisadas. ....	45
Tabela 4: Resultados de importância pelos parâmetros espeleométricos das cavidades em rochas ferríferas analisadas. ....	46
Tabela 5: Limites das classes de importância local e regional em rochas ferríferas analisadas. ....	48
Tabela 6: Resultados de importância pelos parâmetros espeleométricos das cavidades em rochas ferríferas analisadas. ....	48

## 1- INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta os resultados preliminares obtidos no estudo de diagnóstico geoespeleológico em quatro cavidades próximas às minas de Córrego do Feijão e Jangada, pertencente à Vale S.A., realizado pela empresa Ativo Ambiental LTDA no período de novembro e dezembro de 2013.

Os pontos de cavidades foram identificados em prospecções de campo anteriores realizados por outras empresas. O diagnóstico visa subsidiar a posterior análise de relevância destas cavidades para gestão e licenciamento ambiental com base nos atributos estabelecidos pela Instrução Normativa N° - 2 (20/08/2009).

A área de estudos está localizada na porção noroeste do Quadrilátero Ferrífero-MG, principal província mineral do estado de Minas Gerais, nas proximidades das serras do Rola-Moça e Três Irmãos, em Brumadinho, nos limites das estruturas das minas de Córrego do Feijão e Jangada, como mostra a Figura 1 e Figura 2.

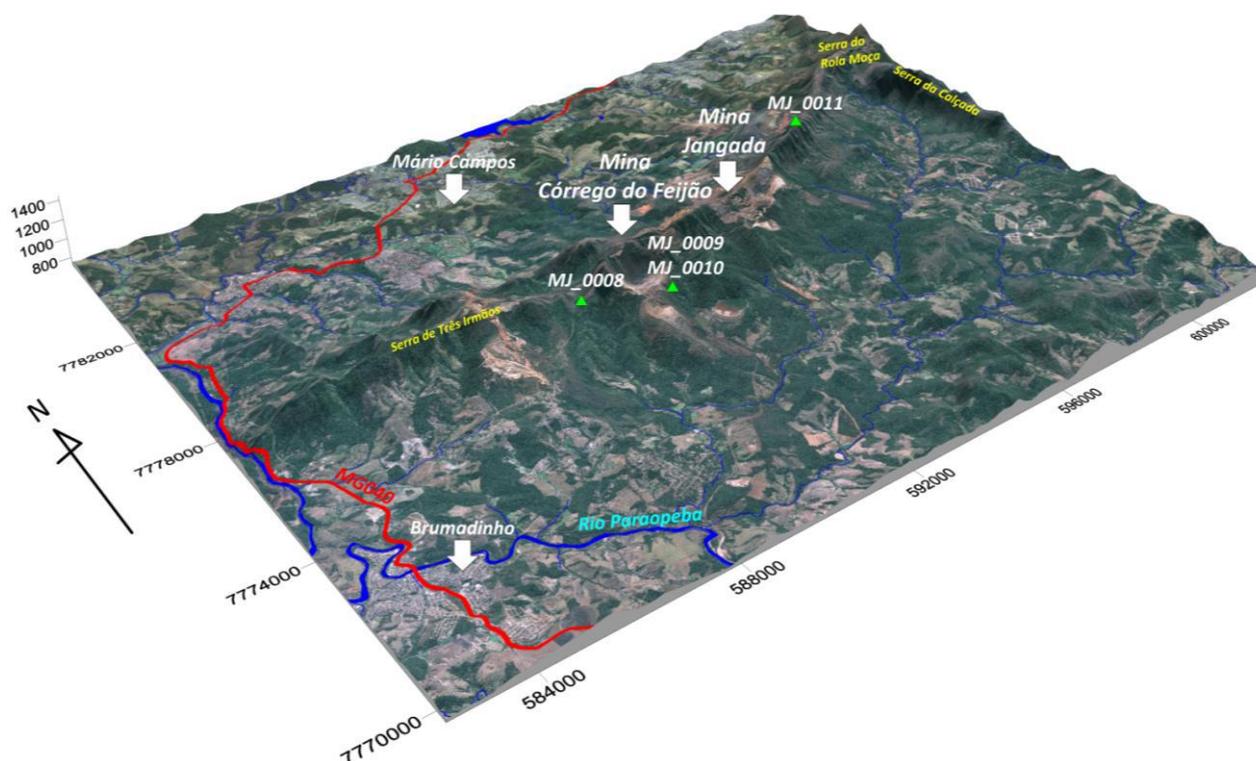


Figura 1: Contexto de localização das cavidades na bacia hidrográfica do córrego Casa Branca (aflluente do rio Paraopeba), próximo às minas de Jangada e Córrego do Feijão ao longo das serras do Rola-Moça e Três Irmãos.

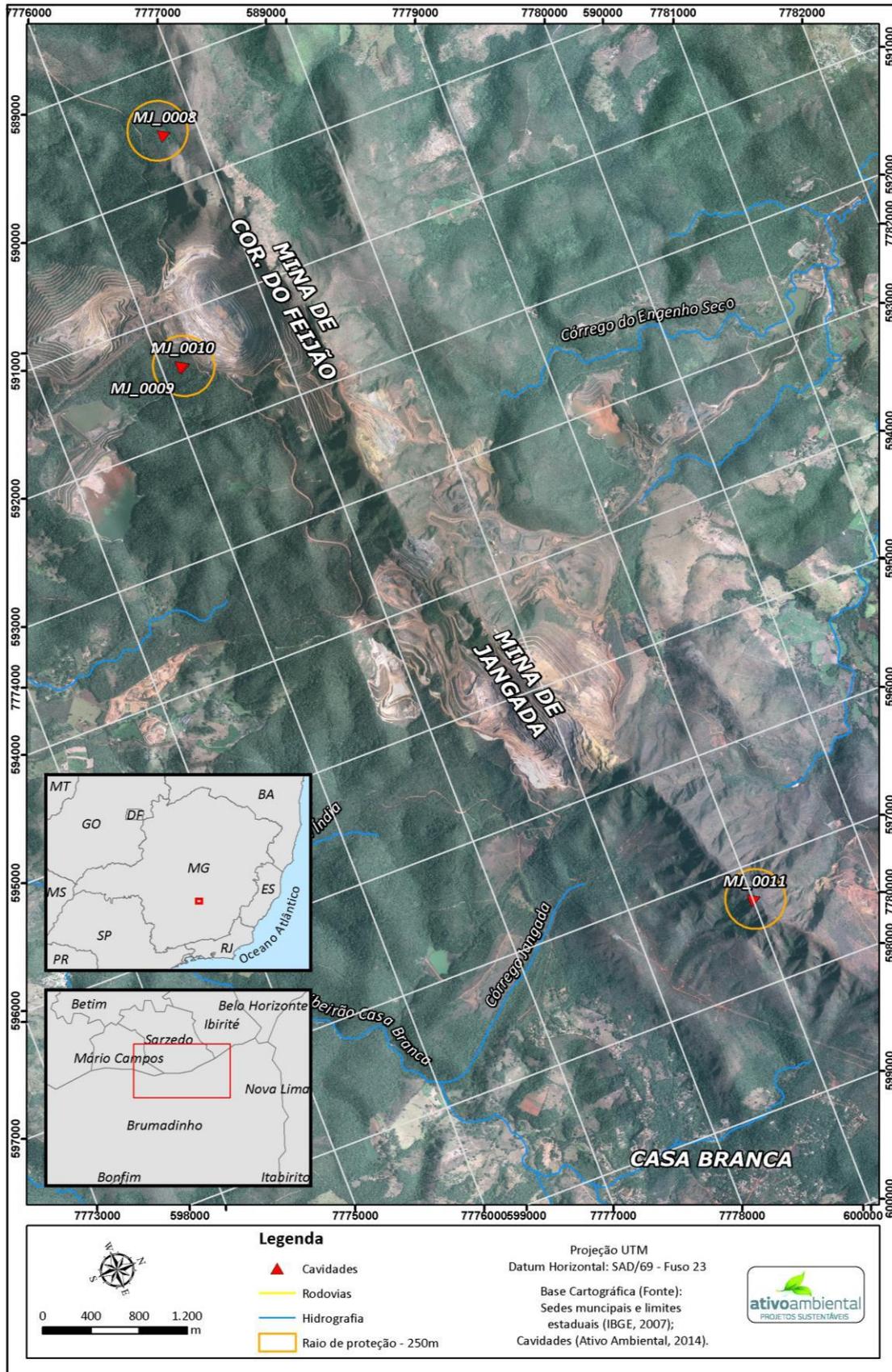


Figura 2: Localização das cavidades estudadas.

## 2- ASPECTOS FISIAGRÁFICOS E INSERÇÃO DAS CAVIDADES ESTUDADAS NO CONTEXTO REGIONAL

### 2.1- Clima

Como uma barreira natural, a conformação altaneira do Quadrilátero Ferrífero se comporta como um importante divisor bioclimático. Referente ao clima, há mudanças térmicas e pluviométricas bastante contrastantes ao seu entorno e dividindo tal comportamento em suas bordas leste e oeste.

O conjunto planáltico em formações serranas, com suas altitudes comumente acima dos 1200m funciona como obstáculo geomorfológico eficiente, barrando a circulação das massas de ar que se deslocam do oceano em direção ao interior do continente. Conseqüentemente, é comum a ocorrência de chuvas orográficas que esgotam as condições de umidade dos ventos em direção ao interior através do efeito Föhn (BARBOSA & RODRIGUES, 1964) e concentram o índice pluviométrico em locais específicos.

Por sua posição planáltica, o Quadrilátero Ferrífero como um todo possui índices térmicos anuais entre 18º e 20ºC. Mesmo com a influência predominante da Massa Tropical Atlântica (MTA), o comportamento térmico regional se enquadra nos mais baixos do estado, em similaridade com as regiões elevadas das serras da Mantiqueira e do Itatiaia. Desse modo, a partir da elevada unidade central do estado as isotermas passam a crescer gradativamente (BARBOSA & RODRIGUES, 1964).

Conforme os mesmos autores, o clima do Quadrilátero Ferrífero é dividido em dois tipos: Cwa e Cwb. O primeiro tipo se refere ao vale do rio das Velhas e à Depressão de Belo Horizonte com períodos quentes entre janeiro e março, frios entre junho e agosto e com precipitação anual entre 1500 e 1600mm.

O segundo tipo, o qual compreende a área de estudo, é denominado como subtropical de altitude (temperado chuvoso – mesotérmico) no qual a precipitação pode ultrapassar os 2000 mm anuais e, de maneira antecipada, possui a estação chuvosa entre outubro e março. Seus verões são brandos devido ao atenuante altimétrico em confronto com a Massa Equatorial Continental (MEC) de elevada temperatura e estacionária no continente nesse período. Como resultado, suas temperaturas máximas anuais não ultrapassam os 22ºC (ANTUNES, 1986). Já no inverno, as geadas são intensas com alcance mínimo de temperatura a 0ºC e com ventos dominantes de SW

e SE (FERREIRA, 1977) devido ao avanço da Massa Polar Atlântica (MPA) que atinge o centro-sul brasileiro com alta intensidade no período.

## 2.2- Solos e vegetação

Os limites do Quadrilátero Ferrífero são quase sempre marcados por bordas íngremes, relacionadas a serras alinhadas que assumem um arranjo aproximadamente quadrangular, grande parte delas sustentadas por rochas ferríferas.

Sua paisagem altaneira encontra-se posicionada na transição entre os domínios vegetacionais da Floresta Atlântica e do Cerrado, cujos elementos intercalam-se na paisagem em padrão intrincado. Deste modo, submetidas a condições climáticas marcadas por temperaturas amenas e índices pluviométricos moderados a altos, bem como às influências da posição na paisagem e das características diferenciais dos solos, formações florestais e vegetação campestre ou áreas de cerrado (formações savânicas) convivem lado a lado. (VARAJÃO *et al.*, 2009)

Um elemento marcante das serras que compõem o relevo regional e que lhes confere certa originalidade, talvez seja o extenso capeamento de laterita ferruginosa (ou canga) – formação superficial oriunda seja da concentração relativa de hidróxidos de ferro por processos de iluviação, ou seja pela cimentação ferruginosa de fragmentos de rocha - que recobre grande parte dos topos arredondados com suave ondulação, e que, às vezes, estende-se pelas encostas, inclusive em porções de declives acentuados.

Disseminados sobre as áreas de canga, cupinzeiros construídos com materiais terrosos vermelhos denunciam a ocorrência desses materiais pedológicos em condições subjacentes. Em superfície, mosaicos de vegetação herbácea-arbustiva são diretamente posicionados sobre as carapaças de canga ou sustentados por estreitas manchas de solos delgados, de baixa agregação, cujas análises laboratoriais destacam o alto teor de matéria orgânica no horizonte superficial.

A vegetação de campo rupestre estabelecida sobre substrato ferruginoso, caracterizada pela presença de espécies vegetais que, muitas vezes, apresentam nanismo ou gigantismo, além das adaptações fisiológicas, morfológicas e reprodutivas típicas de afloramentos rochosos *lato sensu*, ainda apresenta adaptações que lhe permitem desenvolver-se sobre um substrato rico em metais pesados (PORTO & SILVA, 1989; TEIXEIRA & LEMOS FILHO, 1998). O mesmo ocorre em áreas de afloramentos de quartzítico, em que as restrições de sais minerais, temperaturas amenas com

estresse hídrico, forçam a cobertura por espécies semelhantes às do substrato de canga, formando o campo rupestre quartzítico.

As formações savânicas, assim como descrito por Biodiversitas (2007), são aquelas áreas com predominâncias de espécies arbóreas e arbustivas, espalhadas sobre um substrato gramíneo, sem a formação de um dossel contínuo (RIBEIRO & WALTER, 1998). Veloso et al. (1991) considera Savana como uma vegetação xeromorfa, preferencialmente de clima estacional, encontrada sobre solos lixiviados aluminizados, normalmente com nanismo e com ocorrência por toda Zona Neotropical. Na área de estudos ocorre o subgrupo reconhecido como Savana Gramíneo-Lenhosa (Campo Limpo a Sujo).

Nas áreas cobertas por floresta, caracterizada pela tipologia de floresta estacional semidecidual, há maior variabilidade das características e dos tipos de solos. Esses tendem a apresentar maiores espessura e frequência de fragmentos de rocha em diferentes estágios de intemperização em meio ao material terroso. Deve-se ressaltar que a característica mais destacada dos solos sob mata, em relação àqueles sob campo cerrado e campo, refere-se às maiores espessura e teor de matéria orgânica.

No caso da área de estudo, a vegetação florestal restringe-se aos fundos de vale, sobre solos em geral litólicos, de maior espessura em porções de vertente com alto declive, nos quais se destaca o alto teor de matéria orgânica. Devido à altitude, correspondem a formações montanas.

Conforme Biodiversitas (2007), as grandes extensões de mata situam-se no fundo dos vales, junto aos córregos, em altitudes ao redor dos 1000 m. Prolongamentos, na forma de florestas de galeria, estendem-se até altitudes maiores, através das linhas de drenagem dos córregos e nascentes, atravessando a Savana (Cerrado) e atingindo a Savana Gramíneo-Lenhosa (Campos Sujos e Ferruginosos).

Trata-se de uma tipologia condicionada à dupla estacionalidade climática, ou seja, uma estação chuvosa (verão) e uma seca (inverno). É constituída por árvores (fanerófitos) com gemas foliares protegidas (por escamas, catáfilos ou pêlos), tendo folhas adultas esclerófilas (endurecidas) ou membranáceas decíduais. A porcentagem de espécies que perdem as folhas nestas matas varia de 20 a 50% (considerando o conjunto florestal). A intensidade da caducifolia está diretamente ligada ao rigor da estação seca e do estresse hídrico pelo qual o conjunto da vegetação passa (BIODIVERSITAS, 2007). A Figura 3 apresenta a distribuição das coberturas vegetais no entorno das cavidades analisadas.

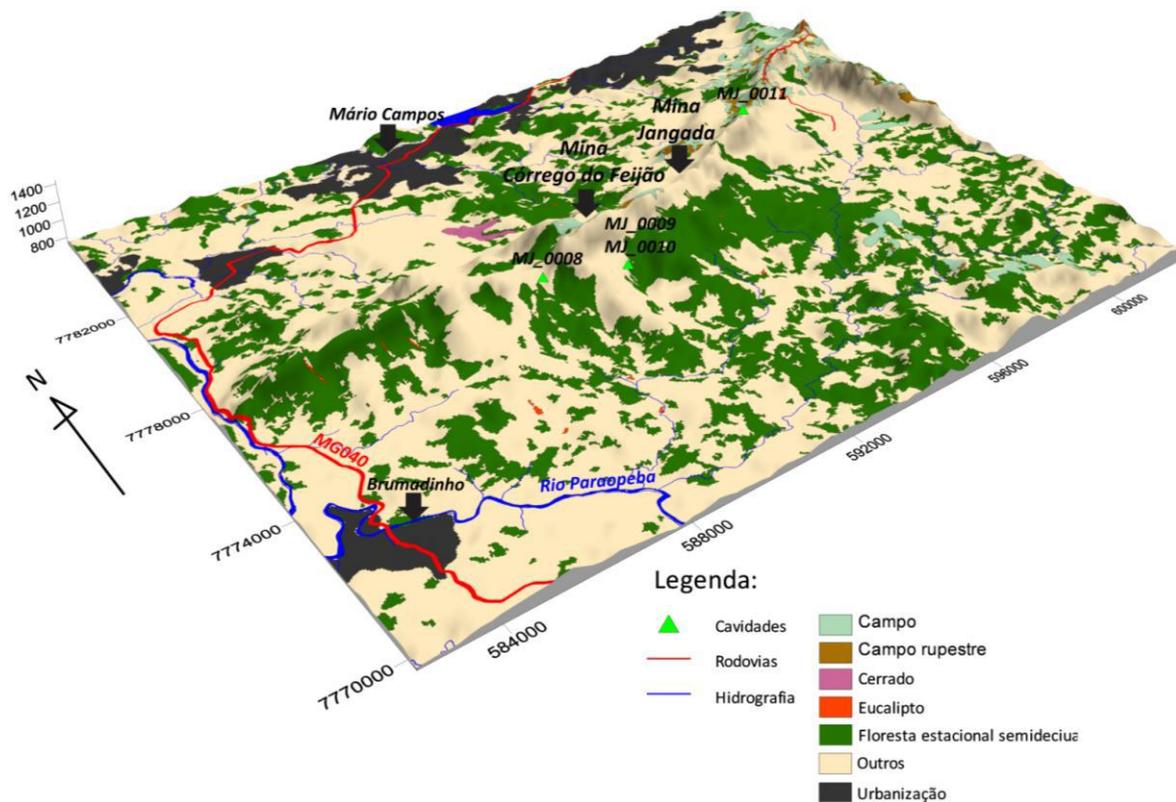


Figura 3: Contexto das tipologias de cobertura vegetal no entorno das cavidades, conforme o mapeamento do Estado de Minas Gerais (IEF, 2009).

### 2.3- Contexto geológico-geomorfológico

O relevo do Quadrilátero Ferrífero apresenta-se como um conjunto de fragmentos planálticos elevados sustentados por formações ferríferas e quartzitos, circundando depressões ocupadas por morros e colinas moldados em complexos ígneo-metamórficos, onde as altitudes, comumente, são inferiores a 900 m. Os fragmentos planálticos são representados por platôs e linhas de cristas que ultrapassam, usualmente, a cota 1200 m e, excepcionalmente, a cota 2000 m como na serra do Caraça, na borda leste. As altitudes mais baixas se situam a noroeste de Ouro Preto, nos arredores do distrito de Amarantina, e no município de Sabará, onde as cotas abaixam até 600 m.

A própria denominação de Quadrilátero Ferrífero teve sua origem na configuração de uma estrutura muito complexa de cadeia dobrada, cujas camadas de quartzitos e itabiritos desenharam um sistema quadrado de cristas em sinclinais suspensas, cuja morfogênese realçou em posição topográfica dominante com relação às depressões alveolares, abertas nos granitos, gnaisses e xistos, entre outras rochas (Figura 4).

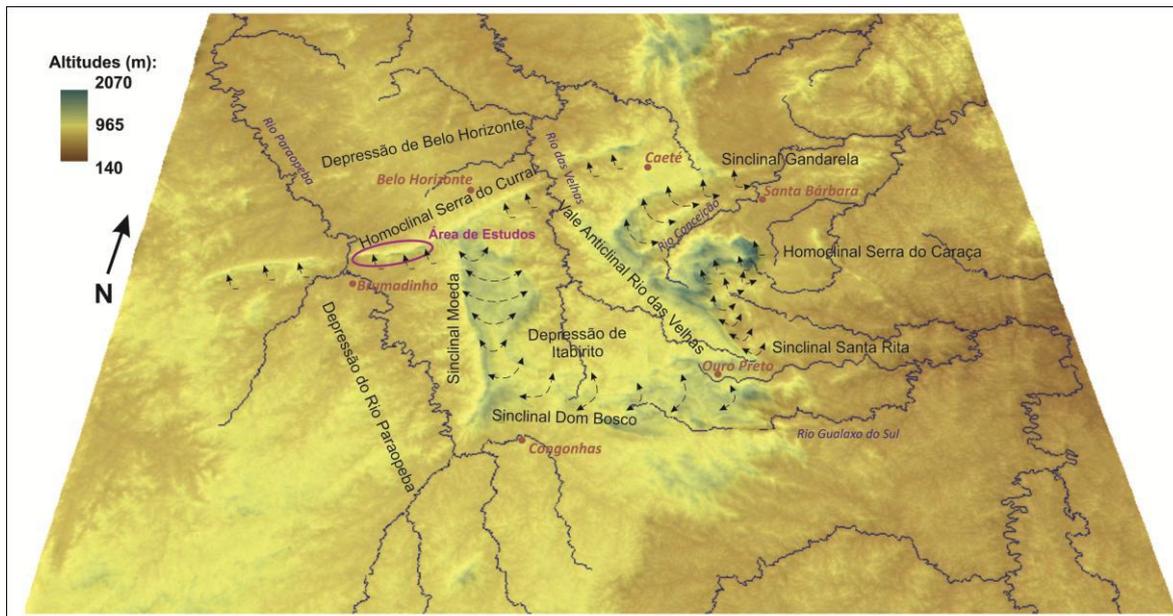


Figura 4: Visada tridimensional do Quadrilátero Ferrífero com a indicação da área de ocorrência das cavidades e as megaestruturas de dobras, sendo elas: os vales anticlinais escavados, os sinclinais suspensos e as depressões alveolares.

O arcabouço geológico que abrigou esta construção geomorfológica se assenta sobre uma estratigrafia composta por quatro grandes conjuntos litológicos: embasamento gnáissico-migmatítico arqueano; sequência metavulcanossedimentar de idade também arqueana do Supergrupo Rio das Velhas e supracrustais metassedimentares paleoproterozóicas dos supergrupos Minas e Grupo Itacolomi (Figura 5).

A evolução geomorfológica cenozóica processada em contexto bioclimático predominantemente tropical úmido deixou como importante herança uma grande variedade de coberturas lateríticas. Em meio a essas, às de composição aluminosa (bauxitas) já foram largamente exploradas. As de composição ferruginosa (cangas) apresentam fácies diversificadas, em função de sua gênese – predominantemente pedogênica, morfogênica ou mista – e de sua relação com a topografia e os materiais litológicos de origem.

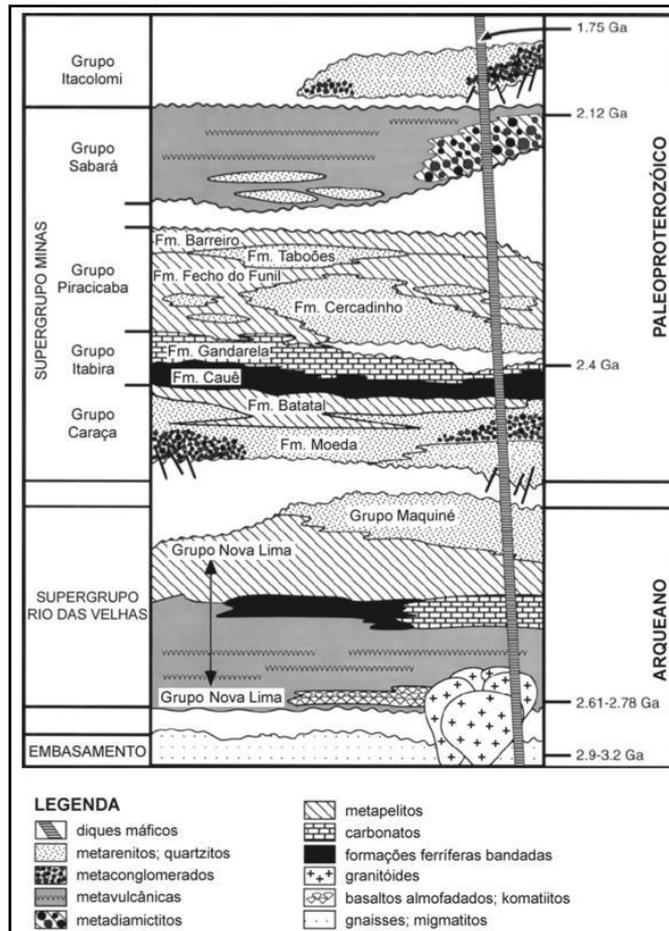
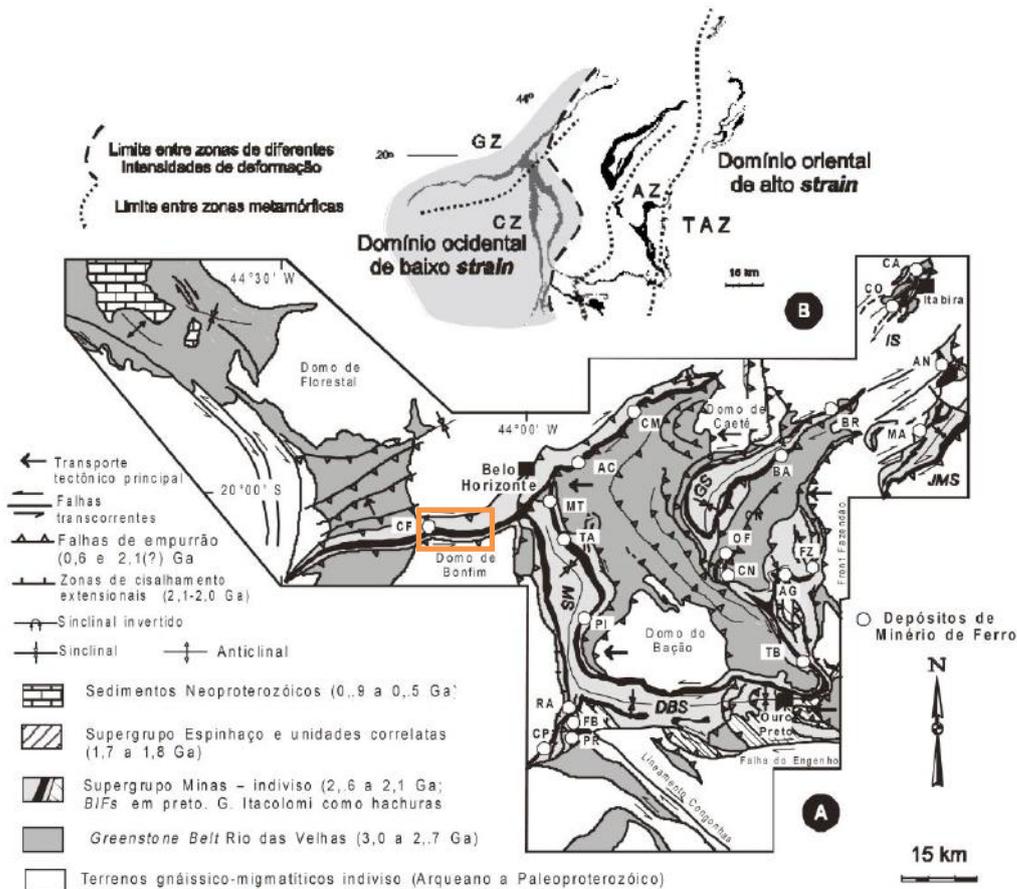


Figura 5: Coluna estratigráfica regional. Fonte: Alkmim e Marshak (1998).

Os processos de intemperismo atuaram sobre as litologias carbonáticas (dolomitos), os quartzitos, as formações ferríferas e os pacotes mais espessos de lateritas ferruginosas no sentido de iniciar a abertura de cavidades, que foram frequentemente ampliadas por consecutivas instabilidades mecânicas.

Esta configuração geomorfológica é, por outro lado, o resultado de um forte controle lito-estrutural, sobre o qual os mecanismos morfoclimáticos, atuaram por sucessivos ciclos erosivos para gerar uma sequência de formas de dissecação que realçaram megaestruturas dobradas de sinclinais suspensas.

As cavidades se encontram sob o contexto do sinclinal suspenso Moeda, em sua face externa leste, em porções de alta vertente serrana, ou seja, porções de cimeira do Quadrilátero Ferrífero. Elas são sustentadas pelas rochas do Supergrupo Minas, com ocorrência específica das cavidades entra as coberturas de canga e itabiritos da formação Cauê do grupo Itabira (Figura 6).



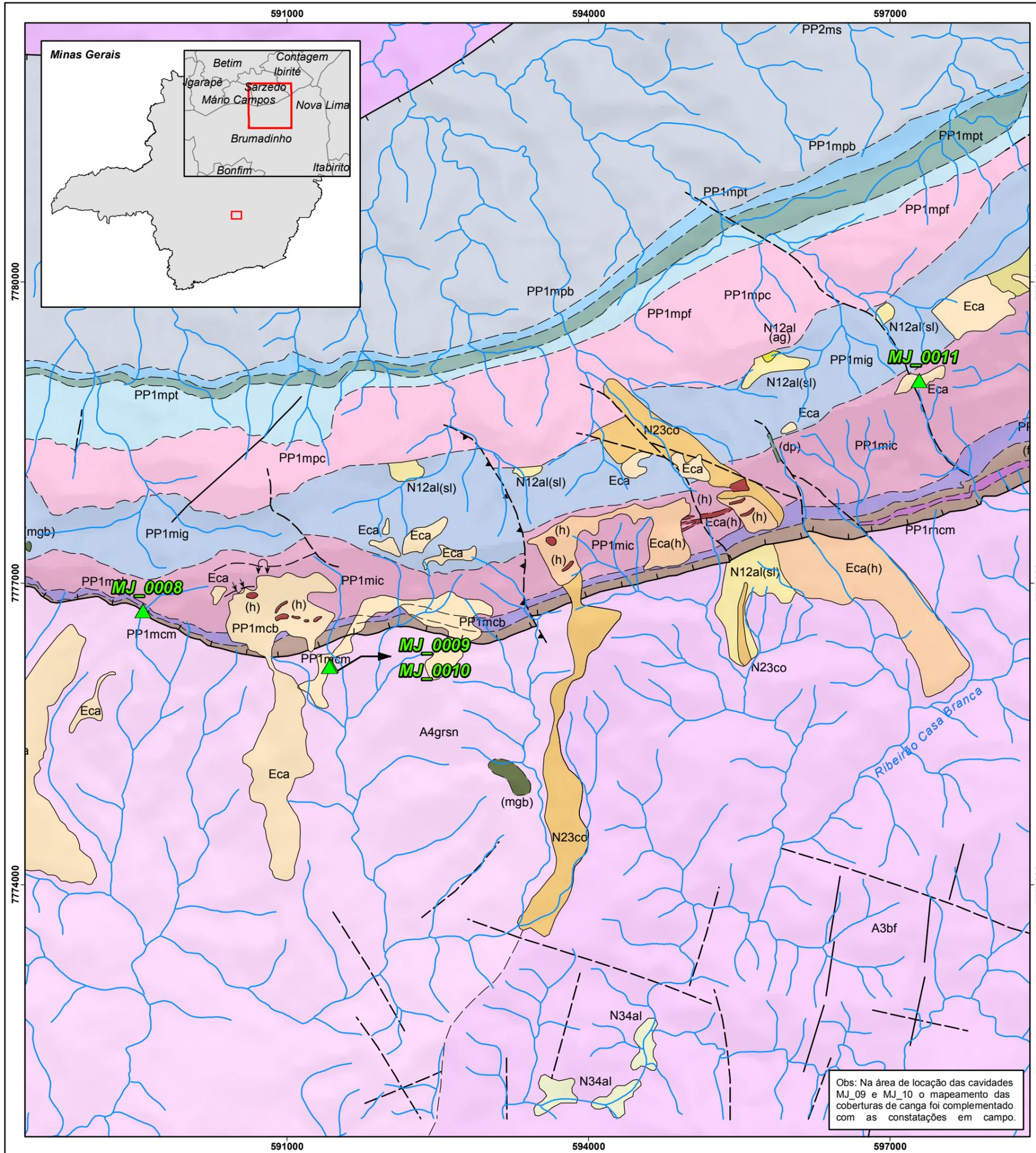
A) Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero (modificado de Baars & Rosière in Baars, 1997).

Principais estruturas tectônicas: DBS – Sinclinal de Dom Bosco, MS – Sinclinal de Moeda, GS – Sinclinal de Gandarela, IS – Sinclínório de Itabira, JMS – Sinclínório de João Monlevade. Principais depósitos de minério de ferro analisados: CF – Córrego do Feijão, MT – Mutuca, TA – Tamanduá, RA – Retiro das Almas, CP – Casa de Pedra, FB – Fábrica, PR – Pires, PI – Pico do Itabirito, AC – Águas Claras, CM – Córrego do Meio, OF – Ouro Fino, Capanema, TB – Timbopeba, AG – Alegria, FZ – Fazendão, BA – Baú, BR – Brucutú, MA – Morro Agudo, AN – Andrade, CO – Conceição, CA – Cauê. (B) Localização dos domínios metamórficos e estruturais do Quadrilátero Ferrífero. Área sombreada corresponde a domínio de baixa deformação. Zonas metamórficas segundo Pires (1995): GZ – Zona da Grumerita, CZ – Zona da Cummingtonita, AZ – Zona da Actinolita, TAZ – Zona da Tremolita-Antofilita. Representado em preto estão as formações ferríferas do Grupo Itabira.

Figura 6: Localização aproximada da área de estudos, de laranja, em relação ao mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero. Fonte: retirado de Rosière e Chemale Jr. (2000).

Como se localizam no contexto geral de unidades de relevo altaneiras, estes apresentam vigor erosivo acentuado e rede hidrográfica encaixada em vales médios a profundos em fase de erosão a remontante. Além disso, apresentam com recorrência pequenos conjuntos de depósitos de tálus tanto em topos como ao longo dos vales e coberturas detrítico-lateríticas em processo de desmantelamento.

Este cenário de recentes processos de elevada atividade erosiva determinam em grande parte a evolução das feições cavernícolas encontradas. A Figura 7 apresenta mapa com a geologia de detalhe com a localização das cavidades.

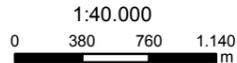


**LEGENDA**

- ▲ Cavidades
  - Rodovias
  - Hidrografia
- FANEROZÓICO**
- CENOZÓICO**
- NEOGENO**
- Pleistoceno - Holoceno**
- N34al Aluvião: areia e cascalho
- Plioceno - Pleistoceno**
- N23el Eluvião: fragmentos de itabirito em solo ferruginoso
  - N23co Coluvião: fragmentos rolados, constituídos de matacões, calhaus e seixos
- Mioceno - Plioceno**
- N12al(sl) Aluvião: sedimentos lacustres e de enchimento de vales
  - N12al(cf) Aluvião: cascalhos fluviais em terraços
  - N12al(ag) Aluvião: argila
- PALEOGENO**
- Eca Canga: fragmentos de itabirito e hematita compacta
  - Eca(h) Canga rica e talus de hematita
- PROTEROZÓICO**
- PALEOPROTEROZÓICO**
- SUPERGRUPO MINAS**
- RIACIANO**
- Gr. SABARÁ
- PP2ms Indiviso - Filito, grauvaca, quartzito e xisto estaurólfico
- SIDERIANO**
- Gr. PIRACICABA
- PP1mpb Fm. Barreiro - Filito, filito carbonoso, lentes de filito vermelho-escuro e pardo
  - PP1mpt Fm. Taboões - Quartzito cinza-esverdeado a pardo
  - PP1mpf Fm. Fêcho do Funil - Filito dolomítico e siltítico; siltito dolomítico
  - PP1mpc Fm. Cercadinho - Quartzito, quartzito ferruginoso, filito cinzento-prateado, filito marrom e lentes de dolomito
- Gr. ITABIRA
- PP1mic Fm. Gandarela - Filito dolomítico, itabirito dolomítico, itabirito, dolomito, calcário magnesiano; itabirito dolomítico com filito e quartzito
  - PP1mcb Fm. Cauê - Itabirito dolomítico, itabirito, filito. Lentes de hematita compacta e pulverulenta (h)
- Gr. CARAÇA
- PP1mcb Fm. Batatal - Filito cinza a marrom; filito vermelho-escuro, as vezes carbonoso
  - PP1mcm Fm. Moeda - Quartzito cinza claro; filito siltítico cinzento a verde-acinzentado; filito siltítico; lentes de conglomerado. Filito (fl)
- ARQUEANO**
- NEOARQUEANO**
- GNAINSE SOUZA NOSCHESSE
- A4grsn Gnaissé Souza Noschese - Gnaissé granítico claro, quartzo e plagioclásio, com clorita, moscovita e biotita
- MESOARQUEANO - NEOARQUEANO**
- SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS**
- GRUPO NOVA LIMA**
- A34rn Indiviso - Xisto e filito, saprolíticos, vermelho-pardacentos; quartzo-moscovita xisto
- MESOARQUEANO**
- COMPLEXO BONFIM**
- A3bf Gnaissé; rocha granítica cinza, laminada a bandada. Migmatito com paleossoma anfíbólico e epidotítico (ae)
- COMPLEXO BELO HORIZONTE**
- A3bh Granito e gnaissé-granítico. Novaculito (nv), lente de quartzo grafítico (gf)
- ROCHA ÍGNEA INTRUSIVA DE IDADE INCERTA**
- d Diabásio
  - dp Dique porfirítico, de provável composição traquítica
  - mgb Plugs de metagabro, intrusivos, com epidoto e plagioclásio
  - mub Rocha metautrabásica

**Convenções geológicas**

- Contato geológico definido
- - - Contato geológico aproximado
- - - Falha indiscriminada
- - - Falha indiscriminada aproximada
- Traço axial de sinclinal normal
- Traço axial aproximado de sinclinal normal
- Traço axial aproximado de anticlinal invertido
- Traço axial aproximado de sinclinal invertido
- ▲▲▲ Falha de empurrão
- ▲▲▲ Falha de empurrão com componente oblíqua
- ▲▲▲ Falha de empurrão aproximada
- Falha normal
- Falha transcorrente dextral
- Traço axial de anticlinal normal
- Traço axial aproximado de anticlinal normal



Base Cartográfica (Fonte): Limites municipais (IBGE, 2007); Hidrografia (IGAM, 2012); Rodovias (DER, 2006); Geologia (CODEMIG, 2007).

Projeção UTM Datum Horizontal: SAD/69 - Fuso 23k  
 Origem da Quilometragem: Equador e Meridiano 51°W Greenwich  
 acrescidas das constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente.

Obs: Na área de locação das cavidades MJ\_09 e MJ\_10 o mapeamento das coberturas de canga foi complementado com as constatações em campo.

**Projeto: RELEVÂNCIA DO COMPLEXO PARAÓPEBA**

**Título: GEOLOGIA**

Elaboração: Sérgio L. Sales | Data: 21/01/2014 | Formato: A4 | Arquivo: PFJ\_vale\_mef\_iso4\_figxxx\_geologia\_r00\_P

### 3- ESPELEOLOGIA REGIONAL

Com a promulgação da IN-2 (2009), foi necessário o estabelecimento de recortes espaciais delimitando unidades espeleológicas regionais e locais. O ICMBIO/CECAV considera o Quadrilátero Ferrífero como uma unidade regional (Figura 8), a partir da qual Oliveira *et al.* (2011) definiram, com base na ocorrência de rochas ferríferas, a unidade espeleológica Quadrilátero Ferrífero – Conceição (Figura 9), lhe associando três formas de ocorrências de cavernas vinculadas a três grupos de rochas: ferríferas, siliciclásticas e carbonáticas. Além destas, foram encontradas cavidades em rochas pelíticas, cujos dados ainda são poucos, devido a menor taxa de ocorrência, muitas vezes associadas a coberturas do teto por canga.

As rochas ferríferas compreendem mais de 500 cavernas descritas em cangas, minério de ferro, itabiritos, hematita compacta e laterita. As rochas siliciclásticas compreendem principalmente quartzitos e conglomerados, nas quais é conhecida, aproximadamente, uma centena de cavidades. As rochas carbonáticas abrangem dolomitos e calcários, restritas ao QF, nas quais apenas poucas cavidades são conhecidas.

As coberturas recentes de canga, além da Formação Cauê representam as principais unidades geológicas constituintes do primeiro grupo. No grupo das rochas siliciclásticas, Oliveira *et al.* (2011) destacam a importância dos grupos Caraça, Itacolomi, Maquiné e Conceição do Mato Dentro, enquanto que as formações Gandarela e Fêcho do Funil são relevantes devido às suas contribuições em rochas carbonáticas.

Relativo às unidades geomorfológicas locais definidas por Oliveira *et al.* (2011), a área de estudo está localizada na unidade geomorfológica “Quadrilátero Oeste”, conforme mostrado na Figura 9. Ela foi caracterizada como unidade local que abrange uma área de 391 km<sup>2</sup> situada na borda oeste do Quadrilátero Ferrífero.

Esta se inicia imediatamente a sul de Belo Horizonte, para seguir até as cidades de Jeceaba e Congonhas do Campo. Trata-se uma unidade geomorfológica de tipo serrano, representada por um sistema de cristas com extenso comprimento, embora estas apresentem inflexões em suas direções e várias mudanças na denominação: Serra do Curral, da Moeda, das Serrinhas, da Bandeira e de Itabirito.

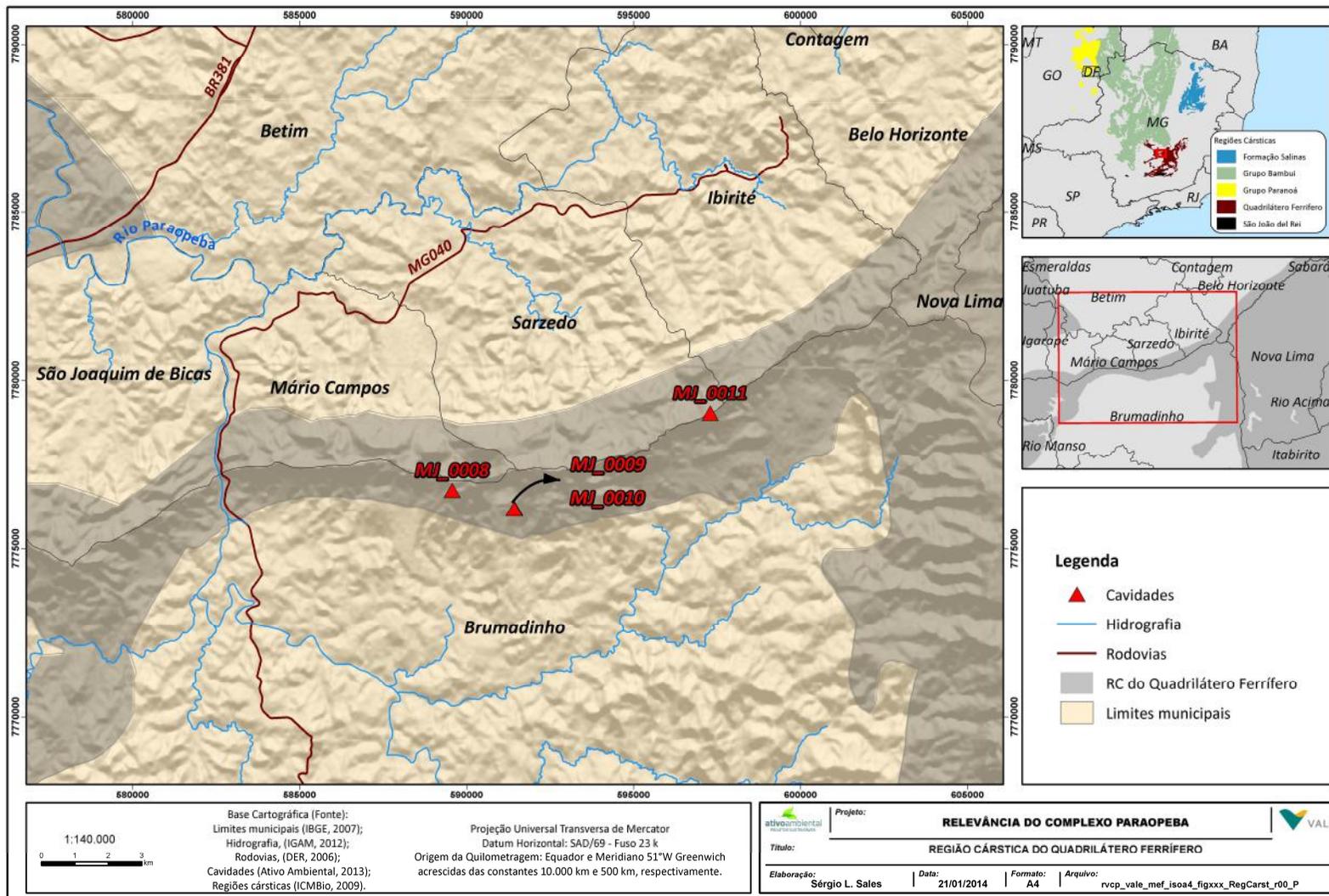


Figura 8: Localização da região de ocorrência das cavidades em relação aos limites da região cárstica do Quadrilátero Ferrífero, definida pelo ICMBio/CECAV.

## UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO - CONCEIÇÃO

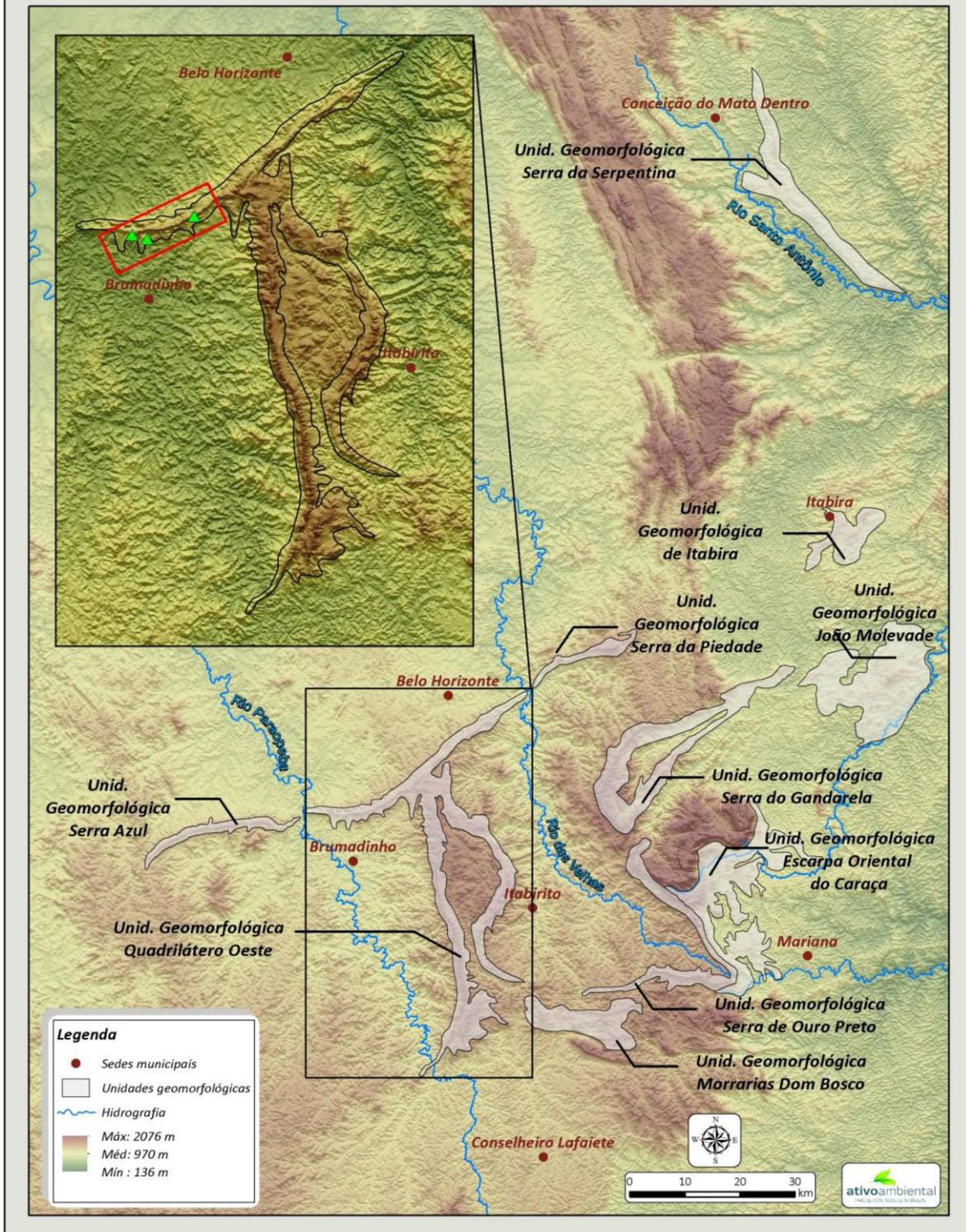


Figura 9: Localização da área de estudo em relação à unidade geomorfológica local (Quadrilátero-Oeste) e à unidade espeleológica regional (Quadrilátero Ferrífero-Conceição), conforme Oliveira *et al.* (2011).

O segmento da Serra do Curral corresponde ao alinhamento de direção NE-SW, situado na porção norte da unidade. Apresenta 47 km de extensão, sendo seus limites estabelecidos pelos vales dos rios Paraopeba, a sudoeste, e das Velhas, a nordeste. As serras da Moeda e de Itabirito, de direção NNW-SSE, convergem na porção central do segmento Serra do Curral, ao qual se acoplam quase perpendicularmente. A Serra da Moeda, segmento mais ocidental dos dois com 51 km de extensão, termina ao sul, próximo à cidade de Jeceaba, com o aparecimento de rochas do embasamento sustentando formas de relevo mais suave.

Quanto à Serra de Itabirito, ela é interrompida em sua extremidade sul pelas planícies das cabeceiras do Rio das Velhas. Entre as serras da Moeda e Itabirito, se aloja uma região de relevo quase tão acidentado quanto estas, sustentada por metassedimentos do Grupo Piracicaba, caracterizado como unidade geomorfológica de morrotes.

A área de estudo se situa mais especificamente nas serras de Três Irmãos e Rola-Moça, posicionada estruturalmente na “vertente sul” do denominado homoclinal “Serra do Curral” sobre as rochas do Supergrupo Minas, a nordeste da cidade de Brumadinho.

### **3.1- Cavidades em rochas ferríferas**

Auler&Piló (2007) indicam que as cavernas de minério de ferro e canga do Quadrilátero Ferrífero são em geral de pequenas dimensões, poucas vezes superando 100 m de projeção horizontal. Inserem-se, normalmente, na base de pequenas escarpas rochosas (em geral de canga) perpendiculares ao maior declive das vertentes, estando localizadas tanto em alta quanto em média vertente, sendo em geral associadas a capões de mata em meio aos campos ferruginosos. As entradas são dimensões reduzidas, dando acesso a galerias mais amplas.

Os levantamentos espeleológicos da Vale, até o momento, apresentam, para o Quadrilátero Ferrífero, a identificação de 377 cavidades em rochas ferríferas mapeadas com o método de detalhe BCRA-5D. Apenas cinco cavidades ultrapassam os 100m de projeção horizontal, sendo a média regional de 22m.

Além desta amostragem foram incluídas mais 41 cavidades presentes no estudo de relevância da região de Várzea do Lopes (CARSTE, 2013), na unidade geomorfológica “Quadrilátero-Oeste” em Itabirito. Outra fonte de dados foi o estudo de relevância realizado na unidade geomorfológica da “Serra da Serpentina”, na denominada Serra do Sapo por Carste (2011), com mais 30 cavidades

em rochas ferríferas. Respectivamente, nestas áreas as maiores projeções horizontais encontradas foram 77 e 90,1 m, não fugindo dos intervalos encontrados no restante da unidade espeleológica.

### **3.1- Cavidades em rochas pelíticas**

Apresentam ocorrência restrita, muito relacionada a coberturas de canga no teto ou contatos com outras formações rochosas. Nos levantamentos realizados em outros estudos espeleológicos de licenciamento fornecidos pela contratante, foram encontradas 10 cavidades em rochas pelíticas no Quadrilátero Ferrífero. Duas cavidades localizadas na Serra do Gandarela (Carste, 2010), quatro na região da mina de Capitão do Mato e quatro na da mina de Abóboras, na Serra de Itabirito (Carste, 2011). Com dimensões reduzidas, a maior projeção horizontal descrita foi de 21,70 m. A média regional para este litotipo é de 11,52 m.

## **4- MÉTODO DE ANÁLISE**

O Diagnóstico Geoespeleológico envolveu os seguintes passos e focos de análise, preconizados pela IN - 2 (20/08/2009), para cada cavidade:

1. Levantamento topográfico das cavernas;
2. Análise da inserção na paisagem;
3. Análise litológica e das estruturas;
4. Análise morfológica e espeleométrica;
5. Hidrologia;
6. Depósitos clásticos, orgânicos e químicos;
7. Reconhecimento do estado de conservação da cavidade e de seu entorno.

Após a análise individual, integrou-se a abordagem de modo a estruturar o panorama geral das cavidades para a área de estudo.

## 4.1- Levantamento topográfico das cavernas

Trabalhos anteriores realizados por outras empresas apontaram durante as prospecções duas cavidades naturais na área de estudo. Para a classificação de cavidade natural, foi avaliado o limite de corte de no mínimo 5m de projeção horizontal, a partir do fechamento das paredes da boca da feição em análise, normalmente reconhecida pela comunidade técnico-científica para cavidades em rochas não-carbonáticas (INSTITUTO DO CARSTE, 2012). Caso a projeção seja inferior a 5m, a feição não foi classificada.

A seguir é apresentada a metodologia de topografia utilizada.

### 4.1.1- Método espeleotopográfico Ativo Ambiental

Os ambientes subterrâneos mostram-se complexos aos olhos desacostumados da interpretação de padrões estruturais desassociados das paisagens externas. Desta forma, torna-se fundamental representá-los e o mapa é um dos registros que melhor define determinada caverna. Podemos considerar os croquis, juntamente com a descrição sumária, como itens indispensáveis ao registro básico de cada cavidade. Ele nos fornecerá elementos para a análise da sua gênese, de suas feições, e de suas tendências de desenvolvimento, bem como servirá de suporte para outras disciplinas cujas atividades serão desenvolvidas dentro das cavidades, tais como a biologia, geoespeleologia, hidrologia, paleontologia.

O mapeamento de cavernas representa a arte e as técnicas oriundas de aprimoramentos práticos utilizados em campo, com a finalidade de representar da forma mais fiel e sintética possível a realidade observada no interior da cavidade, de modo a gerar um mapa que permita identificar e localizar as feições marcantes da cavidade, tais como espeleotemas, desníveis, pisos e todas as suas particularidades.

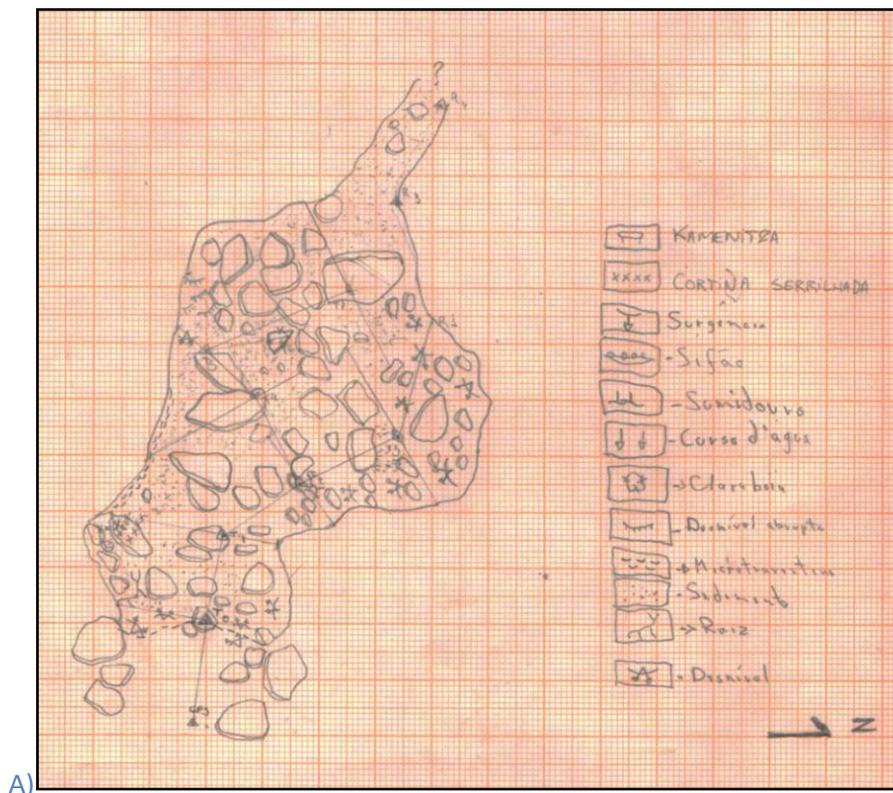
Dentre as variadas técnicas de mapeamento existentes, foi utilizada a topografia com uma linha orientada, auxiliada por bússola e trena, que passa por bases fixas, selecionadas de modo a facilitar a representação das feições morfológicas e particularidades de cada cavidade.

O grau de precisão do mapeamento pode variar de acordo com a precisão dos equipamentos utilizados, a forma de utilização dos equipamentos, a quantidade de pontos e medidas utilizada para referenciar os objetivos.

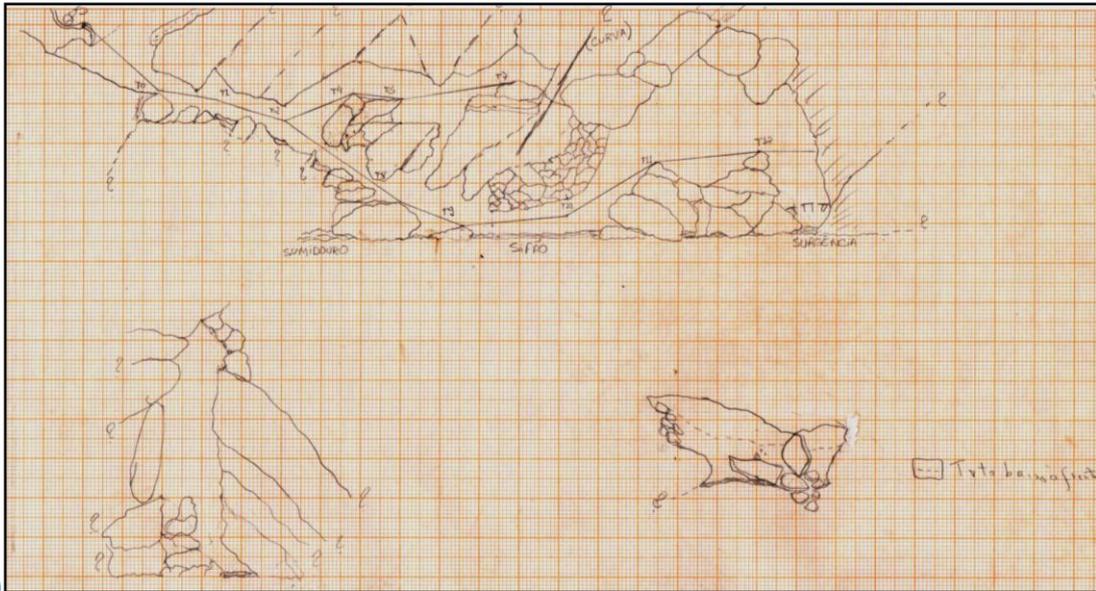
Os levantamentos topográficos, realizados nesse projeto, utilizando instrumentos precisos, cumpriram todos os requisitos necessários para que se atingisse um grau de precisão 5D, de acordo com o BCRA (*British Cave Research Association*, 2002).

A Bússola e Clinômetro Suunto, de acordo com seu manual, “*are graduated in 1 / 1% increments and individually calibrated*” (Suunto, *Guide*. 2007) podendo assim atingir o grau citado acima neste texto. Com um auxílio de uma trena laser Bosh, conseguimos medidas lineares com precisão numérica de três casas decimais.

Foram calculadas as distâncias reais durante a realização da topografia utilizando a fórmula  $DH = DI \times \cos \alpha$  (distância horizontal é igual à distância inclinada, multiplicado pelo cosseno do ângulo do desnível). Todas as distâncias plotadas durante a confecção da planta baixa utilizam-se dessas distâncias já corrigidas, como outra forma de minimizar os erros no desenho. Durante a execução dos desenhos das seções, foram representados os locais onde, tecnicamente, o ambiente cavernícola se mostrava mais relevante (Figura 10).



Continua...



B)

Figura 10: Exemplo de planta baixa (A), perfil e cortes (B) realizados em campo para as cavidades mapeadas.

Para corrigir eventuais erros ocorridos durante o levantamento de campo, os dados da topografia foram inseridos no software *COMPASS*, gerando sob forma tridimensional o que chamamos de linha trena (Figura 11), permitindo comparar o croqui dando início à gradação do mapa com relação ao BCRA e UISv1.

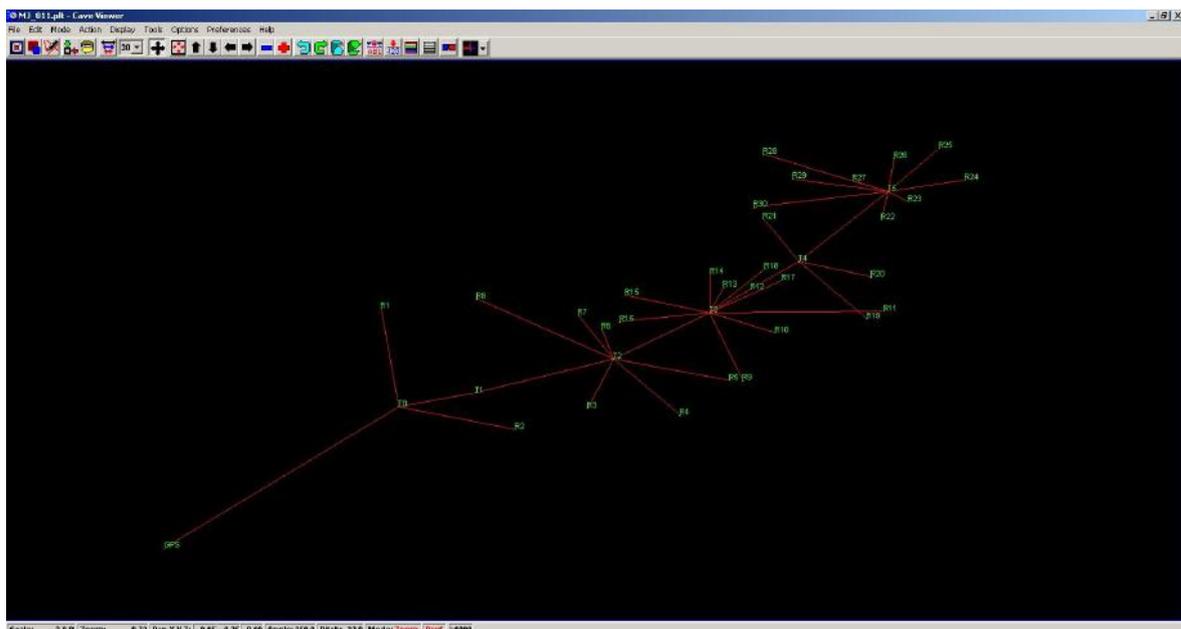


Figura 11: Exemplo de cavidade com os dados topográficos inseridos no software *COMPASS*, o qual gera corretamente as linhas de trena medidas em campo para compará-las com o croqui desenhado em campo.

Para a digitalização dos croquis e elaboração dos cálculos espeleométricos foi utilizado o software *AutoCAD 2011*.

As altitudes das entradas das cavernas, assim como os *grids* de coordenadas UTM dos mapas, foram obtidos através do GPS Garmin60 CSx.

#### **4.2- Análise da inserção na paisagem**

Neste tópico analisou-se o contexto de inserção da cavidade na geomorfologia local da área de estudo. É avaliada a posição da cavidade na vertente, sua altitude, localização geomorfológica e características da escarpa. Os dados são correlacionados de modo a se avaliar as possíveis influências e tendências gerais do processo espeleogenético na área de estudo.

#### **4.3- Análise litológica e das estruturas**

A análise litológica foi centrada na identificação e caracterização dos diferentes litotipos e seu arranjo estrutural, já que as estruturas conferem caminhos preferenciais para a percolação da água. Simultaneamente, a análise estrutural pelas juntas de alívio, falhas, fraturas e planos de bandamento, é relevante para a análise do desenvolvimento cárstico em função dos diferentes tipos de rocha. Foram efetuadas medidas de direção e mergulho, em campo, usando bússola do tipo Brunton DQY-1. No escritório, os dados foram inseridos no software *Stereonet*, para caracterizar a direção principal das estruturas medidas através de gráficos de roseta comparando com o comportamento geral das estruturas geológicas interpretadas em mapas geológicos (BALTAZAR *et al.*, 2005).

#### **4.4- Análise morfológica e espeleométrica**

Esta análise visa à caracterização da forma das cavidades e os parâmetros de projeção horizontal, tais como volume, área e desnível, de modo a se entender o processo de gênese e evolução do sistema endocárstico. Ao mesmo tempo, foram utilizadas a planta baixa e seções transversais e longitudinais dos condutos. Além desses parâmetros, as feições de coraloides, pilares, alvéolos, entre outras, são levantadas para observar o estágio de carstificação da cavidade em estudo.

A análise espeleométrica foi realizada com base nas comparações, em escalas regional e local, conforme as premissas da IN - 2 (20/08/2009) definidas para uma província espeleológica regional e uma unidade geomorfológica local. As unidades foram selecionadas conforme a compartimentação de Oliveira *et al.* (2011), sendo a província espeleológica definida como sendo o “Quadrilátero Ferrífero-Conceição” e a unidade geomorfológica a “Quadrilátero-Oeste”.

Os dados para comparações em rochas ferríferas foram fornecidos pela Vale (2013) com dados de 377 cavidades. Foram acrescentados dados dos estudos de Carste em 2011 na Serra do Sapó (30 cavidades), em 2013 na Serra da Moeda (41 cavidades), além de dados da Ativo Ambiental coletados em 2013 no entorno das minas de Fábrica (Congonhas/Ouro Preto) e Brucutu (Barão de Cocais/São Gonçalo do Rio Abaixo).

Os dados utilizados de rochas pelíticas foram retirados de Carste em 2010, com duas cavidades na Serra do Gandarela, e em 2011, com oito cavidades na região do projeto Vargem Grande. Os dados brutos destas fontes se encontram no Anexo 02.

Inicialmente a análise foi realizada comparando as médias e máximas nas diferentes escalas: regional (“Quadrilátero Ferrífero-Conceição”), local (“Quadrilátero Oeste”) e na área de estudo. Esta comparação visou entender de que modo os valores espeleométricos se distribuem nas diferentes escalas e avaliar a grandeza das cavidades da área de estudo.

Já a comparação dos dados espeleométricos, de acordo com a IN - 2 (20/08/2009), nas escalas regional e local e por tipo de litologia das cavidades visa ao estabelecimento da importância de cada cavidade em seu contexto de inserção espacial. Esta classificação de importância define a cavidade em importância “Acentuada, Significativa ou Baixa”, para cada escala, e subsidia a definição do grau de relevância. Os limites de classe são definidos com base na média e desvio padrão do conjunto de cavidades inseridas nas diferentes unidades de escala.

As classes para Projeção Horizontal (PH), Volume e Área de Projeção Horizontal são: Alta ( $X > \text{Média} + \text{Desvio Padrão}$ ), Média ( $\text{Média} - \text{Desvio Padrão} > X < \text{Média} + \text{Desvio Padrão}$ ) e Baixa ( $X < \text{Média} - \text{Desvio Padrão}$ ). As classes de Desnível são: Alta ( $X > \text{Média}$ ) e Baixa ( $X < \text{Média}$ ).

O valor de corte para a classe de Dimensão Notável é reconhecido tecnicamente como 5 vezes o valor da média regional para Projeção Horizontal (PH), Volume e Área de Projeção Horizontal (Síntese do Workshop Técnico-Científico de Espeleometria realizado pelo Instituto do Carste nos dias 23 e 24 de setembro de 2012, no auditório do IBAMA em Belo Horizonte, MG). A Tabela 1 apresenta o modelo de cálculo para o estabelecimento dos valores limites das classes que avaliam

a importância local e regional de cada cavidade. Os resultados comparativos são apresentados na forma de gráficos ao longo da descrição de cada cavidade.

**Tabela 1:** Modelo de tabela para os cálculos espeleométricos de relevância definidos pela IN - 2 (20/08/2009).

Cálculo Local – Tipo de litologia da cavidade					
	Área	PH	Volume	Desnível	Resultados de Importância Local
Média (MED)				(Limite Baixo)	Pouco significativa; Significativa; Acentuada.
Desvio Padrão (DP)					
MED + DP		(Limite Médio)		-	
MED – DP		(Limite Baixo)		-	
Cálculo Regional – Tipo de litologia da cavidade					
	Área	PH	Volume	Desnível	Resultados de Importância Regional
Média (MED)				(Limite Baixo)	Pouco significativa; Significativa; Acentuada; Dimensão Notável.
Dimensão Notável		(5X a MEDRegional)		-	
Desvio Padrão (DP)					
MED + DP (Limite Médio)		(Limite Médio)		-	
MED – DP (Limite Baixo)		(Limite Baixo)		-	

#### 4.5- Hidrologia

O atributo de hidrologia serve para determinar a presença ou ausência de dinâmica hidrológica em cada cavidade e sua eventual influência, temporária ou perene, no sistema subterrâneo. Esta atividade envolve a identificação ativa de gotejamento, condensação, percolação, canais de escoamento ou feições residuais das mesmas de ação temporária das águas.

#### 4.6- Depósitos clásticos e químicos

Os depósitos foram avaliados pela sua tipologia. Os depósitos clásticos foram identificados e descritos pela sua granulometria visual. Os depósitos orgânicos foram identificados de forma breve em guano ou serrapilheira e os químicos foram identificados e analisados individualmente, de modo a medir a sua relevância para a dinâmica da cavidade.

## 5- DESCRIÇÃO GEOESPELEOLÓGICA DAS CAVIDADES

Os resultados apresentados referem-se aos obtidos na campanha de levantamentos de campo realizada no período entre 26 de novembro/2013 a 04 de dezembro/2013. Neste contexto, confirmou-se o enquadramento das quatro feições como cavidades, cujos mapas se encontram no Anexo 01. A descrição dessas cavidades é apresentada a seguir.

A Figura 12 e a Tabela 2 apresenta o status das cavidades abordadas no diagnóstico e seus litotipos. Nas cavernas do Projeto Mina Feijão-Jangada foi discriminado dois litotipos:

- Rochas Ferríferas - cavidades em itabirito e minério de ferro do Grupo Itabira – Formação Cauê, além de canga, incluindo as possíveis variações oriundas do grau de alteração dos litotipos;
- Rochas Pelíticas - cavidades inseridas nos filitossílticos do Grupo Caraça – Formação Moeda e abrangendo as variações mineralógicas e níveis da alteração intempéricas comuns a esta litologia.

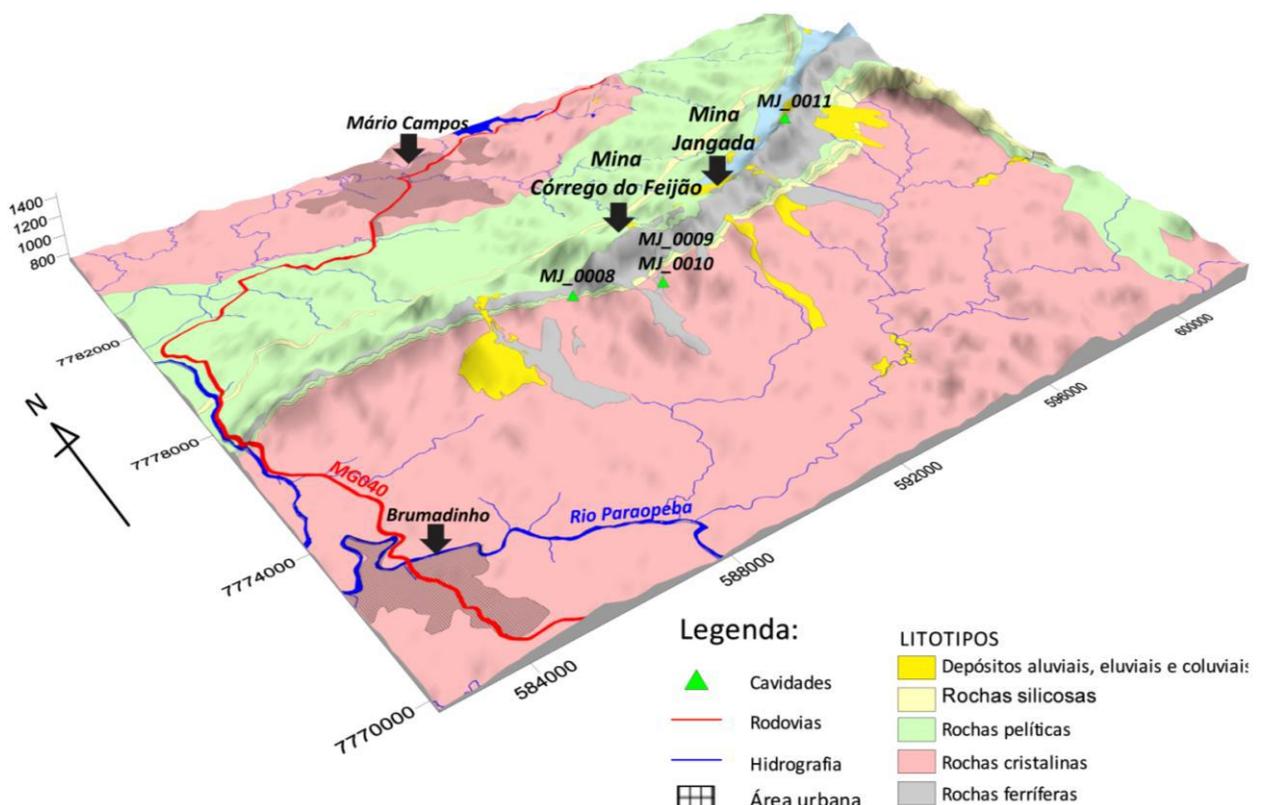


Figura 12: Contexto dos litotipos de inserção das cavidades conforme a classificação do CECAV/ICMBio sobre o mapeamento de Baltazar *et al* (2005).

Tabela 2: Cavernas analisadas no diagnóstico.

NOME	Topografia_BCRA-5D	UTM_E	UTM_N	Litologia
<b>MJ_0008</b>	Ativo Ambiental	589494	7776676	Rocha Pelítica
<b>MJ_0009</b>	Ativo Ambiental	591430	7776185	Rocha Ferrífera
<b>MJ_0010</b>	Ativo Ambiental	591418	7776175	Rocha Ferrífera
<b>MJ_0011</b>	Ativo Ambiental	597271	7779018	Rocha Ferrífera

### 5.1- Caverna MJ\_0008

Data: 28/11/2013

Coordenadas planas UTM – datum SAD-69, Zona 23k - 0589494mE / 7776676mN – Altitude: 1075 m – Erro: +/- 3

Nome Inicial	Nome Espeleo_Vale	Proj.Hor. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volum e (m <sup>3</sup> )	Desníve l (m)	Topografia_5D (realização)	Município
<b>MJ-08</b>	<b>MJ_0008</b>	17,99	36,82	31,66	3,00	Ativo Ambiental	Brumadinho

A caverna se encontra em média vertente em escarpa de anfiteatro em borda de calha de drenagem. A escarpa apresenta continuidade próxima dos 30 metros por onde há cachoeira da drenagem e altura superior a 5 metros. Esta drenagem é indicada por placa como manancial de abastecimento público do município de Brumadinho para o povoado de Tijuco, apresentando tubulações e vertedouro de monitoramento próximo à caverna.

A caverna e seu entorno se encontram em bom estado de conservação e são de fácil acesso pela trilha existente. Existindo apenas, em quantidade reduzida, lixo próximo à cachoeira como embalagens de sucos e copos de iogurte.



Figura 13: Vista da base da escarpa em cujo topo está localizada a cavidade. Na parte a jusante, existe vertedouro de monitoramento e encanamento de captação.



Figura 14: Placa que indica o uso do local como manancial de abastecimento de água sob responsabilidade da Prefeitura Municipal de Brumadinho..

A litologia é mista, composta por teto de canga detrítica e as paredes pelos filitos da Formação Moeda. A canga é clasto suportada de granulometria diversificada, variando de grânulo a matacão. O filito apresenta foliação horizontal, com coloração branca a amarelada, extremamente intemperizado e com encrostamentos lhos encobrindo ao longo das paredes. Foram observadas fraturas ao longo do teto.



Figura 15: Paredão entre a cavidade e a cachoeira onde há o contato entre canga detrítica (superior) e o filito (inferior) de cor marrom clara.

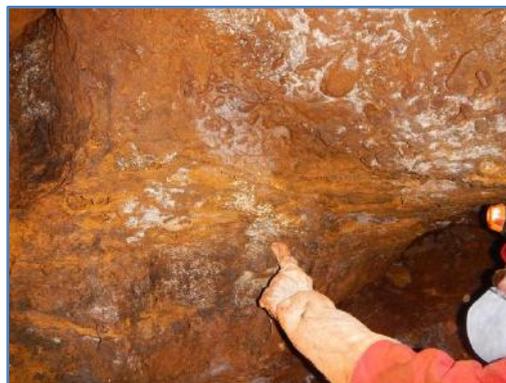


Figura 16: No interior da cavidade, o contato é perceptível em alguns pontos onde o intemperismo ao longo dos planos do filito é acentuado.

Hidrologicamente, a cavidade se apresenta ativa com condensação, percolação e gotejamentos. A umidade é observada tanto pelo teto quanto nas paredes próximos à entrada. Foram observados feições de escoamento temporário e umidade partindo do conduto do fundo da cavidade, atravessando-a próximo à parede oeste até sua saída.



Figura 17: Vista da parede em canga próxima à entrada com umidade até nível de junta com 1 m de altura aproximada. A umidade também é observada na porção de contato do piso.



Figura 18: Umidade advinda dos condutos de fundo com pequeno canal formado próximo à parede da esquerda.

O padrão planimétrico da cavidade é de salão único com duas entradas (uma superior e outra inferior), diferentes patamares e piso inclinado em declive para o exterior. As feições morfológicas existentes são paleopisos de pequena extensão em exumação, patamares, canalículos, pendentes e alvéolos.



Figura 19: Entrada principal correspondente ao nível inferior da cavidade com ligeira inclinação para o exterior.

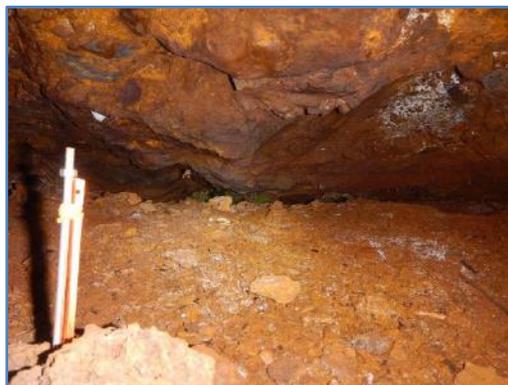


Figura 20: Segunda entrada sobre o patamar superior com teto baixo.



Figura 21: Vista para conduto de fundo, onde há exposição de paleopiso de crosta em meio aos sedimentos (próximo à sombra).

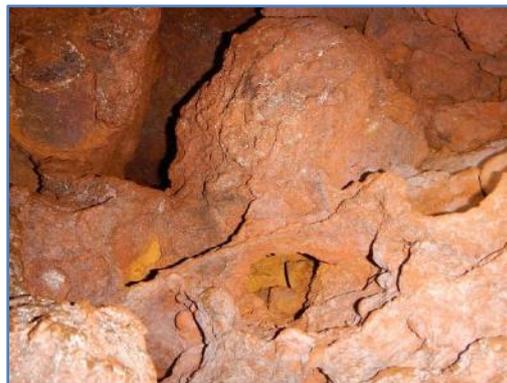


Figura 22: Outro paleopiso em exposição em conduto de fundo, chegando a formar canalículo na parte inferior.



Figura 23: Patamar de pequena extensão, ao lado da entrada, com presença de muitos coraloides e crostas.



Figura 24: Alvéolo localizado no teto próximo da entrada da cavidade, com umidade e gotejamento.

Os depósitos clásticos variam de matações a seixos, além de sedimentos de material terroso areno-argiloso recobrendo o piso. Os depósitos químicos são diversificados. Dentre eles, os coraloides abundantes próximos à entrada, na zona aerada, de coloração branca a cinza e poucos avermelhados. Crostas branca e de óxido-hidróxido, as quais recobrem praticamente todo o interior da cavidade. Inúmeros escorrimentos de tamanhos variados, chegando a formar pequenas cortinas serrilhadas, ao longo das quebras de patamares e zonas de contato entre teto/parede.



Figura 25: Conjunto de coraloides milimétricos pontiagudos encontrados em patamar próximo à entrada da cavidade.



Figura 26: Coralóides escuros centimétricos partindo de crosta branca no patamar próximo da entrada.



Figura 27: Coraloidecentimétrico marrom com ponta do tipo rombuda.



Figura 28: Crosta de óxido-hidróxido de textura enrugada na entrada superior da cavidade.



Figura 29: Escorrimento com 1 m de altura aproximada ao longo de parede próxima ao patamar da cavidade.



Figura 30: Escorrimento ao longo de limite de bloco de canga do teto sem mais atividade hidrológica aparente.



Figura 31: Escorrimento de mais de 20 cm de diferentes texturas.

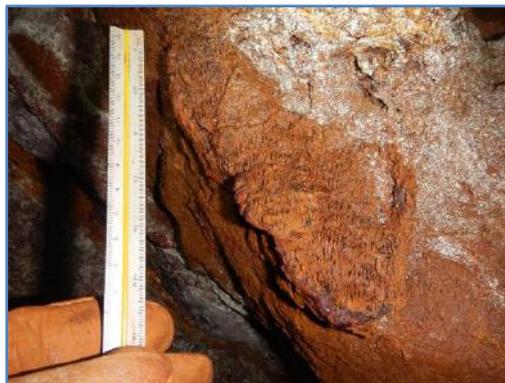


Figura 32: Escorrimento "serrilhado" formado ao longo de pendente de teto.



Figura 33: Escorrimento ativo de 15 cm aproximadamente de textura ondulada.



Figura 34: Escorrimento ativo com mais de 30 cm de altura e 20 cm de largura.

Ocorrem pequenas colunas e estalactites centimétricas na zona úmida próxima à entrada e espeleotemas de cimentação em "casca de ovo" com forma de canudo, bolhas e irregular. Além disso, foram notadas feições tipo "boxwork" com concreções horizontais paralelas em parede. Observou-se em contatos de blocos depósitos com marcas de "canal de teto" com textura argilosa lisa, formada por fluxo aquoso.



Figura 35: Coluna de 8 cm de altura formada entre saliências da parede.



Figura 36: Coluna com 20 cm de altura com textura de crosta enrugada próxima à entrada superior.



Figura 37: Estalactites de 5 cm formadas ao longo de linha de gotejamento do teto.



Figura 38: Detalhe de estalactite ativa com 5 cm de altura.



Figura 39: Conjunto de crosta, pendente e feição nomeada de "canudo", provavelmente formada por encrostamento em volta de antiga raiz, não apresentando atividade hidrológica atual.



Figura 40: Feições nomeadas tipo "casca de ovo" em forma de bolhas estouradas.

Conforme as observações de Spoladore&Cottas (2007) para espeleotemas em caverna areníticas, provavelmente estes espeleotemas de canudo, casca de ovo, estão relacionados a depósitos iniciais de argila e silte ou seixos ou raízes. Posteriormente, são envolvidos e recobertos por óxidos e hidróxidos de ferro por escoamento externo de água, até o ponto de ou a circulação passar a ser interna à crosta, removendo os sedimentos, ou dos seixos e raízes se tornarem pesados e sem sustentação, quebrando as cascas.

Em ambos os processos há a remoção do objeto interno e a formação de espeleotemas ociosos, ou ainda aqueles ainda preenchidos, envolvidos totalmente pela crosta rígida. Cabe ainda ressaltar o possível modelamento por animais invertebrados, os quais formam uma rede entrelaçada de canudos ociosos de pequena espessura em pequenas partes da parede.



Figura 41: Feição semelhante a “boxwork” em parede formada por encrostamentos paralelos horizontais ao longo da foliação do filito.



Figura 42: Pequena feição entrelaçada com características próximas de paleocaminhos de invertebrados em antigo corpo de solo.

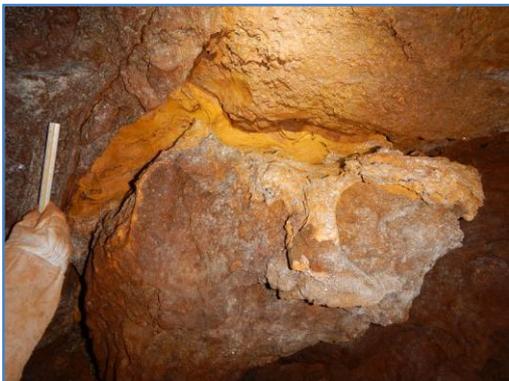


Figura 43: Feição tipo “canal de teto”, entre blocos, formada ao longo depósito de textura argilosa.



Figura 44: Detalhe da feição tipo “canal de teto” onde se podem notar as marcas de fluxo, perfuração de camadas e resíduos de canudo.

Esta cavidade apresenta caráter genético misto entre as fases endógena e exógena, evoluindo através de fluxo freático, posteriormente vadoso, ao longo do contato entre a cobertura de canga e o substrato filítico. Com a erosão a remontante da escarpa junto à drenagem, a caverna foi exposta, acentuando o gradiente hidráulico e ampliando o salão e os condutos de saída na cavidade. O fator dissolutivo da canga sobrejacente e ao longo da foliação e fraturas do filito apresenta grande relevância para a variedade de depósitos químicos encontrados nesta cavidade, o que aparentemente ocorreu em um longo espaço de tempo. Ressalta-se que espeleotemas semelhantes aos desta cavidade foram observados em trabalhos em cavidades de rochas ferríferas no Pará, na região de Carajás (conforme consulta a profissionais de outras empresas da área).

No entanto, no Quadrilátero Ferrífero não há registros destes tipos de espeleotemas, ainda em se tratando de cavidades em litologia pelítica com cobertura de canga. Apesar disto, os

espeleotemas não apresentam nenhum diferencial em relação a tamanho, mineralogia, tipologia ou profusão, somente a forma.

A análise espeleométrica local e regional indicou os atributos de volume e desnível da cavidade como de dimensões altas em ambas as escalas. Projeção horizontal adquiriu dimensão alta regional e média local. Área adquiriu dimensão média nas duas escalas, conforme a Figura 45.

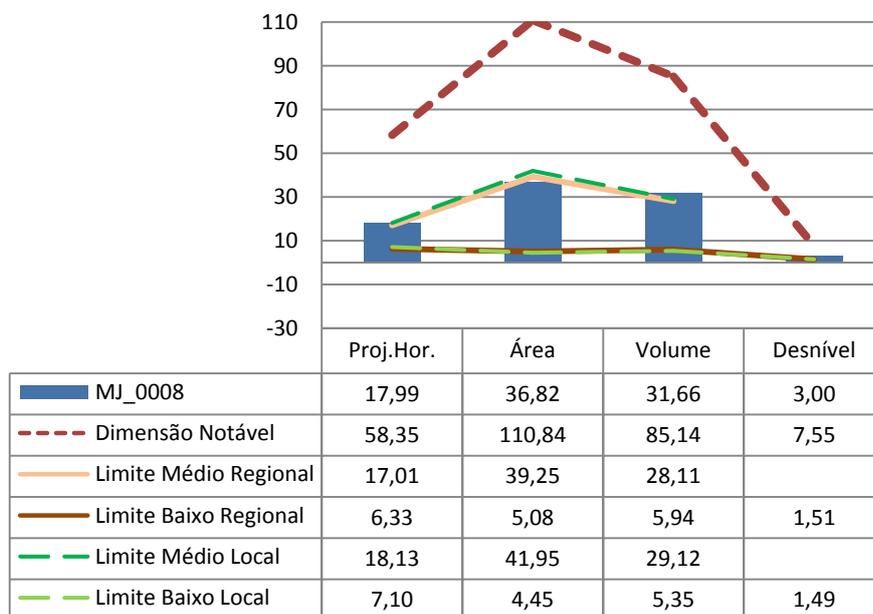


Figura 45: Análise espeleométrica da cavidade nas escalas local (unidade geomorfológica) e regional (unidade espeleológica) conforme o método estabelecido pela IN-2 de 2009 (ICMBio/CECAV).

## 5.2- Caverna MJ\_0009

Data: 03/12/2013

Coordenadas planas UTM – datum SAD-69, Zona 23k - 0591430mE / 7776185mN – Altitude: 1078 m – Erro: +/- 3

Nome Inicial	Nome Espeleo_Vale	Proj.Hor. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volum e (m <sup>3</sup> )	Desnível (m)	Topografia_5D (realização)	Município
MJ-09	MJ_0009	18,19	56,93	67,17	4,00	Ativo Ambiental	Brumadinho

A caverna está posicionada em média vertente de encosta inclinada de serra em pequena escarpa paralela a maior inclinação da vertente. Corresponde a vertente a jusante da cava e pilha de estéril da mina Córrego do Feijão. O entorno imediato da caverna apresenta descaracterização da vegetação com predomínio de espécies pioneiras e restos de tubulações. Seu interior apresentava muitas marcas de pisoteio.

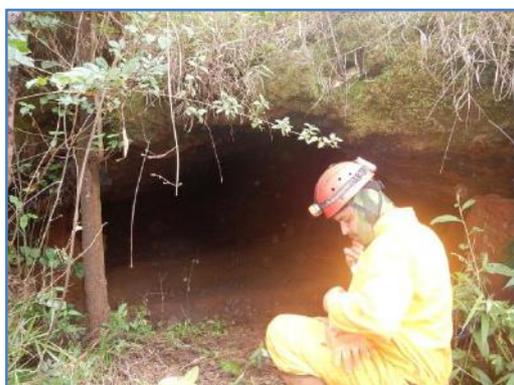
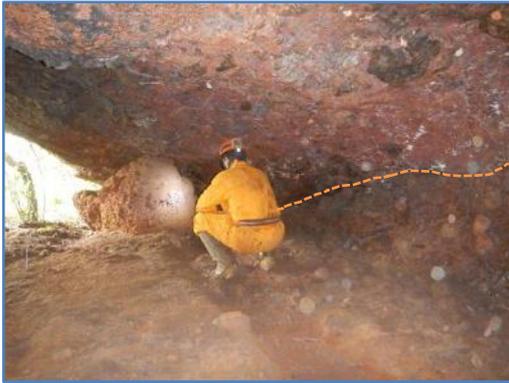


Figura 46: Entrada da caverna com pequena escarpa formada na quebra da canga paralelamente à maior inclinação da vertente.

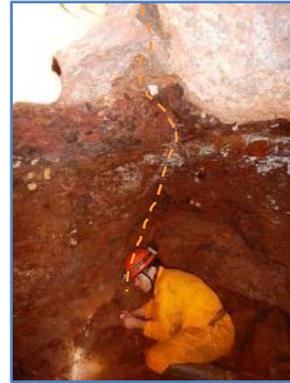


Figura 47: Entorno da caverna com tubulação abandonada e vegetação com predomínio de espécies pioneiras.

A litologia é composta por canga mista, sendo detrítica no teto e estruturada nas paredes. A detrítica é composta por clastos variados de grânulos e calhaus e a estruturada possui predomínio de matriz hematítica com mergulho de 45° para sudoeste. Foi observada fratura principal ao longo do teto condicionando o desenvolvimento da caverna com sentido N-S (direção de 340°).



**Figura 48:** Salão da cavidade onde se pode observar o contato entre a canga estruturada (inferior) e a detrítica (superior) que compõe o teto.



**Figura 49:** Fratura principal longitudinal à cavidade ao longo do teto até o conduto da entrada superior do fundo da cavidade.

A cavidade apresentou hidrologicamente atividade em gotejamentos e marcas de canais de escoamento temporário. Estas marcas indicam fluxo da entrada superior e da entrada lateral, ambas fluindo pelo salão principal e confluindo para sair na entrada principal.



**Figura 50:** Marca do nível dos depósitos sedimentares carregados pelo escoamento ao fundo do conduto da entrada superior.



**Figura 51:** Após a passagem do conduto superior forma-se canal de 15 cm de profundidade com sinais de umidade.

O padrão planimétrico é misto, sendo retilínea a partir da entrada superior e salão único na porção inferior. Na primeira o piso é inclinado em declive para o interior e relativamente plano na segunda, maior porção da cavidade. As feições morfológicas observadas foram pilares, canalículos, patamar, pendente e alvéolos.



Figura 52: Vista para a entrada superior do conduto a partir de pequena depressão em ruptura da cobertura de canga.

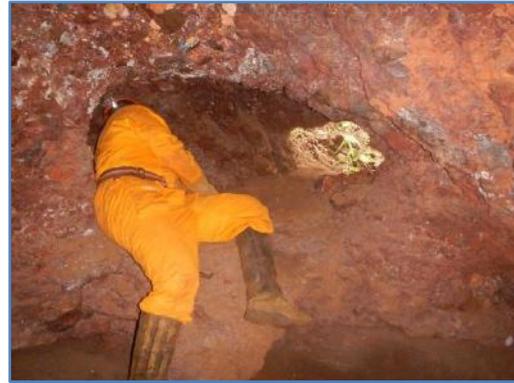


Figura 53: Pequena entrada lateral do salão principal em patamar com 70 cm de desnível aproximado.

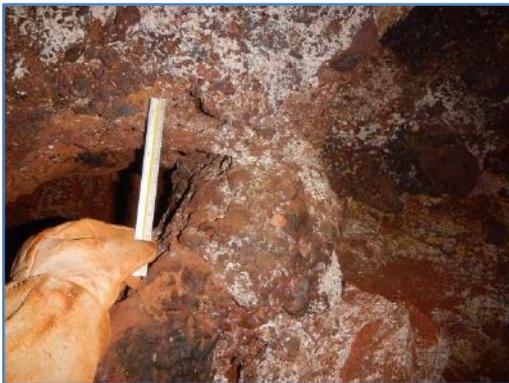


Figura 54: Pilar em parede no fundo da cavidade.

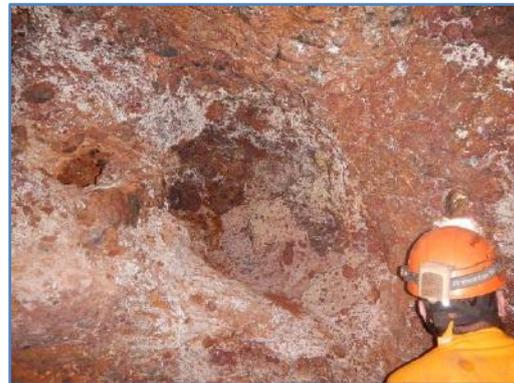


Figura 55: Alvéolos de diferentes tamanhos circulares e irregulares entre 10 e 80 cm de diâmetro.

Os depósitos clásticos apresentam seixos e grânulos, sendo o piso recoberto por sedimentos siltosos (finos e pulverulentos). Os depósitos químicos observados foram coraloides milimétricos, cupim-tema próximo à entrada, crosta branca e de óxidos negra. Uma pequena coluna, de aproximadamente 4 cm, foi encontrada logo após a passagem do salão inferior para o conduto da entrada superior.

Sua gênese está ligada primordialmente a fator exógeno de ampliação de canalículo por sistema vadoso e escoamento pluvial a partir da entrada superior seguida de abatimentos. No entanto, não é possível descartar uma fase endógena na formação do salão principal inferior numa fase pretérita. Ressalta-se que foi confirmada a conexão desta cavidade com a MJ\_0010 através de um conduto, indicando que ela poderia ser também um paleoescape do escoamento advindo da entrada superior da MJ\_0009.



Figura 56: Cupim-tema próximo da entrada da cavidade partindo do piso até quase atingir o teto.

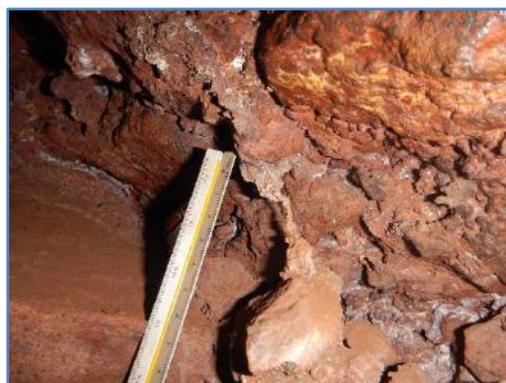


Figura 57: Pequena coluna de 4 cm de altura formada por depósitos de coloração branca próximo da passagem entre o salão e o conduto superior.

A análise espeleométrica local e regional indicou os atributos de projeção horizontal, área e volume da cavidade como de dimensões médias em ambas as escalas. Desnível adquiriu dimensão alta nas duas escalas, conforme a Figura 58.

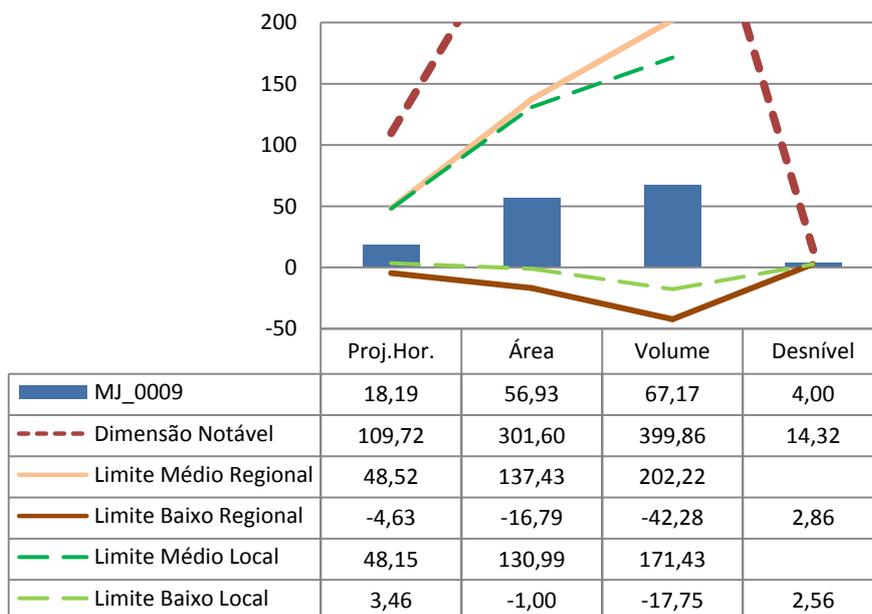


Figura 58: Análise espeleométrica da cavidade nas escalas local (unidade geomorfológica) e regional (unidade espeleológica) conforme o método estabelecido pela IN-2 de 2009 (ICMBio/CECAV).

### 5.3- Caverna MJ\_0010

Data: 04/12/2013

Coordenadas planas UTM – datum SAD-69, Zona 23k - 0591418mE / 7776175mN – Altitude: 1077 m – Erro: +/- 3

Nome Inicial	Nome Espeleo_Vale	Proj.Hor. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Desnível (m)	Topografia_5D (realização)	Município
<i>MJ-10</i>	<i>MJ_0010</i>	15,27	43,42	34,73	2,00	Ativo Ambiental	Brumadinho

A caverna se encontra a cerca de 30 metros da caverna MJ\_0009, posicionada em média vertente de encosta inclinada de serra em pequena escarpa paralela a maior inclinação da vertente. A caverna se encontra conservada e em seu entorno imediato há predomínio de vegetação pioneira, indicando possíveis alterações recentes na área. Assim como a MJ\_0009, esta caverna se encontra nas proximidades da cava e pilha de estéril da mina Córrego do Feijão, além de existirem estruturas como acessos, correia transportadora e barragem de rejeitos a jusante.



Figura 59: Vista para jusante da caverna onde há estruturas operacionais da mina Córrego do Feijão, como: barragens de rejeito e captação e pãra ferroviária.



Figura 60: Entrada da caverna com escarpa de 2,5 m de altura em ruptura de vertente declivosa.

A litologia é de canga detrítica de matriz clasto suportada por seixos. Em alguns pontos a canga recobre diretamente blocos abatidos de hematita compacta. Nenhuma estrutura foi observada. Foi observada atividade hidrológica com gotejamentos e percolação próximos à entrada.

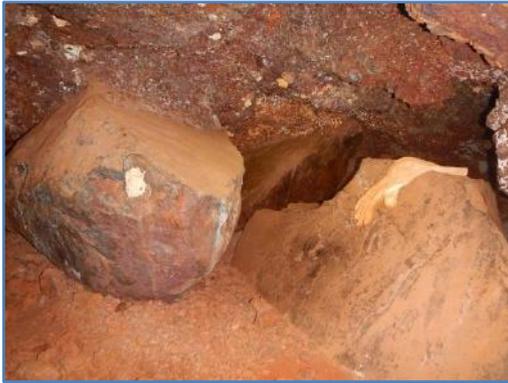


Figura 61: Fundo do salão de entrada onde se nota o teto de canga detrítica e os grandes blocos de hematita compacta que formam paredes e partes do piso.



Figura 62: Poça com marcas de gotejamento moldada em sedimentos areno-argilosos próximos à entrada lateral da cavidade.

O padrão planimétrico é esponjiforme com cerca de dois salões irregulares, um proximal e um distal (interligado à cavidade MJ\_0009). O piso é relativamente plano, com ligeiro declive para o exterior. As feições morfológicas encontradas foram: pequeno patamar, pilar, canalículo, pendente e alvéolos.



Figura 63: Pilar encontrado no salão de fundo da cavidade moldado em meio à canga detrítica.



Figura 64: Alvéolo padrão encontrado principalmente nas paredes do salão de fundo da cavidade.

Os depósitos clásticos são variados indo de seixos a matacões. Estes correspondem tanto a blocos abatidos do teto quanto aparentemente sendo exumados no piso. Os depósitos químicos apresentam coraloides milimétricos e crostas branca e de óxido-hidróxidos.

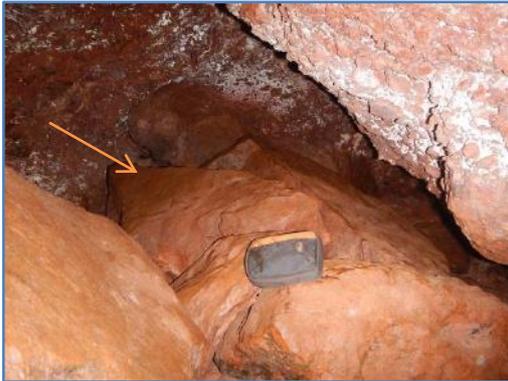


Figura 65: Vista para parede de fundo, onde há conexão com a cavidade MJ-09 (seta) e o conjunto de matações de hematita compacta e pendente moldado na canga detrítica do teto.



Figura 66: Conjunto de coraloides milimétricos encontrados somente no salão principal, próximo a entrada.

Sua gênese, assim como a MJ\_0009, parece estar ligada a fatores exógenos de ampliação de canalículo em sistema vadoso, sendo possível que esta cavidade fosse uma primeira saída do escoamento captado da entrada superior daquela. No entanto, não é possível descartar uma possível fase inicial endógena em que estas cavidades fossem oclusas formando um sistema de acumulação freática em câmaras globulares iniciais, formando posteriormente a ligação externa através de conduto com a entrada superior da MJ\_0009.

A análise espeleométrica local e regional indicou os atributos de projeção horizontal, área e volume da cavidade como de dimensões médias em ambas as escalas. Desnível adquiriu dimensão baixa nas duas escalas, conforme a Figura 67.

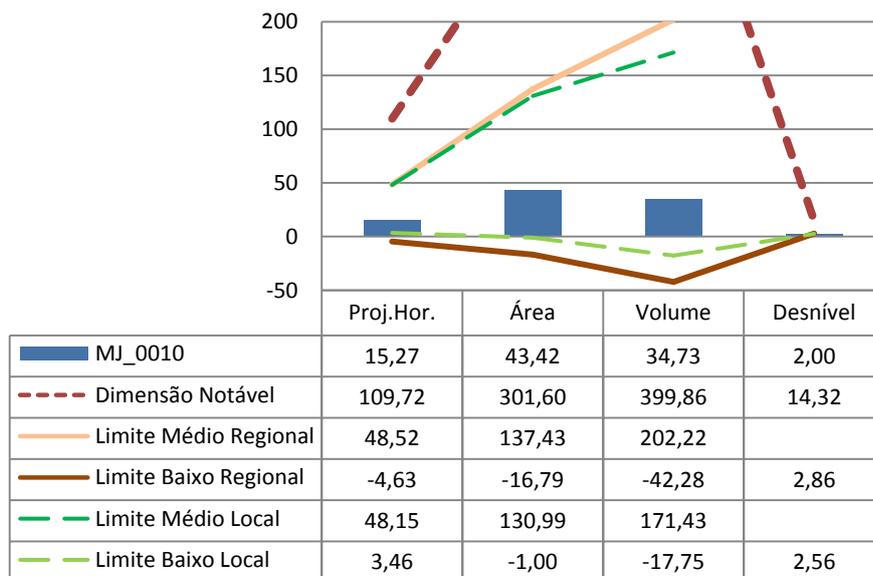


Figura 67: Análise espeleométrica da cavidade nas escalas local (unidade geomorfológica) e regional (unidade espeleológica) conforme o método estabelecido pela IN-2 de 2009 (ICMBio/CECAV).

## 5.4- Cavidade MJ\_0011

Data: 26/11/2013

Coordenadas planas UTM – datum SAD-69, Zona 23k - 0597271mE / 7779018mN – Altitude: 1417 m – Erro: +/- 3

Nome Inicial	Nome Espeleo_Vale	Proj.Hor. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Desnível (m)	Topografia_5D (realização)	Município
MJ-11	MJ_0011	23,73	63,95	88,25	2,50	Ativo Ambiental	Brumadinho

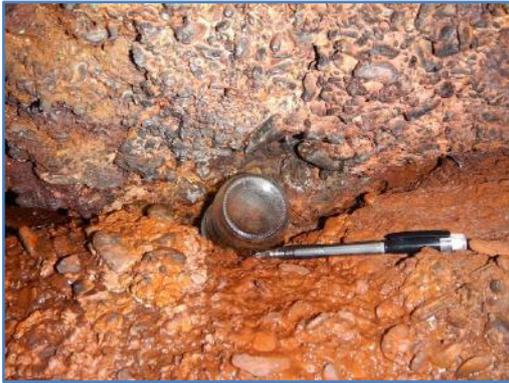
A cavidade está localizada em ruptura de declive do topo da serra do Rola-Moça na alta vertente em escarpa de 3 metros de altura aproximadamente e perpendicular a maior inclinação da vertente, estendendo-se lateralmente por 15 metros. A cavidade apresenta-se impactada pela visitação antrópica, com pichações, restos de fogueiras, de madeira e lixo. Foram encontrados guardados na cavidade copo, vela, plástico e vidro. Seu entorno imediato se apresenta conservado, com existência de belo campo rupestre no topo da canga e ocorrência de grandes canelas de ema na porção declivosa (de até 2 metros de altura).



Figura 68: Posição da cavidade em pequena escarpa na ruptura de relevo entre o topo aplainado da serra e sua vertente sul.



Figura 69: Vista do relevo do entorno com declividade acentuada e a presença de canelas-de-ema com espécimes de aproximadamente 2 m de altura..



**Figura 70:** Copo deixado no interior da cavidade, aparentemente sinalizando visitação constante.



**Figura 71:** Restos de fogueira localizados dentro da cavidade e tábuas utilizadas acento.

A litologia é mista, dividida entre a cobertura de teto e parede norte por canga detrítica com clastos de tamanho seixo e as paredes e teto próximo à entrada de formação ferrífera bandada (FFB), cujo plando de bandamento tem direção da camada é N-S e mergulho de 43º para E. As estruturas observadas foram juntas de alívio, plano de bandamento, fraturas e dobras. As fraturas foram observadas na canga, próximo ao contato com a FFB, horizontalizadas. Semi-dobra com mergulho de 75º foi observada na porção superior da cavidade.



**Figura 72:** Parede sul composta por Formação Ferrífera Bandada.



**Figura 73:** Parede norte, com parede e teto compostos por canga detrítica. Notar a junta de alívio entre eles.

Hidrologicamente, a cavidade apresenta condensação e gotejamento intenso, chegando a formar áreas de empocamento. O padrão planimétrico é retilíneo e seu piso inclinado em declive para o exterior. As feições morfológicas observadas foram claraboia, pilar, canáliculo, patamar, pendente, alvéolos e pontões estruturais.

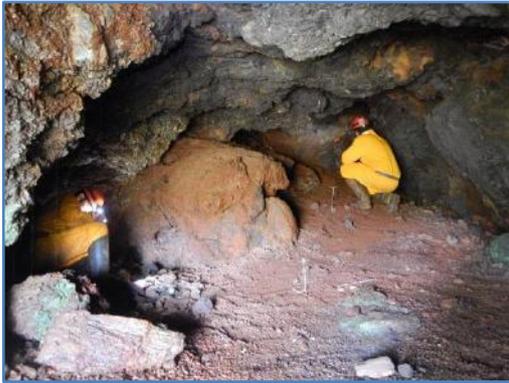


Figura 74: Vista geral da cavidade com padrão retilíneo, piso inclinado para exterior formado por sedimentos.



Figura 75: Detalhe de canalículo no teto com base coberto por crosta, indicativa de escoamento.



Figura 76: Vista voltada para claraboia, a qual desemboca em pequeno patamar superior contornado por pilares próximo ao teto.

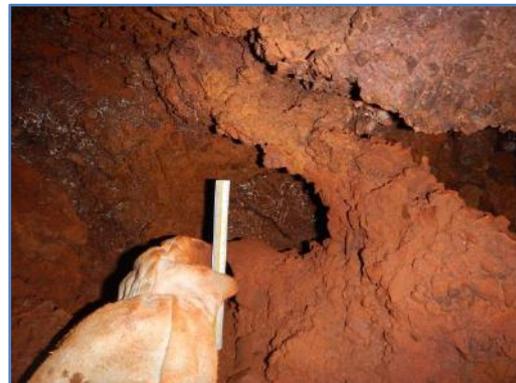


Figura 77: Um dos pilares encontrado no patamar de fundo da cavidade próximo à desembocadura de canalículos.

Os depósitos clásticos correspondem a grânulos e seixos recobrimdo toda a cavidade. Próximo à entrada, há ocorrência de blocos de calhaus. No fundo da cavidade há depósitos de serapilheira, possivelmente entulhamento por alguma claraboia ou canalículo de fundo. Os depósitos químicos encontrados são coraloides na porção proximal da cavidade, mais recorrentes sobre a FFB, crostas branca, esverdeadas e de óxido-hidróxidos dispersos e escorrimentos na porção distal da cavidade, mais relacionados à ocorrência da canga.

A gênese da cavidade apresenta caráter misto com uma fase inicial endógena e uma posterior exógena formando condutos e claraboia, hoje preenchidos por serapilheira. Sua posição em alta vertente de anfiteatro íngreme indica que sua evolução teve estreita relação, tanto em sub quanto em superfície, com dinâmica hídrica de uma nascente, atualmente com posição a jusante.



Figura 78: Coralóides de óxido-hidróxidos centimétricos do tipo rombudo.



Figura 79: Coralóides escuros pontiagudos em sequência sobre faixa de sílica da FFB.

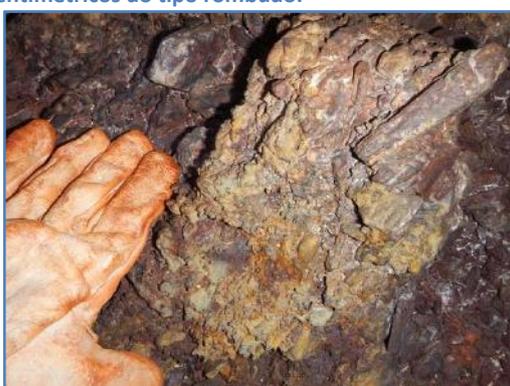


Figura 80: Crosta branca a ligeiramente esverdeada, possivelmente fosfática, encontrada sobre a canga.



Figura 81: Fundo do patamar distal da cavidade com depósitos consideráveis de serapilheira.

A análise espeleométrica local e regional indicou os atributos de projeção horizontal, área e volume da cavidade como de dimensões médias em ambas as escalas. Desnível adquiriu dimensão baixa nas duas escalas, conforme a Figura 82.

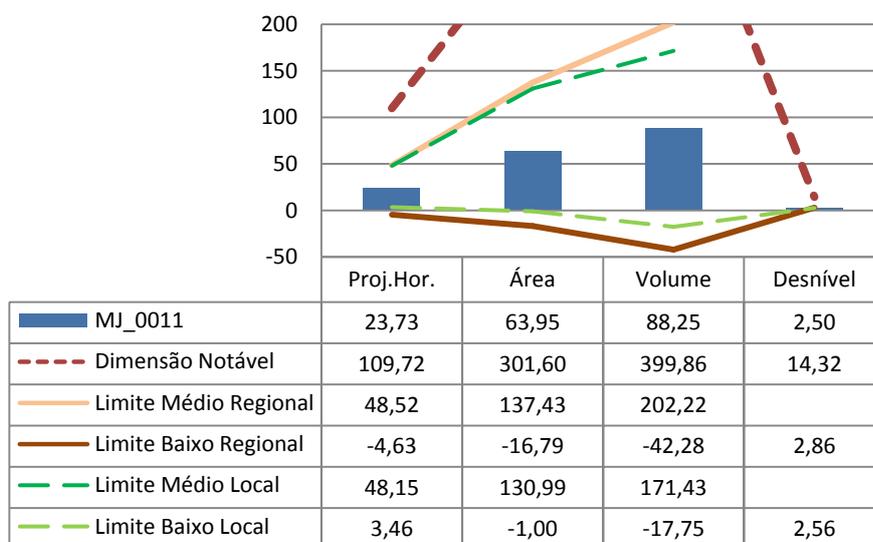


Figura 82: Análise espeleométrica da cavidade nas escalas local (unidade geomorfológica) e regional (unidade espeleológica) conforme o método estabelecido pela IN-2 de 2009 (ICMBio/CECAV).

## 6- ATRIBUTOS GEOESPELEOLÓGICOS GERAIS DAS CAVIDADES

### 6.1- Inserção na paisagem e aspectos litológicos

A avaliação do grau de inserção das cavidades analisadas é efetuada considerando cinco critérios, quais sejam: posição topográfica na vertente, concentração em intervalos de altitudes, relação com unidade de relevo local, posição de sua escarpa na vertente e continuidade lateral da escarpa.

Avaliando a posição topográfica, as cavidades se encontram em média vertente, com exceção da MJ\_0011 localizada em alta vertente (Figura 83). Ao se observar a altimetria de ocorrência das cavidades, as MJ\_0008, MJ\_0009 e MJ\_0010 se encontram em um intervalo de somente três metros, entre as altitudes de 1075 m até 1078 m (Figura 84), ao passo que a MJ\_0011 está posicionada 339 m acima, a 1417 m de altitude. Ou seja, elas estão posicionadas ao longo de rupturas de declive em quebra de canga, tanto do topo, quanto da base da ocorrência de coberturas de canga na vertente sul da serra de Três Irmãos. Ao mesmo tempo, apesar das escarpas serem recorrentes, estas não apresentam continuidade lateral extensa, sendo inferiores a 30 m.

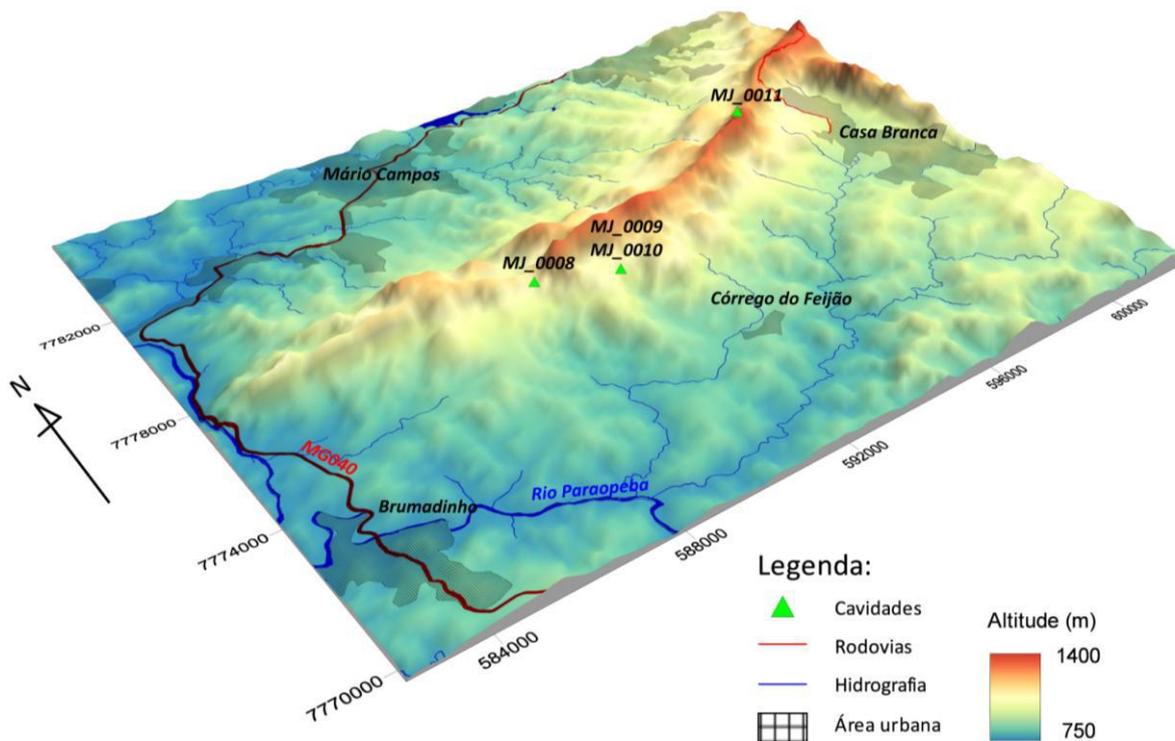


Figura 83: Modelo tridimensional apresentando o contexto altimétrico das cavidades analisadas.

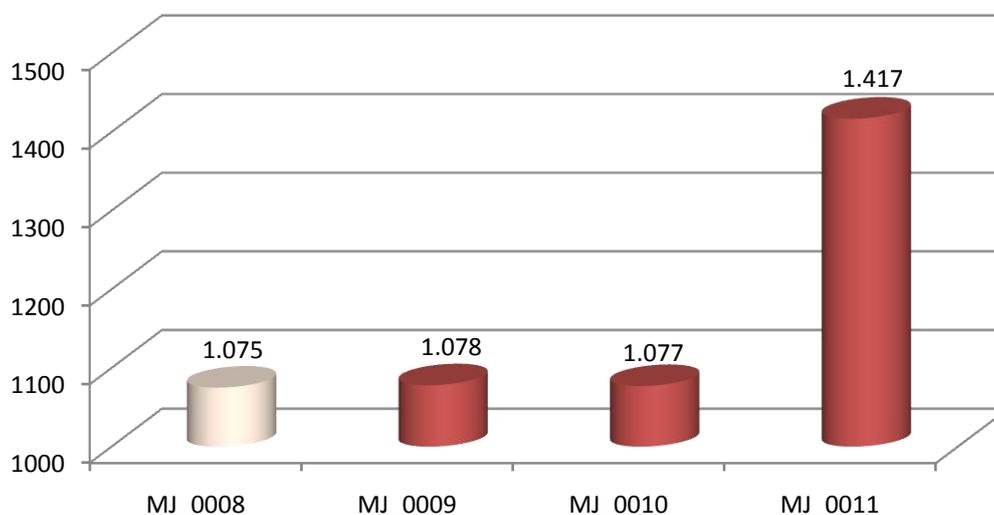


Figura 84: Ocorrência das cavidades por altimetria. As colunas vermelhas indica o litotipo ferrífero e a branca indica litotipo pelítico.

Ambas as cavidades ocorrem em escarpas entalhadas no contato das coberturas de canga de idade paleógena. Estas coberturas apresentam espessuras variáveis, compostas por fragmentos de itabirito e hematita compacta, alojadas sobrejacentes a antigas formações de itabiritos e filitos de era paleoproterozóica. Esta relação das cavidades com as litologias e unidades de relevo local demonstra que elas estão em bordas de anfiteatros fluviais e ao longo de rupturas de declive em vertentes muito inclinadas, indicando a importância da erosão e entalhe fluvial, assim como da ocorrência de depósitos detrítico-lateríticos terciários na espeleogênese local.

## 6.2- Espeleometria das cavidades

### 6.2.1- Rochas Ferríferas

Comparando as médias dos parâmetros espeleométricos, em todas as escalas (regional e local), com as cavidades da área de estudo, estas apresentaram valores variados. A cavidade MJ-10 apresenta dimensões inferiores às médias regionais e locais, em até menos da metade comparando o atributo de volume e de dois terços no caso da área. A MJ-09 apresenta valores próximos às médias e a MJ-11 apresenta valores próximos a superiores, como no caso de volume em que possui 9,4 % maior volume que a média regional.

Ao mesmo tempo, com exceção dos atributos volume e desnível, a média dos valores locais ultrapassa em pouco os valores regionais, indicando que as cavidades da unidade geomorfológica Quadrilátero-Oeste são relevantes dentro do Quadrilátero Ferrífero, assim como apresentado na Figura 85.

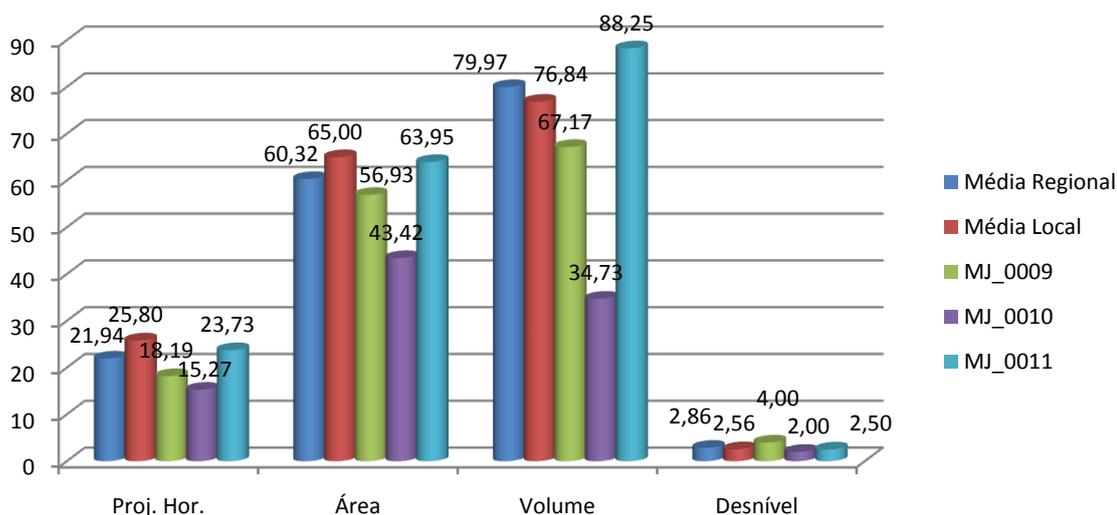


Figura 85: Resultados médios de área, desnível, projeção horizontal (PH) e volume para as cavidades em rochas ferríferas da área de estudo e para as escalas locais e regionais.

A análise dos dados espeleométricos conforme a IN-2 (2009) obteve os seguintes limites de corte de importância local e regional e respectivos resultados apresentados na Tabela 3 e Tabela 4.

Tabela 3: Limites das classes de importância local e regional em rochas ferríferas analisadas.

Cálculo Local – Formações Ferríferas				
	Proj. Hor.	Área	Volume	Desnível
<b>Média</b>	25,80	65,00	76,84	2,56
<b>Desvio Padrão</b>	22,34	66,00	94,59	2,14
<b>MED + DP (Limite Médio)</b>	48,15	130,99	171,43	4,70
<b>MED – DP (Limite Baixo)</b>	3,46	-1,00	-17,75	0,42
Cálculo Regional – Formações Ferríferas				
	Proj. Hor.	Área	Volume	Desnível
<b>Média</b>	21,94	60,32	79,97	2,86
<b>Dimensão Notável (5X a média regional)</b>	109,72	301,60	399,86	14,32
<b>Desvio Padrão</b>	26,58	77,11	122,25	2,95
<b>MED + DP (Limite Médio)</b>	48,52	137,43	202,22	5,81
<b>MED – DP (Limite Baixo)</b>	-4,63	-16,79	-42,28	-0,08

Tabela 4: Resultados de importância pelos parâmetros espeleométricos das cavidades em rochas ferríferas analisadas.

Caverna	PH	Área	Volume	Desnível	-
<i>MJ_0009</i>	18,19	56,93	67,17	4,00	-
<i>MJ_0010</i>	15,27	43,42	34,73	2,00	-
<i>MJ_0011</i>	23,73	63,95	88,25	2,50	-
Análise de Importância Local para PH, Área, Volume e Desnível					Importância Local Final
<i>MJ_0009</i>	Média	Alto	Média	Média	Significativa
<i>MJ_0010</i>	Média	Baixo	Média	Média	Significativa
<i>MJ_0011</i>	Média	Baixo	Média	Média	Significativa
Análise de Importância Regional para PH, Área, Volume e Desnível					Importância Regional Final
<i>MJ_0009</i>	Média	Alto	Média	Média	Significativa
<i>MJ_0010</i>	Média	Baixo	Média	Média	Significativa
<i>MJ_0011</i>	Média	Baixo	Média	Média	Significativa

Em ambas as escalas, local e regional, para litologia de formações ferríferas, as cavidades em estudo obtiveram importância significativa. Nenhuma cavidade obteve importância alta ou classe de dimensão notável e nenhuma obteve baixa importância, devido aos resultados negativos ou próximos de zero de limite de corte com a subtração da média pelo desvio padrão locais e regionais.

### 6.2.2- Rochas Pelíticas

Comparando as médias dos parâmetros espeleométricos de cavidades em rochas pelíticas, em todas as escalas (regional e local), com a cavidade da área de estudo, esta apresenta valores elevados. A cavidade MJ\_0008 apresenta dimensões bem superiores às médias locais e regionais, considerando que a quantidade de cavidades em litotipopelítico ainda representa um montante pequeno. A MJ\_0008 apresenta valores superiores às médias das unidades locais e regionais em cerca de 30 % para projeção horizontal, 37 % para área, 45,5 % para volume e 49,6 % para desnível.

Ao mesmo tempo, com exceção do atributo de desnível, a média dos valores locais ultrapassam em pouco os valores regionais, indicando que as cavidades pelíticas da unidade geomorfológica Quadrilátero-Oeste são relevantes dentro do Quadrilátero Ferrífero, assim como apresentado na Figura 67. A grande maioria das cavidades pelíticas conhecidas no Quadrilátero Ferrífero se encontram na unidade geomorfológica do Quadrilátero-Oeste.

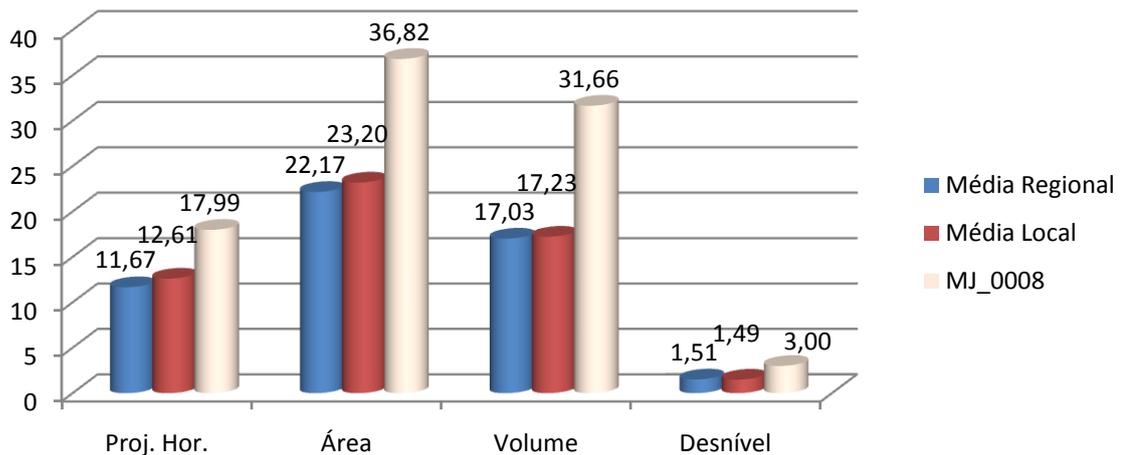


Figura 86: Resultados médios de área, desnível, projeção horizontal (PH) e volume para as cavidades em rochas ferríferas para as escalas locais e regionais e da área de estudo.

A análise dos dados espeleométricos em rochas pelíticas conforme a IN-2 (2009) obteve os seguintes limites de corte de importância local e regional e respectivos resultados apresentados na Tabela 5 e Tabela 6.

Tabela 5: Limites das classes de importância local e regional em rochas ferríferas analisadas.

Cálculo Local – Pelitos				
	Proj. Hor.	Área	Volume	Desnível
Média	12,61	23,20	17,23	1,49
Desvio Padrão	5,52	18,75	11,89	0,98
MED + DP (Limite Médio)	18,13	41,95	29,12	2,47
MED – DP (Limite Baixo)	7,10	4,45	5,35	0,51
Cálculo Regional – Pelitos				
	Proj. Hor.	Área	Volume	Desnível
Média	11,67	22,17	17,03	1,51
Dimensão Notável (5X a média regional)	58,35	110,84	85,14	7,55
Desvio Padrão	5,34	17,09	11,08	0,89
MED + DP (Limite Médio)	17,01	39,25	28,11	2,40
MED – DP (Limite Baixo)	6,33	5,08	5,94	0,62

Tabela 6: Resultados de importância pelos parâmetros espeleométricos das cavidades em rochas ferríferas analisadas.

Caverna	PH	Área	Volume	Desnível	-
<i>MJ_0008</i>	17,99	36,82	31,66	3,00	-
Análise de Importância Local para PH, Área, Volume e Desnível					Importância Local Final
<i>MJ_0008</i>	Média	Média	Alto	Alto	Acentuada
Análise de Importância Regional para PH, Área, Volume e Desnível					Importância Regional Final
<i>MJ_0008</i>	Alta	Média	Alto	Alto	Acentuada

### 6.3- Aspectos hidrológicos das cavidades

O processo hidrológico observado nas cavidades foram gotejamento e percolação. Além deles, foram comumente observadas nas cavidades, marcas de escoamento temporário ao longo dos pisos a partir dos canalículos de fundo e entrada superior, como no caso da MJ\_0009.

#### 6.4- Morfologia das cavidades

A análise da planta baixa das cavidades possibilitou a identificação de três padrões planimétricos, sendo um deles misto, na MJ\_0009. Os padrões constatados foram salão único, retilíneo, esponjiforme e misto entre retilíneo e salão único.

As MJ\_0008, MJ\_0009 e MJ\_0010 apresentaram duas entradas cada uma, sendo uma menor localizada em patamar superior e uma inferior maior correspondendo à entrada principal. Enquanto a MJ\_0008 e a MJ\_0010 apresentaram duas entradas estreitas e baixas, a MJ\_0009 e MJ\_0011 apresentaram entrada principal larga e de maior altura, da mesma largura do salão principal.

No caso da inclinação do piso, houve padrão em piso inclinado em aclave para o interior, em direção aos canalículos, conduto de fundo e entrada superior, sendo observado em todas, a formação de patamares nos salões principais. As feições identificadas mais comuns às cavidades analisadas foram pendentes, pilares, alvéolos e canalículos.

#### 6.4- Depósitos químicos

Os depósitos químicos observados em ambas foram as crostas brancas e de óxido-hidróxidos, além de coralóides. Destaque se dá à MJ-08, que apresenta pequenas colunas, estalactites centimétricas e espeleotemas de cimentação em “casca de ovo”, com forma de canudo, bolhas e irregular. Além disso, foram notadas feições tipo “boxwork” em contatos de blocos depósitos com marcas de “canal de teto”.

#### 6.5- Aspectos espeleogenéticos e cronológicos

Os estudos relacionados à evolução cárstica em rochas ferríferas (SIMMONS, 1963; MCFARLANE & TWIDALE, 1987; PINHEIRO&MAURITY, 1988; RIBEIRO, 2003; PILÓ & AULER, 2005; SPIER, 2005) indicam que, de modo geral, a formação de cavidades passa por duas fases em meio hipógeo e epígeo. Inicialmente, ao longo da canga, assim como no itabirito ou nas formações ferríferas bandadas, há o predomínio de processos de percolação e lixiviação. Em outras palavras, inicialmente prevalecem os processos químicos dissolutivos dos minerais menos resistentes, relativamente (dolomita, sílica, além da própria hematita, entre outras). Trata-se de um

fenômeno de lixiviação do qual resulta um enriquecimento supergênico do ferro no meio com alta porosidade e perda de 40 a 50 % do volume da rocha.

A evolução da lixiviação passa por processos semelhantes ao “piping” que, em longo prazo, podem formar canalículos e condutos ou resultar na abertura de câmaras globulares. Algumas situações sugerem uma ação freática de baixo gradiente. Posteriormente, estas feições passariam a se ligar ao exterior por processos erosivos físicos (abatimentos, ação fluvial, ampliação de canalículos, entre outros). Neste sentido, a gênese das cavidades em formação ferrífera da área de estudo acompanhou a evolução mista entre endógena e exógena no contato entre a canga e a formação ferrífera bandada.

Ao mesmo tempo, estas cavidades possuem evolução estreitamente ligada à idade de formação das coberturas de canga. Conforme Carste (2010), datações pelo método  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  indicam idades entre 61,5 Ma e 14,2 Ma, sugerindo uma longa história de intemperismo na região. Estes dados cronológicos também confirmaram que o perfil de intemperismo das formações ferríferas já tinha atingido o atual estágio de desenvolvimento há cerca de 50 Ma, sugerindo que a frente intempérica avançou muito pouco durante o Neógeno.

Esses dados indicam que, a partir do Eoceno, as formações ferríferas já apresentavam boas condições para a espeleogênese durante provavelmente o período de formação da superfície Sul-Americana (KING, 1956). As feições de cavidades em estágio hipógeo seriam exumadas posteriormente, de acordo com o avanço de ciclos erosivos na região, considerado fortemente atuante simultaneamente desde o Terciário (MAXWELL, 1972; SANT’ANNA *et al.*, 1997; MAIZATTO, 2001). Como a idade dos depósitos de canga da área são consideradas do período paleógeno, as cavidades podem ter idades longas, até quaternárias em até 1,8 milhão de anos.

A partir deste momento, os processos de erosão remontante com os cicloerosivos Velhas e Paraguçu (KING, 1956) passaram a favorecer quedas de blocos com a formação de depósitos de tálus e o surgimento de cavidades, tanto em topos com afloramentos quanto ao longo de vales, influenciados pela ação erosiva fluvial, atuando juntamente na exumação das cavidades oclusas. Isto é o caso das cavidades analisadas.

## 7- CONCLUSÃO

A partir das análises realizadas, foi possível constatar que a maioria das cavidades está localizada em média vertente, ao longo de escarpas paralelas à maior inclinação da vertente com continuidade lateral pouco expressiva. Os litotipos de ocorrência foram dois: formações ferríferas e rochas pelíticas. As cavidades MJ\_0011 e MJ\_0008 se encontram nos contatos entre a rocha matriz (formação ferrífera bandada e rocha pelítica respectivamente) com canga detrítica. Este comportamento demonstra a variação na distribuição das coberturas detrítico-lateríticas na área de estudo.

Os parâmetros espeleométricos para as cavidades em rochas ferríferas da área de estudo indicaram valores médios semelhantes aos encontrados nas escalas regional e local. Para a cavidade em rocha pelítica (MJ\_0008) os valores obtidos foram superiores às médias regionais e locais. Não foi constatado entre as cavidades um padrão morfológico principal, estando dividido entre: salão único (1 cavidade), espongiforme (1 cavidade), retilíneo (1 cavidade) e uma mista entre retilínea e salão único (1 cavidade); com piso relativamente plano ou inclinado para o exterior, sendo comum a existência de escoamentos temporários, gotejamentos, percolação e condensação.

As feições morfológicas mais comuns observadas foram alvéolos e canalículos, seguidas de patamares. Em caso específico, na cavidade MJ\_0008, foram observados paleopisos e feições aproximadas de canais de teto, ambos com preenchimentos de textura argilosa.

Os depósitos químicos encontrados com maior recorrência foram coraloides, escorrimentos e crostas branca e de óxido-hidróxido. Com destaque para a cavidade pelítica MJ\_0008, onde se observou feições singulares denominadas como "cortina serrilhada", "canudo" e "casca de ovo".

O conhecimento atual sobre a gênese e evolução das cavidades em rochas ferríferas e pelíticas sugere que essas possuem idades de no máximo de 50 Ma. Onde o desenvolvimento destas cavidades ocorreu, de maneira geral, pela atuação de fatores endógenos e exógenos em diferentes fases.

Na área de estudo, os fatores endógenos estão associados aos processos hídricos em subsuperfície ao longo do contato da formação das superfícies de canga com as litologias subjacentes. Posteriormente, pelo comportamento das cavidades, os fatores exógenos iniciados no decorrer da formação da "Superfície Sul-Americana" (KING, 1956), do Eoceno ao Oligoceno,

mantidos até os ciclos erosivos recentes (Velhas e Paraguaçu de King, 1956) e ativos indicam ter maior peso no processo de espeleogênese.

A partir da análise das cavidades foi possível constatar que os dados espeleométricos de todas se enquadram na média geral das cavidades em minério de ferro do Quadrilátero Ferrífero. Avaliando as condições geoespeleológicas, preliminarmente pode-se dizer que a cavidade MJ\_0008 apresenta configuração notável de espeleotemas e estruturas geológicas de interesse científico, podendo atingir relevância espeleológica no mínimo de alta a máxima. Estes espeleotemas são pouco comuns e de difícil ocorrência no litotipo da cavidade e não são tão conhecidos em termos evolutivos e de composição.

Nenhuma das cavidades restantes (MJ\_0009, MJ\_0010 e MJ\_0011) apresenta algum atributo geoespeleológico diferenciado, podendo atingir, com a conclusão da análise de relevância, resultado de baixa a média relevânciageoespeleológica.

## 8- BIBLIOGRAFIA

ALKIMIN, F.F. & MARSHAK, S. 1998. *Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero*. Precambrian Research. v. 90. p. 29-58.

ATIVO AMBIENTAL (a). 2013. *Classificação de Relevância de cavidades inseridas no Projeto Mina de Brucutu*. VALE S.A. Diagnósticos de Geoespeleologia, Bioespeleologia e Análise de Relevância. 3 Volumes. Belo Horizonte.

ATIVO AMBIENTAL (b). 2013. *Classificação de Relevância de cavidades inseridas no Projeto Mina de Fábrica*. VALE S.A. Diagnósticos de Geoespeleologia, Bioespeleologia e Análise de Relevância. 3 Volumes. Belo Horizonte.

AULER, A.S; PILÓ, L.B. 2007. *Aspectos morfológicos e evolução de cavernas em minério de ferro no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. In: II Encontro Brasileiro de Estudos do Instituto de Geociências, IG-USP. Caderno de Resumos, página 8.

BALTAZAR, O.F.; BAARS F.J.; LOBATO, L.M.; REIS, L.B.; ACHTSCHIN, A.B.; BERNI, G.V.; SIVEIRA, V.D. 2005. *Mapa Geológico com nota explicativa em escala 1:50000*. In: Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero – Integração e Correção Cartográfica em SIG. Lobato et al. (2005).

BRICHTA, A.; PATERNOSTER, K.; SCHOLL, W.U.; TURINSKY, F. 1980. *Die Gruta do Salitre bei Diamantina, Minas Gerais, Brasilien, kein "Einsturzloch"*. Zeitschrift für Geomorphologie 24: 236-242.

CARSTE, CONSULTORES ASSOCIADOS. 2010. *Espeleologia da área do projeto Apolo Quadrilátero Ferrífero, MG*. Relatório de Diagnóstico e Relevância. VALE. Belo Horizonte.

CARSTE, CONSULTORES ASSOCIADOS (a). 2011. *Estudos espeleológicos, Projeto Vargem Grande - Quadrilátero Ferrífero*. Relatório de Diagnóstico e Relevância. VALE. Belo Horizonte.

CARSTE, CONSULTORES ASSOCIADOS (b). 2011. *Serra do Sapo – Espeleologia, Diagnóstico Bioespeleológico, Diagnóstico Geoespeleológico, Análise de Relevância*. Relatório de Diagnóstico e Relevância. ANGLO AMERICAN. Belo Horizonte.

CARSTE, CONSULTORES ASSOCIADOS. 2013. *Diagnóstico Espeleológico e Análise de Relevância das Cavidades do Projeto Várzea do Lopes, Itabirito, MG.* Relatório de Diagnóstico e Relevância. GERDAU. Belo Horizonte.

CORRÊA NETO, A.V.; ANÍSIO, L.C.C.; BRANDÃO, C.P. 1993. *Um endocarste quartzítico na Serra do Ibitipoca, sudeste de Minas Gerais.* Anais do VII Simpósio de Geologia de Minas Gerais- SBG Núcleo MG – Bol. 12: 83-86.

KING, L. C. *A geomorfologia do Brasil oriental.* Revista Brasileira de Geografia, vol 18, p. 147-265, 1956.

MAIZATTO, JOSÉ RICARDO. 2001. *Análise Bioestratigráfica, Paleoecológica e Sedimentológica das Bacias Terciárias do Gandarela e Fonseca . Quadrilátero Ferrífero .* Minas Gerais, com Base nos Aspectos Palinológicos e Sedimentares. Tese de Doutorado. Ouro Preto, 2001, 333 pág.

MAXWELL, CHARLES H; *BRASIL. Geology and ore deposits of the Alegria district, Minas Gerais, Brazil.* Washington, U.S. Govt. Print. Off., 1972. 72 p8 mapas (Geology and mineral resources of parts of Minas Gerais, Brazil).

MCFARLANE, M.J.; TWIDALE, C.R. 1987. *Karstic features associated with tropical weathering profiles.* Zeitschrift für Geomorphologie Suppl. Bd 64: 73-95.

NETO, R. M. 2008. *Evolução de caverna em quartzito e processos cársticos em São Thomé das Letras-MG: contribuição ao estudo de sistemas cársticos em rochas silicáticas.* Geosul, Florianópolis, v. 23, n. 45, p 105-121, jan./jun.

OLIVEIRA, O.A.B. de; OLIVITO, J.P.R.; RODRIGUES-SILVA, D. 2011. *Caracterização da Unidade Espeleológica e das Unidades Geomorfológicas da Região do Quadrilátero Ferrífero – MG.* Espeleo-Tema. v.22, n.1. 2011. p. 61-80. SBE – Campinas, SP.

PILÓ, L.B; AULER, A. S. 2005. *As cavernas em minério de ferro e canga de Capão Xavier, Quadrilátero Ferrífero, MG.* O Carste 17(3): 93-105.

PILÓ, L.B.; AULER, A.S.; FERREIRA, R.L.; BAETA, A.M.; PILÓ, H.M.D. 2005. *Estudos espeleológicos na área da mina de minério de ferro Capão Xavier – MBR, Nova Lima, MG.* Relatório inédito, 268 p.

PINHEIRO, R.V.L.; MAURITY, C.W. 1988. *As cavernas em rochas intempéricas da Serra dos Carajás (PA) – Brasil.* Anais 1º Congresso de Espeleologia da América Latina e do Caribe, Belo Horizonte, pp. 179-186.

PORTO, M.L. & M.F.F. SILVA. 1989. *Tipos de vegetação metalófila em áreas da Serra de Carajás e de Minas Gerais*. Acta Botanica Brasílica 3: 13-21.

RIBEIRO, D.T. 2003. *Enriquecimento Supergênico de Formações Ferríferas Bandadas: Estruturas de Colapso e Desordem*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 124 p. (Tese de doutorado).

ROSIÈRE, CARLOS A. E CHEMALE JR., FARID. 2000. *Itabiritos e minérios de ferro de alto teor do Quadrilátero Ferrífero – uma visão geral e discussão*. Geonomos, 8 (2): 27-43, 2000.

SANT'ANNA, L. G.; SCHORSCH, H. D.; RICCOMINI, C. 1997. *Cenozoic tectonics of the Fonseca Basin region, Eastern Quadrilátero Ferrífero, MG, Brazil*. In: Journal of South American Earth Sciences, 10(3/4): 275-284.

SIMMONS, G.C. 1963. *Canga caves in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. The National Speleological Society Bulletin 25: 66-72.

SPELAYON CONSULTORIA-ME. 2012. *Análise de Relevância de Cavidades, Mina Viga*. Relatório de Diagnóstico e Relevância. Ferrous Resources do Brasil S/A. Belo Horizonte.

SPIER, C.A. 2005. *Geoquímica e gênese das formações ferríferas bandadas e do minério de ferro da mina de Águas Claras, Quadrilátero Ferrífero, MG*. Instituto de Geociências, USP. (Tese de Doutorado).

SPOLARODE, A. & COTTAS, L.R.. 2007. *Ornamentos de cavernas areníticas*. In: Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Espeleologia, Ouro Preto, MG – Sociedade Brasileira de Espeleologia. 2007.

VARAJÃO, C.A.C. *A questão da correlação das superfícies de erosão do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. Revista Brasileira de Geociências, v. 21, n. 2, Rio de Janeiro/RJ, p.138-145, 1991.

VARAJÃO, C.A.C.; SALGADO, A.A.R.; VARAJÃO, A.F.D.C.; BRAUCHER, R.; COLIN, F.; NALINI JUNIOR, H.A. *Estudo da evolução da paisagem do Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais, Brasil) por meio da mensuração das taxas de erosão (<sup>10</sup>Be) e da pedogênese*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, p.1409-1425, 2009.

WIEGAND, J., FEY, M., HAUS, N. & KARMANN, I. (2004): *Geochemical and hydrochemical investigation on the genesis of sandstone and quartzite karst of the Chapada Diamantina and the Iron Quadrangle (Brazil)*. Z.d.t.geol. Ges. 155:61-90; Stuttgart.

WILLEMS, L.; RODET, J.; POUCKET, A.; MELO, S.; RODET, M. J.; COMPÈRE, P.; HARTET, F.; AULER, A. S. 2008. *Karsts in sandstones and quartzites of Minas Gerais, Brazil*. *Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe Coruña*. 2008. Vol. 33, pp. 127 – 138.

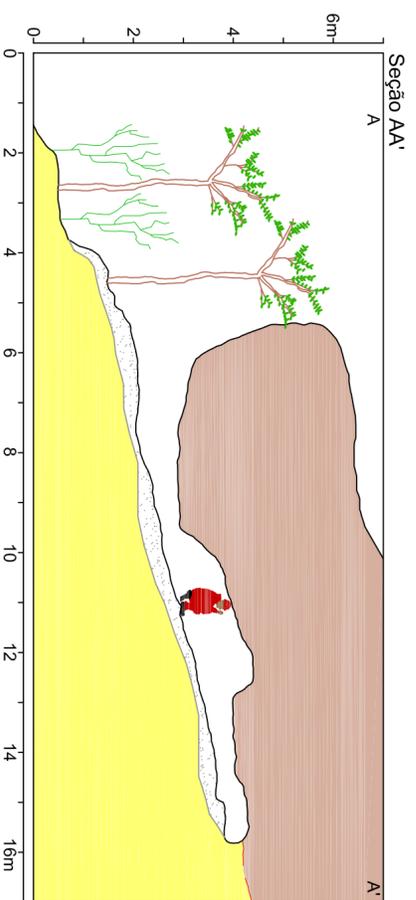
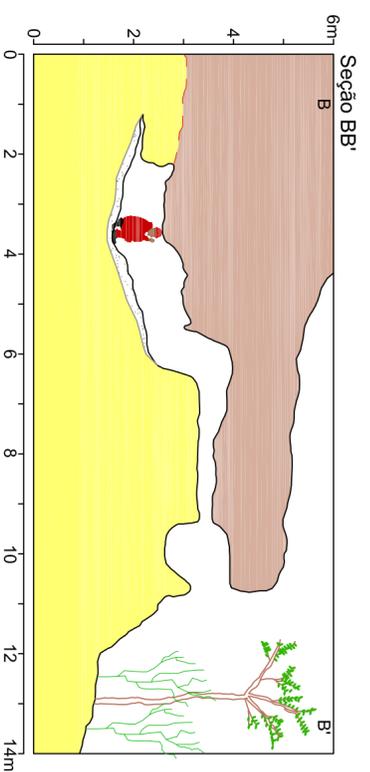
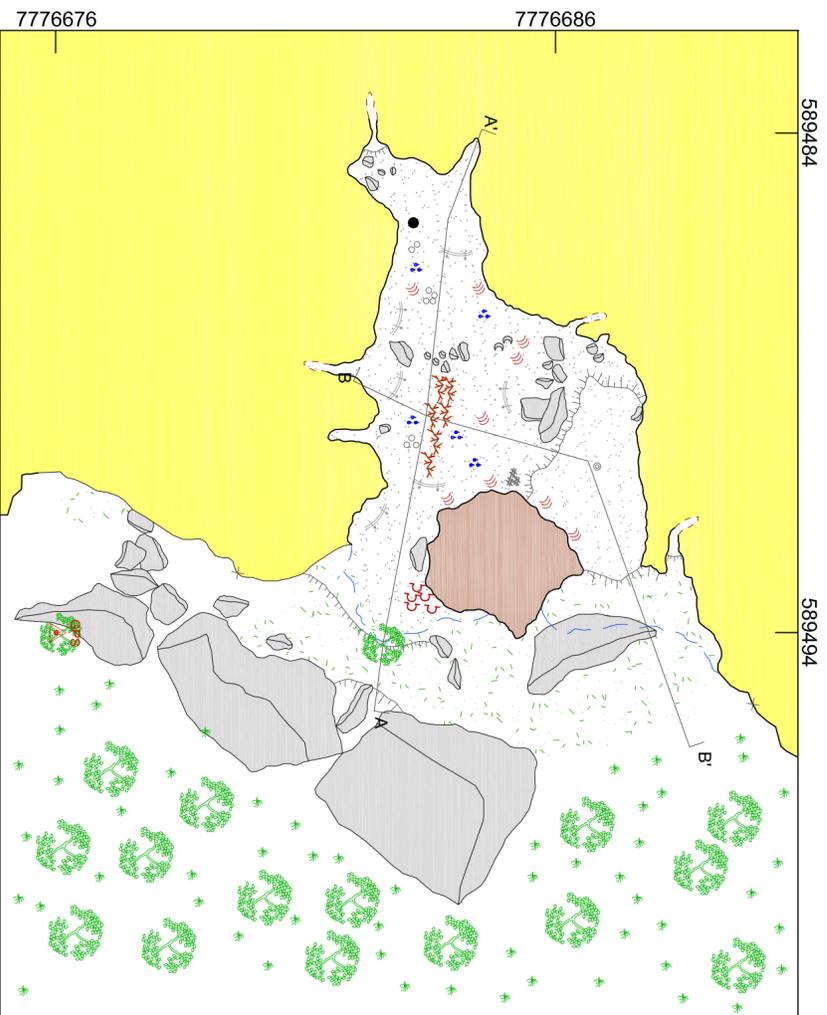
Sítio Oficial do Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Rola-Moça:  
<http://www.biodiversitas.org.br/planosdemanejo/pesrm>

## **ANEXOS**

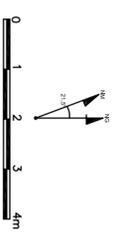
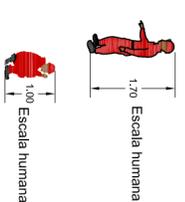
## **ANEXO 1**

### Mapa das Cavidades

UTM: 589494E / 7776676N / 1075m  
 Datum: SAD 69 - Zona: 23S  
 Classificação BCRA: 5D  
 PH: 17,99 m  
 Área: 36,82 m²  
 Volume aproximado: 31,66 m³  
 Desnível: 3 m

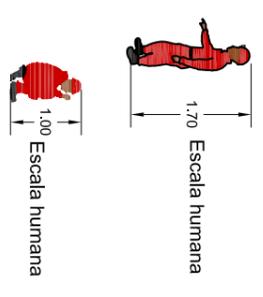
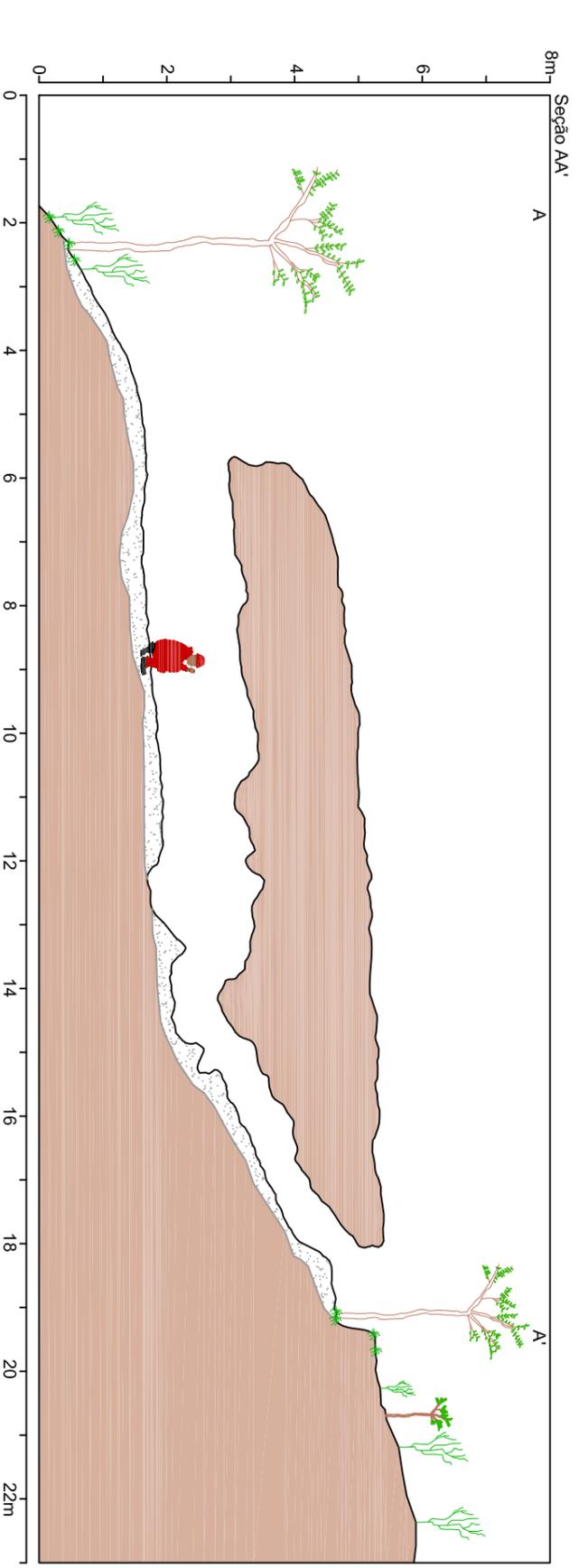
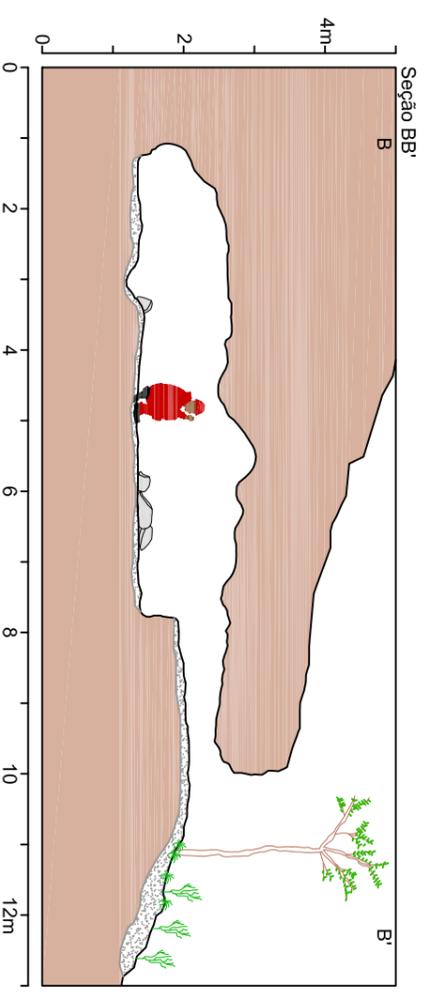
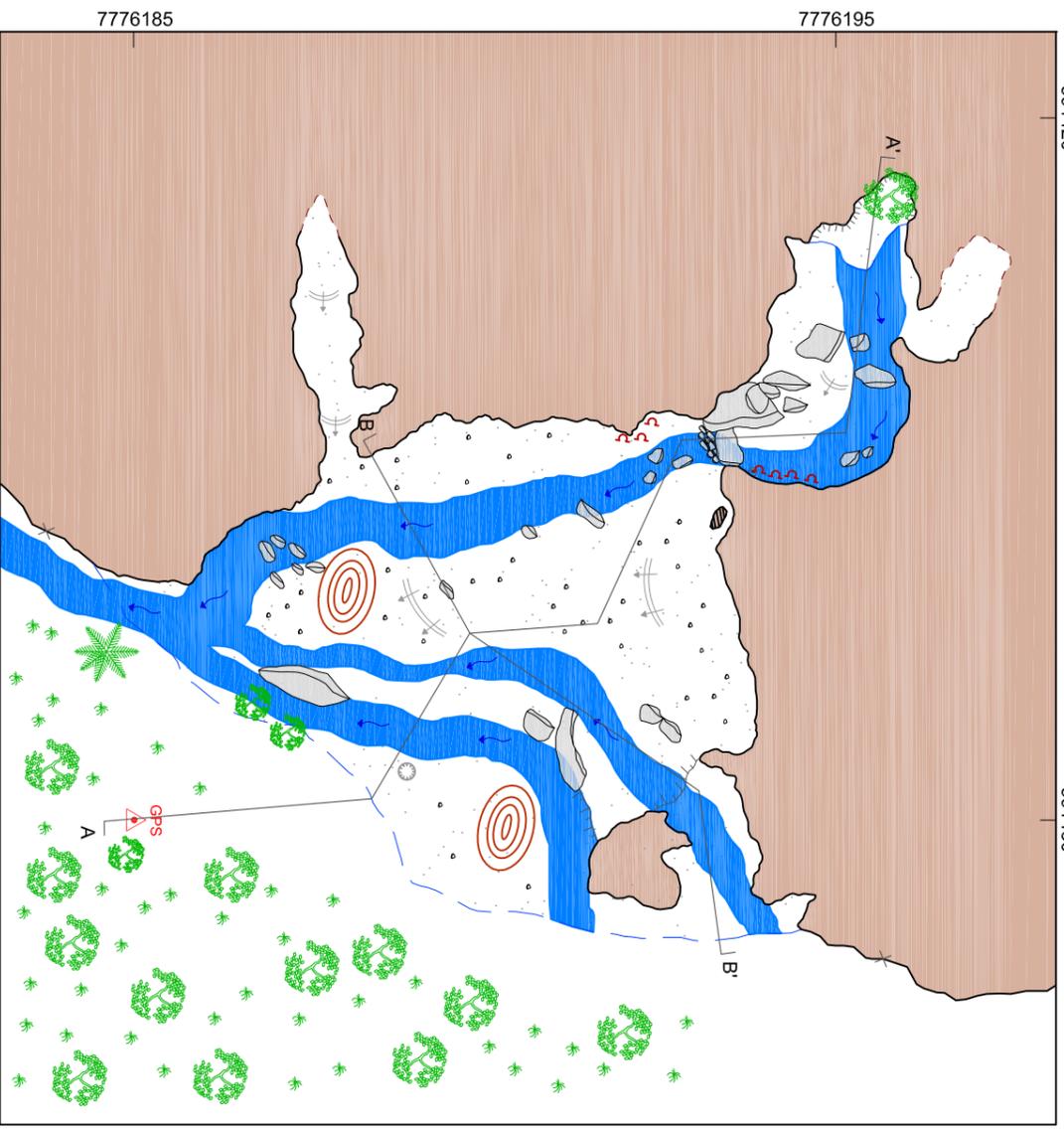


- LEGENDA**
- Canga
  - Metapelite
  - Sedimento
  - Matéria orgânica
  - GPS entrada
  - Indicação do sentido da seção
  - Blocos e matacões
  - Vegetação
  - Parede interna
  - Parede externa
  - Linha d'água
  - Contato geológico inferior
  - Desnível abrupto
  - Patamar/Desnível suave
  - Curva de nível
  - Raízes
  - Corralide
  - Escorrimento
  - Gotejamento
  - Rizoloma
  - Guano
  - Estalactite
  - Coluna
  - Casca de ovo
  - Camudo



		Diretoria de Ferrosos Sul - DIFL Núcleo de Espetologia VALE			
PROJETO: RELEVÂNCIA DO COMPLEXO PARAOPERA Cavidade MJ_0008					
Área: Burmadingho					
RESP. TÉCNICO:	CROQUISTA: LUCAS M. RABELO	ESCALA:	1:100	DATA:	20/11/2013
LEANDRO M. MACIEL	ANOTADOR: SERGIO L. SALES	DESENHO:	SERGIO L. SALES	FOLHA	
RESP. TOPOGRAFIA:	INSTRUMENTISTA: PAULO M. RABELO			A3	
PAULO G. G. ROSSI	PONTA DE TRENA: LUCAS M. RABELO				

591420 591430



UTM: 591430E / 7776185N / 1086m  
 Datum: SAD 69 - Zona: 23S  
 Classificação BCRA: 5D  
 PH: 18,19 m  
 Área: 56,93 m<sup>2</sup>  
 Volume aproximado: 67,17 m<sup>3</sup>  
 Desnível: 4 m

**LEGENDA**

- Canga
- Sedimento
- Escoramento temporário
- GPS entrada
- Indicação do sentido da seção
- Blocos e matações
- Grânulos e seixos
- Vegetação
- Parede interna
- Parede externa
- Linha d'água
- Contorno inferido
- Desnível abrupto
- Patamar/Desnível suave
- Curva de nível
- Buraco
- Coralíide
- Cupinzeiro
- Coluna

		<b>Diretoria de Ferrosos Sul - DIFL</b> <b>Núcleo de Espeleologia VALE</b>			
<b>PROJETO: RELEVÂNCIA DO COMPLEXO PARAPEBA</b> <b>Cavidade MJ_0009</b> Área: Brumadinho					
RESP. TÉCNICO:	LEANDRO M. MACIEL	COORDINADOR:	LUCAS M. RABELO	ESCALA:	1:100
RESP. TOPOGRAFIA:	PAULO G. G. ROSSI	INSTRUMENTISTA:	PAULO G. G. ROSSI	DESENHO:	SERGIO L. SALES
		PONTA DE TRENA:	LUCAS M. RABELO	DATA:	03/12/2013
				FOLHA:	A3

UTM: 591418E / 7776175N / 1060m

Datum: SAD 69 - Zona: 23S

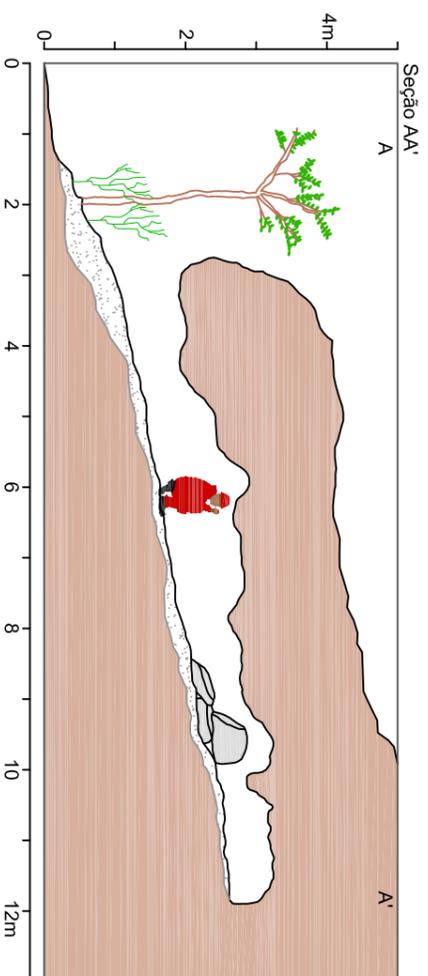
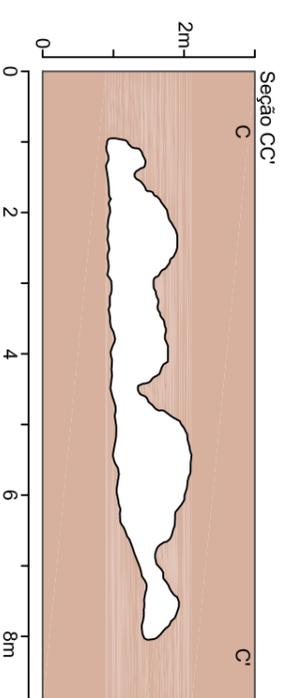
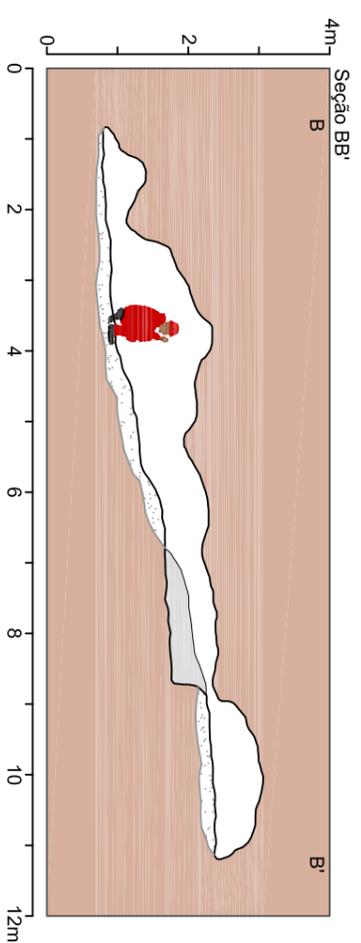
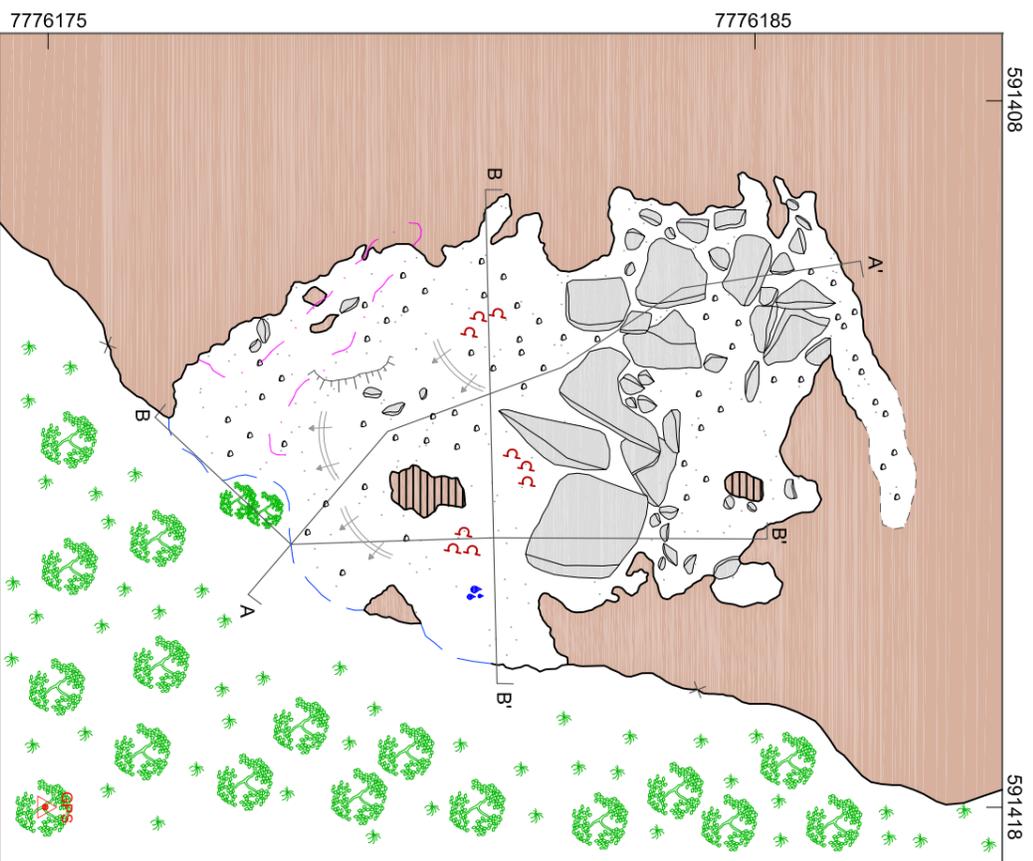
Classificação BCRA: 5D

PH: 15,27 m

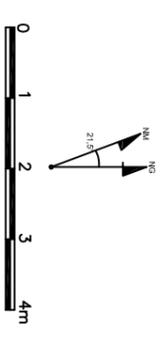
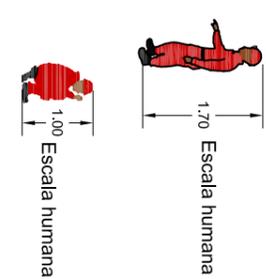
Área: 43,42 m<sup>2</sup>

Volume aproximado: 34,73 m<sup>3</sup>

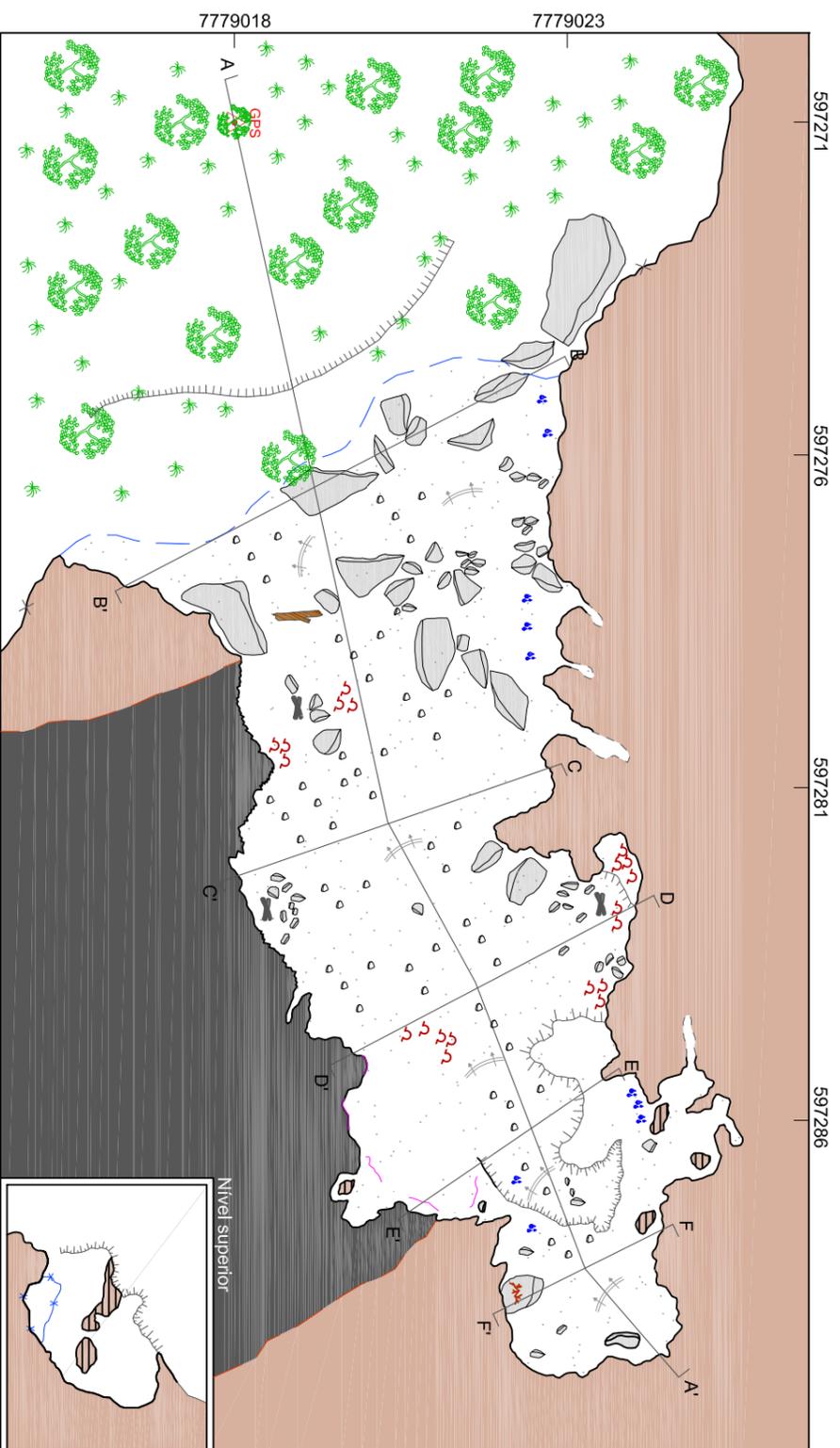
Desnível: 2 m



- LEGENDA**
- Canga
  - Pilar
  - Sedimento
  - GPS entrada
  - Indicação do sentido da seção
  - Blocos e matacões
  - Grânulos e seixos
  - Vegetação
  - Parede interna
  - Parede externa
  - Linha d'água
  - Patamar/Desnível suave
  - Nivel inferior
  - Contato inferior
  - Curva de nível
  - Gotejamento
  - Coralíide



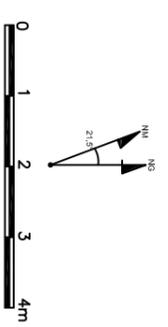
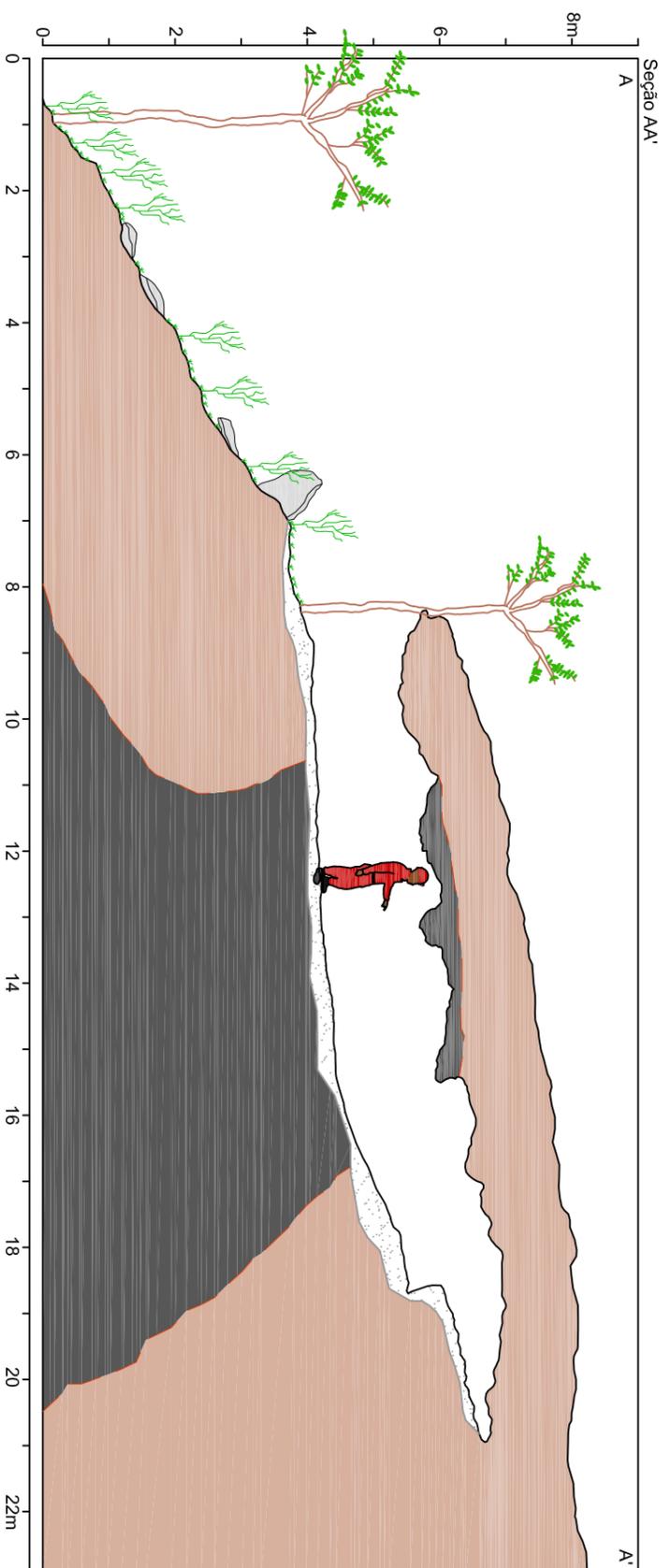
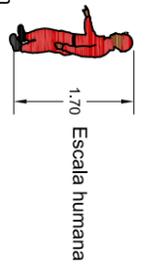
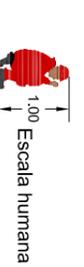
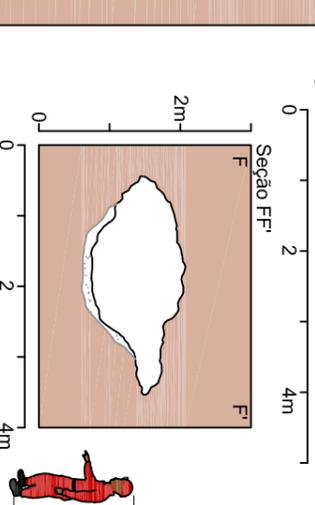
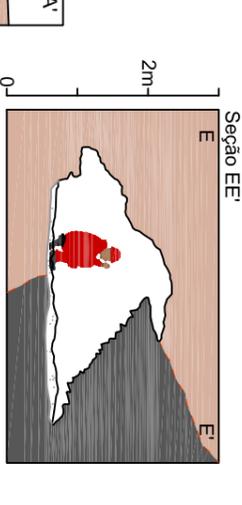
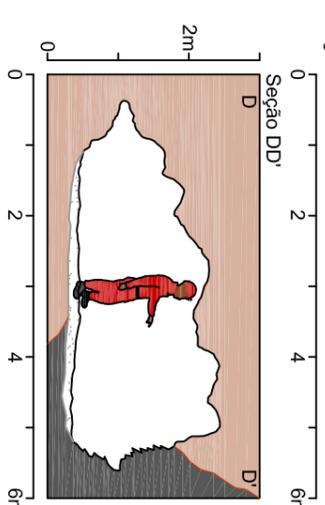
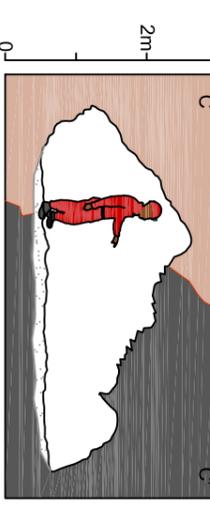
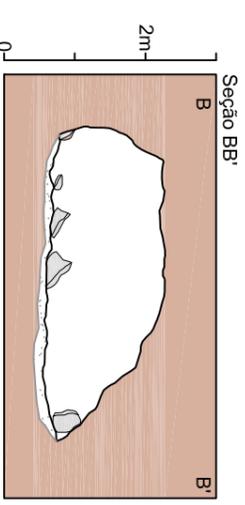
Diretoria de Ferrosos Sul - DIFL	
Núcleo de Espeleologia VALE	
PROJETO: RELEVÂNCIA DO COMPLEXO PARAOPÉBA	
Área: Brumadinho	
RESP. TÉCNICO: LEANDRO M. MACIEL	CRIOQUISTA: LUCAS M. RABELO
RESP. TOPOGRAFIA: PAULO G. G. ROSSI	ANOTADOR: PAULO G. G. ROSSI
	INSTRUMENTISTA: LUCAS M. RABELO
	PONTA DE TREVA: SERGIO L. SALES
ESCALA: 1:100	DATA: 05/12/2013
DESENHO: SERGIO L. SALES	FOLHA A3



UTM: 597271E / 7779018N / 1417m  
 Datum: SAD 69 - Zona: 23S  
 Classificação BCRA: 5D  
 PH: 23,73 m  
 Área: 63,95 m<sup>2</sup>  
 Volume aproximado: 88,25 m<sup>3</sup>  
 Desnível: 2,5 m

**LEGENDA**

- Canga
- BIF
- Pilar
- Sedimento
- GPS entrada
- A Indicação do sentido da seção
- Blocos e matacões
- Grânulos e seixos
- Vegetação
- Parede interna
- Parede externa
- Linha d'água
- Contorno inferior
- Contato geológico inferior
- Nível superior
- Desnível abrupto
- Patamar/Desnível suave
- Curva de nível
- Coraloide
- Clarabóia
- Escorrimento
- Gotejamento
- Tronco
- Resíduos de fogueira



		Diretoria de Ferrosos Sul - DIFL Núcleo de Espeleologia VALE			
PROJETO: RELEVÂNCIA DOS COMPLEXOS VARGEM GRANDE E PARAOPEBA Área: Brumadinho					
RESP. TÉCNICO:	RESP. TOPOGRAFIA:	CRIOQUISTA: LUCAS M. RABELO	DESENHO:	ESCALA: 1:100	DATA: 26/11/2013
LEANDRO M. MACIEL	PAULO G. G. ROSSI	ANOTADOR: SERGIO L. SALES	SERGIO L. SALES		FOLHA A3
		PONTA DE TRENA: LUCAS M. RABELO			

## **ANEXO 02**

- Dados base de dados espeleométricos regionais e locais
  
- Dados espeleométricos em rochas ferríferas. Fonte: Base de dados Vale (2013), Carste (2011 b), Carste (2013) e Ativo (2013 a, b);
  
- Dados espeleométricos em rochas pelíticas. Fonte: Carste (2010) e Carste (2011 a).

**Anexo 02- Lista de cavidades e respectivos dados espeleométricos em rochas ferríferas do Quadrilátero Ferrífero. Fonte: Base de dados VALE (2013), CARSTE (2011 b), CARSTE (2013) e ATIVO AMBIENTAL (2013 a, b).**

Cavidade	Unidade Morfológica	PH (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Litotipos
FN_0006	Escarpa Oriental do Caraça	140	24	424	730	Rochas ferríferas
CH_0007	Escarpa Oriental do Caraça	116	14	392	580	Rochas ferríferas
FN_0013	Escarpa Oriental do Caraça	73	14	322	780	Rochas ferríferas
FN_0005	Escarpa Oriental do Caraça	65	10,4	180	340	Rochas ferríferas
BR_0034	Escarpa Oriental do Caraça	49,01	2,54	274	427,44	Rochas ferríferas
ALEA_0003	Escarpa Oriental do Caraça	48	7,5	240,4	327	Rochas ferríferas
CH_0011	Escarpa Oriental do Caraça	28,9	9	139,4	260,6	Rochas ferríferas
FN_0012	Escarpa Oriental do Caraça	46,6	4,8	187	487	Rochas ferríferas
FN_0027	Escarpa Oriental do Caraça	47	2,6	182	250	Rochas ferríferas
FZ_0038	Escarpa Oriental do Caraça	17,39	1,5	100,05	194,09	Rochas ferríferas
CH_0009	Escarpa Oriental do Caraça	13	3,4	63	201	Rochas ferríferas
BR_0011	Escarpa Oriental do Caraça	54,01	2,02	145,1	124,78	Rochas ferríferas
FZ_0048	Escarpa Oriental do Caraça	53,72	4,53	130,33	101,65	Rochas ferríferas
ALEA_0001	Escarpa Oriental do Caraça	48	12,5	152,4	133	Rochas ferríferas
FZ_0052	Escarpa Oriental do Caraça	36,95	8,77	141,93	151,86	Rochas ferríferas
CH_0028	Escarpa Oriental do Caraça	22,7	6,4	69,3	130,1	Rochas ferríferas
FZ_0054	Escarpa Oriental do Caraça	28,14	6,12	63,03	72,48	Rochas ferríferas
FZ_0036	Escarpa Oriental do Caraça	15,82	6,67	37,52	82,16	Rochas ferríferas
FZ_0035	Escarpa Oriental do Caraça	22,94	6,63	35,21	56,33	Rochas ferríferas
CH_0029	Escarpa Oriental do Caraça	13	6,4	32	38	Rochas ferríferas
FN_0001	Escarpa Oriental do Caraça	10,4	7,6	22	14	Rochas ferríferas
ALEA_0002	Escarpa Oriental do Caraça	6,5	7,5	18	30	Rochas ferríferas
CH_0014	Escarpa Oriental do Caraça	39	1,4	116	153	Rochas ferríferas
CH_0018	Escarpa Oriental do Caraça	27	1,7	104	110	Rochas ferríferas
SC_0009	Escarpa Oriental do Caraça	42	3,4	100	140	Rochas ferríferas
SC_0003	Escarpa Oriental do Caraça	35	4	90	59	Rochas ferríferas
BR_0031	Escarpa Oriental do Caraça	22,06	5,7	84,63	156,56	Rochas ferríferas
SC_0005	Escarpa Oriental do Caraça	30	1,2	74	68	Rochas ferríferas
CH_0008	Escarpa Oriental do Caraça	16,5	1	72	100,8	Rochas ferríferas
FZ_0034	Escarpa Oriental do Caraça	24,64	5,76	70,03	117,65	Rochas ferríferas
CH_0019	Escarpa Oriental do Caraça	17,5	4,2	68,3	129,7	Rochas ferríferas
FN_0003	Escarpa Oriental do Caraça	27,4	4,6	68	88	Rochas ferríferas
FZ_0042	Escarpa Oriental do Caraça	39,19	5,53	67,34	137,37	Rochas ferríferas
FN_0020	Escarpa Oriental do Caraça	12	5,4	67	77	Rochas ferríferas
BR_0029	Escarpa Oriental do Caraça	19,45	1,83	66,94	88,36	Rochas ferríferas
FZ_0037	Escarpa Oriental do Caraça	16,89	1,06	65,96	115,43	Rochas ferríferas

Cavidade	Unidade Morfológica	PH (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Litotipos
FZ_0041	Escarpa Oriental do Caraça	30,4	3,85	63,52	81,94	Rochas ferríferas
BR_0032	Escarpa Oriental do Caraça	27,55	2,25	62,44	86,12	Rochas ferríferas
FZ_0039	Escarpa Oriental do Caraça	16,97	5,25	61,69	50,58	Rochas ferríferas
CH_0024	Escarpa Oriental do Caraça	20	3,6	61	50	Rochas ferríferas
BR_0018	Escarpa Oriental do Caraça	41,1	2,11	60,94	62,76	Rochas ferríferas
CH_0021	Escarpa Oriental do Caraça	23	1	60	73	Rochas ferríferas
FN_0009	Escarpa Oriental do Caraça	23	4	56	24	Rochas ferríferas
ALEA_0004	Escarpa Oriental do Caraça	19,3	3,3	54,7	64	Rochas ferríferas
CH_0020	Escarpa Oriental do Caraça	20	2,4	53	61	Rochas ferríferas
SC_0001	Escarpa Oriental do Caraça	19	3,2	52	87	Rochas ferríferas
FN_0023	Escarpa Oriental do Caraça	18	0,6	52	41	Rochas ferríferas
FN_0019	Escarpa Oriental do Caraça	15,3	5	50	92	Rochas ferríferas
ALEA_0005	Escarpa Oriental do Caraça	14,8	4	47,2	30	Rochas ferríferas
FN_0025	Escarpa Oriental do Caraça	24	1,5	46	52	Rochas ferríferas
FN_0018	Escarpa Oriental do Caraça	15	4	45	31	Rochas ferríferas
FZ_0053	Escarpa Oriental do Caraça	14,78	2,82	44,68	69,25	Rochas ferríferas
ALEA_0030	Escarpa Oriental do Caraça	6,5	2,7	39,7	54	Rochas ferríferas
FZ_0046	Escarpa Oriental do Caraça	6,49	1,76	39,32	27,91	Rochas ferríferas
CH_0032	Escarpa Oriental do Caraça	11	2,2	38	52	Rochas ferríferas
CH_0031	Escarpa Oriental do Caraça	8,5	4,2	36	42	Rochas ferríferas
CH_0022	Escarpa Oriental do Caraça	13,5	2	36	36	Rochas ferríferas
FZ_0027	Escarpa Oriental do Caraça	9,88	1,57	32,9	17,43	Rochas ferríferas
CH_0033	Escarpa Oriental do Caraça	10	1,4	31	32	Rochas ferríferas
FZ_0056	Escarpa Oriental do Caraça	10,35	2,75	28,7	25,83	Rochas ferríferas
FZ_0043	Escarpa Oriental do Caraça	11,58	0,68	27,96	17,05	Rochas ferríferas
CH_0017	Escarpa Oriental do Caraça	10,7	0,5	27,2	16,3	Rochas ferríferas
CH_0013	Escarpa Oriental do Caraça	11,5	5	26,5	58,3	Rochas ferríferas
FZ_0040	Escarpa Oriental do Caraça	24,64	2,76	26,41	49,91	Rochas ferríferas
BR_0006	Escarpa Oriental do Caraça	6,1	0,54	25,35	19,26	Rochas ferríferas
BR_0008	Escarpa Oriental do Caraça	10,22	2	25,2	33,76	Rochas ferríferas
FZ_0025	Escarpa Oriental do Caraça	11,13	1,27	24,63	35,71	Rochas ferríferas
CH_0005	Escarpa Oriental do Caraça	9,2	1	24,1	24,8	Rochas ferríferas
SC_0010	Escarpa Oriental do Caraça	11	0,8	24	29	Rochas ferríferas
CH_0003	Escarpa Oriental do Caraça	14,1	0,5	23,8	14,3	Rochas ferríferas
BR_0002	Escarpa Oriental do Caraça	6,77	2,88	23,72	46,93	Rochas ferríferas
BR_0001	Escarpa Oriental do Caraça	9,05	1,78	23,44	29,53	Rochas ferríferas
BR_0033	Escarpa Oriental do Caraça	8,75	0,59	23,13	30,99	Rochas ferríferas
CH_0030	Escarpa Oriental do Caraça	14,6	1,8	23,1	25,6	Rochas ferríferas
FN_0014	Escarpa Oriental do Caraça	9,4	3,4	23	29	Rochas ferríferas
BR_0010	Escarpa Oriental do Caraça	6,31	3,09	22,85	21,47	Rochas ferríferas

Cavidade	Unidade Morfológica	PH (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Litotipos
BR_0028	Escarpa Oriental do Caraça	14,95	0,49	22,48	21,58	Rochas ferríferas
FZ_0064	Escarpa Oriental do Caraça	15,59	1,28	21,69	17,13	Rochas ferríferas
FZ_0047	Escarpa Oriental do Caraça	5,42	0,62	21,22	9,76	Rochas ferríferas
CH_0025	Escarpa Oriental do Caraça	6,4	2,5	21	11	Rochas ferríferas
CH_0010	Escarpa Oriental do Caraça	8,8	1,9	20,7	16,2	Rochas ferríferas
FZ_0001	Escarpa Oriental do Caraça	6,5	1,65	20,67	11,98	Rochas ferríferas
CH_0035	Escarpa Oriental do Caraça	10,28	2,1	20,5	19,5	Rochas ferríferas
FN_0026	Escarpa Oriental do Caraça	5,6	0,4	20	26	Rochas ferríferas
BR_0027	Escarpa Oriental do Caraça	7,67	0,76	19,34	20,88	Rochas ferríferas
CH_0001	Escarpa Oriental do Caraça	7,4	0,7	19,3	9,45	Rochas ferríferas
BR_0003	Escarpa Oriental do Caraça	9,77	1,32	18,43	9,39	Rochas ferríferas
CH_0034	Escarpa Oriental do Caraça	7	0,6	18,3	12,3	Rochas ferríferas
FN_0022	Escarpa Oriental do Caraça	7,3	0,4	18	9	Rochas ferríferas
FZ_0044	Escarpa Oriental do Caraça	8,68	0,47	17,38	12,16	Rochas ferríferas
CH_0016	Escarpa Oriental do Caraça	9	0,8	17	11	Rochas ferríferas
FN_0008	Escarpa Oriental do Caraça	7,5	0,4	17	8	Rochas ferríferas
BR_0019	Escarpa Oriental do Caraça	12,81	1,65	16,98	13,92	Rochas ferríferas
CH_0002	Escarpa Oriental do Caraça	7,4	0,7	16,7	25,8	Rochas ferríferas
CH_0012	Escarpa Oriental do Caraça	5,85	1,9	16,5	23,1	Rochas ferríferas
BR_0020	Escarpa Oriental do Caraça	5,89	0,19	16,03	17,63	Rochas ferríferas
CH_0027	Escarpa Oriental do Caraça	5,3	4	16	32	Rochas ferríferas
FN_0011	Escarpa Oriental do Caraça	10,6	1,4	16	12	Rochas ferríferas
FN_0010	Escarpa Oriental do Caraça	9,5	1,4	16	20	Rochas ferríferas
CH_0026	Escarpa Oriental do Caraça	8,8	5	15	21	Rochas ferríferas
FN_0004	Escarpa Oriental do Caraça	10,5	1,2	15	14	Rochas ferríferas
FZ_0055	Escarpa Oriental do Caraça	6,47	0,71	14,46	9,68	Rochas ferríferas
FZ_0063	Escarpa Oriental do Caraça	10,06	0,52	14,04	6,73	Rochas ferríferas
CH_0004	Escarpa Oriental do Caraça	11,1	0,9	13,4	12,3	Rochas ferríferas
FN_0016	Escarpa Oriental do Caraça	6	0,4	13	7,6	Rochas ferríferas
CH_0006	Escarpa Oriental do Caraça	6,9	0,7	12,9	10,1	Rochas ferríferas
ALEA_0007	Escarpa Oriental do Caraça	6,5	1,5	12,6	15	Rochas ferríferas
CH_0015	Escarpa Oriental do Caraça	7	0,7	12	7,6	Rochas ferríferas
FN_0021	Escarpa Oriental do Caraça	5,2	0,8	11	9	Rochas ferríferas
BR_0030	Escarpa Oriental do Caraça	6,3	0,75	10,32	5,77	Rochas ferríferas
ALEA_0006	Escarpa Oriental do Caraça	6,8	1,1	10,2	7	Rochas ferríferas
BR_0009	Escarpa Oriental do Caraça	7,8	1,3	9,77	3,12	Rochas ferríferas
FN_0015	Escarpa Oriental do Caraça	6,7	0,4	9,6	8	Rochas ferríferas
FZ_0045	Escarpa Oriental do Caraça	5,85	0,79	9,13	11,86	Rochas ferríferas
FN_0002	Escarpa Oriental do Caraça	6	3	9	5	Rochas ferríferas
BR_0012	Escarpa Oriental do Caraça	6,57	1,98	8,37	8,62	Rochas ferríferas

Cavidade	Unidade Morfológica	PH (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Litotipos
FN_0007	Escarpa Oriental do Caraça	6	3,6	7,5	10	Rochas ferríferas
MP_0008	Quadrilátero Oeste	122,5	9,1	302,3	336,8	Rochas ferríferas
MP_0004	Quadrilátero Oeste	54,25	8,8	174,8	271,7	Rochas ferríferas
RM_0033	Quadrilátero Oeste	68,3	2,4	220,83	351,12	Rochas ferríferas
RM_0008	Quadrilátero Oeste	61	3	195	377	Rochas ferríferas
TAMD_0009	Quadrilátero Oeste	52,7	2,6	165,9	282	Rochas ferríferas
CPMT_0016	Quadrilátero Oeste	53,3	3,5	157	216	Rochas ferríferas
MJ_0005	Quadrilátero Oeste	36,8	6,8	209	384	Rochas ferríferas
RM_0003	Quadrilátero Oeste	33,5	1,43	134,38	200,23	Rochas ferríferas
RM_0017	Quadrilátero Oeste	23	9	106	200	Rochas ferríferas
MP_0010	Quadrilátero Oeste	64,5	3,5	194,6	185,9	Rochas ferríferas
CX_0004	Quadrilátero Oeste	45	8,5	147	132	Rochas ferríferas
MJ_0001	Quadrilátero Oeste	43	3,6	162	140,7	Rochas ferríferas
RM_0039	Quadrilátero Oeste	72	3,2	114	73	Rochas ferríferas
RM_0038	Quadrilátero Oeste	56	2,4	104	146	Rochas ferríferas
MJ_0004	Quadrilátero Oeste	46	6,3	97	44	Rochas ferríferas
CPMT_0008	Quadrilátero Oeste	25,3	2,6	124,4	187	Rochas ferríferas
RM_0004	Quadrilátero Oeste	34,28	3,49	122,92	157,34	Rochas ferríferas
CPMT_0014	Quadrilátero Oeste	47,4	2,5	121,6	122	Rochas ferríferas
RM_0034	Quadrilátero Oeste	38	2,4	120	152	Rochas ferríferas
MP_0012	Quadrilátero Oeste	36,2	3,4	107	144,8	Rochas ferríferas
MP_0007	Quadrilátero Oeste	34,2	4,1	104,2	103,2	Rochas ferríferas
RM_0042	Quadrilátero Oeste	40	2,8	102	153	Rochas ferríferas
CX_0006	Quadrilátero Oeste	30	4,5	88	80	Rochas ferríferas
MP_0011	Quadrilátero Oeste	29,9	2,7	75,1	105,7	Rochas ferríferas
CPMT_0006	Quadrilátero Oeste	20,5	2,4	65,3	67	Rochas ferríferas
CX_0003	Quadrilátero Oeste	23	2,5	60	57	Rochas ferríferas
MJ_0006	Quadrilátero Oeste	23	3,2	59,1	104	Rochas ferríferas
RM_0013	Quadrilátero Oeste	32	2,4	58	122	Rochas ferríferas
RM_0031	Quadrilátero Oeste	40	2,2	55	60	Rochas ferríferas
TAMD_0002	Quadrilátero Oeste	20,4	1,3	54,5	47	Rochas ferríferas
MP_0002	Quadrilátero Oeste	19,8	1,8	51,7	100,3	Rochas ferríferas
RM_0009	Quadrilátero Oeste	28	2,4	48	74	Rochas ferríferas
RM_0018	Quadrilátero Oeste	28	1,2	47	45	Rochas ferríferas
RM_0022	Quadrilátero Oeste	12	1	46	88	Rochas ferríferas
MP_0009	Quadrilátero Oeste	21	2,5	45,9	58,2	Rochas ferríferas
RM_0040	Quadrilátero Oeste	25	2,9	45	34	Rochas ferríferas
MJ_0002	Quadrilátero Oeste	32	1,4	45	59,6	Rochas ferríferas
RM_0015	Quadrilátero Oeste	30	1,2	45	71	Rochas ferríferas
CPMT_0015	Quadrilátero Oeste	18,1	1,5	44,8	42	Rochas ferríferas

Cavidade	Unidade Morfológica	PH (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Litotipos
MP_0003	Quadrilátero Oeste	12,5	3,1	43,1	49,3	Rochas ferríferas
MJ_0007	Quadrilátero Oeste	20	1	34	26	Rochas ferríferas
ABOB_0017	Quadrilátero Oeste	8,24	3,1	33,75	38,47	Rochas ferríferas
ABOB_0003	Quadrilátero Oeste	22,8	0,7	32,9	27	Rochas ferríferas
CX_0009	Quadrilátero Oeste	8,5	1,8	31,7	42	Rochas ferríferas
MP_0014	Quadrilátero Oeste	12,3	0,6	28,7	13,5	Rochas ferríferas
CX_0010	Quadrilátero Oeste	8,1	0,7	28,5	11	Rochas ferríferas
ABOB_0006	Quadrilátero Oeste	16,6	2,2	28,3	47	Rochas ferríferas
ABOB_0010	Quadrilátero Oeste	16,6	2,2	28,3	47	Rochas ferríferas
CPMT_0020	Quadrilátero Oeste	9,77	3	28	30	Rochas ferríferas
ABOB_0001	Quadrilátero Oeste	11,8	1	28	17	Rochas ferríferas
MP_0013	Quadrilátero Oeste	11	1,5	25,5	24,3	Rochas ferríferas
MP_0017	Quadrilátero Oeste	9,9	0,2	25	28,8	Rochas ferríferas
CPMT_0005	Quadrilátero Oeste	9	0,9	23	20	Rochas ferríferas
RM_0032	Quadrilátero Oeste	18	0,8	23	12	Rochas ferríferas
ABOB_0004	Quadrilátero Oeste	18,6	0,8	22,6	24	Rochas ferríferas
CX_0005	Quadrilátero Oeste	16	4	22	21	Rochas ferríferas
RM_0010	Quadrilátero Oeste	12	1,6	22	28	Rochas ferríferas
CPMT_0019	Quadrilátero Oeste	10,37	0,7	22	45	Rochas ferríferas
CX_0014	Quadrilátero Oeste	5,7	0,5	21,7	21	Rochas ferríferas
TAMD_0007	Quadrilátero Oeste	10,5	0,3	20,7	13	Rochas ferríferas
CX_0016	Quadrilátero Oeste	5,6	3,1	20,2	13	Rochas ferríferas
CPMT_0010	Quadrilátero Oeste	24,8	0,3	19,6	9	Rochas ferríferas
ABOB_0018	Quadrilátero Oeste	6,9	1	19,2	16	Rochas ferríferas
CPMT_0004	Quadrilátero Oeste	14,5	3,4	18	13	Rochas ferríferas
MJ_0003	Quadrilátero Oeste	14	2,5	18	19,9	Rochas ferríferas
TAMD_0005	Quadrilátero Oeste	13,2	1	17,1	9	Rochas ferríferas
ABOB_0002	Quadrilátero Oeste	8,4	0,1	16,6	11	Rochas ferríferas
ABOB_0019	Quadrilátero Oeste	9,4	0,3	15,5	17	Rochas ferríferas
TAMD_0008	Quadrilátero Oeste	8,8	0,1	15,1	8	Rochas ferríferas
TAMD_0006	Quadrilátero Oeste	9,5	0,7	14,5	7	Rochas ferríferas
TAMD_0003	Quadrilátero Oeste	6,4	0,3	14,5	19	Rochas ferríferas
CX_0015	Quadrilátero Oeste	9,1	1,5	13,3	8	Rochas ferríferas
CPMT_0017	Quadrilátero Oeste	10,9	1,9	13,1	12	Rochas ferríferas
CPMT_0011	Quadrilátero Oeste	8,4	1,5	13	4	Rochas ferríferas
MP_0006	Quadrilátero Oeste	10,4	1	12,9	16,5	Rochas ferríferas
CX_0011	Quadrilátero Oeste	7,8	1,1	12,5	11	Rochas ferríferas
CX_0013	Quadrilátero Oeste	8,5	2,1	11,8	9	Rochas ferríferas
CX_0012	Quadrilátero Oeste	5,6	1	10,6	12	Rochas ferríferas
CX_0008	Quadrilátero Oeste	7,3	1	10,4	9	Rochas ferríferas

Cavidade	Unidade Morfológica	PH (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Litotipos
CPMT_0012	Quadrilátero Oeste	9,9	0,1	10	6	Rochas ferríferas
CPMT_0013	Quadrilátero Oeste	10,7	1	9,9	8	Rochas ferríferas
ABOB_0005	Quadrilátero Oeste	9	1,3	7,7	6	Rochas ferríferas
TAMD_0004	Quadrilátero Oeste	6,9	0,7	7,4	3	Rochas ferríferas
CPMT_0009	Quadrilátero Oeste	10,3	1,3	7	16	Rochas ferríferas
TAMD_0001	Quadrilátero Oeste	7,2	0,4	6,8	2	Rochas ferríferas
CPMT_0007	Quadrilátero Oeste	5,8	0,7	6,5	9	Rochas ferríferas
CPMT_0003	Quadrilátero Oeste	8,6	2,4	5,2	3	Rochas ferríferas
ABOB_0009	Quadrilátero Oeste	8,9	1,9	5,2	3	Rochas ferríferas
ABOB_0014	Quadrilátero Oeste	11,5	1,7	4	7	Rochas ferríferas
CPMT_0018	Quadrilátero Oeste	5,6	0,3	3	4	Rochas ferríferas
AP_0038	Serra do Gandarela	345	6,8	676	798	Rochas ferríferas
AP_0009	Serra do Gandarela	218	9,6	391,6	472	Rochas ferríferas
AP_0061	Serra do Gandarela	84,5	19,2	336	320	Rochas ferríferas
RF_0072	Serra do Gandarela	75	6,4	215	240	Rochas ferríferas
RF_0046	Serra do Gandarela	54	7,6	188	260	Rochas ferríferas
RF_0020	Serra do Gandarela	66	13,4	184	270	Rochas ferríferas
RF_0005	Serra do Gandarela	68,7	8	178	290	Rochas ferríferas
RF_0007	Serra do Gandarela	93,6	7,5	178	347	Rochas ferríferas
AP_0029	Serra do Gandarela	68,6	11,6	161	240	Rochas ferríferas
AP_0059	Serra do Gandarela	54	13	160	779	Rochas ferríferas
AP_0021	Serra do Gandarela	56,2	4,8	210	257	Rochas ferríferas
RF_0043	Serra do Gandarela	39,6	13,2	222,3	270,4	Rochas ferríferas
RF_0013	Serra do Gandarela	41,6	6,6	165	515	Rochas ferríferas
RF_0038	Serra do Gandarela	39,9	14,4	152,5	248,2	Rochas ferríferas
APOL_0013	Serra do Gandarela	53,5	3,5	128,1	198	Rochas ferríferas
AP_0015	Serra do Gandarela	34,4	3	98	234	Rochas ferríferas
AP_0002	Serra do Gandarela	9	3	97,2	301	Rochas ferríferas
AP_0056	Serra do Gandarela	31	5,2	86	210	Rochas ferríferas
APOL_0006	Serra do Gandarela	43,6	10,5	160,3	138	Rochas ferríferas
RF_0032	Serra do Gandarela	41,5	8,6	133	180	Rochas ferríferas
AP_0003	Serra do Gandarela	54,3	6,6	107,6	121	Rochas ferríferas
RF_0009	Serra do Gandarela	60	4,2	76	77	Rochas ferríferas
AP_0020	Serra do Gandarela	50,8	4	74	153	Rochas ferríferas
AP_0036	Serra do Gandarela	52	3,6	71,7	52	Rochas ferríferas
AP_0065	Serra do Gandarela	33,4	8	94	154	Rochas ferríferas
RF_0049	Serra do Gandarela	18,24	6,6	80,9	81,3	Rochas ferríferas
RF_0059	Serra do Gandarela	36,1	7	77,6	100,8	Rochas ferríferas
RF_0021	Serra do Gandarela	18,5	6,2	76	68	Rochas ferríferas
RF_0010	Serra do Gandarela	24	9	58,2	52,6	Rochas ferríferas

Cavidade	Unidade Morfológica	PH (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Litotipos
APOL_0008	Serra do Gandarela	25,9	9,5	57,6	42	Rochas ferríferas
AP_0006	Serra do Gandarela	42,5	6	55	38	Rochas ferríferas
AP_0045	Serra do Gandarela	16	6	55	73	Rochas ferríferas
RF_0077	Serra do Gandarela	14,8	6,6	38	19	Rochas ferríferas
AP_0041	Serra do Gandarela	9,6	6	35	21	Rochas ferríferas
APOL_0027	Serra do Gandarela	10	9,8	17,5	20	Rochas ferríferas
APOL_0010	Serra do Gandarela	33,9	5,8	124,3	190	Rochas ferríferas
AP_0013	Serra do Gandarela	28,8	2,2	121	165	Rochas ferríferas
APOL_0024	Serra do Gandarela	40,3	1	107,3	94	Rochas ferríferas
APOL_0020	Serra do Gandarela	46,9	3,1	105,3	75	Rochas ferríferas
RF_0003	Serra do Gandarela	35,6	2	105	178	Rochas ferríferas
AP_0066	Serra do Gandarela	20,3	4	104	117	Rochas ferríferas
RF_0057	Serra do Gandarela	24,5	2,6	96,7	123,3	Rochas ferríferas
APOL_0022	Serra do Gandarela	38,9	2,2	95,4	100	Rochas ferríferas
RF_0065	Serra do Gandarela	37,3	2,6	93,3	52	Rochas ferríferas
APOL_0012	Serra do Gandarela	43,2	4	92,9	65	Rochas ferríferas
APOL_0014	Serra do Gandarela	19,8	5,9	92,5	160	Rochas ferríferas
RF_0050	Serra do Gandarela	28,4	4,2	82,9	61,8	Rochas ferríferas
RF_0069	Serra do Gandarela	38,5	4,6	82	90	Rochas ferríferas
RF_0026	Serra do Gandarela	9,2	2	80,9	105,2	Rochas ferríferas
RF_0015	Serra do Gandarela	18,9	3,4	79,6	84,9	Rochas ferríferas
RF_0019	Serra do Gandarela	25,8	5	76,7	84,2	Rochas ferríferas
RF_0018	Serra do Gandarela	18,4	2,8	75,3	158,2	Rochas ferríferas
AP_0037	Serra do Gandarela	27	0,3	74	65	Rochas ferríferas
APOL_0017	Serra do Gandarela	31,1	1	73,8	109	Rochas ferríferas
RF_0025	Serra do Gandarela	12,1	1,2	71,6	124,2	Rochas ferríferas
RF_0076	Serra do Gandarela	23,4	5,2	71	56	Rochas ferríferas
RF_0058	Serra do Gandarela	19,3	1,9	70,8	109,7	Rochas ferríferas
AP_0047	Serra do Gandarela	22,2	2,8	69	82	Rochas ferríferas
AP_0022	Serra do Gandarela	20,5	2,5	64	50	Rochas ferríferas
RF_0055	Serra do Gandarela	10,5	2,2	64	172,8	Rochas ferríferas
AP_0025	Serra do Gandarela	36	1,7	62	43	Rochas ferríferas
RF_0054	Serra do Gandarela	17,2	2,8	58,3	116,9	Rochas ferríferas
RF_0022	Serra do Gandarela	23	3,5	56	27,5	Rochas ferríferas
RF_0048	Serra do Gandarela	16,85	2,4	53,8	55,9	Rochas ferríferas
APOL_0003	Serra do Gandarela	25,8	5,6	52,9	61	Rochas ferríferas
RF_0002	Serra do Gandarela	26,7	3,8	51	31	Rochas ferríferas
RF_0041	Serra do Gandarela	21,8	4,6	49,85	104	Rochas ferríferas
AP_0019	Serra do Gandarela	40	2,4	49	70	Rochas ferríferas
RF_0030	Serra do Gandarela	14	1,75	48,4	73,1	Rochas ferríferas

Cavidade	Unidade Morfológica	PH (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Litotipos
AP_0026	Serra do Gandarela	12,3	0,4	47,8	36	Rochas ferríferas
AP_0010	Serra do Gandarela	16,5	1,2	47,4	59	Rochas ferríferas
RF_0012	Serra do Gandarela	14,4	2,8	47	55	Rochas ferríferas
RF_0080	Serra do Gandarela	8,2	3,2	44,9	46,1	Rochas ferríferas
RF_0070	Serra do Gandarela	15,2	5	43	54	Rochas ferríferas
AP_0039	Serra do Gandarela	18,2	0,6	43	86	Rochas ferríferas
RF_0045	Serra do Gandarela	21,3	1,1	42,5	39	Rochas ferríferas
RF_0014	Serra do Gandarela	13,9	1,3	40,5	44	Rochas ferríferas
APOL_0002	Serra do Gandarela	18,5	3,8	40,3	62	Rochas ferríferas
RF_0023	Serra do Gandarela	18,3	3,7	37,4	29,5	Rochas ferríferas
AP_0060	Serra do Gandarela	12,1	5	37	30	Rochas ferríferas
AP_0014	Serra do Gandarela	12	0,6	36,6	55	Rochas ferríferas
RF_0008	Serra do Gandarela	24	3,4	36	77	Rochas ferríferas
AP_0018	Serra do Gandarela	27,3	0,75	36	29	Rochas ferríferas
APOL_0001	Serra do Gandarela	16,7	1	35,3	109	Rochas ferríferas
APOL_0016	Serra do Gandarela	14,1	1,2	34,1	48	Rochas ferríferas
RF_0078	Serra do Gandarela	14,4	2	34	23	Rochas ferríferas
AP_0040	Serra do Gandarela	15,7	1,8	33	30	Rochas ferríferas
RF_0040	Serra do Gandarela	7,3	1,4	33	40	Rochas ferríferas
RF_0056	Serra do Gandarela	8,9	5	32,8	64,1	Rochas ferríferas
RF_0036	Serra do Gandarela	22,4	4	32	21	Rochas ferríferas
RF_0075	Serra do Gandarela	9,5	2,4	32	23	Rochas ferríferas
AP_0001	Serra do Gandarela	14	1,6	32	38	Rochas ferríferas
AP_0011	Serra do Gandarela	14,5	0,4	31,8	33	Rochas ferríferas
RF_0029	Serra do Gandarela	15,5	1,4	31,2	34,5	Rochas ferríferas
AP_0053	Serra do Gandarela	8,7	3,4	31	34	Rochas ferríferas
RF_0062	Serra do Gandarela	16	2	31	20	Rochas ferríferas
RF_0051	Serra do Gandarela	8,15	3	30,75	103,5	Rochas ferríferas
AP_0042	Serra do Gandarela	10,7	2	30	22	Rochas ferríferas
AP_0030	Serra do Gandarela	9	1,6	30	24	Rochas ferríferas
AP_0007	Serra do Gandarela	17,5	1,2	28,6	24	Rochas ferríferas
APOL_0018	Serra do Gandarela	15,5	2,3	28,1	23	Rochas ferríferas
AP_0023	Serra do Gandarela	14,7	1,5	27	31	Rochas ferríferas
RF_0073	Serra do Gandarela	15	1,3	27	26	Rochas ferríferas
AP_0032	Serra do Gandarela	9,3	0,8	27	15	Rochas ferríferas
AP_0012	Serra do Gandarela	9,8	1,8	26,5	19	Rochas ferríferas
RF_0068	Serra do Gandarela	12,6	0,4	26,5	15	Rochas ferríferas
RF_0064	Serra do Gandarela	8	1,4	26	25	Rochas ferríferas
AP_0028	Serra do Gandarela	17	2,8	25,4	19	Rochas ferríferas
AP_0046	Serra do Gandarela	17,3	1,4	25	14	Rochas ferríferas

Cavidade	Unidade Morfológica	PH (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Litotipos
APOL_0025	Serra do Gandarela	12,4	0,8	24,9	16	Rochas ferríferas
APOL_0011	Serra do Gandarela	17	3,2	24,1	25	Rochas ferríferas
AP_0035	Serra do Gandarela	8,7	1	24	16	Rochas ferríferas
RF_0067	Serra do Gandarela	8,3	0,8	24	26	Rochas ferríferas
RF_0035	Serra do Gandarela	9	4	23,9	8,43	Rochas ferríferas
RF_0052	Serra do Gandarela	8,4	0,6	23,5	28,4	Rochas ferríferas
RF_0042	Serra do Gandarela	10,3	2,3	23	24,5	Rochas ferríferas
AP_0052	Serra do Gandarela	9	2	23	20	Rochas ferríferas
RF_0004	Serra do Gandarela	7,9	1	22,9	34,3	Rochas ferríferas
RF_0027	Serra do Gandarela	13,8	2,1	22,6	23,5	Rochas ferríferas
RF_0033	Serra do Gandarela	11,2	3,8	22	17	Rochas ferríferas
RF_0024	Serra do Gandarela	6,5	1,3	22	23,3	Rochas ferríferas
RF_0066	Serra do Gandarela	8,7	1,2	22	12	Rochas ferríferas
AP_0033	Serra do Gandarela	9,7	1,6	21,5	27	Rochas ferríferas
RF_0081	Serra do Gandarela	11,5	1,6	21	10	Rochas ferríferas
RF_0039	Serra do Gandarela	6	1,4	21	16	Rochas ferríferas
RF_0028	Serra do Gandarela	15,4	1,2	21	20	Rochas ferríferas
RF_0071	Serra do Gandarela	6,3	1	20,5	43,05	Rochas ferríferas
AP_0044	Serra do Gandarela	11,3	2	20,4	14	Rochas ferríferas
APOL_0015	Serra do Gandarela	5,6	1	20,1	15	Rochas ferríferas
AP_0004	Serra do Gandarela	5,8	0,8	18,8	29	Rochas ferríferas
RF_0034	Serra do Gandarela	8,1	2,6	18,4	6,8	Rochas ferríferas
AP_0064	Serra do Gandarela	7	1,4	18	14	Rochas ferríferas
APOL_0004	Serra do Gandarela	5	1	17,6	27	Rochas ferríferas
APOL_0019	Serra do Gandarela	13	5,5	16,4	64	Rochas ferríferas
APOL_0005	Serra do Gandarela	5	2	16,4	10	Rochas ferríferas
AP_0016	Serra do Gandarela	5	0,8	16,25	14	Rochas ferríferas
RF_0061	Serra do Gandarela	9,3	1,4	16	8	Rochas ferríferas
AP_0008	Serra do Gandarela	14,3	0,8	16	7	Rochas ferríferas
RF_0001	Serra do Gandarela	13	1,7	15,9	20,4	Rochas ferríferas
AP_0005	Serra do Gandarela	8,1	1	15,9	12	Rochas ferríferas
AP_0017	Serra do Gandarela	7,8	1	15,5	12	Rochas ferríferas
RF_0017	Serra do Gandarela	5,45	1,3	15,25	17,5	Rochas ferríferas
AP_0055	Serra do Gandarela	12,7	1	15	7	Rochas ferríferas
RF_0047	Serra do Gandarela	8,5	0,7	15	11,25	Rochas ferríferas
RF_0053	Serra do Gandarela	10,5	2,6	14,9	20,3	Rochas ferríferas
APOL_0021	Serra do Gandarela	9,9	0,3	14,3	6	Rochas ferríferas
APOL_0023	Serra do Gandarela	14,3	0,5	14,1	11	Rochas ferríferas
AP_0034	Serra do Gandarela	10,21	0,7	14	12	Rochas ferríferas
AP_0031	Serra do Gandarela	6,7	0,3	14	8	Rochas ferríferas

Cavidade	Unidade Morfológica	PH (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Litotipos
APOL_0007	Serra do Gandarela	6,9	1,4	13,4	9	Rochas ferríferas
AP_0043	Serra do Gandarela	8,9	2	13,3	11	Rochas ferríferas
AP_0069	Serra do Gandarela	7,3	3,2	13	10	Rochas ferríferas
AP_0063	Serra do Gandarela	7	1,2	13	17	Rochas ferríferas
RF_0074	Serra do Gandarela	6,7	1,2	13	20	Rochas ferríferas
RF_0063	Serra do Gandarela	10	2,4	12	9	Rochas ferríferas
RF_0031	Serra do Gandarela	6,5	0,8	11,75	3,3	Rochas ferríferas
RF_0037	Serra do Gandarela	8,3	2,5	11,5	10,8	Rochas ferríferas
RF_0011	Serra do Gandarela	8	0,9	11,5	12	Rochas ferríferas
RF_0016	Serra do Gandarela	6,9	2	11,4	14,2	Rochas ferríferas
AP_0054	Serra do Gandarela	7,3	1	11	9	Rochas ferríferas
RF_0006	Serra do Gandarela	8,8	0,7	11	19	Rochas ferríferas
RF_0084	Serra do Gandarela	5,7	1,5	10,9	13,1	Rochas ferríferas
AP_0048	Serra do Gandarela	6,3	0,6	10,5	10	Rochas ferríferas
AP_0024	Serra do Gandarela	5,9	0,6	10	13	Rochas ferríferas
APOL_0009	Serra do Gandarela	6,9	0,8	9,2	6	Rochas ferríferas
RF_0082	Serra do Gandarela	5,6	1	8,1	8	Rochas ferríferas
RF_0079	Serra do Gandarela	5,7	0,6	8	5	Rochas ferríferas
AP_0027	Serra do Gandarela	5,1	1,7	7,4	9	Rochas ferríferas
RF_0083	Serra do Gandarela	5,3	3,2	6	6,9	Rochas ferríferas
RF_0060	Serra do Gandarela	5	0,8	5,3	3	Rochas ferríferas
VL-01	Quadrilátero Oeste	5,4	0,2	8,1	6,2	Rochas Ferríferas
VL-02	Quadrilátero Oeste	50,0	10,6	224,4	381,5	Rochas Ferríferas
VL-03	Quadrilátero Oeste	9,8	0,15	13,0	30,0	Rochas Ferríferas
VL-04	Quadrilátero Oeste	19,5	1,5	32,0	33,5	Rochas Ferríferas
VL-05	Quadrilátero Oeste	8,8	0,9	25,0	32,5	Rochas Ferríferas
VL-06	Quadrilátero Oeste	6,1	0,0	4,1	7,6	Rochas Ferríferas
VL-07	Quadrilátero Oeste	5,0	0,0	6,1	6,4	Rochas Ferríferas
VL-09	Quadrilátero Oeste	30,0	1,8	93,8	166,5	Rochas Ferríferas
VL-11	Quadrilátero Oeste	8,0	0,7	10,9	7,1	Rochas Ferríferas
VL-12	Quadrilátero Oeste	69,1	2,4	207,4	248,8	Rochas Ferríferas
VL-13	Quadrilátero Oeste	22,8	0,9	57,6	58,0	Rochas Ferríferas
VL-14	Quadrilátero Oeste	12,8	2,6	39,8	18,0	Rochas Ferríferas
VL-15	Quadrilátero Oeste	8,9	0,8	17,0	10,1	Rochas Ferríferas
VL-16	Quadrilátero Oeste	18,9	3,3	32,9	24,7	Rochas Ferríferas
VL-17	Quadrilátero Oeste	15,1	2,3	23,2	26,0	Rochas Ferríferas
VL-18	Quadrilátero Oeste	77,0	8,2	143,0	161,0	Rochas Ferríferas
VL-20	Quadrilátero Oeste	6,1	0,5	12,0	8,0	Rochas Ferríferas
VL-23	Quadrilátero Oeste	15,0	0,6	43,0	62,9	Rochas Ferríferas
VL-24	Quadrilátero Oeste	5,8	0,5	12,9	12,0	Rochas Ferríferas

Cavidade	Unidade Morfológica	PH (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Litotipos
VL-25	Quadrilátero Oeste	10,0	1,2	20,8	22,5	Rochas Ferríferas
VL-26	Quadrilátero Oeste	6,4	2,0	17,7	22,0	Rochas Ferríferas
VL-27	Quadrilátero Oeste	42,2	4,2	55,0	71,5	Rochas Ferríferas
VL-29/30	Quadrilátero Oeste	32,8	8,8	127,0	88,0	Rochas Ferríferas
VL-31	Quadrilátero Oeste	14,1	1,1	27,4	35,6	Rochas Ferríferas
VL-32	Quadrilátero Oeste	44,2	5,3	81,2	93,4	Rochas Ferríferas
VL-33	Quadrilátero Oeste	6,7	3,0	18,2	31,0	Rochas Ferríferas
VL-35	Quadrilátero Oeste	49,1	10,5	96,2	105,3	Rochas Ferríferas
VL-36	Quadrilátero Oeste	36,4	1,9	64,1	57,6	Rochas Ferríferas
VL-37	Quadrilátero Oeste	7,3	0,6	13,9	7,0	Rochas Ferríferas
VL-39	Quadrilátero Oeste	6,8	4,3	23,8	33,0	Rochas Ferríferas
VL-40	Quadrilátero Oeste	5,2	4,2	11,9	7,7	Rochas Ferríferas
VL-41	Quadrilátero Oeste	6,8	1,15	28,2	32,1	Rochas Ferríferas
VL-43	Quadrilátero Oeste	19,5	1,4	27,8	17,0	Rochas Ferríferas
VL-45	Quadrilátero Oeste	5,8	1,5	8,7	17,0	Rochas Ferríferas
VL-47	Quadrilátero Oeste	8,3	1,2	14,1	14,0	Rochas Ferríferas
VL-48	Quadrilátero Oeste	16,0	1,1	27,5	35,0	Rochas Ferríferas
VL-49	Quadrilátero Oeste	7,0	0,9	17,3	17,0	Rochas Ferríferas
VL-50	Quadrilátero Oeste	8,3	0,8	22,5	31,0	Rochas Ferríferas
VL-51	Quadrilátero Oeste	11,5	2,5	17,3	13,0	Rochas Ferríferas
VL-52	Quadrilátero Oeste	12,0	3,0	41,4	87,0	Rochas Ferríferas
VL-53	Quadrilátero Oeste	6,7	2,5	8,3	11,0	Rochas Ferríferas
AAI-03	Serra da Serpentina	7,5	0,7	22,8	30,0	Rochas Ferríferas
CAI-01	Serra da Serpentina	15,5	3,3	78,9	90,0	Rochas Ferríferas
CAI-02	Serra da Serpentina	16,4	1,0	80,5	89,0	Rochas Ferríferas
CAI-03	Serra da Serpentina	74,0	2,5	396,0	485,0	Rochas Ferríferas
ASS-01	Serra da Serpentina	9,6	2,2	28,4	21,7	Rochas Ferríferas
ASS-02	Serra da Serpentina	13,4	0,4	36,3	40,8	Rochas Ferríferas
ASS-02A	Serra da Serpentina	7,6	1,8	20,3	18,0	Rochas Ferríferas
ASS-03	Serra da Serpentina	5,9	0,5	16,2	14,0	Rochas Ferríferas
ASS-04	Serra da Serpentina	11,1	1,2	30,9	40,0	Rochas Ferríferas
ASS-05	Serra da Serpentina	15,3	0,9	20,1	11,0	Rochas Ferríferas
ASS-06	Serra da Serpentina	8,2	1,2	12,8	9,1	Rochas Ferríferas
ASS-07	Serra da Serpentina	25,3	1,7	69,9	46,0	Rochas Ferríferas
ASS-09	Serra da Serpentina	53,2	4,9	63,8	44,0	Rochas Ferríferas
ASS-10	Serra da Serpentina	16,2	1,4	58,2	78,0	Rochas Ferríferas
CSS-01	Serra da Serpentina	7,4	2,9	87,5	283,0	Rochas Ferríferas
CSS-02	Serra da Serpentina	51,8	8,2	231,8	260,0	Rochas Ferríferas
CSS-03	Serra da Serpentina	16,8	2,1	40,9	29,0	Rochas Ferríferas
CSS-04	Serra da Serpentina	20,1	1,02	40,6	26,0	Rochas Ferríferas

Cavidade	Unidade Morfológica	PH (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Litotipos
CSS-05	Serra da Serpentina	25,2	3,89	67,3	72,0	Rochas Ferríferas
CSS-06	Serra da Serpentina	35,5	5,5	186,7	189,5	Rochas Ferríferas
CSS-07	Serra da Serpentina	90,1	14,2	343,8	384,0	Rochas Ferríferas
CSS-07A	Serra da Serpentina	52,7	4,19	154,6	182,0	Rochas Ferríferas
CSS-08	Serra da Serpentina	11,9	1,2	17,7	35,0	Rochas Ferríferas
CSS-09	Serra da Serpentina	12,3	0,4	32,5	45,0	Rochas Ferríferas
CSS-10	Serra da Serpentina	73,9	7,0	332,4	338,0	Rochas Ferríferas
CSS-11	Serra da Serpentina	23,4	0,6	36,7	39,0	Rochas Ferríferas
CSS-12	Serra da Serpentina	20,8	2,0	48,8	27,0	Rochas Ferríferas
CSS-13	Serra da Serpentina	13,8	1,5	59,7	127,9	Rochas Ferríferas
CSS-15	Serra da Serpentina	49,4	5,9	232,8	361,0	Rochas Ferríferas
CSS-16	Serra da Serpentina	9,1	0,6	19,3	14,4	Rochas Ferríferas
BRU_001	Serra do Gandarela	16,53	1,4	57,02	43,33	Rochas Ferríferas
BRU_002	Serra do Gandarela	48,82	3,2	116,09	150,9	Rochas Ferríferas
BRU_003	Serra do Gandarela	7,1	0,3	13,6	7,82	Rochas Ferríferas
BRU_004	Serra do Gandarela	24,5	2,5	60,95	46,32	Rochas Ferríferas
BRU_005	Serra do Gandarela	102,06	12,5	503,7	594,3	Rochas Ferríferas
BRU_006	Serra do Gandarela	14,26	1,9	57	39,9	Rochas Ferríferas
BRU_007	Serra do Gandarela	10,06	1,2	26,04	24,99	Rochas Ferríferas
BRU_008	Serra do Gandarela	17,66	0,5	51,76	26,39	Rochas Ferríferas
BRU_009	Serra do Gandarela	25,1	2,6	68,7	60	Rochas Ferríferas
BRU_010	Serra do Gandarela	24,8	10,7	167,9	183	Rochas Ferríferas
BRU_011	Serra do Gandarela	13,1	2	18,6	8	Rochas Ferríferas
BRU_012	Serra do Gandarela	5,1	0,2	9,2	7	Rochas Ferríferas
BRU_019	Serra do Gandarela	6,1	0,5	21,5	10	Rochas Ferríferas
BRU_021	Serra do Gandarela	33,2	2,1	155,4	207	Rochas Ferríferas
BRU_022	Serra do Gandarela	12,4	1,3	33,9	47	Rochas Ferríferas
BRU_023	Serra do Gandarela	5,6	0	17,5	20	Rochas Ferríferas
BRU_025	Serra do Gandarela	5,4	0,4	16	28	Rochas Ferríferas
BRU_028	Serra do Gandarela	6,1	0,4	12,7	11	Rochas Ferríferas
BRU_032	Serra do Gandarela	14,1	0	9,1	149	Rochas Ferríferas
BRU_0034	Serra do Gandarela	14,81	0,7	53,54	79,29	Rochas Ferríferas
BRU_0035	Serra do Gandarela	14,69	0,7	10,44	4,8	Rochas Ferríferas
MDIR_0014	Serra do Gandarela	7,88	1	18,09	10,01	Rochas Ferríferas
MDIR_0025	Serra do Gandarela	12,9	0,5	46,06	18,88	Rochas Ferríferas
MDIR_0027	Serra do Gandarela	6,7	2,2	24,06	13,47	Rochas Ferríferas
MDIR_0028	Serra do Gandarela	100,7	4	536,36	868,9	Rochas Ferríferas
MDIR_0033	Serra do Gandarela	10,6	2,6	39,22	33,72	Rochas Ferríferas
MDIR_0035	Serra do Gandarela	7,11	1,2	14,84	33,05	Rochas Ferríferas
MDIR_0036	Serra do Gandarela	8,54	2,8	66,34	67,66	Rochas Ferríferas

Cavidade	Unidade Morfológica	PH (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Litotipos
MDIR_0039	Serra do Gandarela	13,44	0,7	72,78	46,32	Rochas Ferríferas
RF_119	Serra do Gandarela	8,65	0,5	18,51	9,25	Rochas Ferríferas
RF_120	Serra do Gandarela	10,52	0,7	35,77	30,58	Rochas Ferríferas
RF_121	Serra do Gandarela	42,44	2,6	102,08	138,83	Rochas Ferríferas
MINA_0009	Quadrilátero Oeste	35,11	3,9	238,12	569,1	Rochas Ferríferas
MINA_0014	Quadrilátero Oeste	5,6	1,5	18,43	22,39	Rochas Ferríferas

**Anexo 02- Lista de cavidades e respectivos dados espeleométricos em rochas pelíticas presentes na unidade geomorfológica do Quadrilátero Oeste e Serra do Gandarela. Fonte: Carste (2010) e Carste (2011 a).**

Cavidade	Unidade Morfológica	UTM_E	UTM_N	PH (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
ABOB_011	Quadrilátero Oeste	623661	7771185	6,3	0,5	9,44	7,4
ABOB_012	Quadrilátero Oeste	623424	7770545	13,2	1,5	33	20,9
ABOB_013	Quadrilátero Oeste	622611	7770060	21,7	0,6	67	41,9
CPMT_001	Quadrilátero Oeste	616725	7776833	18,25	0,9	13,9	23
CPMT_002	Quadrilátero Oeste	616426	7776872	6,3	1	10,7	7
CPMT_003	Quadrilátero Oeste	615545	7776351	8,6	2,43	5,25	2,87
CPMT_004	Quadrilátero Oeste	615459	7776892	14,5	3,4	18	12,6
ABOB_010	Quadrilátero Oeste	617305	7770448	12,4	0,6	18,7	9
AP-50	Serra do Gandarela	636655	7784503	7,2	1,8	23	23
AP-51	Serra do Gandarela	636718	7784860	6,7	1,4	11	9

## **ANEXO 03**

**Anotações de Responsabilidade Técnica – ART's**

**Cadastros Técnicos Federais – CTF's**



**Anotação de Responsabilidade Técnica - ART CREA-MG**

Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

**Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais**

**ART de Obra ou Serviço  
14201400000001636798**

1. Responsável Técnico

**LEANDRO MARCIO DUARTE MACIEL**

Título profissional:  
**GEOGRAFO;**

RNP: **1408514443**

Registro: **04.0.0000126866**

Empresa contratada:  
**ATIVO AMBIENTAL LTDA**

Registro: **58329**

2. Dados do Contrato

Contratante: **VALE S/A**  
Logradouro: **AVENIDA LIGAÇÃO**

CNPJ: **33.592.510/0037-65**

Nº: **003580**

Cidade: **NOVA LIMA**

Bairro: **AGUAS CLARAS**  
UF: **MG**

CEP: **34000000**

Contrato:

Celebrado em:

Valor: **5.000,00**

Tipo de contratante: **PESSOA JURÍDICA DE DIREITO PRIVADO**

3. Dados da Obra/Serviço

Logradouro: **AVENIDA LIGAÇÃO**

Nº: **003580**

Cidade: **NOVA LIMA**

Bairro: **AGUAS CLARAS**  
UF: **MG**

CEP: **34000000**

Data de início: **01/08/2013** Previsão de término: **03/03/2014**

Finalidade: **AMBIENTAL**

Proprietário: **VALE S/A**

CNPJ: **33.592.510/0037-65**

4. Atividade Técnica

**1 - COORDENAÇÃO  
ESTUDO, GEOGRAFIA, PARA OUTROS FINS**

Quantidade:      Unidade:

**4.00                      un**

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

**ESTUDO DE RELEVÂNCIA ESPELEOLÓGICA CAVIDADES NAS MINAS DE MAR AZUL, FEIJÃO-JANGADA, CAPÃO XAVIER E ABOBORAS.....**

6. Declarações

7. Entidade de Classe

**ASSOC. DOS PROFISSIONAIS GEÓGRAFOS DO ESTADO DE**

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

*B.H.F.* de *14* de *Março* de *2014*

*Leandro Maciel*  
**LEANDRO MARCIO DUARTE MACIEL** RNP: 1408514443

9. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.  
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.crea-mg.org.br](http://www.crea-mg.org.br) ou [www.confrea.org.br](http://www.confrea.org.br)  
- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

VALOR DA OBRA: R\$ **R\$221.000,00.** ÁREA DE ATUAÇÃO: **MEIO AMBIENTE,**

**VALE S/A**

CNPJ: **33.592.510/0037-65**

[www.crea-mg.org.br](http://www.crea-mg.org.br) | 0800.0312732



Valor da ART: **167,68**

Registrada em: **14/02/2014**

Valor Pago: **167,68**

Nosso Número: **000000001674194**



# Anotação de Responsabilidade Técnica - ART CREA-MG

Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

Via da Obra/Serviço

Página 1/1

ART de Obra ou Serviço  
1420140000001637252

### 1. Responsável Técnico

**PAULO GUERINO GARCIA ROSSI**

Título profissional:  
**GEOGRAFO;**

RNP: 1408139332

Registro: 04.0.0000122856

### 2. Dados do Contrato

Contratante: **ATIVO AMBIENTAL LTDA**

CNPJ: 12.350.182/0001-00

Logradouro: **AVENIDA BERNARDO MONTEIRO**

Nº: 000071

Cidade: **BELO HORIZONTE**

Bairro: **FLORESTA**

UF: **MG**

CEP: 30150280

Contrato:

Celebrado em:

Valor: **4.500,00**

Tipo de contratante: **PESSOA JURÍDICA DE DIREITO PRIVADO**

### 3. Dados da Obra/Serviço

Logradouro: **AVENIDA DE LIGAÇÃO**

Nº: 003580

Cidade: **NOVA LIMA**

Bairro: **ÁGUAS CLARAS**

UF: **MG**

CEP: 34000000

Data de início: **04/03/2013** Previsão de término: **27/03/2014**

Finalidade: **AMBIENTAL**

Proprietário: **VALE S.A.**

CNPJ: 33.592.510/0037-65

### 4. Atividade Técnica

**1 - COORDENAÇÃO**

Quantidade:

Unidade:

**ESTUDO, GEOGRAFIA, PARA OUTROS FINS**

**4.00**

**un**

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

### 5. Observações

**ESTUDO DE RELEVÂNCIA DE CAVIDADES NAS MINAS DE ABÓBORAS, CAPÃO XAVIER, MAR AZUL E FEIJÃO-JANGADA....**

### 6. Declarações

Cláusula Compromissória: qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei nº. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar.

Profissional

Contratante

### 7. Entidade de Classe

**ASSOC. DOS PROFISSIONAIS GEÓGRAFOS DO ESTADO DE**

### 8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

BELO HORIZONTE de FEVEREIRO de 2014

**PAULO GUERINO GARCIA ROSSI**

RNP: 1408139332

**ATIVO AMBIENTAL LTDA**

CNPJ: 12.350.182/0001-00

### 9. Informações

- A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.  
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.crea-mg.org.br](http://www.crea-mg.org.br) ou [www.confex.org.br](http://www.confex.org.br)  
- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

VALOR DA OBRA: R\$ R\$221.000,00. ÁREA DE ATUAÇÃO: MEIO AMBIENTE,

[www.crea-mg.org.br](http://www.crea-mg.org.br) | 0800.0312732



Valor da ART: 63, 64

Registrada em: 14/02/2014

Valor Pago: 63, 64

Nosso Número: 000000001674641



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis



CADASTRO TÉCNICO FEDERAL  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR

Registro n.º	Data da Consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
5194627	23/06/2014	23/06/2014	23/09/2014

**Dados Básicos:**

CNPJ: 12.350.182/0001-00  
Razão Social: Ativo Ambiental Ltda  
Nome Fantasia: Ativo Ambiental Ltda  
Data de Abertura: 09/08/2010

**Endereço:**

Logradouro: Av. Bernardo Monteiro, 71  
N.º: Complemento:  
Bairro: Floresta Município: BELO HORIZONTE  
CEP: 30150-280 UF: MG

**Atividades de Defesa Ambiental:**

**Categoria:**

Código	Descrição
1	5002 - Consultoria Técnica Ambiental - Classe 6.0

**Atividade:**

Código	Descrição
1	18 - Amost. biota pela metodo RAPELD
2	15 - Anilhamento de Aves Silvestres
3	19 - Atividades RAPELD
4	10 - Auditoria Ambiental
5	7 - Controle da Poluição
6	12 - Ecossistemas Terrestres e Aquaticos
7	5 - Educação Ambiental
8	11 - Gestão Ambiental
9	2 - Qualidade da Água
10	1 - Qualidade do Ar
11	3 - Qualidade do Solo
12	8 - Recuperação de Áreas
13	6 - Recursos Hídricos
14	4 - Uso do Solo

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa jurídica está em conformidade com as obrigações cadastrais e de prestação de informações ambientais sobre as atividades desenvolvidas sob controle e fiscalização do Ibama.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarar e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou



**Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**



**CADASTRO TÉCNICO FEDERAL  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR**

municipais para o exercício de suas atividades.

O Certificado de Regularidade não habilita o transporte e produtos e subprodutos florestais e faunísticos.

O Certificado de Regularidade tem validade de três meses, a contar da data de sua emissão.

Chave de autenticação

*twsk.mxes.3s8s.ie3v*



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis



CADASTRO TÉCNICO FEDERAL  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR

<b>Registro n.º</b>	<b>Data da Consulta:</b>	<b>CR emitido em:</b>	<b>CR válido até:</b>
246778	26/06/2014	26/06/2014	26/09/2014

**Dados Básicos:**

CPF: 030.599.636-30  
Nome: Leandro Márcio Duarte Maicel

**Endereço:**

Logradouro: Rua Pitangui, 3340  
N.º: Complemento:  
Bairro: Horto Município: BELO HORIZONTE  
CEP: 31030-066 UF: MG

**Atividades de Defesa Ambiental:**

**Categoria:**

Código	Descrição
1	5001 - Consultor Técnico Ambiental - Classe 5.0

**Atividade:**

Código	Descrição
1	10 - Auditoria Ambiental
2	7 - Controle da Poluição
3	5 - Educação Ambiental
4	11 - Gestão Ambiental
5	2 - Qualidade da Água
6	3 - Qualidade do Solo
7	8 - Recuperação de Áreas
8	6 - Recursos Hídricos
9	4 - Uso do Solo

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa jurídica está em conformidade com as obrigações cadastrais e de prestação de informações ambientais sobre as atividades desenvolvidas sob controle e fiscalização do Ibama.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarar e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades.

O Certificado de Regularidade não habilita o transporte e produtos e subprodutos floretais e faunísticos.

O Certificado de Regularidade tem validade de três meses, a contar da data de sua emissão.

Chave de autenticação	<i>ci2f.i8md.u32e.lzn7</i>
-----------------------	----------------------------



Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis



CADASTRO TÉCNICO FEDERAL  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR

Registro n.º	Data da Consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
4899935	19/05/2014	19/05/2014	19/08/2014

**Dados Básicos:**

CPF: 076.207.496-59  
Nome: Paulo Guerino Garcia Rossi

**Endereço:**

Logradouro: Rua Artur Joviano, 111, apto 401  
N.º: Complemento:  
Bairro: Cruzeiro Município: BELO HORIZONTE  
CEP: 30310-270 UF: MG

**Atividades de Defesa Ambiental:**

**Categoria:**

Código	Descrição
1	5001 - Consultor Técnico Ambiental - Classe 5.0

**Atividade:**

Código	Descrição
1	11 - Gestão Ambiental
2	2 - Qualidade da Água
3	1 - Qualidade do Ar
4	3 - Qualidade do Solo
5	8 - Recuperação de Áreas
6	6 - Recursos Hídricos
7	4 - Uso do Solo

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa jurídica está em conformidade com as obrigações cadastrais e de prestação de informações ambientais sobre as atividades desenvolvidas sob controle e fiscalização do Ibama.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvará e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades.

O Certificado de Regularidade não habilita o transporte e produtos e subprodutos florestais e faunísticos.

O Certificado de Regularidade tem validade de três meses, a contar da data de sua emissão.

Chave de autenticação	<i>h6wy.4a99.p26h.z48s</i>
-----------------------	----------------------------