



**SUL AMERICANA DE METAIS S/A – SAM**

**CONSOLIDAÇÃO DOS ESTUDOS  
ESPELEOLÓGICOS DO  
ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO  
PROJETO VALE DO RIO PARDO -  
ESTADOS DE MINAS GERAIS E BAHIA**

**Novembro de 2015**

## SUMÁRIO EXECUTIVO

O presente relatório consiste na consolidação dos estudos espeleológicos protocolados junto ao IBAMA, relativos ao processo de Licenciamento Ambiental do Projeto Vale do Rio Pardo, da Sul Americana de Metais S/A, em decorrência do Parecer nº 02015.000092/2015-89 NLA/MG/IBAMA.

Assim, compõem o presente relatório consolidado os seguintes estudos:

- **Mapeamento de Potencialidade Espeleológica, Caminhamento Espeleológico, Caracterização Expedita Das Cavidades Do Bloco 8**, datado de outubro de 2011.
- **Relatório Técnico Complementar 03 Relatório De Valoração De Cavidades - Módulo 14**, datado de junho de 2012.
- **Relatório de Prospecção Espeleológica nas Áreas de Estudo do Complexo Minerário e da Adutora - Módulo 06 - Anexo 26**, datado de junho de 2012.
- **Relatório de Caracterização de Feições Exocársticas - Complexo Minerário**, datado de abril 2013.
- **Relatório Técnico Complementar - Estudo de Relevância de Cavidades - Complexo Minerário e Vale dos Gigantes**, datado de junho de 2013.

No capítulo 1 é apresentada a identificação do empreendedor, enquanto no capítulo 2 é apresentada a equipe técnica responsável pelos estudos ambientais, sendo que os estudos previamente protocolados junto ao IBAMA são de responsabilidade da Brandt Meio Ambiente Ltda, empresa de consultoria ambiental responsável pelos estudos de prospecção, caracterização das feições exocársticas e valoração espeleológica. Já o presente estudo de compilação é de responsabilidade da IC Ambiental Ltda, empresa de consultoria ambiental responsável pela compilação dos estudos previamente protocolados e pelas adequações solicitadas pelo IBAMA, através do Parecer nº 02015.000092/2015-89 NLA/MG/IBAMA.

No capítulo 3 são apresentadas considerações iniciais relativas ao cumprimento das adequações solicitadas pelo IBAMA.

Os capítulos 4 e 5 introduzem o presente relatório e apresentam o empreendimento.

A prospecção espeleológica realizada na área do Complexo Minerário e da adutora é apresentada no capítulo 6. Após o caminhamento sistemático, realizado em seis etapas, foram identificadas, inicialmente, 25 cavernas na área do complexo minerário. Posteriormente, outras duas cavidades foram identificadas, que foram alvo do segundo estudo de valoração espeleológica, protocolado em 2013, totalizando, assim, 27 cavernas no Complexo Minerário, excluídas aquelas feições caracterizadas como exocársticas. Quanto à adutora, optou-se por ampliar as áreas de investigação espeleológica, visto que em uma etapa preliminar haviam sido encontradas duas cavidades na área de estudo, o que possibilitou desviar o traçado, mantendo-o a uma distância superior a 250 metros do seu eixo.

No capítulo 7 é apresentada a caracterização das feições exocársticas localizadas no Complexo Minerário. Essa análise teve como foco 14 (quatorze) ocorrências específicas e foi realizada com base em critérios espeleométricos consolidados e em conceitos técnicos e teóricos atualizados. 9 (nove) desses pontos foram apresentados ao IBAMA como cavidades no documento “*Mapeamento de Potencialidade Espeleológica, Caminhamento Espeleológico e Caracterização Expedita das Cavidades do Bloco 8*”, de outubro de 2011. As outras 5 (cinco) feições foram apresentadas juntamente com as cavernas valoradas à época no “*Módulo 14 - Relatório Técnico Complementar 03 - Relatório de Valoração de Cavidades*” integrante do Estudo de Impactos Ambientais (EIA), de junho de 2012. A totalidade dos pontos listados, classificados durante a etapa de prospecção como cavidades, foram no presente documento reavaliados e caracterizados como feições exocársticas por conformarem afloramentos rochosos, escarpas erosivas, paredões e/ou outras feições do ambiente exógeno cuja gênese se associa à evolução dinâmica das vertentes. Outro fator que contribuiu para a reclassificação desses 14 pontos como feições exocársticas se relaciona com a própria morfologia irregular dessas vertentes e paredes onde, em algumas delas, não é possível a definição de uma seção de entrada (plano vertical denominado ponto zero ou poligonal de entrada), definida pelo fechamento da poligonal composta pelas paredes, teto e piso. Em outros casos, a existência de tal poligonal pode ser estabelecida, entretanto, tal fechamento não garante necessariamente a classificação das feições como cavidades naturais subterrâneas, uma vez que a projeção horizontal a partir da mesma corresponde a medidas diminutas.

A valoração espeleológica das 27 cavidades localizadas no Complexo Minerário é apresentada no capítulo 8, juntamente com oito cavidades localizadas na área denominada de Vale dos Gigantes, estas últimas valoradas para fins de compensação espeleológica. Ressalta-se que o capítulo 8 consolida dois estudos de valoração realizados e protocolados em momentos distintos. O primeiro relatório de valoração protocolado apresenta os estudos referentes a 25 cavidades localizadas no Complexo Minerário. Já o segundo relatório apresenta o estudo de mais duas cavidades localizadas no Complexo Minerário e de mais oito cavidades localizadas na área denominada Vale dos Gigantes. Para atendimento à solicitação do IBAMA, a consolidação dos estudos de valoração espeleológica das cavidades do Complexo Minerário e do Vale dos Gigantes foi realizada seguindo os parâmetros preconizados pela IN 02/2009, de forma que os dados das cavidades do Complexo Minerário foram analisados de forma integrada aos dados das cavidades do Vale dos Gigantes.

Por fim, no capítulo 9 são apresentadas as cavidades impactadas com suas respectivas propostas de compensação espeleológica.

## ÍNDICE GERAL

<b>1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR .....</b>	<b>18</b>
<b>2. EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELOS ESTUDOS AMBIENTAIS .....</b>	<b>19</b>
2.1. Mapeamento de Potencialidade Espeleológica, Caminhamento Espeleológico, Caracterização Expedita das Cavidades do Bloco 8 .....	19
2.2. Estudos de Prospecção Espeleológica nas Áreas de Estudo do Complexo Minerário e da Adutora - Módulo 06 - Anexo 26 .....	19
2.3. Estudos de Caracterização de Feições Exocársticas .....	20
2.4. Módulo 14 - Relatório Técnico Complementar 03 - Relatório de Valoração de Cavidades .....	21
2.5. Relatório Técnico Complementar - Estudo De Relevância De Cavidades - Complexo Minerário E Vale Dos Gigantes .....	22
2.6. Estudo de Consolidação dos Estudos Espeleológicos do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Vale do Rio Pardo - Estados de Minas Gerais E Bahia .....	23
<b>3. CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....</b>	<b>24</b>
3.1. Apontamento dos Atendimentos ao IBAMA .....	24
3.1.1. Parecer 02015.000092/2015-89 NLA/MG/IBAMA .....	24
3.1.1.1. “Consolidação dos Estudos Espeleológicos de acordo com o recomendado no Parecer 0287/2013 NLA/MG/IBAMA” .....	24
3.1.1.2. “Estabelecer de forma definitiva o grau de relevância das cavidades na área de influência do empreendimento de acordo com a IN MMA nº 2/2009” .....	24
3.1.1.3. “Definir quais cavidades serão afetadas pelo empreendimento e o tipo de impacto que cada uma dela sofrerá” .....	25
3.1.1.4. “Apresentar proposta de compensação espeleológica, caso fique constatado que cavidades classificadas como de alta e média relevância serão impactadas de forma irreversível” .....	25
3.1.2. Parecer 0287/2013 NLA/MG/IBAMA .....	26
3.1.2.1. “A utilização da mesma amostra de cavidades como enfoque local e regional, sendo que o próprio estudo cita a existência de várias cavidades no Vale do Rio Peixe Bravo, ao norte do empreendimento, e que poderiam ter sido estudadas para compor a amostra do enfoque regional” .....	26
3.1.2.2. “Algumas cavidades foram incluídas na amostra do enfoque local para a análise de determinados parâmetros e para outros não” .....	27
3.1.2.3. “Não fica claro se para gerar a tabela de relevância de cavidades, foram utilizados os dados das cavernas do Complexo Minerário integradas às do Vale dos Gigantes, ou se a relevância foi obtida analisando as duas amostras de cavidades de forma independente. O empreendedor informa que os dois estudos foram feitos por equipes e em períodos diferentes. A IN 02/2009 preconiza que os parâmetros de cada cavidade devem ser analisados de forma integrada, e somente num segundo momento comparar as médias dos parâmetros em amostras sob o enfoque local e regional” .....	28
3.1.2.4. “As metodologias para se calcular a abundância relativa de espécies foram diferentes para as cavernas do Complexo Minerário e para o Vale dos Gigantes” .....	29
3.1.2.5. “Existe divergência entre o número de cavidades apresentados no Relatório de Relevância e no Relatório Paleontológico” .....	30

3.1.2.6. “A nomenclatura adotada para as cavidades não segue um padrão, o que dificulta o entendimento dos estudos. O uso de letras indicando a região seguida de um número para individualizar cada caverna teria sido mais apropriado, como por exemplo: CM 01, para o Complexo Minerário ou VG 01 para o Vale dos Gigantes” .....	30
3.1.2.7. “Não foi apresentado um tópico sobre os impactos do empreendimento sobre as cavidades, tão pouco quais delas sofrerão impactos negativos irreversíveis” .....	31
3.1.2.8. “O Vale dos Gigantes foi apresentado como possível área a ser preservada para compensar as cavidades impactadas de forma irreversível, porém, a relação de equivalência entre essas cavidades e as medidas que a empresa pretende adotar para cumprir a compensação espeleológica não foram elucidadas” .....	32
3.1.2.9. “Assim sendo, sugerimos que a SAM seja oficiada a rerepresentar os estudos espeleológicos e de valoração de cavidades de forma integrada, esclarecendo todos os questionamentos acima citados; seja refazendo as análises de dados, seja buscando novas informações em campo. A escolha das cavidades para compor as amostras sob o enfoque local e regional deve estar bem justificada. Por fim, deve ser entregue apenas um novo estudo, consolidando todas as informações referentes às questões espeleológicas do empreendimento” .....	33
<b>4. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>34</b>
<b>5. O EMPREENDIMENTO .....</b>	<b>35</b>
5.1. Descrição e Localização .....	35
5.2. Plano Diretor .....	37
<b>6. PROSPECÇÃO ESPELEOLÓGICA.....</b>	<b>38</b>
6.1. Metodologia .....	38
6.2. Contexto Geológico-geomorfológico da Região .....	40
6.3. Construção de Mapa de Potencial Espeleológico da Área do Complexo Minerário .....	40
6.4. Avaliação do Potencial Espeleológico - Adutora.....	43
6.5. Descrição do caminhamento.....	44
6.6. Considerações Finais.....	44
<b>7. CARACTERIZAÇÃO DE FEIÇÕES EXOCÁRTICAS .....</b>	<b>46</b>
7.1. Apresentação .....	46
7.2. Embasamento Teórico .....	47
7.2.1. Contexto Espeleológico Pretérito .....	47
7.2.2. Cavidades Naturais Subterrâneas .....	48
7.2.3. Projeção Horizontal .....	49
7.3. Caracterização das Feições Exocársticas .....	52
7.3.1. Ponto FE-01 .....	52
7.3.2. Ponto FE-02 .....	54
7.3.3. Ponto FE-03 .....	57
7.3.4. Ponto FE-04 .....	59
7.3.5. Ponto FE-05 .....	61
7.5.6. Ponto FE-06 .....	65

7.5.7. Ponto FE-07 .....	68
7.5.8. Ponto FE-08 .....	70
7.5.9. Ponto FE-09 .....	72
7.5.10. Ponto FE-10 .....	74
7.3.11. Ponto FE-11 .....	76
7.5.12. Ponto FE-12 .....	79
7.5.13. Ponto FE-13 .....	81
7.5.14. Ponto FE-14 .....	83
7.4. Considerações Finais.....	85
<b>8. VALORAÇÃO ESPELEOLÓGICA .....</b>	<b>87</b>
8.1. Área de Estudo.....	88
8.2. Contexto Espeleológico.....	89
8.3. Diagnóstico Geoespeleológico.....	96
8.3.1. Objetivos.....	96
8.3.2. Procedimentos metodológicos .....	96
8.3.2.1. Enfoque local e regional.....	96
8.3.2.1.1. Enfoque local.....	96
8.3.2.1.2. Enfoque regional .....	98
8.3.2.2. Topografia de cavidades .....	101
8.3.2.2.1. Método tradicional .....	101
8.3.2.2.2. Mapeamento a laser.....	102
8.3.2.2.2.1. Equipamento .....	103
8.3.2.2.2.2. Metodologia de campo .....	106
8.3.2.2.2.3. Tratamento de dados .....	107
8.3.2.3. Análise espeleométrica .....	111
8.3.2.4. Análise litológica e estrutural.....	112
8.3.2.5. Análise morfológica .....	113
8.3.2.6. Análise hidrológica .....	116
8.3.2.7. Análise de depósitos clásticos, orgânicos e químicos .....	117
8.3.2.8. Análise dos aspectos espeleogenéticos .....	117
8.3.2.9. Análise paleontológica .....	117
8.3.3. Contexto geológico-geomorfológico.....	118
8.3.3.1. Contexto geológico regional.....	118
8.3.3.2. Contexto geológico local .....	120
8.3.3.3. Contexto geomorfológico regional.....	122
8.3.3.4. Contexto geomorfológico local .....	123
8.3.3.5. Inserção das cavernas .....	124

8.3.3.5.1. Enfoque regional .....	124
8.3.3.5.2. Enfoque local.....	125
8.3.4. Descrição das cavernas .....	126
8.3.4.1. Caverna CM-01 .....	126
8.3.4.2. Caverna CM-02 .....	128
8.3.4.3. Caverna CM-03 .....	130
8.3.4.4. Caverna CM-04 .....	131
8.3.4.5. Caverna CM-05 .....	133
8.3.4.6. Caverna CM-06 .....	134
8.3.4.7. Caverna CM-07 .....	135
8.3.4.8. Caverna CM-08 .....	137
8.3.4.9. Caverna CM-09 .....	139
8.3.4.10. Caverna CM-10 .....	140
8.3.4.11. Caverna CM-11 .....	143
8.3.4.12. Caverna CM-12 .....	145
8.3.4.13. Caverna CM-13 .....	148
8.3.4.14. Caverna CM-14 .....	149
8.3.4.15. Caverna CM-15 .....	152
8.3.4.16. Caverna CM-16 .....	153
8.3.4.17. Caverna CM-17 .....	154
8.3.4.18. Caverna CM-18 .....	156
8.3.4.19. Caverna CM-19 .....	157
8.3.4.20. Caverna CM-20 .....	159
8.3.4.21. Caverna CM-21 .....	160
8.3.4.22. Caverna CM-22 .....	162
8.3.4.23. Caverna CM-23 .....	163
8.3.4.24. Caverna CM-24 .....	165
8.3.4.25. Caverna CM-25 .....	166
8.3.4.26. Caverna CM-26 .....	168
8.3.4.27. Caverna CM-27 .....	171
8.3.4.28. Caverna VG-01 .....	172
8.3.4.29. Caverna VG-02 .....	174
8.3.4.30. Caverna VG-03 .....	175
8.3.4.31. Caverna VG-04 .....	179
8.3.4.32. Caverna VG-05 .....	181
8.3.4.33. Caverna VG-06 .....	183
8.3.4.34. Caverna VG-07 .....	186

8.3.4.35. Caverna Jatobá .....	187
8.3.5. Análise dos Resultados.....	189
8.3.5.1. Espeleometria.....	189
8.3.5.1.1. Espeleometria sob enfoque regional.....	191
8.3.5.1.2. Espeleometria sob enfoque local .....	192
8.3.5.1.2.1. Complexo Minerário .....	192
8.3.5.1.2.1. Vale dos Gigantes .....	198
8.3.5.2. Inserção das cavidades na paisagem.....	203
8.3.5.3. Aspectos litológicos e estruturais .....	210
8.3.5.3.1. Introdução .....	210
8.3.5.3.2. Descrição litológica .....	210
8.3.5.3.3. Descrição estrutural .....	215
8.3.5.3.3.1. Complexo Minerário .....	215
8.3.5.3.3.2. Vale dos Gigantes .....	218
8.3.5.4. Morfologia e Feições .....	221
8.3.5.4.1. Morfologia do Complexo Minerário .....	221
8.3.5.4.2. Morfologia do Vale dos Gigantes .....	223
8.3.5.4.3. Feições .....	225
8.3.5.5. Hidrologia .....	237
8.3.5.6. Depósitos clásticos e orgânicos.....	238
8.3.5.7. Depósitos químicos .....	242
8.3.5.8. Aspectos espeleogenéticos.....	248
8.3.5.9. Registros paleontológicos .....	251
8.3.5.10. Aspectos estéticos, religiosos, cênicos e visitação.....	252
8.4. Diagnóstico Bioespeleológico .....	257
8.4.1. Introdução.....	257
8.4.2. Procedimentos Metodológicos .....	259
8.4.3. Resultados .....	268
8.4.3.1. Caracterização das cavidades .....	268
8.4.3.2. Considerações sobre a fauna inventariada.....	278
8.4.3.3. Análises .....	301
8.4.3.4. Considerações finais .....	309
8.5. Diagnóstico Arqueológico.....	309
8.5.1. Introdução.....	309
8.5.2. Objetivo .....	310
8.5.3. Localização .....	310
8.5.3.1. Complexo Minerário: municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho.....	310

8.5.3.2. Vale dos Gigantes: município de Riacho dos Machados.....	311
8.5.4. Metodologia.....	311
8.5.4.1. Trabalhos de gabinete: Levantamento bibliográfico .....	311
8.5.4.2. Trabalhos de campo.....	312
8.5.5. Contextualização.....	313
8.5.5.1. Patrimônio arqueológico associado a Formações Ferríferas .....	313
8.5.5.2. Estado da Arte da Pré-História Regional .....	315
8.5.5.2.1. Caracterização Pré-Histórica .....	315
8.5.5.2.1.1. Períodos da pré-história do Brasil Central .....	315
8.5.5.2.2. A Arte Rupestre na Região de Estudo .....	316
8.5.5.2.2.1. Tradição Planalto .....	318
8.5.5.2.2.2. Tradição São Francisco .....	323
8.5.5.3. Sítios arqueológicos Pré-Históricos Pesquisados em Trabalhos Anteriores.....	326
8.5.5.3.1. Sítios registrados na Barragem do Rio Vacaria.....	326
8.5.6. Resultados .....	326
8.5.6.1. Caverna CM-02.....	327
8.5.6.2. Caverna CM-10.....	328
8.5.6.3. Cavidade VG-03.....	330
8.5.6.4. Caverna do Jatobá .....	334
8.5.7. Considerações Finais.....	340
8.6. Valoração do Grau de Relevância das Cavidades .....	340
8.6.1. Classificação das cavidades quanto ao grau de relevância .....	340
8.6.1.1. Classificação das cavidades em grau de relevância máxima.....	340
8.6.1.2. Classificação das cavidades em grau de relevância alta, média e baixa .....	344
8.6.1.2.1. Chave de classificação do grau de relevância de cavidades naturais subterrâneas .....	344
8.6.1.2.2. Importância sob o enfoque regional.....	345
8.6.1.2.2.1. Importância acentuada.....	345
8.6.1.2.2.2. Importância significativa .....	351
8.6.1.2.2.3. Importância baixa .....	356
8.6.1.2.3. Importância sob o enfoque local .....	356
8.6.1.2.3.1. Importância acentuada.....	356
8.6.1.2.3.2. Importância significativa .....	361
8.6.1.2.3.3. Importância baixa .....	365
8.6.2. Resumo da valoração das cavidades .....	365
8.6.3. Conclusões.....	367
<b>9. CAVIDADES IMPACTADAS E COMPENSAÇÃO ESPELEOLÓGICA.....</b>	<b>372</b>

9.1. Cavidades Impactadas.....	372
9.1.1. Metodologia Proposta para o Monitoramento de Cavidades.....	376
9.1.1.1. Objetivos do Monitoramento .....	378
9.1.1.2. Metodologia .....	379
a. Monitoramento Estático e Visual da Integridade Física.....	379
b. Monitoramento Bioespeleológico .....	384
9.1.1.4. Cavidades Seleccionadas para Instrumentação.....	385
9.2. Propostas de Compensação Espeleológica .....	385
9.2.1. Proposta de Compensação Espeleológica das Cavidades de Alta Relevância.....	385
9.2.1.1. Proposta de Compensação 2x1 .....	386
9.2.1.1.1. Análise de Similaridade dos Atributos entre as Cavidades a serem Suprimidas com as a serem Compensadas.....	388
9.2.1.2. Outras Formas de Compensação .....	393
9.2.1.2.1. Criação de Reserva Particular do Patrimônio Natural na Área Denominada Vale dos Gigantes .....	395
9.2.1.2.1.1. Atributos Ambientais e Espeleológicos da Área a ser Preservada pela Proposta de Compensação.....	397
9.2.1.2.2. Elaboração de Estudos Paleontológicos Complementares .....	403
9.2.1.2.3. Realização de prospecção espeleológica no contexto das rochas metadiamictíticas que ocorrem dentro dos limites do Parque Estadual Grão Mogol .....	404
9.2.2. Proposta de Compensação Espeleológica da Caverna de Média Relevância.....	406
9.3. Quadro Resumo .....	407
<b>10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>410</b>
<b>11. GLOSSÁRIO .....</b>	<b>423</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>427</b>
Anexo 1: Ata de Reunião entre IBAMA e SAM Metais, Dia 12/08/2011	
Anexo 2: Termo de Referência CECAV	
Anexo 3: Mapa de Potencial Espeleológico do Complexo Minerário	
Anexo 4: Mapas de Potencial Espeleológico da Área de Estudo da Adutora	
Anexo 5: Mapa de Caminhamento Espeleológico na Área do Complexo Minerário	
Anexo 6: Mapas de Caminhamento Espeleológico na Área da Adutora	
Anexo 7: Descrição dos Pontos de Caminhamento	
Anexo 8: Fichas de Geoespeleologia das Cavidades	
Anexo 9: Plantas Espeleotopográficas	
Anexo 10: 1º Estudo Paleontológico Complementar com foco na ocorrência de Paleotocas na área de estudo do Projeto Vale do Rio Pardo	
Anexo 11: 2º Estudo Paleontológico Complementar com foco na ocorrência de Paleotocas na área de estudo do Projeto Vale do Rio Pardo	
Anexo 12: Cartas de Aceite do Material Bioespeleológico	

Anexo 13: Dados Brutos Bioespeleologia

Anexo 14: Mapa de Localização das Cavernas

Anexo 15: Parecer Jurídico Compensação Ambiental de Cavidades

Anexo 16: Anotação de Responsabilidade Técnica

Anexo 17: Cadastro Técnico Federal



**SUL AMERICANA DE METAIS S/A – SAM**

**CONSOLIDAÇÃO DOS ESTUDOS  
ESPELEOLÓGICOS DO  
ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO  
PROJETO VALE DO RIO PARDO -  
ESTADOS DE MINAS GERAIS E BAHIA**

**VOLUME I**

**Novembro de 2015**

## ÍNDICE VOLUME I

<b>1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR .....</b>	<b>18</b>
<b>2. EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELOS ESTUDOS AMBIENTAIS .....</b>	<b>19</b>
2.1. Mapeamento de Potencialidade Espeleológica, Caminhamento Espeleológico, Caracterização Expedita das Cavidades do Bloco 8 .....	19
2.2. Estudos de Prospecção Espeleológica nas Áreas de Estudo do Complexo Minerário e da Adutora - Módulo 06 - Anexo 26 .....	19
2.3. Estudos de Caracterização de Feições Exocársticas .....	20
2.4. Módulo 14 - Relatório Técnico Complementar 03 - Relatório de Valoração de Cavidades .....	21
2.5. Relatório Técnico Complementar - Estudo De Relevância De Cavidades - Complexo Minerário E Vale Dos Gigantes .....	22
2.6. Estudo de Consolidação dos Estudos Espeleológicos do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Vale do Rio Pardo - Estados de Minas Gerais E Bahia .....	23
<b>3. CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....</b>	<b>24</b>
3.1. Apontamento dos Atendimentos ao IBAMA.....	24
3.1.1. Parecer 02015.000092/2015-89 NLA/MG/IBAMA .....	24
3.1.1.1. “Consolidação dos Estudos Espeleológicos de acordo com o recomendado no Parecer 0287/2013 NLA/MG/IBAMA” .....	24
3.1.1.2. “Estabelecer de forma definitiva o grau de relevância das cavidades na área de influência do empreendimento de acordo com a IN MMA nº 2/2009” .....	24
3.1.1.3. “Definir quais cavidades serão afetadas pelo empreendimento e o tipo de impacto que cada uma dela sofrerá” .....	25
3.1.1.4. “Apresentar proposta de compensação espeleológica, caso fique constatado que cavidades classificadas como de alta e média relevância serão impactadas de forma irreversível” .....	25
3.1.2. Parecer 0287/2013 NLA/MG/IBAMA.....	26
3.1.2.1. “A utilização da mesma amostra de cavidades como enfoque local e regional, sendo que o próprio estudo cita a existência de várias cavidades no Vale do Rio Peixe Bravo, ao norte do empreendimento, e que poderiam ter sido estudadas para compor a amostra do enfoque regional” .....	26
3.1.2.2. “Algumas cavidades foram incluídas na amostra do enfoque local para a análise de determinados parâmetros e para outros não” .....	27
3.1.2.3. “Não fica claro se para gerar a tabela de relevância de cavidades, foram utilizados os dados das cavernas do Complexo Minerário integradas às do Vale dos Gigantes, ou se a relevância foi obtida analisando as duas amostras de cavidades de forma independente. O empreendedor informa que os dois estudos foram feitos por equipes e em períodos diferentes. A IN 02/2009 preconiza que os parâmetros de cada cavidade devem ser analisados de forma integrada, e somente num segundo momento comparar as médias dos parâmetros em amostras sob o enfoque local e regional” .....	28
3.1.2.4. “As metodologias para se calcular a abundância relativa de espécies foram diferentes para as cavernas do Complexo Minerário e para o Vale dos Gigantes” .....	29
3.1.2.5. “Existe divergência entre o número de cavidades apresentados no Relatório de Relevância e no Relatório Paleontológico” .....	30

3.1.2.6. “A nomenclatura adotada para as cavidades não segue um padrão, o que dificulta o entendimento dos estudos. O uso de letras indicando a região seguida de um número para individualizar cada caverna teria sido mais apropriado, como por exemplo: CM 01, para o Complexo Minerário ou VG 01 para o Vale dos Gigantes” .....	30
3.1.2.7. “Não foi apresentado um tópico sobre os impactos do empreendimento sobre as cavidades, tão pouco quais delas sofrerão impactos negativos irreversíveis” .....	31
3.1.2.8. “O Vale dos Gigantes foi apresentado como possível área a ser preservada para compensar as cavidades impactadas de forma irreversível, porém, a relação de equivalência entre essas cavidades e as medidas que a empresa pretende adotar para cumprir a compensação espeleológica não foram elucidadas” .....	32
3.1.2.9. “Assim sendo, sugerimos que a SAM seja oficiada a rerepresentar os estudos espeleológicos e de valoração de cavidades de forma integrada, esclarecendo todos os questionamentos acima citados; seja refazendo as análises de dados, seja buscando novas informações em campo. A escolha das cavidades para compor as amostras sob o enfoque local e regional deve estar bem justificada. Por fim, deve ser entregue apenas um novo estudo, consolidando todas as informações referentes às questões espeleológicas do empreendimento” .....	33
<b>4. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>34</b>
<b>5. O EMPREENDIMENTO .....</b>	<b>35</b>
5.1. Descrição e Localização .....	35
5.2. Plano Diretor .....	37
<b>6. PROSPECÇÃO ESPELEOLÓGICA.....</b>	<b>38</b>
6.1. Metodologia .....	38
6.2. Contexto Geológico-geomorfológico da Região .....	40
6.3. Construção de Mapa de Potencial Espeleológico da Área do Complexo Minerário .....	40
6.4. Avaliação do Potencial Espeleológico - Adutora.....	43
6.5. Descrição do caminhamento.....	44
6.6. Considerações Finais.....	44
<b>7. CARACTERIZAÇÃO DE FEIÇÕES EXOCÁRTICAS .....</b>	<b>46</b>
7.1. Apresentação .....	46
7.2. Embasamento Teórico .....	47
7.2.1. Contexto Espeleológico Pretérito .....	47
7.2.2. Cavidades Naturais Subterrâneas .....	48
7.2.3. Projeção Horizontal .....	49
7.3. Caracterização das Feições Exocársticas .....	52
7.3.1. Ponto FE-01 .....	52
7.3.2. Ponto FE-02 .....	54
7.3.3. Ponto FE-03 .....	57
7.3.4. Ponto FE-04 .....	59
7.3.5. Ponto FE-05 .....	61
7.3.6. Ponto FE-06 .....	65

7.5.7. Ponto FE-07 .....	68
7.5.8. Ponto FE-08 .....	70
7.5.9. Ponto FE-09 .....	72
7.5.10. Ponto FE-10 .....	74
7.3.11. Ponto FE-11 .....	76
7.5.12. Ponto FE-12 .....	79
7.5.13. Ponto FE-13 .....	81
7.5.14. Ponto FE-14 .....	83
7.4. Considerações Finais.....	85
<b>8. VALORAÇÃO ESPELEOLÓGICA .....</b>	<b>87</b>
8.1. Área de Estudo.....	88
8.2. Contexto Espeleológico.....	89
8.3. Diagnóstico Geoespeleológico.....	96
8.3.1. Objetivos.....	96
8.3.2. Procedimentos metodológicos .....	96
8.3.2.1. Enfoque local e regional.....	96
8.3.2.1.1. Enfoque local.....	96
8.3.2.1.2. Enfoque regional .....	98
8.3.2.2. Topografia de cavidades .....	101
8.3.2.2.1. Método tradicional .....	101
8.3.2.2.2. Mapeamento a laser.....	102
8.3.2.2.2.1. Equipamento .....	103
8.3.2.2.2.2. Metodologia de campo .....	106
8.3.2.2.2.3. Tratamento de dados .....	107
8.3.2.3. Análise espeleométrica .....	111
8.3.2.4. Análise litológica e estrutural.....	112
8.3.2.5. Análise morfológica .....	113
8.3.2.6. Análise hidrológica .....	116
8.3.2.7. Análise de depósitos clásticos, orgânicos e químicos .....	117
8.3.2.8. Análise dos aspectos espeleogenéticos .....	117
8.3.2.9. Análise paleontológica .....	117
8.3.3. Contexto geológico-geomorfológico.....	118
8.3.3.1. Contexto geológico regional.....	118
8.3.3.2. Contexto geológico local .....	120
8.3.3.3. Contexto geomorfológico regional.....	122
8.3.3.4. Contexto geomorfológico local .....	123
8.3.3.5. Inserção das cavernas .....	124

8.3.3.5.1. Enfoque regional .....	124
8.3.3.5.2. Enfoque local.....	125
8.3.4. Descrição das cavernas .....	126
8.3.4.1. Caverna CM-01 .....	126
8.3.4.2. Caverna CM-02 .....	128
8.3.4.3. Caverna CM-03 .....	130
8.3.4.4. Caverna CM-04 .....	131
8.3.4.5. Caverna CM-05 .....	133
8.3.4.6. Caverna CM-06 .....	134
8.3.4.7. Caverna CM-07 .....	135
8.3.4.8. Caverna CM-08 .....	137
8.3.4.9. Caverna CM-09 .....	139
8.3.4.10. Caverna CM-10 .....	140
8.3.4.11. Caverna CM-11 .....	143
8.3.4.12. Caverna CM-12 .....	145
8.3.4.13. Caverna CM-13 .....	148
8.3.4.14. Caverna CM-14 .....	149
8.3.4.15. Caverna CM-15 .....	152
8.3.4.16. Caverna CM-16 .....	153
8.3.4.17. Caverna CM-17 .....	154
8.3.4.18. Caverna CM-18 .....	156
8.3.4.19. Caverna CM-19 .....	157
8.3.4.20. Caverna CM-20 .....	159
8.3.4.21. Caverna CM-21 .....	160
8.3.4.22. Caverna CM-22 .....	162
8.3.4.23. Caverna CM-23 .....	163
8.3.4.24. Caverna CM-24 .....	165
8.3.4.25. Caverna CM-25 .....	166
8.3.4.26. Caverna CM-26 .....	168
8.3.4.27. Caverna CM-27 .....	171
8.3.4.28. Caverna VG-01 .....	172
8.3.4.29. Caverna VG-02 .....	174
8.3.4.30. Caverna VG-03 .....	175
8.3.4.31. Caverna VG-04 .....	179
8.3.4.32. Caverna VG-05 .....	181
8.3.4.33. Caverna VG-06 .....	183
8.3.4.34. Caverna VG-07 .....	186

8.3.4.35. Caverna Jatobá .....	187
8.3.5. Análise dos Resultados.....	189
8.3.5.1. Espeleometria.....	189
8.3.5.1.1. Espeleometria sob enfoque regional.....	191
8.3.5.1.2. Espeleometria sob enfoque local .....	192
8.3.5.1.2.1. Complexo Minerário .....	192
8.3.5.1.2.1. Vale dos Gigantes .....	198
8.3.5.2. Inserção das cavidades na paisagem.....	203
8.3.5.3. Aspectos litológicos e estruturais .....	210
8.3.5.3.1. Introdução .....	210
8.3.5.3.2. Descrição litológica .....	210
8.3.5.3.3. Descrição estrutural .....	215
8.3.5.3.3.1. Complexo Minerário .....	215
8.3.5.3.3.2. Vale dos Gigantes .....	218
8.3.5.4. Morfologia e Feições .....	221
8.3.5.4.1. Morfologia do Complexo Minerário .....	221
8.3.5.4.2. Morfologia do Vale dos Gigantes .....	223
8.3.5.4.3. Feições .....	225
8.3.5.5. Hidrologia .....	237
8.3.5.6. Depósitos clásticos e orgânicos .....	238
8.3.5.7. Depósitos químicos .....	242
8.3.5.8. Aspectos espeleogenéticos.....	248
8.3.5.9. Registros paleontológicos .....	251
8.3.5.10. Aspectos estéticos, religiosos, cênicos e visitação.....	252

## 1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

EMPRESA RESPONSÁVEL PELO EMPREENDIMENTO	
Razão social	SUL AMERICANA DE METAIS S.A.
CNPJ	08.289.492/0001-99
Inscrição Estadual	isento
Inscrição Municipal	-
Endereço completo	Rua Felismino Henrique, 29, Bairro Centro Salinas/MG - CEP 39.560-000,
CTF da SAM	4896097
RESPONSÁVEL PELA EMPRESA	
Nome	Wei Liu
Endereço	Av. das Nações Unidas, 12551, 17º andar, conjunto 1739 - Bairro Brooklin São Paulo/SP - CEP: 04.578-903
Cargo / função	Presidente
Telefone(s)	(11) 3443-7454
Endereço eletrônico	<a href="mailto:willian.liu@sammetais.com.br">willian.liu@sammetais.com.br</a>

## 2. EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELOS ESTUDOS AMBIENTAIS

### 2.1. Mapeamento de Potencialidade Espeleológica, Caminhamento Espeleológico, Caracterização Expedita das Cavidades do Bloco 8

EMPRESA RESPONSÁVEL PELO ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS			
Razão social:	BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA.	http:	www.brandt.com.br
CNPJ:	71.061.162/0001-88	Diretor Operacional:	Sergio Avelar
CTF no IBAMA nº 197484			
Nova Lima / MG - Alameda do Ingá, 89 - Vale do Sereno - 34 000 000 - Nova Lima - MG Tel (31) 3071 7000 - Fax (31) 3071 7002 - <a href="mailto:bma@brandt.com.br">bma@brandt.com.br</a>			

EQUIPE TÉCNICA DA BRANDT MEIO AMBIENTE			
Técnicos que realizaram levantamentos de campo e tratamentos de dados			
Técnico	Formação / Registro Profissional	Cadastro no IBAMA	Áreas de Atuação
Rosane Borges	Engenheira Química CREA-MG 130.203/D	663972	Coordenação geral dos estudos ambientais
Ricardo Diniz Kai	Geógrafo CREA-MG 69963/D	995649	Coordenação dos Estudos do Meio Físico. Revisão do mapa de potencialidade espeleológica
Lília Senna Horta	Bióloga CRBIO 13071-4D	268012	Coordenação dos estudos de valoração das cavidades
André Barbosa Coutinho	Geógrafo/Espeleólogo/ Escalador CREA MG 110878/D	1666162	Prospecção espeleológica
Fabiana Fabri	Geógrafa/Espeleóloga CREA MG 138567/D	4903875	Revisão do mapa de potencialidade espeleológica
Flavia Pellegatti Franco	Bióloga CRBIO	2391369	Levantamentos bioespeleologia
Renata Andrade	Bióloga CRBIO	1969490	Levantamentos bioespeleologia
Milene Costa	Geógrafa	5291483	Levantamento arqueológico
Ana Cunha	Educadora Física Msc. Pré-história e Arte Rupestre	1837295	Levantamento arqueológico
PRODUÇÃO GRÁFICA	Gustavo Freitas		Assistente de produção
	Fabiano Sousa		Assistente de produção
	Leonardo Ferreira		Assistente de produção
	Eli Lemos		Gerenciamento / edição

### 2.2. Estudos de Prospecção Espeleológica nas Áreas de Estudo do Complexo Minerário e da Adutora - Módulo 06 - Anexo 26

EMPRESA RESPONSÁVEL PELO ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS			
Razão social:	BRANDT MEIO AMBIENTE Ltda.	http:	www.brandt.com.br

CNPJ:	71.061.162/0001-88	Diretor Operacional:	Sergio Avelar
CTF no IBAMA nº 197484			
Nova Lima / MG - Alameda do Ingá, 89 - Vale do Sereno - 34 000 000 - Nova Lima - MG Tel (31) 3071 7000 - Fax (31) 3071 7002 - <a href="mailto:bma@brandt.com.br">bma@brandt.com.br</a>			

Técnico	Formação / Registro Profissional	Áreas de Atuação
Ricardo Diniz Kai	Geógrafo CREA-MG 69963/D	Coordenação dos Estudos do Meio Físico
Daniel Correa	Geógrafo CREA-MG 89.047/D	Avaliação de potencial espeleológico na área da adutora
Rodrigo Remígio Liberal	Geógrafo/ Espeleólogo CREA-MG 120070/D	Prospecção espeleológica

### 2.3. Estudos de Caracterização de Feições Exocársticas

EMPRESA RESPONSÁVEL PELO ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS			
Razão social:	BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA.	http:	<a href="http://www.brandt.com.br">www.brandt.com.br</a>
CNPJ:	71.061.162/0001-88	Diretor Operacional:	Sergio Avelar
CTF no IBAMA nº 197484			
Nova Lima / MG - Alameda do Ingá, 89 - Vale do Sereno - 34 000 000 - Nova Lima - MG Tel (31) 3071 7000 - Fax (31) 3071 7002 - <a href="mailto:bma@brandt.com.br">bma@brandt.com.br</a>			

RESPONSÁVEIS TÉCNICOS PELO ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS			
Técnico	Formação / Registro Profissional	CTF no IBAMA	Responsabilidade no Relatório Técnico
Carlos Frederico Lott	Técnico em espeleologia	-	Análise espeleométrica e geoespeleológica
Renata Augusta Azevedo Silva	Estagiária de Geologia	-	Auxílio na análise geoespeleológica
Ricardo Diniz Kai	Geógrafo	995649	Análise espeleométrica e geoespeleológica
Maíra Lopes Nogueira	Geógrafa	-	Gestora do Contrato
<b>PRODUÇÃO GRÁFICA</b>	Gustavo Freitas	Assistente de produção	
	Leonardo Ferreira	Assistente de produção	
	Eli Lemos	Gerenciamento / edição	

COORDENADORES RESPONSÁVEIS PELO RELATÓRIO TÉCNICO COMPLEMENTAR 03			
Técnico	Formação / Registro Profissional	CTF no IBAMA	Responsabilidade
Ricardo Diniz Kai	Geógrafo CREA/MG - 69963/D	995649	Coordenação do relatório técnico

## 2.4. Módulo 14 - Relatório Técnico Complementar 03 - Relatório de Valoração de Cavidades

<b>EMPRESA RESPONSÁVEL PELO ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS</b>			
Razão social:	BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA.	http:	www.brandt.com.br
CNPJ:	71.061.162/0001-88	Diretor Operacional:	Sergio Avelar
CTF no IBAMA nº 197484			
Nova Lima / MG - Alameda do Ingá, 89 - Vale do Sereno - 34 000 000 - Nova Lima - MG Tel (31) 3071 7000 - Fax (31) 3071 7002 - <a href="mailto:bma@brandt.com.br">bma@brandt.com.br</a>			
<b>RESPONSÁVEIS TÉCNICOS PELO ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS</b>			
Técnico	Formação / Registro Profissional	CTF no IBAMA	Responsabilidade no EIA
Flavia Pellegatti Franco	Bióloga CRBIO 56138-4D	2391369	Levantamento bioespeleológico Valoração bioespeleológica das cavernas
Dr. Francisco Sekiguchi Buchmann	Geólogo / Paleontólogo Professor doutor da Universidade Estadual Paulista	-	Estudo Paleontológico Complementar com foco na ocorrência de Paleotocas
Lília Senna Horta	Bióloga CRBIO 13071-4D	268012	Coordenação e integração dos estudos de valoração espeleológica.
Marcelo Henrique Marcos	Biólogo CRBio 030809/04-D	218759	Levantamento de campo estação seca do complexo e das cavidades e dos seus respectivos relatórios
Ricardo França Silva	Estudante de Biologia.	01781009	Levantamento de quirópteros.
Rodrigo Remigio Liberal	Geógrafo / Espeleólogo CREA MG 120070/D	5455583	Prospecção espeleológica, topografia de cavidades.
Yuri Okawara Stávale	Geógrafa / Espeleóloga CREA MG 111896/D	4770224	Revisão do diagnóstico de geoespeleologia.
<b>PRODUÇÃO GRÁFICA</b>	Gustavo Freitas	Assistente de produção	
	Leonardo Ferreira	Assistente de produção	
	Eli Lemos	Gerenciamento / edição	
<b>Auxiliares de campo</b>	<b>Bioespeleologia</b>	Msc. Denis Rafael Pedroso Biólogo	
		Msc. Marco Cesar Silveira Biólogo	

<b>COORDENADORES RESPONSÁVEIS PELO RELATÓRIO TÉCNICO COMPLEMENTAR 03</b>			
Técnico	Formação / Registro Profissional	CTF no IBAMA	Responsabilidade

Lília Senna Horta	Bióloga CRBIO 13071-4D	268012	Coordenação e integração dos estudos de valoração espeleológica.
-------------------	---------------------------	--------	--

## 2.5. Relatório Técnico Complementar - Estudo De Relevância De Cavidades - Complexo Minerário E Vale Dos Gigantes

EMPRESA RESPONSÁVEL PELO ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS			
Razão social:	BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA.	http:	www.brandt.com.br
CNPJ:	71.061.162/0001-88	Diretor Operacional:	Sergio Avelar
CTF no IBAMA nº 197484			
Nova Lima / MG - Alameda do Ingá, 89 - Vale do Sereno - 34 000 000 - Nova Lima - MG Tel (31) 3071 7000 - Fax (31) 3071 7002 - <a href="mailto:bma@brandt.com.br">bma@brandt.com.br</a>			

EQUIPE TÉCNICA DA BRANDT MEIO AMBIENTE			
ESTA EQUIPE PARTICIPOU DA ELABORAÇÃO DESTE DOCUMENTO E RESPONSABILIZA-SE TECNICAMENTE POR SUAS RESPECTIVAS ÁREAS			
Técnico	Formação / Registro Profissional	CTF no IBAMA	Responsabilidade no EIA
Ana C. R. Cunha	Arqueóloga MSc. Arqueologia	1837295	Responsável técnica pelas pesquisas arqueológicas, coordenação de campo e elaboração de relatórios.
Carlos Frederico Lott	Técnico em espeleologia	-	Topografia das cavidades, auxílio no levantamento geoespeleológico.
Flavia Pellegatti Franco	Bióloga CRBIO 56138-4D	2391369	Levantamento bioespeleológico. Relevância bioespeleológica.
Francisco Sekiguchi Buchmann	Geólogo / Paleontólogo Professor doutor da Universidade Estadual Paulista	1835786	Estudo Paleontológico
Isabel Pires Mascarenhas	Geógrafa / MSc Ecologia CREA-MG 89145/D	1987903	Coordenação técnica geral. Diagnóstico geoespeleológico e relevância espeleológica.
Maíra Lopes Nogueira	Geógrafa CREA-MG 88.260/D	3541789	Gestora do contrato
Renata Augusta Azevedo Silva	Estagiária de Geologia	-	Auxílio no levantamento e diagnóstico geoespeleológico
Ricardo Diniz Kai	Geógrafo CREA-MG 69.693/D	995649	Coordenação do documento, integração dos diagnósticos e da relevância espeleológica. Diagnóstico geoespeleológico.
Auxiliares de campo	Bioespeleologia	Msc. Denis Rafael Pedroso Biólogo	
<b>PRODUÇÃO GRÁFICA</b>	Gustavo Freitas	Assistente de produção	

	Leonardo Ferreira	Assistente de produção
	Eli Lemos	Gerenciamento / edição

COORDENADORES RESPONSÁVEIS PELO ESTUDO DE RELEVÂNCIA DE CAVIDADES - VALE DOS GIGANTES			
Técnico	Formação / Registro Profissional	CTF no IBAMA	Responsabilidade
Ricardo Diniz Kai	Geógrafo CREA 69.693/D	995649	Coordenação e integração dos estudos.

## 2.6. Estudo de Consolidação dos Estudos Espeleológicos do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Vale do Rio Pardo - Estados de Minas Gerais E Bahia

EMPRESA RESPONSÁVEL PELO ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS		
CNPJ:	Razão social:	Diretor Técnico:
07.798.642/0001-27	IC AMBIENTAL LTDA.	René Renault
CTF no IBAMA nº 5385366		
Rua Eclipse, 133 - Santa Lúcia - 30.360-540 - Belo Horizonte - MG Tel. (31) 3296-8544 – <a href="mailto:ione.caldas@icambiental.com.br">ione.caldas@icambiental.com.br</a>		

Técnico	Formação / Registro Profissional	Cadastro no IBAMA	Áreas de Atuação
René Renault	Biólogo CRBio 57.588/04 - D	4947410	Direção Técnica
Francisca Printes	Geóloga CREA MG 72270/D	293511	Estudos Geoespeleológicos
Alessandro Dornelas	Biólogo CRBIO 80721-04/D	1565891	Estudos Bioespeleológicos
Lucas Rosa	Engenheiro Civil CREA RS 124.559/D	5535185	Estudos Geoespeleológicos e Geoprocessamento
Felipe Bellini	Advogado OAB MG 141695	5510900	Consolidação dos estudos
Ione Caldas	Diretora Administrativa e Financeira	-	Revisão ortográfica, diagramação e arte final

### 3. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este relatório trata da consolidação dos estudos espeleológicos da Sul Americana de Metais S/A (SAM), referentes ao Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Projeto Vale do Rio Pardo, que compreende os estados de Minas Gerais e Bahia, para atendimento às solicitações do Núcleo de licenciamento Ambiental/MG, do IBAMA, constantes do Parecer 02015.000092/2015-89 NLA/MG/IBAMA, quais sejam:

1. Consolidação dos Estudos Espeleológicos de acordo com o recomendado no Parecer 0287/2013 NLA/MG/IBAMA.
2. Estabelecer de forma definitiva o grau de relevância das cavidades na área de influência do empreendimento de acordo com a IN MMA nº 2/2009.
3. Definir quais cavidades serão afetadas pelo empreendimento e o tipo de impacto que cada uma dela sofrerá.
4. Apresentar proposta de compensação espeleológica, caso fique constatado que cavidades classificadas como de alta e média relevância serão impactadas de forma irreversível.

Assim, o presente documento apresenta não só a consolidação dos estudos espeleológicos já protocolados pela SAM, mas também as demais informações solicitadas perante este órgão.

#### 3.1. Apontamento dos Atendimentos ao IBAMA

O presente item tem por objetivo apontar as partes do presente relatório que foram alteradas em atendimento aos pareceres de nº 02015.000092/2015-89 NLA/MG/IBAMA e de nº 0287/2013 NLA/MG/IBAMA.

##### 3.1.1. Parecer 02015.000092/2015-89 NLA/MG/IBAMA

###### 3.1.1.1. “Consolidação dos Estudos Espeleológicos de acordo com o recomendado no Parecer 0287/2013 NLA/MG/IBAMA”

O presente relatório consiste em tal consolidação, apresentando em um só documento todos os estudos espeleológicos protocolados pela Sul Americana Metais S/A junto ao IBAMA, no processo de licenciamento do Projeto Vale do Rio Pardo.

###### 3.1.1.2. “Estabelecer de forma definitiva o grau de relevância das cavidades na área de influência do empreendimento de acordo com a IN MMA nº 2/2009”

A definição do grau de relevância de todas as cavidades localizadas na área de influência do empreendimento, assim como das cavidades estudadas para proposição de medidas compensatórias espeleológicas, é estabelecida, no presente relatório, de forma definitiva, considerando-se todas as solicitações constantes dos pareceres do IBAMA.

### 3.1.1.3. “Definir quais cavidades serão afetadas pelo empreendimento e o tipo de impacto que cada uma dela sofrerá”

A definição das cavidades que serão afetadas pelo empreendimento e o tipo de impacto que cada uma delas sofrerá são apresentados no capítulo “9. CAVIDADES IMPACTADAS E COMPENSAÇÃO ESPELEOLÓGICA”.

Conforme demonstrado em tal item, as cavidades serão afetadas de duas formas diferentes.

A cavidade CM-25, que se localiza à pequena distância (10 metros) do limite da cava estabelecida no Plano Diretor, é considerada impactada negativamente de forma irreversível, uma vez que não é possível assegurar a sua preservação, mesmo se adotando medidas de controle e monitoramento (Quadro 3.1).

**Quadro 3.1 - Cavidade considerada impactada negativamente de forma irreversível**

Cavidade	Relevância Espeleológica	Distância mínima às estruturas do empreendimento
CM-25	Alta	10 metros

Fonte: IC Ambiental, 2015.

Já em relação às cavidades inseridas em áreas previstas para as estruturas contidas no Plano Diretor do empreendimento, as mesmas serão impactadas negativamente de forma irreversível, uma vez que a instalação das estruturas previstas no Plano Diretor implica na completa supressão destas cavidades.

Constituem este grupo as seguintes cavidades (Quadro 3.2):

**Quadro 3.2 - Cavidades consideradas suprimidas**

Cavidade	Relevância Espeleológica
CM-03	Alta
CM-04	Alta
CM-05	Alta
CM-06	Alta
CM-07	Alta
CM-09	Alta
CM-12	Alta
CM-14	Alta
CM-18	Alta
CM-19	Alta
CM-21	Alta
CM-22	Alta
CM-23	Alta
CM-24	Média
CM-26	Alta

Fonte: IC Ambiental, 2015.

### 3.1.1.4. “Apresentar proposta de compensação espeleológica, caso fique constatado que cavidades classificadas como de alta e média relevância serão impactadas de forma irreversível”

A proposta de compensação espeleológica de cavidades de média e de alta relevância é apresentada no capítulo **“9. CAVIDADES IMPACTADAS E COMPENSAÇÃO ESPELEOLÓGICA”**.

Para as cavidades de alta relevância impactadas, é proposta a compensação de parte das cavidades na forma de preservação de duas cavidades (na forma de cavidade testemunho) para cada cavidade a ser impactada/suprimida, nos termos do Decreto Federal nº 99.556/1990 (alterado pelo Decreto nº 6.640/2008). Para a outra parte das cavidades, são propostas a criação de uma Reserva Particular do Patrimônio Natural na área denominada de Vale dos Gigantes; a elaboração de estudos paleontológicos complementares na região, com o foco no estudo de paleotocas; e a realização de prospecção espeleológica no contexto das rochas metadiamicíticas que ocorrem dentro dos limites do Parque Estadual Grão Mogol, nos termos da Instrução Normativa ICMBio nº 30/2012.

Para a única cavidade de média relevância impactada, é proposta a preservação de uma cavidade de alta relevância, como forma de contribuição para a conservação e o uso adequado do patrimônio espeleológico, nos termos do Decreto Federal nº 99.556/1990, incluindo a execução de medidas (realização de investimentos e custeios de programas e ações) voltadas à conservação e desenvolvimento de estudos e pesquisas que contribuam para a conservação e uso adequado deste patrimônio espeleológico.

### **3.1.2. Parecer 0287/2013 NLA/MG/IBAMA**

#### **3.1.2.1. “A utilização da mesma amostra de cavidades como enfoque local e regional, sendo que o próprio estudo cita a existência de várias cavidades no Vale do Rio Peixe Bravo, ao norte do empreendimento, e que poderiam ter sido estudadas para compor a amostra do enfoque regional”**

A definição das unidades local e regional (unidades geomorfológica e espeleológica) não se trata de uma tarefa simples, visto que tanto o Decreto Federal nº 99.556/1990 (alterado pelo Decreto nº 6.640/2008) como a Instrução Normativa MMA nº 2/2009 apresentam definições quanto ao enquadramento de ambas as unidades.

No presente relatório, as definições das unidades regional e local foram revistas, de forma a se consolidar os estudos de valoração se utilizando de definições metodológicas mais acertadas para atendimento aos preceitos normativos de ambas as normas (Item “8.3.2.1. Enfoque local e regional”).

Assim, há que se considerar que, em observância aos critérios estabelecidos para a definição da Unidade Espeleológica (Unidade Regional), foi considerado como tal o universo de cavidades naturais subterrâneas localizadas na Formação Nova Aurora, formadas em metadiamicítico.

Ressalta-se, aqui, a importância de que sejam consideradas inseridas em um mesmo contexto regional somente aquelas cavidades localizadas em mesma litologia, uma vez que a finalidade dos textos normativos é que sejam comparadas, entre si, cavernas com algum grau de semelhança.

Por este motivo é estabelecido como critério de configuração de unidade regional a litologia, uma vez que cavidades em litologias diferentes, teoricamente, não apresentam um conjunto de fatores ambientais específicos para a sua formação, assim como não apresentam as mesmas relações com o ambiente no qual estão inseridas.

Com base no exposto, se faz necessário analisar as cavidades localizadas no Vale do Rio Peixe Bravo. O último trabalho publicado que aborda estas cavidades é o trabalho intitulado de “Novo Polo para Conservação em Geossistema Ferruginoso na Região do Rio Peixe Bravo, Norte de Minas Gerais”, que consiste em dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre (ECMVS) da Universidade Federal de Minas Gerais para a obtenção de título de Mestre, orientada pela Dra. Claudia Maria Jacobi, de Autoria de Felipe Fonseca do Carmo, publicado em 2012.

Importante frisar que em tal dissertação é informado que, no geral, as cavidades localizadas no Vale do Rio Peixe Bravo, citadas pelos estudos anteriores protocolados no IBAMA, encontram-se em litologia diferente, formando-se em áreas de canga.

Das 25 (vinte e cinco) cavidades estudadas, o autor aponta que somente 2 (duas) delas são formadas em metadiamicrito, sendo esta a litologia onde as cavidades objeto do presente estudo se encontram. Destas 2 (duas), 1 (uma) cavidade, denominada Caverna do Mocororô, já havia sido estudada para fins utilização de seus dados nos relatórios de valoração anteriormente protocolados junto ao IBAMA.

### **3.1.2.2. “Algumas cavidades foram incluídas na amostra do enfoque local para a análise de determinados parâmetros e para outros não”**

Com a revisão das unidades local e regional realizada no presente relatório de consolidação de estudos espeleológicos (Item “**8.3.2.1. Enfoque local e regional**”), foi definida uma Unidade Regional, representada pelas cavidades em metadiamicrito localizadas na Formação Nova Aurora, assim como foram definidas duas unidades locais distintas, sendo uma Unidade Local composta pelas 27 (vinte e sete) cavidades localizadas no contexto do Complexo Minerário e outra composta pelas 8 (oito) cavidades localizadas no contexto do Vale dos Gigantes.

Nos estudos de valoração espeleológica anteriores, foram apresentados estudos em outras 3 (três) outras cavidades, para composição da Unidade Regional: Tocaia de Paca, Boca Soberba e Mocororô.

De acordo com Brandt, 2013, estas “cavidades foram estudadas com o objetivo de subsidiar os dados bioespeleológicos regionais, uma vez que há carência de estudos na região”. Os dados bioespeleológicos dessas três cavidades foram, assim, apresentados no diagnóstico bioespeleológico. “As cavidades Boca Soberba e Tocaia da Paca, localizadas próximas ao traçado da adutora, portanto fora da área de influência direta do empreendimento, foram amostradas por localizarem-se próximas ao local do empreendimento, terem dimensões consideráveis e estarem no mesmo contexto geomorfológico, sendo úteis na comparação de parâmetros biológicos, embora com litologia diferente (xisto)”.

Já a Caverna do Mocarorô, que se encontra em mesma litologia das cavidades do Complexo Minerário e do vale dos Gigantes, além de seus atributos bioespeleológicos, teve também seus atributos geoespeleológicos estudados para compor a amostra regional.

Para o presente estudo, os dados referentes a bioespeleologia das cavernas Boca Soberba e Tocaia de Paca foram desconsideradas, uma vez que estas cavidades se localizam em litologia distinta, não configurando na mesma unidade regional das cavidades do Complexo Minerário e do Vale dos Gigantes.

Já os dados relativos à Caverna do Mocarorô continuam sendo utilizados no presente relatório, para compor a unidade regional das cavidades do Complexo Minerário e Vale dos Gigantes, uma vez que a mesma se encontra em metadiamicrito da formação Nova Aurora, sem, entretanto, configurar no mesmo contexto local, seja das cavidades do Complexo Minerário, seja das cavidades do Vale dos Gigantes.

**3.1.2.3. “Não fica claro se para gerar a tabela de relevância de cavidades, foram utilizados os dados das cavernas do Complexo Minerário integradas às do Vale dos Gigantes, ou se a relevância foi obtida analisando as duas amostras de cavidades de forma independente. O empreendedor informa que os dois estudos foram feitos por equipes e em períodos diferentes. A IN 02/2009 preconiza que os parâmetros de cada cavidade devem ser analisados de forma integrada, e somente num segundo momento comparar as médias dos parâmetros em amostras sob o enfoque local e regional”**

A consolidação dos estudos de valoração espeleológica das cavidades do Complexo Minerário e do Vale dos Gigantes, constante do presente relatório de consolidação dos estudos espeleológicos da SAM, foi realizada seguindo os parâmetros preconizados pela IN 02/2009, de forma que os dados das cavidades do Complexo Minerário foram analisados de forma integrada aos dados das cavidades do Vale dos Gigantes.

A IN 02/2009 dispõe sobre 45 (quarenta e cinco) atributos, sendo 11 atributos de máxima relevância e 34 atributos de importância acentuada ou significativa, tanto sob enfoque local, quanto regional.

O estudo de parte destes atributos se baseia na constatação de presença/ausência de determinados atributos geoespeleológicos, bioespeleológicos e arqueológicos. Para estes atributos, a análise integrada ou dissociada não interfere no estudo do atributo, uma vez que a constatação de presença/ausência de determinado atributo em determinada cavidade independe da constatação da presença/ausência deste atributo em outra cavidade.

Já em relação a outros atributos, a IN 02/2009 preconiza a análise comparativa de determinados atributos com os atributos apresentados por outras cavidades constantes da mesma escala local ou regional. São eles:

No primeiro relatório de valoração protocolado, de 25 cavidades do Complexo Minerário, como não se havia o conhecimento das cavidades localizadas no Vale dos Gigantes, o universo amostral era menor, sendo composto por três outras cavidades, sendo uma em mesma litologia (Caverna do Mocarorô) e duas em litologia diferente (Tocaia de Paca e Boca Soberba, ambas em xisto). Nota-se que quanto mais restrito o universo, maior a probabilidade de se identificar atributos “mais raros”, o que, em termos de valoração, amplia

a probabilidade de se obter cavernas com valorações mais elevadas, incluindo cavidades de máxima relevância.

Quando da realização do segundo relatório de valoração protocolado, de 10 cavidades (8 no vale dos Gigantes e 2 no Complexo Minerário), como já havia o conhecimento de 25 das cavidades localizadas no Complexo Minerário, a empresa de consultoria contratada para a execução alegou tal “estudo foi embasado ainda pelos estudos já realizados no EIA do empreendimento (BRANDT MEIO AMBIENTE, 2012) para 25 cavidades da área do Complexo Minerário” (Brandt, 2013).

Para a presente consolidação, foram refeitas, pela IC Ambiental, as análises dos atributos **riqueza de espécies, abundância relativa de espécies, projeção horizontal, área da projeção horizontal, desnível e volume**, de forma a integralizar a análise destes atributos com os dados de ambos os estudos de valoração anteriormente protocolados junto ao IBAMA. Posteriormente, após redefinidas as unidades geomorfológicas e espeleológica, foram realizados os cálculos estatísticos comparativos para a avaliação das variáveis destes atributos sob o enfoque local e regional.

Assim, a definição do grau de relevância das cavidades considerou, de forma integralizada, os dados das cavernas do Complexo Minerário e do Vale dos Gigantes.

#### **3.1.2.4. “As metodologias para se calcular a abundância relativa de espécies foram diferentes para as cavernas do Complexo Minerário e para o Vale dos Gigantes”**

A metodologia utilizada nos dois relatórios de valoração espeleológica protocolados anteriormente foi realizada de forma distinta em cada relatório.

A primeira englobou ao estudo de 28 cavidades (25 cavidades no Complexo Minerário + 3 outras cavidades para composição de Unidade Regional), detalhadas no Relatório Técnico Complementar Nº 03 do EIA do Projeto Vale do Rio Pardo, que faz parte do relatório entregue ao IBAMA em julho de 2012. O atributo é polêmico e vem sendo discutido com frequência por especialistas da área e integrantes do órgão ambiental, uma vez que se observou que a metodologia anteriormente adotada (através de uma única etapa utilizando-se a fórmula  $Ab = n \times 100 / N$ , onde  $Ab$  (%) é a porcentagem da abundância da espécie alvo,  $n$  é o número de indivíduos da espécie alvo por época e  $N$  é o total de indivíduos das espécies presentes em cada época de coleta com adultos com mais de 1 cm) não contempla a Instrução Normativa MMA nº 2/2009 com relação à comparação entre cavidades. Ou seja, o método determina a abundância relativa de espécies, mas não compara esta abundância entre as cavernas.

A segunda forma, apresentada no Relatório Técnico Complementar do Estudo de relevância de cavidades - Complexo Minerário e Vale dos Gigantes para as 14 cavidades (8 cavidades no Vale dos Gigantes + 3 cavidades no Complexo Minerário, sendo que uma delas já havia sido parcialmente estudada no primeiro relatório + as mesmas 3 cavidades utilizadas no outro relatório para composição de Unidade Regional), atribui os valores de abundância relativa de espécies, abordando estatisticamente as cavidades, a ocorrência das espécies e suas comparações ecológicas. Esta forma, embora não seja uma exigência legal, cumpre as necessidades expostas na Instrução Normativa MMA nº 2/2009 para avaliação das relevâncias.

Assim, a presente consolidação dos estudos espeleológicos adotou esta segunda metodologia para os cálculos de abundância relativa de espécies, tanto nas cavidades localizadas no Complexo Minerário, quanto no Vale dos Gigantes.

### **3.1.2.5. “Existe divergência entre o número de cavidades apresentados no Relatório de Relevância e no Relatório Paleontológico”**

De acordo com informações da SAM, os estudos paleontológicos complementares foram direcionados às cavidades cujas descrições e verificações iniciais apontavam indícios paleontológicos ou se apresentavam como potenciais paleotocas, devido à ocorrência de icnofósseis. Por este motivo, não foram todas as cavidades do Complexo Minerário objeto de estudo paleontológico complementar, havendo, portanto, divergência entre o número de cavidades valoradas e o número de cavidades dos dois relatórios paleontológicos complementares.

Outras cavidades, cuja valoração do grau de relevância espeleológica não foi realizada, como é o caso da Caverna Maracanã (caverna em xisto, localizada em área próxima à adutora), foram estudadas com o objetivo de se melhor conhecer o contexto paleontológico regional.

Ressalta-se que em um dos relatórios paleontológicos complementares, a cavidade CM-26 (denominada nos estudos anteriormente protocolados como caverna 152) foi erroneamente denominada de Caverna Lalau. “Lalau” é uma referência ao superficiário Bento Venceslau, o que ajudaria na localização e reconhecimento da cavidade para posterior alteração da nomenclatura. Assim, onde se lê Caverna Lalau, deve-se ler caverna CM-26.

### **3.1.2.6. “A nomenclatura adotada para as cavidades não segue um padrão, o que dificulta o entendimento dos estudos. O uso de letras indicando a região seguida de um número para individualizar cada caverna teria sido mais apropriado, como por exemplo: CM 01, para o Complexo Minerário ou VG 01 para o Vale dos Gigantes”**

No intuito de padronizar a nomenclatura das cavidades, adotou-se o uso de letras indicando a região, seguidas de um número para individualizar cada caverna. Assim, como sugerido pelo IBAMA, as cavernas do Complexo Minerário receberam a sigla CM, enquanto as cavernas do Vale dos Gigantes receberam a sigla VG. A cavidade Jatobá, por já possuir um nome individualizador, pela qual a mesma já conhecida, não recebeu outro nome ou código durante o presente trabalho. Desta forma, temos abaixo a listagem das cavidades que compõem o presente relatório (Quadro 3.3):

**Quadro 3.3 – Padronização dos nomes das cavidades**

Nome Padronizado no presente estudo	Nome apresentado em estudos anteriores	Local
Caverna CM-01	Caverna 008	Complexo Minerário
Caverna CM-02	Caverna 039	Complexo Minerário
Caverna CM-03	Caverna 045	Complexo Minerário
Caverna CM-04	Caverna 046	Complexo Minerário
Caverna CM-05	Caverna 050	Complexo Minerário
Caverna CM-06	Caverna 052	Complexo Minerário
Caverna CM-07	Caverna 053	Complexo Minerário
Caverna CM-08	Caverna 059	Complexo Minerário
Caverna CM-09	Caverna 071	Complexo Minerário
Caverna CM-10	Caverna 072	Complexo Minerário
Caverna CM-11	Caverna 090	Complexo Minerário
Caverna CM-12	Caverna 099	Complexo Minerário
Caverna CM-13	Caverna 101	Complexo Minerário
Caverna CM-14	Caverna 110	Complexo Minerário
Caverna CM-15	Caverna 112	Complexo Minerário
Caverna CM-16	Caverna 117	Complexo Minerário
Caverna CM-17	Caverna 121	Complexo Minerário
Caverna CM-18	Caverna 124	Complexo Minerário
Caverna CM-19	Caverna 126	Complexo Minerário
Caverna CM-20	Caverna 130	Complexo Minerário
Caverna CM-21	Caverna 134	Complexo Minerário
Caverna CM-22	Caverna 135	Complexo Minerário
Caverna CM-23	Caverna 144	Complexo Minerário
Caverna CM-24	Caverna 150	Complexo Minerário
Caverna CM-25	Caverna 151	Complexo Minerário
Caverna CM-26	Caverna 152	Complexo Minerário
Caverna CM-27	Caverna 153	Complexo Minerário
Caverna VG-01	Caverna PX-01	Vale dos Gigantes
Caverna VG-02	Caverna PX-03	Vale dos Gigantes
Caverna VG-03	Caverna PX-05	Vale dos Gigantes
Caverna VG-04	Caverna PX-07	Vale dos Gigantes
Caverna VG-05	Caverna PX-08	Vale dos Gigantes
Caverna VG-06	Caverna PX-09	Vale dos Gigantes
Caverna VG-07	Caverna PX-10	Vale dos Gigantes
Caverna Jatobá	Caverna Jatobá	Vale dos Gigantes

Fonte: Brandt 2012b, Brandt 2013, alterado por IC Ambiental, 2015.

### 3.1.2.7. “Não foi apresentado um tópico sobre os impactos do empreendimento sobre as cavidades, tão pouco quais delas sofrerão impactos negativos irreversíveis”

A definição das cavidades que serão impactadas pelo empreendimento, demonstrando quais delas sofrerão impactos negativos irreversíveis é apresentada no capítulo “9. CAVIDADES IMPACTADAS E COMPENSAÇÃO ESPELEOLÓGICA”. Conforme já elucidado no item “3.1.1.3.”, acima.

**3.1.2.8. “O Vale dos Gigantes foi apresentado como possível área a ser preservada para compensar as cavidades impactadas de forma irreversível, porém, a relação de equivalência entre essas cavidades e as medidas que a empresa pretende adotar para cumprir a compensação espeleológica não foram elucidadas”**

A proposta de compensação espeleológica de cavidades de média e de alta relevância é apresentada no capítulo “**9. CAVIDADES IMPACTADAS E COMPENSAÇÃO ESPELEOLÓGICA**”.

E relação à proposta de compensação que envolve a criação de uma Reserva Particular do patrimônio Natural na área denominada de Vale dos Gigantes, é apresentado no item “**9.2.1.2.1.1. Atributos Ambientais e Espeleológicos da Área a ser Preservada pela Proposta de Compensação**”, o ganho ambiental e a importância espeleológica representados pela preservação destas cavidades, em caráter perpétuo.

A área dos Vale dos Gigantes representa uma amostra dos atributos ambientais característicos da região onde se insere o empreendimento. Do ponto de vista científico, dos atributos identificados na área até o momento, têm destaque as descobertas paleontológicas e arqueológicas inéditas.

A área tem destaque por apresentar, em seis (06) cavidades contíguas, registros de icnofósseis preservados que expressam processos paleoambientais representados por paleotocas escavadas pela megafauna de mamíferos extintos. As cavidades VG-02, VG-03, VG-06 e VG-07 apresentam em suas paredes muitos icnofósseis (marcas de garras) cujas marcas duplas sugerem sua escavação ou ampliação por um milodontídeo cavador (preguiça-gigante de 2 dedos). Já a cavidade VG-04 é um túnel escavado na rocha friável com paredes com muitos icnofósseis (marcas de garras) e cujo formato tubular e as dimensões da galeria sugerem que a mesma foi escavada ou ampliada por um dasipodídeo de grande tamanho (tatu-gigante). A cavidade VG-05 exibe os melhores registros de icnofósseis dentre as cavidades avaliadas na região. Nos seus salões se preservaram excelentes registros de icnofósseis com ocorrência de marcas duplas sugerindo um milodontídeo cavador (preguiças-gigantes de 2 dedos) e de possíveis marcas de um dasipodídeo de grande tamanho (*tatu-gigante*). O relatório paleontológico complementar do Vale dos Gigantes destacou existir a possibilidade de serem identificados ossos fossilizados no interior das cavidades (BRANDT, 2014).

Quanto à arqueologia, a cavidade VG-03 os registros referentes à arqueologia são pinturas geométricas nas colorações amarelado e avermelhado, compondo-se de traços retos ou circulares, em maioria figuras concêntricas (BRANDT, 2014).

Ressalta-se, também, que na cavidade VG-06 foram identificados indivíduos de *Furipteros horrens*. Esta espécie de morcego encontra-se listada na Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção (Portaria MMA nº 444/2014), tendo sido sua ocorrência descrita pela primeira vez na região de estudo.

**3.1.2.9. “Assim sendo, sugerimos que a SAM seja oficiada a representar os estudos espeleológicos e de valoração de cavidades de forma integrada, esclarecendo todos os questionamentos acima citados; seja refazendo as análises de dados, seja buscando novas informações em campo. A escolha das cavidades para compor as amostras sob o enfoque local e regional deve estar bem justificada. Por fim, deve ser entregue apenas um novo estudo, consolidando todas as informações referentes às questões espeleológicas do empreendimento”**

O presente relatório apresenta a integralização de todos os estudos espeleológicos, incluindo os estudos de valoração espeleológica, protocolados junto ao IBAMA.

No presente estudo foram esclarecidos todos os questionamentos, provenientes dos pareceres nº 02015.000092/2015-89 NLA/MG/IBAMA e nº 0287/2013 NLA/MG/IBAMA, incluindo a reelaboração da análise dos dados referentes aos atributos a riqueza de espécies, abundância relativa de espécies, projeção horizontal, área da projeção horizontal, desnível e volume; e a readequação das unidades espeleológica e geomorfológica (unidade regional e local), com a devida justificativa das cavidades que compõem cada unidade.

Deste modo, todas as informações espeleológicas se encontram compiladas no presente relatório.

#### 4. INTRODUÇÃO

As cavidades naturais subterrâneas são protegidas em âmbito federal por diferentes atos normativos. A Constituição Federal de 1988 as aponta como bens da União (artigo 20, inciso X), sendo o Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas (CECAV), integrante do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), o órgão responsável pela proteção e manejo das cavernas, conforme Portaria IBAMA nº 57 de 1997, sendo que os órgãos estaduais responsáveis pelo licenciamento ambiental possuem competência concorrente com a esfera federal na apreciação de relatórios espeleológicos.

Em coerência com o exposto na Carta Magma, a Portaria IBAMA nº 887 de 1990 e a Resolução CONAMA nº 347 de 2004 (que atualiza e revoga a Resolução CONAMA nº 05 de 1987) tornam obrigatória a elaboração de Estudo de Impacto Ambiental para atividades localizadas em áreas de potencial espeleológico. Já o Decreto Federal nº 99.556/1990, alterado pelo Decreto Federal nº 6.640/2008, aponta que as cavernas existentes no território nacional devem ser protegidas, determinando critérios de classificação destas em graus de relevância, sendo que a metodologia para tal classificação é estabelecida pela Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente (IN/MMA) nº 2/2009. Cabe ainda ressaltar que as cavidades apresentam um entorno de proteção provisório de 250 metros, definido pela Resolução CONAMA nº 347/2004.

Desta forma, este documento apresenta os estudos de Prospecção Espeleológica, Valoração Espeleológica e Proposta de Compensação Espeleológica.

## 5. O EMPREENDIMENTO

### 5.1. Descrição e Localização

As atividades minerárias do Projeto Vale do Rio Pardo serão desenvolvidas pela SAM, numa primeira etapa, apenas na jazida mineral pesquisada e confirmada no denominado Bloco 8, localizada nos municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho, em Minas Gerais. O empreendimento visa a extração, beneficiamento e transporte de minério de ferro.

O Projeto Vale do Rio Pardo tem como objetivo específico produzir 27,5 milhões de toneladas anuais de *pellet-feed* de minério de ferro e transportar este volume, por mineroduto, até uma área portuária no sul da Bahia, no município de Ilhéus.

O empreendimento encontra-se localizado a aproximadamente 410 km, em linha reta, de Belo Horizonte (MG). As atividades de pesquisa mineral da SAM, em Minas Gerais, estão concentradas no Bloco 8, que se encontram a aproximadamente a 75 km a sudoeste da cidade de Salinas (onde se situa a matriz da SAM).

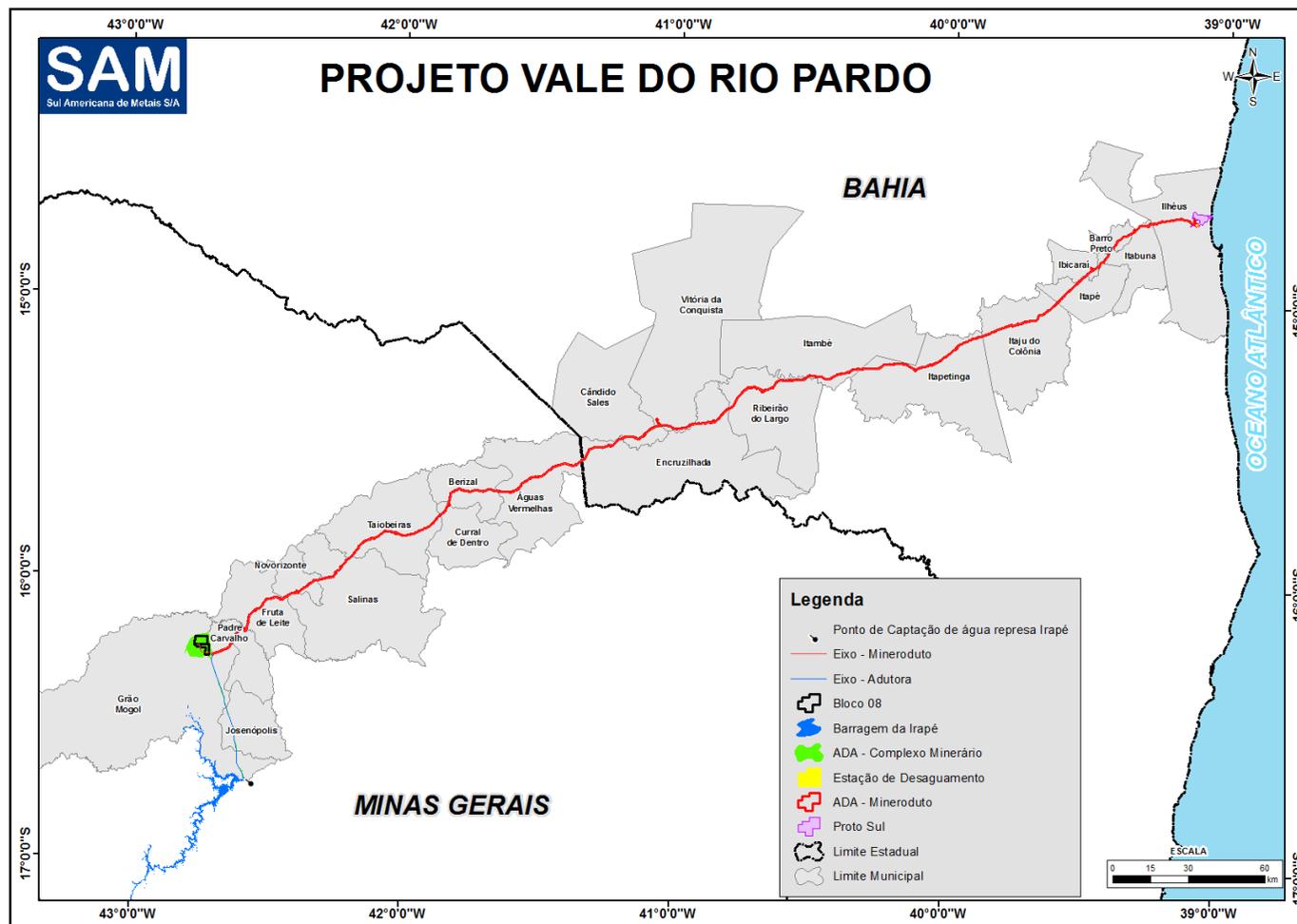
O empreendimento integrado (mina + planta de beneficiamento + mineroduto) abrange territórios de Minas Gerais e Bahia. A Mina do Bloco 8 abrange terras dos municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho, estando a planta de beneficiamento do minério integralmente inserida no município de Grão Mogol (MG). A adutora atravessa terras dos municípios de Grão Mogol e Josenópolis. O mineroduto, com comprimento de 482 km, parte da estação inicial de bombeamento, no município de Grão Mogol (Minas Gerais) e se estende até a estação terminal de filtragem, a ser localizada na retroárea do Porto Sul, próximo à cidade de Ilhéus, no Estado da Bahia. No trajeto, atravessará os municípios de Grão Mogol, Padre Carvalho, Fruta de Leite, Novorizonte, Salinas, Taiobeiras, Cural de Dentro, Berizal e Águas Vermelhas, em Minas Gerais. Depois seguirá pelo Estado da Bahia, atravessando os municípios de Encruzilhada, Cândido Sales, Vitória da Conquista, Ribeirão do Largo, Itambé, Itapetinga, Itaju do Colônia, Itapé, Ibicaraí, Barro Preto, Itabuna e, finalmente, Ilhéus.

A área da mina é acessível por rodovia a partir de Belo Horizonte, por trecho da BR-040 (até Luzilândia do Oeste), seguindo pela BR-365, que segue até Montes Claros, e dali derivando pela BR-251, até o entroncamento com a MG307, que chega a Grão Mogol, seguindo depois para o distrito do Vale das Cancelas. Outro acesso pode ser feito, a partir da BR-251, pela estrada que acessa a cidade de Padre Carvalho e, desta, ao distrito de Vale das Cancelas.

O mineroduto é acessível por trechos da BR-251, da BR-116, da BA-263 e por inúmeras outras estradas estaduais e municipais. Na fase de obras, o acesso ao mineroduto e suas instalações será feito por meio desta rede de rodovias e estradas vicinais públicas, além das vias locais já existentes e a serem abertas, e pela pista de construção (na faixa de servidão).

O mapa de localização do Bloco 8 e Mineroduto encontra-se na Figura 5.1.

Figura 5.1 - Localização do Projeto Vale do Rio Pardo (Bloco 8 e Mineroduto)



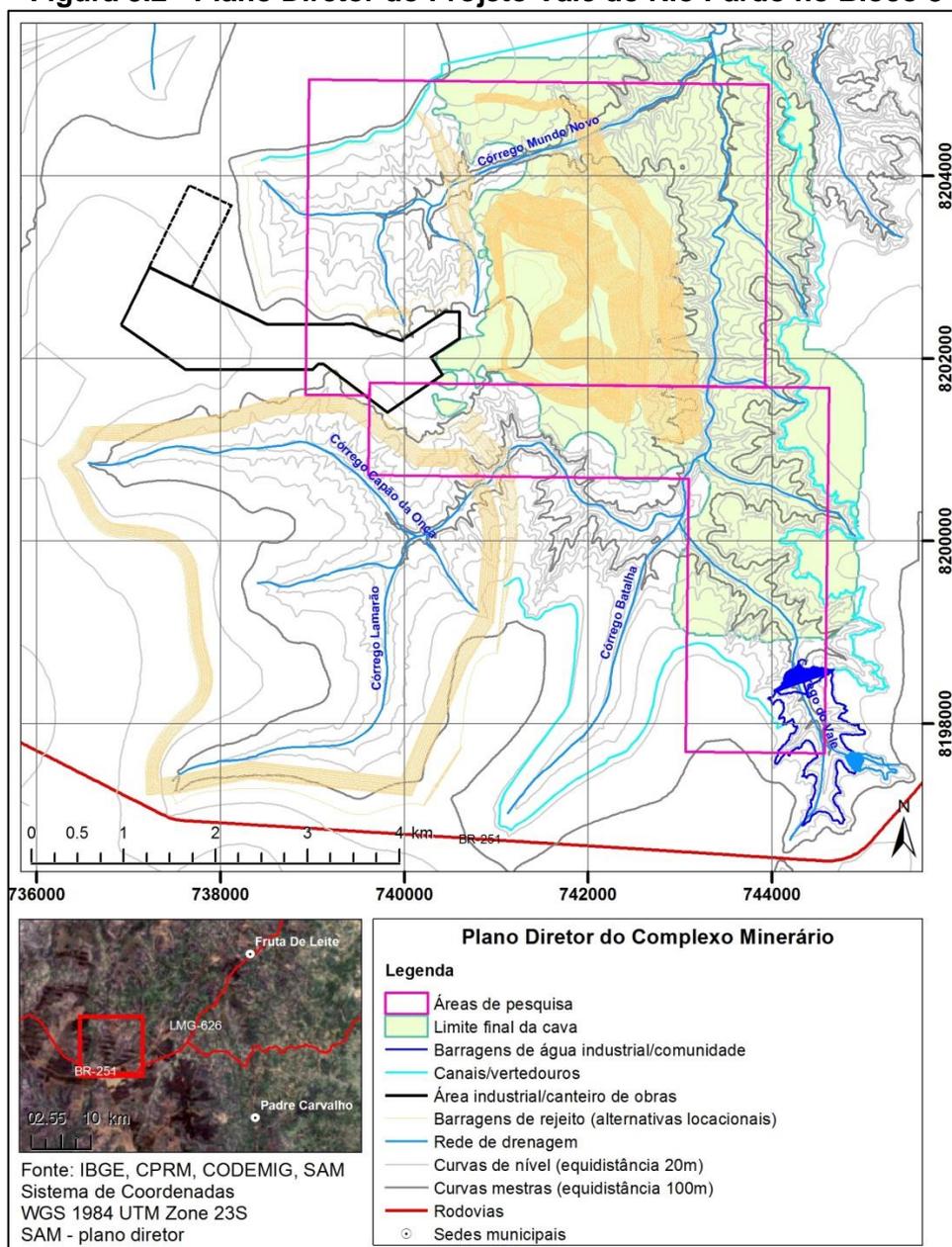
Fonte: SAM, 2015.

## 5.2. Plano Diretor

O processo de beneficiamento compreende as operações de britagem, moagem, classificação, deslamagem, concentração em espirais, flotação e espessamento. Essas operações são largamente empregadas na indústria de beneficiamento mineral, sendo comumente aplicadas na concentração de minério de ferro. Estão sendo examinadas, ainda, rotas alternativas de beneficiamento que propiciem um melhor rendimento metalúrgico.

O Plano Diretor da planta de beneficiamento do empreendimento no Bloco 8 está mostrado na Figura 5.2 a seguir:

**Figura 5.2 - Plano Diretor do Projeto Vale do Rio Pardo no Bloco 8**



Fonte: IC Ambiental, 2015.

## 6. PROSPECÇÃO ESPELEOLÓGICA

Em Estudo Técnico denominado “**Mapeamento de Potencialidade Espeleológica, Caminhamento Espeleológico, Caracterização Expedita Das Cavidades Do Bloco 8**”, datado de outubro de 2011, foram apresentadas informações de cunho espeleológico da área denominada Bloco 8, da empresa Sul Americana de Metais (SAM), nos municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho/MG, conforme orientação do IBAMA em reunião realizada em Brasília/DF, no dia 12/08/2011 (vide Ata no Anexo 1).

Tal documento é, portanto anterior ao Estudo de Prospecção apresentado no Estudo de Impacto Ambiental - EIA/RIMA e teve o intuito de apresentar o mapeamento de potencialidade espeleológica e caminhamento espeleológico que foi realizado nas áreas de influência do empreendimento. Também foi objetivo deste documento abordar as considerações técnicas que foram analisadas e justificam a exclusão de estudos de detalhe para algumas das feições espeleológicas encontradas que possuem baixa projeção horizontal e estão sob forte influência de fatores externos.

Fez parte também do contexto de análise o Termo de Referência Para Elaboração de Estudos Espeleológicos vinculados ao EIA/RIMA do CECAV/IBAMA (Anexo 2), onde é solicitado a identificação e topografia de cavidades com desenvolvimento superiores a 5,0 metros para litologias não carbonáticas.

Posteriormente, foi apresentado novo estudo de prospecção espeleológica vinculado ao EIA/RIMA do Projeto Vale do Rio Pardo, da SAM.

O presente capítulo apresenta os resultados compilados da prospecção espeleológica investigativa (caminhamento espeleológico) nas áreas da adutora e do complexo minerário (denominado Bloco 8), da empresa Sul Americana de Metais (SAM), situados nos municípios de Grão Mogol, Padre Carvalho e Josenópolis, região norte do Estado de Minas Gerais.

O trabalho visou a identificação, descrição e documentação fotográfica das cavidades naturais subterrâneas localizadas nas áreas de estudo do empreendimento. Ressalta-se que os estudos ora apresentados tiveram início com a empresa MC Consultoria Ltda., prosseguindo com a equipe da Brandt Meio Ambiente Ltda.

Em paralelo à prospecção espeleológica, foi dispensado algum esforço, de maneira isolada e amostral, nas regiões do Vale do Rio Peixe Bravo, incluindo a cavidade Mocororô, bem como no Vale do Ribeirão Santana, próximo à adutora, visando ampliar os conhecimentos referentes ao patrimônio espeleológico em nível regional.

### 6.1. Metodologia

Os levantamentos espeleológicos foram compreendidos em três etapas distintas, sendo elas: a primeira correspondeu às pesquisas de dados referentes à espeleologia da área de estudo e preparação de mapas e imagens de satélite para os levantamentos de campo; a segunda etapa constituiu no levantamento de campo propriamente dito, quando foram percorridas as áreas de estudo do complexo minerário e adutora; a terceira e última etapa

correspondeu à análise dos dados de campo e elaboração do relatório de prospecção, complementado com a elaboração dos mapas finais de prospecção.

Os esforços dispensados à investigação espeleológica tiveram a duração de 14 meses, em virtude da grande extensão das áreas do complexo minerário e da adutora e do detalhe impresso aos trabalhos. Os estudos transcorreram no período compreendido entre novembro de 2010 e dezembro de 2011, distribuído em seis campanhas de campo, totalizando 59 dias efetivos de campo. Entre uma etapa de campo e outra foram realizados trabalhos de escritório, a fim de tratar os dados coletados e preparar os materiais para os campos subsequentes.

As três primeiras campanhas de campo foram realizadas pela equipe da MC Consultoria Ltda. e as três últimas foram realizadas pela equipe da Brandt Meio Ambiente Ltda. Os períodos e equipes envolvidas nessas etapas são apresentados no Quadro 6.1.

**Quadro 6.1 - Etapas de Campo**

Campanha	Local	Início	Final	Empresa
1a	Complexo minerário	20/11/2010	10/12/2010	MC Consultoria
2a	Complexo minerário	04/01/2011	16/01/2011	MC Consultoria
3a	Complexo minerário	11/03/2011	21/03/2011	MC Consultoria
4a	Adutora	04/07/2011	25/07/2011	Brandt
5a	Complexo minerário	14/09/2011	22/09/2011	Brandt
6a	Complexo minerário	21/11/2011	03/12/2011	Brandt

Fonte: Brandt, 2012.

Ressalta-se que o trabalho de campo teve como propósito identificar feições endocársticas e cavidades naturais subterrâneas, bem como realizar a caracterização espeleológica dessas feições.

A localização dos pontos de descrição de caminhamento e das feições espeleológicas foi realizada com a utilização de aparelhos de Sistema de Posicionamento Global (GPS) da marca Garmin modelo 60 Csx, sendo utilizadas as coordenadas do sistema de projeção UTM, fuso 23K e datum horizontal SAD 69. Quando necessário, foi utilizada, ainda, técnica vertical em corda para averiguação de entradas de cavidades localizadas na área. Os pontos de caminhamento foram registrados e baixados diariamente para *laptops*. Desta forma, os caminhamentos puderam ser visualizados a fim de se programar os objetivos a serem cumpridos nos dias seguintes.

Nesta etapa também foi realizada uma descrição sucinta das cavidades identificadas, abordando suas características morfológicas e seus depósitos químicos e clásticos, ilustradas por registros fotográficos, bem como a aquisição de seus principais dados espeleométricos.

A denominação dada aos pontos das cavidades é descrita com a abreviação “Cav”, seguida da numeração referente ao ponto (ex. Cav B777 ou Cav BA888), enquanto os pontos dos abrigos se iniciam pela abreviação “Ab”, seguida da respectiva numeração (ex. Ab B444 ou Ab BA555). Já a letra B foi utilizada para indicar pontos efetuados pela equipe da Brandt Meio Ambiente Ltda. Em relação aos pontos realizados nas áreas de interesse espeleológico no contexto regional foi utilizada a sigla BPB, seguida de seus respectivos numerais. A sequência numérica dos caminhamentos realizados no complexo minerário é contínua tanto para os trabalhos realizados pela equipe da MC Consultoria, empresa que

iniciou os levantamentos espeleológicos na área do complexo minerário, quanto pela Brandt Meio Ambiente.

Este capítulo apresenta, assim, o conjunto de resultados da prospecção espeleológica na área do complexo minerário e adutora do Projeto Vale do Rio Pardo.

## 6.2. Contexto Geológico-geomorfológico da Região

De acordo com UHLEIN *et al* (2007), o Grupo Macaúbas constitui uma unidade estratigráfica relacionada à preenchimento de rifte neoproterózoico que se desenvolveu nos limites da faixa de dobramentos Araçuaí (ALMEIDA, 1977; UHLEIN, 1995; PEDROSA SOARES ET AL., 1992; PEDROSA SOARES et al., 2001).

O termo Macaúbas foi introduzido por MORAIS & GUIMARÃES (1930) para referência a conglomerados de origem glacial que ocorrem nas margens da Serra do Espinhaço. PFLUG & RENGER (1973) consideraram o Gr. Macaúbas como molassa da Série Minas/Espinhaço, portanto como unidade tardi a pós-orogênica. ALMEIDA (1977) considerou o Gr. Macaúbas como unidade geossinclinal, com sedimentação, deformação e metamorfismo relacionado ao orógeno Araçuaí, desenvolvido durante o Ciclo Brasileiro. KARFUNKEL & KARFUNKEL (1976), na região de Itacambira e Terra Branca, apresentam uma subdivisão estratigráfica do Grupo Macaúbas em Fm. Califorme (quartzitos), Fm. Terra Branca (metadiamicritos) e Fm. Carbonita (quartzitos, xistos, metarritmitos com seixos isolados, calcissilicáticas, xistos verdes metabasálticos e xistos grafitosos) no topo.

HETTICH (1977), na região entre Couto de Magalhães de Minas e Senador Mourão, subdividiu o Gr. Macaúbas em diversos níveis estratigráficos informais, designados como níveis A (quartzitos), B (metadiamicritos), C (metarritmitos), D (quartzitos), E (xistos verdes) e F (filitos e xistos). Entre Salinas e Porteirinha, no norte de Minas Gerais, VIVEIROS *et al.* (1979) identificaram as formações Rio Peixe Bravo (filitos e quartzitos) e Nova Aurora (diamictitos ferruginosos ou não, filitos, quartzitos hematíticos bandados). As cavidades naturais identificadas nos Bloco 8 pertencem à este último nível estratigráfico, correspondente a metadiamicritos ferruginosos.

De acordo com a compartimentação geomorfológica do Projeto RadamBrasil, a área do Bloco 08 se insere no domínio dos Planaltos em Estrutura Sedimentares Dobradas na região denominada Planalto dos Geraizinhos estando as mesmas posicionadas na unidade geomorfológica do Planalto do Alto Rio Pardo (BRASIL, 1982).

A superfície de aplanamento se caracteriza por chapadas de topo plano apresentando suave inclinação em direção as bordas, onde por vezes se observam cornijas sustentadas por canga. As chapadas são frequentemente bordejadas por escarpas e os vales comumente se caracterizam pela forma de “V” fechado (BRASIL, 1982).

## 6.3. Construção de Mapa de Potencial Espeleológico da Área do Complexo Minerário

A elaboração do mapa de potencial espeleológico para a verificação de ocorrência de cavidades naturais ocorreu em duas etapas. A primeira foi desenvolvida pela MC Consultoria Ltda., que estabeleceu os critérios básicos para a elaboração do mapa,

conforme descrito a seguir. A segunda etapa, realizada pela Brandt Meio Ambiente Ltda., consistiu no refinamento do mapa, com base no levantamento geológico e topográfico em escala de maior detalhe (1:15.000), disponibilizado pela Sul Americana de Metais e usado para compor o presente relatório.

Portanto, com o objetivo de contextualizar a região do complexo minerário, do ponto de vista de sua geopotencialidade para a ocorrência de cavidades naturais subterrâneas, o primeiro Mapa de Potencial Espeleológico foi elaborado com base nos dados de livre domínio disponíveis e nos dados geológicos disponibilizados pela Sul Americana de Metais. Para compor a base de dados foram utilizados arquivos vetoriais, arquivos do tipo *raster* e do tipo alfanumérico, relacionados a seguir.

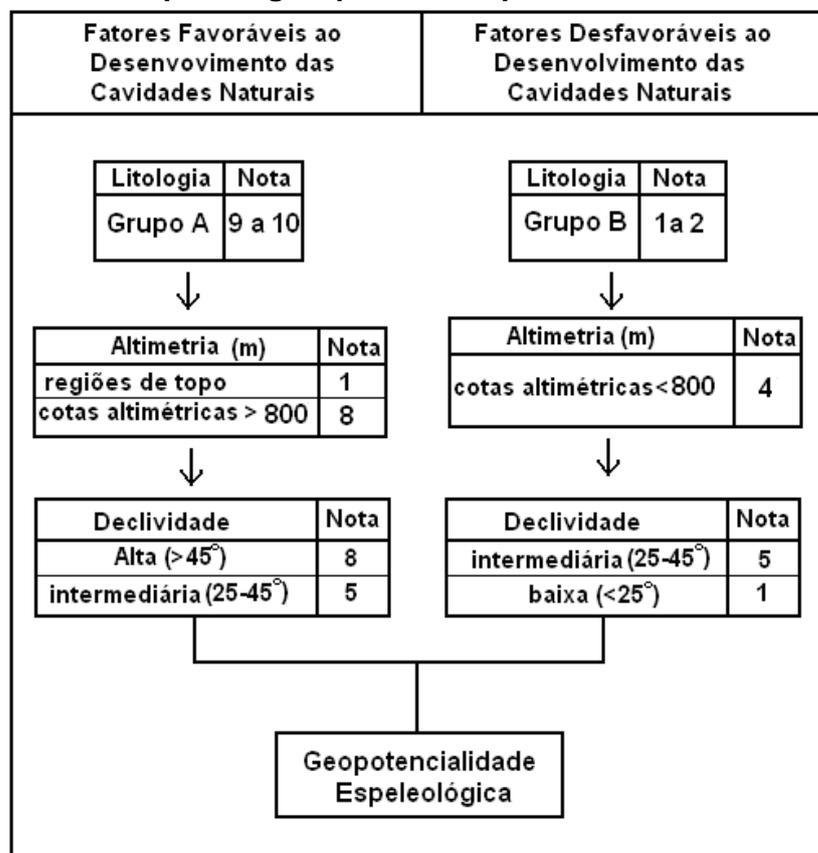
- Curvas de nível criadas a partir do SRTM;
- Mapa geológico do Bloco 8 (fornecido pela SAM);
- Mapa de declividade (gerado a partir do SRTM);
- Localização das cavidades identificadas no presente estudo;
- Mapa altimétrico (gerado a partir do SRTM).

Uma vez elaborado o conjunto de mapas temáticos caracterizadores da área, segundo parâmetros geológicos e geomorfológicos, foi promovida a álgebra de mapas para as análises de multicritérios.

Para a construção das referidas análises foi utilizado o programa “Spring 4.3.3”, através da Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL).

Com a finalidade de inferir sobre as potencialidades espeleológicas da área de estudo da espeleologia (ADAs+250 metros), os planos de informação envolvidos nessa análise foram separados em dois grupos: Fatores favoráveis ao desenvolvimento de cavidades naturais e Fatores não favoráveis ao desenvolvimento de cavidades naturais (Figura 6.1).

**Figura 6.1 - Árvore de decisão para processamento do Mapa de Potencial Espeleológico para os Grupos A e B.**



**Grupo A = Diamictito estéril, crosta ferruginosa, quartzito, diamictito mineralizado, metadiamictito hematítico, quartzito puro e quartzito branco, micáceo.**

**Grupo B = solo arenoso e xisto cinza.**

Fonte: Brandt, 2012.

Através do cruzamento das informações desses dois grupos foi possível confeccionar o Mapa de Potencial Espeleológico para da área do complexo minerário. Esse mapa, conforme já dito, foi refinado com dados mais precisos de geologia, sendo apresentada a versão final no Anexo 3.

O Mapa de Potencial Espeleológico representou uma importante ferramenta para o conhecimento da área em foco e para a organização dos levantamentos de campo, uma vez que o mesmo apontou os níveis de potencial de ocorrência de cavidades das áreas investigadas. Em se tratando das áreas de estudo do Projeto Vale do Rio Pardo, a construção desse mapa para a área do complexo minerário foi de suma importância, já que a partir do momento no qual se começou a identificar a presença de cavidades na região, o recobrimento dos trabalhos de prospecção teve que ser adensado, fato este que requereu maior planejamento prévio. Assim, o mapa facilitou o planejamento da intensificação do caminhamento na prospecção espeleológica, contribuindo para direcionar os trabalhos.

A partir da elaboração do Mapa de Potencial Espeleológico determinou-se a existência de áreas prioritárias para a intensificação dos caminhamentos, dentro dos limites do complexo minerário. Assim, priorizou-se a prospecção em trechos considerados com potencial de

ocorrência de cavidades como baixo, médio-baixo, médio, médio-alto e alto. Ressalta-se que a avaliação principalmente dos parâmetros geológicos, geomorfológicos e topográficos não caracterizaram a presença das classes de ocorrência improvável e muito alta, também presentes na proposta de classificação do CECAV (2009), sendo que por esse motivo não foram consideradas no presente estudo.

Como exemplo desses trechos com mais alto potencial pode-se citar os vales encaixados, principalmente a porção média dos córregos Lamarão e Mundo Novo, nos quais os caminhamentos foram mais adensados, em especial nos escarpamentos rochosos significativos que compõem as bordas dos platôs. Nas cabeceiras do Córrego Mundo Novo o relevo é mais suave e os afloramentos menos frequentes e, dessa forma, os caminhamentos foram menos intensificados.

As áreas consideradas como de potencial médio-baixo e baixo tiveram uma malha de caminhada menos densa. Exemplo dessas áreas são os topos dos platôs, que em parte representam a Área Diretamente Afetada pelas futuras instalações industriais do complexo mineral, e também os vales que se portam menos encaixados.

O platô se caracteriza por ser aplanado e recoberto por extensas manchas de Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos, praticamente não se observando afloramentos. Nos vales menos encaixados o relevo se apresenta mais dissecado e sem escarpas, como por exemplo, os vales dos córregos Capão da Onça, da Batalha e do Vale.

#### 6.4. Avaliação do Potencial Espeleológico - Adutora

O levantamento do potencial espeleológico abarcou vários aspectos, como a pesquisa bibliográfica, observações em campo e entrevistas junto aos moradores locais. Conferiu ainda aspectos referentes à cartografia e à utilização de imagens de satélite como apoio à possível localização das feições.

Dessa maneira, para o levantamento do potencial espeleológico da adutora foram consolidadas as seguintes etapas:

- Levantamento bibliográfico e cartográfico: consulta a trabalhos técnicos desenvolvidos na região e utilização de mapeamentos temáticos diversos disponíveis;
- Consulta aos cadastros espeleológicos disponíveis: (1) Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC), da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE, 2010); (2) Cadastro Nacional de Cavernas (CODEX), da Redespeleo Brasil (2010); (3) Dados do Núcleo de Geoprocessamento do CECAV/ICMBio (CECAV, 2011);
- Metodologia CECAV (2009) para Avaliação do Potencial Espeleológico: a classificação do potencial espeleológico seguiu a classificação: *Alta, Média, Baixa e Ocorrência Improvável*;
- Campanha de campo: caminhada e registro por GPS Garmin 60csx na ADA e numa faixa com largura de 500 m, sendo 250 m para cada lado do eixo da adutora, com coletânea de pontos de controle (PC) e registro fotográfico;
- Consolidação do relatório: mapa de potencial espeleológico e relatório técnico.

Os levantamentos em campo foram orientados para o reconhecimento da área, das principais feições geomorfológicas, da indicação de presença ou ausência de afloramentos rochosos e para a determinação do potencial espeleológico.

Uma pequena área próxima do Lago de Irapé, no vale do Córrego Paulista, foi investigada mais detalhadamente, em função das características mais propícias para ocorrência de cavidades, da mesma forma como o vale do Ribeirão Santana e outra pequena área no extremo norte da adutora, devido à indicação de moradores locais quanto à existência de cavernas.

O mapa do potencial espeleológico da área de estudo da adutora pode ser visualizado no Anexo 4.

### 6.5. Descrição do caminhamento

Durante os levantamentos de campo foram registrados 302 pontos de caminhamento nas áreas de estudo do complexo minerário e da adutora. Esses pontos constituem-se, principalmente de descrições geomorfológicas, hidrológicas e pedológicas. Cada ponto contém ainda a coordenada UTM do local onde foram feitos os levantamentos. O mapa com os caminhamentos espeleológicos na área do complexo minerário é apresentado no Anexo 5, enquanto que os mapas com o caminhamento espeleológico na área da adutora encontram-se no Anexo 6.

As respectivas descrições são apresentadas no Anexo 7, juntamente com suas coordenadas e datas, de acordo com cada dia de prospecção. Destaca-se que as informações foram compiladas, agregando os levantamentos de campo realizados pela MC Consultoria Ltda. e pela Brandt Meio Ambiente Ltda.

Destaca-se ainda que a etapa de prospecção espeleológica resultou na identificação de 25 cavernas na área do complexo minerário, sendo 23 delas situadas na ADA+250 metros e duas delas situadas na Área de Influência Indireta. Essas cavidades são apresentadas posteriormente, no presente relatório.

Ao longo da adutora, porém fora da área de estudo e, portanto, não sujeitas a intervenção do empreendimento da Sul Americana de Metais, foram identificadas duas cavernas (Tocaia de Paca e Boca Soberba).

O detalhamento das feições encontradas nas cavidades da área do complexo minerário é apresentado no capítulo “**8. VALORAÇÃO ESPELEOLÓGICA**”.

### 6.6. Considerações Finais

Após o caminhamento sistemático, realizado em seis etapas, foram identificadas, inicialmente, 25 cavernas na área do complexo minerário.

Posteriormente, outras duas cavidades (CM-13 e CM-27) foram identificadas na área do Complexo Minerário, sendo estas cavidades alvo do segundo estudo de valoração espeleológica, protocolado em 2013.

Quanto à adutora, optou-se por ampliar as áreas de investigação espeleológica, visto que em uma etapa preliminar haviam sido encontradas duas cavidades na área de estudo, o que possibilitou desviar o traçado, mantendo-o a uma distância superior a 250 metros do seu eixo.

Em relação às cavernas do complexo minerário, os estudos espeleológicos prosseguiram a fim de se realizar o Estudo de Valoração de Cavidades, apresentado no presente relatório no capítulo “**8. VALORAÇÃO ESPELEOLÓGICA**”, das 27 cavidades localizadas no Complexo Minerário.

Ressalta-se que o estudo de valoração espeleológica contempla, também, a valoração de mais oito cavidades, localizadas na área denominada de Vale dos Gigantes. A valoração destas cavidades objetiva o uso das mesmas para fins de compensação espeleológica.

## 7. CARACTERIZAÇÃO DE FEIÇÕES EXOCÁRTICAS

### 7.1. Apresentação

O presente capítulo tem como objetivo apresentar a análise técnica das feições exocársticas identificadas na prospecção espeleológica realizada na área do Complexo Minerário (Bloco 8) do Projeto Vale do Rio Pardo, da Sul Americana de Metais (SAM), nos municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho (MG).

Essa análise teve como foco 14 (quatorze) ocorrências específicas e foi realizada com base em critérios espeleométricos consolidados e em conceitos técnicos e teóricos atualizados. 9 (nove) desses pontos foram apresentados ao IBAMA como cavidades no documento “*Mapeamento de Potencialidade Espeleológica, Caminhamento Espeleológico e Caracterização Expedida das Cavidades do Bloco 8*”, de outubro de 2011. As outras 5 (cinco) feições foram apresentadas juntamente com as cavernas valoradas à época no “*Módulo 14 - Relatório Técnico Complementar 03 - Relatório de Valoração de Cavidades*” integrante do Estudo de Impactos Ambientais (EIA), de junho de 2012.

Portanto, nos documentos citados foram apontadas como cavidades as 14 ocorrências que se encontram listadas no Quadro 1.1. A totalidade dos pontos listados, classificados durante a etapa de prospecção como cavidades, foram no presente documento reavaliados e caracterizados como feições exocársticas por conformarem afloramentos rochosos, escarpas erosivas, paredões e/ou outras feições do ambiente exógeno cuja gênese se associa à evolução dinâmica das vertentes. Outro fator que contribuiu para a reclassificação desses 14 pontos como feições exocársticas se relaciona com a própria morfologia irregular dessas vertentes e paredões onde, em algumas delas, não é possível a definição de uma seção de entrada (plano vertical denominado ponto zero ou poligonal de entrada), definida pelo fechamento da poligonal composta pelas paredes, teto e piso. Em outros casos, a existência de tal poligonal pode ser estabelecida, entretanto, tal fechamento não garante necessariamente a classificação das feições como cavidades naturais subterrâneas, uma vez que a projeção horizontal a partir da mesma corresponde a medidas diminutas.

Ressalta-se que o atributo projeção horizontal, definido a partir da poligonal de entrada, é o principal atributo na classificação do que efetivamente seja um ambiente endocárstico. Durante a reavaliação das feições em questão, atributos como geomorfologia, geologia, gênese, incidência de luminosidade, presença de fauna e flora no entorno foram analisados conforme apresentado no item Caracterização das Feições Exocársticas.

No intuito de padronizar a nomenclatura destas feições, adotou-se o uso de letras indicando a classificação como feições exocársticas, seguidas de um número para individualizar cada uma. Assim, as feições receberam a sigla FE para indicar se tratarem de feições exocársticas. O Quadro 7.1, abaixo, apresenta a listagem das feições exocársticas, apresentadas no presente capítulo, com suas respectivas nomenclaturas associadas:

**Quadro 7.1 - Feições exocársticas do Complexo Minerário**

Nome Padronizado no presente estudo	Nome apresentado em estudos anteriores	UTM E	UTM N
FE-01	38	743067	8200597
FE-02	70	743373	8203350
FE-03	91	743389	8201398
FE-04	107	743050	8204278
FE-05	118	741060	8204120
FE-06	119	741334	8204221
FE-07	122	741311	8204204
FE-08	127	741879	8204302
FE-09	131	741347	8204226
FE-10	132	741353	8204234
FE-11	133	741462	8204290
FE-12	141	743069	8202230
FE-13	147	743335	8201676
FE-14	148	743128	8201698

Fonte: Brandt, 2013b. Modificado IC Ambiental, 2015.

## 7.2. Embasamento Teórico

### 7.2.1. Contexto Espeleológico Pretérito

À época de realização dos estudos espeleológicos, estudos e registros de cavidades em diamictitos e metadiamictitos eram raros no país e se resumiam às publicações de SPOLADORE (2005), CARMO *et al.* (2010), CARMO *et al.* (2011a), CARMO *et al.* (2011b) e CARMO *et al.* (2012).

A escassez de estudos anteriores em cavidades em diamictitos e metadiamictitos levou a equipe de prospecção espeleológica a adotar uma postura conservadora, tendo como base o Princípio da Precaução<sup>1</sup>, durante o registro inicial dos pontos. Tal postura teve como consequência registros de feições exocársticas como cavidades. Com a ida da equipe de topografia e estudo de relevância a campo pôde-se reavaliar todas as ocorrências, o que resultou no relatório ora apresentado.

<sup>1</sup> O Princípio da Precaução foi definido inicialmente pela Convenção de Viena de 1985 e posteriormente integrou a Declaração do Rio de Janeiro sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (ONU, 1992) sendo descrita como: “Para proteger o meio ambiente, medidas de precaução devem ser amplamente aplicadas pelos Estados, de acordo com suas capacidades. Em caso de risco de danos graves ou irreversíveis, a ausência de uma absoluta certeza científica não deve servir como pretexto para adiar a adoção de medidas efetivas visando prevenir a degradação ambiental”.

## 7.2.2. Cavidades Naturais Subterrâneas

A reavaliação das ocorrências teve como base o conceito legal e técnico de cavidade natural subterrânea. ora exposto.

Segundo o artigo 10º da Portaria IBAMA nº 887/1990, considera-se cavidade natural subterrânea:

*“todo e qualquer espaço subterrâneo penetrável pelo homem, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, incluindo seu ambiente, seu conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontradas e o corpo rochoso onde as mesmas se inserem, desde que a sua formação tenha sido por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou do tipo de rocha encaixante. Nesta designação estão incluídos todos os termos regionais, como gruta, lapa, toca, abismo, furna, buraco, etc.” (IBAMA, 1990).*

O artigo 2º da Resolução CONAMA nº 347/2004 define cavidade natural subterrânea como:

*“todo e qualquer espaço subterrâneo penetrável pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna e buraco, incluindo seu ambiente, seu conteúdo mineral e hídrico, as comunidades bióticas ali encontradas e o corpo rochoso onde as mesmas se inserem, desde que a sua formação tenha sido por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou do tipo de rocha encaixante” (CONAMA, 2004).*

Já conforme o parágrafo único do artigo 1º do Decreto Federal nº 6.640/2008, define por cavidade natural subterrânea:

*“todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna ou buraco, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem, desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante” (BRASIL, 2008).*

Todas as definições legais de cavidades naturais subterrâneas contêm no conceito a ocorrência destas em meio subterrâneo. Tal pressuposto traz em si o entendimento de que todas as cavidades naturais subterrâneas devem obrigatoriamente ter seu desenvolvimento projetado para o meio subterrâneo em ao menos uma seção composta do polígono definido pelas paredes, teto e piso. Esse plano vertical é definido como ponto zero “0” e representa o ponto a partir do qual uma cavidade se inicia (AULER *et al.*, 2001; CCEPE 1989; CCEPE, 1991; INSTITUTO DO CARSTE, 2012). Nessa mesma linha CCEPE (1991) e CHABERT & WATSON (1981) recomendam que a entrada de uma cavidade seja considerada a partir do ponto onde se consiga um fechamento na vertical.

Corroborando com o exposto, INSTITUTO DO CARSTE (2012) destaca que:

*“Segundo o palestrante do CECAV, todas as cavidades naturais subterrâneas devem ser estudadas, ou seja, os abrigos também, exceto em casos onde as paredes não permitem o “fechamento” de uma seção, ou polígono, entre o teto, paredes e piso (ponto zero), como, por exemplo, no caso de lajedos de quartzito”.*

Por outro lado, cavidades naturais subterrâneas recebem proteção legal de elevada importância por apresentarem-se como ambientes extremamente frágeis e peculiares, onde importantes processos biológicos, físicos e antrópicos se expressam e se conservam. Tal característica ocorre dada a elevada estabilidade ambiental do ambiente subterrâneo, com ausência permanente de luz, constância de umidade e temperatura e isolamento dos agentes biológicos, físicos e químicos decompositores e/ou intempéricos (POULSON & WHITE, 1969; CULVER, 1982).

Cabe ressaltar que o aspecto subterrâneo atribuído à definição legal remete à gênese endógena, o que propicia o desenvolvimento de ambientes diferenciados daqueles encontrados em superfície e que permite a conexão por interstícios a um sistema cárstico maior.

Tais pressupostos supracitados, principalmente os relacionados à gênese endógena, não são encontrados nas ocorrências ora apontadas como feições exocársticas. Estas apresentam configurações superficiais onde algumas não possuem polígonos de entrada bem definidos e outras, quando esse polígono pode ser estabelecido, apresentam tamanho diminuto e característica de processo de retirada mecânica de materiais por erosão remontante. Nas feições exocársticas tratadas por este relatório não são encontrados ambientes onde se identifica características do meio endógeno ou conexões com o endocarste. Salienta-se ainda que a gênese de todas essas ocorrências são nitidamente associadas a processos superficiais, com destaque para o recuo de vertentes com abertura de vales fluviais, não fazendo parte, portanto, do sistema endocárstico.

### 7.2.3. Projeção Horizontal

As medidas de projeção horizontal apresentadas no documento “*Mapeamento de Potencialidade Espeleológica, Caminhamento Espeleológico e Caracterização Expedida das Cavidades do Bloco 8*”, de outubro de 2011, foi realizada tendo como base o croqui de campo e a definição da “linha d’água”. No entanto, a “linha d’água” não mais é usada como referência, conforme exposto por CECAV em palestra descrita por INSTITUTO DO CARSTE (2012):

*“A segunda etapa da palestra foi dedicada para a apresentação dos conceitos utilizados pelo CECAV para definição do “ponto zero” de uma cavidade natural subterrânea, ou seja, o ponto que marca o início do espaço subterrâneo. Segundo o palestrante, a base topográfica “zero” deve se localizar no centro da primeira poligonal (seção) inserida e fechada pelas paredes, piso e teto da entrada da caverna, reforçando que a então definida “linha d’água” não deve ser utilizada como referência”.*

CECAV (2012) também afirma que “a entrada de uma caverna deverá se considerada a partir do ponto onde se consiga um fechamento na vertical (no caso de entrada horizontal) ou na horizontal (no caso de entrada vertical)” e que “a base topográfica zero localiza-se no centro da primeira poligonal feita pelas paredes, piso e teto da entrada da caverna”. AULER *et al.* (2001), posteriormente adaptado por RUBBIOLI & MOURA (2009), descrevem o ponto zero como o “ponto a partir de qual uma caverna se inicia”.

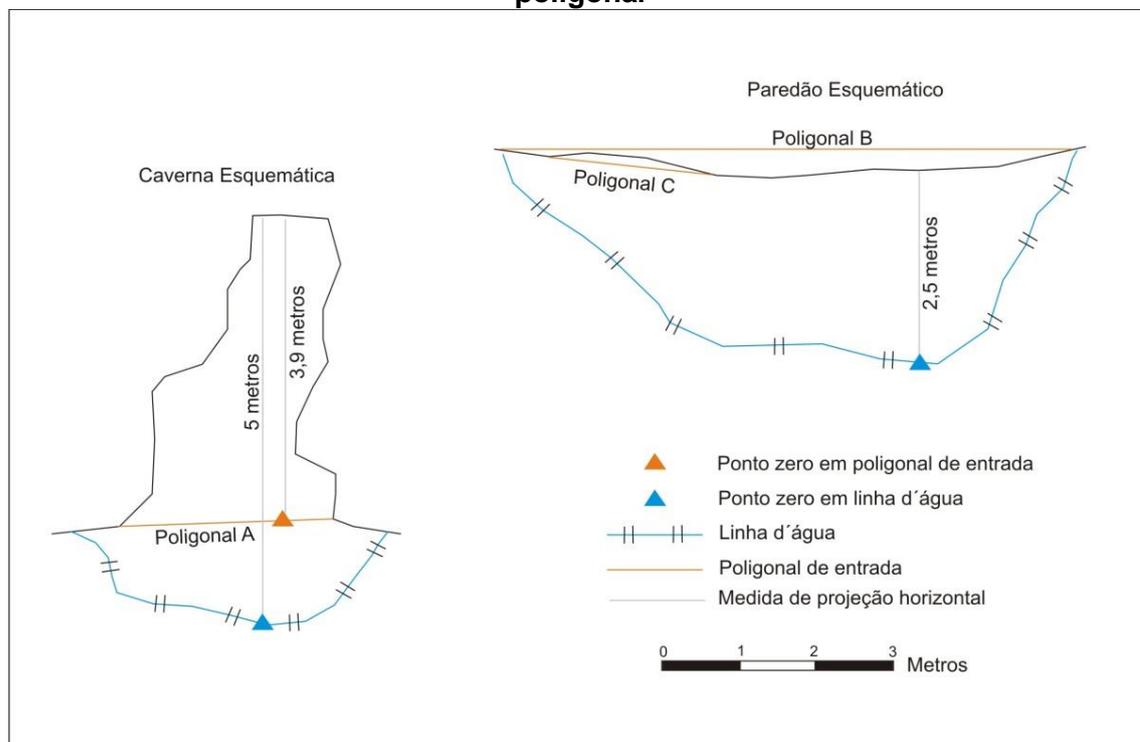
Diante do referencial teórico exposto acima foram reavaliadas as medidas de projeção horizontal apresentadas no documento “*Mapeamento de Potencialidade Espeleológica, Caminhamento Espeleológico e Caracterização Expedida das Cavidades do Bloco 8*”, de outubro de 2011. Cabe lembrar que algumas das feições exocársticas alvo do presente relatório não apresenta qualquer fechamento de seção em um plano vertical, o que faz com que não haja projeção horizontal, que outras apresentem fechamento diminuto, de medidas centimétricas, não permitindo o acesso pelo homem e, finalmente, que as que apresentam projeção horizontal de um a três metros não guardam nenhum tipo de relação com o ambiente subterrâneo.

Para um melhor entendimento da questão, o modelo esquemático apresentado na Figura 7.1 demonstra as duas possibilidades de tomada de projeção horizontal. Uma tendo como base a linha d’água, técnica em desuso e não mais aceita pelo CECAV, e outra tendo como base a primeira poligonal, técnica atualmente aceita e adotada para a elaboração deste estudo.

Ao se observar o modelo denominado Caverna Esquemática, tem-se que quando a projeção horizontal é medida a partir da linha d’água chega-se a uma medida de 5 metros. Entretanto, quando se toma a medida a partir da poligonal de entrada, definida como ponto zero e que no modelo é representada pela poligonal A, tem-se uma medida de 3,9 metros.

Ao se observar o modelo denominado paredão esquemático, tem-se que quando a projeção horizontal é medida a partir da linha d’água chega-se a uma medida de 2,5 metros. Entretanto, quando se tenta tomar a medida a partir da poligonal de entrada, percebe-se que a mesma sequer pode ser definida. De fato, pode-se observar que a tentativa de se fechar uma poligonal nas extremidades da linha d’água é frustrada, uma vez que a mesma se projeta além da linha do paredão. Essa situação é representada pela poligonal B. Já em outra tentativa de se fechar alguma poligonal no paredão esquemático, a Poligonal C limita-se a um fechamento de poucos centímetros, extremamente diminuto, e que não guarda nenhuma relação com o ambiente endocárstico.

**Figura 7.1 - Modelo esquemático diferenciando a medição a partir da linha d'água e da poligonal**



Fonte: Brandt, 2013b.

Corroborando com o exposto acima, uma simples análise do comportamento do paredão representado na Foto 7.1 explica a falta de possibilidade de fechamento de uma poligonal que defina o ambiente endocárstico.

A porção do paredão situada em segundo plano na fotografia possui inclinação verticalizada, que pode ser identificada pela linha vermelha denominada Inclinação A. Essa situação não dá margem a entendimentos equivocados quanto à existência de ambientes subterrâneos.

Já a porção do paredão situada em primeiro plano na fotografia possui inclinação subverticalizada negativa, que pode ser identificada pela linha vermelha denominada Inclinação B. Observa-se que a mesma possui grande pronunciamento sobre a vertente imediatamente à frente do paredão, atitude essa que faz com que a linha d'água, representada na fotografia pela linha azul denominada Linha d'água, seja igualmente pronunciada para longe da linha do paredão. No caso apresentado, a linha d'água se inicia no topo do paredão, porção essa que não está representada na fotografia, e que coincide com o final da linha que representa a inclinação B. Essa situação dá margem para avaliações equivocadas quanto à formação de ambiente subterrâneo.



Foto 7.1 - Na foto é possível verificar que a linha d'água, não mais utilizada por convenção, não representa um fechamento de poligonal.

Fonte: Brandt, 2013b.

### 7.3. Caracterização das Feições Exocársticas

#### 7.3.1. Ponto FE-01

Maciço rochoso com inclinação negativa situado no sopé de escarpa de platô, posicionado próximo ao Córrego Lamarão, a 775 metros de elevação. A feição que se forma nesse ponto apresenta pequenas dimensões, possuindo 10,7 metros de largura, 3,1 metros de altura no ponto mais pronunciado do teto e projeção horizontal máxima de 3,8 metros no ponto mais recuado, conforme seu croqui (Figura 7.2).

Configura um bloco oblato rotacionado de metadiamictito hematítico, de cor cinza avermelhada, onde se observa a presença de uma matriz com granulação fina composta por specularita, quartzo, negativos de magnetita cúbica e um arcabouço de grânulos de quartzo e seixos, aparentemente de quartzito. Alguns dos seixos encontram-se estirados acompanhando a foliação. Nas paredes é possível observar vazios com geometria elipsoidal, circular ou irregular. Como não se observou interconexão de fraturas nessas porções, possivelmente esses vazios são resultado do desprendimento de clastos com diferentes composições, dimensões e orientações (em relação às tensões principais vigentes durante a deformação). Nas paredes é possível observar manchas amareladas, geradas pela alteração da hematita para hidróxido de ferro. Tanto nessas porções quanto nas porções avermelhadas, verifica-se o desenvolvimento de crosta branca (Foto 7.2).

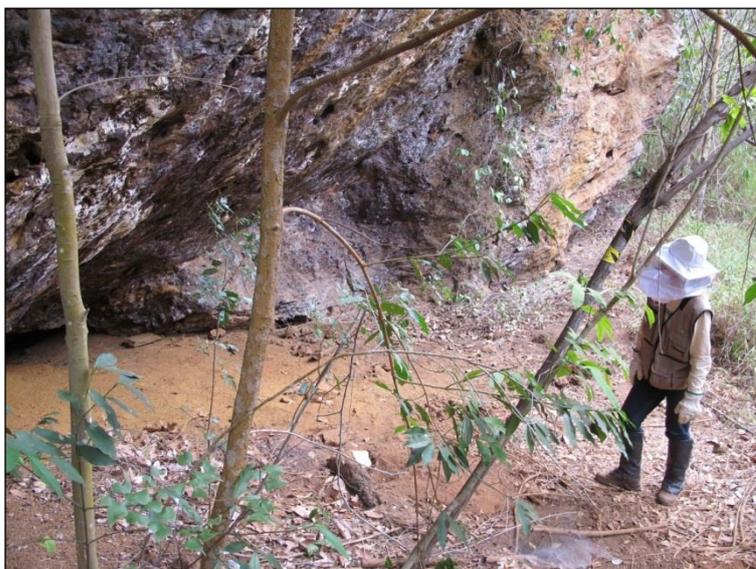


Foto 7.2 - Visão parcial do maciço rochoso, mostrando a inclinação da rocha.  
Fonte: Brandt, 2013b.

Foram observados alguns apêndices em forma de canalículos inativos e com dimensões centimétricas, que configuram protocondutos humanamente inacessíveis, localizados no contato das paredes com o piso.

Sobre seu piso, plano, predominam sedimentos terrígenos finos, embora tenham sido encontrados blocos distribuídos de forma dispersa (Foto 7.3).



Foto 7.3 - Vista da parte central do maciço rochoso, onde é possível observar, à esquerda, uma pequena reentrância que se forma na sua base.  
Fonte: Brandt, 2013b.

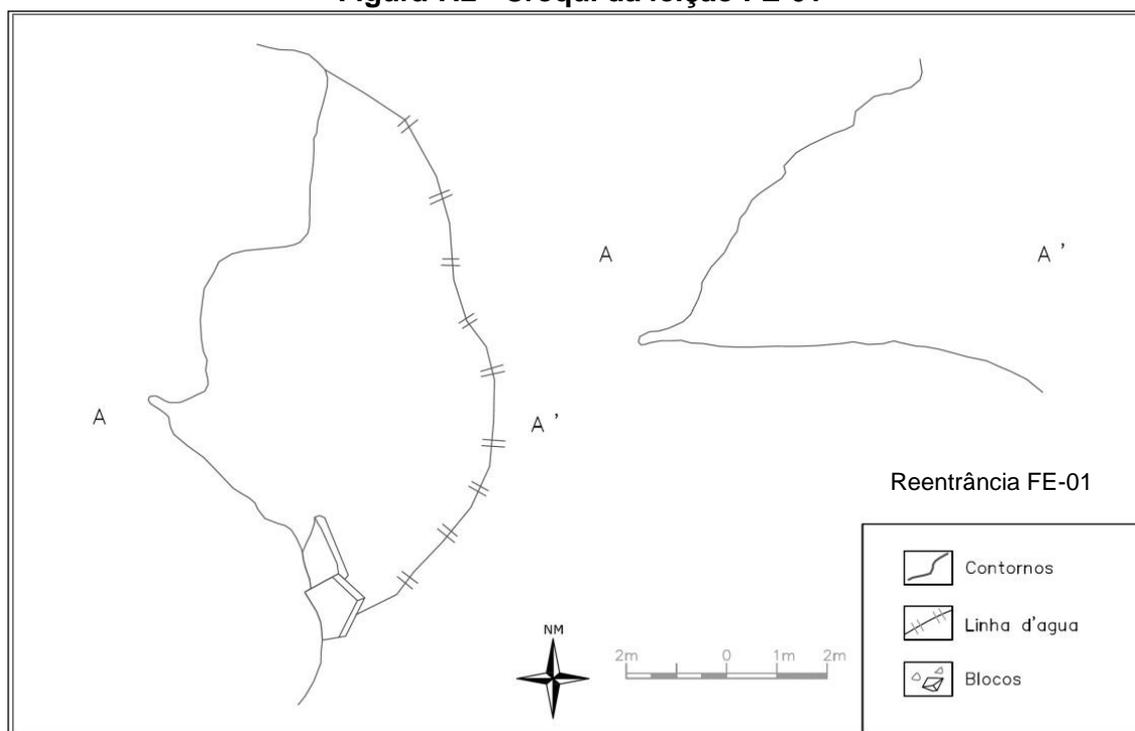
Quanto à hidrologia, a feição se encontrava seca durante a visita. Em relação aos depósitos químicos, foram observadas crostas brancas nas paredes, de ocorrência mais pontual.

Quanto à paleontologia não foram identificados vestígios. Da mesma forma, para a arqueologia a feição e seu entorno não apresentou vestígios.

Em termos biológicos, a avaliação sucinta do ambiente da feição não indicou o desenvolvimento de ambientes afóticos. Alguns invertebrados foram observados, como aranhas *Loxosceles sp.*, dípteros, formigas e cupins.

Por estar inserida em área de pasto sujo, foi identificado pisoteio de gado e pessoas, tanto no espaço da feição, quanto em seu entorno, caracterizado por mata secundarizada com sub-bosque sujo, onde se desenvolve vegetação ruderal.

**Figura 7.2 - Croqui da feição FE-01**



Fonte: Brandt, 2013b. Modificado: IC Ambiental, 2015.

### 7.3.2. Ponto FE-02

Maciço rochoso com inclinação negativa, situado na vertente da chapada, margem esquerda do Córrego Lamarão, em um patamar a cerca de 5 metros acima do nível do seu leito.

A feição encontra-se em unidade geomorfológica Chapada, na base de encosta, em escarpa paralela à calha de drenagem. O afloramento de metadiamicrito possui continuidade lateral superior a 30 metros.

A feição que se forma nesse maciço apresenta 11,9 metros de largura, projeção horizontal máxima de 2,3 metros no ponto mais recuado e 4,2 metros de altura no ponto mais pronunciado do teto (Figura 7.3). Seu piso é plano, constituído por blocos e matacões e material terrígeno, recoberto por folhiço (Foto 7.4).

É formado por metadiamicctito micáceo com matriz composta por quartzo de granulação muito fina, biotita e, subordinadamente, muscovita e magnetita. O arcabouço é formado por calhaus e matacões de quartzo de veio e seixos de quartzito. A rocha apresenta foliação, que envolve os clastos de quartzo de veio (calhaus e seixos), sendo que os seixos encontram-se estirados paralelamente à foliação.

É possível verificar ainda a presença de clivagem de crenulação e de fraturas, sendo que as últimas delimitam as paredes da feição.

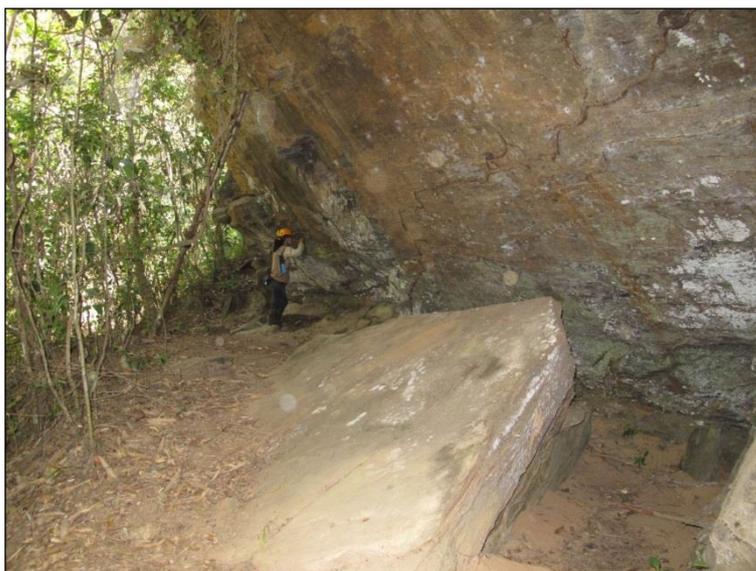


Foto 7.4 - Vista da feição para SW, onde se destaca seu piso plano e a presença de um grande bloco de rocha, além de poucos matacões.

Fonte: Brandt, 2013b.

A origem da feição está associada ao alargamento das vertentes do Córrego Lamarão e posterior abatimento de blocos. A parede e o teto são irregulares e a poligonal de entrada que se forma é ínfima em relação à largura (Foto 7.5). Essa condição desfavorece a formação de ambiente cavernícola.

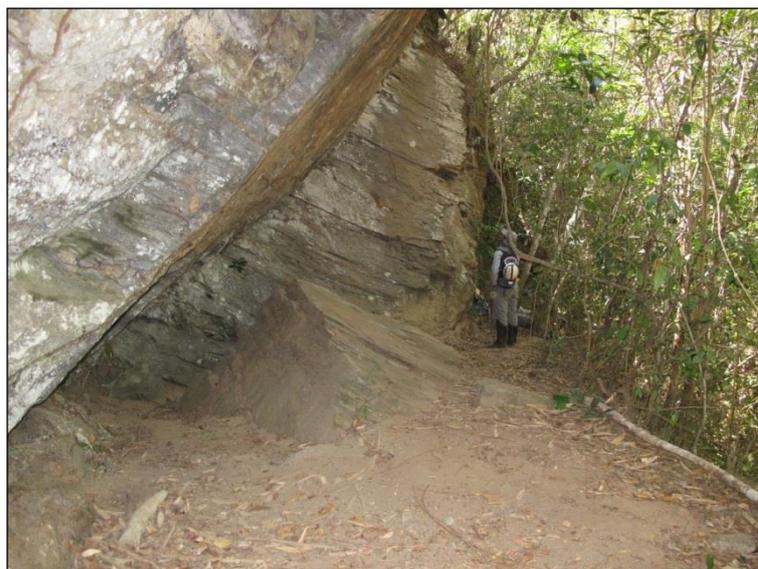


Foto 7.5. - Visão da feição para NE, de onde é possível observar o basculamento da rocha e, ao fundo, uma fratura na rocha.  
Fonte: Brandt, 2013b.

Em parte da parede foi verificada a presença de crosta branca em locais isolados. A única feição morfológica identificada foi um vazio do tipo “boxwork”.

Durante o levantamento de campo não foi observada a presença de água. Contudo, pela sua posição em relação ao Córrego Lamarão, acredita-se que em períodos chuvosos intensos seu piso possa ser inundado.

Quanto aos aspectos biológicos, salienta-se que se observou a grande incidência luminosa e muita vegetação (samambaias, brotos de angiospermas e musgos), caracterizando grande influência do ambiente epígeo (Foto 7.6). Foram observados ninhos de Hymenoptera inativos.



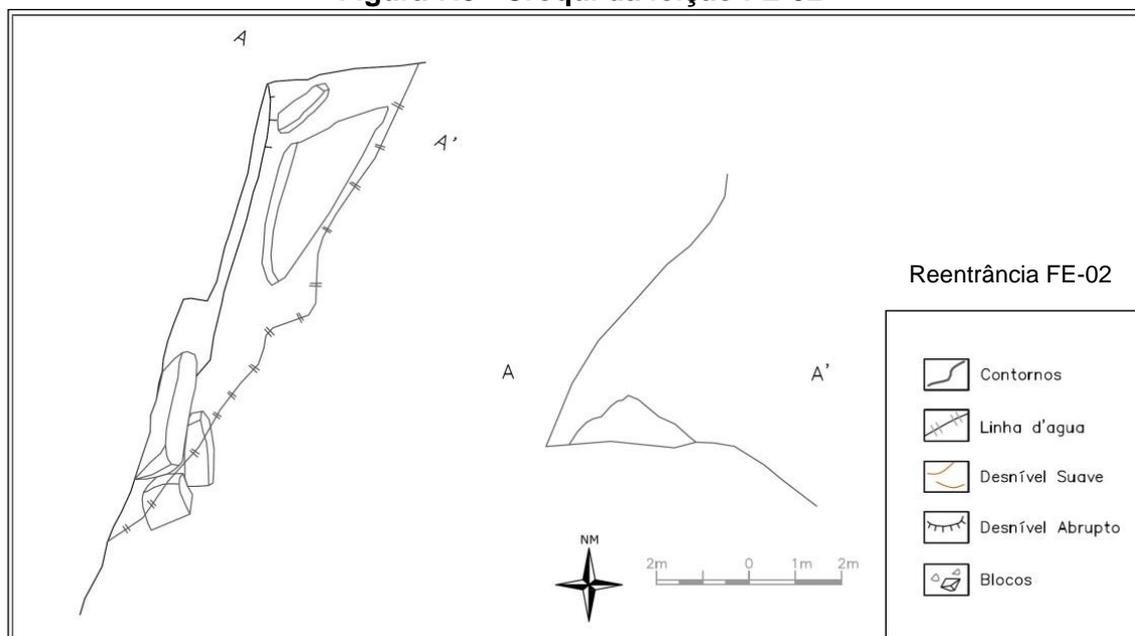
Foto 7.6 - A feição apresenta total influência do ambiente externo, apresentando inclusive samambaias.

Fonte: Brandt, 2013b.

A investigação paleontológica realizada não indicou a presença de vestígios. Da mesma forma, não foram encontrados vestígios arqueológicos.

Nos limites da feição e em seu entorno foram identificados impactos, tais como pisoteio intensivos de pessoas e gado, inclusive formando algumas trilhas, indicativas da utilização da área como pasto sujo. A vegetação ciliar do entorno encontra-se secundarizada, com a presença comum de espécies ruderais.

**Figura 7.3 - Croqui da feição FE-02**



Fonte: Brandt, 2013b. Modificado: IC Ambiental, 2015.

### 7.3.3. Ponto FE-03

Feição côncava em maciço rochoso situado na baixa vertente, na unidade geomorfológica da Chapada, em encosta inclinada paralela à calha de drenagem. O maciço onde se insere a feição não possui continuidade expressiva (< que 30 metros).

A feição possui piso inclinado para o exterior, parede e teto irregulares, apresentando feições morfológicas do tipo canalículos. A feição, aparentemente, foi originada por erosão fluvial e posterior abatimento de blocos.

A feição é desenvolvida em metadiamicrito micáceo cinza, composto por uma matriz fina de muscovita, biotita, quartzo e magnetita disseminada. O arcabouço contém grânulos de quartzo bem arredondados e seixos estirados de quartzito acompanhando a foliação, que é bem desenvolvida. É possível observar na rocha vazios com geometria elipsoidal em porções onde não há interconexão de fraturas e próximas a seixos estirados.

As dimensões da feição são 3 metros de largura, 2 metros de altura no ponto mais pronunciado do teto e projeção horizontal máxima de 1,7 metros no ponto mais recuado. Não existe zona afótica ou de penumbra em função da incidência direta da luz solar em toda sua extensão. Com relação à fauna e flora existe grande influência do ambiente epígeo (Foto 7.7), sendo a vegetação abundante: capim, samambaias no piso e musgos no piso, teto e paredes (Foto 7.8). O piso é rochoso e com sedimento fino, muito seco. Não foram observados organismos cavernícolas.



Foto 7.7 - A incidência de luz direta na feição ocorre na maior parte do dia.  
Fonte: Brandt, 2013b.



Foto 7.8 - Vegetação secundarizada presente no entorno da feição, chegando a atingir, em parte, o seu anterior.  
Fonte: Brandt, 2013b.

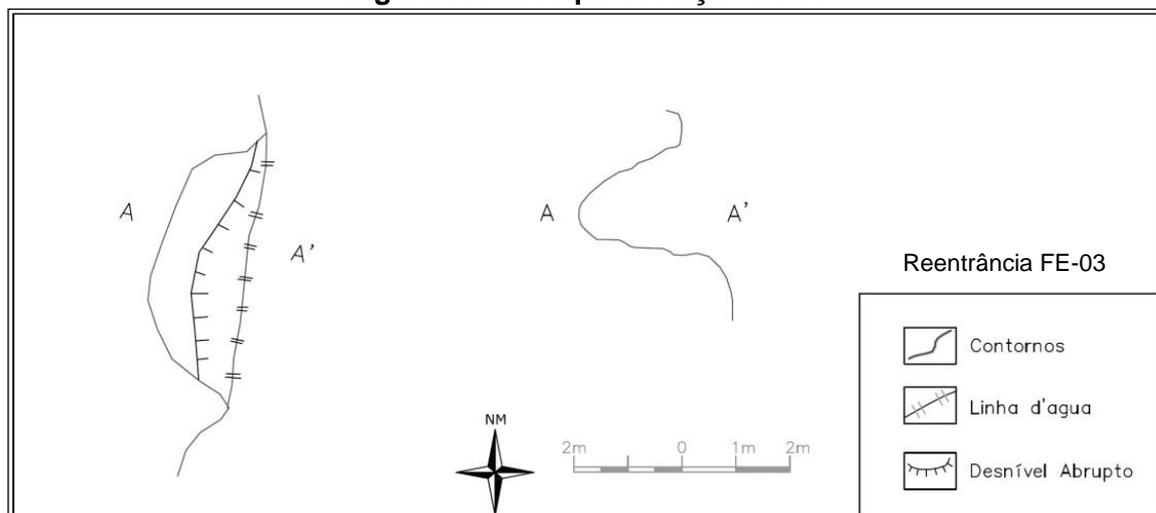
Durante o levantamento de campo não foi observada a presença de água. Interessante destacar que a feição encontra-se próximo ao leito do Córrego Lamarão, aproximadamente 15 metros acima do nível deste.

O croqui elaborado para a aferição espeleométrica demonstra o aspecto geral da feição, reforçando sua planta côncava, mas sem fechamento de poligonal (Figura 7.4). O piso é constituído por rocha sã e sedimentos de terra e as paredes apresentam estratificações paralelas da rocha.

A investigação paleontológica e os levantamentos arqueológicos realizados no local não encontraram vestígios.

O entorno da feição, inserido em área de pastagem extensiva, pasto sujo, encontra-se bem descaracterizado, com a presença ainda de vegetação ruderal. Observou-se, no entorno imediato da feição, impactos relacionados ao pisoteio intensivo de pessoas e gado.

**Figura 7.4 - Croqui da feição Fe-03**



Fonte: Brandt, 2013b. Modificado: IC Ambiental, 2015.

#### 7.3.4. Ponto FE-04

Feição negativa em afloramento de rocha, sem continuidade, situado em drenagem encaixada de afluyente da margem esquerda do Córrego Lamarão, em média vertente.

Inserida no contexto da unidade geomorfológica da chapada, a feição encontra-se no interior da calha de drenagem, abaixo de uma pequena quebra de relevo. A origem da feição está relacionada ao encaixe e alargamento da drenagem e subsequente abatimento da rocha.

Trata-se de um afloramento de metadiamicrito micáceo, sem continuidade maior que 30 metros. A rocha apresenta coloração cinza, composta por uma matriz de muscovita e quartzo de granulação muito fina, alguma biotita e magnetita milimétrica disseminada na matriz. O arcabouço é formado por grânulos de quartzo arredondados a subarredondados, seixos arredondados de quartzo de veio, quartzito e seixos estirados de metapelito branco.

É possível distinguir a formação de alguma crosta branca na parede frontal do maciço rochoso.

A largura da feição é de 6,4 metros, 1,8 metros de altura no ponto mais pronunciado do teto e a projeção horizontal máxima é de 1,2 metros no ponto mais recuado (Figura 7.5). O piso é inclinado para o exterior, com pequeno declínio, composto por sedimentos terrígenos e rocha sã, com a presença de folhiços (Foto 7.9). Sua parede é irregular e ligeiramente curvada para dentro, dando uma conformação côncava à feição. Não foram observados espeleotemas ou depósitos químicos.

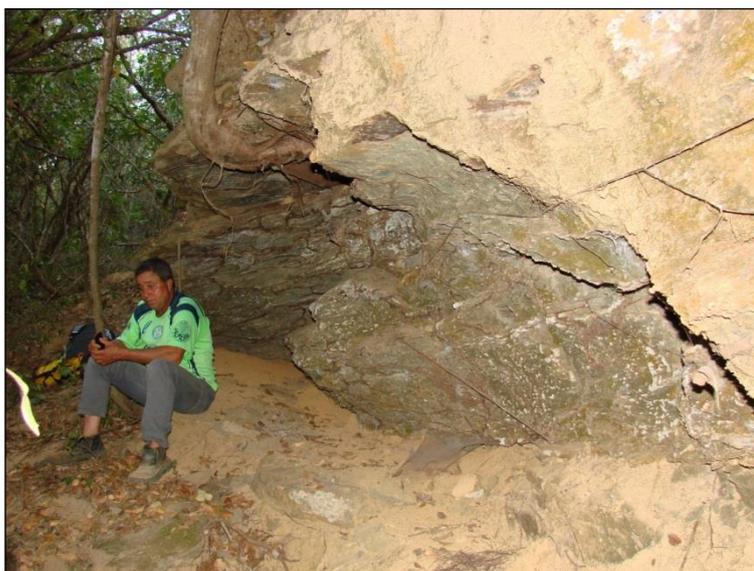


Foto 7.9 - A feição FE-04 apresenta gênese associada à presença de fraturas na rocha.  
Fonte: Brandt, 2013b.

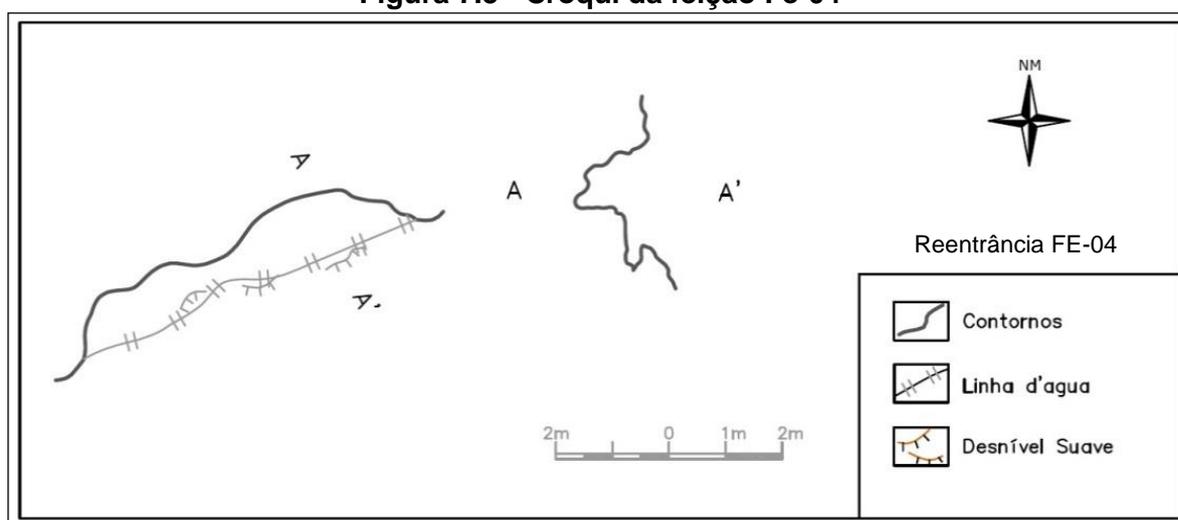
Em termos biológicos observou-se um ambiente onde há incidência luminosa direta, sombreada apenas pela mata de galeria não muito densa presente na gruta onde se insere a feição (Foto 7.10) e, portanto, há grande influência do ambiente epígeo. Sobre o piso rochoso e com sedimento fino e seco foram observados caminhos de cupim e cupinzeiro inativos e grande quantidade de aranhas *Loxosceles* sp..



Foto 7.10 - A feição negativa na rocha encontra-se paralela à drenagem local, estando encoberta por mata de galeria secundarizada.  
Fonte: Brandt, 2013b.

Durante os estudos da feição, não foram identificados vestígios paleontológicos. Também não foram encontrados vestígios arqueológicos na feição e no seu entorno imediato.

**Figura 7.5 - Croqui da feição Fe-04**



Fonte: Brandt, 2013b. Modificado: IC Ambiental, 2015.

### 7.3.5. Ponto FE-05

Feição negativa formada na base de maciço rochoso situado no sopé de escarpa da chapada. A escarpa se insere na média vertente do Córrego Mundo Novo, a 786 metros de altitude. Apresenta dimensões pequenas, possuindo 7,4 metros de largura, 3,2 metros de altura no ponto mais pronunciado do teto e projeção horizontal máxima de 3,3 metros na parte mais recuada (Foto 7.11).



Foto 7.11 - Feição FE-05, na base de afloramento de metadiamictito.  
Fonte: Brandt, 2013b.

Observou-se que sua origem está associada ao abatimento de blocos. A feição encontra-se em metadiamictito hematítico de coloração avermelhada, com as paredes do maciço cobertos por crosta branca. O arcabouço é composto por seixos estirados centimétricos de quartzito e granito. A matriz é composta por quartzo de granulação fina, envolvido por película de coloração vermelho acastanhada, especularita e magnetita cúbica disseminada. A foliação é sub-horizontal e anastomosada. Na parede observa-se a presença de vazios elipsoidais acompanhando a foliação (Foto 7.12).



Foto 7.12 - Observa-se a foliação da rocha sub-horizantal e anastomosada.  
Fonte: Brandt, 2013b.

O croqui da feição demonstra que o fechamento de poligonal de entrada é diminuto e proporciona uma projeção horizontal máxima de 3,2 metros. Essa dimensão corresponde ao ponto mais recuado da feição, que se constitui de protoconduto a partir do qual não há mais acessibilidade devido ao seu estreitamento e entulhamento por blocos e matacões.

A rocha apresenta-se irregular em toda a feição, devido à foliação da rocha. O piso é descendente e discordante com a inclinação da vertente. Sobre o piso, além de blocos abatidos (matacões e calhaus) foram observados sedimentos terrígenos, recobertos parcialmente por folhiços. A feição se encontrava seca durante a visita.

Foi observado espeleotema do tipo crosta branca disseminado nos paredões do vale do Córrego Mundo Novo. Quanto às feições morfológicas verificou-se a presença de canalículos no afloramento (Foto 7.13).



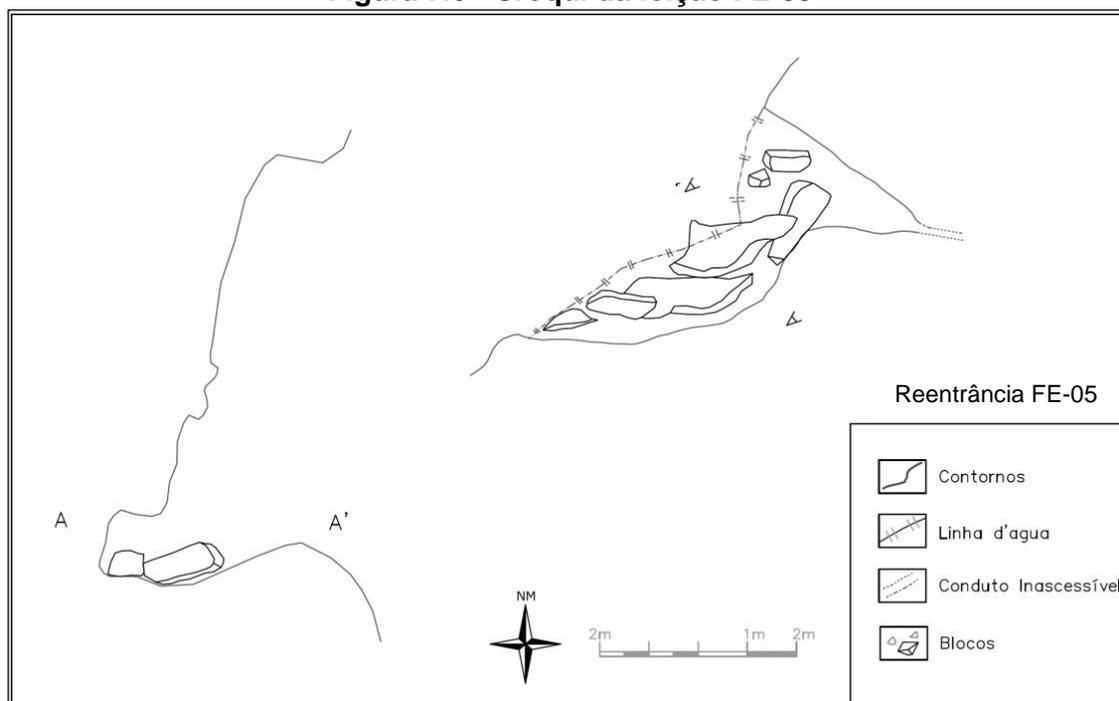
Foto 7.13 - Alvéolos presente na rocha da feição FE-05.

Fonte: Brandt, 2013b.

A feição não apresenta ambiente afótico, havendo apenas pequena área de penumbra na parte mais profunda, mesmo assim com grande influência do ambiente externo. O seu entorno imediato apresenta-se relativamente bem conservado, em ambiente de mata, mas no qual se identifica aspectos associados à utilização do local como área de pastagem extensiva. Nesse contexto, foram observadas marcas de pisoteio, trilhas, e em meio à vegetação nativa, ocorrências pontuais de vegetação ruderal. Em relação à fauna, numa investigação rápida foram observados dípteros (*Drosophilidae*), aranhas *Loxosceles* sp. e Diplopoda.

O reconhecimento arqueológico na área da feição não identificou a ocorrência de vestígios. Quanto à paleontologia não se verificou a ocorrência de vestígios na feição e no seu entorno.

**Figura 7.6 - Croqui da feição FE-05**



Fonte: Brandt, 2013b. Modificado: IC Ambiental, 2015.

#### 7.5.6. Ponto FE-06

Feição côncava na rocha situada na baixa vertente, próximo à margem esquerda do Córrego Mundo Novo, a aproximadamente 781 metros de altitude, originado por abatimento da rocha.

Essa feição está inserida na unidade geomorfológica da chapada, em encosta inclinada, pouco acima do nível do curso d'água, em paredão paralelo à calha de drenagem. Desenvolve-se em metadiamicrito hematítico, com matriz composta por especularita, biotita, quartzo (envolvido por película de óxido de Fe) e magnetita cúbica. O arcabouço é constituído por grânulos de quartzito.

O maciço é cortado por foliação e duas direções de fratura. Entretanto, não apresenta continuidade, sendo que sua extensão não chega aos 30 metros.

O piso é inclinado para o exterior, formado por rocha e sedimentos terrígenos autogênicos. Suas dimensões são relativamente pequenas, possuindo 12,6 metros de largura, 1,1 metros de altura no ponto mais pronunciado do teto e projeção horizontal de 1,8 metros no ponto mais recuado (Fotos 7.14 e 7.15).



Foto 7.14 - Visão geral da feição FE-06, que segue a foliação da rocha.  
Fonte: Brandt, 2013b.



Foto 7.15 - Visão parcial da feição FE-06, onde é possível observar a sua abertura lateral.  
Fonte: Brandt, 2013b.

Predominam sedimentos terrígenos finos, mas também foram observados seixos de forma dispersa sobre o piso. A origem de ambos é autogênica.

Em relação aos depósitos químicos, na feição foi observada uma quantidade significativa de espeleotemas milimétricos nas paredes, do tipo coraloides, além de crosta branca (Foto 7.16). Também foram observados canalículos dispersos pela parede.



Foto 7.16 - Coralóides dispersos na parede da feição FE-06.  
Fonte: Brandt, 2013b.

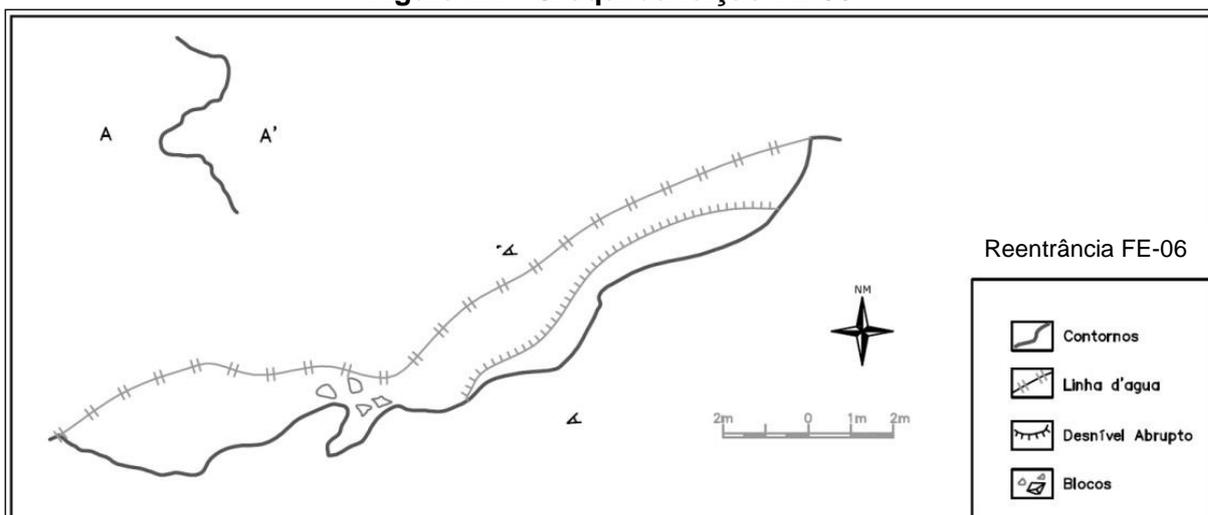
Quanto à hidrologia, a feição se encontrava seca durante o levantamento de campo.

Ressalta-se que a feição FE-06 encontra-se num local parcialmente alterado pela prática da pecuária extensiva, identificando-se marcas de pisoteio de pessoas e gado próximo a ele.

A feição não apresenta zona afótica. No reconhecimento do ambiente foram identificados alguns invertebrados, como os dípteros Cecidomyiinae, Psocoptera e mariposas.

Não foram identificados vestígios paleontológicos. Também não foram encontrados vestígios arqueológicos na feição e em seu entorno imediato.

**Figura 7.7 - Croqui da feição FE-06**



Fonte: Brandt, 2013b. Modificado: IC Ambiental, 2015.

### 7.5.7. Ponto FE-07

Reentrância na rocha situada na baixa vertente de encosta inclinada de chapada, no vale do Córrego Mundo Novo. A escarpa se dispõe paralelamente à calha de drenagem do córrego, aproximadamente a 799 metros de altitude.

A feição apresenta cerca de 4,5 metros de largura, representada pela área sombreada, sendo cercada por paredes irregulares (Fotos 7.17 e 7.18).



Foto 7.17 - Vista da feição FE-07, onde é possível observar suas paredes irregulares.  
Fonte: Brandt, 2013b.



Foto 7.18 - Aspecto da região de entrada da feição FE-07, lateral esquerda.  
Fonte: Brandt, 2013b.

Na feição aflora metadiamicctito hematítico composto por uma matriz de especularita, quartzo (coberto por uma película amarelo-avermelhada), magnetita, biotita e muscovita subordinada. O arcabouço é formado por grânulos de quartzo subarredondados e seixos de quartzito que acompanham a foliação (Foto 7.19).

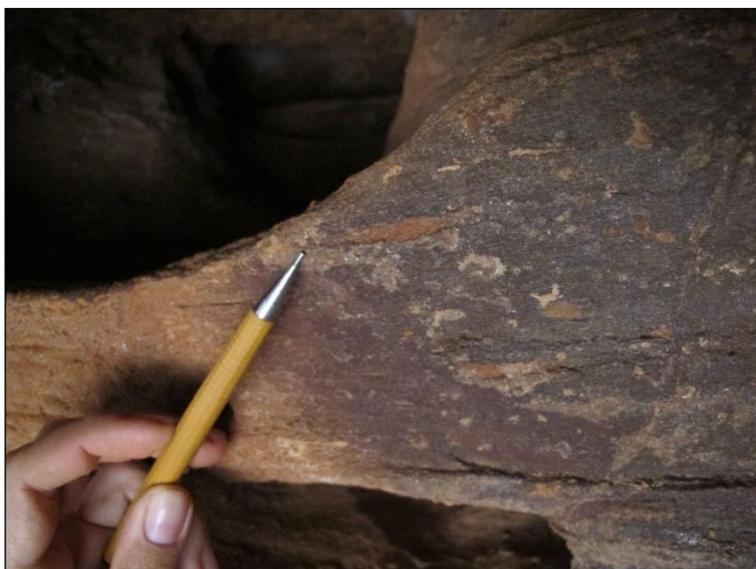


Foto 7.19 - A litologia da feição FE-07 corresponde ao metadiamicctito hematítico, na foto detalhe de clasto estirado de quartzito.

Fonte: Brandt, 2013b.

Nas paredes do maciço observam-se manchas amareladas devido à formação de hidróxido de ferro e vazios elipsoidais de dimensões centimétricas a decamétricas acompanhando a foliação, decorrentes da retirada física dos seixos do metadiamicctito.

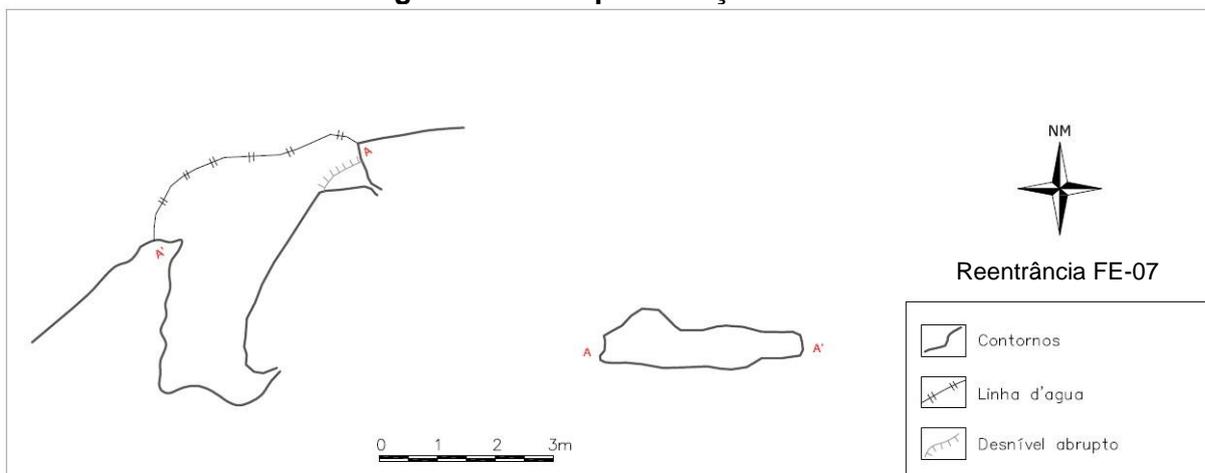
O piso no entorno da feição apresenta sedimentos terrígenos (argila e areia), embora tenham sido encontrados calhaus de forma dispersa sobre o mesmo.

Inserida em ambiente sombreado de mata, a feição encontra-se em meio à vegetação de sub-bosque, antropizada. Foram observados alguns exemplares de Ensifera e duas morfoespécies de Lepidoptera.

Em relação à hidrologia, a feição se encontrava seca durante a etapa de levantamento de campo.

Não foram observados vestígios de paleontológicos ou arqueológicos.

**Figura 7.8 - Croqui da feição FE-07**



Fonte: Brandt, 2013b. Modificado: IC Ambiental, 2015.

### 7.5.8. Ponto FE-08

Feição na rocha, situada na unidade geomorfológica da Chapada, em encosta inclinada, posicionada na média vertente de um pequeno tributário da margem direita do Córrego Mundo Novo, a aproximadamente 732 metros de altitude.

A feição se encontra em um afloramento com continuidade superior a 30 metros e apresenta parede e teto irregulares. O piso é plano formado por rocha e sedimentos terrígenos, sobre o qual se encontrou uma cobertura incipiente de folhiço, além de matacões rolados do topo da vertente (Foto 7.20).



Foto 7.20 - Visão parcial da feição na rocha, associada a processos de abatimento, na feição FE-08.  
Fonte: Brandt, 2013b.

As dimensões da feição são pequenas, possuindo 6,5 metros de largura, 1,6 metros de altura no ponto mais pronunciado do teto e projeção horizontal máxima de 2,3 metros na parte mais recuada.

Geologicamente a feição encontra-se no metadiamicrito hematítico, que apresenta coloração roxa avermelhada. A matriz é composta por especularita, quartzo de granulação fina envolto por película de óxido de Fe e alguma magnetita. O arcabouço é formado por grânulos de quartzo e seixos de quartzito, metapelito e granitóides em processo de caulinição. Esses seixos encontram-se estirados acompanhando a foliação, que por sua vez é sub-horizontal e anastomosada.

O afloramento é cortado por duas direções de fratura, que condicionam, juntamente com o plano de foliação, o desenvolvimento da feição exocárstica (Foto 7.21). E, por todo o paredão, nota-se a presença de feições de alvéolos e canalículos.



Foto 7.21 - Na feição FE-08 é possível observar a presença de fraturas e falhas.  
Fonte: Brandt, 2013b.

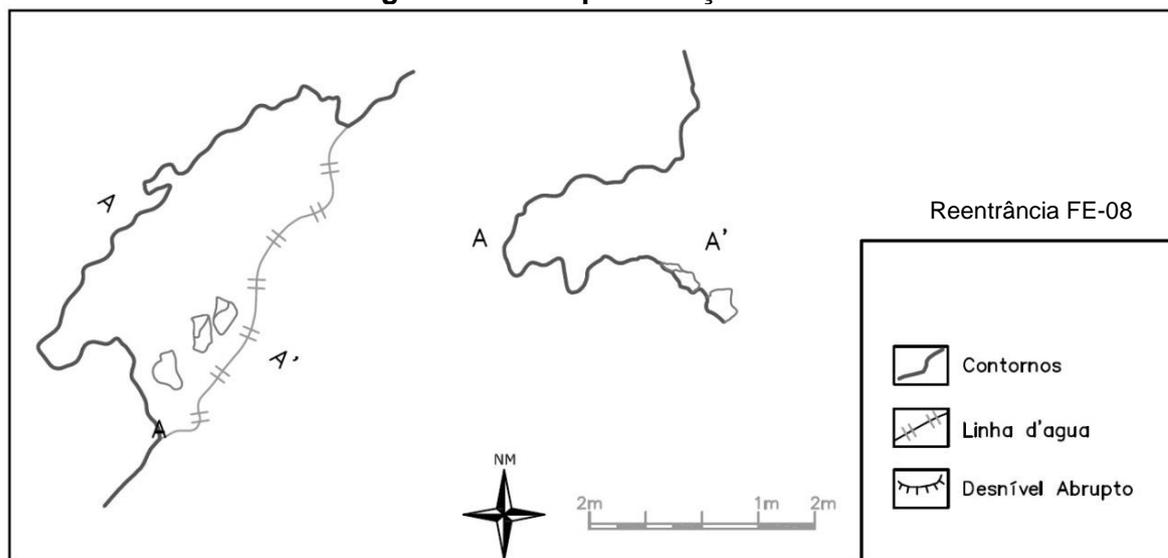
Quanto à hidrologia a feição se encontrava seca durante a etapa de levantamento de campo.

Não foram observados vestígios de paleontológicos ou arqueológicos.

Em relação ao ambiente da feição FE-08, ressalta-se que a mesma não apresenta zona afótica, apresentando apenas pequeno sombreamento durante parte do dia. O contexto de seu entorno encontra-se parcialmente alterado pela atividade de pastagem extensiva, onde foi identificado o pisoteio de pessoas e gado.

Durante uma avaliação rápida do ambiente onde se insere a feição foram identificados exemplares de dípteros (*Bradysia* sp.), *Loxosceles* sp. e Psocoptera.

**Figura 7.9 - Croqui da feição FE-08**



Fonte: Brandt, 2013b. Modificado: IC Ambiental, 2015.

### 7.5.9. Ponto FE-09

Feição na rocha inserida na unidade geomorfológica da Chapada, próximo à sua borda, na média vertente do vale do córrego Mundo Novo, em escarpa paralela à sua calha (Foto 7.22).



Foto 7.22 - Visão parcial da feição FE-09, na base do afloramento.  
Fonte: Brandt, 2013b.

A geologia local é formada por metadiamicrito hematítico com matriz de especularita, biotita e quartzo com película de óxido de ferro. O arcabouço é formado de grânulos de quartzo. A foliação é sub-horizontal e anastomosada e o afloramento é cortado por duas direções de fratura.

O maciço onde se insere a feição apresenta continuidade superior a 30 metros. Esta, por sua vez, apresenta 12 metros de largura, 1,7 metros de altura na parte mais pronunciada do teto e projeção horizontal máxima de 3,2 metros na porção mais recuada.

Entre as feições morfológicas possíveis de se identificar estão canalículos distribuídos por sua parede. O piso no entorno é plano, constituído por blocos e sedimentos terrígenos, recobertos por folhiço.

Os espeleotemas do tipo coralóides são milimétricos e ocorrem de maneira esparsa. Também foi registrada a presença de crosta branca e crosta ferruginosa distribuídas na rocha (Foto 7.23). Não foi identificada a presença de depósitos químicos.

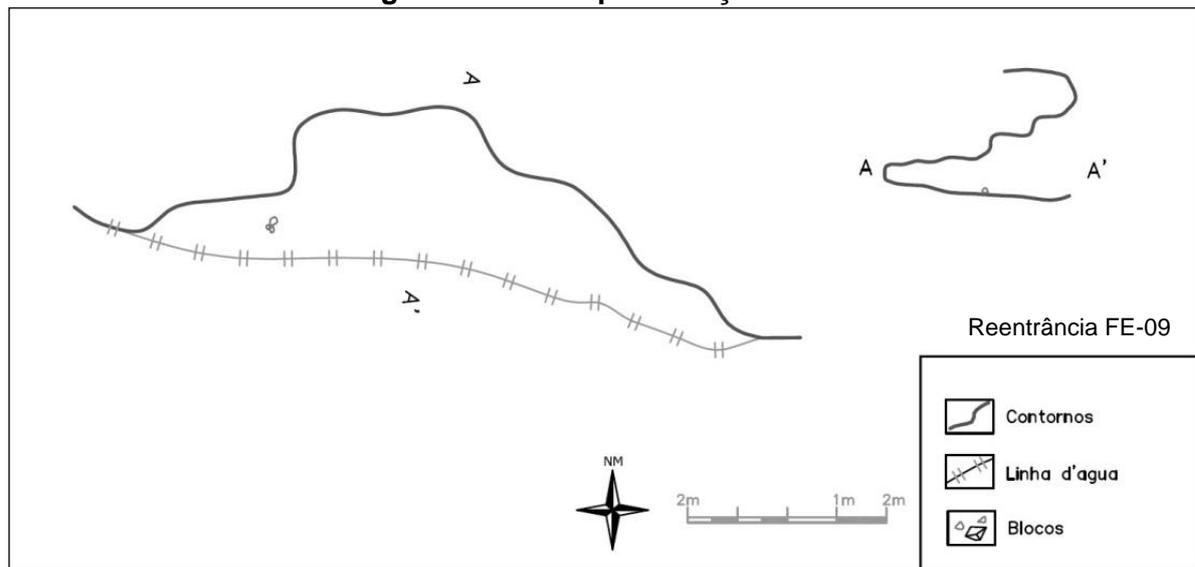


Foto 7.23 - Coralóides milimétricos e crosta branca identificados em afloramento da feição FE-09.  
Fonte: Brandt, 2013b.

A feição FE-09 encontra-se sob iluminação da luz solar, possui vegetação no piso, como brotos de angiospermas, demonstrando a grande influência de fatores climáticos do meio externo. Na análise de campo realizada não foi observado ambiente característico de organismos cavernícolas.

O levantamento paleontológico e arqueológico realizado na feição e no seu entorno imediato não indicou a presença de vestígios.

**Figura 7.10 - Croqui da feição FE-09**



Fonte: Brandt, 2013b. Modificado: IC Ambiental, 2015.

### 7.5.10. Ponto FE-10

Maciço rochoso com inclinação negativa situada em sua borda, no contexto morfológico da Chapada, em média vertente do córrego Mundo Novo, na área onde se pretende implantar a cava do Complexo Minerário (Foto 7.24).



Foto 7.24 - Visão lateral do afloramento de metadiamicrito na feição FE-10.

Fonte: Brandt, 2013b.

O afloramento corresponde a metadiamicrito hematítico com matriz fina, composta por especularita, biotita e quartzo envolvido por película de óxido de ferro. O arcabouço é formado por grânulos de quartzo subarredondados a arredondados e seixos de granitóides em processo de caulínização e quartzo de veio.

O maciço é cortado por duas direções de fratura e foliação sub-horizontal anastomosada. Apresenta sua origem associada à foliação da rocha, o que favorece a ocorrência de pequenos abatimentos de blocos (Foto 7.25).

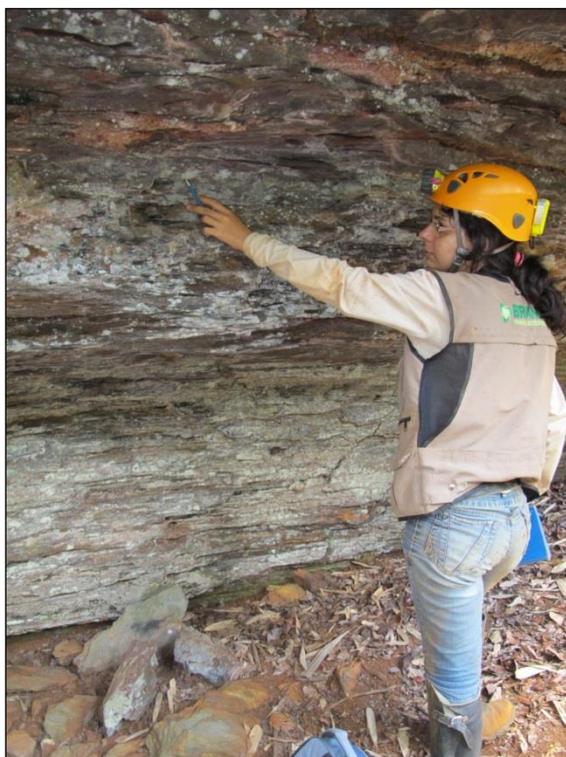


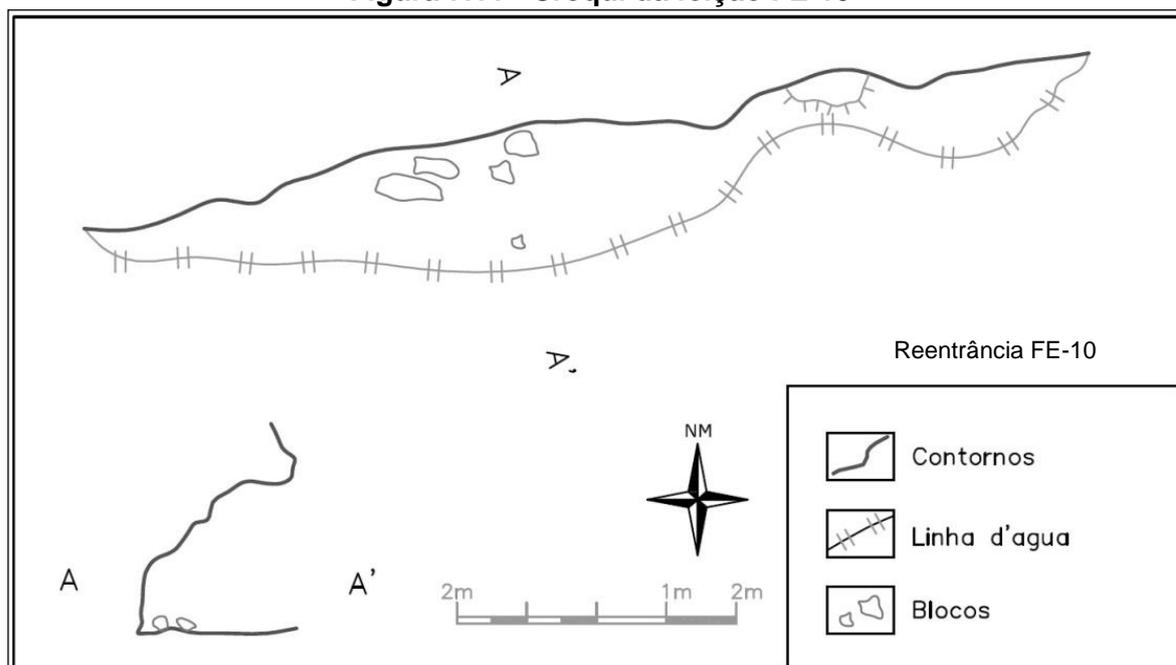
Foto 7.25 - No afloramento é possível observar a foliação do metadiamicítico e os blocos abatidos.  
Fonte: Brandt, 2013b.

Suas dimensões são 8,5 metros de largura, 1,5 metros de altura na parte mais pronunciada do teto e projeção horizontal máxima de 0,4 metros, na porção mais recuada. O piso é constituído por rocha sã, blocos e sedimentos terrígenos, recoberto por folhiço. Quanto à presença de espeleotemas foram identificados crosta branca, muito disseminada na área de estudo como um todo, coralóides de morfologia bastante comum e crosta ferruginosa.

Quanto ao ambiente onde se insere o afloramento observa-se que o mesmo é caracterizado por mata, bem conservada, com indícios de secundarização, com a presença de espécies exógenas ao ambiente e de trilhas formadas por pessoas e animais. A feição é levemente sombreada, com pouca vegetação (alguns brotos de angiospermas e musgos) e grande influência do ambiente epígeo. Foram observadas aranhas Pholcidae e *Loxosceles* sp.. Havia um pequeno vespeiro ativo e caminho inativo de cupim.

Não foram encontrados vestígios arqueológicos e paleontológicos na feição e em seu entorno imediato.

**Figura 7.11 - Croqui da feição FE-10**



Fonte: Brandt, 2013b. Modificado: IC Ambiental, 2015.

### 7.3.11. Ponto FE-11

Afloramento de rocha às margens do Córrego Mundo Novo, cerca de 3 metros acima de seu leito, com alinhamento paralelo à calha da drenagem. A feição que se forma nesse afloramento apresenta 9,7 metros de largura, 5,3 metros de altura no ponto mais pronunciado do teto e projeção horizontal de 3 metros na porção mais recuada (Foto 7.26).

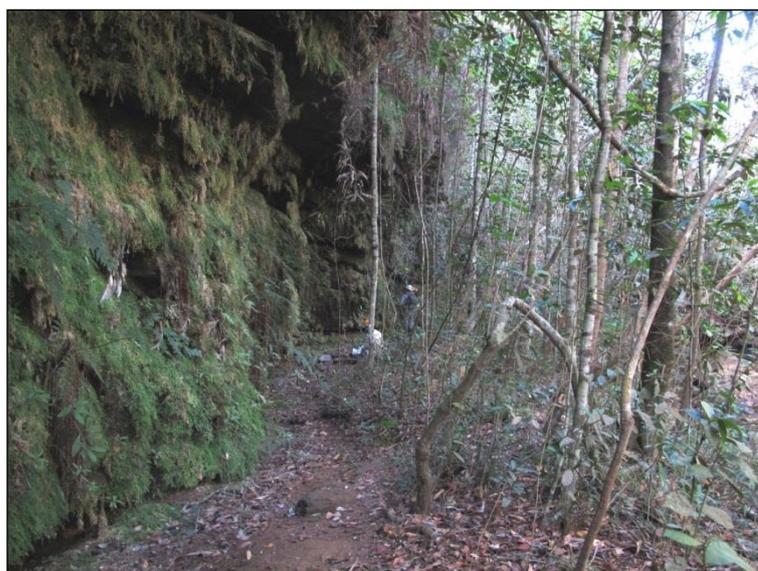


Foto 7.26 - Visão geral do afloramento situado na margem esquerda do córrego Mundo Novo. Detalhe da feição FE-11 no ponto médio.

Fonte: Brandt, 2013b.

A rocha em questão é o metadiamicrito hematítico com matriz fina composta por especularita e magnetita. A foliação é muito bem desenvolvida e anastomosada e o afloramento é cortado por duas direções de fratura.

No paredão rochoso é possível observar algumas feições na rocha formadas por abatimentos.

Apresenta piso constituído por sedimento terrígeno, blocos e matacões de metadiamicrito (Foto 7.27). Nas paredes foram observados alguns espeleotemas, como coralóides de tamanho milimétrico, que ocorrem em pequena quantidade.



Foto 7.27 - No piso plano da feição FE-11 observa-se a presença de blocos, matacões e sedimento terrígeno.

Fonte: Brandt, 2013b.

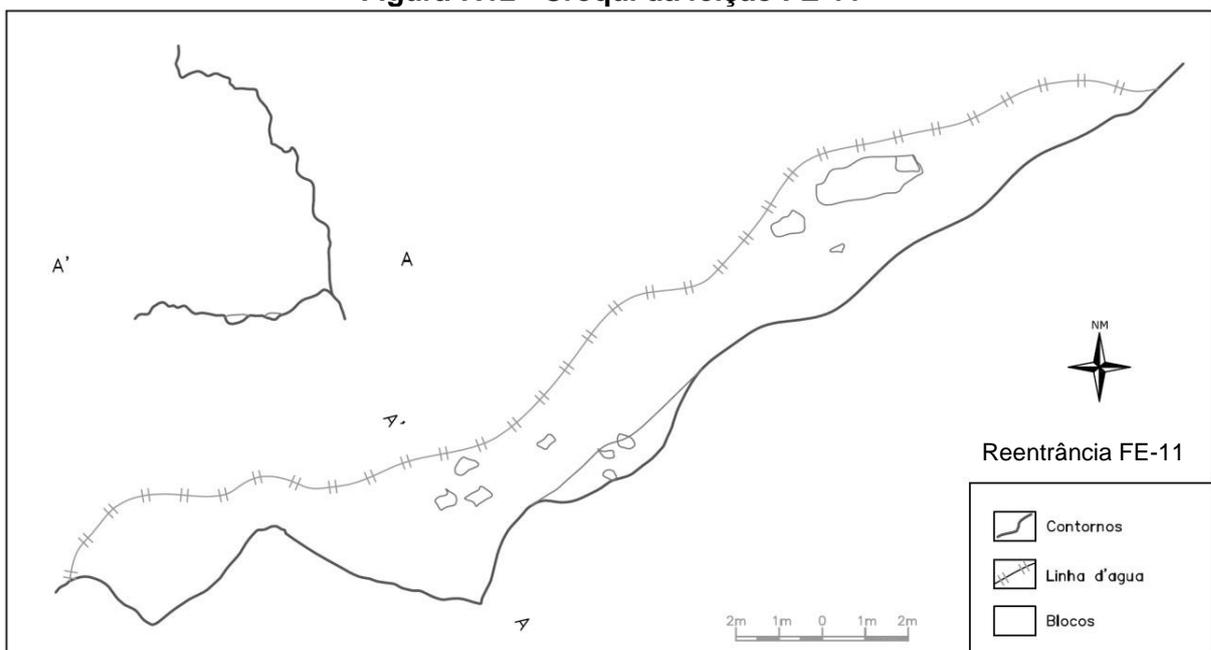
O ambiente onde se insere o afloramento apresenta-se relativamente preservado, embora se verifique a existência de trilhas, inclusive na sua base, o que indica a passagem de pessoas e gado. A vegetação de mata possui sub-bosque denso típico de vegetação ciliar. No afloramento observa-se a disseminação de vegetação (samambaias e *Selaginella*), além de musgos, indicando uma grande influência de fatores do meio epígeo (Foto 7.28).



Foto 7.28 - Em todo o afloramento encontram-se disseminados musgos e angiospermas.  
Fonte: Brandt, 2013b.

Não foram encontrados vestígios arqueológicos. Da mesma forma não foram identificados vestígios paleontológicos.

**Figura 7.12 - Croqui da feição FE-11**



Fonte: Brandt, 2013b. Modificado: IC Ambiental, 2015.

### 7.5.12. Ponto FE-12

Feição na rocha, localizada à margem de drenagem afluente da margem esquerda do córrego Lamarão. Situa-se em vertente inclinada da chapada, poucos metros acima do talvegue local.

A largura da feição é de 6,8 metros, sua altura é de 2 metros no ponto mais pronunciado do teto e a projeção horizontal máxima é de 0,6 metros na porção mais recuada. Na base do afloramento verificou-se a atuação do processo de erosão originada pelo fluxo de água superficial (Foto 7.29).

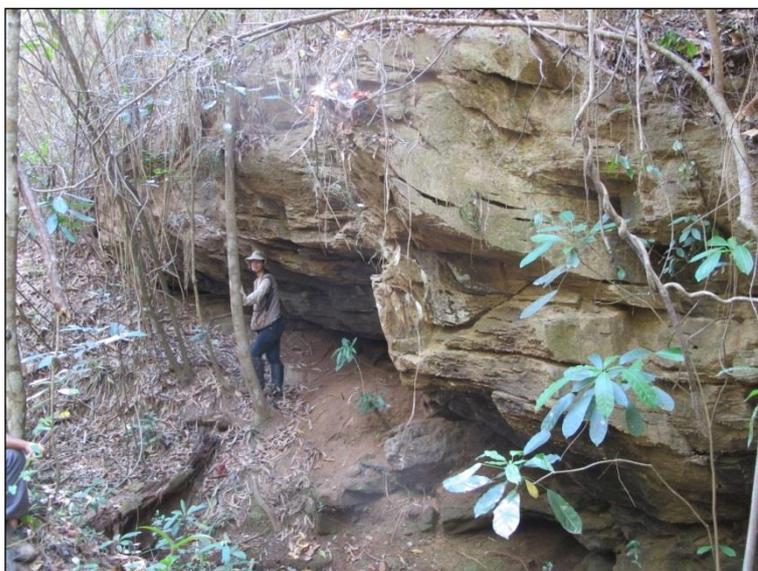


Foto 7.29 - Visão geral da feição exocárstica FE-12 que se desenvolve paralela à calha de drenagem.

Fonte: Brandt, 2013b.

O afloramento é cortado por duas direções de fratura e apresenta foliação, clivagem de crenulação e uma dobra inclinada normal.

O afloramento é representado por metadiamictito hematítico muscovítico, onde é possível evidenciar sua foliação, clastos, e onde se destaca uma dobra (Foto 7.30).

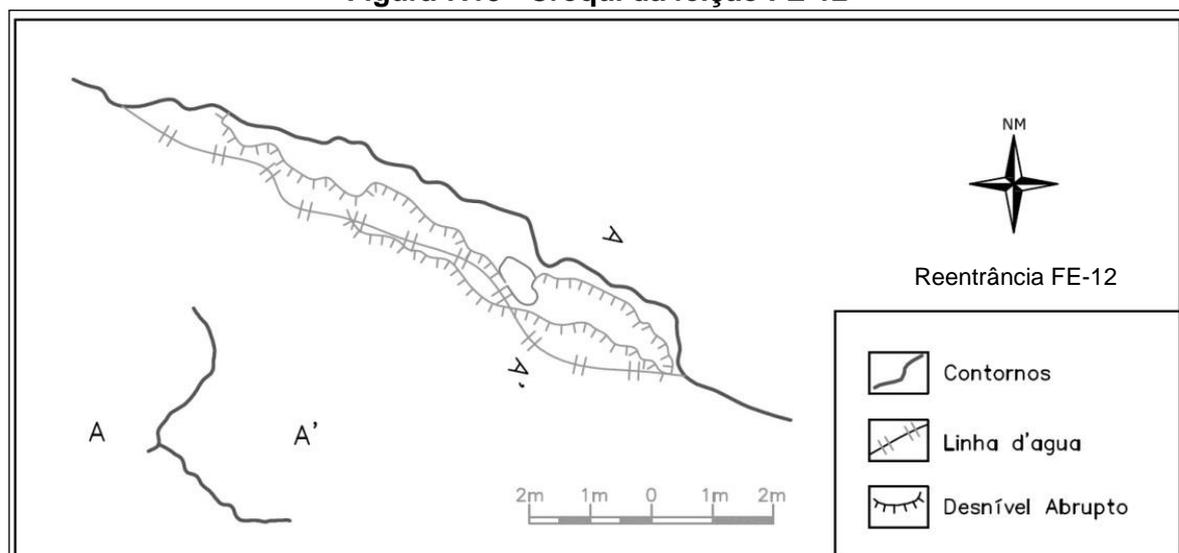


Foto 7.30 - Dobra na borda do afloramento.  
Fonte: Brandt, 2013b.

A feição se encontra sob influência direta da luz solar, não havendo ambientes epígeos, apenas pequena porção sombreada em parte do dia. No decorrer do levantamento de campo não foram observados organismos cavernícolas ou estruturas que viabilizassem seu uso por morcegos e não foi encontrado nenhum vestígio dos mesmos. Não foi encontrado nenhum vestígio animal que indicasse o uso dessa feição.

Não foram encontrados vestígios arqueológicos ou paleontológicos na feição e em suas imediações.

**Figura 7.13 - Croqui da feição FE-12**



Fonte: Brandt, 2013b. Modificado: IC Ambiental, 2015.

### 7.5.13. Ponto FE-13

Corresponde a feição situada na base de afloramento de rocha junto ao talvegue de drenagem intermitente (Foto 7.31).



Foto 7.31 - Visão geral da feição FE-13, que se encontra paralela a drenagem intermitente encaixada.

Fonte: Brandt, 2013b.

A geologia local compreende metadiamicrito cinza com uma matriz fina de filossilicatos, quartzo, negativos de magnetita cúbica, hematita e arcabouço formado por grânulos de quartzo arredondados a subarredondados e seixos estirados de quartzito acompanhando a foliação. A foliação é bem desenvolvida e observa-se a presença de faixas milimétricas a centimétricas de coloração esbranquiçada e granulação fina entre os planos da foliação. O maciço rochoso é cortado por duas famílias de fraturas (Foto 7.32).



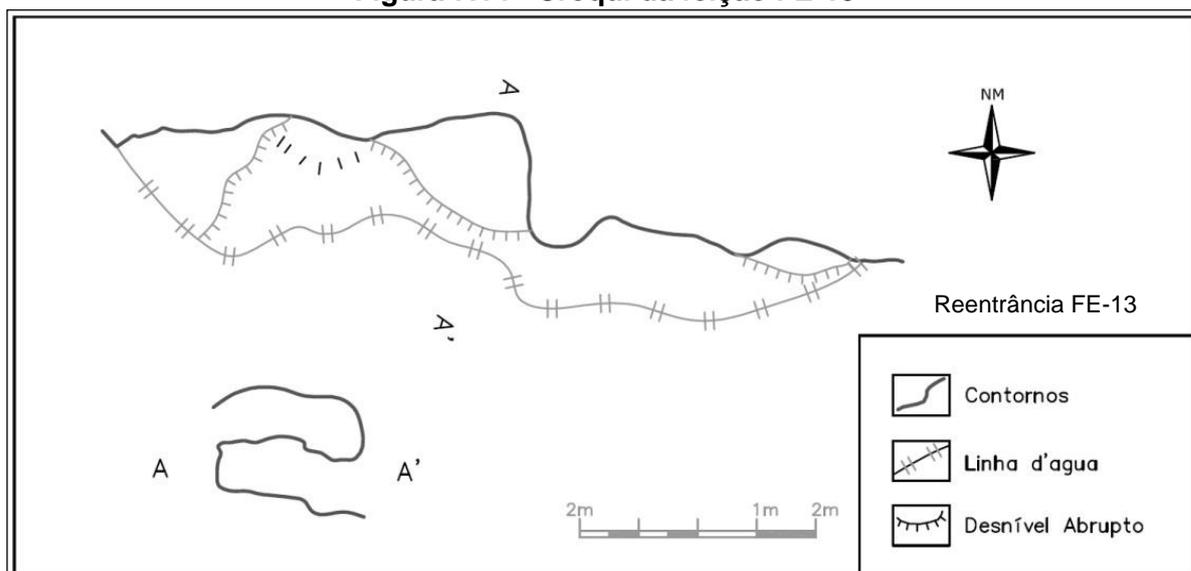
Foto 7.32 - Detalhe da feição FE-13 mostrando a foliação sub-horizontal e as duas direções de fratura indicadas em amarelo.  
Fonte: Brandt, 2013b.

As dimensões da feição são 4,9 metros de largura, 0,9 metros de altura na parte mais pronunciada do teto e projeção horizontal máxima de 1,7 metros na porção mais recuada. O piso é constituído parcialmente por metadiamicrito, sedimento terrígeno e sedimento clástico do tipo matriz-suportado, com muito folhiço. Não foi verificada a presença de espeleotemas.

Situada em ambiente de mata secundarizada, a feição possui incidência direta de luminosidade e grande influência do ambiente epígeo. Há presença de musgos em parte da parede e do teto e samambaias e brotos de angiospermas no piso. Foram observadas aranhas Pholcidae e *Loxosceles* sp., Ensífera e ninfas de Reduviidae. Também foram observados caminhos de cupim ativos e inativos. Não possui conformação que a capacite como refúgio para morcegos, uma vez que é aberto e sem a presença de fendas. Está ainda sob influência do vento e da temperatura externa, visto que o sombreamento gerado não é muito intenso.

Durante os levantamentos realizados não foram identificados vestígios paleontológicos ou arqueológicos.

**Figura 7.14 - Croqui da feição FE-13**



Fonte: Brandt, 2013b. Modificado: IC Ambiental, 2015.

#### 7.5.14. Ponto FE-14

Feição côncava na rocha, paralela a canal de drenagem intermitente que constitui em afluente da margem esquerda do córrego do Lamarão. Insere-se, portanto, na baixa vertente de encosta inclinada da chapada.

O afloramento é de metadiamictito quartzoso com matriz composta predominantemente por quartzo de granulação fina, além de biotita, muscovita e alguma especularita. Apresenta foliação anastomosada sub-horizontal e é cortado por duas direções de fratura.

O maciço não exhibe continuidade lateral e são evidenciados alguns canalículos e delineamentos geológicos resultantes de abatimento da rocha (Foto 7.33).



Foto 7.33 - Visão frontal da feição FE-14, situada cerca de 2,5 metros do canal da drenagem.

Fonte: Brandt, 2013b.

A feição encontra-se em patamar superior à drenagem, apresentando um pequeno patamar em sua base, com inclinação para a drenagem. Nesse patamar observou-se a presença de rocha alterada, parcialmente recoberta por sedimentos terrígenos e folhiço. Também se observou a presença de raízes na sua base (Foto 7.34). Foram observados espeleotemas do tipo coralóides, submilimétricos, crosta branca e crosta ferruginosa nas paredes.

As suas dimensões são 3,7 metros de largura, altura de 1,2 metros no ponto mais pronunciado do teto e projeção horizontal máxima de 0,4 metros no ponto mais recuado da feição.

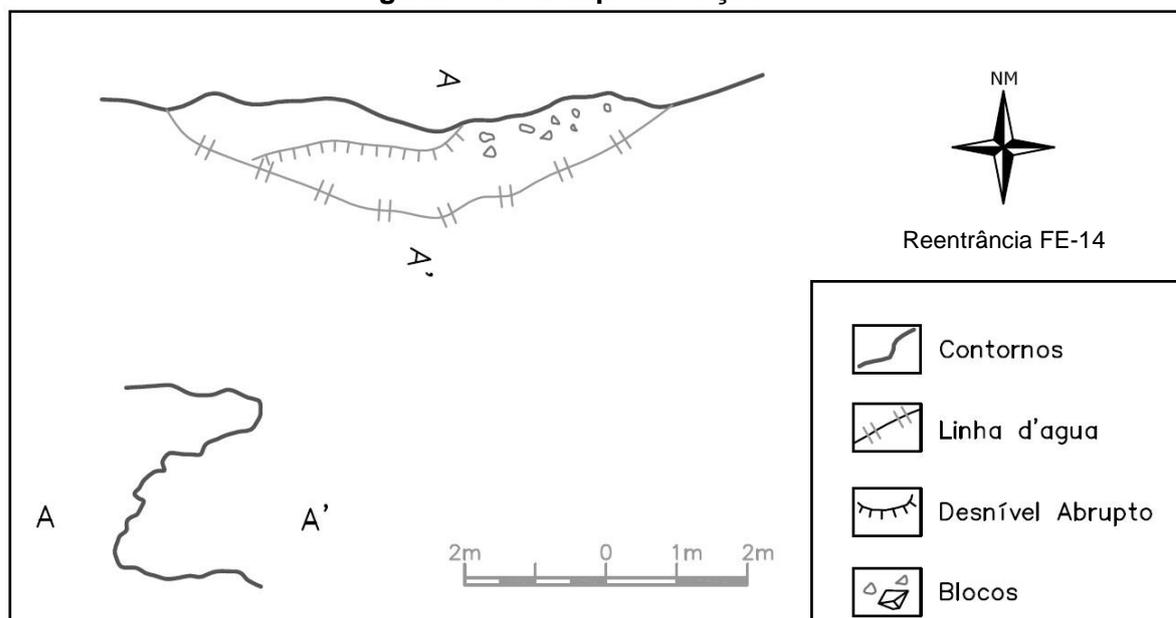


Foto 7.34 - Na base da feição FE-14 há raízes e folhiço espalhado.

Fonte: Brandt, 2013b.

O ambiente de mata de galeria encontra-se relativamente preservado, mas com indícios de utilização antrópica, como a presença de espécies vegetais ruderais e pisoteamento de pessoas e gado no seu entorno. Na breve análise de campo realizada foram observadas aranhas *Loxosceles* sp., Pholcidae, formigas e grilos.

**Figura 7.15 - Croqui da feição FE-14**



Fonte: Brandt, 2013b. Modificado: IC Ambiental, 2015.

#### 7.4. Considerações Finais

O presente tópico buscou reavaliar, com base em critérios espeleométricos específicos e em conceitos técnicos e teóricos, algumas ocorrências identificados na prospecção espeleológica realizada na área denominada Complexo Minerário (Bloco 8), da empresa Sul Americana de Metais - SAM, nos municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho (MG). Esses pontos foram apresentados ao IBAMA como cavidades no documento “*Mapeamento de Potencialidade Espeleológica, Caminhamento Espeleológico e Caracterização Expedida das Cavidades do Bloco 8*”, de outubro de 2011, e apresentadas juntamente com as cavernas valoradas à época no “*Módulo 14 - Relatório Técnico Complementar 03 - Relatório de Valoração de Cavidades*”, integrante do Estudo de Impactos Ambientais (EIA-RIMA), datado de junho de 2012.

A quase totalidade dos pontos listados, então classificados como cavidades, foi no presente documento reclassificada como feições exocársticas, por conformarem afloramentos rochosos, paredões e/ou outras feições do ambiente exógeno, cuja gênese se associa à evolução de vertentes. Também foi considerada que tais feições não apresentaram seção (plano vertical) com fechamento de poligonal composta do polígono definido pelas paredes, teto e piso ou, quando apresentam tais características, corresponderam a projeções horizontais diminutas que não permitem o acesso pelo homem. Além disso, não guardam nenhum tipo de relação com o ambiente subterrâneo.

Diante do referencial teórico exposto no presente estudo foram reavaliadas as medidas de projeção horizontal apresentadas nos documentos inicialmente apresentados ao IBAMA, concluindo-se que se tratam de feições exógenas, não sendo passíveis de estudos espeleológicos adicionais.

## 8. VALORAÇÃO ESPELEOLÓGICA

Este capítulo apresenta os levantamentos e avaliações referentes aos estudos espeleológicos para relevância de 27 (vinte e sete) cavidades naturais subterrâneas localizadas no complexo minerário (Bloco 8), 7 (sete) cavidades localizadas no Vale dos Gigantes e 1 (uma) cavidade localizada em tributário sem nome da margem esquerda do Rio Vacaria, apresentadas no quadro 8.1, abaixo. No intuito de padronizar a nomenclatura das cavidades, adotou-se o uso de letras indicando a região, seguidas de um número para individualizar cada caverna. Assim, as cavernas do Complexo Minerário recebem a sigla CM, enquanto as cavernas do Vale dos Gigantes recebem a sigla VG. A cavidade Jatobá, por já possuir um nome individualizador, pela qual a mesma já conhecida, não receberá outro nome ou código durante o presente trabalho. Desta forma, temos abaixo a listagem das cavidades cujo grau de relevância espeleológica foi estudado:

**Quadro 8.1 - Cavidades Valoradas**

Nome Padronizado no presente estudo	Nome apresentado em estudos anteriores	Local
Caverna CM-01	Caverna 008	Complexo Minerário
Caverna CM-02	Caverna 039	Complexo Minerário
Caverna CM-03	Caverna 045	Complexo Minerário
Caverna CM-04	Caverna 046	Complexo Minerário
Caverna CM-05	Caverna 050	Complexo Minerário
Caverna CM-06	Caverna 052	Complexo Minerário
Caverna CM-07	Caverna 053	Complexo Minerário
Caverna CM-08	Caverna 059	Complexo Minerário
Caverna CM-09	Caverna 071	Complexo Minerário
Caverna CM-10	Caverna 072	Complexo Minerário
Caverna CM-11	Caverna 090	Complexo Minerário
Caverna CM-12	Caverna 099	Complexo Minerário
Caverna CM-13	Caverna 101	Complexo Minerário
Caverna CM-14	Caverna 110	Complexo Minerário
Caverna CM-15	Caverna 112	Complexo Minerário
Caverna CM-16	Caverna 117	Complexo Minerário
Caverna CM-17	Caverna 121	Complexo Minerário
Caverna CM-18	Caverna 124	Complexo Minerário
Caverna CM-19	Caverna 126	Complexo Minerário
Caverna CM-20	Caverna 130	Complexo Minerário
Caverna CM-21	Caverna 134	Complexo Minerário
Caverna CM-22	Caverna 135	Complexo Minerário
Caverna CM-23	Caverna 144	Complexo Minerário
Caverna CM-24	Caverna 150	Complexo Minerário
Caverna CM-25	Caverna 151	Complexo Minerário
Caverna CM-26	Caverna 152	Complexo Minerário
Caverna CM-27	Caverna 153	Complexo Minerário
Caverna VG-01	Caverna PX-01	Vale dos Gigantes
Caverna VG-02	Caverna PX-03	Vale dos Gigantes
Caverna VG-03	Caverna PX-05	Vale dos Gigantes
Caverna VG-04	Caverna PX-07	Vale dos Gigantes
Caverna VG-05	Caverna PX-08	Vale dos Gigantes
Caverna VG-06	Caverna PX-09	Vale dos Gigantes
Caverna VG-07	Caverna PX-10	Vale dos Gigantes
Caverna Jatobá	Caverna Jatobá	Vale dos Gigantes

Fonte: Brandt 2012b, Brandt 2013, alterado por IC Ambiental, 2015.

As cavidades naturais objeto do estudo de relevância ora exposto conformam as feições subterrâneas (endocársticas) levantadas pela Prospecção Espeleológica.

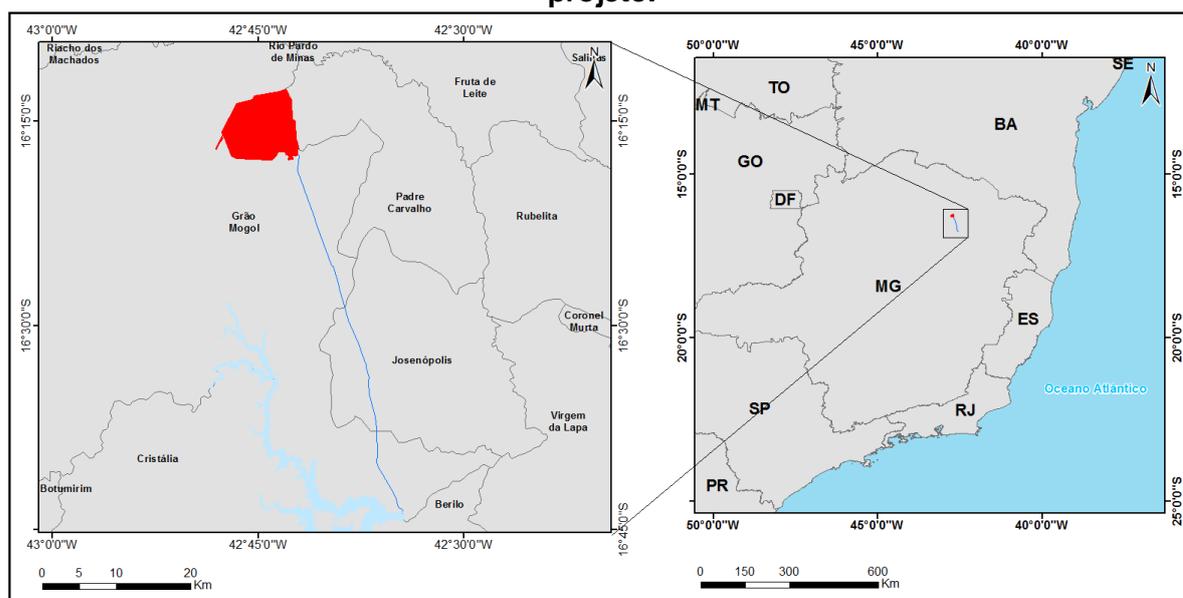
Os levantamentos compreenderam o mapeamento, levantamento geoespeleológico, paleontológico, arqueológico, cultural e bioespeleológico.

Para a valoração das cavidades foi seguida a Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente IN/MMA nº 2, de 20 de agosto de 2009, e Decreto Federal 6640, de 07 de novembro de 2008. As coletas de fauna foram autorizadas pelo IBAMA de acordo com a Licença emitida nº 116/2011.

### 8.1. Área de Estudo

A área de estudo dos estudos de relevância se situa no norte de Minas Gerais, nos municípios de Grão Mogol, Padre Carvalho, Riacho dos Machados, Rio Pardo de Minas e Josenópolis, conforme exposto na Figura 8.1.

**Figura 8.1 - Localização das cavidades estudadas na região do Complexo Minerário e adutora do Projeto Vale do Rio Pardo e no Vale dos Gigantes, a norte da área do projeto.**



Fonte: SAM, 2015.

O presente capítulo foca os estudos realizados para 27 (vinte e sete) cavidades situadas na área do Complexo Minerário do Projeto Vale do Rio Pardo, na sub-bacia do Córrego do Lamarão; 7 (sete) situadas na área denominada de Vale dos Gigantes<sup>2</sup>, no vale do Córrego do Lajedão<sup>3</sup>, tributário do Rio Peixe Bravo, e a cavidade Jatobá, inserida em um afluente “sem nome” da margem esquerda do Córrego Vacaria. Todas essas sub-bacias integram a sub-bacia do Rio Vacaria.

<sup>2</sup> Desde o início das investigações tal designação foi proposta por serem as cavidades abundantes em icnofósseis, caracterizando-as como do tipo paleotocas, que registram a ocorrência de mamíferos pleistocênicos na região.

<sup>3</sup> O Córrego Lajedão também apresenta a denominação de córrego Esmeril, tendo sido esta adotada no estudo paleontológico realizado na área.

## 8.2. Contexto Espeleológico

Cavernas e feições cársticas podem ser encontradas em diferentes litologias. As rochas mais propícias à carstificação são as carbonáticas, em função do alto grau de solubilidade e acentuada resistência mecânica, garantindo a manutenção dos vazios. Acredita-se que cerca de 90% das cavernas conhecidas no mundo se desenvolveram em rochas desse tipo (AULER, 2006).

Ocorrências em litologias siliciclásticas, como arenitos e quartzitos, e em menor escala em granitos, gnaisses, solos e rochas metamórficas variadas, como mica xistos e filitos, também são encontradas. A recente comprovação da susceptibilidade de áreas de minério de ferro à formação de cavernas adiciona um componente ao contexto espeleológico brasileiro (AULER *et. al.*, 2005).

Estudos e registros de cavernas em diamictitos e metadiamictitos são raros no país. A primeira publicação que faz referência ao tema foi de SPOLADORE (2005), a qual referenciou a existência de sete cavernas em diamictito no município de Ventania, Estado do Paraná. Essa publicação, no entanto, se resume ao registro das cavidades, trazendo apenas as informações referentes ao nome, município, litologia e fotografia. Quatro dessas sete cavernas encontram-se registradas no Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC) da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE; 2012a) conforme mostra o quadro a seguir (Quadro 8.2).

**Quadro 8.2 - Cavernas em diamictito registradas por SPOLADORE (2005) no Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC) da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE, 2012a)**

Nº SBE	Nome	Município / Localidade	UTM	Referência	Litologia	Desenv. (m)*		Desenv. (m)	Grau/Sistema
						PH	DL		
PR-254	Caverna da Torre 2	Ventania / Moquérm	Zona22k E580640 N7339798	Ângelo Spoladore	diamictito	PH	150	1	4D / UIS
						DL	174		
PR-258	Gruta do Quinhão 75	Ventania / Moquérm	Zona22k E572055 N7348873	Ângelo Spoladore	diamictito	PH	39	2	4D / UIS
						DL	43,5		
PR-261	Toca Caruana 01	Ventania / Fazenda Caruana	Zona22k E577226 N7346083	Ângelo Spoladore	diamictito	PH	15,5	1	4D / IUS
						DL	17		
PR-262	Caverna Caruana 03	Ventania / Faz. Caruana	Zona22k E057829 N7345608	Ângelo Spoladore	diamictito	PH	35	-	4D / UIS
						DL	39,5		

\*Legenda: PH - Projeção horizontal; DL - Desenvolvimento linear

Fonte: Brandt. 2012b.

Em 2010, CARMO *et al.* publicam a segunda referência a cavernas em diamictito (no caso metadiamictito) do Brasil e a primeira referência às cavidades da região norte de Minas Gerais, onde se insere o projeto. A nota técnica “Primeiros Registros de Cavernas Ferruginosas no Norte de Minas” apresenta um breve relato do estudo realizado em seis cavidades em metadiamictitos hematíticos da formação Nova Aurora, durante atividades relacionadas a projeto do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais (ICB/UFMG), Núcleo Interinstitucional de Estudos e Ações Ambientais do Norte de Minas (NIEA-NM), em conjunto com o Ministério Público Estadual (CARMO *et al.*, 2010).

A caverna Mocarorô foi registrada em 2010 no Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (SBE, 2012a), conforme mostra o Quadro 8.3, a seguir. A ficha registrada dessa cavidade informa que a mesma se situa na parte alta da escarpa e que compreende uma caverna alta cujo conduto principal tem aproximadamente 5 metros de altura.

**Quadro 8.3 - Registro da Caverna Mocarorô em metadiamictito, identificada no Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC) da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE, 2012a)**

Nº SBE	Nome	Município / Localidade	Coordenadas	Referência	Litologia	Desenv. (m)	
MG-1858	Caverna do Mocarorô	Rio Pardo de Minas / Região do Peixe Bravo	S16°00'3570" W42°42'1310"	Felipe Fonseca do Carmo	Metadiamictito	DL	100

Fonte: Brandt. 2012b.

Posteriormente, o mesmo grupo de estudo supracitado publicou três trabalhos técnicos referentes à espeleologia da região do norte de Minas Gerais, onde se insere o empreendimento. O primeiro artigo, denominado “Novo sítio espeleológico em sistemas ferruginosos, no vale do Rio Peixe Bravo, Norte de Minas Gerais, Brasil” (CARMO *et al.*, 2011a) cita a existência de 21 cavernas já prospectadas ao longo de um trecho de 30 km no Rio Peixe Bravo a montante de sua foz no Rio Vacaria e caracteriza a área como um novo sistema cárstico ferruginoso. Esse artigo traz informações preliminares acerca da inserção na paisagem dessas cavidades, seu desenvolvimento linear, presença de espeleotemas, litologia encaixante, padrão morfológico, potencial paleontológico, potencial arqueológico e estado de conservação da paisagem do entorno das mesmas. Trata-se da melhor referência até então publicada para a região.

O segundo artigo, "Primeiros registros de paleotocas desenvolvidas em formações ferríferas, Minas Gerais, Brasil" (CARMO *et al.*, 2011b) apresenta vestígios paleontológicos integralmente preservados identificados em três cavernas da região do Rio Peixe Bravo, as quais foram consideradas pelo estudo como paleotocas, sendo elas: Caverna Teto de Coral (16°05'7.45"S e 42°43'20.72"W), Caverna dos Três Buracos (16°02'48.59"S e 42°42'52.64"W) e Caverna do Mocarorô (16°00'36.74"S e 42°42'13.13"W), esta última ilustrada pela Foto 8.1. Nessas três cavidades foram encontrados registros de “*marcas de garras (icnofósseis) e condutos provavelmente formados por ação biogênica, por animal da extinta megafauna pleistocênica*” (CARMO *et al.*, 2011b). Já o terceiro artigo destaca a região do Vale do Peixe Bravo como área de interesse para a conservação de geossistemas de Cangas e referencia a ocorrência de cavernas nesta área (CARMO *et al.*, 2012).



Foto 8.1 - Icnofósseis (marcas de garras) na Caverna do Mocororô, no Vale do Rio Peixe Bravo.

Segundo o banco de dados do CECAV (2012), as cavernas cadastradas mais próximas da área de estudo estavam localizadas nos municípios de Grão Mogol, Riacho dos Machados, Rio Pardo de Minas e Serranópolis de Minas. Nenhuma delas inseridas nas proximidades do contexto do Complexo Minerário. Quanto ao Vale dos Gigantes, a Gruta da Serra compreende a cavidade cadastrada mais próxima da área em estudo, distando 2,48 km a norte da cavidade PX-05. A Gruta do Morro Grande é a segunda cavidade mais próxima da área de estudo, estando a 5,80 km a leste da cavidade Jatobá. O Quadro 8.4 e a Figura 8.2 a seguir ilustram a localização das cavidades contidas na Base de Dados Geoespacializados das Cavernas do Brasil (CECAV, 2012) para a área de estudo, em junho de 2012.

**Quadro 8.4 - Cavidades mais próximas da área de estudo, registradas na Base de Dados Geoespacializados das Cavernas do Brasil (CECAV, 2012).**

Estado	Cnc_sbe	Nome	Município	Localidade	Litologia	Lat_dd	Long_dd	Situação
MG	MG-1909	Gruta do Boi	Grão Mogol	Sem informação	Sem informação	-16.36000	-42.74000	Não Validado
MG	MG-1911	Gruta do Morro Grande	Grão Mogol	Sem informação	Sem informação	-16.14000	-42.78000	Não Validado
MG	MG-1893	Gruta Pequena	Riacho dos Machados	Sem informação	Sem informação	-16.07000	-42.75000	Não Validado
MG	MG-1905	Gruta da Serra	Riacho dos Machados	Sem informação	Sem informação	-16.09000	-42.72000	Não Validado
MG	MG-1907	Gruta do Lago	Riacho dos Machados	Sem informação	Sem informação	-16.08000	-42.72000	Não Validado
MG	MG-1910	Gruta do Meloso	Riacho dos Machados	Sem informação	Sem informação	-16.12000	-42.79000	Não Validado
MG	MG-1895	Gruta do Triângulo	Rio Pardo de Minas	Sem informação	Sem informação	-15.980000	-42.730000	Não Validado
MG	MG-1896	Gruta da Fortaleza	Rio Pardo de Minas	Sem informação	Sem informação	-16.010000	-42.700000	Não Validado
MG	MG-1897	Gruta dos Três Buracos	Rio Pardo de Minas	Sem informação	Sem informação	-16.050000	-42.710000	Não Validado
MG	MG-1898	Gruta do Abrigo	Rio Pardo de Minas	Sem informação	Sem informação	-16.040000	-42.720000	Não Validado
MG	MG-1901	Gruta dos Dois Salões	Rio Pardo de Minas	Sem informação	Sem informação	-16.070000	-42.710000	Não Validado
MG	MG-1914	Gruta das Maritacas	Rio Pardo de Minas	Sem informação	Sem informação	-16.080000	-42.690000	Não Validado
MG	MG-1915	Gruta do Lajedo I	Rio Pardo de Minas	Sem informação	Sem informação	-15.980000	-42.720000	Não Validado
MG	MG-1858	Caverna do Mocoororô	Rio Pardo de Minas	Região do Peixe Bravo	Diamictito	-16.009900	-42.703600	Não Validado
MG	MG-1902	Gruta do Córrego das Canoas	Serranópolis de Minas	Sem informação	Sem informação	-16.030000	-42.740000	Não Validado
MG	MG-1912	Gruta da Nascente do Córrego das Canoas	Serranópolis de Minas	Sem informação	Sem informação	-16.030000	-42.750000	Não Validado
MG	MG-1913	Gruta do Pau-de-urubu	Serranópolis de Minas	Sem informação	Sem informação	-16.040000	-42.740000	Não Validado

Fonte: Brandt, 2013.

Para os municípios da região em estudo, o Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (SBE, 2012a) em sua versão antiga, indica apenas a presença da Caverna do Mocarorô. Destaca-se que a versão antiga do cadastro apresenta dados mais completos do que a versão nova (Quadro 8.3).

Já a nova versão do Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (SBE, 2012b) apresentava novos registros de cavidades nos municípios de Grão Mogol, Riacho dos Machados, Rio Pardo de Minas e Serranópolis de Minas, porém sem informações mais completas de interesse para a análise de relevância, como litologia e desenvolvimento linear (m). Nesse cadastro se encontram as cavidades expostas no Quadro 8.4, retirado de CECAV (2012), com exceção da cavidade “Gruta do Lajedo I”, localizada no município de Rio Pardo de Minas e a qual, apesar de ter o número de registro do CNC “MG-1915”, não foi identificada no sistema da SBE (2012b), somadas a outras oito cavidades expostas no Quadro 8.5 abaixo.

**Quadro 8.5 - Cavidades registradas na versão nova do Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (SBE, 2012b) que não constavam no banco de dados do CECAV (2012).**

Código SBE	Nome da Caverna	Região	UF	Município	Latitude/Longitude
MG_1894	da Boca Larga	Sudeste	Minas Gerais	Riacho dos Machados	Lat:-16,07 Lon:-42,75
MG_1906	da Chaminé	Sudeste	Minas Gerais	Riacho dos Machados	Lat:-16,09 Lon:-42,72
MG_1908	Teto de Coral	Sudeste	Minas Gerais	Riacho dos Machados	Lat:-16,09 Lon:-42,72
MG_1917	da Carne-de-vaca	Sudeste	Minas Gerais	Riacho dos Machados	Lat:-16,09 Lon:-42,72
MG_1900	do Muro	Sudeste	Minas Gerais	Rio Pardo de Minas	Lat:-16,04 Lon:-42,72
MG_1903	do Desmoronamento	Sudeste	Minas Gerais	Rio Pardo de Minas	Lat:-16,07 Lon:-42,71
MG_1904	dos Cactos	Sudeste	Minas Gerais	Rio Pardo de Minas	Lat:-16,07 Lon:-42,71

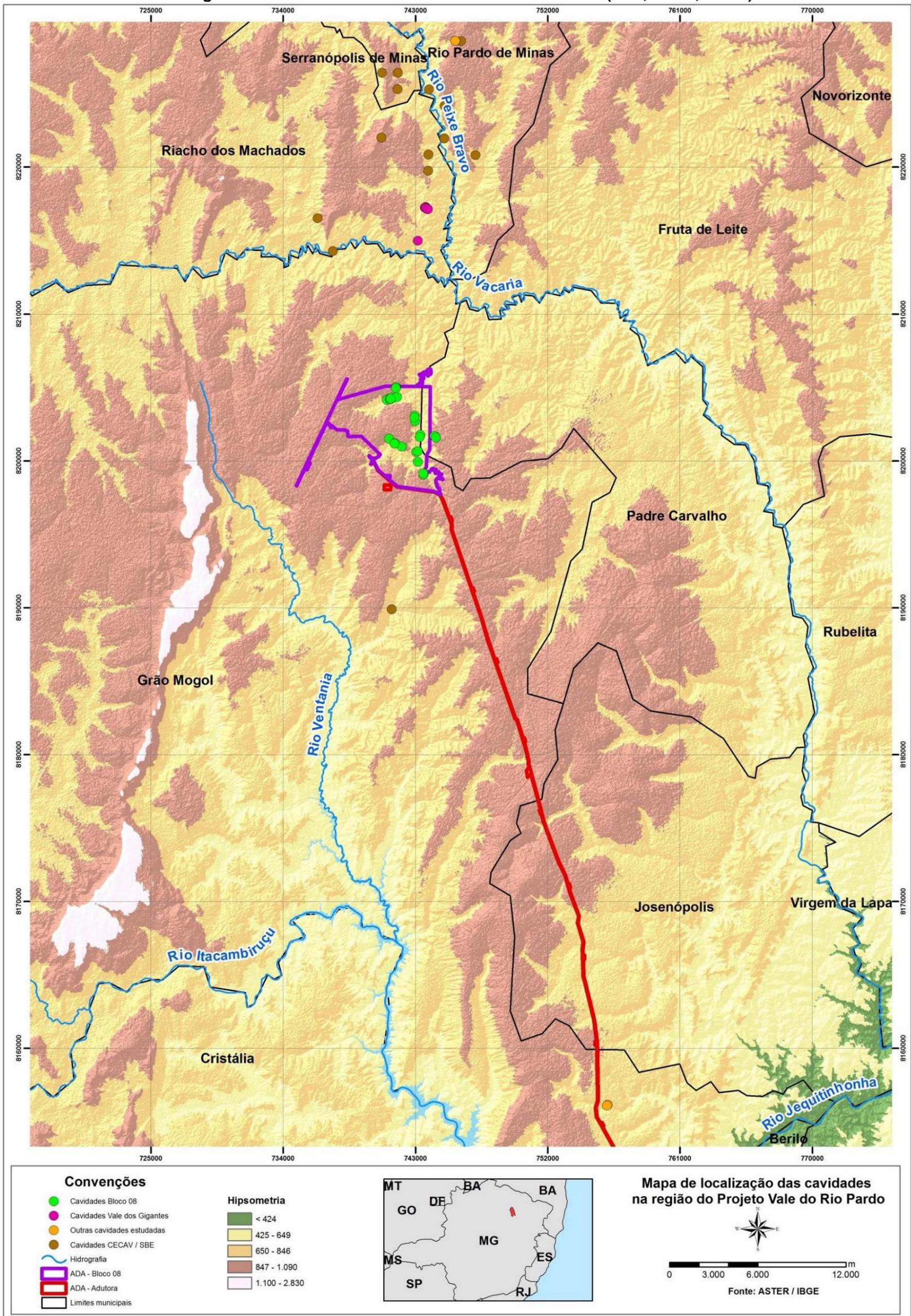
Fonte: Brandt, 2013.

Cabe ressaltar que, à exceção da gruta Mocarorô, as demais cavidades registradas no CECAV (2012) e SBE (2012b) não foram estudadas no âmbito do presente trabalho, uma vez que não havia conhecimento das mesmas à época dos trabalhos de campo, já que estas não estavam então cadastradas nesta base de dados. Foram realizadas pesquisas bibliográficas para se buscar outros dados dessas cavidades, no entanto não se obteve sucesso.

Durante os estudos de relevância que integraram o EIA do Complexo Minerário do Projeto Vale do Rio Pardo (BRANDT MEIO AMBIENTE, 2012) foram apresentados estudos de 25 cavidades naturais subterrâneas, localizados no contexto da Área de Influência Direta do Complexo Minerário, além de três situadas no contexto regional, ainda que fora da área de influência direta do empreendimento.

Com a continuidade da prospecção espeleológica regional em áreas adjacentes ou próximas ao empreendimento e com o intuito de se identificar cavidades para fins de compensação, foram descobertas outras oito cavidades em região a norte do empreendimento, no denominado Vale dos Gigantes (cavernas VG-01, VG-02, VG-03, VG-04, VG-05, VG-06, VG-07 e Jatobá), as quais foram alvo de outro relatório de estudos de relevância. Tal relatório, ainda, apresentou o resultado dos estudos de duas cavidades adicionalmente identificadas na etapa final da prospecção no Complexo Minerário, para as quais só se conseguiu a realização das campanhas de bioespeleologia após o término do relatório apresentado no EIA do Complexo Minerário do Projeto Vale do Rio Pardo (BRANDT MEIO AMBIENTE, 2012b).

Figura 8.2 - Localização das cavidades estudadas no Complexo Minerário (BRANDT MEIO AMBIENTE, 2012b); no Vale dos Gigantes (BRANDT MEIO AMBIENTE, 2013); das registradas na Base de Dados Geoespacializadas das Cavernas do Brasil (CECAV, 2012), e das registradas no Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (SBE, 2012a; 2012b).



Fonte: Brandt, 2013.

### **8.3. Diagnóstico Geoespeleológico**

#### **8.3.1. Objetivos**

Apresentar os resultados de geoespeleologia efetuados nas cavidades objeto do presente estudo, com o intuito de:

- Analisar a morfologia das cavernas e seus aspectos espeleométricos;
- Analisar a litologia das cavernas e suas estruturas;
- Analisar os aspectos hidrológicos das cavernas;
- Analisar os depósitos clásticos e químicos;
- Analisar os aspectos de espeleogênese.

As fichas padronizadas das cavernas com a descrição dos itens estudados e os respectivos mapas encontram-se nos Anexos 7 e 8.

Neste estudo foram levantados dados de 35 cavidades, sendo:

- 27 (vinte e sete) cavidades naturais subterrâneas localizadas no complexo minerário (Bloco 8);
- 7 (sete) cavidades localizadas no Vale dos Gigantes; e
- 1 (uma) cavidade localizada em tributário sem nome da margem esquerda do Rio Vacaria.

#### **8.3.2. Procedimentos metodológicos**

As análises de geoespeleologia foram realizadas, em uma primeira etapa, a partir da consolidação de pesquisa bibliográfica, sendo que a segunda etapa contemplou a verificação dos dados e coleta de dados em campo.

A topografia das cavidades foi realizada em setembro de 2012, quando também foram realizados os trabalhos de geoespeleologia. Os levantamentos de paleontologia ocorreram entre os dias 23 e 30 de janeiro de 2012. Após a aquisição dos dados de campo, os mesmos foram analisados em escritório. Os procedimentos metodológicos específicos referentes a cada etapa do processo estão descritos a seguir.

##### **8.3.2.1. Enfoque local e regional**

###### **8.3.2.1.1. Enfoque local**

Segundo o Artigo 14 da IN/MMA n.º 02/2009:

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

O enfoque local foi baseado no contexto de unidades geomorfológicas e individualizado em termos de sub-bacias hidrográficas onde se localizam as cavidades do Complexo Minerário e do Vale dos Gigantes.

De acordo com Brandt, 2012b, a compartimentação da área onde se encontram as cavidades pode ser descrita em duas unidades geomorfológicas: os topos das chapadas, que correspondem às superfícies de aplanamento, e os vales, que representam formas de dissecação fluvial. Nos vales também são encontradas feições do tipo colinas, confinadas por escarpas associadas aos processos de dissecação fluvial. Em meio a esses vales também são observados, maciços residuais isolados resultantes da presença de litologias mais resistentes ao intemperismo, em patamares pouco inferiores aos topos das chapadas.

Ainda segundo Brandt, 2012b, a área de estudo do Complexo Minerário, denominada de Bloco 8, está inserida na sub-bacia do Córrego Lamarão, afluente da margem direita do Rio Vacaria. Essa área está inserida na Unidade Geomorfológica de Vale com feições colinosas, que, especificamente na bacia, possui um modelado suavizado (Foto 8.2). As cavidades, de acordo com as fichas de geoespeleologia (Anexo 8), estão localizadas, em sua maioria, em médias e baixa vertentes nos sopés de escarpas, sendo que somente cinco cavidades se encontram em alta vertente em borda de ruptura.

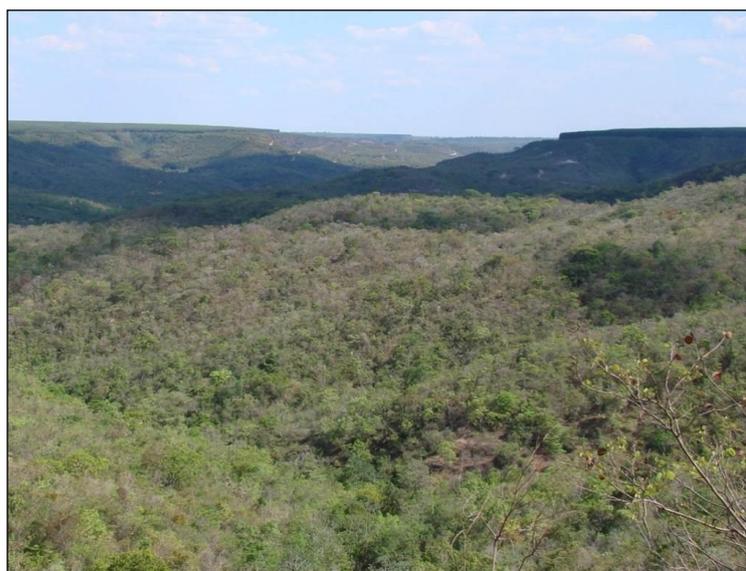
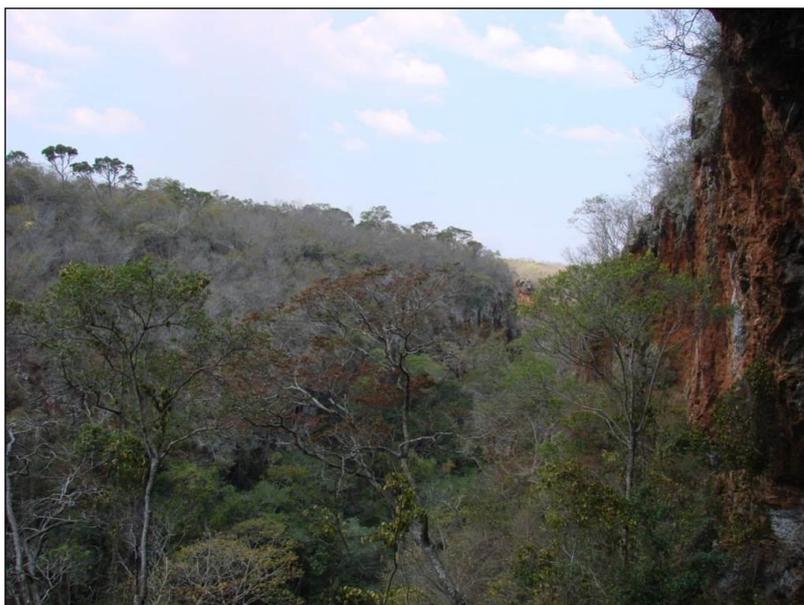


Foto 8.2 - Vale do Córrego Lamarão, onde nas médias e baixas vertentes se observa relevo colinoso.  
Fonte: Brandt, 2012b.

Em termos de bacia hidrográfica, o Vale dos Gigantes está inserido na sub-bacia do Córrego Lajedão, afluente da margem direita do Rio Peixe Bravo. Esse local se insere entre os topos aplanados e os vales encaixados, configurando muitas vezes escarpamentos rochosos expressivos (Foto 8.3) Brandt, 2013.

Neste contexto, as cavidades do Vale dos Gigantes estão inseridas na Unidade Geomorfológica de Chapada e localizadas nas escarpas paralelas à linha de drenagem em altas vertentes de encosta inclinada, sendo que apenas uma cavidade se encontra em média vertente, de acordo com as fichas de geoespeleologia (Anexo 8).



**Foto 8.3 - Visão parcial do Vale dos Gigantes, de oeste para leste, onde se observa os escarpamentos que marcam a transição abrupta dos topos das chapadas para os vales.**

Fonte: Brandt, 2013

A Caverna do Jatobá está localizada a aproximadamente 2.100 metros do Vale dos Gigantes e a mais de 10.000 metros do Complexo Minerário. Em termos de sub-bacia hidrográfica, a Caverna do Jatobá se encontra em um afluente sem nome na margem esquerda do Rio Vacaria.

O relevo é formado por chapadas, ligeiramente basculadas para leste e recortadas por zonas de intensa dissecação fluvial, essa característica faz com que a cavidade do Jatobá seja inserida na Unidade geomorfológica de Chapada, o que a posiciona no mesmo contexto local (Unidade Geomorfológica) das cavidades localizadas no Vale dos Gigantes. A sua localização é em escarpa na área de alta vertente de encosta inclinada. A escarpa está associada a uma chapada que se encontra disposta paralelamente à drenagem (Brandt, 2013).

Assim, no presente estudo, foram adotadas duas unidades locais distintas (Figura X). A primeira, composta pelas cavidades localizadas no contexto da localidade denominada de Complexo Minerário (Bloco 8); a segunda, composta pelas cavidade localizadas no contexto da localidade denominada de Vale dos Gigantes.

#### **8.3.2.1.2. Enfoque regional**

Quanto ao Enfoque Regional a IN/MMA n.º 02/2009, em seu artigo 14 define que:

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

*§ 3º Entende-se por unidade espeleológica a área com homogeneidade fisiográfica, geralmente associada à ocorrência de rochas solúveis, que pode congrega diversas formas do relevo cárstico e pseudocárstico tais como dolinas, sumidouros,*

*ressurgências, vale cegos, lapiás e cavernas, delimitada por um conjunto de fatores ambientais específicos para a sua formação”.*

O Enfoque Regional definido pela IN/MMA nº 02/2009 guarda relação com o conceito de Províncias e Distritos Espeleológicos originalmente definidos por KARMANN & SÁNCHEZ (1980), embora exija um detalhamento melhor. A definição dos parâmetros que o constituem deve ser efetuada com base científica, levando em consideração aspectos espeleológicos e fisiográficos em geral (CECAV, 2010). Essa escala de análise regional, estando atrelada às províncias cársticas, pode corresponder a um grupo ou a uma formação geológica. No Mapa das Regiões Cársticas do Brasil (CECAV, 2009) verificou-se que para a área de estudo ainda não há nenhuma província espeleológica delimitada.

Assim, no presente estudo, foi considerado que o enfoque regional no qual se inserem as cavidades do Complexo Minerário e Vale dos Gigantes está relacionado à litologia de metadiamicritos da Formação Nova Aurora do Grupo Macaúbas (Figura 8.3). Os processos dentro de um mesmo grupo de rocha podem ser aplicados e replicados quando são observadas características compatíveis. Nesse caso, foi necessário buscar dados específicos sobre cavidades em rochas metadiamicríticas.

Apesar de ser uma litologia ainda pouco investigada, existem estudos na região do empreendimento que apontam que a região constitui-se como um novo sítio espeleológico (CARMO *et al.*, 2011a; CARMO *et al.*, 2011b). Os estudos citam a existência de 25 cavernas já prospectadas na área, inclusive com a descrição de cavernas importantes com registros de paleotocas, assunto este ainda em estágio inicial no Brasil. Em prospeções realizadas pela Brandt Meio Ambiente, no âmbito do presente processo de licenciamento, foram encontradas novas cavidades no Vale do Rio Peixe Bravo, localmente conhecido como Vale dos Gigantes, distando aproximadamente 2.900 metros do local onde CARMO *et al.* (2011a; 2011b; 2012) desenvolveram os estudos das 25 cavidades.

A pesquisa na base de dados do CECAV identificou as cavidades mencionadas nos estudos de CARMO *et al.* (2011a; 2011b; 2012), sendo que elas estão localizadas no Grupo Macaúbas, Formação Nova Aurora, porém, em litologias de canga/rocha, quartzito, conglomerado e arenito, sendo que essas cavidades ainda não foram validadas pelo CECAV. Das cavidades relatadas as únicas que se desenvolvem em metadiamicrito são a Cavernas do Mocarorô e a Gruta das Maritacas. No presente estudo, a Caverna do Mocarorô, mesmo estando localizada distante do empreendimento, teve seus atributos bioespeleológicos e geoespeleológicos, para compor a Unidade Regional das cavidades do Complexo Minerário e do Vale dos Gigantes.

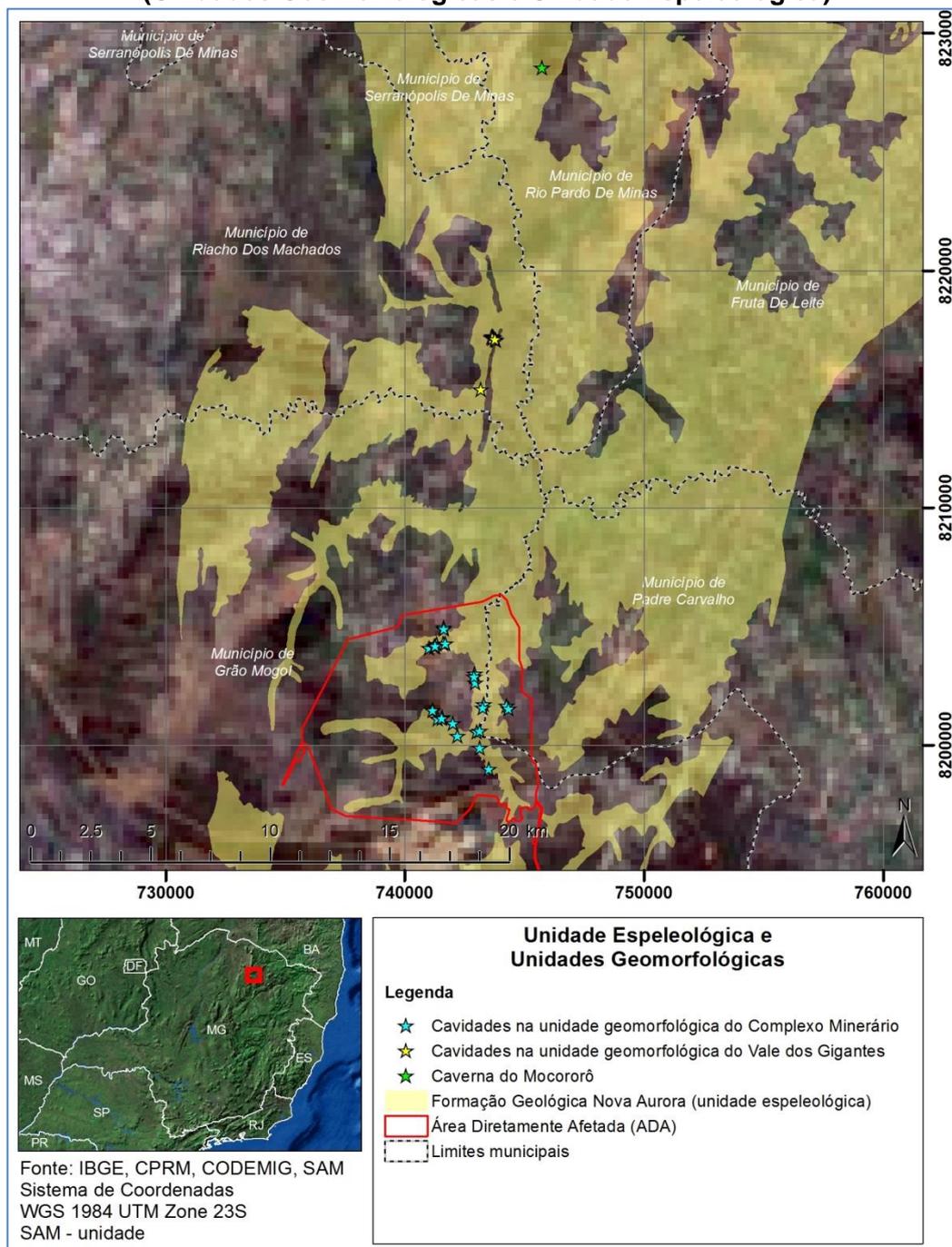
Na área do Complexo Minerário (Bloco 8) e do vale dos Gigantes, as cavidades encontradas também se desenvolvem na Formação Nova Aurora, em litologia de metadiamicrito com horizontes de formação ferrífera e composição mineralógica variada.

No geral, a gênese das cavernas em minério de ferro e nos produtos de alteração admite a existência de duas etapas distintas. A primeira dessas etapas tem predominância de processos dissolutivos (químicos) e a segunda sob a ação de processos erosivos (físicos) (SIMMONS, 1963), sendo o processo químico mais intenso em áreas com clima menos seco. Zonas de contato entre a zona alterada e a rocha são constituem locais favoráveis à ocorrência espeleológica. Quando desenvolvidas por processos químicos, as cavernas evoluem, a princípio, sem um contato com o exterior, que é gerado tardiamente com o recuo lateral da vertente. A evolução posterior dá-se através do carreamento de sedimentos finos

via canaliculos ou orificios nas paredes e teto, além de abatimentos (processos erosivos) (MAURITY & KOTSCHOUBEY, 1995).

No caso dos processos físicos, comumente observados nas cavidades do Projeto Vale do Rio Pardo, o abatimento de blocos se traduz como a gênese mais comum na formação das cavidades.

**Figura 8.3: Unidades Locais e Regional (Unidades Geomorfológicas e Unidade Espeleológica)**



Fonte: IC Ambiental, 2015.

### 8.3.2.2. Topografia de cavidades

#### 8.3.2.2.1. Método tradicional

A topografia de cavidades naturais subterrâneas consiste na representação cartográfica do contorno das paredes e das feições internas mais significativas das cavernas. Para tal, é necessário criar pontos (bases topográficas) interligados entre si, distribuídos por todas as extremidades internas da caverna e também nas feições significativas em seu desenvolvimento, tais como: fraturas, canalículos, patamares, claraboias e espeleotemas, dentre outras irregularidades nas paredes e demais detalhes. Esses pontos internos obrigatoriamente são conectados a um ponto externo à cavidade, onde se deve obter via GPS a coordenada geográfica da cavidade e então georreferenciar o desenvolvimento da mesma.

Para interligar os pontos da topografia utilizou-se de trena a laser LEICA Disto D8 e trena Lufkin (PVC) de 30 metros graduada em unidades centimétricas para medir a distância de um ponto ao outro; bússola e clinômetro Suunto Tandem 360PC/360R Zona 3 (especializada para topografia de cavidades e balanceada para Zona Sul Equatorial) para medir a graduação do azimute em relação ao norte magnético e a graduação da inclinação em relação ao plano horizontal de um ponto ao outro; e também uma planilha de anotação padrão BRANDT para registro dos dados coletados.

Embasado nas medidas coletadas e devidamente anotadas em planilha, foi elaborado “*in loco*” o croqui de campo, que representa o desenho da cavidade constando as bases topográficas, os contornos das galerias e dos salões, suas características geomorfológicas e as feições significativas, tais como: estruturas geológicas, hidrologia, sedimentos clásticos e/ou químicos e orgânicos, além da localização de vestígios paleontológicos, artefatos arqueológicos e interferências antrópicas recentes, dentre outros detalhes. Utilizou-se papel milimetrado, régua graduada e transferidor 360°, a fim de compor um desenho em escala e orientado em relação ao ponto externo (obtido a partir de GPS de navegação Garmin 60CSX).

O mapa de caverna é definido assim como a representação cartográfica da cavidade, utilizado os mesmos componentes utilizados nos mapas convencionais e acrescidos de simbologias específicas ao ambiente subterrâneo. Sua composição básica é a planta baixa, ou seja, a representação dos contornos existentes no encontro entre o piso e a parede. Perfis longitudinais (alinhados com o eixo principal de desenvolvimento da cavidade) e cortes transversais (perpendiculares ao eixo dos condutos) também são realizados, e são de vital importância para a interpretação do espaço subterrâneo, sendo possível por meio destes visualizar a forma vertical dos salões e condutos.

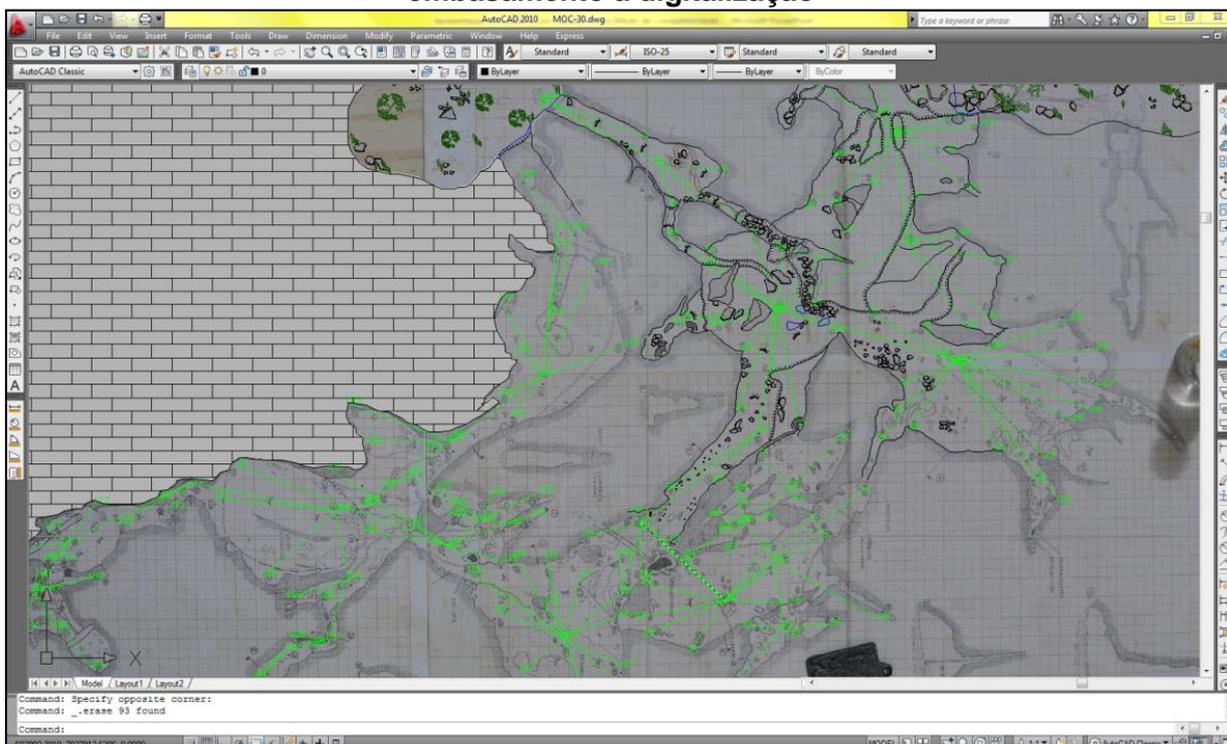
Após a consolidação dos dados de coleta de campo, utilizando o *software* Compass 5.0<sup>4</sup>, foram gerados arquivos vetoriais (.dxf) das medidas realizadas em campo (denominadas de linhas de trena) e que ao serem importados no *software* AutoCAD<sup>5</sup>, sobrepostos aos croquis de campo, serviram de base para a digitalização dos mapas das cavernas (Figura 8.4).

<sup>4</sup> *Software* livre desenvolvido especificamente para mapeamento de cavernas, capaz de introduzir dados primários, editar, processar, analisar, visualizar e exportar dados para demais *softwares* de processamento e desenho.

<sup>5</sup> *Software* do tipo CAD — Computer Aided Design ou desenho auxiliado por computador. É utilizado principalmente para a elaboração de desenhos técnicos em duas dimensões (2D) e para a criação de modelos tridimensionais (3D)

Por fim, em relação à acurácia e à precisão dos mapas, o método supracitado foi submetido à graduação da *British Cave Research Association* (BCRA), um sistema de graduação publicado em 2002 e utilizado amplamente pela comunidade espeleológica internacional. Os mapeamentos convencionais atingiram grau 4C.

**Figura 8.4 - Exemplo do processo de digitalização de mapa espeleológico no software AutoCAD2. As linhas de trena (em verde), sobrepostas ao croqui de campo, dão embasamento à digitalização**



Fonte: Brandt. 2013.

### 8.3.2.2. Mapeamento a laser

A utilização de escâner a laser com a finalidade de se realizar a topografia de cavidades naturais subterrâneas é inédita nos estudos de relevância de cavidades, embora já se tenha conhecimento de algumas experiências com o equipamento no Brasil e no exterior.

Com o intuito de se buscar uma melhor representação das cavidades de maior expressão espeleométrica na área de estudo do complexo minerário foi realizado em cinco dessas cavidades (Quadro 8.6) a topografia com escâner a laser, metodologia que se justifica pela:

- Elevada precisão da metodologia, conjugado ao fato de o mesmo ter sido realizado com georreferenciamento das bases externas com GPS de precisão - geodésico;
- Minimização das interferências magnéticas causadas pela presença de hematita e magnetita na rocha encaixante.

**Quadro 8.6 - Cavernas com topografia a laser**

Nome	Projeção Horizontal (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
<b>Caverna CM-02</b>	46,24	2,14	90,62	85,596
<b>Caverna CM-08</b>	74,88	2,47	260,24	325,983
<b>Caverna CM-10</b>	36,55	2	94,89	105,904
<b>Caverna CM-14</b>	21,07	0,91	81,03	91,17
<b>Cavidade CM-25</b>	8,24	2,47	31,16	58,57

Fonte: Brandt, 2012b, alterado por IC Ambiental, 2015.

### 8.3.2.2.1. Equipamento

O equipamento utilizado na topografia das cavernas na área do empreendimento da Sul Americana de Metais foi o Zoller Frohlich, modelo Z+F IMAGER 5006h (Figura 8.5). O Laser Scanner Z+F representa o que há de mais moderno em termos de levantamento de pontos em três dimensões, permitindo aliar rapidez e precisão para a geração de modelos 3D, com detalhamento de apenas 0,4 milímetros, alcance de 79 metros e taxa de medição de impressionantes 500 mil pontos por segundo. Suas dimensões são de 17x28x39cm (x,y,z) e possui um peso de 9,8 kg. Suas aplicações mais utilizadas são relacionadas às áreas de planejamento digital (automotiva, plataformas químicas, usinas de energia), arquitetura e proteção de construções históricas (igrejas, castelos, museus), documentação de infraestrutura (redes ferroviárias, ruas, túneis, drenos, pontes) e investigação de crimes e acidentes, dentre outras.

**Figura 8.5 - Laser Scanner Zoller Frohlich modelo Z+F IMAGER 5006h**



Fonte: Brandt, 2012b.

O equipamento é capaz de construir uma maquete digital de alta precisão a partir de uma série de pontos distribuídos de forma tridimensional, comumente chamado de nuvem 3D (Figura 8.6). As leituras são feitas a partir de um ângulo de 320° na vertical e 360° na horizontal, combinando uma alta taxa de medição com diferentes tipos de resoluções e qualidades, previamente definidas. O equipamento não realiza uma leitura completa no eixo vertical por estar apoiado em um tripé que cria uma “sombra” na nuvem de pontos. Contudo, essa mancha é preenchida nas leituras posteriores, quando o equipamento é transferido de posição.

As leituras são realizadas a partir de pulsos de laser que são gerados e emitidos pelo sistema com auxílio de um espelho de varredura que são direcionados à superfície dos objetos em vários pontos. Esses objetos transmitem o pulso incidente e parte do pulso volta para o sistema. Com isso a distância entre o sensor e o objeto é determinada entre a emissão e a reflexão (retorno) do pulso - DALMOLIN & SANTOS, (2004). Em cada varredura são geradas milhões de coordenadas tridimensionais.

Para o mapeamento de uma cavidade o número de varreduras é proporcional ao seu tamanho, altura e obstáculos, sabendo que quanto maior o número de leituras maior o nível de detalhamento. Cada leitura dura aproximadamente quatro minutos, sendo que o equipamento tem um perfeito funcionamento estando nivelado e livre de qualquer interferência mecânica.

O uso do Laser Scanner Z+F na espeleologia proporciona grandes avanços nas duas principais variáveis que são avaliadas na qualidade de um mapa: a precisão e o detalhamento. No primeiro item o equipamento permite um posicionamento de pontos com precisão da ordem de menos de 1 mm nas distâncias de até 50 metros, comparável somente com equipamentos de alta precisão como a estação total ou o teodolito. Contudo, no segundo aspecto - o detalhamento - esse novo modelo de topografia consegue substituir de forma vantajosa o que até então era limitado pela habilidade do croquista. Os milhões de pontos gerados durante as leituras são capazes de moldar com precisão as mais sutis nuances da morfologia subterrânea. Algo impossível de ser realizado até mesmo pelos mais habilidosos artistas. O mapa espeleológico passa a ser tridimensional, permitindo uma visualização virtual da distribuição e do formato das galerias.

Figura 8.6 - Imagem da nuvem de pontos de uma leitura realizada no interior da caverna CM-10 - Complexo Minerário



Fonte: Brandt, 2012b.

### 8.3.2.2.2. Metodologia de campo

A Campanha de campo para o escaneamento das cavernas foi realizada entre os dias 05 e 20 de outubro de 2011 e contou com uma equipe formada por dois geógrafos especialistas em georreferenciamento e um geógrafo especialista em espeleologia.

A técnica do escaneamento consiste em montar o equipamento em locais notáveis da cavidade que permitam uma visão mais ampla da galeria, lembrando que as leituras são feitas de forma tridimensional. Além dessa premissa, em cada um destes locais devem ser escolhidos pontos para o georreferenciamento da nuvem 3D, chamados de alvos. Sua identificação pode ser feita através de pequenas placas móveis (Foto 8.4) que são bem adaptadas para a montagem diretamente sobre o piso ou mesmo em papel que pode ser apoiado em paredes ou blocos. Estes pontos serviram, nas próximas etapas, como indicadores para a junção das diversas leituras, sendo fundamental uma escolha correta da sua posição. Em cada leitura pelo menos quatro alvos foram posicionados.

Para facilitar o trabalho, inicialmente as cavernas foram totalmente percorridas visando a identificação dos obstáculos, possíveis locais para instalação do equipamento e, ao mesmo tempo, a instalação dos alvos. As leituras foram realizadas com uma distância média de 10 metros uma da outra. Nos locais com obstáculos maiores, como blocos abatidos, por exemplo, foram necessárias diversas leituras a fim de se obter uma melhor caracterização do ambiente.

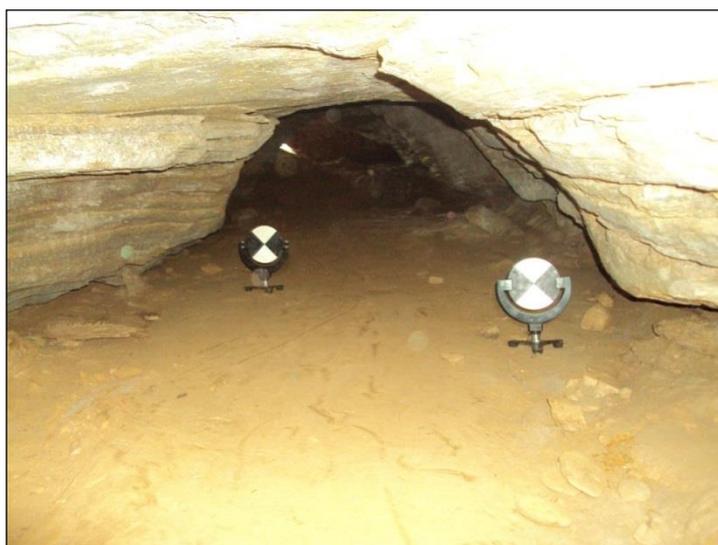


Foto 8.4 - Posicionamento dos alvos no interior da caverna.

Fonte: Brandt, 2012b.

O mapeamento a laser foi realizado em cinco cavernas (Quadro 7.1), com um total de 52 leituras, gerando aproximadamente 14 gigabytes de dados que foram trabalhados em escritório. Na varredura do laser, o escaneamento foi feito sem a necessidade de refletores, sendo aplicado apenas o uso de alvos.

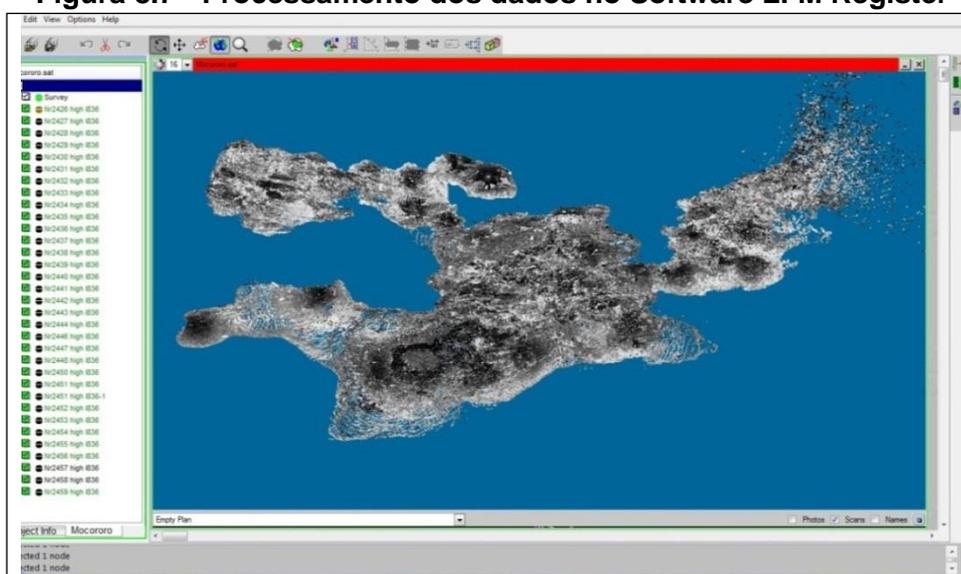
O georreferenciamento das cavidades foi feito a partir de coordenadas plotadas próximo às entradas das cavidades, com uso de GPS de precisão (geodésico). A partir desses pontos foi possível amarrar a topografia e inserir a caverna nas imagens de satélite georreferenciadas.

Cabe ressaltar que o resultado das topografias a laser é um mapeamento de alta precisão que atinge o grau X da classificação da British Cave Research Association (BCRA).

### 8.3.2.2.2.3. Tratamento de dados

Para manipulação das nuvens de pontos levantadas nas cavernas foram utilizados quatro softwares até chegar às informações finais. Os softwares utilizados foram o LFM Register (Figura 8.7), LFM Converter, Riscan Pro (Figura 8.8) e AutoCAD Civil 3D (Figura 8.9). Os três primeiros softwares são desenvolvidos especificamente para tratamento de nuvens de pontos, todos de tecnologia alemã, pioneira no mercado de Laser Scan.

**Figura 8.7 - Processamento dos dados no Software LFM Register**



Fonte: Brandt, 2012b.

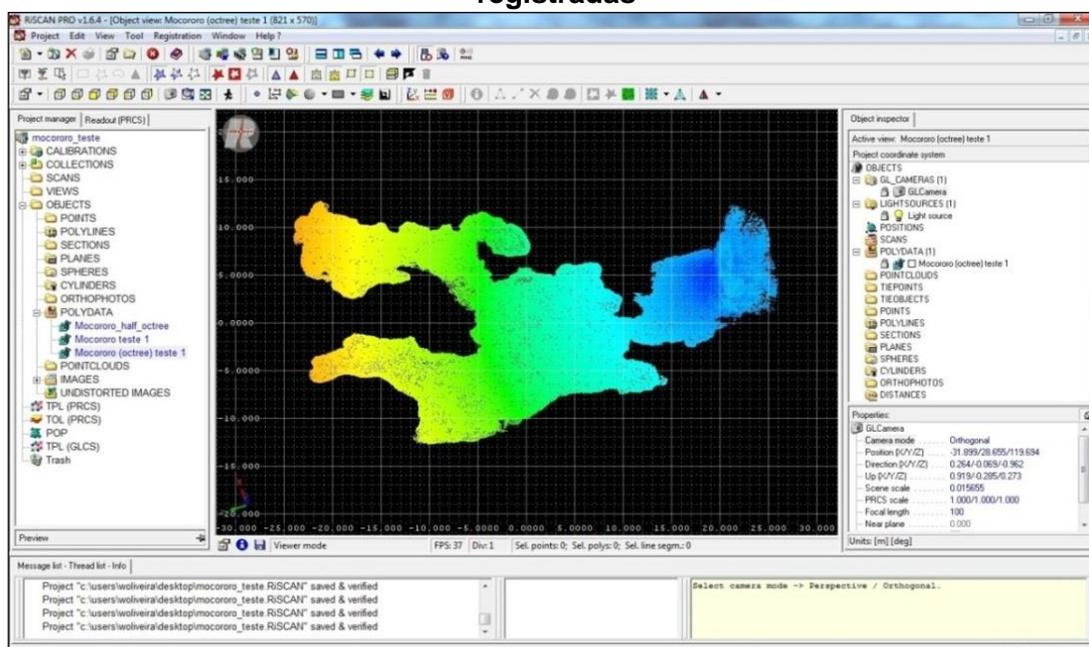
As nuvens de pontos no seu estado bruto foram manipuladas inicialmente no LFM Register, onde estas imagens foram “unificadas” na sequência do levantamento até compor a caverna como um todo (Figura 8.10). Nesse momento já é possível avaliar a precisão do levantamento, pois é na junção das nuvens, e especificamente na sobreposição de uma nuvem com outra que é possível mensurar e visualizar a qualidade do levantamento, cuja precisão é milimétrica.

Após o registro das nuvens de pontos, os dados são levados ao LFM Converter, cuja finalidade neste momento é transformar os dados do formato ZFC para ASC, além de reduzir a quantidade de pontos em torno de um quarto em relação ao seu tamanho original. Essa redução é realizada no sentido de facilitar a manipulação dos dados no software RiscanPRO sem a perda significativa de informação.

No software RiscanPRO as nuvens de pontos no formato .ASC recebem os últimos tratamentos antes das informações finais. Primeiramente é definido um intervalo de seções para limpeza de pontos dispersos que podem interferir negativamente nas informações finais. Após a limpeza, o próximo passo é a definição de pontos ao longo da nuvem para

interpolação dos dados para geração da malha triangular, formando assim o sólido com a representação real da caverna.

**Figura 8.8 - Processamento dos dados no Software RiscanPRO, nuvens de pontos registradas**

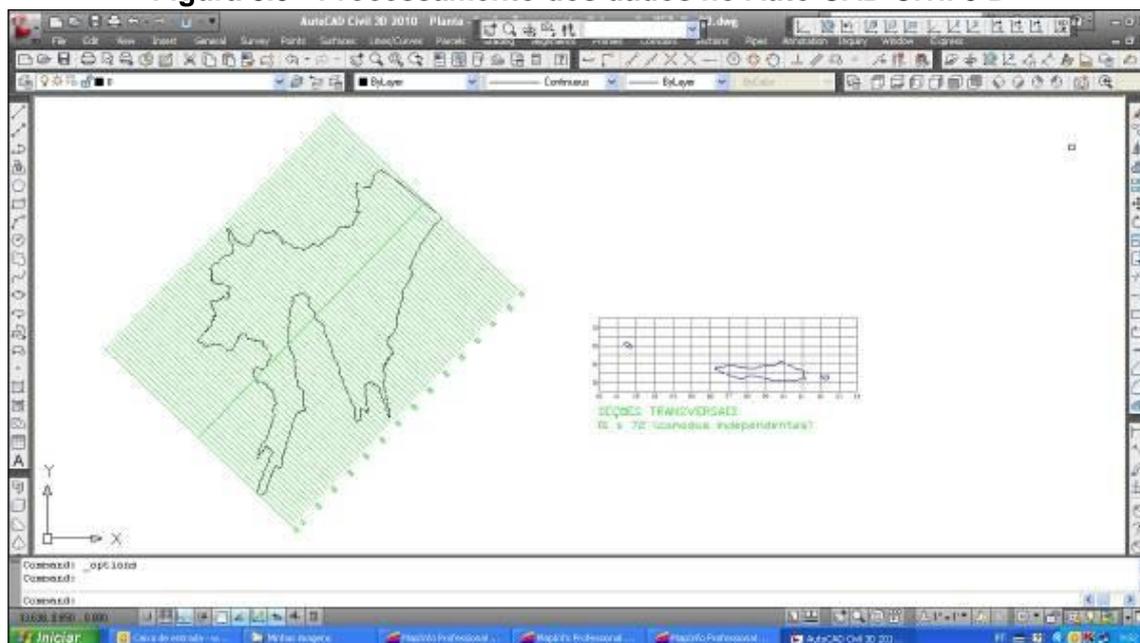


Fonte: Brandt, 2012b.

Com a malha triangular formada é possível extrair todas as informações morfológicas da caverna, tais como: curvas de nível (topografia), seções longitudinais e transversais, desenvolvimento linear além de navegar no interior da mesma com geração de vídeo.

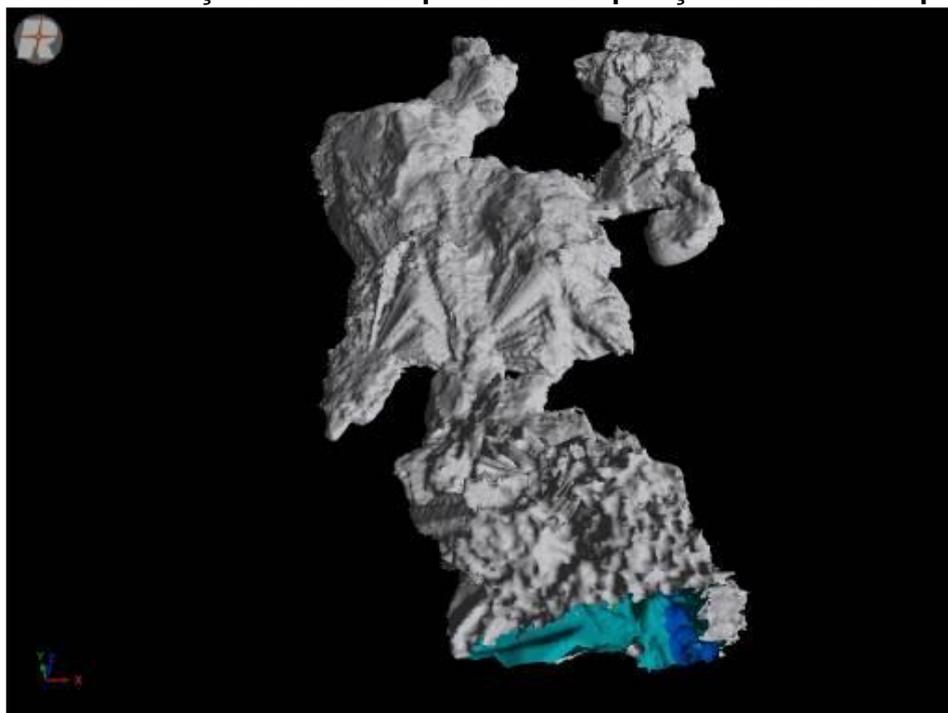
A partir da extração das informações de curvas de nível e seções longitudinais e transversais, os dados são exportados para o formato DXF, compatível com o AutoCAD Civil 3D, onde são elaboradas as plantas baixas, a representação das seções e o cálculo de volume das cavernas (Figura 8.9). Este último item merece especial atenção, uma vez que a quantidade e qualidade dos dados coletados permite um cálculo bastante preciso. As plantas topográficas confeccionadas com o levantamento a laser encontram-se no Anexo 9.

**Figura 8.9 - Processamento dos dados no Auto CAD Civil 3 D**



Fonte: Brandt, 2012b.

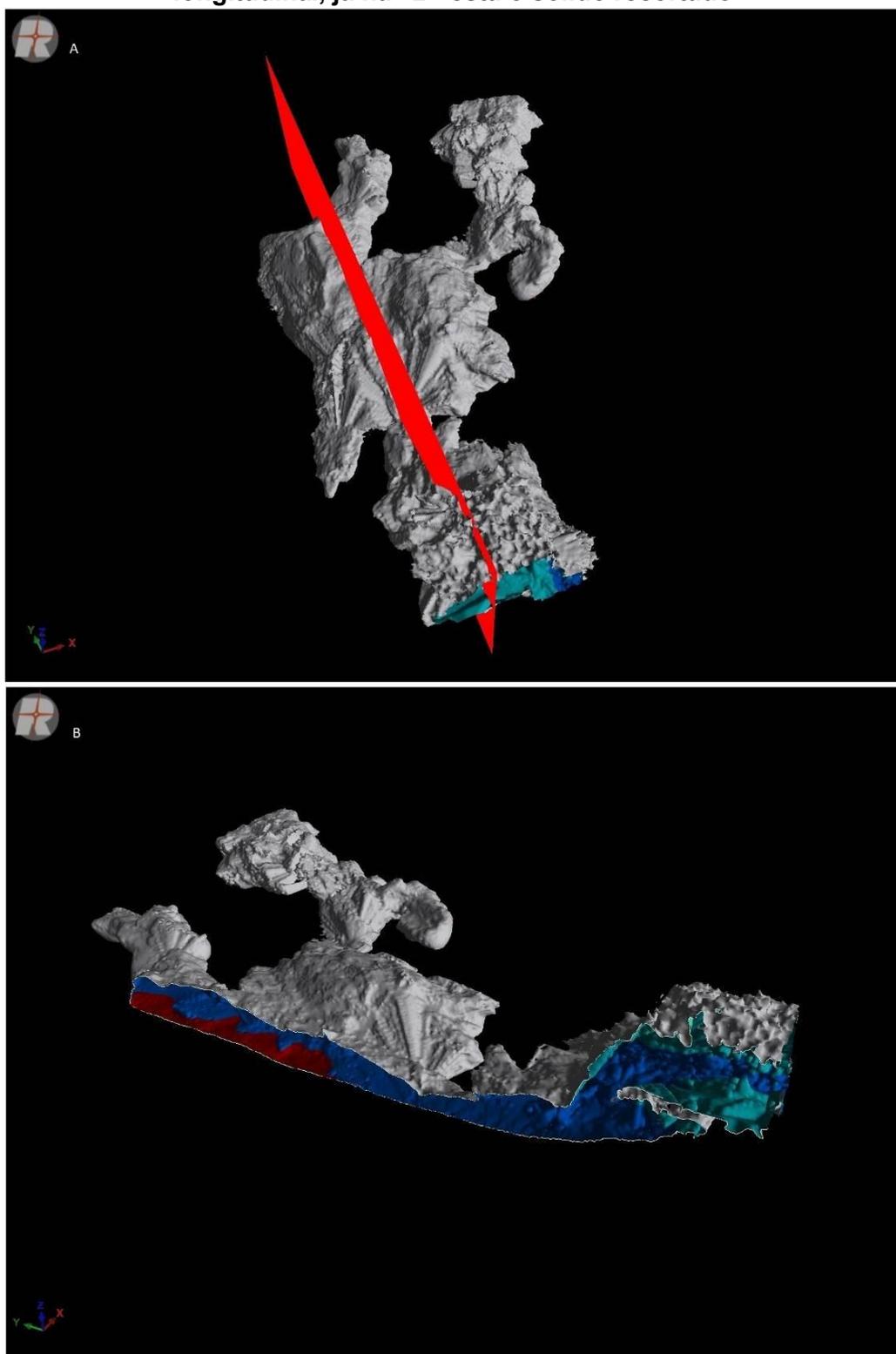
**Figura 8.10 - Geração do sólido a partir da interpolação da nuvem de pontos**



Fonte: Brandt, 2012b.

Uma facilidade na manipulação dos dados é quanto à geração de seções e representas destas, no software RiscaPro a definir e realizar o corte seja ele transversal ou longitudinal é realizado com extrema facilidade e com ótima visualização (Figura 8.11).

Figura 8.11 - A figura "A" representa o sólido com a definição do plano de corte longitudinal, já na "B" está o sólido recortado



Fonte: Brandt, 2012b.

A utilização do *laser scanner* proporciona, assim, imagens tridimensionais de alta resolução, totalmente consistentes com a realidade da cavidade. A riqueza de detalhes supera qualquer levantamento convencional, onde feições cársticas somente são representadas manualmente e dependem da habilidade do croquista da equipe. O modelo digital contribui para sua caracterização, facilitando a análise de alguns atributos de relevância contidos na IN 2, de 20 de agosto de 2009, do Ministério do Meio Ambiente, como, por exemplo, sua área, o volume e a declividade.

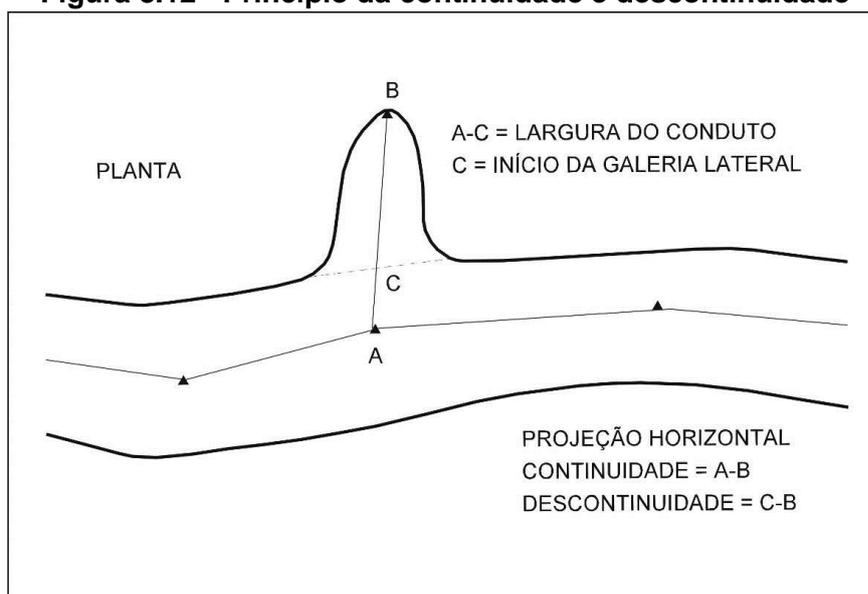
### 8.3.2.3. Análise espeleométrica

A topografia das cavidades subsidiou a obtenção dos dados espeleométricos das cavidades, tais como projeção horizontal (PH), desnível, altura média, área e volume estimado, atendendo assim as diretrizes do Decreto Federal nº 6.640/2008 e da Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente nº 2/2009, que estabelecem critérios para a classificação de relevância das cavernas brasileiras. Cabe ressaltar que a topografia subsidiou ainda a definição dos entornos de proteção das cavidades, definidos como 250 metros pela Portaria IBAMA nº 887/1990 e pelo artigo 4º da Resolução CONAMA nº347/2004.

A partir dos mapas topográficos foram realizados os cálculos espeleométricos de projeção horizontal, desnível, área e volume, no *software* AutoCAD.

Para fins de medição do desenvolvimento das cavidades foi utilizado o conceito de projeção horizontal preconizado na IN/MMA nº 2/2009. A projeção horizontal consiste em medir o comprimento das galerias projetadas em um plano horizontal e somá-los sobre a planta da caverna, a partir do ponto zero das cavidades, com auxílio do *software* AutoDesk AutoCAD, no caso da topografia convencional, e do *software* Riscan Pro, no caso da topografia a laser. As projeções horizontais foram medidas com base no princípio da descontinuidade, o qual entende que ao se medir galerias que se ramificam, a parte da largura da galeria principal não deve ser incluída no desenvolvimento da cavidade, como mostra a Figura 8.12.

**Figura 8.12 - Princípio da continuidade e descontinuidade**



Fonte: CECAV (2010); RUBBIOLI & MOURA (2005).

O desnível foi calculado pela diferença de altura entre o ponto mais alto e mais baixo do piso das cavidades. Tal definição é baseada nos princípios definidos pela Comissão de Cadastro, Espeleometria e Províncias Espeleológicas da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE, 1991).

A área foi calculada pelo *software* AutoDesk AutoCAD como a área compreendida no interior do polígono formado pelas paredes da planta baixa da cavidade e pelo fechamento da mesma nos marcos zeros das entradas.

O cálculo do volume foi obtido pela multiplicação da área da cavidade pela altura média, determinada pela média das seções da cavidade, com o auxílio do *software* AutoDesk AutoCAD.

Essas medidas foram analisadas, estatisticamente, e são apresentadas no presente diagnóstico em formas de gráficos e quadros.

#### **8.3.2.4. Análise litológica e estrutural**

A metodologia adotada para o desenvolvimento do estudo geoespeleológico inclui a identificação e descrição de rochas e estruturas geológicas presentes em cada cavidade. Tal abordagem se justifica quando se compreende o processo histórico de evolução do conhecimento espeleológico, que está diretamente relacionado com o estabelecimento de novos paradigmas que preconizam a inserção de fatores, tais sejam as rochas e estruturas geológicas presentes nas cavidades, como fundamentais para a o desenvolvimento do relevo cárstico.

O processo mencionado acima se deu à medida que os estudos espeleológicos avançaram em direção à descoberta de ambientes cársticos em rochas não carbonáticas. Tal constatação demonstrou que a carstificação pode se dar em rochas pouco solúveis nas condições ambientais atuais e que as dimensões e a morfologia das mesmas, assim como os espeleotemas encontrados, variam de acordo com a composição mineralógica da rocha, com o grau de metamorfismo, de intemperismo e com a intensidade e regime de deformação (dúctil ou rúptil). Hoje, portanto, ao se iniciar um estudo geoespeleológico, é de fundamental importância uma análise litológica adequada, assim como um cuidadoso levantamento das estruturas geológicas presentes em cada caverna. Além de apresentar uma utilidade descritiva, esse procedimento fornece importantes contribuições para a realização de inferências genéticas, já que aponta quais foram os processos facilitadores da carstificação: se houve predominância de processos de dissolução associados a processos de remoção mecânica ou predominância de processos de remoção mecânica associados a planos de fraquezas pré-existentes na rocha, neste caso representados por contatos, planos de foliação, planos de falhas, fraturas ou mesmo eixos de dobra.

Dessa forma, para a elaboração do presente relatório, procurou-se realizar um minucioso estudo de identificação e descrição de litotipos e de estruturas geológicas durante a etapa de campo. O ferramental utilizado contou com lupa de bolso com capacidade de ampliação de 20 vezes, ácido clorídrico 10%, canivete de aço-inox, placa de porcelana despolida, caneta magnética, bússola *Brunton* e transferidor.

Devido à presença de magnetita na maioria das rochas inseridas dentro da área de estudo, especial atenção foi dada à mensuração das atitudes das estruturas geológicas, muitas

vezes substituindo o uso da bússola pelo uso de transferidor, posicionado corretamente em relação ao norte.

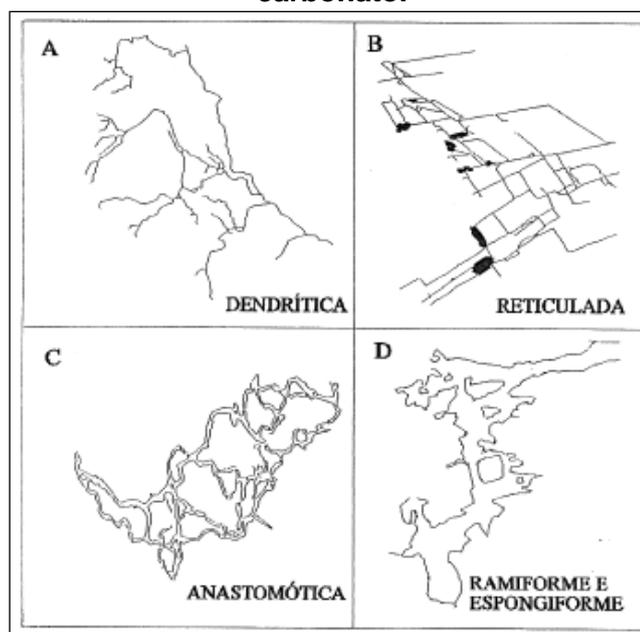
### 8.3.2.5. Análise morfológica

Os estudos morfológicos foram focados na caracterização dos padrões planimétricos das cavidades estudadas. A análise morfológica teve como base principalmente a planta baixa das cavidades, sendo usado como material de apoio à classificação as seções transversais e longitudinais dos condutos, visto que a geometria das galerias pode trazer dados importantes sobre seus processos de iniciação e evolução.

Duas dificuldades foram encontradas na classificação da morfologia das cavidades estudadas sendo: a inexistência de bibliografias de referência para classificação de cavidades em metadiamicrito e o baixo desenvolvimento geral das cavidades.

A bibliografia clássica referente à classificação morfológica de cavidades em planta é de PALMER (1991), como ilustra a Figura 8.13. Cabe destacar que essa padronização foi concebida para rochas carbonáticas, as quais não ocorrem na região. Por tal motivo essa referência foi usada apenas como norteador da análise.

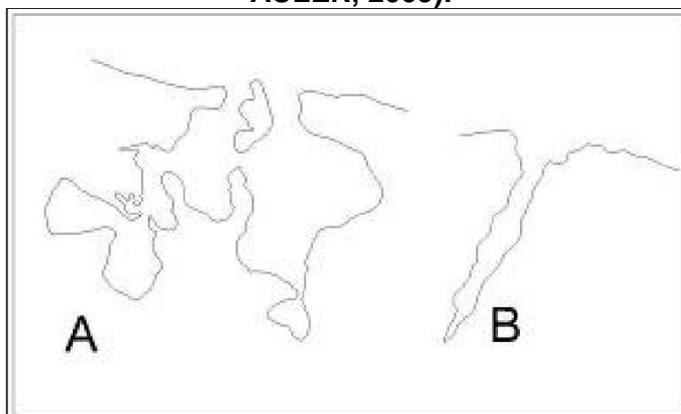
**Figura 8.13 - Padrão morfológico definido por PALMER (1991) para cavidades em carbonato.**



Fonte: Brandt, 2012b.

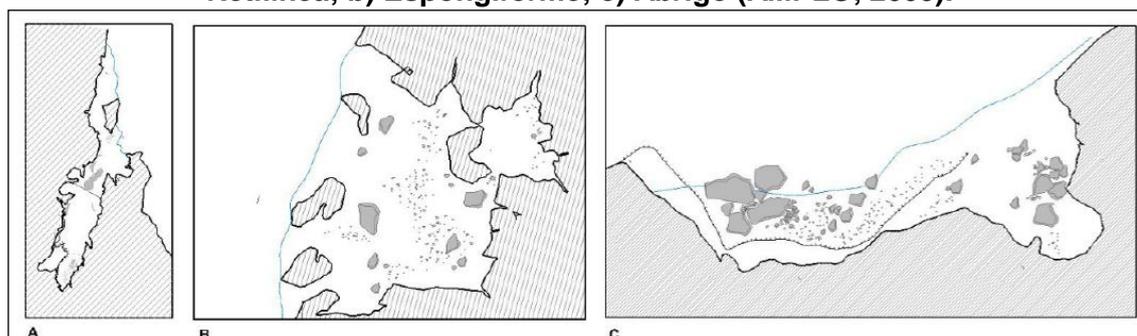
Para cavernas desenvolvidas em litologias ferríferas, PILÓ & AULER (2009) definem como padrões planimétricos principais as Câmaras Irregulares e a morfologia Retilínea (Figura 8.14), tomando como referência cavernas em rochas ferríferas da região de Carajás, Pará. Para as cavernas ferríferas da área da futura Mina de Apolo, localizada na Serra do Gandarela, no Quadrilátero Ferrífero, AMPLO (2009) define os padrões morfológicos: Retilíneo, Espongiforme e Abrigo (Figura 8.15).

**Figura 8.14 - Padrões morfológicos planimétricos para as cavernas em rochas ferríferas da região de Carajás, Pará: a) Câmaras Irregulares e b) Retilínea (PILÓ & AULER, 2009).**



Fonte: Brandt, 2012b.

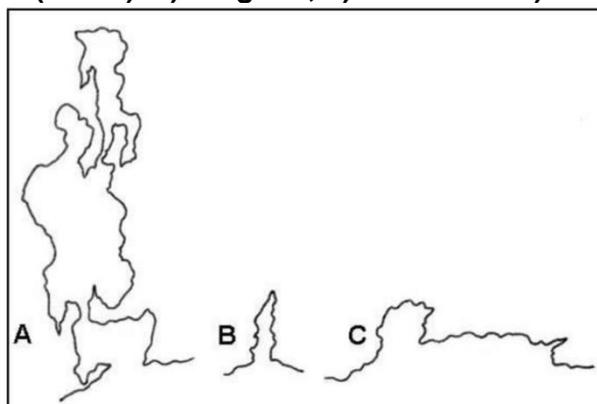
**Figura 8.15 - Padrões morfológicos planimétricos para as cavernas em rochas ferríferas da região de Apolo, na Serra do Gandarela, Quadrilátero Ferrífero-MG: a) Retilínea; b) Espongiforme; c) Abrigo (AMPLO, 2009).**



Fonte: Brandt, 2012b.

Para as 21 cavidades descritas por CARMO *et al.* (2011a) e inseridas nos metadiamicritos da Formação Nova Aurora, no norte de Minas Gerais, os padrões morfológicos identificados foram: Irregular, Retilíneo e Abrigo, conforme exposto na Figura 8.16.

**Figura 8.16 - Padrões morfológicos identificados nas cavidades descritas por CARMO *et al.* (2011a): a) Irregular, b) Retilíneo e c) Abrigo.**



Fonte: Brandt, 2012b.

Diante das plantas baixas das cavernas em metadiamicrito identificadas na área do complexo mineral e embasado nas referências bibliográficas supracitadas foi proposta uma classificação para a morfologia das cavidades identificadas. O padrão morfológico das cavidades foi classificado em:

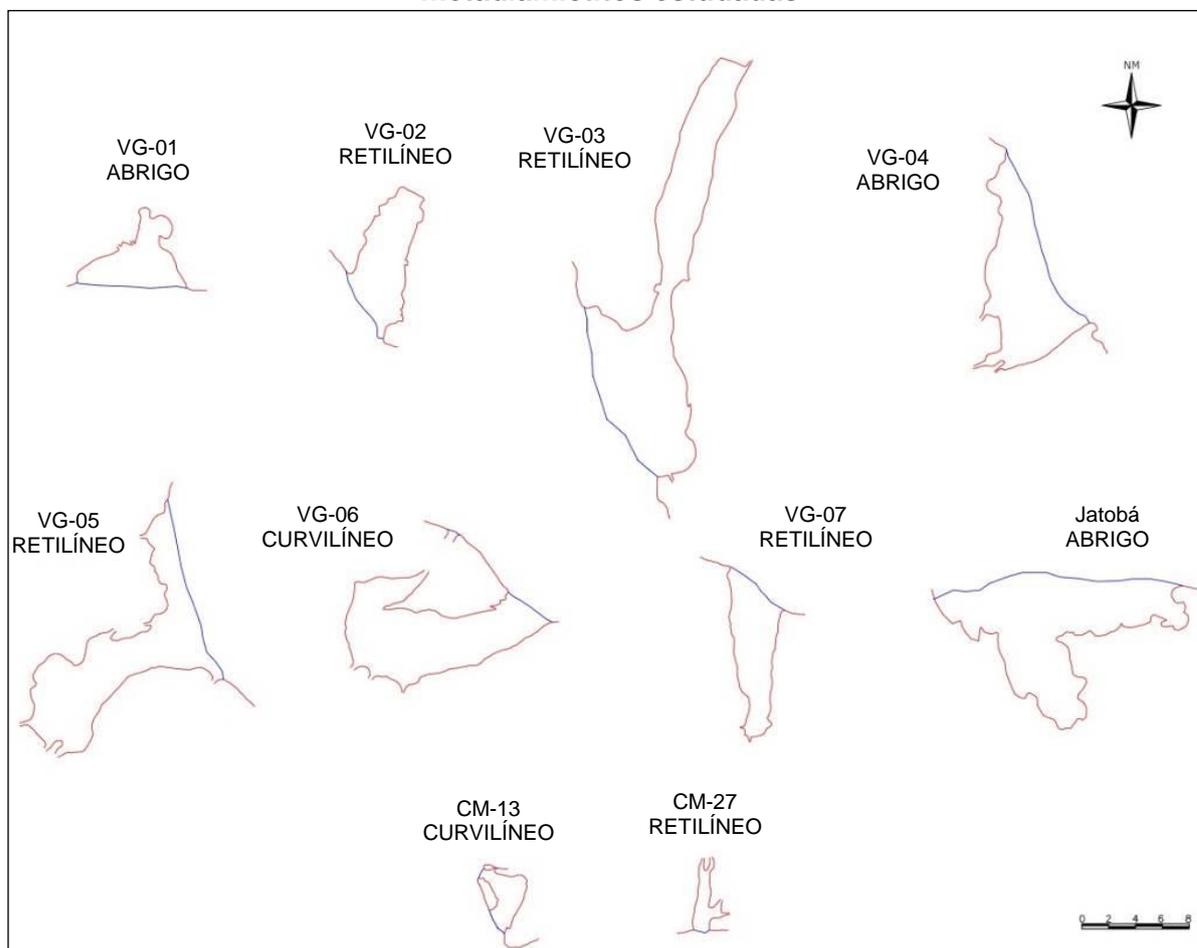
- Abrigo: cavidades com ampla entrada e desenvolvimento preferencial acompanhando a linha do escarpamento (AMPLO, 2009);
- Afunilado: cavidades com entradas abertas com morfologia que se afunilam em direção à parte distal;
- Curvilíneo: cavidades formadas por um conduto principal com curvatura em seu desenvolvimento;
- Globular: cavidades com entradas estreitas que se abrem em um único salão com forma subcircular em planta. É uma morfologia recorrente em cavernas em formações ferríferas e, de forma geral, está associada a gênese endógena;
- Irregular: cavidades que não apresentam em planta um padrão morfológico definido;
- Reticulado: cavidades que apresentam, em planta, condutos lineares que se conectam por ângulos agudos, com marcante controle estrutural;
- Retilíneo: cavidades cuja morfologia em planta conforma condutos simples seguindo uma direção preferencial, com controle estrutural (AMPLO, 2009).

Este padrão encontra-se ilustrado a seguir (Figura 8.17) por algumas das cavidades identificadas no presente estudo, constituindo o mesmo critério usado para a classificação morfológica das plantas baixas das cavidades do Complexo Mineral, do Vale dos Gigantes e da caverna do Jatobá.

O padrão morfológico das seções e condutos usados na presente análise teve como referencial teórico de apoio a classificação proposta por FERREIRA (1996), que por sua vez se baseou nas interpretações de KARMANN (1994), a qual definiu as seguintes classificações:

- Padrão em conduto curvilíneo e sinuoso: condutos com segmentos retilíneos curtos e inflexões curvilíneas entre condutos;
- Padrão em conduto sinuoso e anguloso: condutos com segmentos retilíneos curtos a longos e inflexões angulosas entre condutos;
- Padrão em conduto retilíneo e anguloso: condutos com segmentos retilíneos longos e inflexões angulosas entre condutos;
- Padrão em conduto retilíneo e curvilíneo: condutos com segmentos retilíneos longos e inflexões curvilíneas entre condutos;
- Padrão em salão: espaço onde a largura se assemelha ao desenvolvimento;
- Padrão em galeria: espaço onde o desenvolvimento suplanta em muito a largura;
- Padrão em conduto linear: cavernas retilíneas com desenvolvimento cerca de cinco vezes maior que o valor da largura e com sinuosidade baixa.

**Figura 8.17 - Exemplos das morfologias em planta definidas para as cavidades em metadiamicritos estudadas**



Fonte: Brandt, 2013, alterado IC Ambiental, 2015.

O aprofundamento dos estudos das cavidades em metadiamicritos tem apontado para a natureza siliciclástica da rocha associada às cavidades. Assim sendo, foram resgatados no presente estudo as classificações morfológicas usadas na literatura pertinente para identificar padrões morfológicos de plantas baixas das cavidades em rochas siliciclásticas. No entanto, percebeu-se que os padrões planimétricos usados para cavidades siliciclásticas são os padrões definidos pela literatura supracitada, tendo sido constatado o uso dos padrões Retilíneo e Reticular de forma predominante (SPELAYON, 2012; FABRI, 2011).

### 8.3.2.6. Análise hidrológica

Para a análise hidrológica foram utilizados os critérios como: observação da presença ou ausência de corpos hídricos, tais como: surgências, drenagens, lagos, poças e percolações, com o objetivo de determinar a dinâmica hidrológica das cavidades.

### 8.3.2.7. Análise de depósitos clásticos, orgânicos e químicos

Os depósitos sedimentares clásticos superficiais foram descritos observando-se sua granulometria, tamanho, cones de sedimentos e outros. Os depósitos químicos, quando existentes, foram descritos para todas as cavernas.

Os depósitos químicos representam a precipitação de elementos em solução, os quais formam diferentes tipos de formas genericamente denominados espeleotemas (JENNINGS, 1985).

Depósitos orgânicos foram classificados visualmente quanto à presença ou ausência e quanto ao tipo, tendo sido usado para a separação os tipos folhigos, fezes, guano e bioclastos.

### 8.3.2.8. Análise dos aspectos espeleogenéticos

A análise dos aspectos espeleogenéticos utilizou como base a consulta ao referencial teórico existente para cavidades desenvolvidas em rochas ferríferas e em siliciclásticas. Dado a inexistência de referencial teórico sobre a gênese das cavidades desenvolvidas em metadiamicritos, as informações levantadas compreendem inferências embasadas, dentre outros, nos seguintes aspectos: litologia e comportamento físico-químico dos minerais que compõe a rocha, presença de estruturas nas cavidades e estruturas geológicas locais e regionais, ocorrência de padrões morfológicos das plantas e seções das cavidades, inserção das cavidades na paisagem, presença ou não de estruturas e feições de dissolução e ocorrência de depósitos físicos e químicos nas cavidades.

### 8.3.2.9. Análise paleontológica

A metodologia utilizada no levantamento paleontológico consistiu no levantamento de dados secundários, coletados e disponibilizados em relatórios, teses, dissertações e artigos científicos, além de uma análise criteriosa de mapas geológicos e cartas imagens.

Esse levantamento bibliográfico foi realizado na biblioteca do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGC-USP), no *site* de busca Google e no *site* da Base Paleo (CPRM, 2011), que possui cadastro de ocorrências fossilíferas provenientes de projetos executados pela CPRM, das coleções do DNPM/Museu de Ciências da Terra e da UFRJ/Museu Nacional e referentes a macrofósseis, microfósseis e palinóforos, com informações sobre sua taxonomia, paleoecologia e bioestratigrafia.

A segunda etapa correspondeu à verificação em campo do potencial fossilífero das cavidades encontradas, com posterior comparação com a literatura existente sobre o tema.

Esse trabalho foi desenvolvido inicialmente pela equipe da Brandt Meio Ambiente e, posteriormente, pelo Professor Francisco Sekiguchi Buchmann da Universidade Estadual Paulista em São Vicente (SP), especialista em paleotocas formadas por mamíferos pré-históricos, e se encontra no Anexo 10 e no Anexo 11 do presente relatório.

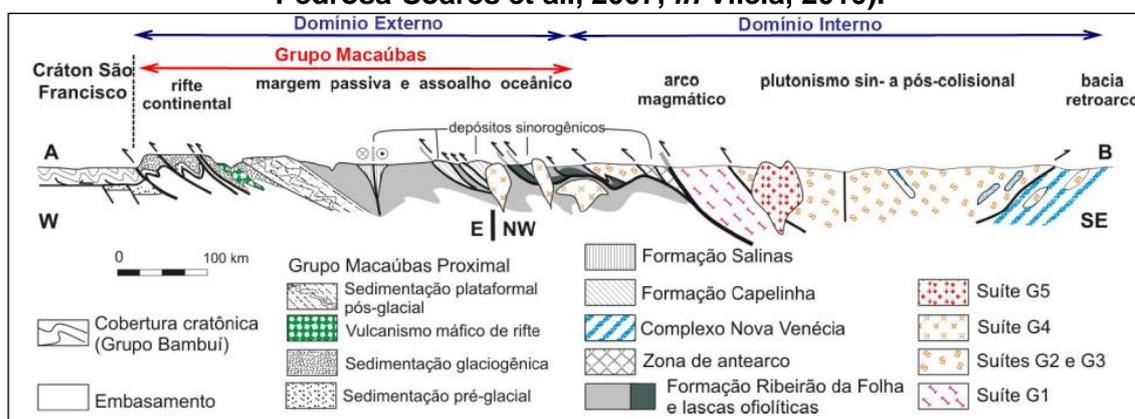
### 8.3.3. Contexto geológico-geomorfológico

#### 8.3.3.1. Contexto geológico regional

A área onde se encontram as cavidades estudadas situa-se na borda oriental da cordilheira do Espinhaço, no Grupo Macaúbas, Domínio Externo da província tectônica denominada Orógeno Araçuaí. O termo Orógeno Araçuaí é utilizado para se referir ao conjunto orogênico Neoproterozoico cambriano contido na grande reentrância delimitada pelos crátons do São Francisco e Congo (África).

O Grupo Macaúbas cobre ampla região desse Orógeno, apresentando expressão regional (PEDROSA-SOARES *et al.*, 2007) sendo caracterizado por faixa de dobramentos e empurrões mostrando vergência para oeste e ausência de magmatismo orogênico (PEDROSA-SOARES *et al.* 2001, 2007) Figura 8.18.

**Figura 8.18 - Componentes geotectônicos do Orógeno Araçuaí (modificado de Pedrosa-Soares *et al.*, 2007, *in* Vilela, 2010).**

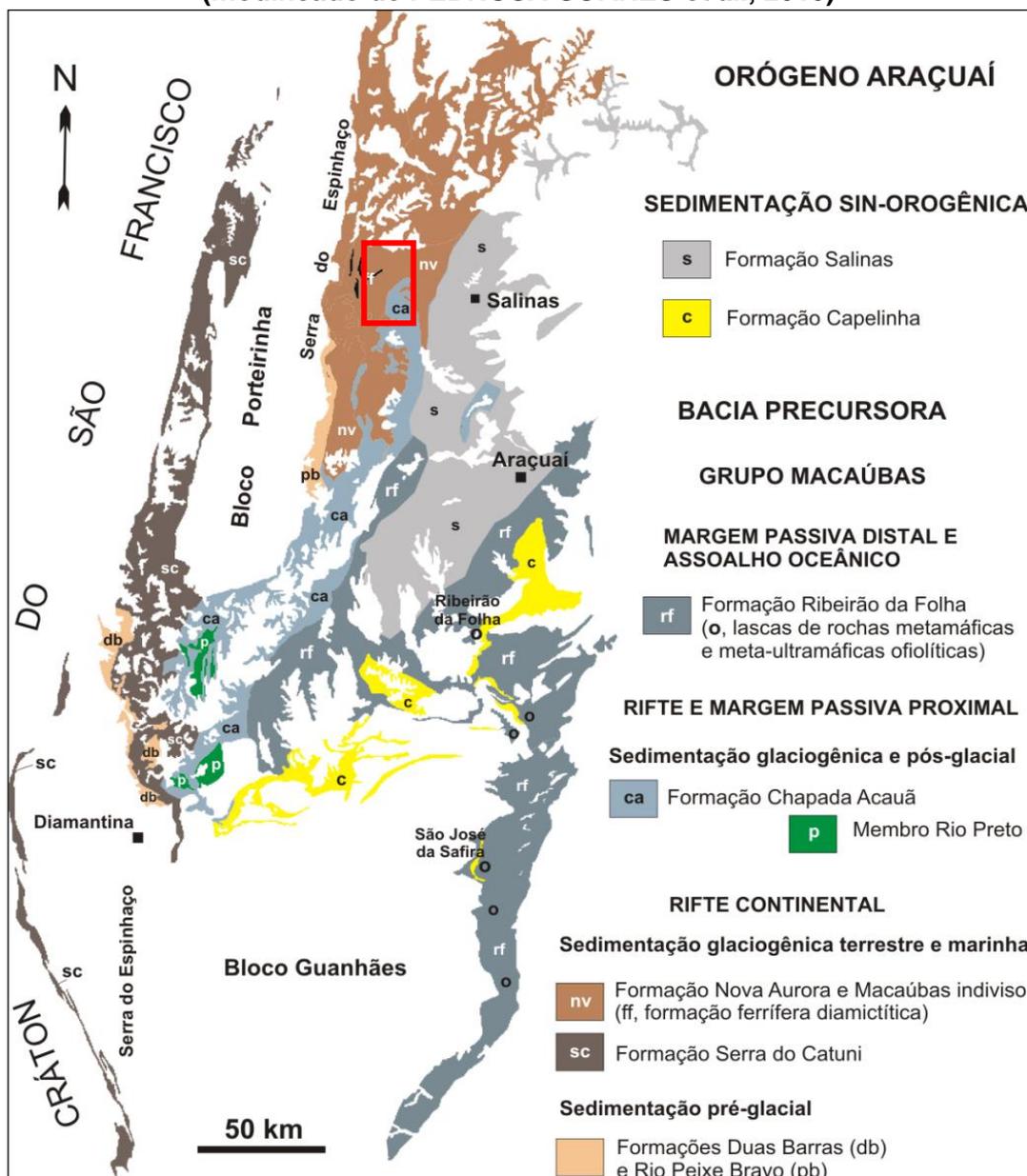


Fonte: Brandt, 2013.

Estruturalmente, as rochas do Grupo Macaúbas possuem direções preferenciais NE, sendo ainda observada uma deformação posterior, gerando uma clivagem de crenulação NNW-NE. Os contatos entre as rochas do Grupo Macaúbas e aquelas unidades constituintes do seu embasamento são marcadas por zonas de cisalhamento sub-horizontais ou então por falhas reversas de alto ângulo (GUIMARÃES *et al.*, 1993). Também é comum encontrar em toda a área diques clásticos de direção variáveis (predominantemente N-S), com espessura entre 2 e 20 m e comprimentos de até 5 km (EGGER, 2006).

O Grupo Macaúbas comporta duas unidades: uma unidade proximal, formada por depósitos pré-glaciais, glaciais e transicionais, e uma unidade distal, formada por depósitos pós-glaciais, que encerram turbiditos de margem passiva e restos ofiolíticos (PEDROSA-SOARES *et al.* 1998, 2001) (Figura 8.19).

**Figura 8.19 - Formações do Grupo Macaúbas e localização da Área de Estudo (modificado de PEDROSA-SOARES *et al.*, 2010)**



Fonte: Brandt, 2013.

A unidade proximal contém expressivos pacotes de rochas glaciogênicas (metadiamicritos), que representam depósitos sedimentares e vulcânicos que registram estágios de evolução da bacia desde sua fase rifte, marcada por sequências pré-glaciais e glaciais, até a fase transicional, evidenciada por sequências glaciomarinhas (e.g., NOCE *et al.*, 1997; PEDROSA-SOARES & WIEDEMANN-LEONARDOS, 2000). A unidade distal do Grupo Macaúbas é caracterizada por sedimentação de margem passiva, em regime transgressivo, depositada depois do final da glaciação (PEDROSA-SOARES, 1995), formando, portanto, depósitos pós-glaciais (Figura 8.19).

Três estágios da fase orogênica foram responsáveis pela formação das unidades do Grupo Macaúbas: fase rifte, fase transicional e fase passiva. O registro sedimentar da fase rifte é representado pelas unidades basais e proximais do Grupo Macaúbas. A sequência pré-glacial, que marca o estágio rifte continental da bacia Macaúbas, é representada por quartzitos, filitos, metaconglomerados, metassiltitos e metadolomitos das formações Rio Peixe Bravo, Duas Barras e Domingas, depositadas em ambiente que varia de fluvial a marinho raso (NOCE *et al.*, 1997).

O estágio transicional entre as fases rifte e de margem passiva é representado pela sequência glacial do Grupo Macaúbas. A sequência glacial consiste de metadiamicritos, quartzitos e filitos da Formação Serra do Catuni, que representa um depósito glácio-litorâneo. Ocorrem ainda as rochas das formações Nova Aurora e Chapada Acauã, caracterizadas por metadiamicritos interdigitados por quartzitos e raros filitos, ricos em hematita (formações ferríferas), e por ritmitos de quartzitos e metapelitos.

A fase de margem continental passiva da Bacia Macaúbas é representada por extensa sedimentação de turbiditos areno-pelíticos de mar profundo e por remanescentes de crosta oceânica. Apresenta sedimentação de margem passiva, em regime transgressivo, depositada depois do final da glaciação. Essa unidade distal do Grupo Macaúbas é a Formação Ribeirão da Folha, que inclui duas unidades (PEDROSA-SOARES, 1995):

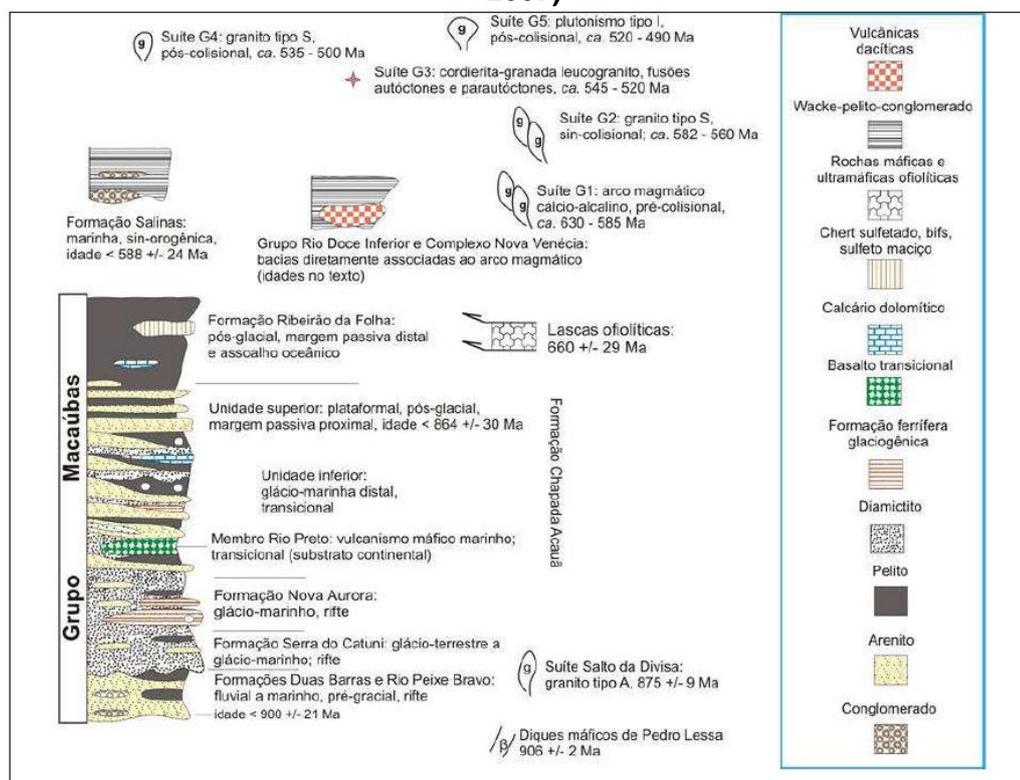
- Unidade exclusivamente sedimentar, turbidítica de mar profundo, com areia e lama, composta por sucessões de quartzito-mica xistos, com intercalações de metagrauvas, rochas calcissilicáticas, metaconglomerados e xistos;
- Unidade vulcanosedimentar distal, que inclui pelitos de mar profundo metamorfisados, metacherts, sulfetos maciços, formações bandadas e ortoanfíbolitos correspondentes a basaltos de fundo oceânico.

### 8.3.3.2. Contexto geológico local

De acordo com Brandt, 2012b, na área do Complexo Minerário e no Vale dos Gigantes as cavidades se desenvolvem em rochas do Grupo Macaúbas, em metadiamicritos pertencentes à formação Nova Aurora, sendo que as cavidades situadas no Vale dos Gigantes se encontram na Formação Nova Aurora - Membro Riacho das Poções.

Segundo Vilela (2010) o Membro Riacho Poções é constituído por metadiamicritos com hematita e/ou magnetita como componentes da matriz. Essas rochas foram depositadas em bacia de rifte continental durante um evento glacial. Os metadiamicritos ferruginosos registram as três fases de deformação: D1, D2 e D3. Zonas de cisalhamento dúcteis associadas às fases D1 e D2 tiveram grande influência na concentração de hematita especular e dissolução dos minerais da ganga. A Figura 8.20 apresenta a coluna estratigráfica do Grupo Macaúbas e abaixo a descrição.

**Figura 8.20 - Coluna estratigráfica do Grupo Macaúbas (PEDROSA-SOARES *et al.*, 2007)**



Fonte: Brandt, 2013.

### **Formação Nova Aurora**

A Formação Nova Aurora, conforme caracterizada por VIVEIROS *et al.* (1978), é constituída por um pacote com predominância de metadiamicictitos, considerados como fluxos de detritos (*debrisflow*) subaquosos, com intercalações subordinadas de quartzitos e metarritmitos e, subordinadamente, filitos.

A Formação Nova Aurora distingue-se das outras formações do Grupo Macaúbas por apresentar horizontes de formação ferrífera, refletindo importante variação faciológica. Esses horizontes ferruginosos, localmente, encerram depósitos de minério de ferro.

O Membro Riacho das Poções compreende os metadiamicictitos ferríferos e suas intercalações de quartzitos hematíticos e lentes de hematita xistosa. VIVEIROS *et al.* (1978) consideraram o Membro Riacho Poções como um nível único que se repete por dobramento. Entretanto, a interpretação mais provável é que exista mais de um horizonte ferruginoso, mostrando uma recorrência dos processos de aporte de ferro na bacia de sedimentação.

A espessura estimada para a Formação Nova Aurora é da ordem de 1.000 a 2.000 m, podendo atingir 3.000 m, segundo MOURÃO *et al.* (1997). O membro Riacho das Poções, individualmente, possui espessura média estimada em cerca de 600 m (VIVEIROS *et al.*, 1978).

A Formação Nova Aurora grada lateralmente para a formação Chapada Acauã, que aflora mais ao sul, estratigraficamente acima dos metadiamicritos da formação Serra do Catuni. Em função disto, acredita-se que a Formação Nova Aurora represente um segundo nível clástico, descontínuo, de metadiamicritos na Bacia Macaúbas. Essa recorrência de metadiamicritos em níveis estratigráficos diferentes seria fruto de movimentações tectônicas extensionais na borda da bacia neoproterozóica.

### 8.3.3.3. Contexto geomorfológico regional

De acordo com Brandt, 2012b, no contexto geomorfológico regional, a área de estudo está inserida na borda leste do Planalto Setentrional da Serra do Espinhaço, que se estende desde a cidade de Couto de Magalhães, em Minas Gerais, até o centro-sul da Bahia (SAADI, 1995). A unidade representativa é o Planalto do Rio Jequitinhonha.

O **Planalto do Rio Jequitinhonha** é o setor que abrange a maior parte do médio vale do Rio Jequitinhonha, até as proximidades da confluência do Rio São Miguel, na localidade de Jequitinhonha (CETEC, 1982). É representado por extensas superfícies de aplainamento constituídas pela Superfície de Aplainamento Sulamericana (KING, 1956 *apud* SAADI, 1995; GROSSI-SAD *et al*, 1997).

As áreas aplainadas são limitadas por rebordos erosivos bem marcados, denominados regionalmente de “chapadas”, com altitudes mais frequentes próximas a 900 m, mas atingem cotas de até 1.200 m a oeste/sudoeste. Essas áreas se alternam com zonas dissecadas que acompanham os rios principais e seus afluentes, onde predominam vertentes ravinadas e vales encaixados, cristas, colinas e pontões. De oeste para leste, as vertentes pedimentadas são substituídas gradativamente por vertentes elaboradas sob clima mais úmido, com ravinhas e vales encaixados, onde são generalizados os depósitos de tálus (CETEC, 1982).

Ainda no que se refere ao contexto regional, para a avaliação da inserção das cavernas na paisagem considerou a seguinte compartimentação morfológica, definida para a área de estudo a partir da interpretação do relevo em escala regional:

- Planalto;
- Serra;
- Chapada;
- Planície;
- Maciço residual ou Morro testemunho.

Os planaltos compreendem conjuntos de relevo planos ou dissecados, de altitudes elevadas, limitados, pelo menos em um lado, por superfícies mais baixas, onde os processos de erosão superam os de sedimentação (IBGE, 2009). Na área de estudo, considerando a abrangência em macro escala, ocorre o Planalto do Jequitinhonha, que abarca as terras altas da borda leste da Serra do Espinhaço.

As serras constituem relevos acidentados, elaborados em rochas diversas, formando cristas e cumeadas ou as bordas escarpadas dos planaltos (IBGE, 2009). Na região, a unidade de

destaque seria a Serra da Bocaina ou Serra Geral, trecho da Cordilheira do Espinhaço situada a oeste da área de estudo.

As chapadas são conjuntos de formas de relevo de topo plano ou suavemente ondulado elaboradas em rochas sedimentares ou metassedimentares, em geral limitadas por escarpas situadas em altitudes elevadas (IBGE, 2009). Na região, de forma geral, os topos horizontais coincidem com a disposição estrutural, estando os mesmos muitas vezes sustentados por coberturas ferruginosas que oferecem resistência ao recuo das vertentes. As escarpas associadas tendem à concavização na base, onde são depositados os detritos mais grossos associados ao recuo paralelo das vertentes.

As planícies apresentam ocorrência muito restrita em termos regionais. Conceitualmente, elas correspondem aos conjuntos de formas de relevo planas ou suavemente onduladas, em geral posicionadas a baixa altitude, e nas quais os processos de sedimentação superam os de erosão (IBGE, 2009).

Os maciços residuais ou morros testemunhos correspondem a formas de relevo de topo plano, limitado por escarpas, resultante do recuo lateral pela erosão de outras escarpas de relevos tabuliformes formados em rochas sedimentares. Ocorrem nas depressões periféricas, precedendo frentes de planaltos sedimentares ou sobre planaltos e chapadas, assinalando contato de rochas de resistências diferentes ou limites de recuo de erosão (IBGE, 2009). Na área de estudo, essas formas ocorrem inseridas nas médias e baixas vertentes dos vales locais.

#### **8.3.3.4. Contexto geomorfológico local**

O relevo local é composto predominantemente por extensas chapadas, ligeiramente basculadas para leste e recortadas por zonas de intensa dissecação fluvial. Os rebordos erosivos dessas chapadas correspondem à transição entre os topos aplanados e os vales encaixados, configurando muitas vezes escarpamentos rochosos. Nos vales ocorrem feições elaboradas tanto sobre depósitos de material coluvionar, quanto sobre depósitos de material eluvionar. Esses materiais conformam as colinas que surgem nos patamares intermediários das vertentes locais, em meio a afloramentos pontuais de rocha.

A área de estudo do complexo minerário, denominada de Bloco 8, insere-se na sub-bacia do córrego Lamarão, afluente da margem direita do Rio Vacaria. Essa área abrange os vales dos cursos de água: Córrego Capão da Onça, Córrego Capão do Meio, Córrego da Batalha, Córrego da Nem, Córrego do Vale, Córrego Mundo Novo e parte do Córrego Lamarão (desde sua nascente até a confluência com o Córrego Jiboia).

Já a área de estudo denominada de Vale dos Gigantes se insere sub-bacia do Córrego do Lajedão, abrangendo o vale onde se insere a Caverna do Jatobá, microbacia de contribuinte da margem esquerda do Rio Vacaria, é caracterizada pelas chapadas, recortadas por vales encaixados.

### 8.3.3.5. Inserção das cavernas

#### 8.3.3.5.1. Enfoque regional

O enfoque regional no qual se inserem as cavidades do complexo minerário, Jatobá e Vale dos Gigantes está relacionado à litologia de metadiamicctitos da Formação Nova Aurora do Grupo Macaúbas. Os processos dentro de um mesmo grupo de rocha podem ser aplicados e replicados quando são observadas características compatíveis. Nesse caso, foi necessário buscar dados específicos sobre cavidades em rochas metadiamicctíticas ou similares composicional e texturalmente.

Apesar de ser uma litologia ainda pouco investigada, existem dois estudos na região do empreendimento que apontam que a região constitui-se como um novo sítio espeleológico (CARMO *et al.*, 2011a; CARMO *et al.*, 2011b). O primeiro estudo cita a existência de 25 cavernas já prospectadas na área. Na outra publicação é feita a descrição de três cavernas importantes com registros de paleotocas, assunto este ainda em estágio inicial no Brasil. Em prospecções realizadas pela Brandt Meio Ambiente, no âmbito do presente processo de licenciamento, foram encontradas novas cavidades no vale do Rio Peixe Bravo, localmente conhecido como Vale dos Gigantes, distando aproximadamente 2.900 metros do local onde CARMO *et al.* (2011a; 2011b) desenvolveram os estudos das 25 cavidades.

A pesquisa na base de dados do CECAV (2015) identificou 25 cavernas, as mesmas mencionadas nos estudos de CARMO *et al.* (2011a; 2011b), elas estão localizadas no Grupo Macaúbas, Formação Nova Aurora, porém em litologias de canga/rocha, quartzito, conglomerado e arenito, sendo que essas cavidades ainda não foram validadas pelo CECAV. Das cavidades relatadas a única que se desenvolve em metadiamicctito é a Caverna denominada de Mocororô.

Na área do complexo minerário (Bloco 8), as cavidades encontradas também se desenvolvem na Formação Nova Aurora, em litologia de metadiamicctito com horizontes de formação ferrífera e composição mineralógica variada.

A gênese das cavernas em minério de ferro e nos produtos de alteração admite a existência de duas etapas distintas. A primeira dessas etapas tem predominância de processos dissolutivos (químicos) e a segunda sob a ação de processos erosivos (físicos) (SIMMONS, 1963), sendo o processo químico mais intenso em áreas com clima menos seco. Zonas de contato entre a zona alterada e a rocha são constituem locais favoráveis à ocorrência espeleológica. Quando desenvolvidas por processos químicos, as cavernas evoluem, a princípio, sem um contato com o exterior, que é gerado tardiamente com o recuo lateral da vertente. A evolução posterior dá-se através do carreamento de sedimentos finos via canaliculos ou orifícios nas paredes e teto, além de abatimentos (processos erosivos) (MAURITY & KOTSCHOUBEY, 1995).

No caso dos processos físicos, comumente observados nas cavidades do Projeto Vale do Rio Pardo, o abatimento de blocos se traduz como a gênese mais comum na formação das cavidades.

### 8.3.3.5.2. Enfoque local

O enfoque local foi baseado no contexto de unidades geomorfológicas e individualizado em termos de sub-bacias hidrográficas onde se localizam as cavidades do Complexo Minerário; do Vale dos Gigantes e a caverna do Jatobá.

De acordo com Brandt, 2012b, a compartimentação da área onde se encontram as cavidades pode ser descrita em duas unidades geomorfológicas: os topos das chapadas, que correspondem às superfícies de aplanamento, e os vales, que representam formas de dissecação fluvial. Nos vales também são encontradas feições do tipo colinas, confinadas por escarpas associadas aos processos de dissecação fluvial. Em meio a esses vales também são observados, maciços residuais isolados resultantes da presença de litologias mais resistentes ao intemperismo, em patamares pouco inferiores aos topos das chapadas.

Ainda segundo Brandt, 2012b, a área de estudo do complexo minerário, denominada de Bloco 8, está inserida na sub-bacia do Córrego Lamarão, afluente da margem direita do Rio Vacaria. Essa área está inserida na Unidade Geomorfológica de Vale com feições colinosas, que, especificamente na bacia, possui um modelado suavizado (Foto 8.5). As cavidades, de acordo com as fichas cadastrais da Brandt (2012b), indicam que as mesmas estão localizadas, em sua maioria, em médias e baixa vertentes nos sopés de escarpas, sendo que somente cinco cavidades se encontram em alta vertente em borda de ruptura.



Foto 8.5 - Vale do Córrego Lamarão, onde nas médias e baixas vertentes observa-se relevo colinoso.  
Fonte: Brandt, 2012

Em termos de bacia hidrográfica, o Vale dos Gigantes está inserido na sub-bacia do Córrego Lajedão, afluente da margem direita do Rio Peixe Bravo. Esse local se insere entre os topos aplanados e os vales encaixados, configurando muitas vezes escarpamentos rochosos expressivos (Foto 8.6) Brandt, 2013.

Nesse contexto, as cavidades do Vale dos Gigantes estão inseridas na Unidade Geomorfológica de Chapada e localizadas nas escarpas paralelas à linha de drenagem em

altas vertentes de encosta inclinada, sendo que apenas uma cavidade se encontra em média vertente, de acordo com Brandt, 2013.

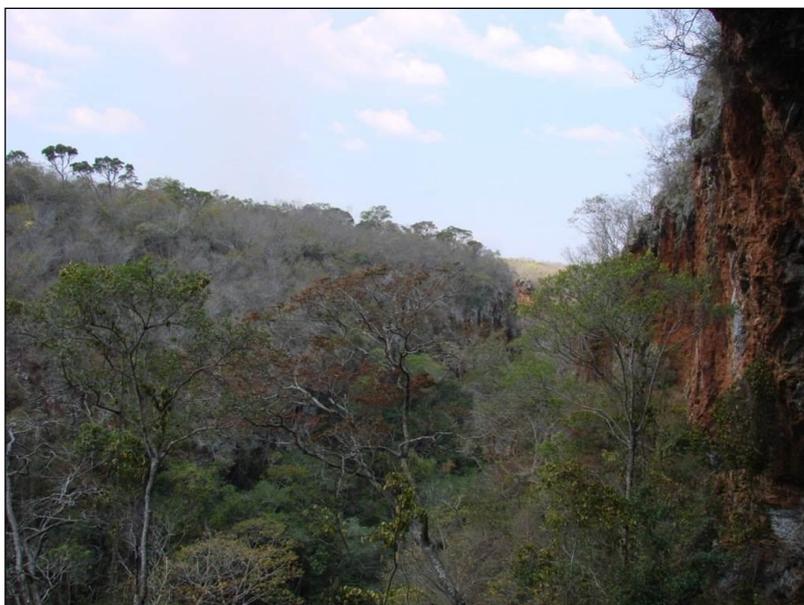


Foto 8.6 - Visão parcial do “Vale dos Gigantes”, de oeste para leste, onde se observa os escarpamentos que marcam a transição abrupta dos topos das chapadas para os vales.  
Fonte: Brand, 2013

A Caverna do Jatobá está localizada a aproximadamente 2.100 metros do Vale dos Gigantes e a mais de 10.000 metros do Complexo Minerário. Em termos de sub-bacia hidrográfica, a caverna do Jatobá se encontra em um afluente sem nome na margem esquerda do Rio Vacaria.

O relevo é formado por chapadas, ligeiramente basculadas para leste e recortadas por zonas de intensa dissecação fluvial, essa característica faz com que a cavidade do Jatobá seja inserida na Unidade geomorfológica de Chapada, o que a posiciona no mesmo contexto local (Unidade Geomorfológica) das cavidades localizadas no Vale dos Gigantes. A sua localização é em escarpa na área de alta vertente de encosta inclinada. A escarpa está associada a uma chapada que se encontra disposta paralelamente à drenagem, Brandt, 2013.

### **8.3.4. Descrição das cavernas**

#### **8.3.4.1. Caverna CM-01**

##### ***Inserção na Paisagem***

A Cavidade CM-01 (741215E / 8201524N) se situa na base de maciço rochoso, posicionada na alta vertente com elevada declividade do Córrego Lamarão, a aproximadamente 837 m de altitude.

### **Dimensões**

Apresenta pequenas dimensões: a projeção horizontal atinge 7,5 metros e o desnível 0,6 metros; a área é cerca de 14,6 m<sup>2</sup> e o volume é 27,4 m<sup>3</sup>.

### **Morfologia**

Observada em planta (Anexo 9), a cavidade apresenta morfologia afunilada, com apenas uma entrada aberta e possui um único conduto na porção distal. Sua entrada mede cerca de 2 m altura, proporcionando acesso para um conduto estreito e de teto baixo, que pode ser percorrido apenas por rastejamento (Foto 8.7). O piso da cavidade é pouco inclinado e concordante com a inclinação da vertente.



Foto 8.7 - Aspecto da cavidade e do conduto em rastejamento.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### **Litologia e Estrutura**

A rocha é o metadiamicrito hematítico. A atitude do acamamento é 355/10, da foliação é 080/30 e das fraturas é N16E/52NW e N70E/84SE. As fraturas são perpendiculares em relação à foliação.

### **Hidrologia**

A caverna não apresenta drenagem e não há indícios de condensação.

### **Depósitos Clásticos e Orgânicos**

Embora seja possível observar a presença de blocos abatidos, sedimentos terrígenos predominam na porção distal da cavidade. Observou-se a ocorrência de raízes nos planos de descontinuidade do teto.

### **Depósitos Químicos**

A cavidade apresenta recobrimento espeleotêmico pouco representativo na forma de coralóides milimétricos próximos à entrada.

### **Paleontologia**

Não foram observados registros paleontológicos.

#### **8.3.4.2. Caverna CM-02**

### **Inserção na Paisagem**

A Cavidade CM-02 (743067E / 8200597N) se localiza na base de escarpa, posicionada na média vertente do Córrego Lamarão, a aproximadamente 775 m de altitude.

### **Dimensões**

A projeção horizontal é 46,2 m, a área é 90,6 m<sup>2</sup> e volume o 85,5 m<sup>3</sup>. Já o desnível é 2,1 m.

### **Morfologia**

A morfologia em planta é do tipo irregular (Anexo 9). Apresenta uma entrada pequena com cerca de 1 m de altura e formato triangular, condicionada por estruturas (fraturas verticais / subverticais em relação à foliação), e originada por abatimentos (Foto 8.8). Apresenta dois setores: leste e oeste. O setor leste dispõe de condutos relativamente mais amplos e largos, com presença de blocos abatidos. Na porção distal, apresenta dois condutos menores, posicionados em um nível superior em relação ao piso, e um canalículo na parte inferior por onde fluxo de drenagem intermitente infiltra (Foto 8.9).

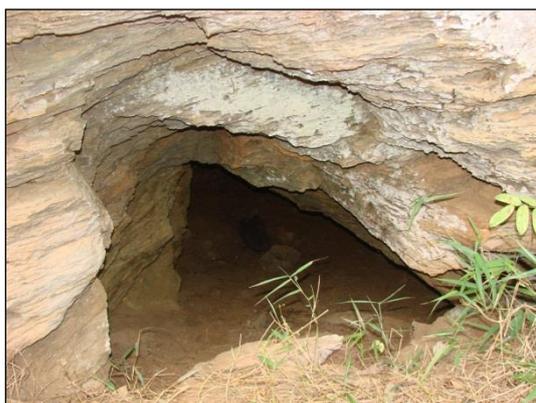


Foto 8.8 - Entrada da cavidade de morfologia triangular.  
Fonte: Brandt, 2012b.

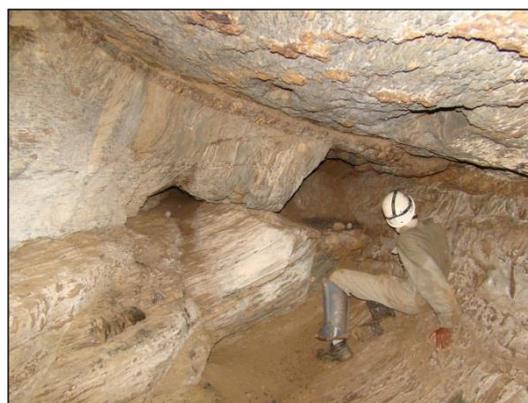


Foto 8.9 - Porção leste da cavidade.  
Fonte: Brandt, 2012b.

O setor oeste é mais estreito e dispõe de pequenos pilares e canalículos por onde o escoamento intermitente infiltra. Na porção distal há presença de conduto muito estreito e retilíneo, que permite percurso apenas por rastejamento (Foto 8.10). A conexão do setor leste com o oeste se dá por um conduto estreito.

De forma geral as paredes e o teto da cavidade são irregulares. O piso próximo à entrada é descendente e discordante com a vertente e posteriormente, tende a plano.



Foto 8.10 - Conduto estreito de percurso por rastejamento.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Litologia e Estrutura***

A rocha é o metadiamicrito hematítico, dobrado e fraturado.

### ***Hidrologia***

Possui canal de escoamento intermitente proveniente do meio externo que se ramifica em direção aos canalículos encontrados nos dois setores (leste e oeste) da caverna. Não foi observada a presença de condensação.

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

Predominam sedimentos terrígenos, mas também ocorrem calhaus e seixos dispersos no piso. Sedimentos de granulometria maior se concentram próximos à entrada. Guano foi observado na porção leste da cavidade.

### ***Depósitos Químicos***

A caverna se caracteriza pela pouca variedade de sedimentação química: coralóides milimétricos se encontram localmente na parede da cavidade, associados às crostas brancas (Foto 8.11). Pequenas crostas lustrosas recobrimdo bloco se encontram situadas na porção leste da cavidade (Foto 8.12). Pigmentos brancos foram observados na entrada.



Foto 8.11 - Coralóides milimétricos associados às crostas brancas.  
Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.12 - Pequenas crostas lustrosas recobrimdo bloco.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

### **8.3.4.3. Caverna CM-03**

#### ***Inserção na Paisagem***

A Caverna CM-03 se localiza (741682E / 8205021N) no sopé de escarpa com entrada a 804 m de altitude, posicionada na média vertente da margem esquerda do Córrego Mundo Novo.

#### ***Dimensões***

A Caverna CM-03 possui dimensões relativamente pequenas, possuindo 8,1 m de projeção horizontal. Seu desnível (0,4 m), área (5,9 m<sup>2</sup>) e volume (4,7 m<sup>3</sup>) são pouco significativos.

#### ***Morfologia***

Observando-se esta caverna em planta baixa (Anexo 9), nota-se que a mesma apresenta morfologia do tipo curvilínea. Possui uma entrada pequena com cerca de um metro de altura e 0,77 de largura e morfologia arredondada (Foto 8.13). Desenvolve-se por um único conduto condicionado por fraturas. Ao longo deste ocorre um estreitamento e torna-se intransponível, embora continue por meio de um canalículo. A inclinação do piso é baixa e as paredes e o teto são regulares. Quanto às microfieções, foram observados pequenos alvéolos nas paredes, acompanhando a foliação da rocha.

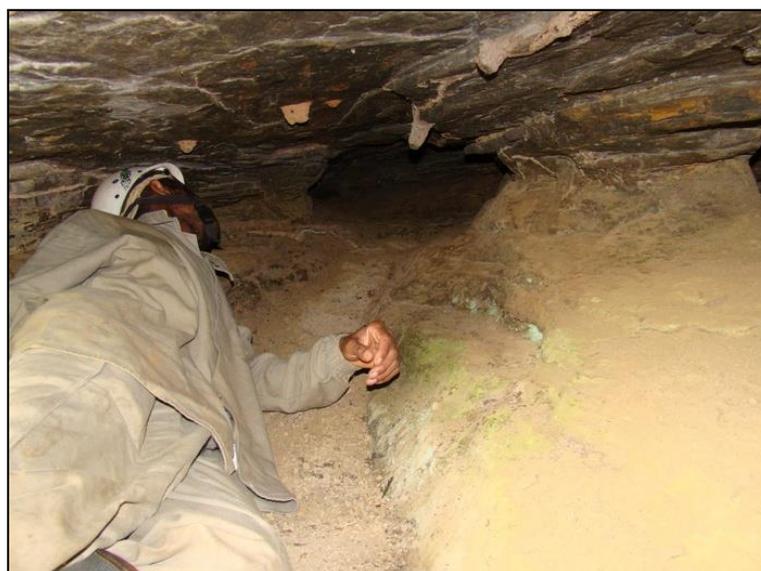


Foto 8.13 - Interior da Cavidade CM-03.

Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Litologia e Estrutura***

A rocha é o metadiamicrito hematítico, com fraturas verticais e subverticais em relação ao plano de foliação.

### ***Hidrologia***

Apresenta canal de escoamento intermitente proveniente do canalículo situado no final do conduto. Não foi observado presença de condensação

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

Sobre o piso ocorrem sedimentos terrígenos autogênicos e raízes finas.

### ***Depósitos Químicos***

A caverna se caracteriza pela ausência generalizada de espeleotemas.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

#### **8.3.4.4. Caverna CM-04**

### ***Inserção na Paisagem***

A Cavidade CM-04 (UTM 741681/ 8204958) se localiza no sopé de escarpa, em meia vertente da margem esquerda do Córrego Mundo Novo, a cerca de 807 metros de altitude.

### ***Dimensões***

A Caverna CM-04 apresenta dimensões relativamente pequenas, possuindo 9,7 metros de projeção horizontal, desnível de 0,6 m, área de 11,4 m<sup>2</sup> e volume de 15 m<sup>3</sup>.

### ***Morfologia***

A caverna, conforme ilustrado na planta baixa (Anexo 9), apresenta morfologia do tipo reticulada, com paredes bem marcadas. Possui duas entradas (Foto 8.14), sendo uma de difícil acesso. Os tetos e paredes são irregulares com presença de patamar. O piso é relativamente plano e suavemente concordante com a inclinação da vertente. Os condutos são retilíneos e condicionados por fraturas. Nas paredes foram identificados alvéolos de dimensões centimétricas nos planos de foliação.



Foto 8.14 - Entrada principal da Caverna CM-04.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Litologia e Estrutura***

A rocha é o metadiamictito hematítico com acamamento de atitude 345/09 e fraturas.

### ***Hidrologia***

A caverna apresenta escoamento intermitente.

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

Predominam sedimentos terrígenos, embora blocos (matacões) também ocorram sobre o piso.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

### **8.3.4.5. Caverna CM-05**

#### ***Inserção na Paisagem***

A Cavidade CM-05 (744314E / 8201710N) se localiza em um afloramento de 8 m de altitude, sem grande continuidade lateral, posicionada na alta vertente do Córrego Lamarão, a 809 metros de altitude.

#### ***Dimensões***

A cavidade apresenta relativamente pequenas dimensões: 5 m de projeção horizontal, área de 14,9 m<sup>2</sup>, volume de 21,5 m<sup>3</sup> e desnível de 0,5m.

#### ***Morfologia***

Conforme pode ser observada na planta baixa (Anexo 08), esta cavidade possui morfologia do tipo afunilado. Possui uma entrada relativamente ampla, com 1,5 m de altura e 4 m de largura (Foto 8.15), e se desenvolve por um único conduto que se estreita em direção à porção distal. Os tetos e paredes são bastante irregulares com várias feições arredondadas do tipo alvéolos de dimensões centimétricas a decamétricas. Já o piso é relativamente plano com presença de blocos abatidos.



Foto 8.15 - Entrada da Cavidade CM-05.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Litologia e Estrutura***

A rocha é o metadiamicrito hematítico limonitizado. Não apresenta estruturas aparentes.

### ***Hidrologia***

A cavidade se encontrava seca durante a visita, sem sinais de escoamento aparente.

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

Predominam sedimentos terrígenos (silte e areia), embora tenham sido encontrados blocos abatidos (seixos e calhaus) que se distribuem de maneira esparsa sobre o piso.

### ***Depósitos Químicos***

Não foram observados espeleotemas.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

## **8.3.4.6. Caverna CM-06**

### ***Inserção na Paisagem***

A Cavidade CM-06 (742984E / 8202700N) se localiza no sopé de escarpada, posicionada na média vertente do Córrego Lamarão, a 809 metros de altitude.

### ***Dimensões***

A cavidade apresenta 12,4 m de projeção horizontal, 2,9 m de desnível, 60,9 m<sup>2</sup> de área e 303,65 m<sup>3</sup> de volume.

### ***Morfologia***

A Cavidade CM-06 (Foto 8.16) apresenta morfologia simples, do tipo globular, conforme se pode observar na planta baixa do Anexo 9. Possui uma entrada e se desenvolve por um único conduto, com presença de um apêndice retilíneo, provavelmente condicionado por fratura, na porção distal da cavidade. O piso é pouco inclinado e concordante com a vertente.



Foto 8.16 - Aspecto da Cavidade CM-06.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Litologia e Estrutura***

A rocha é o metadiamicictito estéril com de foliação de atitude 145/05 e uma família de fraturas de atitude N25W/77NE.

### ***Hidrologia***

A cavidade não apresenta marcas de escoamento.

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

Predominam sedimentos terrígenos (argila e areia), embora tenham sido encontrados calhaus de forma dispersa sobre o piso.

### ***Depósitos Químicos***

Não foram observados espeleotemas na cavidade.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

## **8.3.4.7. Caverna CM-07**

### ***Inserção na Paisagem***

A Caverna CM-07 (744398E / 8201590N) se encontra na base de escarpa, posicionada na alta vertente do Córrego Lamarão, a 845 metros de altitude.

### ***Dimensões***

A cavidade possui 12,1 m de projeção horizontal, 2,7 m de desnível, 34,0 m<sup>2</sup> de área e 150,89 m<sup>3</sup> de volume.

### **Morfologia**

A caverna, conforme ilustrado na planta baixa (Anexo 9), desenvolve-se perpendicularmente em relação à direção da escarpa e paralela à declividade da mesma. Apresenta morfologia retilínea.

Possui uma entrada relativamente ampla com aproximadamente 8 m de altitude, em forma de abrigo, proporcionando acesso a um conduto interno, através de uma passagem estreita (Foto 8.17).

As paredes deste conduto são bastante irregulares, com presença de sulcos e alvéolos que acompanham a foliação. O piso inicialmente é ascendente, acompanhando a inclinação da vertente. Após o estreitamento, este se torna mais irregular. Na porção leste da cavidade, apresenta um desnível abrupto e podem ser observados blocos abatidos e um canalículo bem definido, que se desenvolvem paralelamente à direção da escarpa.



**Foto 8.17 - Passagem estreita que acessa o conduto interno da cavidade.**

Fonte: Brandt, 2012b.

### **Litologia e Estrutura**

A rocha é o metadiamicictito estéril.

### **Hidrologia**

Embora a cavidade estivesse seca durante a ocasião do estudo, foram identificados sulcos nas paredes (Foto 8.18) causados por percolação concentrada e contínua de água. Não foi observada presença de condensação.



**Foto 8.18 - Sulcos nas paredes causados pela percolação de água.**

Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

Predominam sedimentos terrígenos (silte e areia) embora tenham sido encontrados blocos abatidos (seixos, calhaus e matacões). Sobre o piso observou-se presença de guano e blocos.

### ***Depósitos Químicos***

Próximo à entrada da cavidade, observou-se coralóides do tipo couve-flor.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

### **8.3.4.8. Caverna CM-08**

#### ***Inserção na Paisagem***

A Caverna CM-08 (741066E / 8204152N) se encontra no sopé de escarpa, posicionada na média vertente do córrego Mundo Novo, a 829 metros de altitude.

#### ***Dimensões***

A cavidade apresenta 74,8 m de projeção horizontal, área de 260,2m<sup>2</sup>, volume de 325,9m<sup>3</sup> e 2,4m de desnível.

#### ***Morfologia***

A caverna, conforme ilustrado na planta baixa (Anexo 9), apresenta morfologia irregular. Possui uma entrada estreita e interior com volume significativo. Desenvolve-se

paralelamente à escarpa e perpendicularmente ao declive da mesma. O piso é relativamente plano.

O conduto principal possui direção preferencial NE-SW e apresenta blocos abatidos, pilar e cone de sedimentos (Foto 8.19).

Na parede foram identificadas microformas tais como alvéolos e micros pilares, originadas a partir do plano de foliação (Foto 8.20).



Foto 8.19 - Canalículo ativo na porção nordeste da cavidade, com aporte de sedimentos e água.  
Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.20 - Pilares centimétricos localizados na parede da cavidade.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### **Litologia e Estrutura**

A rocha é o metadiamiclito hematítico, com presença de clastos estirados (Foto 8.21). A rocha se encontra alterada com presença de limonita entre as discontinuidades da rocha (Foto 8.22). A atitude da foliação é 155/10.



Foto 8.21 - Clastos estirados nas paredes da cavidade.  
Fonte: Brandt, 2012b.

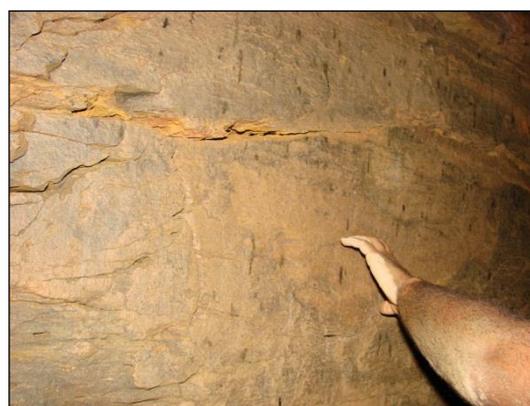


Foto 8.22 - Limonita preenchendo as discontinuidades da rocha.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Hidrologia***

A caverna apresenta canal de drenagem perene, proveniente de um canalículo situado na porção nordeste. A drenagem escoar em direção à entrada, formando uma pequena porção alagada próxima à mesma, mas não chega a formar uma surgência. Foi verificada a presença de condensação nas paredes da cavidade.

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

Predominam sedimentos terrígenos autogênicos e destaca-se a presença de cone de sedimentos terrígenos na porção sudoeste da cavidade. Blocos abatidos (matacões) ocorrem no conduto principal, além de calhaus e seixos dispostos de forma dispersa. Sedimentos lamosos se concentram na porção leste, associados ao canalículo posicionado no final de um pequeno prolongamento da caverna. Presença de guano foi observada nas paredes, no piso e sobre blocos.

### ***Depósitos Químicos***

A caverna é caracterizada praticamente pela ausência generalizada de espeleotemas, embora haja a ocorrência de pigmentos brancos próximos à zona da entrada e crostas marrom sobre o cone de sedimentos terrígenos.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

## **8.3.4.9. Caverna CM-09**

### ***Inserção na Paisagem***

A Cavidade CM-09 (742980E / 8203082N) está posicionada na meia vertente a 802 metros de altitude, na margem esquerda do córrego Lamarão.

### ***Dimensões***

A cavidade possui 7,6 metros de projeção horizontal, desnível de 0,5 m, área de 5,7m<sup>2</sup> e volume de 4 m<sup>3</sup>.

### ***Morfologia***

Esta cavidade apresenta morfologia curvilínea, conforme ilustrado na planta baixa (Anexo 9). Possui uma pequena entrada de 1 m de altura e 1,5 m de largura (Foto 8.23). Os condutos são retilíneos, fortemente condicionados por fraturas. O piso é ascendente, concordante com a inclinação da vertente. Observam-se alvéolos nas paredes.



**Foto 8.23 - Entrada da Caverna CM-09.**

Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Litologia e Estrutura***

A rocha é o metadiamicrito estéril, com presença fraturas perpendiculares em relação aos planos de foliação. A atitude da foliação é 077/09 e das fraturas é EW/70S e N65W.

### ***Hidrologia***

A cavidade se encontrava seca durante a visita.

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

Predominam sedimentos terrígenos (silte e areia), mas também foram observados calhaus dispersos sobre o piso.

### ***Depósitos Químicos***

Não foram observados espeleotemas.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

## **8.3.4.10. Caverna CM-10**

### ***Inserção na Paisagem***

A Cavidade CM-10 (742071E / 8200970N) se localiza na borda de ruptura, posicionada na alta vertente do córrego Lamarão, a cerca de 852 metros de altitude.

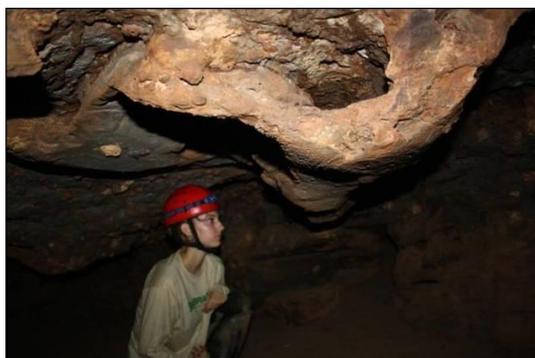
### **Dimensões**

A Caverna CM-10 apresenta projeção horizontal de 36,5 m, área de 94,8 m<sup>2</sup>, volume de 105,9 m<sup>3</sup> e desnível de 2 m.

### **Morfologia**

A caverna, conforme ilustrado na planta baixa (Anexo 9), desenvolve-se paralela à direção da escarpa e perpendicular ao declive da mesma. Apresenta morfologia afunilada, com uma primeira câmara de direção geral NE-SW, logo após a entrada, seguida de apêndices formados a partir de canalículos e uma galeria menor na porção nordeste da caverna. O piso é relativamente plano acompanhando aproximadamente a inclinação da vertente.

Observam-se vários condutos menores no teto (Foto 8.24), e nas paredes, orientados segundo a inclinação da vertente. A caverna também apresenta pilares (Foto 8.25), individualizando as passagens, bastante representativos na morfologia da mesma.



**Foto 8.24 - Pequenos canais de dissolução no teto da caverna.**

Fonte: Brandt, 2012b.



**Foto 8.25 - Pilares individualizando a passagem no interior da caverna.**

Fonte: Brandt, 2012b.

### **Litologia e Estrutura**

A rocha é o metadiamicrito hematítico, com presença de clastos subarredondados e estirados (Foto 8.26).



**Foto 8.26 - Aspecto da rocha no interior da cavidade, com clastos subarredondados e estirados.**

Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Hidrologia***

A caverna não apresenta drenagem e não aparenta potencial para condensação. Não foi observado gotejamentos.

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

Sobre o piso predominam sedimentos terrígenos. Seixos e calhaus estão também presentes, mas de forma dispersa.

### ***Depósitos Químicos***

Apresenta coralóides milimétricos de coloração branca, possivelmente compostos de sílica amorfa. Observam-se ninhos de vespa litificados, aderidos às paredes e teto da cavidade (Foto 8.27).



**Foto 8.27 - Ninhos de vespa litificados aderidos no teto da cavidade.**

Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Paleontologia***

A caverna apresenta icnofósseis (marcas de garras de mastofauna pré-histórica) pouco preservados em algumas das paredes, sendo assim caracterizada como uma paleotoca. Este tema foi objeto de estudos paleontológicos desenvolvidos pelo Professor Francisco Buchmann, da Universidade Estadual Paulista de São Vicente, os quais são apresentados no Anexo 10.

Dado o indicativo da existência de várias paleotocas de maior representatividade e com vestígios melhor preservados na região onde se insere o empreendimento, bem como regionalmente, é aqui proposto que sejam realizados novos estudos paleontológicos nas paleotocas conhecidas, incluindo as cavidades CM-10 (complexo minerário), Boca Soberba e Tocaia de Paca (adutora), Mocororô e as do Vale dos Gigantes, em vales de córregos afluentes do Rio Peixe Bravo, por iniciativa da Sul Americana de Metais. A partir desses estudos, a Cavidade CM-10 poderá ser então classificada em termos de relevância dos aspectos paleontológicos segundo os preceitos da IN-MMA 2/2009.

#### **8.3.4.11. Caverna CM-11**

##### ***Inserção na Paisagem***

A Cavidade CM-11 (743174E / 8200667N) se encontra no sopé de escarpa, posicionada a meia vertente da margem esquerda do Córrego Lamarão, a cerca de 774 metros de altitude.

##### ***Dimensões***

A cavidade possui 8,3 metros de projeção horizontal, desnível de 1,6 m, área de 15,8 m<sup>2</sup> e volume de 46,6 m<sup>3</sup>.

##### ***Morfologia***

A cavidade, conforme ilustrado em planta baixa no Anexo 9, desenvolve-se paralelamente em relação à direção da escarpa e perpendicular à inclinação da mesma. Possui uma entrada com 5 metros de altura e 6 metros de largura (Foto 8.28). O teto, as paredes e o piso são bastante irregulares com aspecto ruíniforme e presença de feições arredondadas, tipo alvéolos, um pilar e uma claraboia. A morfologia foi definida como sendo do tipo retilínea.



**Foto 8.28 - Entrada da Cavidade CM-11.**

Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Litologia e Estrutura***

A rocha é metadiamicrito hematítico limonitizado e não apresenta estruturas aparentes.

### ***Hidrologia***

A cavidade se encontrava seca durante a visita.

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

Predominam sedimentos terrígenos (silte e areia), embora sejam observados seixos e calhaus dispersos sobre o piso. Foram identificados depósitos que parecem ser exoesqueletos ou carapaças de insetos e ninhos de pássaros entre as reentrâncias da rocha.

### ***Depósitos Químicos***

Foram identificados coralóides milimétricos (Foto 8.29) e crostas brancas nas paredes da cavidade (Foto 8.30).



**Foto 8.29 - Colaróides milimétricos nas paredes da cavidade.**

Fonte: Brandt, 2012b.



**Foto 8.30 - Crostas brancas nas paredes da cavidade.**

Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

### **8.3.4.12. Caverna CM-12**

#### ***Inserção na Paisagem***

A Caverna CM-12 (743563E / 8199064N) se situa no sopé de escarpa, posicionada na média vertente do vale do afluente do Córrego Lamarão, a aproximadamente 821 metros de altitude.

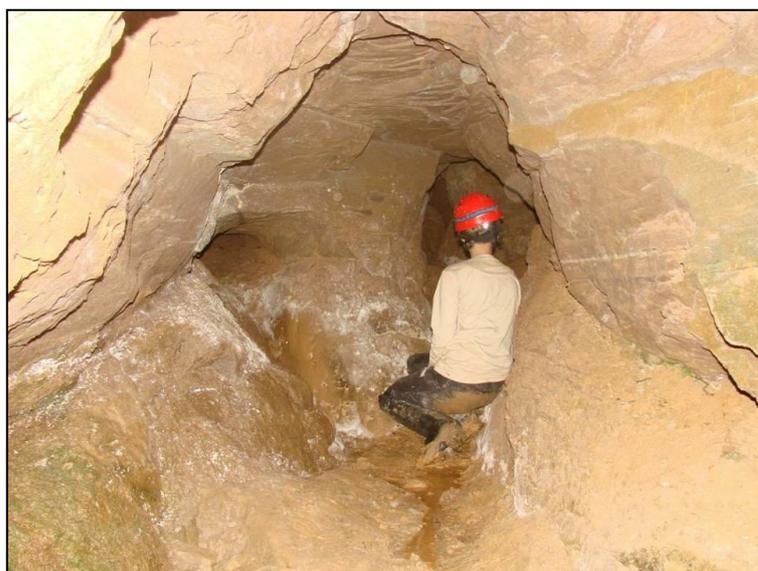
#### ***Dimensões***

Esta caverna possui 17,4 metros de projeção horizontal, desnível de 1,6 m, área de 13,4 m<sup>2</sup> e volume de 26,2 m<sup>3</sup>.

#### ***Morfologia***

A Caverna CM-12 apresenta morfologia retilínea, conforme se pode observar na planta baixa do Anexo 9. Possui uma entrada condicionada por fratura e planos de foliação. Os condutos são individualizados por um pilar, com paredes condicionadas por fraturas.

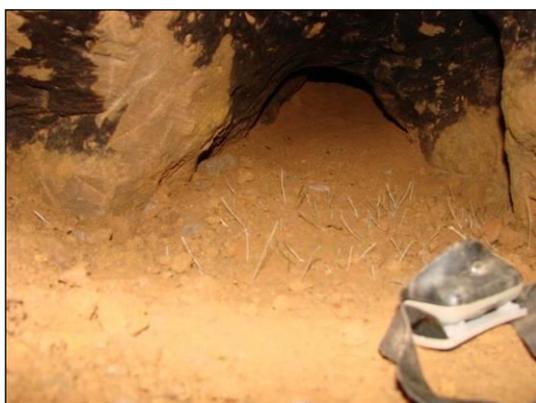
Destaca-se a presença de um conduto vertical, na porção distal da cavidade, com morfologia bastante arredondada, semelhante às “chaminés”, feições típicas de cavernas em rochas carbonáticas. Os condutos são condicionados por fraturas e apresentam canal de drenagem com incisão vertical (Foto 8.31). O piso da caverna é concordante com a inclinação da vertente.



**Foto 8.31 - Condutos condicionados por fraturas e com incisão vertical pela drenagem.**

Fonte: Brandt, 2012b.

Observam-se canalículos (*output*) na porção distal da cavidade, orientados segundo a inclinação da vertente, com cone de sedimentos (Foto 8.32). Foi identificada a presença de domo e feições semelhantes às “bolsas de dissolução” ou *solution pocket* (PALMER, 1991), controladas por fraturas foram identificados no teto (Foto 8.33). Nas paredes ocorrem alvéolos concordantes com a foliação da rocha.



**Foto 8.32 - Canalículo com cone de sedimentos.**

Fonte: Brandt, 2012b.



**Foto 8.33 - Feição de dissolução denominada *Solution Pocket*, no teto da cavidade.**

Fonte: Brandt, 2012b.

### **Litologia e Estrutura**

A rocha é o metadiamicrito argilo-arenoso estéril, apresenta clastos estirados e duas direções principais de fratura (paralela e perpendicular à direção principal da cavidade). A direção paralela condiciona maior parte do desenvolvimento da caverna. Já a perpendicular é paralela à direção da escarpa.

### ***Hidrologia***

Apresenta drenagem perene, proveniente dos canalículos na porção distal da cavidade e do conduto vertical, escoando em direção à entrada.

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

Na cavidade predominam sedimentos terrígenos e lamosos. Há presença de serapilheira proveniente do conduto vertical. Não foi observado presença de condensação.

### ***Depósito Químico***

A caverna apresenta recobrimento espeleotêmico pouco representativo. Há presença incipiente de crostas de argila (Foto 8.34), semelhantes a microtravertinos, localizadas nas paredes do conduto vertical e próximo à entrada, associadas à percolação de água.



Foto 8.34 - Crosta de argila expansiva incipiente, semelhante a microtravertinos.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

### 8.3.4.13. Caverna CM-13

Cavidade com morfologia curvilínea, localizada sob depósito de tálus de canga. Cavidade localizada no terço médio-inferior de vertente da margem esquerda do Córrego Lamarão. O piso é caracterizado por sedimentos finos com blocos centimétricos de rocha. Não foram visualizados indícios arqueológicos paleontológicos. Não há ocorrência de água ou sinais de percolação recente. Gênese inicialmente condicionada a abatimento e basculação do bloco. Há ocorrência de espeleotemas tipo mini-coralóides. Projeção horizontal de 5,50 metros, área com 8,60 m<sup>2</sup> e volume de 7 m<sup>3</sup>. Zona fótica preliminarmente avaliada como entrada.

UTM E: 0741429

UTM N: 8201173

Altitude: 791 metros



Foto 8.35 - Aspecto geral da inserção da cavidade na paisagem.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.

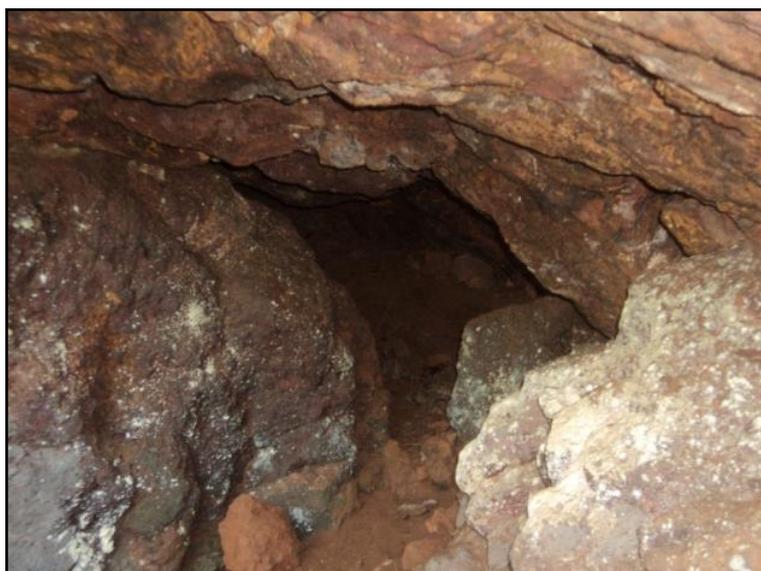


Foto 8.36 - Detalhamento do desenvolvimento do conduto principal da cavidade.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.

#### **8.3.4.14. Caverna CM-14**

##### ***Inserção na Paisagem***

A Caverna CM-14 (743182E / 8199933N) está localizada no sopé da escarpa, posicionada na média vertente do vale córrego da Cancela, afluente do córrego do Lamarão, a 7830 metros de altitude.

##### ***Dimensões***

A caverna possui 21,0 m de projeção horizontal, 91,2 m<sup>3</sup> de volume, desnível de 0,91m e área de 81,0 m<sup>2</sup>.

##### ***Morfologia***

A caverna, conforme ilustrado em planta baixa no Anexo 9, possui morfologia curvilínea. Apresenta apenas uma entrada (Foto 8.37) e consiste em um conduto único, no sentido SWO, de teto baixo em quase toda sua extensão e com presença de vários blocos abatidos (Foto 8.38). Possui uma pequena extensão lateral na porção nordeste, próxima à entrada.

A caverna é bastante irregular nas paredes e teto. O teto é marcado por estruturas, sobretudo fraturas, muitas vezes preenchidas por material de alteração (Foto 8.39). Domos são feições recorrentes (Foto 8.40), sendo que alguns também se encontram preenchidos por material de alteração da rocha. Na parede é possível identificar alvéolos acompanhando a foliação. O piso é relativamente plano, embora esteja coberto em grande parte por blocos abatidos.



Foto 8.37 - Entrada da Caverna CM-14.

Fonte: Brandt, 2012b.

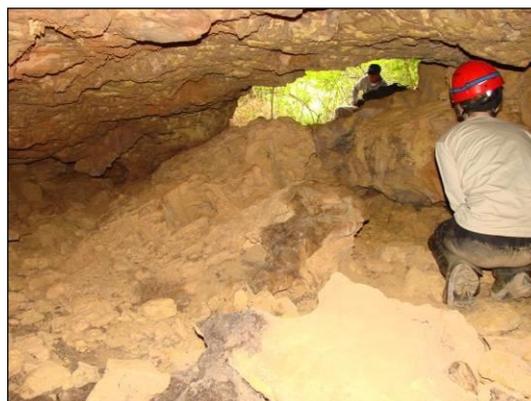


Foto 8.38 - Vista do interior da Caverna CM-14.

Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.39 - Fratura no teto da caverna preenchida por material de alteração da rocha.

Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.40 - Domo no teto da caverna.

Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Litologia e Estrutura***

A rocha é metadiamicrito muito alterado, recoberto por limonita (Foto 8.41), com presença de clastos angulosos de quartzo (Foto 8.42). Não apresenta estruturas aparentes.



Foto 8.41 - Aspecto da rocha da Caverna CM-14.  
Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.42 - Clastos angulosos de quartzo no metadiamicrito da Caverna CM-14.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Hidrologia***

Esta caverna não apresenta drenagem Não foi observado condensação ou gotejamento.

### ***Depósito Clástico e Orgânico***

A caverna apresenta sedimentos clásticos esparsos. Predominam blocos métricos abatidos, embora seixos e calhaus também estejam presentes. Foi verificada a presença de guano e depósitos que parecem ser exoesqueletos ou carapaças de insetos.

### ***Depósitos Químicos***

Foram identificados coralóides milimétricos nas paredes e teto, parcialmente recobertos por óxidos de ferro (Foto 8.43).



Foto 8.43 - Coralóides milimétricos no teto da Caverna CM-14.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

#### **8.3.4.15. Caverna CM-15**

### ***Inserção na Paisagem***

A Cavidade CM-15 (741375E / 8204331N) se localiza na borda de calha de drenagem, posicionada na média vertente da margem esquerda do córrego Lamarão, a 807 metros de altitude.

### ***Dimensões***

A cavidade apresenta 7,4 metros de projeção horizontal, desnível de 1,8 m, área de 7,9 m<sup>2</sup> e volume de 5,6 m<sup>3</sup>.

### ***Morfologia***

De acordo com a planta baixa dessa cavidade (Anexo 9), é possível observar que esta se desenvolve paralelamente à direção da escarpa e perpendicular à declividade da mesma. A mesma foi classificada quanto à morfologia em planta como reticulada, ainda que seu baixo desenvolvimento tenha dificultado a análise. Possui uma entrada ampla e afunilada, seguida de um estreitamento que conecta a porção distal da caverna. O piso é ascendente, concordante com a inclinação da vertente. As paredes e tetos são irregulares com presença de alvéolos.

Foram observados alguns apêndices nas laterais da cavidade, em forma de canalículos.

### ***Litologia e Estrutura***

A rocha é o metadiamicrito hematítico com atitude do acamamento igual a 345/20.

### ***Hidrologia***

A cavidade se encontrava seca durante a visita.

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

Predominam sedimentos terrígenos (areia e silte) autogênicos, mas também foram encontrados blocos angulosos (calhaus) dispersos sobre o piso (Foto 8.44).



Foto 8.44 - Sedimentos terrígenos autóctones, além de calhaus angulosos.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Depósitos Químicos***

Foram observados espeleotemas do tipo coralóides e crostas brancas na entrada.

#### **8.3.4.16. Caverna CM-16**

##### ***Inserção na Paisagem***

A Cavidade CM-16 (741.273E / 8204220N) se localiza na margem esquerda do Córrego Mundo Novo, posicionado na baixa vertente a aproximadamente 779 metros de altitude.

##### ***Dimensões***

Esta cavidade apresenta dimensões relativamente pequenas, possuindo 9,4 metros de projeção horizontal. Seu desnível (0,3 m), área (14, 8 m<sup>2</sup>) e volume (12,1 m<sup>3</sup>) são pouco significativos.

##### ***Morfologia***

A cavidade, conforme ilustrado na planta baixa (Anexo 9), possui morfologia irregular com entrada em desnível abrupto (Foto 8.45) ascendente e concordante com a inclinação da vertente, proporcionando acesso a dois condutos afunilados na porção distal e que se desenvolve paralelamente à direção da escarpa e perpendicularmente ao declive da mesma. A parede e o teto são irregulares, com presença de alvéolos e o piso o é relativamente plano.



Foto 8.45 - Entrada da Cavidade CM-16.

Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Litologia e Estrutura***

A rocha é o metadiamicrito hematítico.

### ***Hidrologia***

Nos dois condutos foram observadas canais de drenagens intermitentes, tributários diretos do canal principal do vale o Córrego Mundo Novo.

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

Predominam sedimentos terrígenos, mas também foram identificados seixos de formas esparsas sobre o piso.

### ***Depósitos Químicos***

Não foram identificados espeleotemas.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

## **8.3.4.17. Caverna CM-17**

### ***Inserção na Paisagem***

A Cavidade CM-17 (741315E / 8204207N) se localiza no sopé de escarpa, posicionada na média vertente do córrego Mundo Novo, a aproximadamente 799 metros de altitude.

### ***Dimensões***

A cavidade possui 8,4 m de projeção horizontal, desnível de 0,6 m, área de 7,7 m<sup>2</sup> e volume de 4,6 m<sup>3</sup>.

### ***Morfologia***

De acordo com a planta baixa (Anexo 9), essa cavidade apresenta morfologia retilínea. A entrada apresenta desnível abrupto, concordante com a inclinação da vertente, e se desenvolve por dois condutos paralelos (Foto 8.46). Os tetos e paredes são irregulares, e piso é relativamente plano.



Foto 8.46 - Entrada da Cavidade CM-17.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Litologia e Estrutura***

A rocha é o metadiamicrito hematítico.

### ***Hidrologia***

A cavidade se encontra seca durante a visita.

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

Predominam sedimentos terrígenos, mas também foram observados calhaus dispersos sobre o piso.

### ***Depósito Químico***

Foram observados espeleotemas do tipo coralóides, recobertos por óxidos de ferro.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

#### **8.3.4.18. Caverna CM-18**

##### ***Inserção na Paisagem***

A cavidade apresenta 12,0 m de projeção horizontal, desnível de 2,1 m, área de 19,8 m<sup>2</sup> e volume de 30,7 m<sup>3</sup>.

##### ***Dimensões***

A cavidade apresenta 12,0 m de projeção horizontal, desnível de 2,1 m, área de 19,8 m<sup>2</sup> e volume de 30,7 m<sup>3</sup>.

##### ***Morfologia***

A caverna, conforme ilustrado em planta baixa (Anexo 9), desenvolve-se perpendicularmente à direção da escarpa e paralelamente ao declive da mesma. Possui morfologia retilínea e apresenta uma entrada pequena, com cerca de 1,5 m de altura e 2 m de largura (Foto 8.47), desenvolvendo-se por um único conduto retilíneo. O teto e as paredes são irregulares (Foto 8.48) e o piso relativamente plano.

Observou-se a presença de um canalículo ativo na porção distal da cavidade, posicionado em nível superior, a aproximadamente de 2,5 m de altura, em relação ao atual piso da cavidade. O piso é relativamente plano com presença de blocos abatidos (calhaus), próximo à entrada e presença de alvéolo.



Foto 8.47 - Entrada da Cavidade CM-18.

Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.48 - Aspecto da parte interna da cavidade.

Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Litologia e Estrutura***

A rocha é o metadiamicrito hematítico.

### ***Hidrologia***

A cavidade possui drenagem perene proveniente do canalículo na porção distal da cavidade. O escoamento forma empoçamento de água, devido ao barramento do seu canal por depósitos de sedimentos próximos à entrada.

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

Predominam sedimentos terrígenos e blocos abatidos (calhaus) próximos á entrada.

### ***Depósitos Químicos***

Foram observados espeleotemas milimétricos do tipo coralóides (Foto 8.49), escorrimentos e crostas de óxidos de ferro.



Foto 8.49 - Crostas de óxido de ferro na parede da cavidade.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

#### **8.3.4.19. Caverna CM-19**

##### ***Inserção na Paisagem***

A Cavidade 126 (741754E / 8204339N) está situada na base da escarpa, posicionada na média vertente da margem direita do Córrego Mundo Novo, a 770 metros de altitude.

### ***Dimensões***

A cavidade apresenta 7,5 metros de projeção horizontal, desnível de 0,3 m, área de 14,6 m<sup>2</sup> e volume de 38,3 m<sup>3</sup>.

### ***Morfologia***

A cavidade apresenta morfologia do tipo abrigo, conforme ilustrado em planta baixa no Anexo 9. Possui uma entrada relativamente ampla, com 6 m de altura e 3 m de largura (Foto 8.50). O teto e as paredes são irregulares com presença de vários alvéolos e canáliculos. O piso também é irregular.



Foto 8.50 - Entrada da Cavidade CM-19.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Litologia e Estrutura***

A rocha encaixante é o metadiamicictito hematítico com presença de foliação com atitude 130/10 e fratura de direção N64E perpendicular em relação à foliação.

### ***Hidrologia***

A cavidade se encontrava seca durante a visita.

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

Predominam sedimentos terrígenos, mas também foram observados seixos dispersos sobre piso.

### ***Depósitos Químicos***

Foi observado escorrimento na entrada da cavidade.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

#### **8.3.4.20. Caverna CM-20**

##### ***Inserção na Paisagem***

A Cavidade CM-20 (741330E / 8204237N) se situa na base de escarpa, posicionada na média vertente do vale do Córrego Mundo Novo, a 803 metros de altitude.

##### ***Dimensões***

Essa cavidade apresenta dimensões relativamente pequenas, possuindo 5,2 metros de projeção horizontal. Seu desnível (1,0 m), área (13,3 m<sup>2</sup>) e volume (10,4m<sup>3</sup>) são pouco significativos.

##### ***Morfologia***

A cavidade possui morfologia afunilada, conforme ilustrado em planta baixa (Anexo 9), e se desenvolve perpendicularmente à direção da escarpa e paralelamente à inclinação da mesma. Possui uma entrada de aproximadamente 1 metro de altura e 2 metros de largura (Foto 8.51). O teto e as paredes são irregulares com presença de alvéolos centimétricos concordantes com a foliação. O piso é relativamente plano, levemente inclinado e concordante com o declive da vertente.



Foto 8.51 - Entrada da Cavidade CM-20.  
Fonte: Brandt, 2012b.

##### ***Litologia e Estrutura***

A rocha é o metadiamicrito hematítico com foliação de atitude 120/09 e fratura com direção N76W.

### ***Hidrologia***

A cavidade se encontrava seca durante a visita de campo.

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

Predominam sedimentos terrígenos autogênicos, mas também foram observados blocos abatidos disperso sobre o piso, de diferentes granulometrias (matacões, calhaus e seixos).

### ***Depósitos Químicos***

Foram identificados coralóides submilimétricos.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

## **8.3.4.21. Caverna CM-21**

### ***Inserção na Paisagem***

A Cavidade CM-21 (743353E / 8201783N) se localiza na base de escarpa, posicionada na baixa vertente do Córrego Mundo Novo, a 721 metros de altitude.

### ***Dimensões***

A cavidade apresenta dimensões relativamente pequenas, possuindo 8,1 metros de projeção horizontal. Seu desnível (1,1 m), área (28,4 m<sup>2</sup>) e volume (28,7 m<sup>3</sup>) são pouco significativos.

### ***Morfologia***

Essa cavidade apresenta morfologia afunilada (Anexo 9). Possui uma entrada relativamente pequena, com 1 metro de altura e 1,5 metros de largura, e desnível abrupto concordante com a inclinação da vertente (Foto 8.52). O teto e o piso são irregulares, com presença de alvéolos centimétricos concordantes com a foliação, e um pilar individualizando a passagem. O piso é pouco ascendente e irregular.



Foto 8.52 - Entrada da Cavidade CM-21.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Litologia e Estrutura***

A rocha é o metadiamicrito hematítico com presença de foliação perpendicular em relação à fratura.

### ***Hidrologia***

A rocha encontrava-se seca durante a nossa visita.

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

Sedimentos terrígenos predominantemente autogênicos sobre piso de rocha são.

### ***Depósitos Químicos***

Não foram observados.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

### 8.3.4.22. Caverna CM-22

#### *Inserção na Paisagem*

Cavidade CM-22 (743310E / 8201634N) situada na base de escarpa, posicionada na baixa vertente junto à margem esquerda do leito do córrego Lamarão (Foto 8.53), a 740 metros de altitude.

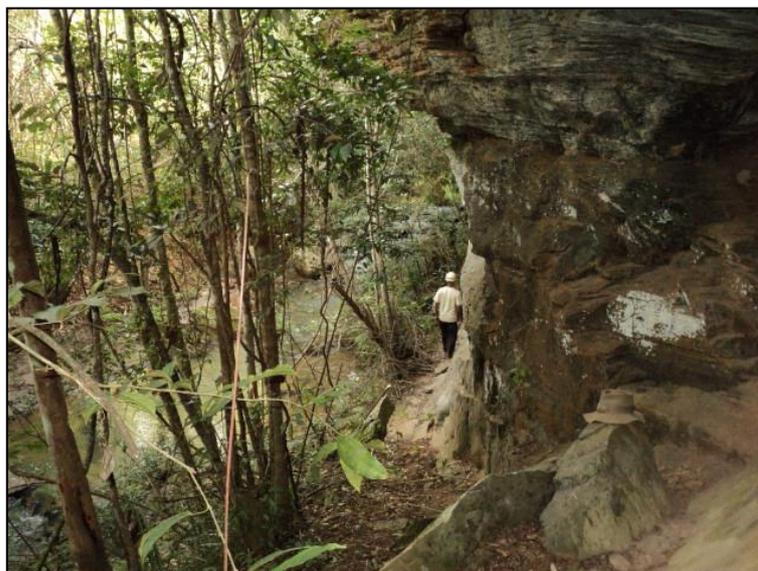


Foto 8.53 - Inserção da paisagem da Cavidade CM-22, à margem do Córrego Lamarão.  
Fonte: Brandt, 2012b.

#### *Dimensões*

A cavidade apresenta 5,6 m de projeção horizontal, 1,6 m de desnível, 54,9 m<sup>2</sup> de área e volume de 151,1 m<sup>3</sup>.

#### *Morfologia*

A cavidade, conforme ilustrado em planta baixa (Anexo 9), apresenta morfologia do tipo abrigo. Desenvolve perpendicularmente à direção da escarpa e paralelamente à declividade da mesma. Possui uma entrada, paredes, teto e piso irregulares (Foto 8.54). Sobre o piso ocorrem blocos abatidos (matacões).



Foto 8.54 - Aspecto da Cavidade CM-22.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Litologia e Estrutura***

A rocha encaixante é o metadiamicrito hematítico com foliação de atitude 228/07 e duas famílias de fraturas com atitudes N50W/55NE e N25E/74NW.

### ***Hidrologia***

A cavidade se encontrava seca durante a visita.

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

Predominam sedimentos terrígenos, mas também ocorrem blocos abatidos (matacões) sobre o piso.

### ***Depósitos Químicos***

Foram observados espeleotemas do tipo coralóides submilimétricos, de cor branca, não caracterizados.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

## **8.3.4.23. Caverna CM-23**

### ***Inserção na Paisagem***

A Cavidade CM-23 (742960E / 8202952N) se encontra na base de escarpa, situada na média vertente a aproximadamente 810 metros de altitude, próxima à cabeceira de tributário de primeira ordem na margem direita do Córrego Lamarão.

### ***Dimensões***

A cavidade apresenta 12,5 metros de projeção horizontal, desnível de 1,2 m, área de 11,3 m<sup>2</sup> e volume de 3,8 m<sup>3</sup> são pouco significativos.

### ***Morfologia***

A cavidade, conforme ilustrado em planta baixa (Anexo 9), apresenta morfologia reticulada. Possui uma entrada relativamente pequena com 0,6 m de altura e 1 m de largura (Foto 8.55), que acessa um único conduto estreito condicionado por fraturas. Observam-se ramificações nas laterais, algumas em forma de canalículos, aparentemente controlados por fraturas. As paredes e tetos são irregulares. O piso é relativamente plano, com leve inclinação concordante com o declive da vertente.



Foto 8.55 - Entrada da Cavidade CM-23.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Litologia e Estrutura***

A rocha é o metadiamicrito hematítico com foliação de atitude 105/11.

### ***Hidrologia***

À época da inspeção geoespeleológica da cavidade foi observado sedimentos terrígenos com elevado teor de umidade indicando circulação de água em todo o desenvolvimento da cavidade. Na etapa de topografia desta cavidade dois cursos d'água que se juntam no interior da cavidade foram mapeados o que indica a ocorrência de um fluxo intermitente de água na caverna, a qual foi considerada como inserida em cabeceira de drenagem.

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

O piso da cavidade é constituído predominantemente por sedimentos terrígenos.

### ***Depósitos Químicos***

Foram observados espeleotemas do tipo coralóides.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

#### **8.3.4.24. Caverna CM-24**

##### ***Inserção na Paisagem***

A Cavidade CM-24 (741613E / 8201225N) se localiza no sopé de escarpa, posicionada na média vertente do vale do afluente do Córrego Lamarão, a aproximadamente 814 metros de altitude.

##### ***Dimensões***

A cavidade apresenta 15,4m de projeção horizontal, área de 31,5 m<sup>2</sup>, volume de 80,4 m<sup>3</sup> e desnível de 0,5 m.

##### ***Morfologia***

A cavidade, conforme ilustrado em planta baixa (Anexo 9), apresenta morfologia curvilínea. Possui uma entrada relativamente ampla com aproximadamente 9 m de altura, que acessa um único conduto com 0,8 de altura (Foto 8.56), que se desenvolve perpendicularmente à direção da escarpa e paralelamente à inclinação da mesma. O teto e paredes são irregulares, com alvéolos milimétricos acompanhando a foliação. Apresenta alvéolos e o piso é relativamente plano.



Foto 8.56 - Conduto estreito de acesso por rastejamento.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Litologia e Estrutura***

A rocha é o metadiamicctito hematítico.

### ***Hidrologia***

A cavidade se encontrava seca durante a nossa visita.

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

Predominam sedimentos terrígenos, mas foram observados blocos abatidos de hematita (matacões, calhaus e seixos).

### ***Depósitos Químicos***

Foram observados coralóides submilimétricos, aparentemente de óxidos de ferro, situados nas paredes da cavidade acompanhando a foliação da rocha (Foto 8.57).



Foto 8.57 - Coralóides nas paredes da cavidade, acompanhando a foliação da rocha.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

#### **8.3.4.25. Caverna CM-25**

### ***Inserção na Paisagem***

A Cavidade CM-25 (741590E / 8201187N) se situa na base de escarpa, posicionada na média vertente do vale do afluente do Córrego Lamarão, a aproximadamente 808 metros de altitude.

### **Dimensões**

A cavidade apresenta dimensões relativamente pequenas, possuindo 8,2 metros de projeção horizontal. Seu desnível (2,4 m), área (31,1 m<sup>2</sup>) e volume (58,5 m<sup>3</sup>) são pouco significativos.

### **Morfologia**

A cavidade, conforme ilustrado em planta baixa (Anexo 9), apresenta morfologia do tipo abrigo. Possui uma entrada ampla com cerca de 4 metros de altitude. Observam-se canalículos na interface piso / teto e no teto. Alguns dos canalículos posicionados no teto são verticais, possivelmente condicionados por fraturas. Estes canalículos parecem ter extensões significativas, e morfologicamente se assemelham a chaminés, feições típicas do carste carbonático. Além disso, é possível observar alvéolos e o piso se mostra ascendente e discordante com a inclinação da vertente (Foto 8.58).



Foto 8.58 - Aspecto morfológico da Cavidade CM-25.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### **Litologia e Estrutura**

A rocha é o metadiamicrito hematítico com foliação subhorizontalizada e uma família de fraturas com atitude N30W/50SW.

### **Hidrologia**

A cavidade se encontrava seca durante a visita.

### **Depósitos Clásticos e Orgânicos**

Foram observados sedimentos terrígenos (argila e areia) sobre o piso.

### ***Depósitos Químicos***

Foram observados coralóides submilimétricos nas paredes.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

#### **8.3.4.26. Caverna CM-26**

### ***Inserção na Paisagem***

A Cavidade CM-26 (743558E / 8199155N) se situa no sopé de escarpa, posicionada na alta vertente do afluente do Córrego Lamarão, a aproximadamente 821 metros de altitude. Encontra-se próximo à Caverna CM-12, a cerca de 100 metros da mesma.

### ***Dimensões***

A cavidade apresenta 28,8 metros de projeção horizontal, 2,2 metros de desnível, 20,2 m<sup>2</sup> de área e 60,0 m<sup>3</sup> de volume.

### ***Morfologia***

Essa cavidade, conforme mostra a planta baixa do Anexo 9, apresenta morfologia reticulada, isto é, com cruzamento de condutos condicionados por estruturas. Possui uma entrada ampla em forma de abrigo, de aproximadamente 3 m de altura e 5 m de largura (Foto 8.59). A entrada acessa três condutos, sendo um deles posicionado em nível inferior em relação aos demais.

Os condutos são estreitos e retilíneos, nitidamente controlados por fraturas, e se desenvolvem no contato da mudança de direção da escarpa, sendo esta controlada pela direção dos planos de fratura (Foto 8.60). O conduto em nível inferior apresenta fluxo de drenagem e quantidade significativa de depósito de sedimentos.



Foto 8.59 - Entrada da Cavidade CM-26.

Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.60 - Conduto condicionado por fraturas.

Fonte: Brandt, 2012b.

Quanto às microfecições, foram observados domos e alvéolos (Fotos 8.61 e 8.62), condicionados por fraturas e foliação, respectivamente. Destaca-se a presença de vários apêndices em forma de canalículos, que alteram a morfologia da caverna.



Foto 8.61 - Domo no teto da cavidade, controlado por fratura.  
Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.62 - Alvéolo condicionado pela foliação.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### **Litologia e Estrutura**

A rocha é o metadiamictito estéril fraturado e foliado (Fotos 8.63 e 8.64).



Foto 8.63 - Fratura preenchida por veio de quartzo.  
Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.64 - Clasto arredondado de quartzo.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### **Hidrologia**

O conduto inferior apresenta saída de água que constitui uma surgência, com vazão significativa (Foto 8.65).

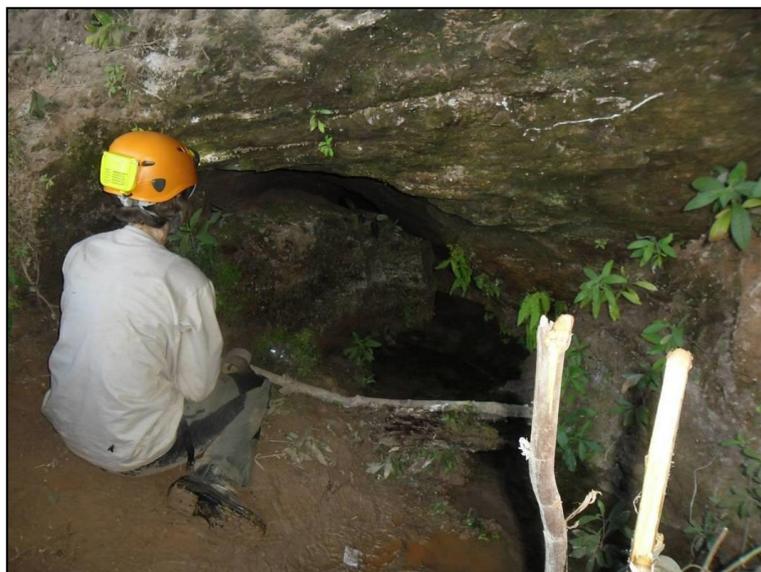


Foto 8.65 - Conduto posicionado em nível inferior com presença de drenagem.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Depósitos Clásticos e Orgânicos***

Predominam sedimentos terrígenos, mas também foram observados seixos e calhaus de forma dispersa sobre o piso. Destaca-se a presença de quantidade significativa de sedimentos da drenagem proveniente do conduto posicionado em nível inferior (Foto 8.66).

### ***Depósitos Químicos***

Coralóides milimétricos ocorrem nas paredes da cavidade (Foto 8.67); ninhos de vespa litificados também foram observados aderidos às paredes (Foto 8.68); crostas marrons e crostas de argila expansiva, semelhantes a microtravertinos, foram encontrados próximo à entrada (Foto 8.69).



Foto 8.66 - Coralóides na parede da cavidade.

Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.67 - Ninhos de vespa litificados aderidos às paredes.

Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.68 - Crostas marrons na parede próxima à entrada da cavidade.

Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.69 - Crostas de argila expansiva, semelhante a microtravertinos.

Fonte: Brandt, 2012b.

### ***Paleontologia***

Não foram observados registros paleontológicos.

#### **8.3.4.27. Caverna CM-27**

Cavidade com morfologia retilínea, encaixada em escarpa de metadiamicrito. Cavidade localizada no terço médio de vertente da margem esquerda do Córrego Lamarão. O piso é caracterizado por rocha sã e sedimentos finos com blocos centimétricos de rocha. A fauna encontrada dentro da caverna no momento de seu registro compreendeu-se em drosófilas, noctuoides e formigas-leão. Não foram visualizados indícios arqueológicos e paleontológicos. Não há ocorrência de água ou sinais de percolação recente. Gênese inicialmente condicionada por fraturamento e abatimento seguindo o plano de foliação, tal processo pode ter sido potencializado pela percolação como sugere o conduto principal. Projeção horizontal de 5,90 metros, área com 6,1 m<sup>2</sup> e volume de 5,9 m<sup>3</sup>. Zona fótica preliminarmente avaliada como entrada.

UTM E: 0742261

UTM N: 8200460

Altitude: 781 metros



Foto 8.70 - Aspecto geral da inserção da cavidade na paisagem.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.

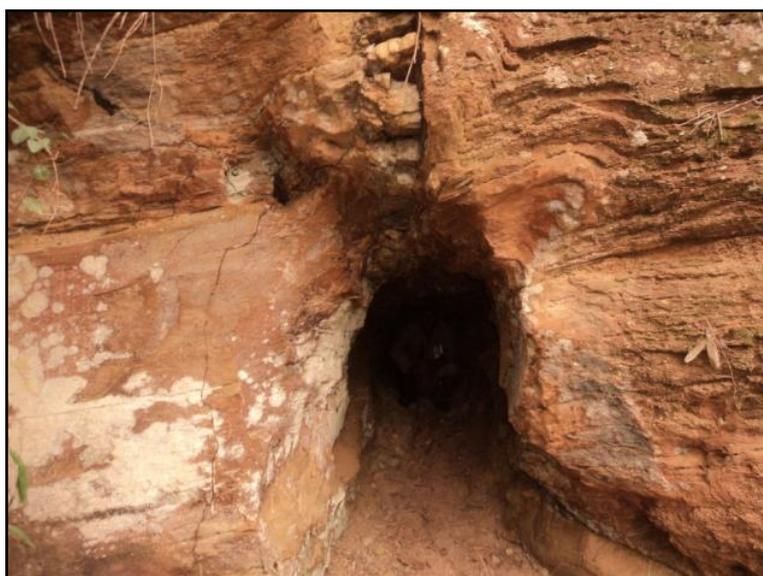


Foto 8.71 - Detalhamento do desenvolvimento do conduto principal da cavidade.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.

#### **8.3.4.28. Caverna VG-01**

Cavidade com morfologia típica de abrigo, encaixada em escarpa de metadiamiclito hematítico, situada em um pequeno vale de encostas íngremes (Vale dos Gigantes), com vegetação típica de cerrado de médio a grande porte. Cavidade localizada no terço médio de vertente da margem esquerda do Córrego Esmeril. O piso é caracterizado por rocha sã com sedimentos finos e blocos centimétricos de rocha. A fauna encontrada dentro da caverna no momento de seu registro compreendeu-se em drosófilas e noctuoideas. Não foram visualizados indícios arqueológicos e paleontológicos. Não há ocorrência de água ou

sinais de percolação recente. Gênese inicialmente condicionada a fraturamento e abatimento seguindo o plano de foliação, dissolução e erosão de clastos de matriz carbonática. Há ocorrência de espeleotemas tipo coralóide, couve-flor e cúpula de teto, bem como canalículos. Projeção horizontal de 6,90 metros, área de 24,2 m<sup>2</sup> e volume de 33,6 m<sup>3</sup>. Zona fótica preliminarmente avaliada como entrada.

UTM E: 0743820

UTM N: 8217159

Altitude: 735 metros



Foto 8.72 - Entrada da cavidade.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.



Foto 8.73 - Detalhamento do interior da caverna.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.

### 8.3.4.29. Caverna VG-02

Cavidade com morfologia retilínea, encaixada em escarpa de metadiamicrito hematítico, situada no Vale dos Gigantes, com vegetação típica de cerrado de médio a grande porte. Cavidade localizada no terço médio de vertente da margem esquerda do Córrego Esmeril. O piso é caracterizado por sedimentos finos e blocos centimétricos de rocha. A fauna encontrada dentro da caverna no momento de seu registro compreendeu-se em drosófilas, lepidópteras, noctuoideas, formigas-leão, quirópteros e dois pequenos sapos. Não foram visualizados indícios arqueológicos, porém há indícios paleontológicos (icnofósseis). Não há ocorrência de água ou sinais de percolação recente. Gênese inicialmente condicionada a fraturamento e abatimento seguindo o plano de foliação, dissolução e erosão de clastos de matriz carbonática. Há ocorrência de espeleotemas tipo mini-coralóides e coralóides couve-flor. Projeção horizontal de 9,30 metros, área com 32,8 m<sup>2</sup> e volume de 53,6 m<sup>3</sup>. Zona fótica preliminarmente avaliada como entrada.

UTM E: 0743744

UTM N: 8217248

Altitude: 740 metros



Foto 8.74 - Entrada da cavidade.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.



Foto 8.75 - Detalhamento de coralóides.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.



Foto 8.76 - Detalhamento de icnofósseis.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.

#### 8.3.4.30. Caverna VG-03

Cavidade com morfologia retilínea, encaixada em escarpa de metadiamicrito hematítico, situada no Vale dos Gigantes, com vegetação típica de cerrado de médio a grande porte. Cavidade localizada no terço médio de vertente da margem esquerda do Córrego Esmeril. O piso da entrada da cavidade é caracterizado por sedimentos finos com blocos de rocha de dimensões centimétricas a métricas, já no interior da cavidade, o piso se caracteriza por sedimentos finos e blocos centimétricos de rocha acumulados em “bacias de acomodação”, que são indícios paleontológicos. A fauna encontrada dentro da caverna no momento de seu registro compreendeu-se em drosófilas, lepidópteras, noctuoideas, formigas-leão,

quirópteros e ninhos de himenópteras. Foram visualizados indícios arqueológicos (pinturas rupestres) e indícios paleontológicos (icnofósseis, além das bacias supracitadas). Há ocorrência de espeleotemas tipo cortina e mini-coralóides. Não há ocorrência de água ou sinais de percolação recente. Gênese inicialmente condicionada a fraturamento e abatimento seguindo o plano de foliação, dissolução e erosão de clastos de matriz carbonática, seguida de remobilização de materiais por percolação de água. Essa teoria fica evidenciada pelo conduto principal da caverna que sugere a antiga presença de água. Há ocorrência de espeleotemas tipo mini-coralóides e coralóides couve-flor. Projeção horizontal de 27,50 metros, 3,00 metros de desnível, área com 108,8 m<sup>2</sup> e volume de 266 m<sup>3</sup>. Zonas fóticas preliminarmente avaliadas como entrada e penumbra clara.

UTM E: 0743717

UTM N: 8217285

Altitude: 756 metros



Foto 8.77 - Entrada da cavidade.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.



Foto 8.78 - Desenvolvimento da cavidade.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.



Foto 8.79 - Detalhamento de icnofósseis.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.



Foto 8.80 - Detalhamento de espeleotema tipo cortina.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.



Foto 8.81 - Detalhamento das pinturas rupestres.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.



Foto 8.82 - Detalhamento das pinturas rupestres.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.

#### 8.3.4.31. Caverna VG-04

Cavidade com morfologia típica de abrigo, encaixada em escarpa de metadiamicrito hematítico, situada no Vale dos Gigantes, com vegetação típica de cerrado de médio a grande porte. Cavidade localizada no terço médio de vertente da margem direita do Córrego Esmeril. O piso é caracterizado por sedimentos finos e blocos centimétricos de rocha. A fauna encontrada dentro da caverna no momento de seu registro compreendeu-se em formigas-leão. Não foram visualizados indícios arqueológicos, porém há indícios paleontológicos (icnofósseis). Não há ocorrência de água ou sinais de percolação recente. Gênese inicialmente condicionada a fraturamento e abatimento seguindo o plano de foliação, dissolução e erosão de clastos de matriz carbonática. Há ocorrência de espeleotemas tipo mini-coralóides e coralóides couve-flor. Projeção horizontal de 8,20 metros, 2,40 metros de desnível, área com 67 m<sup>2</sup> e volume de 180,3 m<sup>3</sup>. Zona fótica preliminarmente avaliada como entrada.

UTM E: 0743661

UTM N: 8217252

Altitude: 741 metros



Foto 8.83 - Entrada da cavidade.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.

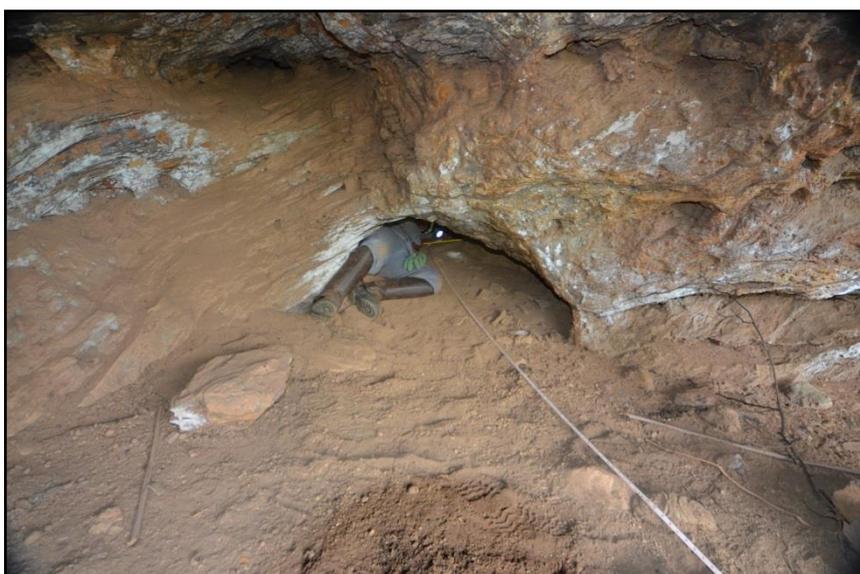


Foto 8.84 - Detalhamento de conduto secundário.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.



Foto 8.85 - Detalhamento de icnofósseis.  
 Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.

#### 8.3.4.32. Caverna VG-05

Cavidade com morfologia globular, encaixada em escarpa de metadiamicrito hematítico, situada no Vale dos Gigantes, com vegetação típica de cerrado de médio a grande porte. Cavidade localizada no terço médio de vertente da margem direita do Córrego Esmeril. O piso é caracterizado por sedimentos finos e blocos centimétricos de rocha. A fauna encontrada dentro da caverna no momento de seu registro compreendeu-se em drosófilas, formigas-leão, ninhos de himenópteras e um ninho de andorinhas. Não foram visualizados indícios arqueológicos, porém há indícios paleontológicos (icnofósseis). Não há ocorrência de água ou sinais de percolação recente. Gênese inicialmente condicionada a fraturamento e abatimento seguindo o plano de foliação, dissolução e erosão de clastos de matriz carbonática. Há ocorrência de espeleotemas tipo mini-coralóides. Projeção horizontal de 15,20 metros, área com 81,6 m<sup>2</sup> e volume de 173,5 m<sup>3</sup>. Zona fótica preliminarmente avaliada como entrada.

UTM E: 0743732

UTM N: 8217240

Altitude: 740 metros



Foto 8.86 - Aspecto geral da cavidade.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.



Foto 8.87 - Entrada da caverna.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.



Foto 8.88 - Filhote de andorinhas.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.



Foto 8.89 - Detalhamento de icnofósseis (paleotoca).  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.

#### 8.3.4.33. Caverna VG-06

Cavidade com morfologia curvilínea, encaixada em escarpa de metadiamictito hematítico, situada no Vale dos Gigantes, com vegetação típica de cerrado de médio a grande porte. Cavidade localizada no terço médio de vertente da margem direita do Córrego Esmeril. O piso é caracterizado por sedimentos finos com blocos centimétricos a métricos de rocha abatidos. A fauna encontrada dentro da caverna no momento de seu registro compreendeu-se em drosófilas, noctuoideas, formigas-leão e espécimes de quirópteros. Não foram visualizados indícios arqueológicos, porém há indícios paleontológicos (icnofósseis). Não há ocorrência de água ou sinais de percolação recente. Gênese inicialmente condicionada a

fraturamento e abatimento seguindo o plano de foliação. Há ocorrência de espeleotemas tipo mini-coralóides e brotos de Goethita. Projeção horizontal de 20,6 metros, área com 71,3 m<sup>2</sup> e volume de 85,6 m<sup>3</sup>. Zonas fóticas preliminarmente avaliadas como entrada e penumbra clara.

UTM E: 0743709

UTM N: 8217204

Altitude: 749 metros



Foto 8.90 - Entrada da cavidade.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.



Foto 8.91 - Detalhamento do desenvolvimento da cavidade.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.



Foto 8.92 - Brotos de Goethita.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.



Foto 8.93 - Detalhamento de icnofósseis (paleotoca).  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.



Foto 8.94 - Espeleotemas do tipo mini-coralóides.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.

#### 8.3.4.34. Caverna VG-07

Cavidade com morfologia retilínea, encaixada em escarpa de metadiamicrito hematítico, situada no Vale dos Gigantes, com vegetação típica de cerrado de grande porte. Cavidade localizada no terço médio-inferior de vertente da margem direita do Córrego Esmeril. O piso é caracterizado por rocha sã e sedimentos finos com blocos centimétricos de rocha. A fauna encontrada dentro da caverna no momento de seu registro compreendeu-se em drosófilas, lepidópteras, noctuoideas e formigas-leão. Não foram visualizados indícios arqueológicos, porém há indícios paleontológicos (icnofósseis). Não há ocorrência de água ou sinais de percolação recente. Gênese inicialmente condicionada a fraturamento e abatimento seguindo o plano de foliação. Há ocorrência de espeleotemas tipo mini-coralóides. Projeção horizontal de 11,20 metros, área com 30,4 m<sup>2</sup> e volume de 71,6 m<sup>3</sup>. Zona fótica preliminarmente avaliada como entrada.

UTM E: 0743860

UTM N: 8217133

Altitude: 731 metros



Foto 8.95 - Entrada da cavidade.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.



Foto 8.96 - Detalhamento de icnofósseis (paleotoca).  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.

#### 8.3.4.35. Caverna Jatobá

Cavidade com morfologia típica de abrigo, encaixada em escarpa de metadiamiclito hematítico. Terreno altamente ondulado com vegetação típica de cerrado de médio a grande porte. Cavidade localizada no terço médio de vertente da margem direita de drenagem efêmera, tributária da margem direita do Córrego Uruçú. Na entrada, o piso é caracterizado por rocha sã, com sedimentos finos e blocos centimétricos de rocha, na continuidade da cavidade, o piso restringiu-se apenas por rocha sã. A fauna encontrada dentro da caverna no momento do registro da caverna compreendeu-se em drosófilas, lepidópteras, noctuoideas, formigas-leão, abelhas-oropa na entrada da cavidade e quirópteros. Foram

visualizados indícios arqueológicos (gravuras rupestres), porém não há indícios paleontológicos. Não há ocorrência de água ou sinais de percolação recente. Gênese inicialmente condicionada a fraturamento e abatimento seguindo o plano de foliação, dissolução e erosão de clastos de matriz carbonática. Projeção horizontal de 13,00 metros, área com 81,3 m<sup>2</sup> e volume de 230 m<sup>3</sup>. Zona fótica preliminarmente avaliada como entrada.

UTM E: 0743172

UTM N: 8215002

Altitude: 748 metros



Foto 8.97 - Inserção da cavidade na escarpa.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.



Foto 8.98 - Detalhamento do desenvolvimento da caverna.  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.



Foto 8.99 - Figura "fitomórfica".  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.



Foto 8.100 - Figura "antropomórfica".  
Fonte: SUL AMERICANA DE METAIS, 2013.

### 8.3.5. Análise dos Resultados

#### 8.3.5.1. Espeleometria

Os estudos de espeleometria consideraram as 35 cavidades naturais subterrâneas identificadas e classificadas como cavernas, sendo os dados espeleométricos compilados no Quadro 8.7. O Quadro 8.8, na sequência, traz os dados espeleométricos referentes à caverna do Mocororô, que foi estudada de forma a compor a amostra regional. As fichas e os mapas das cavernas com a descrição dos itens estudados encontram-se nos Anexos 7 e

8, respectivamente. Os cálculos dos dados espeleométricos das amostras local e regional se encontram a seguir.

**Quadro 8.7 - Dados espeleométricos das cavidades que compõem o presente estudo**

Cavidade	Projeção Horizontal (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
Caverna CM-01	7,5	0,6	14,6	27,4
Caverna CM-02	46,2	2,1	90,6	85,5
Caverna CM-03	8,1	0,4	5,9	4,7
Caverna CM-04	9,7	0,67	11,4	15
Caverna CM-05	4,9	0,5	14,9	21,5
Caverna CM-06	12,4	2,9	60,9	303,6
Caverna CM-07	12,1	2,7	34,0	150,8
Caverna CM-08	74,8	2,4	260,2	325,9
Caverna CM-09	7,6	0,5	5,7	4
Caverna CM-10	36,5	2	94,8	105,9
Caverna CM-11	8,3	1,6	15,8	46,6
Caverna CM-12	17,4	1,6	13,4	26,2
Caverna CM-13	5,5	1,8	8,6	7
Caverna CM-14	21,0	0,9	81,0	91,1
Caverna CM-15	7,4	1,8	7,9	5,6
Caverna CM-16	9,4	0,3	14,8	12,1
Caverna CM-17	8,4	0,6	7,7	4,6
Caverna CM-18	12,0	2,1	19,8	30,7
Caverna CM-19	7,5	0,3	14,6	38,3
Caverna CM-20	5,2	1,0	13,3	10,4
Caverna CM-21	8,0	1,1	28,4	28,7
Caverna CM-22	5,3	1,6	54,9	151,1
Caverna CM-23	12,5	1,2	11,3	3,8
Caverna CM-24	15,4	0,5	31,5	80,4
Caverna CM-25	8,2	2,4	31,1	58,5
Caverna CM-26	28,8	2,2	20,2	60,7
Caverna CM-27	5,9	0,6	6,1	5,9
Caverna VG-01	6,9	1,4	24,2	33,6
Caverna VG-02	9,3	1,4	32,8	53,6
Caverna VG-03	27,5	3,0	108,8	266
Caverna VG-04	8,2	2,4	67	180,3
Caverna VG-05	15,2	5,0	81,6	173,5
Caverna VG-06	20,6	3,7	71,3	85,6
Caverna VG-07	11,2	1,3	30,4	71,6
Caverna Jatobá	13,0	0,0	81,3	230

Fonte: Brandt, 2012b; Brandt, 2013. Modificado: IC Ambiental Ltda, 2015.

**Quadro 8.8 - Caverna do Mocarorô, estudada de forma a compor a amostra regional**

Cavidade	Coordenadas UTM / Fuso 23K		Altitude (m)	Projeção Horizontal (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
	UTM leste	UTM norte					
Caverna do Mocarorô	745721	8228605	930	96,5	7,1	539,3	1100,9

Fonte: Brandt, 2012b.

### 8.3.5.1.1. Espeleometria sob enfoque regional

Sob o enfoque regional, verifica-se um total de 36 (trinta e seis) cavidades naturais relacionadas, sendo possível a utilização dos dados de **Projeção Horizontal (PH)**, **Desnível**, **Área** e **Volume** de todas as cavidades. Segue, no Quadro 8.9, a relação das cavidades que compõem a Unidade Regional:

**Quadro 8.9 – Dados espeleométricos das cavidades que compõem a Unidade Regional.**

Cavidade	Projeção Horizontal (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
Caverna CM-01	7,5	0,6	14,6	27,4
Caverna CM-02	46,2	2,1	90,6	85,5
Caverna CM-03	8,1	0,4	5,9	4,7
Caverna CM-04	9,7	0,67	11,4	15
Caverna CM-05	4,9	0,5	14,9	21,5
Caverna CM-06	12,4	2,9	60,9	303,6
Caverna CM-07	12,1	2,7	34,0	150,8
Caverna CM-08	74,8	2,4	260,2	325,9
Caverna CM-09	7,6	0,5	5,7	4
Caverna CM-10	36,5	2	94,8	105,9
Caverna CM-11	8,3	1,6	15,8	46,6
Caverna CM-12	17,4	1,6	13,4	26,2
Caverna CM-13	5,5	1,8	8,6	7
Caverna CM-14	21,0	0,9	81,0	91,1
Caverna CM-15	7,4	1,8	7,9	5,6
Caverna CM-16	9,4	0,3	14,8	12,1
Caverna CM-17	8,4	0,6	7,7	4,6
Caverna CM-18	12,0	2,1	19,8	30,7
Caverna CM-19	7,5	0,3	14,6	38,3
Caverna CM-20	5,2	1,0	13,3	10,4
Caverna CM-21	8,0	1,1	28,4	28,7
Caverna CM-22	5,3	1,6	54,9	151,1
Caverna CM-23	12,5	1,2	11,3	3,8
Caverna CM-24	15,4	0,5	31,5	80,4
Caverna CM-25	8,2	2,4	31,1	58,5
Caverna CM-26	28,8	2,2	20,2	60,7
Caverna CM-27	5,9	0,6	6,1	5,9
Caverna VG-01	6,9	1,4	24,2	33,6
Caverna VG-02	9,3	1,4	32,8	53,6
Caverna VG-03	27,5	3,0	108,8	266
Caverna VG-04	8,2	2,4	67	180,3
Caverna VG-05	15,2	5,0	81,6	173,5
Caverna VG-06	20,6	3,7	71,3	85,6
Caverna VG-07	11,2	1,3	30,4	71,6
Caverna Jatobá	13,0	0,0	81,3	230
Caverna do Mocororô	96,5	7,1	539,3	1100,9

Fonte: Brandt, 2012b; Brandt, 2013. Modificado: IC Ambiental, 2015.

Os resultados dos procedimentos estatísticos, conforme a IN 02/2009, encontram-se relacionado no Quadro 8.10, apresentado a seguir:

Quadro 8.10: Média e desvio padrão de projeção horizontal, desnível, área e volume dos dados regionais:

	Nº de dados disponíveis	Média	Desvio padrão
<b>PH (m)</b>	36	17,07	19,07
<b>Desnível (m)</b>	36	1,71	-
<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	36	55,83	94,40
<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	36	108,36	188,88

Fonte: IC Ambiental, 2015.

Portanto, os intervalos de classe com base na IN 02/2009 e na estatística regional são (Quadro 8.11):

Quadro 8.11: Intervalos de PH, desnível, área e volume dos dados regionais para as classificações alta, média e baixa

<b>Projeção Horizontal (m)</b>	
Alta ( $> \mu + \sigma$ )	$> 36,14$
Média [intervalo entre $(\mu - \sigma)$ e $(\mu + \sigma)$ ]	$-2,00 < X < 36,14$
Baixa ( $< \mu - \sigma$ )	$< -2,00$
<b>Desnível (m)</b>	
Alto ( $> \mu$ )	$> 1,71$
Baixo ( $\leq \mu$ )	$\leq 1,71$
<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	
Alta ( $> \mu + \sigma$ )	$> 150,23$
Média [intervalo entre $(\mu - \sigma)$ e $(\mu + \sigma)$ ]	$-38,57 < X < 150,23$
Baixa ( $< \mu - \sigma$ )	$< -38,57$
<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	
Alto ( $> \mu + \sigma$ )	$> 297,24$
Médio [intervalo entre $(\mu - \sigma)$ e $(\mu + \sigma)$ ]	$-80,52 < X < 297,24$
Baixo ( $< \mu - \sigma$ )	$< -80,52$

Legenda:  $\mu$  = média     $\sigma$  = desvio padrão

Fonte: IC Ambiental, 2015.

Tendo em vista os resultados negativos para projeção horizontal, área e volume, considera-se inexistente o intervalo de classe para a valoração de baixa relevância espeleológica segundo o que preconiza a IN 02/2009.

### 8.3.5.1.2. Espeleometria sob enfoque local

#### 8.3.5.1.2.1. Complexo Minerário

Sob o enfoque local do Complexo Minerário, verifica-se um total de 27 (vinte e sete) cavidades naturais relacionadas, sendo possível a utilização dos dados de **Projeção Horizontal (PH)**, **Desnível**, **Área** e **Volume** de todas as cavidades. Segue, no Quadro 8.12, a relação das cavidades que compõem a Unidade Local das cavidades do Complexo Minerário:

**Quadro 8.12 – Dados espeleométricos das cavidades que compõem a Unidade Local das cavidades do Complexo Minerário.**

Cavidade	Projeção Horizontal (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
Caverna CM-01	7,5	0,6	14,6	27,4
Caverna CM-02	46,2	2,1	90,6	85,5
Caverna CM-03	8,1	0,4	5,9	4,7
Caverna CM-04	9,7	0,67	11,4	15
Caverna CM-05	4,9	0,5	14,9	21,5
Caverna CM-06	12,4	2,9	60,9	303,6
Caverna CM-07	12,1	2,7	34,0	150,8
Caverna CM-08	74,8	2,4	260,2	325,9
Caverna CM-09	7,6	0,5	5,7	4
Caverna CM-10	36,5	2	94,8	105,9
Caverna CM-11	8,3	1,6	15,8	46,6
Caverna CM-12	17,4	1,6	13,4	26,2
Caverna CM-13	5,5	1,8	8,6	7
Caverna CM-14	21,0	0,9	81,0	91,1
Caverna CM-15	7,4	1,8	7,9	5,6
Caverna CM-16	9,4	0,3	14,8	12,1
Caverna CM-17	8,4	0,6	7,7	4,6
Caverna CM-18	12,0	2,1	19,8	30,7
Caverna CM-19	7,5	0,3	14,6	38,3
Caverna CM-20	5,2	1,0	13,3	10,4
Caverna CM-21	8,0	1,1	28,4	28,7
Caverna CM-22	5,3	1,6	54,9	151,1
Caverna CM-23	12,5	1,2	11,3	3,8
Caverna CM-24	15,4	0,5	31,5	80,4
Caverna CM-25	8,2	2,4	31,1	58,5
Caverna CM-26	28,8	2,2	20,2	60,7
Caverna CM-27	5,9	0,6	6,1	5,9

Fonte: Brandt, 2012b; Brandt, 2013. Modificado: IC Ambiental, 2015.

Com base nos dados locais levantados, o universo de 27 (vinte e sete) cavidades naturais, foi possível a obtenção de valores de projeção horizontal, desnível, área e volume, que são apresentados no quadro acima. Os resultados estatísticos para formação dos intervalos de classe segundo estes parâmetros são apresentados, a seguir, no Quadro 8.13:

**Quadro 8.13: Média e desvio padrão de projeção horizontal, desnível, área e volume dos dados locais do Complexo Minerário**

	Nº de dados disponíveis	Média	Desvio padrão (m)
<b>PH (m)</b>	27	15,04	15,22
<b>Desnível (m)</b>	27	1,35	-
<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	27	36,05	50,86
<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	27	63,19	82,67

Fonte: IC Ambiental, 2015.

Portanto, os intervalos com base na Instrução Normativa e estatística local são (Quadro 8.14):

**Quadro 8.14: Intervalos de PH, desnível, área e volume dos dados locais do Complexo Minerário para as classificações alta, média e baixa**

Projeção Horizontal (m)	
Alta ( $> \mu + \sigma$ )	$> 30,26$
Média [intervalo entre $(\mu - \sigma)$ e $(\mu + \sigma)$ ]	$-0,18 < X < 30,26$
Baixa ( $< \mu - \sigma$ )	$< -0,18$
Desnível (m)	
Alto ( $> \mu$ )	$> 1,35$
Baixo ( $\leq \mu$ )	$\leq 1,35$
Área (m <sup>2</sup> )	
Alta ( $> \mu + \sigma$ )	$> 86,91$
Média [intervalo entre $(\mu - \sigma)$ e $(\mu + \sigma)$ ]	$-14,81 < X < 86,91$
Baixa ( $< \mu - \sigma$ )	$< -14,81$
Volume (m <sup>3</sup> )	
Alta ( $> \mu + \sigma$ )	$> 145,86$
Média [intervalo entre $(\mu - \sigma)$ e $(\mu + \sigma)$ ]	$-19,48 < x < 145,86$
Baixa ( $< \mu - \sigma$ )	$< -19,48$

Legenda:  $\mu$  = média       $\sigma$  = desvio padrão

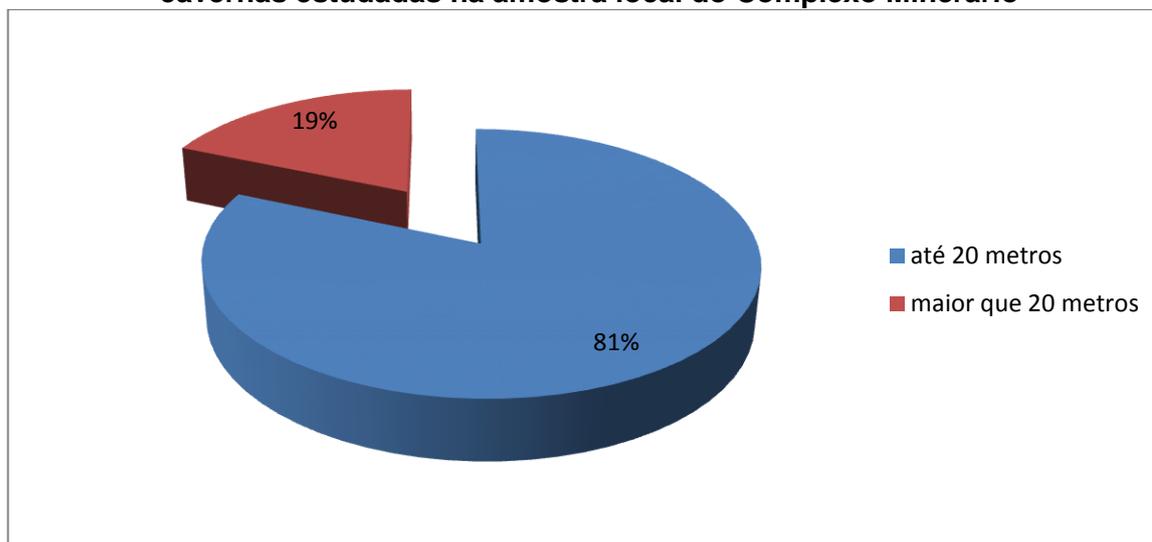
Fonte: IC Ambiental, 2015.

Tendo em vista os resultados negativos para projeção horizontal, área e volume, considera-se inexistente o intervalo de classe para a valoração de baixa relevância espeleológica segundo o que preconiza a Instrução Normativa nº 2.

A projeção horizontal (soma dos condutos em planta baixa) das 27 cavernas estudadas do Complexo Minerário atingiu a média de 15,04 metros, com valores mínimo e máximo de 4,9 metros (Caverna CM-05) e 74,8 metros (Caverna CM-08), respectivamente.

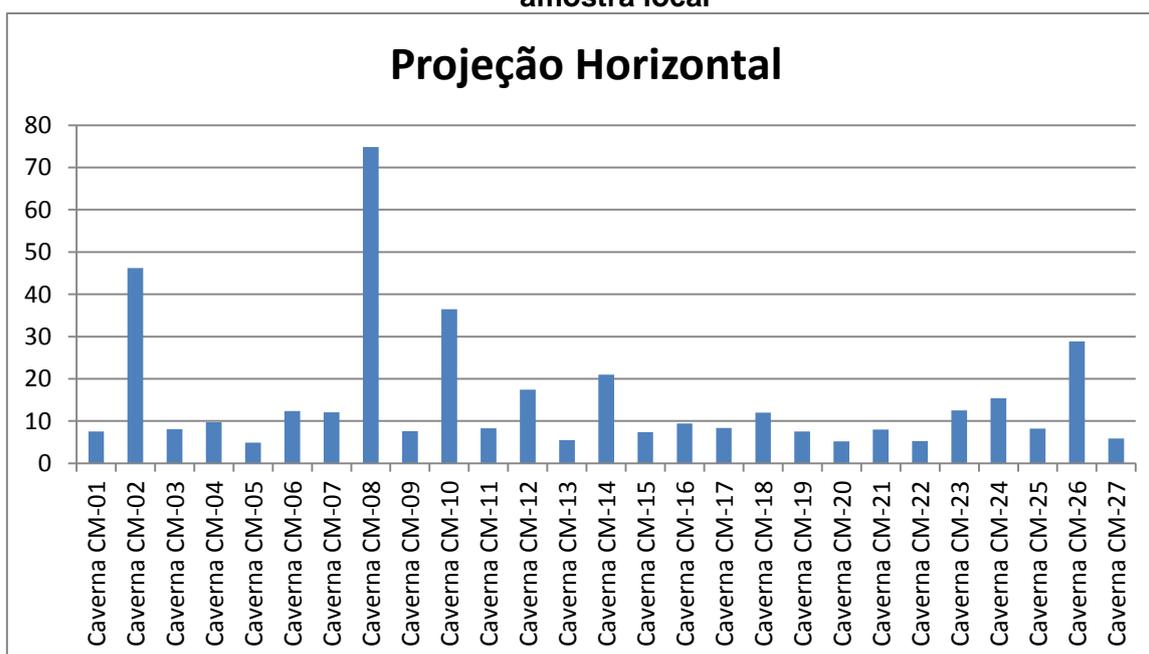
Analisando a distribuição das projeções horizontais (PH) da amostra local, a grande maioria delas (81%) apresenta-se menor que 20 metros (Figura 8.21), sendo consideradas cavernas pequenas. Apenas cinco cavidades (CM-02, CM-08, CM-10, CM-14 e CM-26) apresentaram projeções horizontais maiores que 20 metros, sendo que apenas a cavidade CM-08 é maior que 50 metros, com 74,88 metros, distribuição que pode ser verificada na Figura 8.22. Quando se observa os cálculos realizados para a amostra regional, onde se inclui o conjunto das cavidades do vale dos Gigantes e a Caverna do Mocarorô, observa-se que a média da projeção horizontal sobe para 17,07 metros.

**Figura 8.21 - Distribuição das projeções horizontais, por classes de tamanho, das cavernas estudadas na amostra local do Complexo Minerário**



Fonte: Brandt, 2012b; Brandt, 2013. Modificado: IC Ambiental, 2015.

**Figura 8.22 - Distribuição das projeções horizontais das cavernas estudadas para a amostra local**



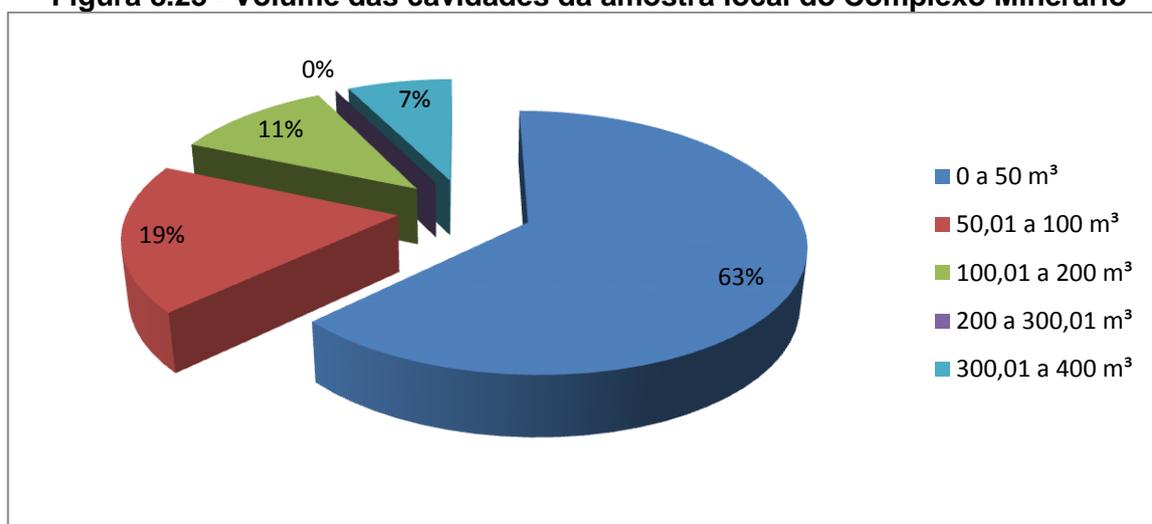
Fonte: Brandt, 2012b; Brandt, 2013. Modificado: IC Ambiental, 2015.

Nas 27 cavidades em estudo da amostra local do Complexo Minerário, o desnível médio atingiu 1,35 metros, com valor máximo de 2,92 metros na Caverna CM-06 e valor mínimo de 0,30 metros nas cavernas CM-16 e CM-19. Tal fato corrobora com a morfologia dos pisos das cavidades, a qual se apresenta predominantemente aplainada. Quando avaliada a amostra regional, com a inserção do conjunto das cavidades do vale dos Gigantes e da Caverna do Mocarorô, percebe-se que a média pouco varia, aumentando para o valor de 1,71 metros.

A média de área da amostra local do Complexo Minerário para as 27 cavidades é 36,05 m<sup>2</sup>, com a maior área atingindo 260,24 m<sup>2</sup>, na Caverna CM-08 (coincidindo com a maior projeção horizontal), e menor área de 5,75 m<sup>2</sup>, na Caverna CM-09. Na amostra regional, a média da área das cavidades aumenta para 55,83 m<sup>2</sup>, devido à diferenciação da caverna Mocarorô (539,34 m<sup>3</sup>) em termos de área, em comparação com todo o restante das demais cavidades.

O volume médio da amostra local do Complexo Minerário atingiu 63,19 m<sup>3</sup>. O maior volume ocorre na caverna CM-08, coincidindo com a maior projeção horizontal e com a maior área, atingindo 325,9 m<sup>3</sup>. O menor volume foi registrado na caverna CM-09, com 4 m<sup>3</sup>. Conforme expressa a figura 3.18, 63% das cavidades da amostra local do Complexo Minerário, ou seja, 17 cavidades apresentam volume abaixo de 50 m<sup>3</sup>. Cinco cavidades, ou o correspondente a 19%, apresentam volume entre 50,1m<sup>3</sup> e 100 m<sup>3</sup>. Ambos os dados mostram que 82% das cavidades na área de estudo apresentam volume inferior a 100 m<sup>3</sup>, o que expressa a predominância de cavidades de volume reduzido. O intervalo de 100,1 e 200 m<sup>3</sup> abarca 11% das cavidades, o que representa três cavidades. Apenas duas cavidades apresentam volume acima de 300 m<sup>3</sup> (cavernas CM-06 e CM-08).

**Figura 8.23 - Volume das cavidades da amostra local do Complexo Minerário**



Fonte: Brandt, 2012b; Brandt, 2013. Modificado: IC Ambiental, 2015.

Incluindo o conjunto das cavidades do Vale dos Gigantes e a Caverna do Mocarorô, no contexto da amostra regional, a média do volume das cavidades aumenta consideravelmente, chegando a 108,36 m<sup>3</sup>, o que é resultante do grande volume da Caverna do Mocarorô (1.100,9 m<sup>3</sup>).

Ainda que as cavidades objeto do presente estudo de relevância estejam inseridas em metadiamicititos, a matriz da mesma apresenta-se ferruginosa, o que permite referenciar como material de comparação as publicações e estudos existentes sobre cavidades em minério de ferro, em especial aquelas do Quadrilátero Ferrífero. Para a área de estudo, tal concepção foi igualmente utilizada por Carmo *et al.* (2011a) quando da apresentação do sítio espeleológico em sistemas ferruginosos do vale do Rio Peixe Bravo. Nesse sentido foi usado, apenas como base de comparação, não entrando, portanto, na amostra regional, um conjunto de 59 cavernas inseridas em formação ferrífera do Quadrilátero Ferrífero nas áreas do Parque Estadual da Serra do Rola Moça, Serra da Moeda, Capão Xavier, Serra do

Gandarela e Serra do Curral (PILO & AULER, 2006 apud AMPLO, 2009) (Quadro 8.15). Essa análise comparativa foi feita para se conhecer o estado da arte das cavernas estudadas com relação a outros grupos amostrais. Essa amostra já foi adotada também para outros estudos espeleológicos e os dados constam no cadastro de cavidades do CECAV (2012).

**Quadro 8.15 - Dados espeleométricos de cavidades do Quadrilátero Ferrífero, usada para fins de comparação (PILO & AULER, 2006 apud AMPLO, 2009).**

Caverna QF	PH	Desnível	Área	Volume
RM-03	33,5	1,4	134,3	200,2
RM-04	34,2	3,4	122,9	157,3
RM-08	61	3	195	377
RM-09	28	2,4	48	74
RM-10	12	1,6	22	28
RM-13	32	2,4	58	122
RM-15	30	1,2	45	71
RM-17	23	9	106	200
RM-18	28	1,2	47	45
RM-22	12	1	46	88
RM-26	25	7	47	80
RM-28	13	5	17	31
RM-31	40	2,2	55	60
RM-32	18	0,8	23	12
RM-33	68,3	2,4	220,8	351,1
RM-34	38	2,4	120	152
RM-38	56	2,4	104	146
RM-39	72	3,2	114	73
RM-40	25	2,9	45	34
RM-42	40	2,8	102	153
MS-01	18	3,4	40	90
MS-02	29	1	46	58
MS-04	33,8	8,4	103	124,6
MS-05	27	1,4	65	102
MS-08	67,0	2,6	142,0	133,5
MS-09	37	1,8	84	80
MS-10	15	2,2	38	40
MS-13	47	6,4	118	156
MS-15	22	1,8	27	17
MS-18	13	1,4	32	28
MS-17	61	6,4	180	207
MS-19	109	10,4	389,3	463,2
MS-21	127	5,4	198	180
MS-24	47	1	32	30
MS-25	57,7	3,8	155,1	181,
MS-26/27	68	3	157	200
MS-29	22,6	5,2	88,2	125,2
MS-30	45	6	138	186
MS-31	35,2	7,5	190,9	228,8
MS-32	13	0,3	30	22
CX-03	23,5	2,5	60	57
CX-04	45	8,5	147	132
CX-05	16,4	4	22	21
CX-06	30	4,5	88	80
SG-02	48,8	1	136,7	202
SG-07	51,4	1,1	185	314,5
SG-10	44,8	2,5	169,1	253,6
SG-15	120	9	190	156

Caverna QF	PH	Desnível	Área	Volume
SG-16	68,4	5,8	157	219
SG-20	43,8	2,4	82	55
SG-32	30,7	9,6	86,6	84
SG-37	58,5	14	215	215
SG-43	53	8,4	170	127
SG-51	55,6	4,8	179	286,4
SC-01	25	3,2	52	87
SC-03	49	4	90	59
SC-05	42	1,2	74	68
SC-09	42	3,4	100	140
SC-10	11	0,8	24	29
<b>Média</b>	<b>41,3</b>	<b>3,8</b>	<b>104,2</b>	<b>130,3</b>

Abreviações: RM (Parque Estadual da Serra do Rola Moça); MS (Moeda Sul); CX (Capão Xavier); SG (Serra do Gandarela) e SC (Serra do Curral).

Diante da comparação dos dados de espeleometria da amostra de cavidades do Quadrilátero Ferrífero e das 27 cavidades estudadas (quadro 8.16) para compor a amostra local do Complexo Minerário, percebe-se que os dados são bastante discrepantes, sendo as médias bastante reduzidas para as cavidades da área de estudo.

**Quadro 8.16 - Comparação entre os dados espeleométricos de amostra de cavidades do Quadrilátero Ferrífero e das 25 cavidades estudadas na amostra local da área do complexo minerário da Sul Americana de Metais.**

Comparativo de dados espeleométricos	PH (m)	Desnível (m)	Área (m²)	Volume (m³)
Média das 25 cavernas da amostra local	15,04	1,35	36,05	63,19
Média das cavernas da amostra do Quadrilátero Ferrífero	41,3	3,8	104,2	130,3

Fonte: Brandt, 2012b. Modificado: IC Ambiental, 2015.

Literatura pertinente às cavernas de minério de ferro (OLIVEIRA, 2011) afirma que a média de projeção horizontal para as cavernas do Quadrilátero Ferrífero é de 24 metros e da Serra Sul, que integra a Serra dos Carajás, 28 metros. Assim como verificado para a comparação realizada acima, destaca-se que ambos os dados também se mostram superiores às médias espeleométricas dos metadiamicititos da Formação Nova Aurora.

Cabe ressaltar ainda a ocorrência, no Quadrilátero Ferrífero, de duas cavernas com elevada projeção horizontal: (i) Gruta da Piedade, com 365 metros e localizada na Serra da Piedade (PEREIRA, 2012 e CECAV, 2012); e (ii) AP-38. com 345 metros, situada no Sinclinal do Gandarela (OLIVEIRA, 2011). Na Serra Sul, em Carajás, a maior cavidade conhecida em minério de ferro tem 1.546 metros de projeção horizontal (OLIVEIRA, 2011).

Por outro lado, CARMO *et al.* (2011a) ressaltaram que as três cavidades estudadas no vale do Rio Peixe Bravo, a norte do Complexo Minerário da Sul Americana de Metais, apresentam dimensões superiores a cavernas de outras regiões ferruginosas, onde se têm relatado volumes pequenos associados a condutos estreitos e salões reduzidos.

**8.3.5.1.2.1. Vale dos Gigantes**

Sob o enfoque local do Vale dos Gigantes, verifica-se um total de 8 (oito) cavidades naturais relacionadas, sendo possível a utilização dos dados de **Projeção Horizontal (PH)**,

**Desnível, Área e Volume** de todas as cavidades. Segue, no Quadro 8.17, a relação das cavidades que compõem a Unidade Regional:

**Quadro 8.17 – Dados espeleométricos das cavidades que compõem a Unidade Local das cavidades do Vale dos Gigantes.**

Cavidade	Projeção Horizontal (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
Caverna VG-01	6,9	1,4	24,2	33,6
Caverna VG-02	9,3	1,4	32,8	53,6
Caverna VG-03	27,5	3,0	108,8	266
Caverna VG-04	8,2	2,4	67	180,3
Caverna VG-05	15,2	5,0	81,6	173,5
Caverna VG-06	20,6	3,7	71,3	85,6
Caverna VG-07	11,2	1,3	30,4	71,6
Caverna Jatobá	13,0	0,0	81,3	230

Fonte: Brandt, 2012b; Brandt, 2013. Modificado: IC Ambiental, 2015.

Com base nos dados locais levantados, o universo de 8 (oito) cavidades naturais, foi possível a obtenção de valores de projeção horizontal, desnível, área e volume, que são apresentados no quadro acima. Os resultados estatísticos para formação dos intervalos de classe segundo estes parâmetros são apresentados, a seguir, no Quadro 8.18:

**Quadro 8.18 - Média e desvio padrão de projeção horizontal, desnível, área e volume dos dados locais do vale dos Gigantes**

	Nº de dados disponíveis	Média	Desvio padrão (m)
<b>PH (m)</b>	8	13,99	6,54
<b>Desnível (m)</b>	8	2,27	-
<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	8	62,17	28,15
<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	8	136,77	81,44

Fonte: Dados da pesquisa

Portanto, os intervalos com base na Instrução Normativa e estatística local são (Quadro 8.19):

**Quadro 8.19 - Intervalos de PH, desnível, área e volume dos dados locais do Vale dos Gigantes para as classificações alta, média e baixa**

Projeção Horizontal (m)	
Alta ( $> \mu + \sigma$ )	$> 20,53$
Média [intervalo entre $(\mu - \sigma)$ e $(\mu + \sigma)$ ]	$7,45 < X < 20,53$
Baixa ( $< \mu - \sigma$ )	$< 7,45$
Desnível (m)	
Alto ( $> \mu$ )	$> 2,27$
Baixo ( $\leq \mu$ )	$\leq 2,27$
Área (m <sup>2</sup> )	
Alta ( $> \mu + \sigma$ )	$> 90,32$
Média [intervalo entre $(\mu - \sigma)$ e $(\mu + \sigma)$ ]	$34,02 < X < 90,32$
Baixa ( $< \mu - \sigma$ )	$< 34,02$
Volume (m <sup>3</sup> )	
Alta ( $> \mu + \sigma$ )	$> 218,21$
Média [intervalo entre $(\mu - \sigma)$ e $(\mu + \sigma)$ ]	$55,33 < x < 218,21$
Baixa ( $< \mu - \sigma$ )	$< 55,33$

Legenda:  $\mu$  = média       $\sigma$  = desvio padrão

Fonte: dados da pesquisa

Diferentemente dos cálculos estatísticos da Unidade Regional e da Unidade Local do Complexo Minerário, não ocorreu resultados negativos para projeção horizontal, área e volume, para o intervalo de classe para a valoração de baixa relevância espeleológica, segundo o que preconiza a Instrução Normativa nº 2.

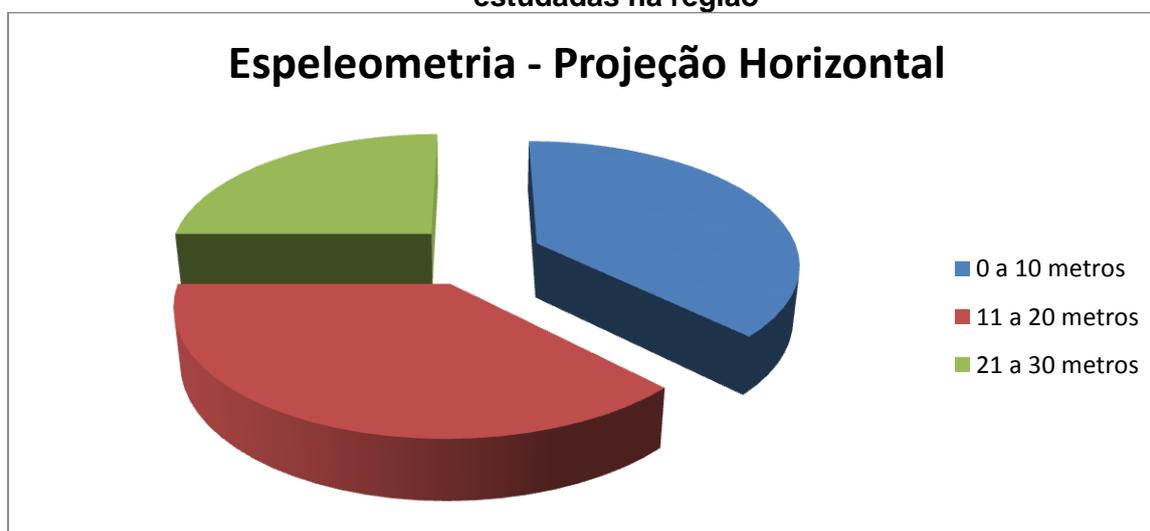
As cavidades do contexto local do Vale dos Gigantes são, em geral, pequenas, com média de projeção horizontal de 13,99 metros. Das 8 (oito) cavidades estudadas (75%, ou seis cavidades) tem menos que 20 metros de projeção horizontal, sendo que a menor delas, a cavidade VG-01, tem 6,9 metros. Três cavidades têm mais de 15,1 metros de projeção horizontal, sendo que a maior cavidade, a VG-03, tem projeção horizontal de 27,5 metros (Quadro 8.20, Figura 8.24 e Foto 8.101).

**Quadro 8.20 - Projeção horizontal das cavidades da Unidade Local do vale dos Gigantes**

ESPELEOMETRIA		
PH	Total	%
0 a 10 metros	3	37,5
11 a 20 metros	3	37,5
21 a 30 metros	2	25

Fonte: Brandt, 2013. Modificado: IC Ambiental, 2015.

**Figura 8.24 - Distribuição gráfica da projeção horizontal de todas as cavidades estudadas na região**



Fonte: Brandt, 2013. Modificado: IC Ambiental, 2015.



Foto 8.101 - A caverna VG-05 é a que apresenta maior projeção horizontal, dentre as estudadas.  
Fonte: Brandt, 2013.

Em termos comparativos com as cavidades inseridas no contexto regional, incluindo as 27 cavidades do Complexo Minerário (Bloco 8) e a Caverna do Mocarorô, observa-se que três das oito cavidades ora avaliadas (VG-01, VG-02 e VG-04) se inserem na classe das cavidades com projeção horizontal de até 10 metros, que compreendem o maior número de cavidades estudadas, juntamente com outras três cavidades (VG-05, VG-07 e Jatobá), que se encontram na classe de projeção horizontal entre 10,1 e 20 metros. Duas cavidades (VG-03 e VG-06) estão na classe das cavidades com projeção horizontal entre 20,1 e 30 metros de projeção horizontal. Destaca-se que uma cavidade está entre as dez menores cavidades estudadas no contexto regional (VG-01) e outras duas cavidades estão entre as dez maiores (VG-03 e VG-06) (Quadro 8.20, Figura 8.24).

O desenvolvimento das cavidades estudadas é predominantemente horizontalizado, sendo o maior desnível, de 5 metros, encontrado na cavidade VG-05, que apresenta 15,2 metros de PH. Essa cavidade é também a que apresenta maior relação entre o desnível e o PH: 0,33 cm de desnível por metro de PH. Cinco das oito cavidades (62,5 %) tem desnível menor que 3 metros e a média dos desníveis é de 2,27 metros. A cavidade Jatobá apresentou valor de desnível que pode ser considerado nulo (Quadro 8.17). Quando comparadas com as cavidades estudadas no contexto regional, incluindo as 27 cavidades do Complexo Minerário (Bloco 8) e a Caverna do Mocarorô, nota-se que três cavidades do contexto local do Vale dos Gigantes (VG-03, VG-05 e VG-06), apresentam juntamente com a Caverna do Mocarorô os maiores desníveis identificados.

Quanto à área, as cavidades do contexto local do Vale dos Gigantes apresentam média de 62,17 m<sup>2</sup>, sendo que três cavidades têm valores de área de até 50 m<sup>2</sup>, quatro outras cavidades (50%) tem área entre 50,1 e 100 m<sup>2</sup> e uma tem valor superior a 100,1 m<sup>2</sup>. O valor

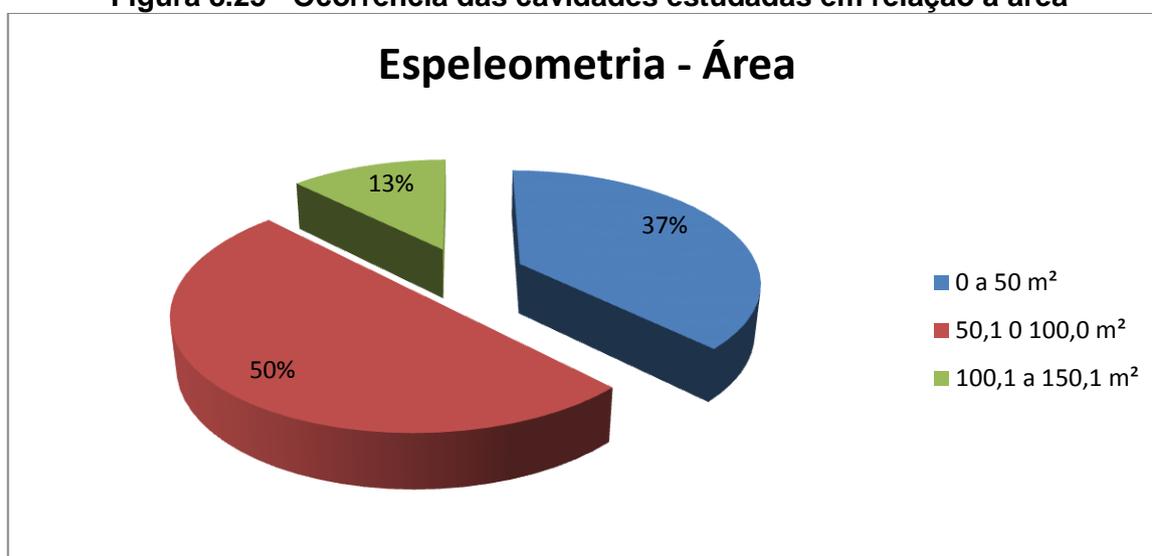
de área máximo de 108,8 m<sup>2</sup> foi identificado na cavidade VG-03 e o valor mínimo de 24,2 m<sup>2</sup> na cavidade VG-01. Em termos comparativos com as cavidades constantes do contexto regional, percebe-se que as cavidades VG-03, VG-04, VG-05, VG-06 e Jatobá se encontram entre as 10 maiores cavidades no contexto regional. (Quadro 8.21 e Figura 8.25).

**Quadro 8.21 - Área das cavidades estudadas**

ESPELEOMETRIA		
Área	Total	%
0 a 50 m <sup>2</sup>	3	37
50,1 a 100,0 m <sup>2</sup>	4	50
100,1 a 150,1 m <sup>2</sup>	1	13

Brandt, 2013. Modificado: IC Ambiental, 2015.

**Figura 8.25 - Ocorrência das cavidades estudadas em relação à área**



Brandt, 2013. Modificado: IC Ambiental, 2015.

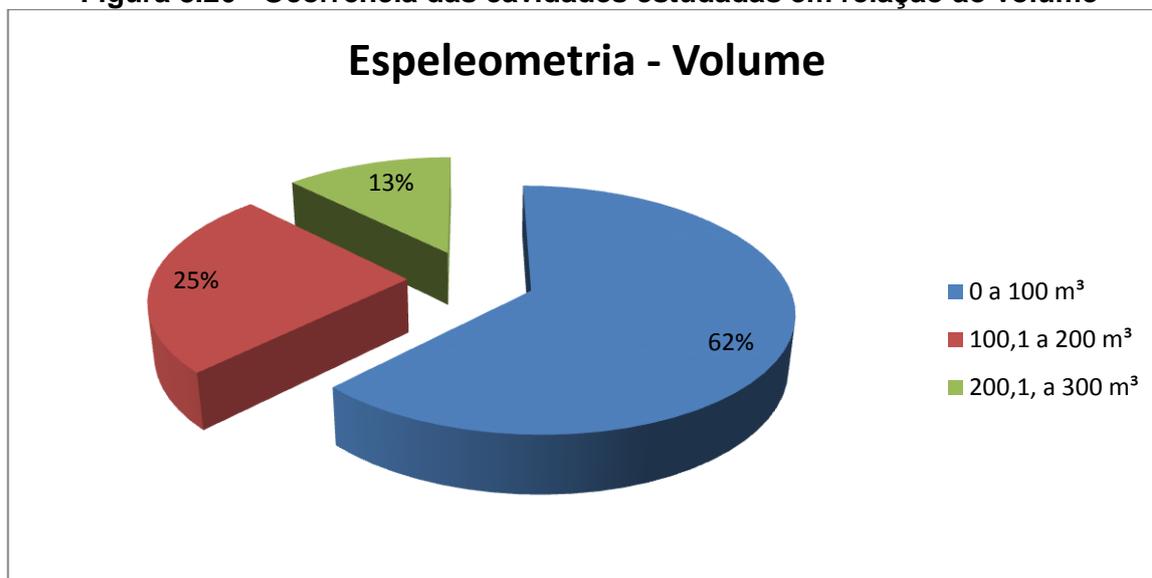
O volume médio das cavidades é de 136,77 m<sup>3</sup>, com menor valor identificado na cavidade VG-01, de 24,2 m<sup>3</sup>, e maior valor de 266,0m<sup>3</sup> em VG-03. A maior relação entre área e volume é, no entanto, encontrada na cavidade Jatobá, que tem 2,83 m<sup>3</sup> por m<sup>2</sup> de área. Essa cavidade e as cavidades VG-03 e VG-04 são as mais volumosas, com valores acima de 175 m<sup>3</sup>. Se comparadas às cavidades que compõem a Unidade Regional, destaca-se que quatro cavidades do contexto local do vale dos Gigantes (VG-03, VG-04, VG-05 e Jatobá) se encontram entre as 10 mais volumosas cavidades do contexto regional. (Quadro 8.22, Figura 8.26 e Foto 8.102).

**Quadro 8.22 - Volume das cavidades estudadas**

ESPELEOMETRIA		
Volume	Total	%
0 a 100 m <sup>3</sup>	5	62
100,1 a 200 m <sup>3</sup>	2	25
200,1 a 300 m <sup>3</sup>	1	13

Brandt, 2013. Modificado: IC Ambiental, 2015.

**Figura 8.26 - Ocorrência das cavidades estudadas em relação ao volume**



Brandt, 2013. Modificado: IC Ambiental, 2015.

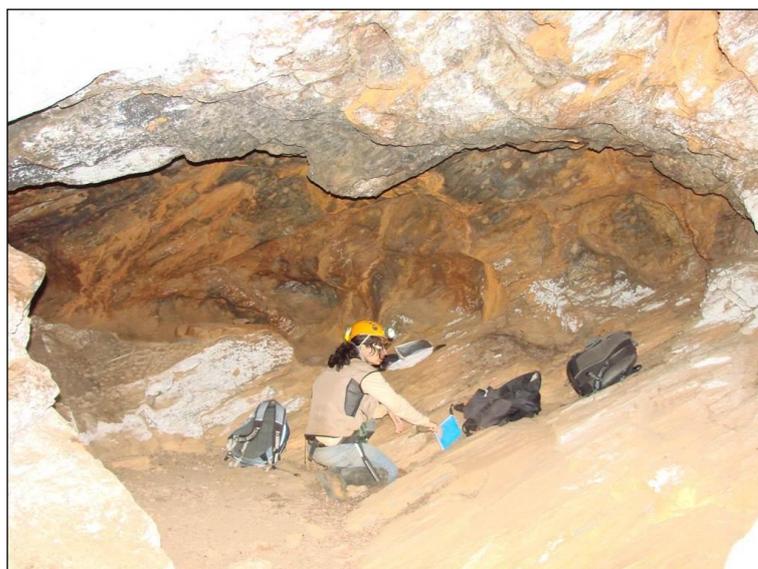


Foto 8.102 - Caverna Jatobá, que se destaca na relação entre área e volume.

### 8.3.5.2. Inserção das cavidades na paisagem

Quanto à inserção hipsométrica das cavernas localizadas no Complexo Minerário, constatou-se que a maior parte, ou 19 cavernas, está posicionada em média vertente, entre as cotas de 770 a 830 metros. Em segundo lugar estão aquelas posicionadas em alta vertente (4 cavernas), com cotas maiores que 830 metros. Em menor parcela (4 cavernas), estão as cavernas localizadas na baixa vertente, com cotas entre 700 a 770 metros. A Figura 8.27 mostra o percentual da distribuição das cavernas de acordo com sua posição na vertente.

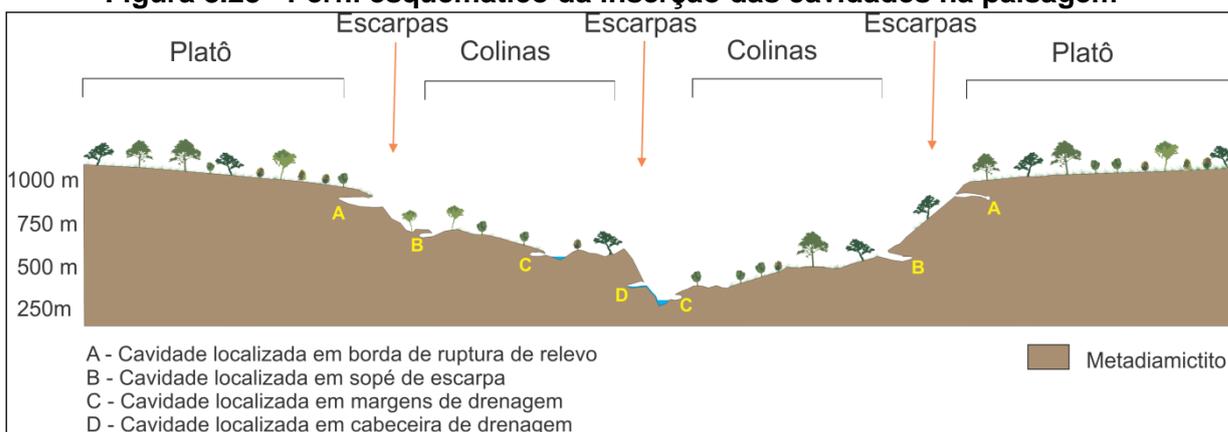
**Figura 8.27 - Distribuição das cavernas de acordo com sua posição na vertente**



Fonte: IC Ambiental Ltda, 2015.

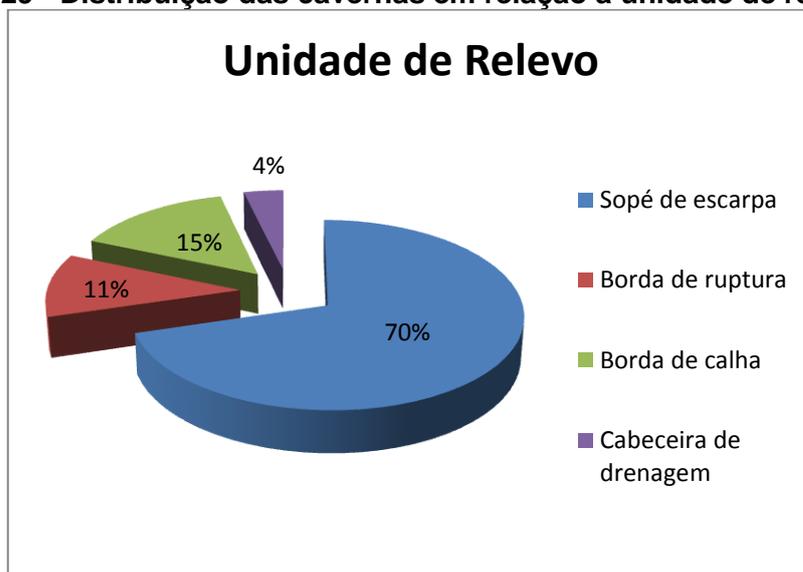
A localização das 27 cavidades em relação à unidade de relevo local das cavernas também foi analisada. Foram identificadas quatro unidades de relevo locais: borda de ruptura, correspondentes a locais referentes à ruptura do relevo; sopé de escarpa, que diz respeito à base de uma escarpa ou vertente íngreme com afloramento de rocha; margem de drenagem, que faz referência às cavernas localizadas diretamente nas margens de alguma das drenagens da área também com afloramento de rocha; e cabeceira de drenagem que representam cavernas desenvolvidas em surgências de drenagens. Destaca-se aqui a total ausência de cavidades em zonas de platô. A Figura 8.28 esboça um perfil esquemático da inserção das cavidades na paisagem. Na Figura 8.29 é possível ver a distribuição das cavernas com relação às unidades de relevo onde estão inseridas.

**Figura 8.28 - Perfil esquemático da inserção das cavidades na paisagem**



Fonte: Brandt, 2012b.

**Figura 8.29 - Distribuição das cavernas em relação à unidade de relevo local**



Fonte: IC Ambiental Ltda, 2015.

Das 27 cavidades do Complexo Minerário, 19 cavernas da amostra se situam no sopé de escarpa, como é o caso, por exemplo, da Caverna CM-02 (Foto 8.103), que está na base de uma escarpa, em um paredão que atinge 20 metros de altura.

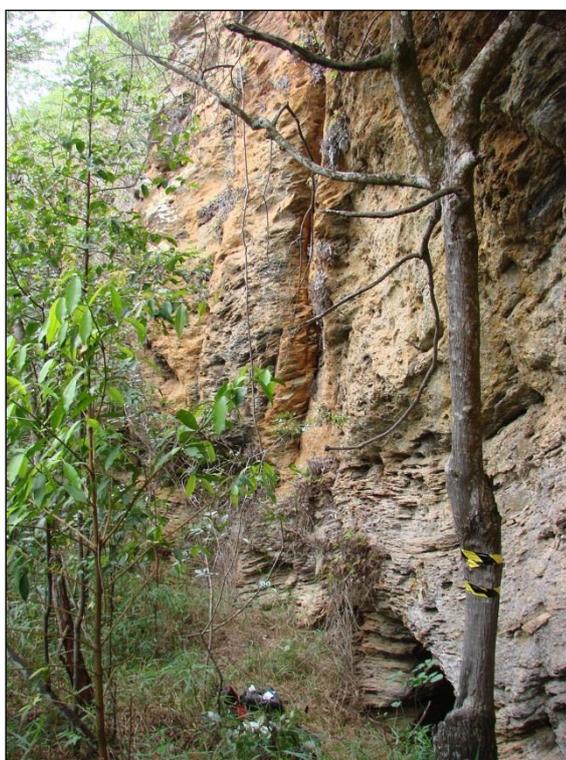


Foto 8.103 - Caverna CM-02, localizada no sopé de uma escarpa.  
Fonte: Brandt, 2012b.

Em segundo lugar, com quatro cavernas, estão aquelas localizadas em alguma das margens de drenagem, como é o caso da Caverna CM-22, que está localizada na margem esquerda do leito do córrego Lamarão (Foto 8.104).



Foto 8.104 - Caverna CM-22, localizada na margem esquerda do leito do Córrego Lamarão.  
Fonte: Brandt, 2012b.

Em menor ocorrência estão as cavidades que se localizam em borda de ruptura, representando três cavernas, como é o exemplo da Caverna CM-05 (Foto 8.105), localizada na ruptura de relevo. Apenas a caverna CM-23 se insere no contexto da última unidade: cabeceira de drenagem.



Foto 8.105 - Caverna CM-05, localizada em borda de ruptura.  
Fonte: Brandt, 2012b.

A cavidade CM-13 ocorre em depósito de tálus (Foto 8.106).



Foto 8.106 - De pequenas dimensões, a cavidade CM-13, desenvolvida em tálus, apresenta teto e paredes irregulares.  
Fonte: Brandt, 2013.

No contexto da inserção das cavidades na paisagem é interessante destacar o exposto por CARMO *et al.* (2011a) ao estudar cavidades no vale do Rio Peixe Bravo. Os autores também ressaltaram que a maioria das cavidades identificadas se situa na base das escarpas. Tal constatação ressalta uma característica bastante peculiar das cavernas desenvolvidas em metadiamicritos identificadas na região de estudo, quando comparadas com as demais cavidades em minério de ferro das unidades de Carajás e Quadrilátero Ferrífero, as quais se desenvolvem predominantemente em áreas de topo e em bordas de platô.

Em relação às cavidades localizadas no Vale dos Gigantes (VG-01, VG-02, VG-03, VG-04, VG-05, VG-06 e VG-07), todas se inserem no vale do Córrego do Lajedão, no contexto morfológico das Chapadas.

Apenas a cavidade Jatobá, integrante da microbacia de um afluente “sem nome” da margem esquerda do Rio Vacaria, se localiza em um Maciço Residual (ou Morro Testemunho).

Conforme já mencionado, as chapadas são conjuntos de formas de relevo de topo plano ou suavemente ondulado, elaboradas em rochas sedimentares ou metassedimentares, em geral limitadas por escarpas situadas em altitudes elevadas (IBGE, 2009). Integram extensas superfícies de aplainamento constituídas pela Superfície de Aplainamento Sulamericana (KING, 1956 apud SAADI, 1995; GROSSI-SAD *et al.*, 1997), regionalmente definida por CETEC (1982) como Planalto do Rio Jequitinhonha. Na região, de forma geral, os topos horizontais coincidem com a disposição estrutural, estando os mesmos muitas vezes sustentados por coberturas ferruginosas que oferecem resistência ao recuo das vertentes. As escarpas associadas tendem à concavização na base, onde são depositados os detritos mais grossos derivados do recuo paralelo das vertentes.

Os maciços residuais ou morros testemunhos correspondem a formas de relevo de topo plano, limitado por escarpas, resultante do recuo lateral pela erosão de outras escarpas de relevos tabuliformes formados em rochas sedimentares. Ocorrem nas depressões

periféricas, precedendo frentes de planaltos sedimentares ou sobre planaltos e chapadas, assinalando contato de rochas de resistências diferentes ou limites de recuo de erosão (IBGE, 2009). Na área de estudo, essas formas ocorrem inseridas nas médias e baixas vertentes dos vales locais como feições descontínuas, isoladas na paisagem, as quais representam testemunho dos processos de evolução do modelado.

As cavidades do Vale dos Gigantes estão localizadas em escarpa paralela à calha das drenagens e apresentam altimetria semelhante entre si, que varia de 731 metros de altitude na cavidade VG-07 a 756 metros de altitude na cavidade VG-03.

As cavidades VG-04, VG-05, VG-06, VG-07 e a cavidade Jatobá ocorrem em áreas de encosta inclinada de chapada, enquanto as cavidades VG-01, VG-02 e VG-03 se encontram na borda das chapadas, onde ocorre a quebra principal do relevo (Foto 8.107). Destas, seis (6) cavidades se encontram na parte alta da vertente, incluindo aquelas cavidades que se encontram na borda das chapadas. Apenas as cavidades VG-07 e Jatobá se encontram nas médias vertentes. Não foram identificadas cavidades na baixa vertente e tão pouco no contexto de topo de morro (Figuras 8.30 e 8.31).



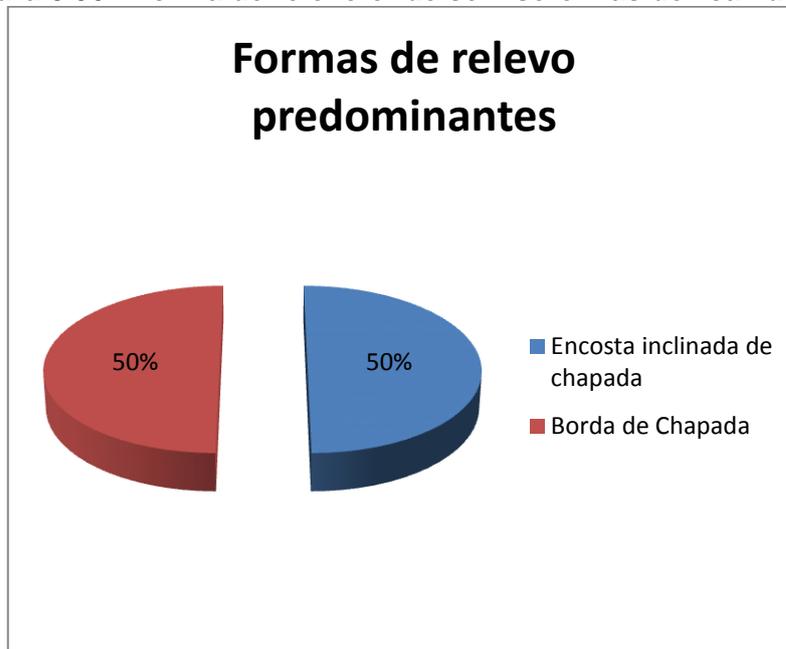
**Foto 8.107 - Caverna VG-03, indicada pela seta, localizada na parte superior da vertente, a partir de visão do outro lado do vale.**

Fonte: Brandt, 2013.

As cavidades localizadas no Complexo Minerário se inserem predominantemente na média vertente e em sopé de escarpa, aspecto também observado por CARMO *et al.* (2011a) ao estudar as cavidades no Vale do Rio Peixe Bravo. Tal constatação ressalta uma característica bastante peculiar das cavernas desenvolvidas em metadiamicictos identificadas na região de estudo, quando comparadas com as demais cavidades em

minério de ferro das unidades de Carajás e Quadrilátero Ferrífero, as quais se desenvolvem predominantemente em áreas de topo e em bordas de platô.

**Figura 8.30 - Forma de relevo onde se inserem as dez cavidades\***



\* A cavidade PX-05 se encontra em duas categorias: borda de platô e encosta inclinada de chapada.  
 Fonte: IC Ambiental Ltda, 2015.

**Figura 8.31 - Posição das vertentes onde se inserem as dez cavidades em estudo**



Fonte: IC Ambiental Ltda, 2015.

### **8.3.5.3. Aspectos litológicos e estruturais**

#### **8.3.5.3.1. Introdução**

As cavidades da região do Complexo Minerário e do Vale dos Gigantes ora estudadas se encontram associadas a rochas metassedimentares de idade neoproterozoica, enquadradas na Formação Nova Aurora, Grupo Macaúbas.

Todavia, embora tenham uma origem comum, apresentam diferenças mineralógicas e químicas que merecem destaque. A mais peculiar delas é a presença de especularita em quantidade considerável na matriz de alguns litotipos, de tal forma que tais litotipos se tornaram minério de ferro. Dada a natureza vaga do termo minério, já que tal designação varia temporalmente e espacialmente de acordo com a economicidade e com a disponibilidade ou não de recursos naturais, optou-se, neste documento, por não considerar essa designação para nomear qualquer rocha. Apenas no caso das cavidades localizadas na área do Complexo Minerário fez-se uma posterior associação com a nomenclatura das litologias adotada no EIA-RIMA do Projeto Vale do Rio Pardo e por VILELA (2010).

Outro aspecto importante de ser salientado é que o termo rocha ferrífera mostra-se igualmente vago, já que inclui dentro da mesma categoria rochas deformadas e, portanto, que apresentam planos preferenciais de remoção mecânica, tais como ocorre nos itabiritos e metadiamicíticos, e produtos de processos superficiais, como nas cangas. Sendo assim, a terminologia científica derivada da descrição e gênese da rocha e, portanto, vinculada a termos utilizados dentro da geologia, mostra-se mais apropriada. Como as rochas tanto do Complexo Minerário, quanto do Vale dos Gigantes são produto da consolidação de sedimentos clásticos associados ou não à precipitação de ferro, optou-se por considerar mais genericamente que as cavidades estão desenvolvidas em rochas siliciclásticas, já que a contribuição de transporte mecânico e sedimentação de sedimentos terrígenos foi fundamental tanto para a formação das rochas, quanto para a resposta reológica durante a deformação, haja vista a grande quantidade de seixos estirados e paralelizados em relação à foliação.

Entretanto, embora a origem, a idade e os processos deformacionais associados a tais rochas sejam bem conhecidos, a idade e os processos responsáveis pela formação das cavidades inseridas nas mesmas não são. Sabe-se que a contribuição de controle estrutural, representado pela presença de fraturas, dobras e falhas é inquestionável. Porém, os espeleotemas encontrados dentro das cavidades estudadas apresentam aspecto semelhante àqueles encontrados em cavidades desenvolvidas nos itabiritos e cangas do Quadrilátero Ferrífero e nos jaspelitos de Carajás. O que, eventualmente, pode indicar a influência de processos comuns. Assim, não se considera adequado associar a gênese apenas a processos espeleogenéticos exclusivos de rochas siliciclásticas, tão somente àqueles exclusivos de rochas com alta concentração de ferro, tais como itabiritos e jaspelitos, ou de materiais recentes, como as cangas.

#### **8.3.5.3.2. Descrição litológica**

Na região do Complexo Minerário (Bloco 8) afloram litologias diferentes: metadiamicítico hematítico, metadiamicítico estéril, metadiamicítico limonitizado, metadiamicítico quartzoso e

metadiamicitito micáceo. Na região do Vale dos Gigantes afloram o metadiamicitito hematítico, metadiamicitito micáceo e metadiamicitito quartzoso.

O metadiamicitito hematítico pode ser descrito como uma rocha com coloração cinza escura, coesa, embora friável quando próxima a zonas de cisalhamento. É composta por uma matriz rica em specularita, com ou sem magnetita subordinada, em geral em quantidades traço. O arcabouço é formado por clastos com granulometria variada, desde grânulo a matacão, compostos por quartzo de veio, quartzito, granitóides em processo de caulinição ou, eventualmente, metapelitos (foto 8.108).



Foto 8.108 - Aspecto do metadiamicitito hematítico, na Caverna CM-15.  
Fonte: Brandt, 2012b.

O Metadiamicitito Estéril apresenta coloração bege, devido ao menor teor de Fe, e acamamento visível (foto 8.109). O Metadiamicitito Hematítico Limonitizado apresenta coloração amarelada (devido à presença de limonita) e aspecto maciço (foto 8.110)

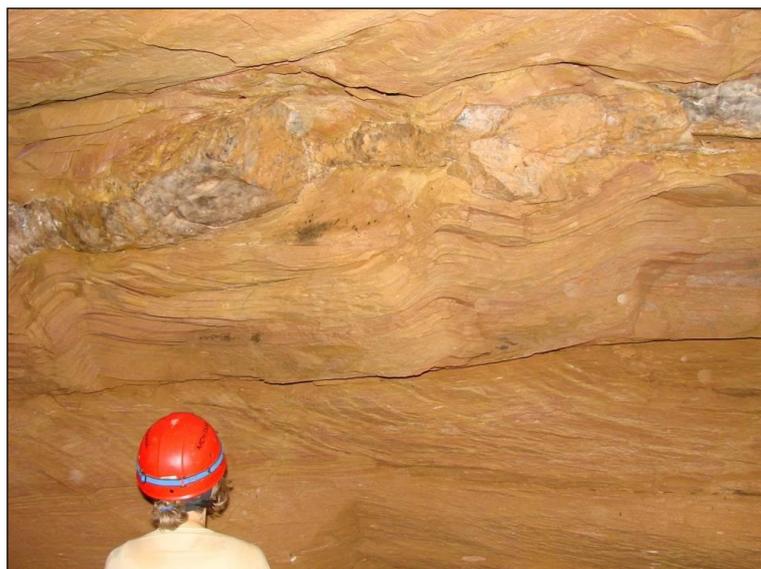


Foto 8.109 - Aspecto do metadiamicictito estéril, na caverna CM-07.  
Fonte: Brandt, 2012b.

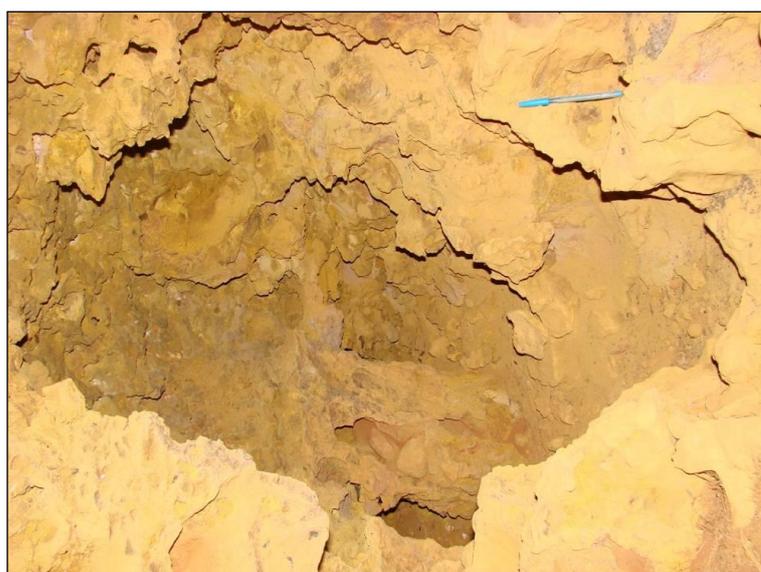


Foto 8.110- Aspecto do metadiamicictito hematítico limonitizado, na Caverna CM-11.  
Fonte: Brandt, 2012b.

A cavidade CM-13 encontra-se em tálus de metadiamicictito hematítico, recoberto por canga (Foto 8.111).



Foto 8.111 - Entrada da cavidade CM-13, desenvolvida em depósito de tálus de metadiamicrito hematítico recoberto por canga detrítica. Os matações condicionam as paredes e a canga o teto da cavidade.

Fonte: Brandt, 2013.

O metadiamicrito micáceo pode ser descrito como uma rocha com coloração cinza claro a bege e coesa, embora se apresente friável quando intemperizada. É composta por uma matriz rica em filossilicatos, particularmente biotita e muscovita, com ou sem magnetita subordinada. O arcabouço é formado por clastos com granulometria variada, desde grânulo a matação, compostos por quartzo de veio, quartzito, granitóides em processo de caulinição ou, eventualmente, metapelitos. Ressalta-se que o metadiamicrito micáceo intemperizado corresponde ao metadiamicrito argilo-arenoso estéril descrito por VILELA (2010) para a área do Complexo Minerário e cuja terminologia foi adotada no EIA-RIMA do Projeto Vale do Rio Pardo.

O metadiamicrito quartzoso pode ser descrito como uma rocha que apresenta uma capa externa acinzentada, embora se mostre avermelhada na porção interna, grosseira ao tato e bastante coesa. É composta por uma matriz muito rica em quartzo, com filossilicatos subordinados e arcabouço com grânulos e seixos, aparentemente de quartzo de veio e quartzito.

No Vale dos Gigantes observou-se que essas litologias estão dispostas formando um pacote composto por, da base para o topo, metadiamicrito hematítico, metadiamicrito micáceo e metadiamicrito quartzoso. O contato entre elas é brusco e concordante com a foliação, com mergulho para SE. Em relação à inserção litológica, as cavernas do Vale dos Gigantes ocorrem em um litotipo específico (Fotos 8.112 e 8.113) ou no contato entre duas ou mais rochas (Foto 8.114). A distribuição das mesmas em relação à litologia encontra-se representada na Figura 8.32, a seguir.

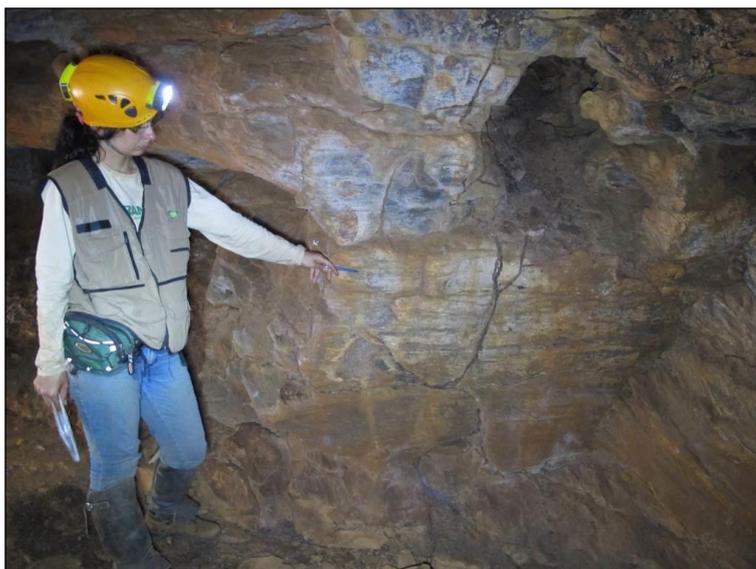


Foto 8.112 - Interior da caverna VG-02, em metadiamicctito micáceo.  
Fonte: Brandt, 2013.



Foto 8.113 - Interior da caverna VG-07, em metadiamicctito hematítico.  
Fonte: Brandt, 2013.

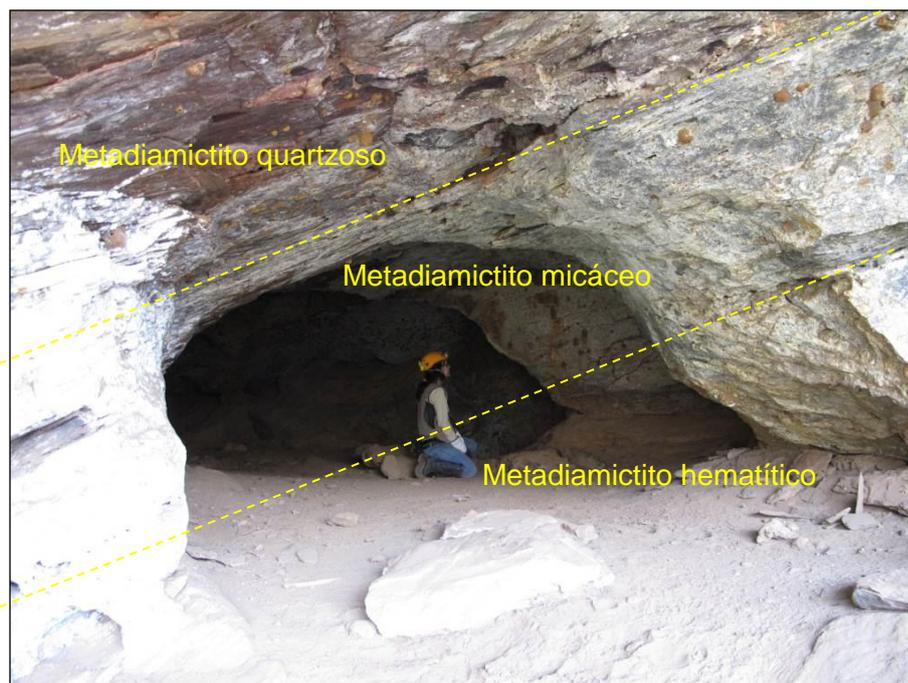
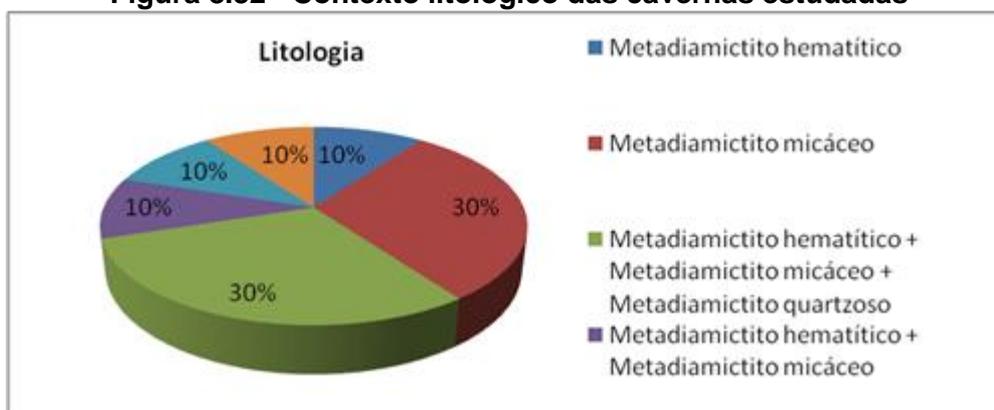


Foto 8.114 - Entrada da cavidade VG-05 (contato entre metadiamicictito hematítico, metadiamicictito micáceo e metadiamicictito quartzoso).  
Fonte: Brandt, 2013.

**Figura 8.32 - Contexto litológico das cavernas estudadas**



Fonte: IC Ambiental Ltda, 2013.

### 8.3.5.3.3. Descrição estrutural

A descrição estrutural foi tratada separadamente para as cavidades inseridas na região do Complexo Minerário e Vale dos Gigantes, uma vez que a distância entre elas poderia não refletir aspectos estruturais locais.

#### 8.3.5.3.3.1. Complexo Minerário

Após a observação da distribuição e morfologia das cavidades e análise estrutural da região, observou-se que aquelas localizadas a norte estão posicionadas na escarpa gerada pelo "encaixe" do córrego Mundo Novo, em uma zona de falhas alinhadas segundo a direção E-

W. As demais cavidades se localizam nas escarpas geradas pela incisão do Córrego Lamarão na porção leste do corpo mineralizado, apresentando direção N-S, enquanto na porção sul as direções predominantes são NW-SE e NE-SW.

Regionalmente, os planos principais de falhas e fraturas mapeados na região apresentam mergulhos fortes (70 a 90°) (Foto 8.115), o que conduz à hipótese de um possível controle estrutural tanto para a formação das cavidades, quanto para o desenvolvimento dos condutos. Associado a isso, o levantamento da atitude das estruturas presentes nas cavidades indica que quatro famílias principais de fraturas, com direções N25-40E, N65-80W, N75-85E e N25-40W controlariam a direção dos condutos. E a análise das estruturas presentes nos condutos e da morfologia do teto mostrou que estes variam de acordo com a estrutura associada: o teto plano é controlado pela foliação; a morfologia triangular é resultado da interseção entre a foliação e os planos de fratura; e o formato abaulado está relacionado à presença de dobras, relacionadas à fase de dobramento S2 que afeta o corpo de minério, de maneira geral de maneira incipiente, porém localmente mais proeminentemente.

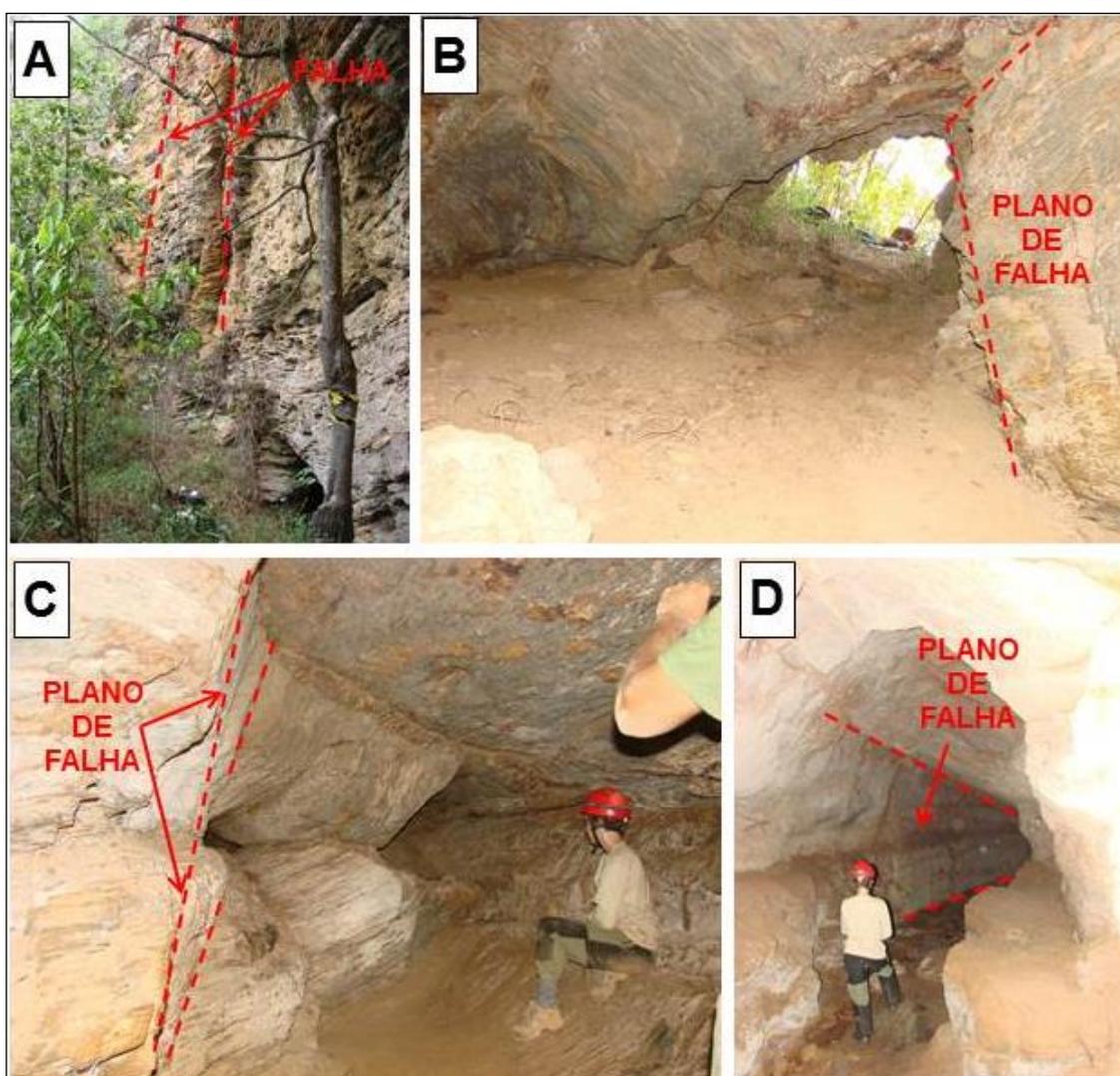
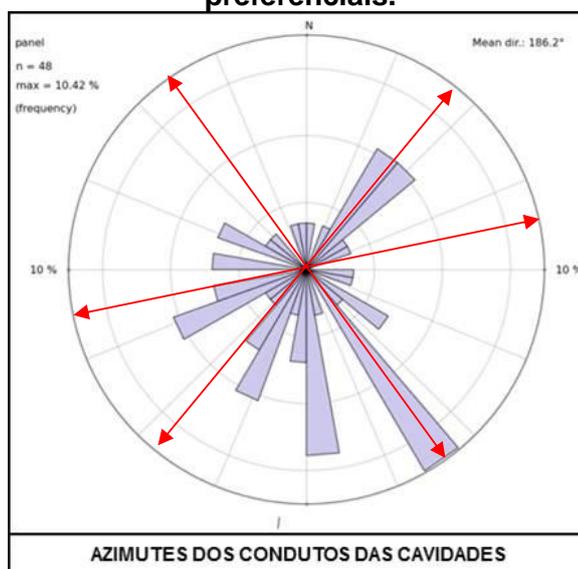


Foto 8.115 - Falhas presentes nas cavidades  
Fonte: Brandt, 2012b.

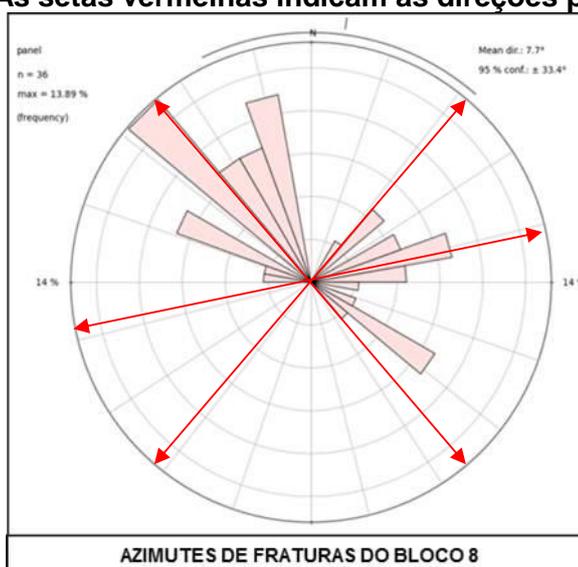
Para verificar a possibilidade de controle estrutural no desenvolvimento das cavidades, foram levantados os azimutes dos condutos (Figura 8.33), posteriormente correlacionando-os aos azimutes dos planos de falhas e fraturas medidos na área e avaliados por meio de diagramas de rosetas (Figura 8.34). Concluiu-se então que tanto o desenvolvimento dos condutos, como a morfologia em planta das cavidades, apresenta controle estrutural nítido. A foto 8.115 ilustra falhas identificadas em condutos e afloramentos onde se encaixam as cavidades.

**Figura 8.33 - Diagrama de rosetas dos azimutes dos condutos das cavidades presentes nas bordas do corpo mineralizado. As setas vermelhas indicam as direções preferenciais.**



Fonte: Brandt, 2012b.

**Figura 8.34 - Diagrama de rosetas dos planos das fraturas e falhas do complexo mineralário. As setas vermelhas indicam as direções preferenciais.**



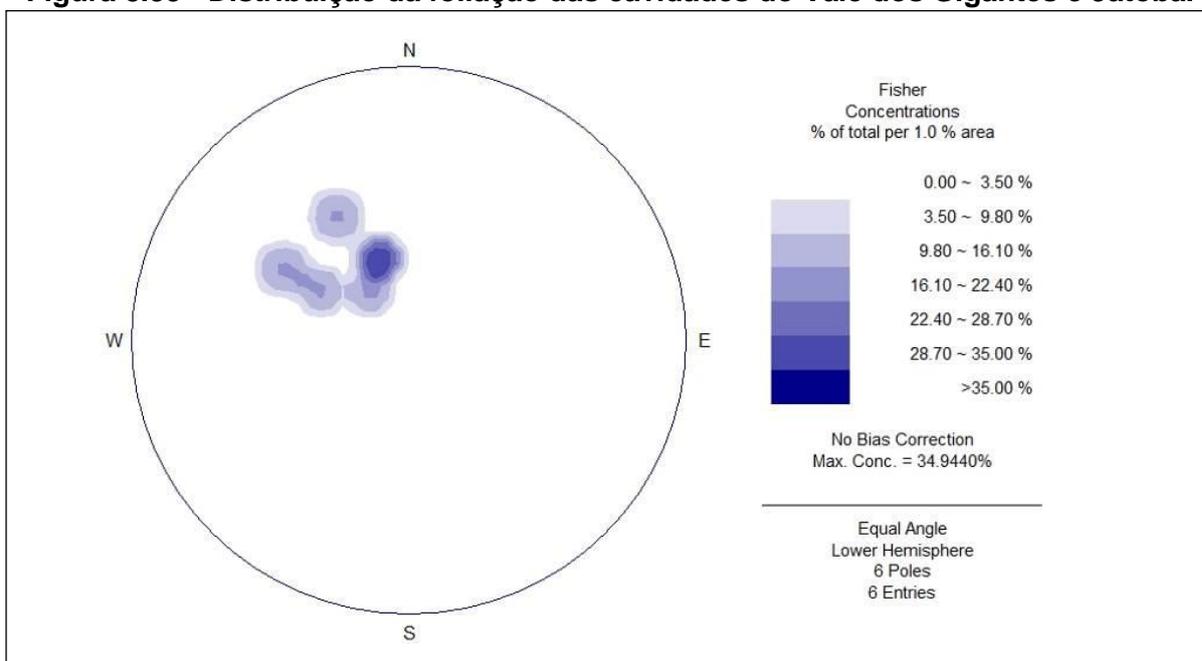
Fonte: Brandt, 2012b.

### 8.3.5.3.3.2. Vale dos Gigantes

As cavidades do Vale dos Gigantes se situam, em sua maioria, no vale do Córrego Lajedão<sup>6</sup>, com exceção da cavidade do Jatobá. Esse córrego se estende paralelamente a um grande lineamento estrutural NW-SE, indicado na Folha Geológica Padre Carvalho (GROSSI-SAD *et al.*, 1997).

A região é cortada por fraturas com direções gerais NNW-SSE, WNW-ESE, NNE-SSW e NE-SW (Figura 8.35) e por uma foliação com direção geral NE-SW, que mergulha para SE com ângulos que variam de 35° a 55°.

**Figura 8.35 - Distribuição da foliação das cavidades do Vale dos Gigantes e Jatobá.**

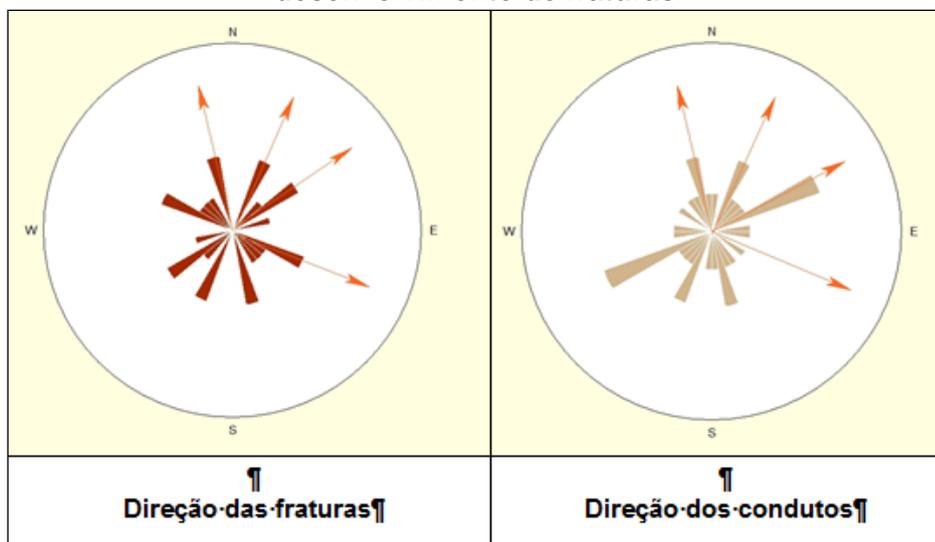


Fonte: Brandt, 2013.

Observando o diagrama de rosetas e o azimute dos condutos (Figura 8.36), conclui-se que a direção preferencial do desenvolvimento dos mesmos é paralela à direção de três dos quatro grupos principais de fraturas.

<sup>6</sup> O córrego Lajedão também é denominado localmente de córrego Esmeril, nomenclatura abordada no estudo paleontológico.

**Figura 8.36 - Diagramas de rosetas mostrando a direção das fraturas e a direção do desenvolvimento dos condutos. As setas indicam as direções preferenciais do desenvolvimento de fraturas.**



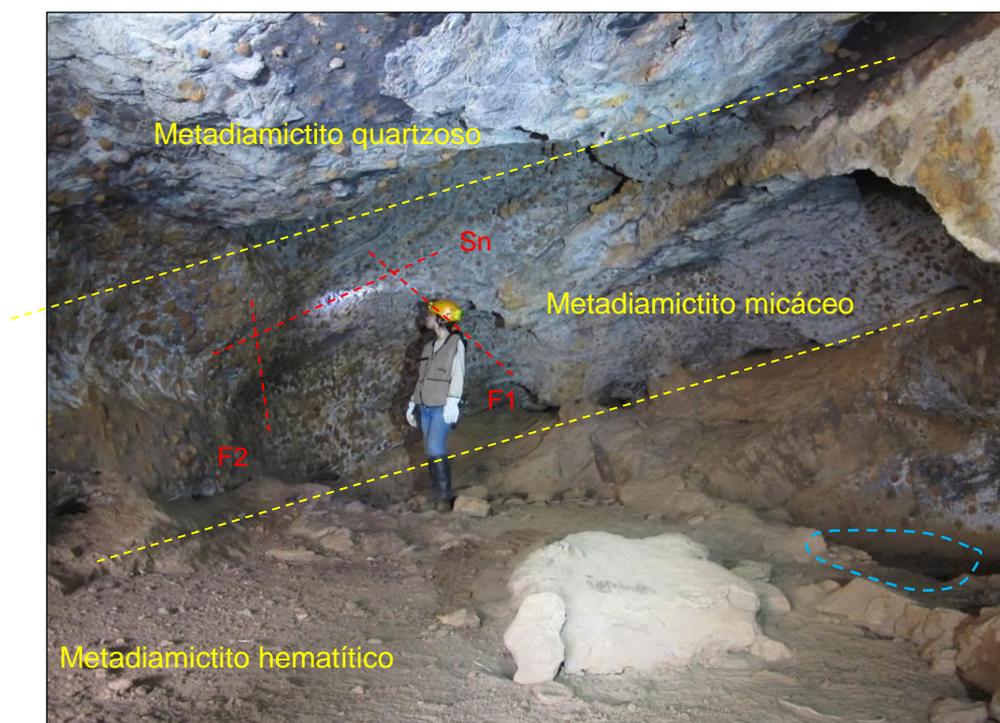
Fonte: Brandt, 2013.

Esse controle estrutural vinculado à presença de fraturas e foliação pode ser visualizado facilmente no interior das cavidades, como mostrado nas fotos 8.116 a 8.118.



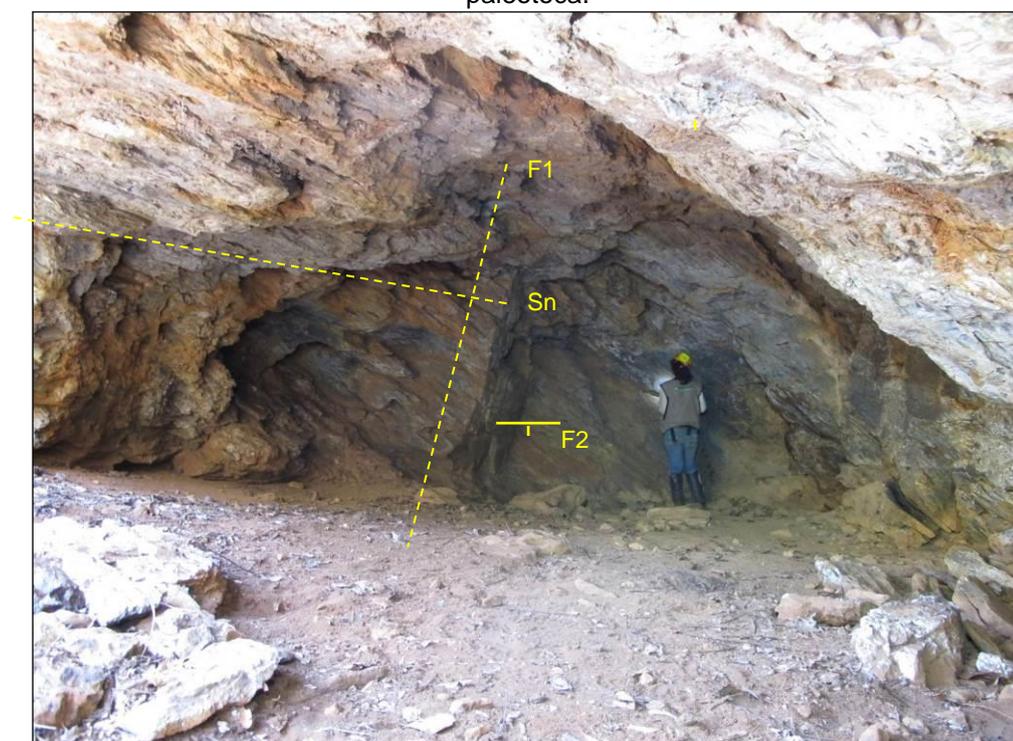
**Foto 8.116 - Entrada da cavidade VG-05 (contato entre metadiamicictito hematítico, metadiamicictito micáceo e metadiamicictito quartzoso). O traço das fraturas (F1 e F2) e da foliação (Sn) estão destacados em azul.**

Fonte: Brandt, 2013.



Fonte: Brandt, 2013

Foto 8.117 - Terço final da caverna VG-05, mostrando o contato entre metadiamiclito micáceo, metadiamiclito hematítico e metadiamiclito quartzoso. O traço das fraturas (F1 e F2) e da foliação (Sn) estão indicados em vermelho. Em azul destaca-se também feição indicativa de se tratar de uma paleotoca.



Fonte: Brandt, 2013

Foto 8.118 - Interior da caverna VG-02, em metadiamiclito micáceo. Observa-se o traço da foliação (Sn) e o traço de uma das fraturas (F1), indicados em amarelo (tracejado). A outra fratura (F2) está indicada em amarelo (linha cheia).

### 8.3.5.4. Morfologia e Feições

#### 8.3.5.4.1. Morfologia do Complexo Minerário

Conforme exposto no item referente à metodologia para definição de padrões morfológicos das cavidades estudadas, foram realizadas extrapolações dos padrões em planta, conforme definições da literatura. O Quadro 8.23, a seguir apresenta a classificação das cavidades estudadas quanto aos padrões morfológicos em planta definidos para a área de estudo e a Figura 8.37, na sequência, expõe a distribuição desses padrões.

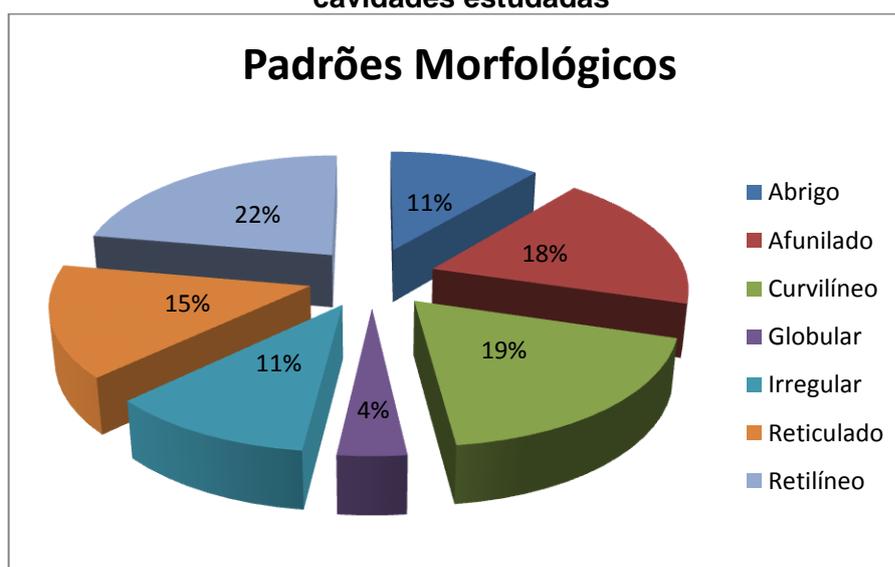
As cavidades estudadas apresentam padrão morfológico em planta bem distribuído. As duas morfologias mais recorrentes referem-se aos padrões Afunilado e Retilíneo, com cinco cavidades cada, seguido dos padrões Curvilíneo e Reticulado, em segundo lugar, com quatro cavernas cada. Os padrões Irregular e Abrigo abarcaram três cavernas cada e o padrão Globular apenas uma cavidade.

**Quadro 8.23 - Classificação das 27 cavidades do Complexo Minerário quanto aos padrões morfológicos, em planta, definidos para a área de estudo**

MORFOLOGIA	CAVIDADES					
<b>Abrigo</b>	CM-19	CM-22	CM-25			
<b>Afunilado</b>	CM-01	CM-05	CM-10	CM-20	CM-21	
<b>Curvilíneo</b>	CM-03	CM-09	CM-13	CM-14	CM-24	
<b>Globular</b>	CM-06					
<b>Irregular</b>	CM-02	CM-08	CM-16			
<b>Reticulado</b>	CM-04	CM-15	CM-23	CM-26		
<b>Retilíneo</b>	CM-07	CM-11	CM-12	CM-17	CM-18	CM-27

Fonte: Brandt, 2012b. Alterado: IC Ambiental, 2015.

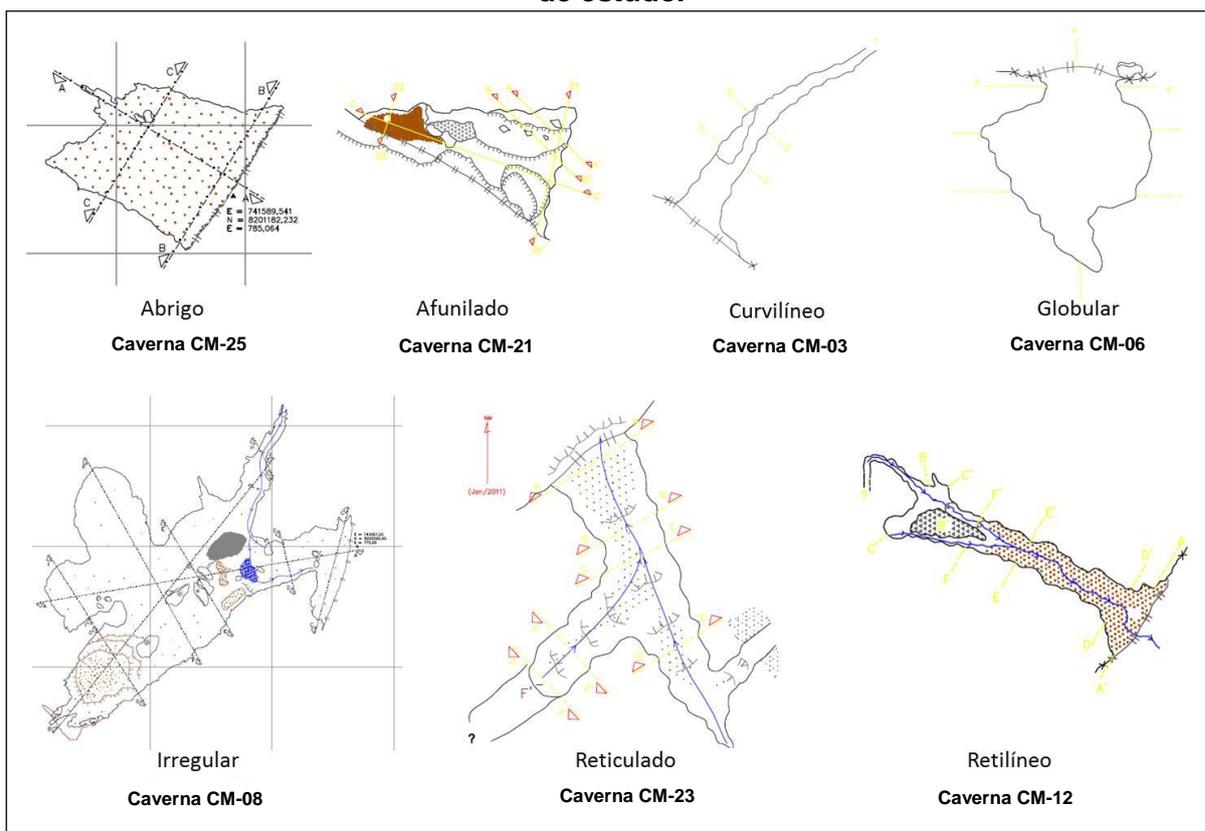
**Figura 8.37 - Distribuição dos padrões morfológicos em planta definidos para as 27 cavidades estudadas**



Fonte: Brandt, 2012b. Alterado: IC Ambiental, 2015.

As duas maiores cavidades da amostra local (cavernas CM-02 e CM-08) apresentam morfologia em planta do tipo irregular. Por outro lado, as duas menores cavidades (cavernas CM-05 e CM-20) apresentaram morfologia do tipo afunilado. Cabe ressaltar ainda que os padrões morfológicos em planta do tipo Retilíneo, Reticulado e Curvilíneo, muito frequentes nas cavidades do complexo minerário, apresentam íntima relação com estruturas geológicas, o que corrobora com o condicionamento estrutural apontado. A figura 8.38, a seguir, apresenta exemplos das morfologias em planta definidas para as cavernas da área do complexo minerário.

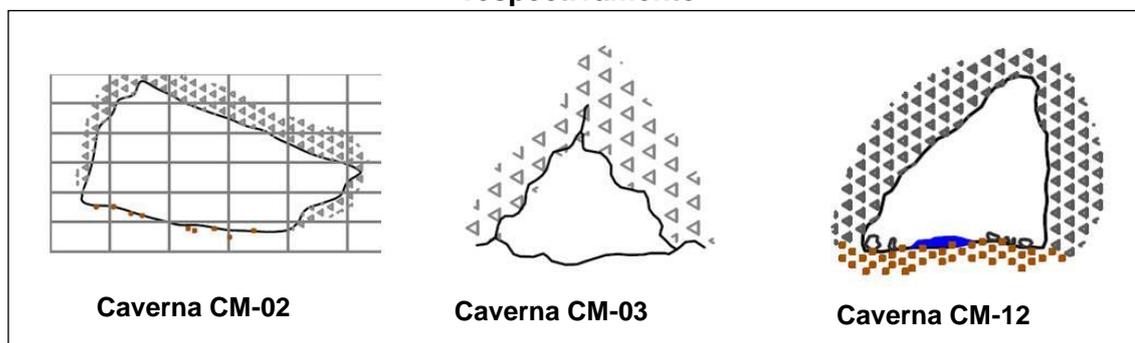
**Figura 8.38 - Exemplos das morfologias em planta definidas para as cavernas da área de estudo.**



Fonte: Brandt, 2012b. Alterado: IC Ambiental, 2015.

Quanto às seções e perfis das cavidades, em algumas cavernas é observado um padrão triangular, refletindo também o condicionamento da caverna por estruturas (foliação e fraturas verticais e subverticais). Esse padrão foi observado nas cavernas CM-02, CM-03, CM-09, CM-12 e CM-18 (Figura 8.39).

**Figura 8.39 - Exemplo de seção triangular nas cavernas CM-02, CM-03 e CM-12, respectivamente**



Fonte: Brandt, 2012b. Alterado: IC Ambiental, 2015.

As fraturas constituem-se zonas de fraqueza e tendem a controlar a direção do desenvolvimento de condutos. Esse fato é visível também na maioria das cavernas desenvolvidas em formação ferrífera, sendo que também no caso das cavidades em metadiamicritos isso se mostra mais evidente, como é o caso das cavernas CM-02, CM-03, CM-04, CM-07, CM-08, CM-09, CM-12, CM-14, CM-18 e CM-23.

#### 8.3.5.4.2. Morfologia do Vale dos Gigantes

Conforme exposto no item referente à metodologia para definição de padrões morfológicos das cavidades estudadas, foram realizadas extrapolações dos padrões em planta, conforme definições da literatura. O Quadro 8.24, a seguir, apresenta a classificação das cavidades estudadas quanto aos padrões morfológicos em planta definidos para a área de estudo e a Figura 8.40, na sequência, expõe a distribuição desses padrões.

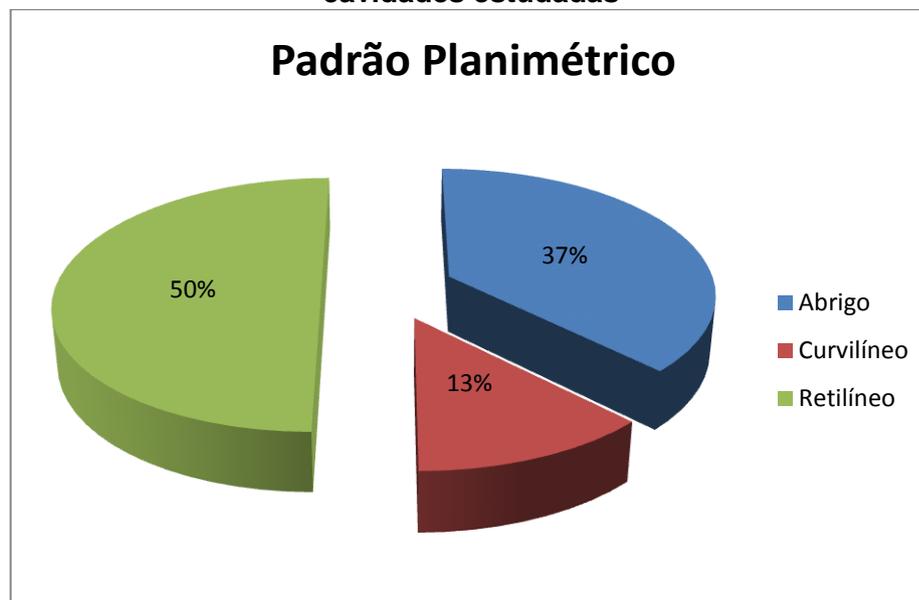
As cavidades localizadas no Vale dos Gigantes apresentam padrões morfológicos em planta distribuídos em abrigo, curvilíneo e retilíneo. A morfologia mais recorrente refere-se ao padrão Retilíneo, com quatro cavidades (VG-02, VG-03, VG-05 e VG-07), seguido do padrão Abrigo, em segundo lugar, com três cavidades (VG-01, VG-04 e Jatobá) e do padrão Curvilíneo, identificado na planta baixa de uma cavidade (VG-06) (Quadro 8.24 e Figura 8.40).

**Quadro 8.24 - Classificação das cavidades estudadas quanto aos padrões morfológicos em planta, definidos para as cavidades do presente estudo.**

MORFOLOGIA	CAVIDADES			
Abrigo	VG-01	VG-04	Jatobá	
Curvilíneo	VG-06			
Retilíneo	VG-02	VG-03	VG-05	VG-07

Fonte: Brandt, 2013. Alterado: IC Ambiental, 2015.

**Figura 8.40 - Distribuição dos padrões morfológicos em planta definidos para as cavidades estudadas**

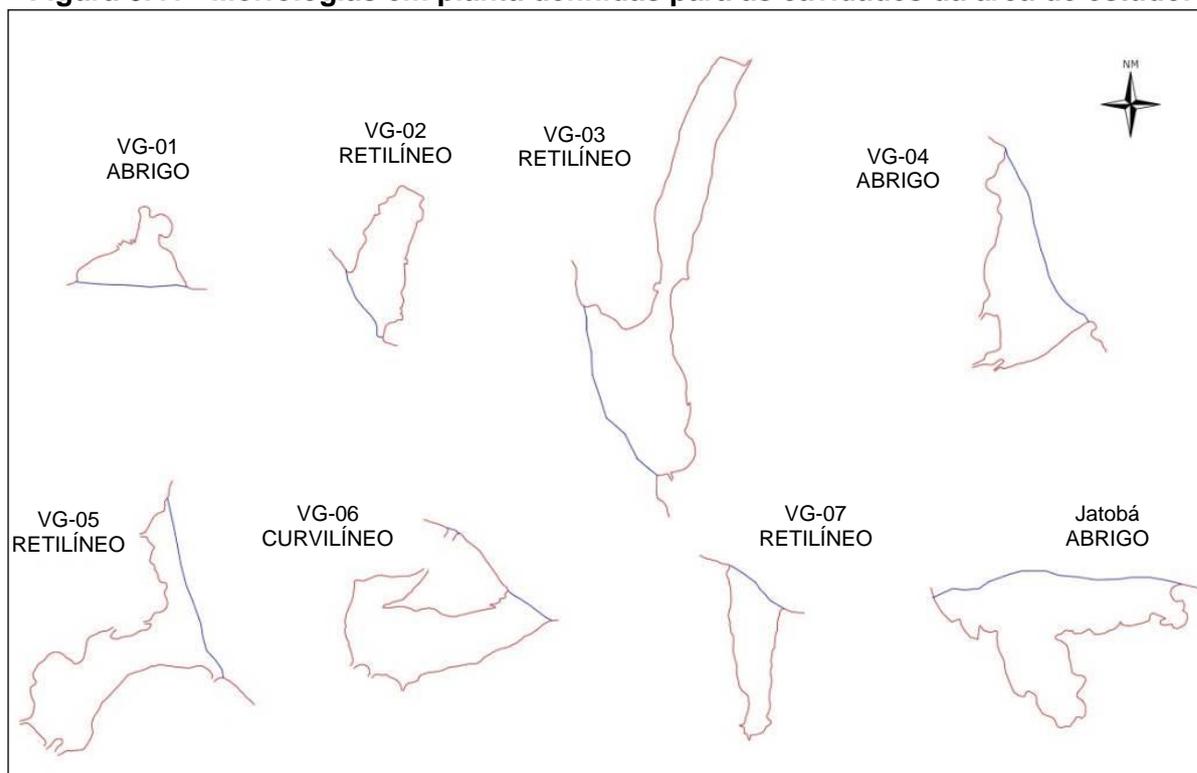


Fonte: Brandt, 2013. Alterado: IC Ambiental, 2015.

O padrão retilíneo também foi um dos padrões predominantes nas cavidades do complexo minerário, compreendendo 22% da amostra. No entanto, o padrão Afunilado, que ocorre em 18% das cavidades, não foi identificado nas cavidades do Vale dos Gigantes. Os padrões Globular, Irregular e Reticulado, também identificados nas cavidades do Complexo Minerário, tampouco foram observados nas plantas baixas das cavidades do Vale dos Gigantes.

Cabe ressaltar ainda que os padrões morfológicos em planta do tipo Retilíneo, Reticulado e Curvilíneo, muito frequentes nas cavidades do Vale dos Gigantes, apresentam íntima relação com estruturas geológicas, o que corrobora com o condicionamento estrutural apontado por este relatório. A figura 8.41, a seguir, apresenta as morfologias em planta definidas para as cavidades ora estudadas.

**Figura 8.41 - Morfologias em planta definidas para as cavidades da área de estudo.**

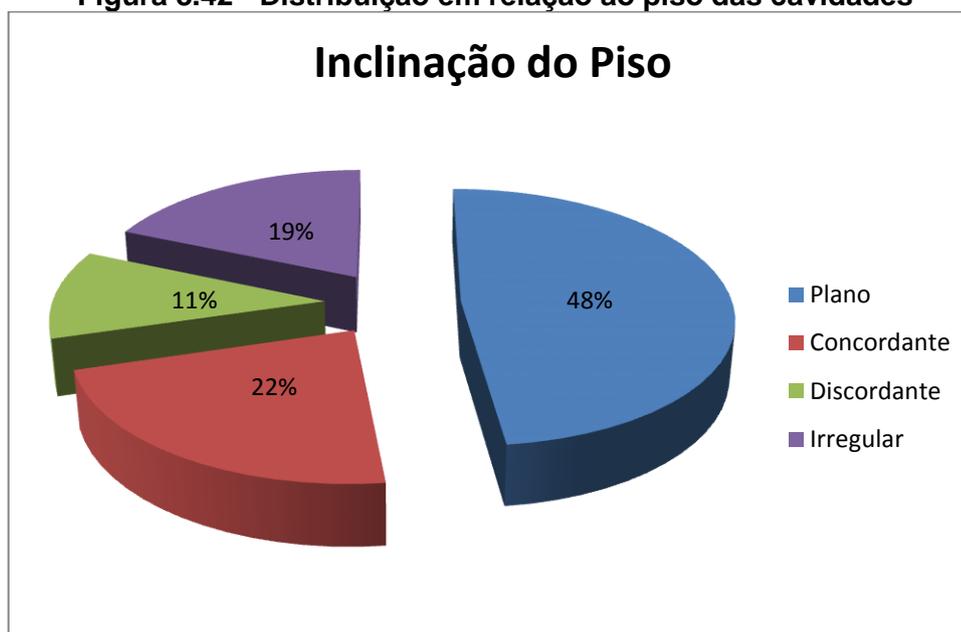


Fonte: Brandt, 2013, alterado IC Ambiental, 2015.

### 8.3.5.4.3. Feições

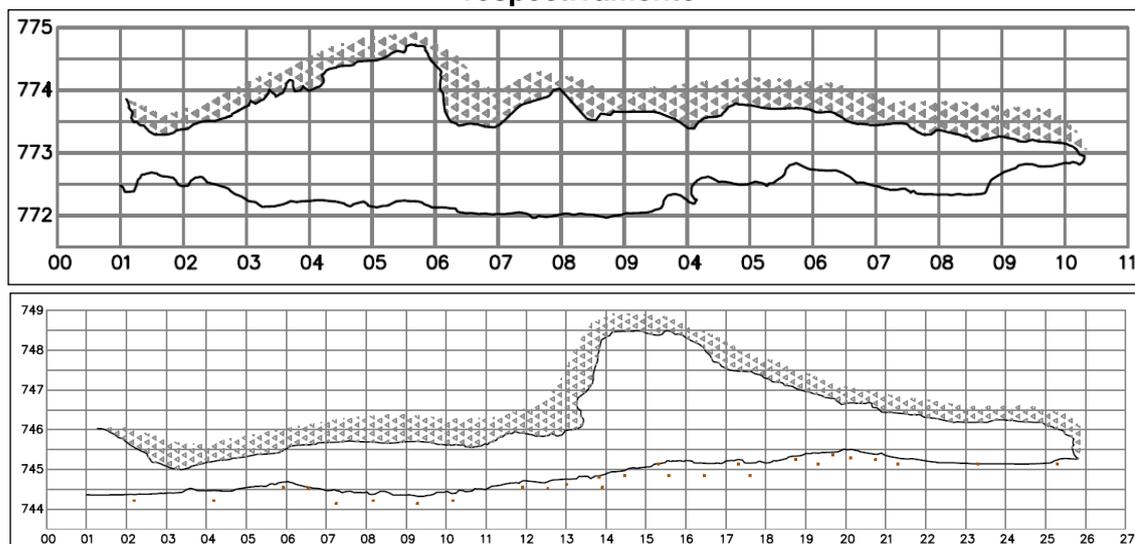
O piso das cavernas do Complexo Minerário, em sua maioria, se apresenta plano ou relativamente plano (13 cavernas). Em seis cavernas, foram observados exemplos de pisos que se encontraram concordantes com relação à vertente exterior e em outras seis foram observados pisos irregulares os quais não apresentam um padrão classificável quanto à tendência da inclinação. Em três cavidades, o piso apresentou-se discordante da vertente exterior, ou seja, com inclinação negativa tendendo para o interior do maciço. A distribuição em relação ao piso das cavidades pode ser verificada na Figura 8.42. A Figura 8.43 expõe o perfil de duas cavidades as quais apresentam piso aplainado, tendência predominante na amostra.

**Figura 8.42 - Distribuição em relação ao piso das cavidades**



Fonte: Brandt, 2012b, alterado IC Ambiental, 2015.

**Figura 8.43 - Exemplo de piso aplainado identificado nas Cavernas CM-14 e CM-08, respectivamente**



Fonte: Brandt, 2012b.

Cavernas ferruginosas do Quadrilátero Ferrífero normalmente apresentam piso concordante com a vertente exterior, o que indica uma evolução influenciada pela atuação da erosão fluvial, que atua na retirada de material da cavidade a favor do gradiente hidráulico. A ocorrência de piso plano ou relativamente plano nas cavidades identificadas não permite que seja definida uma correlação direta entre o desenvolvimento das cavidades em estudo em função da erosão mecânica de material. Infere-se, dessa forma, que o piso plano das cavidades encontra-se relacionado com o acamamento geral subhorizontalizado dos metadiamicritos da área.

Já o piso das cavidades do Vale dos Gigantes, em sua maioria, apresenta-se inclinado para o exterior (seis cavidades), estando, portanto, concordante com a inclinação da vertente exterior. Em duas cavidades (VG-02 e VG-03) verificou-se que o piso das cavidades é predominantemente plano (Foto 8.119) e (Figura 8.44).

**Figura 8.44 - Classificação das dez cavidades estudadas quanto à morfologia do piso.**



Fonte: Brandt, 2013, alterado IC Ambiental, 2015.



Foto 8.119 - A cavidade VG-03 foi uma das cavernas em análise que apresentou piso plano.

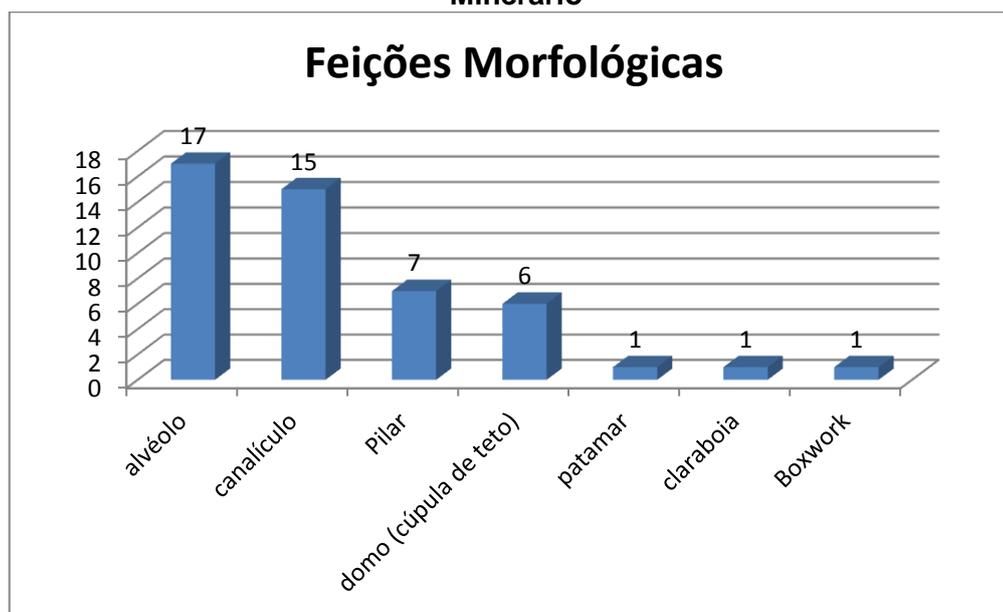
Fonte: Brandt, 2013, alterado IC Ambiental, 2015.

Diferente do observado nas cavidades do complexo minerário, onde foi constatado que a maioria dos pisos das cavidades apresenta-se plano ou relativamente plano, o que foi relacionado com o acamamento geral subhorizontalizado dos metadiamicictitos da área, a predominância das cavidades do Vale dos Gigantes é de pisos inclinados para o exterior da cavidade. No Complexo Minerário, apenas 22% das cavidades tinham pisos inclinados para o exterior. Infere-se que tal padrão indica uma evolução influenciada pela atuação da erosão mecânica, na qual a retirada de material se dá a favor do gradiente gravitacional e

hidráulico. Cavernas ferruginosas do Quadrilátero Ferrífero normalmente apresentam piso concordante com a vertente exterior.

A análise das feições morfológicas do interior das cavernas do Complexo Minerário mostra que algumas feições se fazem presentes e, por vezes, são recorrentes. A ocorrência das feições morfológicas nas cavernas estudadas pode ser visualizada na Figura 8.45.

**Figura 8.45 - Ocorrência das feições morfológicas nas cavernas do Complexo Minerário**



Fonte: Brandt, 2012b. Alterado: IC Ambiental, 2015.

A feição morfológica mais observada no interior das cavernas foi o alvéolo, presente em 17 cavernas. Tal feição pode indicar dissolução diferencial, apresentando-se como zona de menor densidade ou de maior fraqueza da rocha. Os alvéolos ocorrem geralmente nas paredes e são formados preferencialmente ao longo da foliação, muitas vezes resultantes da extração mecânica ou química dos clastos dos metadiamiclitos, restando expostos somente a matriz dessas rochas (Fotos 8.120 e 8.121).

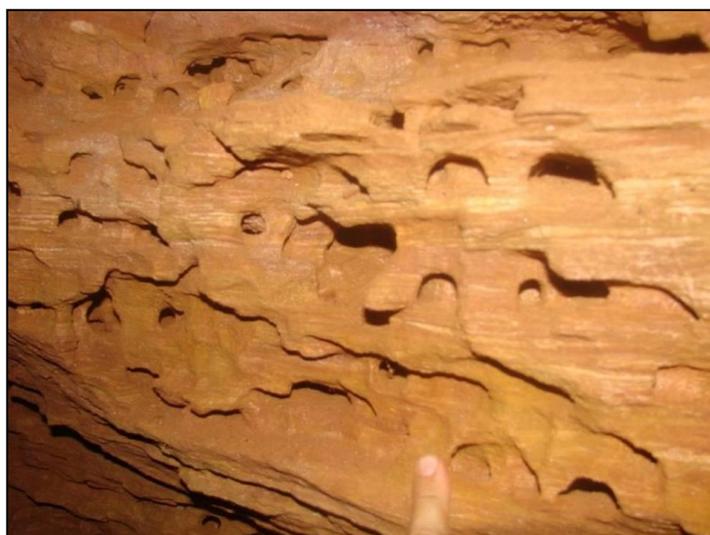


Foto 8.120 - Alvéolos nas paredes da Caverna CM-07.  
Fonte: Brandt, 2012b.

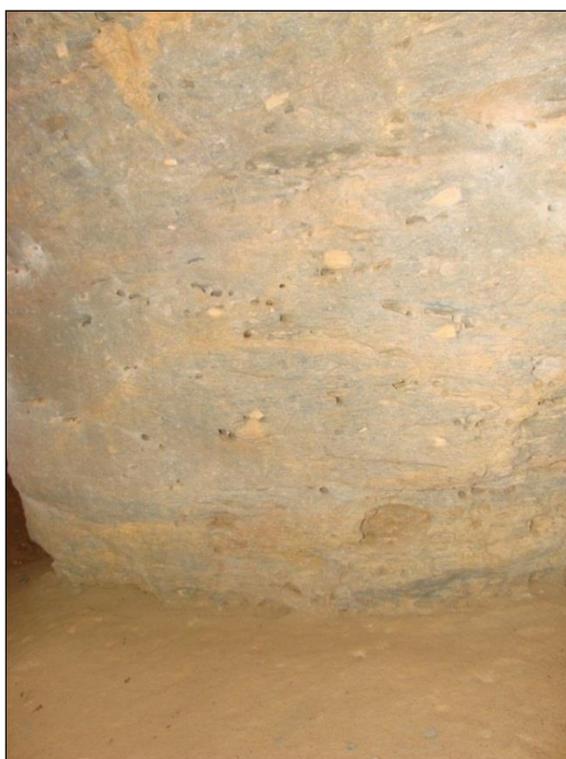
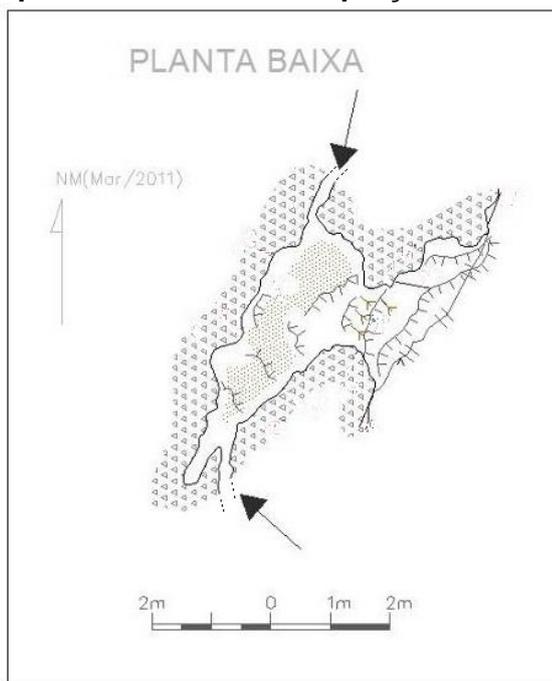


Foto 8.121 - Alvéolos nas paredes da Caverna CM-08, mostrando também diversos clastos dos metadiamiccitos preservados.  
Fonte: Brandt, 2012b.

Canalículos apresentam-se muito frequentes nas cavernas da área de estudo, ocorrendo em 15 cavernas (Figura 8.46). Geralmente associado ao nível do piso, mas também ocorrendo nas paredes e tetos, os canalículos são principalmente de pequeno diâmetro. Apresentam-se como feições de dissolução que demonstram a ocorrência de processos de dissolução com fluxo concentrado no interior do maciço. Tais feições tendem a afetar a morfologia das

cavernas, uma vez que podem evoluir para condutos. Alguns canalículos funcionam como injetores de sedimentos para o interior da caverna (*output*), formando cones de sedimentos (Foto 8.122). Contudo, a grande maioria das cavidades apresentam canalículos *input*, que injetam sedimentos para fora da mesma. Igualmente, canalículos são feições extremamente frequentes nas cavernas ferríferas do Quadrilátero Ferrífero e de Carajás, tendo sido observados tanto em cavernas de canga quanto em cavernas associadas às Formações Ferríferas Bandadas (BIFs) (AMPLO, 2009).

**Figura 8.46 - Exemplo de canalículos nas porções distais da caverna CM-15**



Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.122 - Canalículo *output*, injetando sedimento para o interior da caverna, com formação de cone de sedimento, na Caverna CM-12.

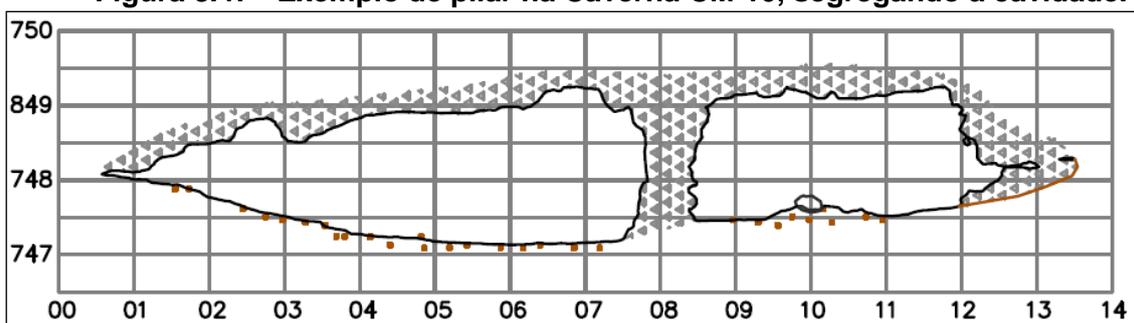
Fonte: Brandt, 2012b.

Os pilares (Foto 8.123 e Figura 8.47) representam elementos verticalizados remanescentes do maciço rochoso, os quais estruturam passagens laterais nos condutos ou salões. São extremamente frequentes em cavernas ferríferas do Quadrilátero Ferrífero e de Carajás (AMPLO, 2009). Contrapondo essa informação, ressalta-se que nas cavidades estudadas os pilares foram observados em somente sete cavernas. Na caverna CM-08 foi observado uma sessão com alguns micropilares na parede, morfologia esta que não é muito recorrente (Foto 8.124). Tal elemento provavelmente surge da evolução de alvéolos, que o individualizam.



Foto 8.123 - Exemplo de pilar na Caverna CM-10.  
Fonte: Brandt, 2012b.

**Figura 8.47 - Exemplo de pilar na Caverna CM-10, segregando a cavidade.**



Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.124 - Micropilares na parede da Caverna CM-08.  
Fonte: Brandt, 2012b.

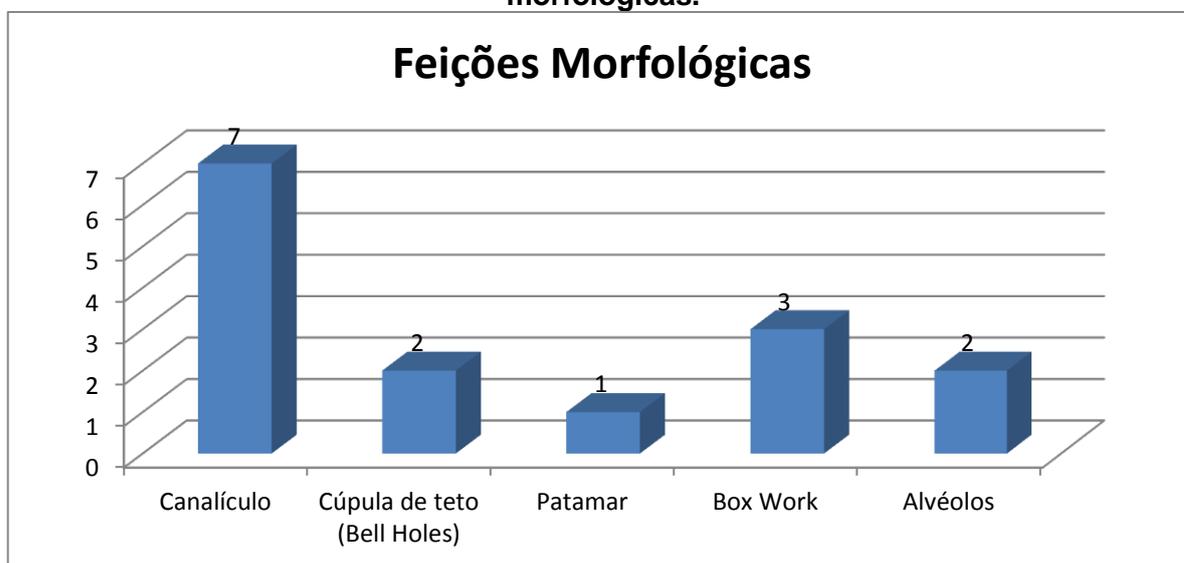
Na cavidade CM-27, foi identificado cúpula de teto (domo) (Foto 8.125).



Foto 8.125 - Terço médio e final da cavidade CM-27. A linha amarela demarca o traço da fratura preenchida por quartzo; no teto, em vermelho, está indicada a presença da cúpula de teto e ao fundo, em azul, é mostrada a localização do canalículo.  
Fonte: Brandt, 2012b.

Já a análise das feições morfológicas do interior das cavidades do Vale dos Gigantes mostra que algumas são recorrentes, conforme mostra a Figura 8.48, a seguir.

**Figura 8.48 - Classificação das cavidades ora estudadas quanto às feições morfológicas.**

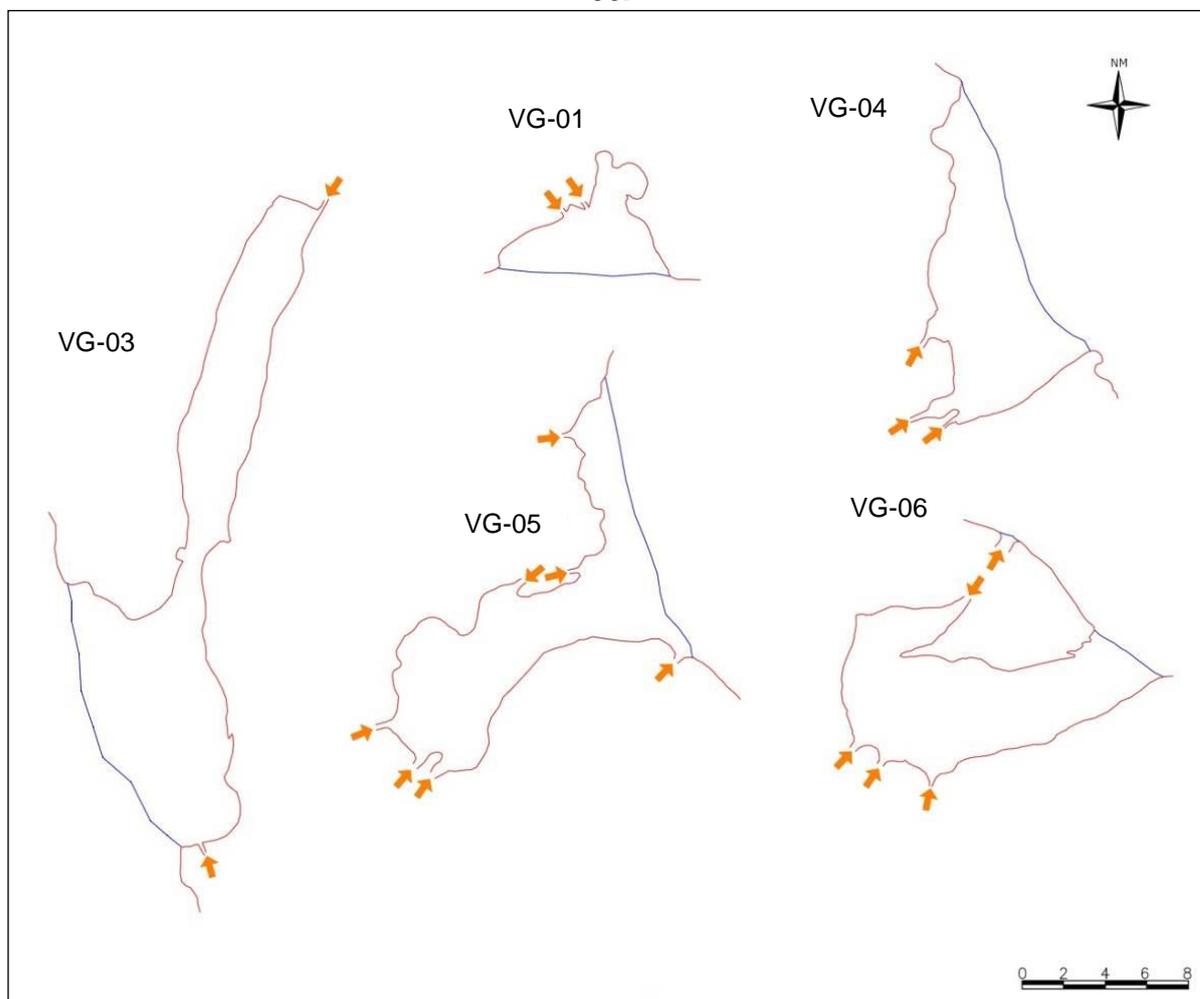


Fonte: Brandt, 2013. Alterado: IC Ambiental, 2015.

Feições do tipo canalículos são as mais recorrentes, tendo sido identificadas em todas as cavidades, exceto na cavidade PVG-02. Em 15 cavidades do Complexo Minerário também se verificou a presença de canalículos. Apresentam-se como protocondutos e demonstram descontinuidades na rocha, sendo os canais por onde o fluxo de água concentra-se no interior do maciço. Podem ter sido gerados por processos de dissolução ou por desmonte físico e tendem a afetar a morfologia das cavernas, uma vez que podem evoluir para condutos. Os canalículos das cavidades do Vale dos Gigantes se encontram geralmente disseminados desde o nível do piso até as paredes e tetos. Os canalículos são principalmente de pequeno diâmetro (Figura 8.49).

Para as cavidades siliciclásticas da região de Itambé do Mato Dentro, Serra do Espinhaço Meridional, FABRI (2011) afirma que feições do tipo canalículos são observadas em quase todas as cavidades estudadas. SILVA (2004) afirma que os canalículos são feições observadas em muitas cavidades siliciclásticas inseridas na Serra do Ibitipoca, também em Minas Gerais, sendo que muitas vezes se encontram posicionadas no mesmo nível topográfico, ora seguindo planos de estratificação ora seguindo fraturas. O autor destaca que tais feições parecem exercer importante papel no desenvolvimento das cavidades locais, com sua coalescência sendo responsável pela iniciação da formação de galerias maiores.

**Figura 8.49 - Exemplo de canalículos nas cavidades VG-01, VG-03, VG-04, VG-05 e VG-06.**



Fonte: Brandt, 2013. Alterado: IC Ambiental, 2015.

Cúpulas de teto (*Bell Holes*) são domos cilíndricos que se estendem verticalmente para cima em tetos de cavidades. Sua ocorrência é indicativa de intemperismo físico como um agente importante espeleogenético. Nas cavidades estudadas no presente trabalho, cúpulas de teto foram identificadas nas cavidades VG-01 e VG-03 (Foto 8.126).



Foto 8.126 - Cúpula de teto na cavidade VG-01.  
Fonte: Brandt, 2013.

Feições do tipo *Box Work* representam antigas fraturas preenchidas na rocha encaixante, as quais, dada a atuação do intemperismo diferencial com remoção da matriz encaixante em detrimento dos veios mais resistentes à dissolução, se projetam desde as paredes e tetos das cavidades como estruturas reticuladas. Essas feições foram identificadas em três cavidades: VG-02, VG-07 e Jatobá. Tais estruturas são comumente identificadas em cavidades encaixadas em diferentes tipos de litologias, sendo o composto mineral do preenchimento e a matriz, no entanto, variáveis.

Vazios nas paredes, de morfologia elipsoidal, circular ou irregular, desenvolvidos ao longo da foliação, são tratados aqui como Alvéolos, embora não haja evidências contundentes de que seja resultado apenas de dissolução (Foto 8.127). Como não se observou interconexão de fraturas nessas porções, possivelmente estas feições são resultado do desprendimento mecânico ou por dissolução de clastos com diferentes composições litológicas, com distintas orientações em relação às tensões principais e tamanhos variados dos seixos no protólito. Alvéolos foram identificados nas cavidades VG-04 e VG-07. Nas cavidades do Complexo Minerário essas feições foram as mais recorrentes, tendo sido identificadas em 64% da amostra local (17 cavidades).



Foto 8.127 - Alvéolos na parede da cavidade VG-05, sendo o tamanho dessas feições muito variável na área em estudo.  
Fonte: Brandt, 2013.

Estruturas do tipo patamares conformam desníveis abruptos (acima de 70 graus) ou degrau observado sobre o piso da caverna, resultante de remoção de sedimentos ou projeção rochosa. Patamar foi identificado em uma cavidade durante o estudo, a cavidade Jatobá (Foto 8.128).



Foto 8.128 - Patamar presente na cavidade do Jatobá.  
Fonte: Brandt, 2013.

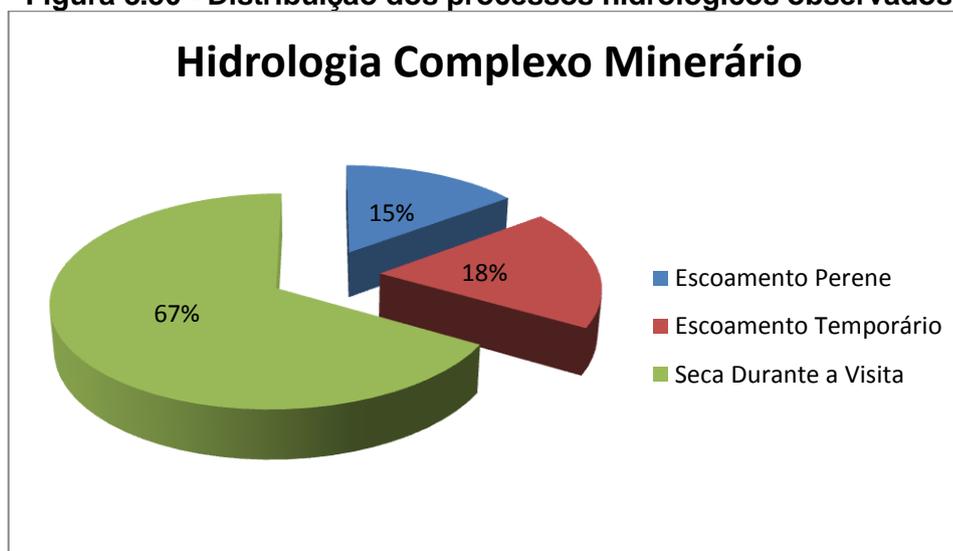
### 8.3.5.5. Hidrologia

Das 27 cavernas do Complexo Minerários, dezesseis cavernas estavam secas durante a visita e não apresentam sinais que possibilitem a interpretação de marcas hidrológicas. Em cinco cavernas foram identificados escoamentos temporários e em outras quatro cavernas escoamentos perenes (Foto 8.129), mesmo que com pequeno fluxo. A distribuição dos processos hidrológicos observados pode ser verificada na Figura 8.50. Condensação foi observada em apenas uma caverna e poça d'água foi identificada em três cavidades.



Foto 8.129 - Drenagem perene na Caverna CM-08.  
Fonte Brandt. 2012b.

Figura 8.50 - Distribuição dos processos hidrológicos observados



Fonte Brandt. 2012b. Alterado. IC Ambiental, 2015.

Todas as cavernas onde foi identificada drenagem perene (CM-08, CM-12, CM-18 e CM-26) se situam no sopé da escarpa e drenam de canaliculos inseridos no contato do piso com a parede ou inseridos na parede das cavidades, o que indica a presença de fluxo concentrado de água no maciço. Três das cinco cavernas onde foi identificada drenagem temporária igualmente se inserem nesse contexto (CM-02, CM-03 e CM-04). Tal observação pode indicar a presença de um nível freático coincidente cujo afloramento seja condicionado pela evolução da vertente escarpada. As cavernas CM-16 e CM-23, as quais apresentam drenagens intermitentes, se situam em outros contextos: em borda de calha de drenagem e em cabeceira de drenagem, respectivamente.

Em relação às 8 cavidades do contexto do Vale dos Gigantes, todas se encontram hidrologicamente inativas. Não foram identificadas água de percolação, condensação ou exsudação e tão pouco feições hidrológicas do tipo lago, poça, drenagem subterrânea, surgência, sumidouro ou marcas de fluxo.

APOLO (2009) afirma que a grande maioria das cavernas em formação ferrífera da região do Quadrilátero Ferrífero não apresenta drenagem interna perene, no entanto destaca que aquelas cavidades situadas na borda de platôs de canga podem comportar surgências temporárias, em geral de pequeno porte. Corroborando com essa exposição, PEREIRA (2012) não identifica drenagens perenes nas 52 cavernas estudadas na Serra da Piedade, apenas drenagens intermitentes em algumas cavidades.

#### **8.3.5.6. Depósitos clásticos e orgânicos**

Depósitos clásticos representam fragmentos minerais sedimentados ao longo de cavidades. Quanto à origem, os sedimentos clásticos são definidos como: (i) autogênicos, quando são materiais gerados dentro da própria caverna, a partir do substrato encaixante; (ii) alogênicos, quando representam sedimentos provenientes do meio externo, transportados para as cavidades por agentes como água, vento ou gravidade; e (iii) mistos, quando o depósito apresenta sedimentos autogênicos e alogênicos associados.

Os depósitos clásticos encontrados na área do Complexo Minerário são predominantemente autogênicos, sendo que apenas na cavidade CM-13 foi identificado sedimento alogênico associado ao autogênico, o que caracterizou o depósito como misto. Foram identificados blocos abatidos constituídos por seixos identificados em 14 cavidades, calhaus em 17 cavidades, matações em 9 cavidades, cone de sedimentos em 2 cavidades, sedimentos terrígenos de granulometria areia e argila identificados em 27 cavidades e material lamoso onde se verificam materiais siltosos e argilosos com caráter pegajoso, em três cavidades (Figura 8.51).

Os clastos, colmatados dos tetos e paredes das cavernas por processo de desmoronamento, abatimento, colapso ou incasão foram observados em quase metade das cavernas, ocorrendo de forma concentrada (Foto 8.130) ou esparsa nos salões e condutos. É recorrente a existência de blocos abatidos associados às entradas.

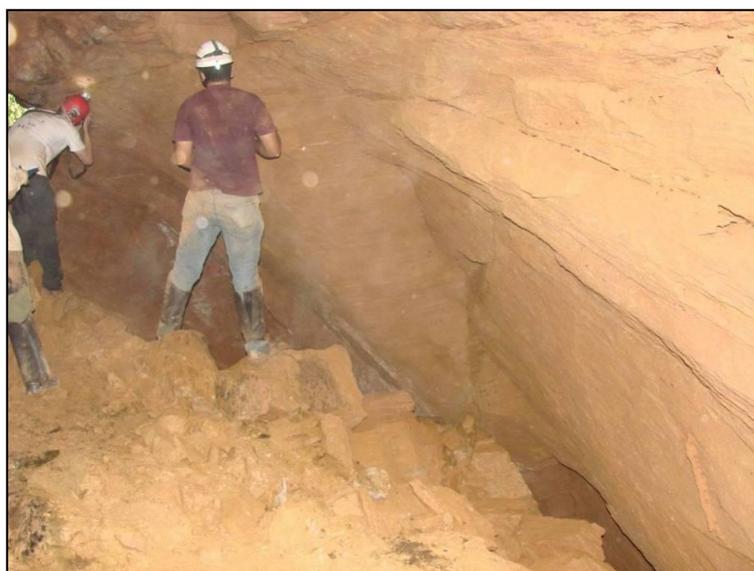


Foto 8.130 - Blocos abatidos de metadiamiccito estéril concentrados na Caverna CM-07.  
Fonte Brandt. 2012b.

Sedimentos terrígenos ou lamosos estão associados a um substrato parcialmente alterado ou alterado e foram observados em todas as cavernas. O sedimento lamoso está associado não somente ao tamanho de seu grão, mas também ao seu encharcamento e aspecto pegajoso, e foi observado em somente três cavidades (CM-08, CM-12 e CM-18). O acúmulo de sedimentos terrígenos podem formar cones de sedimentos, como é observado na Caverna CM-08 (Foto 8.131).

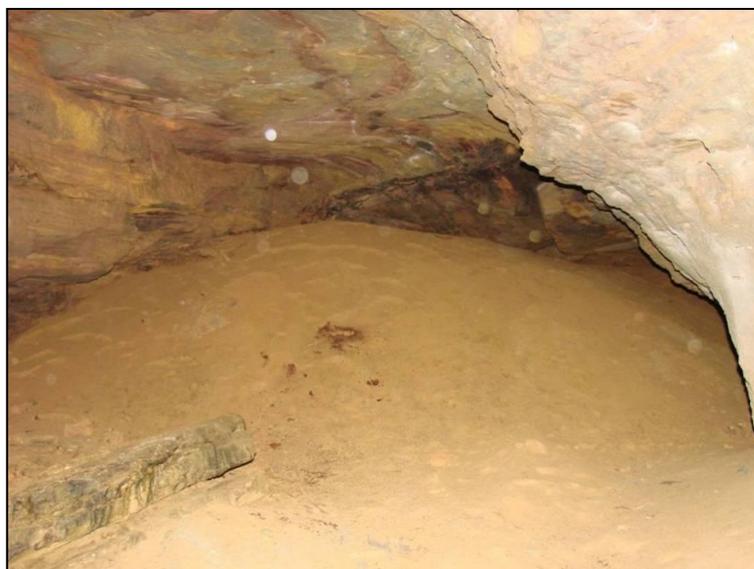
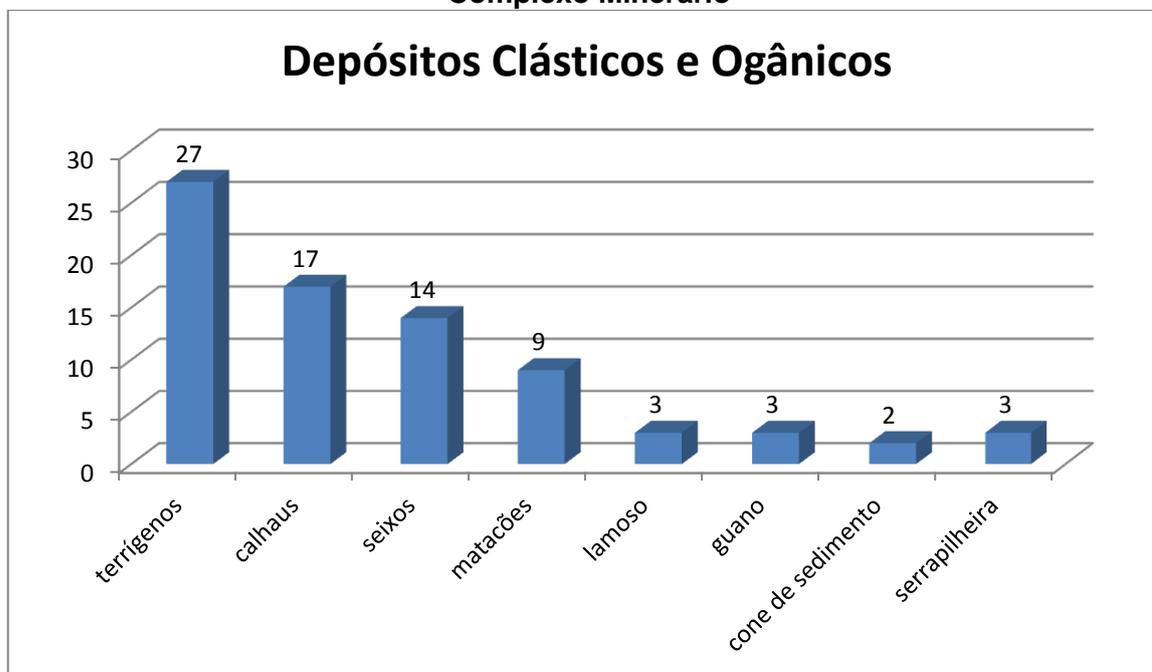


Foto 8.131 - Cone de sedimento terrígeno perto da parede da Caverna CM-08.  
Fonte Brandt. 2012b.

Depósitos de sedimentos orgânicos também foram identificados em algumas cavernas. Em três delas foram encontrados depósitos de guano, em pequenas concentrações e localizados. A serapilheira também foi analisada, mas só foi considerada quando encontrada no interior da caverna (Figura 8.51). A serapilheira recorrente das entradas das cavernas

não foi contabilizada, por ser um fator comum em todas. Desse modo, somente nas cavernas CM-12, CM-13 e CM-27 foi identificada a presença da mesma, sendo que a serrapilheira da caverna CM-12 é proveniente, provavelmente, de um canalículo no teto.

**Figura 8.51 - Distribuição dos depósitos clásticos e orgânicos observados no Complexo Minerário**



Fonte Brandt. 2012b. Alterado. IC Ambiental, 2015.

Já os depósitos clásticos encontrados nas cavidades da área do Vale dos Gigantes são essencialmente autogênicos,

Foram identificados com maior destaque sedimentos de grande granulometria, do tipo calhau e matação. Presença de argila foi observada no piso das cavidades, cuja origem pode ser autóctone, quando a rocha associada é o metadiamiccito micáceo, ou alóctone, quando se trata de metadiamiccito hematítico.

É recorrente a existência de blocos abatidos associados às entradas e condutos, os quais são provenientes de abatimentos e desmoronamentos de tetos e paredes, evidenciando a evolução das cavidades devido aos processos de remoção mecânica (Foto 8.132). Essa constatação também foi observada nas cavernas do Complexo Minerário.



Foto 8.132 - Blocos abatidos na entrada da caverna VG-03.  
Fonte Brandt. 2013.

Depósitos de sedimentos orgânicos também foram identificados em algumas cavernas. Em três delas foram encontrados depósitos de guano: VG-03, VG-07 e Jatobá. Em cinco cavidades foram identificadas fezes de mamíferos (VG-04, VG-05, VG-06, VG-07 e Jatobá), Folhiços também foram analisados, mas só foram considerados quando encontrados no interior da caverna. Folhiços (serapilheira) recorrente das entradas das cavernas não foi contabilizada, por ser um fator comum em todas. No total foram identificados folhiços em três cavidades (VG-01, VG-02 e Jatobá) (Foto 8.133).

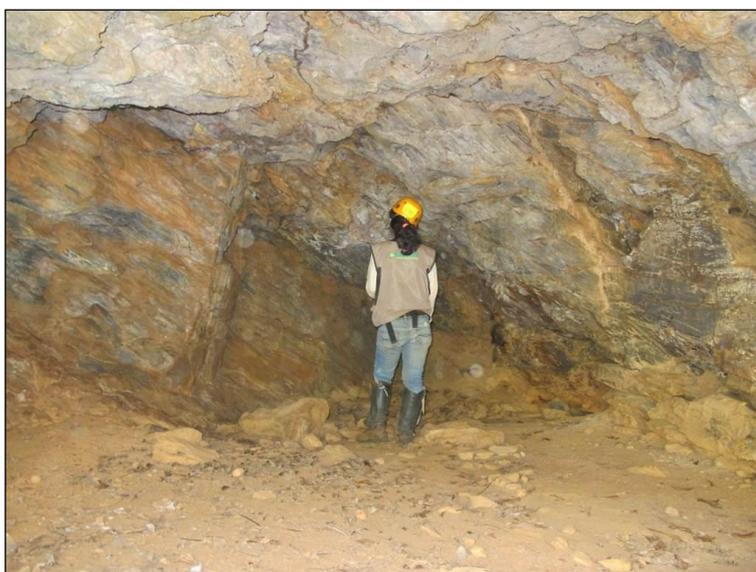
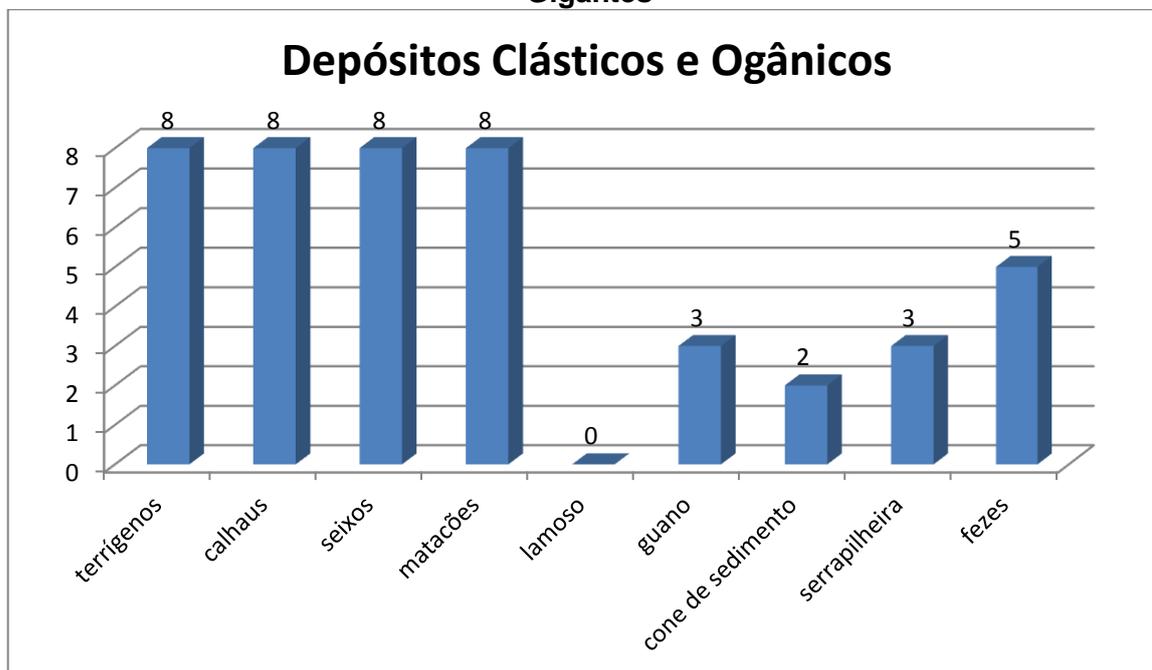


Foto 8.133 - No interior da cavidade VG-02 foi observada a presença de folhiço.  
Fonte Brandt. 2013.

**Figura 8.52 - Distribuição dos depósitos clásticos e orgânicos observados no Vale dos Gigantes**



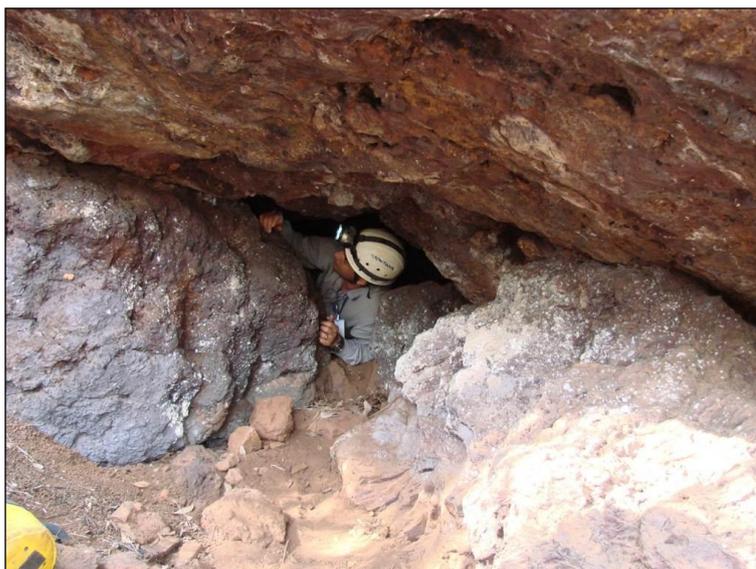
Fonte: IC Ambiental, 2015.

### 8.3.5.7. Depósitos químicos

Depósitos químicos de diferentes tipos e composições minerais são encontrados em cavernas em decorrência da precipitação química dos elementos em solução, sendo genericamente denominados espeleotemas (JENNINGS, 1985). A ocorrência de espeleotemas remete à remoção química de elementos da rocha, onde a cavidade se desenvolve, e indica processos de dissolução do maciço.

No Complexo Minerário, espeleotemas foram verificados em 21 (vinte e uma) cavernas estudadas, não tendo sido, no entanto, identificadas em 6 (seis) delas.

Nas formações ferríferas do Quadrilátero Ferrífero e de Carajás os espeleotemas mais recorrentes são as crostas (variadas) e os coralóides. Nos metadiamicritos do complexo minerário os coralóides são os espeleotemas mais comuns, tendo sido identificados em 17 cavernas. Porém, em contrapartida, crostas foram identificadas em apenas 5 (cinco) cavernas. Os coralóides são do tipo agulha ou arredondados, ocorrendo em colônias ou espaçados. As crostas (Fotos 8.134 e 8.135) identificadas variaram de marrom, branca ou amarela, sendo delgadas ou esparsas. Microtravertinos e escorrimentos foram identificados em 2 (duas) cavernas cada. Os diferentes espeleotemas também ocorrem associados entre si (Fotos 8.136). Em duas cavernas, foi verificada, ainda, a presença do espeleotema cupim-tema.



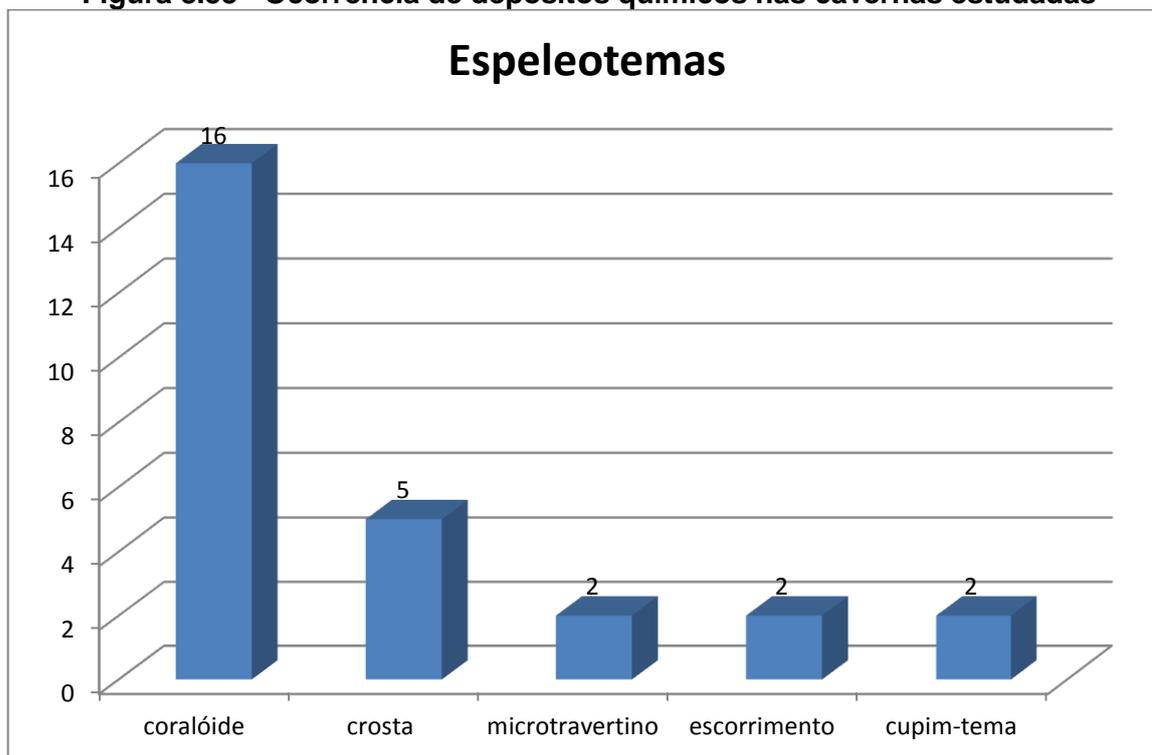
**Foto 8.134 - A presença de crosta branca encontra-se disseminada na entrada da cavidade CM-13, associada à maior circulação de ar.**  
Fonte Brandt. 2012b.



**Fotos 8.135 e 8.136 - Associação de espeleotemas, coralóides com crostas.**  
Fonte Brandt. 2012b.

A ocorrência dos depósitos químicos nos metadiamicritos do Complexo Minerário pode ser visualizada na Figura 8.53.

**Figura 8.53 - Ocorrência de depósitos químicos nas cavernas estudadas**



Fonte Brandt. 2012b. Alterado: IC Ambiental, 2015.

Já na área do Vale dos Gigantes, espeleotemas foram verificados em todas as cavernas estudadas. Crostas brancas e coralóides foram os espeleotemas mais comuns, com ocorrência em todas as oito cavidades estudadas. Crostas ferruginosas e cupim-temas foram identificados em cinco cavidades.

As cavidades VG-01, VG-02, VG-03 e Jatobá apresentaram os quatro tipos de espeleotemas. VG-06 e VG-07 apresentaram menor variedade de espeleotemas, com ocorrência apenas de crostas brancas e coralóides (Fotos 8.137 e 8.138).



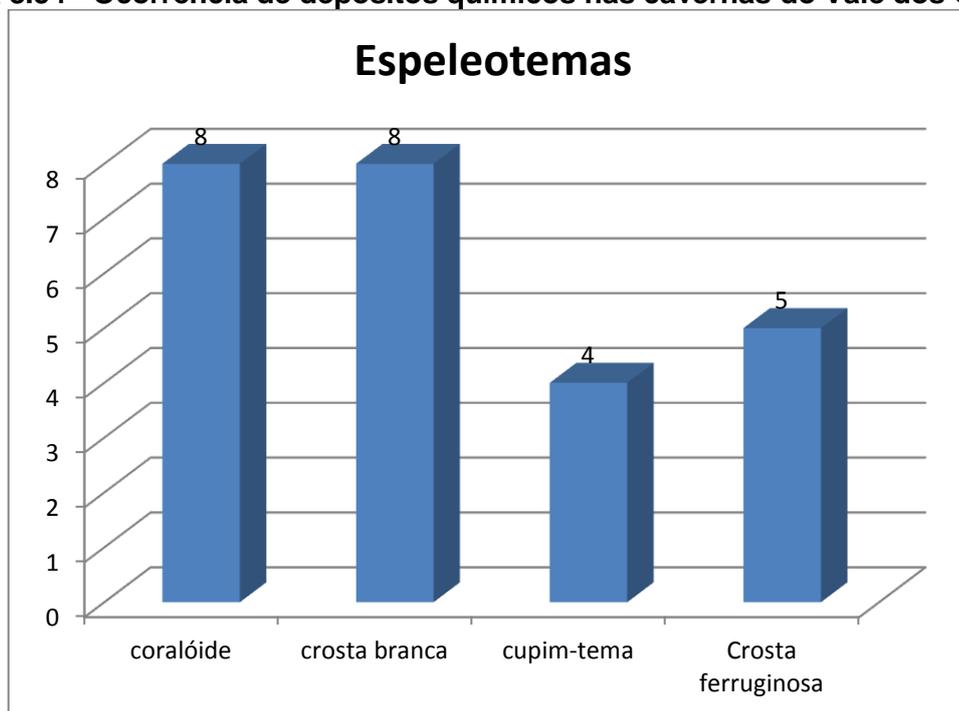
Foto 8.137 - Coralóides no teto da cavidade VG-01.



Foto 8.138 - Crosta branca nas laterais da entrada da caverna VG-05.

Interessante ressaltar que as crostas brancas ocorrem, sobretudo, próximas às entradas das cavidades, fato possivelmente associado à grande circulação de ar nessas regiões, o que permitiria maior ocorrência de processos de exsudação. Pelo mesmo motivo, quanto à ocorrência de coralóides observou-se que os mesmos são mais frequentes nas entradas e segmentos intermediários das cavidades.

**Figura 8.54 - Ocorrência de depósitos químicos nas cavernas do Vale dos Gigantes**



Fonte Brandt. 2013. Alterado: IC Ambiental, 2015.

Nas cavidades em metadiamictitos do complexo mineralógico do Projeto Vale do Rio Pardo, os coralóides foram os espeleotemas mais comuns, tendo sido identificados em 16 (dezesseis) cavernas, seguidos de espeleotema do tipo crostas, que foram identificadas em 5 (cinco) cavernas da área do projeto. Em duas daquelas cavidades foram constatados ainda espeleotemas dos tipos escorrimento, microtravertino e cupim-tema, sendo que escorrimentos e microtravertinos não foram observados nas cavidades localizadas no Vale dos Gigantes. Ressalta-se que em 6 (seis) cavidades localizadas no Complexo Mineralógico não foram identificados espeleotemas.

A abundância recorrente de espeleotemas dos tipos crostas e coralóides foi também observada em cavidades desenvolvidas nas formações ferríferas do Quadrilátero Ferrífero e de Carajás (PILÓ & AULER, 2009; AMPLO, 2009; GOLDR ASSOCIATES, 2010; MAURITY & KOTSCHOUBEY 1995; 2005). Em cavidades siliciclásticas da Serra do Espinhaço Meridional (SPELAYON, 2012; FABRI, 2011; DUTRA, 2001) e da Serra do Ibitipoca, Minas Gerais (SILVA, 2004), a ocorrência de coralóides é a mais abundante.

Estudos mais aprofundados sobre a composição mineralógica e química dos espeleotemas identificados nas cavidades em metadiamictitos não foram realizados até o momento, portanto a sua natureza não pôde ser determinada. Entretanto, como essas rochas são siliciclásticas com matriz ferrífera e sabendo que a natureza dos espeleotemas está diretamente relacionada com a composição química da rocha, pode-se mencionar, apenas como referência preliminar e como parâmetro para comparações, composições químicas e mineralógicas de espeleotemas já determinadas em cavidades desenvolvidas em rochas siliciclásticas e ferríferas.

PILÓ & AULER (2009) afirmam a ocorrência de grande diversidade de minerais nos espeleotemas das cavidades ferríferas. Os autores destacam a ocorrência de: (i) óxidos de

ferro do tipo hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) e goethita ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ); (ii) óxidos de alumínio do tipo gibbsita ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ); (iii) fosfatos do tipo leucofosfita ( $\text{KFe}_2(\text{PO}_4)_2\text{OH}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) e strengita ( $(\text{Fe}, \text{Al})\text{PO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ); e de (vi) sulfatos do tipo gipsita ( $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), alunita ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) e basaluminita ( $\text{Al}_2\text{SO}_4(\text{OH})_{10}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ). Na região de Carajás, MAURITY & KOTSCHOUBEY (1995; 2005) indicam que a ocorrência mineralógica dos espeleotemas identificadas em cavidades ferríferas é diversificada, com presença de espeleotemas de oxi-hidróxidos de ferro e alumínio, de fosfatos de ferro e alumínio e de sulfatos de alumínio e cálcio. Por sua vez, os estudos de cavidades ferruginosas na serra do Gandarela, em Minas Gerais, apontaram como mais recorrente os espeleotemas de óxi-hidróxidos de ferro (AMPLO, 2009). PILÓ & AULER (2009) afirmam ainda ser os óxidos de ferro dos tipos hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) e goethita ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ) os mais abundantes nos espeleotemas da Serra dos Carajás, sendo tal observação também verificada por GOLDER ASSOCIATES (2012) no contexto dos espeleotemas identificados no platô de S11D.

Para espeleotemas encontrados em cavidades desenvolvidas em rochas siliciclásticas, FABRI (2011), ao estudar as cavidades da região de Itambé do Mato Dentro, descreve a composição mineralógica dos espeleotemas com sílica nas formas de quartzo e opala-A. Espeleotemas de sílica amorfa (opala-A) foram também identificados por DUTRA (2001) nas cavidades siliciclásticas do Pico do Inficionado, na Serra do Caraça, Minas Gerais.

### 8.3.5.8. Aspectos espeleogenéticos

Apesar de haver diversos mecanismos que permitem a formação de cavidades naturais subterrâneas, a grande maioria das cavernas é formada por processos de dissolução, onde a água meteórica atua na dissolução da rocha, criando vazios no interior do maciço a partir da retirada de material em solução.

Por se tratar de algo novo, a discussão sobre a gênese de cavernas em formações ferríferas ainda é incipiente, não havendo uma definição consolidada para tal. Nos últimos anos a grande quantidade de cavidades identificadas no Quadrilátero Ferrífero-MG e em Carajás-PA alavancaram as discussões acerca de sua gênese.

De forma pioneira SIMMONS (1963, apud PILÓ & AULER, 2009) atribui a gênese de cavernas ferríferas do Quadrilátero Ferrífero a processos de dissolução, apontando que ocorre a dissolução do dolomito, quando este existe, mas também de quartzo e hematita, levando à formação de uma zona de minério de ferro de alta porosidade, que pode chegar a 50% do volume da rocha. Em regiões de minério de ferro silicoso, a dissolução da sílica também exerceria um papel importante. Acrescentando um novo componente a essa teoria, MCFARLANE & TWIDALE (1987, apud PILÓ & AULER, 2009) defendem a dissolução e lixiviação dos óxidos de ferro como parte da carstificação e inferem que agentes microbiológicos tem atuação na dissolução do ferro.

PILÓ & AULER (2005) descrevem duas etapas distintas na formação das cavernas ferríferas: a primeira delas com predominância de processos dissolutivos e a segunda com ação de processos erosivos. Na primeira etapa ocorreria a dissolução da rocha em ambiente freático, gerando zonas de alta porosidade, enquanto que na segunda etapa o material seria retirado do maciço por processos físicos do tipo *piping*. Os autores dão destaque para o momento em que se estabelece uma saída para o exterior como fase a partir da qual os processos físicos passam a ser mais evidentes.

Inferências sobre a gênese das cavernas em estudo se pautam nas referências teóricas estabelecidas para as cavernas ferríferas do Quadrilátero Ferrífero e Carajás ainda que se reconheça serem as rochas distintas entre si, e na análise dos mapas das cavidades, no posicionamento na paisagem e em observações de campo.

A espeleogênese de cavernas em uma determinada região está relacionada sobretudo à natureza da rocha na qual as mesmas estão inseridas. Portanto, a análise das litologias presentes na região foi de fundamental importância para a determinação dos processos vigentes durante a formação das mesmas.

A análise geológica no interior e no entorno das cavidades mostrou que o contexto litológico no qual estão inseridas é heterogêneo, embora todas as rochas sejam classificadas como metadiamictitos e enquadradas dentro da formação Nova Aurora. Essa particularidade se deve à composição mineralógica diversificada da matriz dos mesmos. Entretanto, algumas características são comuns a todas as litologias identificadas, tais como a presença de sílica na forma de quartzo e a presença de ferro em maior ou menor quantidade. Dado a natureza pouco solúvel da sílica nas condições ambientais vigentes na área, assim como a relativa imobilidade do  $Fe^{3+}$ , os processos de dissolução química não são considerados como os maiores responsáveis pela formação das cavernas estudadas. Portanto, haveria outros processos responsáveis pelo desenvolvimento das cavernas.

Analisando o processo de carstificação dos metadiamicititos da Formação Nova Aurora, pode-se traçar um paralelo com as cavernas desenvolvidas nas Formações Ferríferas Bandadas (BIFs) e com os depósitos de canga do Quadrilátero Ferrífero. Embora haja evidente contraste litológico e químico (o teor médio de ferro nos metadiamicititos do Projeto Vale do Rio Pardo é de 20%, enquanto no Quadrilátero Ferrífero é em geral acima de 40% Fe) e o processo de gênese das cavidades em metadiamicititos seja ainda desconhecido, sabe-se que os processos de dissolução e a presença de estruturas são igualmente de fundamental importância.

No contexto litológico formado pelo empilhamento do metadiamicitito hematítico (base), metadiamicitito micáceo (porção intermediária) e metadiamicitito quartzoso (topo), observado no Vale dos Gigantes, o cavernamento se dá preferencialmente nos metadiamicititos micáceos, correspondendo o quartzoso ao teto e o hematítico ao piso, na maioria dos casos. Isso pode ser explicado pela maior susceptibilidade do metadiamicitito micáceo ao intemperismo químico e degradação física. A grande quantidade de mica nessa litologia permite uma excelente atuação do intemperismo químico, já que essa família de minerais é altamente susceptível à decomposição para argilominerais, quando na presença de água. Por outro lado, o intemperismo físico funciona como um mecanismo de remoção mecânica, ao mesmo tempo em que facilita a atuação do intemperismo químico, já que o deslocamento nos planos de clivagem proporciona a delimitação de blocos e aumenta a área de contato entre a rocha e a água.

A análise da orientação das estruturas geológicas presentes nas áreas de ocorrência das cavidades, tais como fraturas, foliação e eixos de dobra, mostrou que as cavernas se desenvolvem preferencialmente na direção dessas estruturas. Essas regiões representam naturalmente planos e porções de maior fraqueza e, portanto, são mais susceptíveis à remoção mecânica. Dessa forma, a gênese das cavidades do Vale dos Gigantes e do Complexo Minerário seria associada, sobretudo, ao controle estrutural. Tal hipótese é corroborada pela morfologia regular das paredes, pisos e tetos e pelo paralelismo de tais elementos com as estruturas geológicas supracitadas.

Especial atenção foi dada às fraturas e à foliação, já que na região em estudo a persistência, a interconexão e o espaçamento decimétrico a métrico das mesmas são características frequentes, assim como a foliação é muito bem marcada. Portanto, o processo de delimitação de blocos, entendidos aqui como porções individualizadas da rocha segmentadas por fraturas e foliação, seria facilitado. E, após a delimitação dos mesmos, o desprendimento seria resultado da atuação de pressão negativa, como produto da percolação de água, ainda que num passado não identificado, visto que no presente todas as cavidades encontram-se secas e sem evidências de percolação. Além da delimitação de blocos, a foliação é responsável por conferir certa “fissilidade” à rocha, o que facilita o deslocamento nos planos paralelos à mesma. Esse processo pode ter sido o responsável pela formação de tetos regulares.

No que diz respeito aos espeleotemas, a ocorrência de espeleotemas compostos por oxihidróxidos de ferro na grande maioria das cavernas do complexo minerário corrobora com as teorias de dissolução do ferro, enquanto a presença de uma mineralogia variada na matriz dos metadiamicititos, alguns deles de maior solubilidade do que o ferro poderia impor um maior dinamismo ao processo endógeno de dissolução. A ocorrência de feições típicas de dissolução do tipo domo, chaminés e alvéolos corroboram com essa proposição. A

grande frequência de estruturas do tipo canalículos demonstra a ocorrência de processos de dissolução com fluxo concentrado no maciço. Cabe aqui ressaltar que a presença de inúmeros clastos na composição dos metadiamicritos eleva consideravelmente a taxa de desagregação da rocha. A retirada desses clastos eleva a porosidade da rocha e cria feições do tipo alvéolos gerados por erosão física, descritos para várias cavidades.

Uma importante feição observada foram vazios decamétricos a centimétricos com morfologia côncava e seções circulares, elipsoidais ou irregulares na parede das cavernas, acompanhando a foliação. Essas feições são morfologicamente semelhantes aos alvéolos normalmente observados em rochas carbonáticas. Entretanto, enquanto a gênese desses espeleotemas em rochas carbonáticas relaciona-se a processos de dissolução química, nos metadiamicritos da formação Nova Aurora possivelmente são resultado do desprendimento de clastos estirados e conseqüente formação de negativos arredondados. Portanto, seria resultado de remoção mecânica. Entretanto, como a presença de seixos de rochas carbonática foi constada na região (VILELA, 2010), uma origem relacionada a processos de dissolução química dos seixos não deve ser descartada, mesmo que as rochas carbonáticas correspondam a apenas uma pequena quantidade dentre os seixos dos metadiamicritos. Essa hipótese será melhor compreendida quando da caracterização dos espeleotemas, formados por elementos químicos ainda não pesquisados.

Quanto ao contexto geomorfológico e à evolução espeleogenética associada, observa-se que a região em estudo reflete a grande influência de estruturas tectônicas na elaboração das formas de relevo, tendo destaque a predominância de vales estruturais bastante encaixados, condicionamento esse evidente também na gênese das cavernas tanto do Vale dos Gigantes, quanto do Complexo Minerário. O encaixe dos vales, seguido pelo recuo das vertentes, contribuiu para a evolução das cavidades estudadas, como é o caso dos vales do córrego Lajedão (Vale dos Gigantes) e dos córregos Lamarão e Mundo Novo (Complexo Minerário), criando um ambiente favorável à remoção mecânica dos detritos da rocha por carreamento.

Numa análise mais restrita, acredita-se que as zonas de contato das camadas da rocha, que apresenta variação composicional dentro do próprio metadiamicrito, possam também facilitar a atuação da erosão diferencial local, gerando assim uma zona preferencial para cavernamento, coincidente com as vertentes escarpadas que caracterizam a inserção local das cavidades estudadas.

Tal pressuposto, associado à frequência de canalículos, possivelmente condicionados pelas estruturas geológicas, permite inferir sobre a gênese evolutiva desses canalículos para condutos e salões estruturados, que podem ter dado origem às cavernas com padrões morfológicos em planta do tipo retilíneo e curvilíneo.

Ressalta-se ainda que o menor desenvolvimento das cavernas em estudo, comparativamente às associadas a outras litologias, deve ter conexão com os fatores particulares da composição mineralógica, textura e grau de metamorfismo da rocha analisada.

Ressalta-se ainda que tal suposição é bastante preliminar, dada a falta de estudos relativos à gênese e evolução das cavidades em metadiamicritos.

### 8.3.5.9. Registros paleontológicos

Fósseis de vertebrados são conhecidos no Brasil desde os anos 1820, quando SPIX & MARTIUS (1824) mencionaram um nódulo com restos de peixe da Formação Santana (Bacia do Araripe). Os trabalhos aumentaram significativamente e hoje várias formas de vida em várias bacias sedimentares que ocorrem no território brasileiro são conhecidas, como nas bacias do Paraná, Parnaíba e Amazonas.

O registro fóssilífero, apesar de ainda incompleto, é uma evidência da presença da sucessão da fauna e da flora ao longo dos anos e auxilia em interpretações paleoambientais e paleoecológicas.

O levantamento das ocorrências fóssilíferas nos municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho foi realizado no dia 12 de dezembro de 2011 mediante consulta na base de Dados Paleontológicos - Base Paleo ([www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)), considerando a Unidade Federal e o município de interesse, porém não foi encontrado nenhum resultado para os municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho (CPRM, 2011).

Entretanto, nas visitas de campo referentes ao Projeto Vale do Rio Pardo foi constatada a presença de icnofósseis na Caverna CM-10 (complexo minerário), na Caverna do Mocarorô e nas cavidades visitadas no Vale dos Gigantes, que foram objeto de estudos específicos complementares para o tema (Anexo 11).

O levantamento das ocorrências fóssilíferas na área de estudo ocorreu entre os dias 23 e 29 de janeiro de 2012, período no qual também foram visitadas outras cavidades em estudo na área do Projeto Vale do Rio Pardo.

O diagnóstico e avaliação dos registros fóssilíferos, com foco na identificação de paleotocas, foram realizados para as seguintes cavidades (Quadro 8.25):

**Quadro 8.25 - Cavidades onde foram realizados diagnóstico e avaliação de registros fossilíferos com foco na identificação de paleotocas**

<b>Nome Padronizado no presente estudo</b>	<b>Nome apresentado em estudos anteriores</b>
Cavidade CM-02	Caverna 039
Cavidade CM-03	Caverna 045
Cavidade CM-04	Caverna 046
Cavidade CM-08	Caverna 059
Cavidade CM-10	Caverna 072
Cavidade CM-14	Caverna 110
Cavidade CM-16	Caverna 117
Cavidade CM-17	Caverna 121
Cavidade VG-01	Cavidade PX-01
Cavidade VG-02	Cavidade PX-03
Cavidade VG-03	Cavidade PX-05
Cavidade VG-04	Cavidade PX-07
Cavidade VG-05	Cavidade PX-08
Cavidade VG-06	Cavidade PX-09
Cavidade VG-07	Cavidade PX-10
Cavidade Jatobá	Cavidade Jatobá
Cavidade Mocarorô	Cavidade Mocarorô
Cavidade Boca Soberba	Cavidade Boca Soberba
Cavidade Tocaia de Paca	Cavidade Tocaia de Paca
Cavidade Maracanã	Cavidade Maracanã

Fonte: Ambiental, 2015.

#### **8.3.5.10. Aspectos estéticos, religiosos, cênicos e visitação**

Em nenhuma das cavidades estudadas foi constatado nenhum tipo de visitação e uso religioso, o que pode ser atribuído ao reduzido tamanho e ao difícil acesso às mesmas. Os aspectos arqueológicos encontram-se no item **“7.5. Diagnóstico Arqueológico”** do presente relatório.

Quanto aos aspectos cênicos tem destaque a Caverna do Jatobá, a qual se apresenta como belo local de contemplação, o que é reforçado pelos seus atributos arqueológicos e paisagem do entorno composta por alguns paredões escarpados em meio ao vale aberto. O acesso à mesma, contudo, é difícil, restringindo a visitação.



**SUL AMERICANA DE METAIS S/A – SAM**

**CONSOLIDAÇÃO DOS ESTUDOS  
ESPELEOLÓGICOS DO  
ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO  
PROJETO VALE DO RIO PARDO -  
ESTADOS DE MINAS GERAIS E BAHIA**

**VOLUME II**

**Novembro de 2015**

## ÍNDICE VOLUME II

8.4. Diagnóstico Bioespeleológico .....	257
8.4.1. Introdução.....	257
8.4.2. Procedimentos Metodológicos .....	259
8.4.3. Resultados .....	268
8.4.3.1. Caracterização das cavidades .....	268
8.4.3.2. Considerações sobre a fauna inventariada.....	278
8.4.3.3. Análises .....	301
8.4.3.4. Considerações finais .....	309
8.5. Diagnóstico Arqueológico.....	309
8.5.1. Introdução.....	309
8.5.2. Objetivo .....	310
8.5.3. Localização .....	310
8.5.3.1. Complexo Minerário: municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho.....	310
8.5.3.2. Vale dos Gigantes: município de Riacho dos Machados.....	311
8.5.4. Metodologia.....	311
8.5.4.1. Trabalhos de gabinete: Levantamento bibliográfico .....	311
8.5.4.2. Trabalhos de campo.....	312
8.5.5. Contextualização.....	313
8.5.5.1. Patrimônio arqueológico associado a Formações Ferríferas .....	313
8.5.5.2. Estado da Arte da Pré-História Regional .....	315
8.5.5.2.1. Caracterização Pré-Histórica .....	315
8.5.5.2.1.1. Períodos da pré-história do Brasil Central .....	315
8.5.5.2.2. A Arte Rupestre na Região de Estudo .....	316
8.5.5.2.2.1. Tradição Planalto .....	318
8.5.5.2.2.2. Tradição São Francisco .....	323
8.5.5.3. Sítios arqueológicos Pré-Históricos Pesquisados em Trabalhos Anteriores.....	326
8.5.5.3.1. Sítios registrados na Barragem do Rio Vacaria.....	326
8.5.6. Resultados .....	326
8.5.6.1. Caverna CM-02 .....	327
8.5.6.2. Caverna CM-10 .....	328
8.5.6.3. Caverna VG-03.....	330
8.5.6.4. Caverna do Jatobá .....	334
8.5.7. Considerações Finais.....	340
8.6. Valoração do Grau de Relevância das Cavidades .....	340
8.6.1. Classificação das cavidades quanto ao grau de relevância .....	340

8.6.1.1. Classificação das cavidades em grau de relevância máxima.....	340
8.6.1.2. Classificação das cavidades em grau de relevância alta, média e baixa .....	344
8.6.1.2.1. Chave de classificação do grau de relevância de cavidades naturais subterrâneas .....	344
8.6.1.2.2. Importância sob o enfoque regional.....	345
8.6.1.2.2.1. Importância acentuada.....	345
8.6.1.2.2.2. Importância significativa .....	351
8.6.1.2.2.3. Importância baixa .....	356
8.6.1.2.3. Importância sob o enfoque local .....	356
8.6.1.2.3.1. Importância acentuada.....	356
8.6.1.2.3.2. Importância significativa .....	361
8.6.1.2.3.3. Importância baixa .....	365
8.6.2. Resumo da valoração das cavidades .....	365
8.6.3. Conclusões.....	367
<b>9. CAVIDADES IMPACTADAS E COMPENSAÇÃO ESPELEOLÓGICA.....</b>	<b>372</b>
9.1. Cavidades Impactadas.....	372
9.1.1. Metodologia Proposta para o Monitoramento de Cavidades.....	376
9.1.1.1. Objetivos do Monitoramento .....	378
9.1.1.2. Metodologia.....	379
a. Monitoramento Estático e Visual da Integridade Física.....	379
b. Monitoramento Bioespeleológico .....	384
9.1.1.4. Cavidades Seleccionadas para Instrumentação.....	385
9.2. Propostas de Compensação Espeleológica .....	385
9.2.1. Proposta de Compensação Espeleológica das Cavidades de Alta Relevância .....	385
9.2.1.1. Proposta de Compensação 2x1 .....	386
9.2.1.1.1. Análise de Similaridade dos Atributos entre as Cavidades a serem Suprimidas com as a serem Compensadas.....	388
9.2.1.2. Outras Formas de Compensação .....	393
9.2.1.2.1. Criação de Reserva Particular do Patrimônio Natural na Área Denominada Vale dos Gigantes .....	395
9.2.1.2.1.1. Atributos Ambientais e Espeleológicos da Área a ser Preservada pela Proposta de Compensação.....	397
9.2.1.2.2. Elaboração de Estudos Paleontológicos Complementares .....	403
9.2.1.2.3. Realização de prospecção espeleológica no contexto das rochas metadiamictíticas que ocorrem dentro dos limites do Parque Estadual Grão Mogol .....	404
9.2.2. Proposta de Compensação Espeleológica da Caverna de Média Relevância .....	406
9.3. Quadro Resumo .....	407
<b>10.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>410</b>

<b>11. GLOSSÁRIO .....</b>	<b>423</b>
----------------------------	------------

<b>ANEXOS .....</b>	<b>427</b>
---------------------	------------

Anexo 1: Ata de Reunião entre IBAMA e SAM Metais, Dia 12/08/2011

Anexo 2: Termo de Referência CECAV

Anexo 3: Mapa de Potencial Espeleológico do Complexo Minerário

Anexo 4: Mapas de Potencial Espeleológico da Área de Estudo da Adutora

Anexo 5: Mapa de Caminhamento Espeleológico na Área do Complexo Minerário

Anexo 6: Mapas de Caminhamento Espeleológico na Área da Adutora

Anexo 7: Descrição dos Pontos de Caminhamento

## 8.4. Diagnóstico Bioespeleológico

### 8.4.1. Introdução

O meio subterrâneo (ou hipógeo) compreende o conjunto de espaços interconectados do subsolo, de dimensões variáveis (da escala milimétrica a grandes cavidades acessíveis aos humanos - “cavernas”), preenchidos por água ou ar, e formados em rocha, especialmente aquelas solúveis (e.g., calcários, onde se forma a grande maioria das cavernas) ou em depósitos relativamente profundos de sedimentos clásticos (meio intersticial) (JUBERTHIE, 2002). Além da ausência permanente de luz, o ambiente subterrâneo é caracterizado pela temperatura relativamente constante e próxima da média anual da região e, na maioria das cavernas, uma umidade relativa do ar alta, acompanhada de baixas taxas de evaporação (BARR, 1967; POULSON & WHITE, 1969; HOWARTH, 1983).

Tradicionalmente, são reconhecidas no ambiente cavernícola quatro zonas com diferentes características físicas: (1) zona de entrada, ecótono entre os ambientes epígeo (de superfície) e hipógeo (subterrâneo); (2) zona de penumbra, onde ainda há alguma luminosidade; (3) zona afótica de transição, permanentemente escura onde ainda se observa algum efeito do meio epígeo, como variação diária da temperatura, porém minimizados em relação ao observado no meio epígeo; e (4) zona afótica profunda, onde o ambiente é relativamente estável e a taxa de evaporação é desprezível (VANDEL, 1964; BARR, 1968; POULSON & WHITE, 1969).

A diversidade de espécies de uma área está diretamente relacionada à disponibilidade de recursos. No caso dos ambientes cavernícolas, onde o recurso é extremamente limitado, essa diversidade sofre grande pressão.

Segundo BAHIA (2007) a ausência de luz faz com que não se encontrem produtores primários no ambiente cavernícola, com exceção de poucas bactérias quimioautotróficas. Desse modo, as comunidades cavernícolas acabam sendo essencialmente decompositoras (SARBU, 1996; FERREIRA & MARTINS, 1998). Assim, o fluxo energético no ecossistema já começa com detritívoros (FERREIRA *et al.*, 2000a), sendo a energia ou alimento, em sua maior parte, transportada do meio epígeo através dos rios, enxurradas e água de percolação, ou através de animais que entram e saem do meio hipógeo, havendo contribuição em geral pequena de micro-organismos quimioautotróficos (SARBU, 1996; FERREIRA & MARTINS, 1998).

Por esta razão, o meio subterrâneo é um ambiente frequentemente pobre em recursos alimentares e a biomassa deste ecossistema é geralmente baixa (MOHR & POULSON, 1966; BARR, 1967; 1968).

A fauna associada ao ambiente cavernícola é geralmente classificada em três categorias, de acordo com sua relação ecológico-evolutiva com o meio hipógeo (HOLSINGER & CULVER, 1988).

Troglóbios, espécies restritas ao meio subterrâneo, frequentemente apresentam autapomorfias relacionadas ao regime seletivo próprio ao meio hipógeo (troglomorfismos), como uma consequência do isolamento genético, tais como redução total ou parcial dos olhos, da pigmentação melânica, de asas e do sistema traqueal, no caso dos insetos, adelgaçamento da cutícula, maior desenvolvimento de órgãos sensoriais não-visuais (como alongamento das antenas, apêndices, tricobótrios etc.), regressão de comportamentos tais como ritmos circadianos, comportamento agonístico, reações fotonegativas com relação às espécies epígeas e frequentemente uma redução nas taxas metabólicas (BARR, 1967; 1968; HOLSINGER, 1988; HOWARTH, 1980, 1983, 1993).

Troglófilos são cavernícolas facultativos, capazes de viver e se reproduzir tanto no ambiente hipógeo como no epígeo, com indivíduos que transitam entre os dois ambientes, mantendo o fluxo gênico entre as populações.

Trogloxenos podem permanecer no interior das cavernas por algum tempo, mas são obrigados a sair periodicamente para o meio epígeo a fim de completar o ciclo de vida, para atividades como alimentação (caso mais comum) e/ou reprodução.

Pode-se citar, também, uma quarta categoria de animais, denominados acidentais, que não são cavernícolas propriamente ditos, mas podem ser encontrados com relativa frequência no meio hipógeo. São animais epígeos que atingem o interior das cavernas por acidente (queda por aberturas superiores, arrastados por enxurradas etc.) ou à procura de ambiente climaticamente mais ameno (sapos, cobras etc.), mas que são incapazes de aí se orientar e geralmente não conseguem sair, servindo de alimento para os cavernícolas propriamente ditos.

Para colonizar o ambiente subterrâneo e estabelecer populações troglófilas, os organismos devem ser aptos a se orientar na ausência de luz, encontrar alimento e parceiros sexuais sem a utilização da visão, frequentemente sob condições alimentares escassas e baixas densidades populacionais (TRAJANO, 2003). Geralmente os grupos com maior probabilidade de sucesso na colonização do meio hipógeo são aqueles de hábito noturno, com baixo metabolismo (necessidade de pouco alimento) e que sejam detritívoros, onívoros ou carnívoros generalistas e oportunistas. Para PARZEFALL (1986), além desses pré-requisitos, um fator importante para a colonização de cavernas é um comportamento reprodutivo baseado na comunicação química e/ou mecânica, o que poderia explicar por que crustáceos epígeos que desenvolvem essas formas de comunicação como sistema básico são tão bem sucedidos na colonização de cavernas.

É necessário ressaltar, entretanto, que os estados de caráter comumente associados aos troglóbios (principalmente redução de olhos e pigmentação melânica) e interpretados como troglomorfismos podem já estar presentes em espécies que vivem em ambientes epígeos escuros (sob rochas, no solo, em rios turvos). ARNOLD (1994) faz uma comparação entre exaptação (estado de caráter de uma população ou grande unidade taxonômica que confere vantagem ao grupo para a aquisição de um novo modo de vida, mas que já estava presente no táxon anteriormente, portanto tendo aparecido sob um regime seletivo diferente) e adaptação (caráter adquirido após a mudança de modo de vida, estando, portanto, relacionado ao novo regime seletivo). De acordo com essas definições, os pré-requisitos anteriormente descritos para a colonização de cavernas seriam exaptações e os troglomorfismos, desde que observados exclusivamente nas espécies subterrâneas, seriam as especializações ao ambiente subterrâneo (ou epígeo escuro), podendo corresponder a estados de caráter adaptativos ou neutros (E. TRAJANO comun. pess.).

Muitos organismos troglógenos atuam como importadores de energia do meio externo, sendo muitas vezes os principais responsáveis pelo fluxo energético em cavernas. Os morcegos são alguns dos poucos vertebrados que tem feito esse uso de modo eficiente e permanente (KUNZ, 1982).

Os quirópteros, quando presente nas cavidades, precisam sair para o ambiente epígeo para se alimentar, uma vez que o recurso é muito escasso no interior cavernícola. Dessa forma, os morcegos agem como carreadores de matéria orgânica para o interior das cavernas, na forma de fezes ou cadáveres (TRAJANO, 1995). Esse comportamento faz com que os morcegos sejam um dos principais carreadores de nutrientes entre o ambiente epígeo e o ambiente hipógeo.

Os morcegos podem utilizar os mais diversos tipos de abrigo, como cavernas, fendas-de-rocha, buracos no solo, ocos-de-árvores, superfícies de troncos de árvores, folhagens, cupinzeiros e construções humanas, como forros de casa, sótãos, porões, janelas, vãos de dilatação, pontes e outros (KUNZ, 1982). No Brasil, cerca de 35 espécies já foram encontradas em cavernas (TRAJANO, 1995), o equivalente a cerca de 20% das 170 espécies encontradas no país (GARDNER, 2007).

Os levantamentos de campo de bioespeleologia no complexo minerário foram realizados por duas equipes: uma especializada em invertebrados e a outra em quirópteros. O desenvolvimento do presente diagnóstico de bioespeleologia é apresentado a seguir, subdividido de acordo com as especialidades.

#### **8.4.2. Procedimentos Metodológicos**

A maioria dos estudos biológicos em cavernas brasileiras está relacionada a cavidades carbonáticas, com poucos estudos em outras litologias, como quartzitos, arenitos e granitos (TRAJANO & MOREIRA, 1991; ZEPPELINI-FILHO *et al.* 2003; FERREIRA, 2004). Apenas recentemente surgiram alguns estudos em cavidades de minério de ferro, concentrados principalmente em Carajás (PA) e no Quadrilátero Ferrífero (MG), em estudos ambientais de licenciamento (ANDRADE, 2007; PELLEGATTI-FRANCO *et al.*, inédito). Estudos têm mostrado que cavernas ferruginosas apresentam-se como ambientes variáveis, mas com elevado potencial ao estabelecimento de comunidades biológicas (FERREIRA, 2005). Segundo o autor, comparando-se a fauna das grutas ferruginosas com a encontrada em

cavernas de outras litologias (principalmente o calcário), percebe-se que a composição é semelhante, principalmente ao nível das famílias de invertebrados presentes. Estudo recente de SILVA *et al.* (2011) indica que a riqueza de espécies de animais invertebrados troglófilos e troglóbios é maior em cavidades ferruginosas que em outras litologias.

Nenhum estudo biológico pretérito foi encontrado na região em que se inserem as cavidades do presente estudo.

Os estudos bioespeleológicos foram realizados em 35 (trinta e cinco) sítios espeleológicos, sendo 27 (vinte e sete) localizados no complexo minerário e 8 (oito) localizados na região denominada de Vale dos Gigantes. Estes sítios foram avaliados quanto à relevância, conforme os critérios da IN 02, de 20 de agosto de 2009.

Foi, ainda, estudada a Caverna Mocarorô, com a finalidade de utilização dos dados bioespeleológicos desta cavidade nas análises estatísticas das cavidades localizadas no Vale dos Gigantes, uma vez que pode ser considerado que a mesma está inserida no mesmo contexto local das cavidades localizadas no Vale dos Gigantes.

Além desta cavidade, duas outras, fora da área do empreendimento, foram inicialmente amostradas para avaliação do contexto regional (Caverna Boca Soberba e Caverna Tocaia de Paca, localizadas próximas à parte sul da adutora, no município de Grão Mogol). Entretanto, por se encontrarem em litologia diferente (xisto), os dados levantados das mesmas não foram utilizados na valoração das cavernas objeto de estudo do presente relatório.

Assim, as seguintes cavernas (Quadro 8.26) tiveram seus atributos bioespeleológicos estudados e utilizados no seguinte estudo de valoração espeleológica:

**Quadro 8.26 - Sítios espeleológicos amostrados quanto à bioespeleologia**

Nome Padronizado no presente estudo	Nome apresentado em estudos anteriores	Local
Caverna CM-01	Caverna 008	Complexo Minerário
Caverna CM-02	Caverna 039	Complexo Minerário
Caverna CM-03	Caverna 045	Complexo Minerário
Caverna CM-04	Caverna 046	Complexo Minerário
Caverna CM-05	Caverna 050	Complexo Minerário
Caverna CM-06	Caverna 052	Complexo Minerário
Caverna CM-07	Caverna 053	Complexo Minerário
Caverna CM-08	Caverna 059	Complexo Minerário
Caverna CM-09	Caverna 071	Complexo Minerário
Caverna CM-10	Caverna 072	Complexo Minerário
Caverna CM-11	Caverna 090	Complexo Minerário
Caverna CM-12	Caverna 099	Complexo Minerário
Caverna CM-13	Caverna 101	Complexo Minerário
Caverna CM-14	Caverna 110	Complexo Minerário
Caverna CM-15	Caverna 112	Complexo Minerário
Caverna CM-16	Caverna 117	Complexo Minerário
Caverna CM-17	Caverna 121	Complexo Minerário
Caverna CM-18	Caverna 124	Complexo Minerário
Caverna CM-19	Caverna 126	Complexo Minerário
Caverna CM-20	Caverna 130	Complexo Minerário

Caverna CM-21	Caverna 134	Complexo Minerário
Caverna CM-22	Caverna 135	Complexo Minerário
Caverna CM-23	Caverna 144	Complexo Minerário
Caverna CM-24	Caverna 150	Complexo Minerário
Caverna CM-25	Caverna 151	Complexo Minerário
Caverna CM-26	Caverna 152	Complexo Minerário
Caverna CM-27	Caverna 153	Complexo Minerário
Caverna VG-01	Caverna PX-01	Vale dos Gigantes
Caverna VG-02	Caverna PX-03	Vale dos Gigantes
Caverna VG-03	Caverna PX-05	Vale dos Gigantes
Caverna VG-04	Caverna PX-07	Vale dos Gigantes
Caverna VG-05	Caverna PX-08	Vale dos Gigantes
Caverna VG-06	Caverna PX-09	Vale dos Gigantes
Caverna VG-07	Caverna PX-10	Vale dos Gigantes
Caverna Jatobá	Caverna Jatobá	Afluentes sem nome do Rio Vacarias
Caverna Mocarorô	Caverna Mocarorô	Rio Peixe Bravo

Fonte: Brandt, 2012b; Brandt, 2013. Modificado: IC Ambiental, 2015.

### **Atividades em campo**

As campanhas de campo foram realizadas em estação seca e em estação chuvosa. As coletas e transporte de fauna cavernícola foram autorizadas pelo órgão ambiental através do Processo IBAMA nº 02001.006641/2010-73, Autorização nº 116/2011 e 132/2012.

Para a caracterização das variáveis ambientais relevantes para a fauna cavernícola foram registradas qualitativamente (percepção visual) as condições de luminosidade, umidade dos substratos e recursos tróficos disponíveis. Para a luminosidade foi registrada a incidência de luz direta (E - zona de entrada), de luz indireta/área sombreada (P - zona de penumbra) e regiões sem incidência luminosa (A - afótica), sendo cada um desses setores avaliado separadamente para as demais variáveis. A complexidade da superfície foi registrada (solo rochoso, sedimento fino, cascalho, matacão, guano de morcegos e outros). Foram levantadas as diferentes condições de umidade dos substratos no interior das grutas (presença de drenagem, lago, poça, gotejamento e percolação) e condições do piso (pó, seco, úmido ou encharcado). Informações sobre os recursos tróficos presentes também foram anotadas na ficha de campo (material vegetal, detrito, raízes, guano, fezes de vertebrados não voadores, bolotas de regurgitação, carcaça, entre outros), que pode ser visualizada na Figura 8.55.

Os estudos envolveram o levantamento de invertebrados presentes em cada cavidade, a partir do método de busca ativa, no qual a totalidade dos substratos foi revisada em busca de espécimes, alguns dos quais coletados com a utilização de pinças e pincéis. O tempo de busca variou de acordo com o tamanho da cavidade e complexidade dos substratos, com esforço amostral de aproximadamente 2 minutos por m<sup>2</sup>, sendo que toda a área da cavidade foi averiguada.

Os organismos foram acondicionados em recipientes com álcool 70% para fixação e conservação. Substratos de coleta e eventuais comportamentos e interações ecológicas observadas durante o levantamento faunístico foram registrados. Registros fotográficos foram realizados quando pertinente.

A presença de vertebrados e/ou vestígios nas cavidades foi registrada sempre que possível através de anotações e fotografias.

Para a amostragem dos quirópteros nas cavidades foi utilizado o método de busca ativa por meio do uso de puçás de hastes extensíveis (tamanho máximo de 3 m de comprimento - Foto 8.139). O tempo de duração do procedimento variou, sendo ele condicionado à captura das diferentes espécies de morcegos visualizados. Algumas etapas antes do início das seções de capturas foram seguidas: localização dos morcegos e suas colônias dentro das cavernas; espera até que os indivíduos se acostumassem com a nossa presença; realização de registro fotográfico; seleção dos espécimes a serem capturados. O tamanho de cada uma das populações foi estimado por meio de senso visual.

Os morcegos capturados foram acondicionados em sacos de algodão e posteriormente triados. Estes foram pesados, medidos com paquímetro (comprimento de antebraço), sexados e soltos após a confirmação da espécie.



Foto 8.139 - Coleta de morcegos com utilização de puçá na cavidade VG-07.

Figura 3.37 - Fichas bioespeleológicas utilizadas nas atividades de campo

FICHA BIOCASPELEOLÓGICA		
Área: Vale do Açu		Localidade: Minas Novas
Cavidade: 059		Data: 12/12/11
Horário (período na cavidade): 10h55 - 19h10		Responsável: M. L. C.
Setor/Coletor/Zonação/Tempo de busca		
1 - D. M. C. - 15'	4 - PE - M. L. C. - 20'	
2 - M. L. C. - PC - 20'	5 - M. L. C. - A - 25'	
3 - D. M. C. - PE - 20'	6 - D. M. C. - A - 40'	
Nº de esp	Nº de falco	Registro fotográfico (máquina/fotos)
6	2	61002 103.1027 1086
Zonação		
Entrada (E) <u>15</u> %	Penumbra (P) <u>70</u> % P clara _____ % P escura _____ %	Afótica (A) <u>15</u> %
Obs:		
Informações adicionais		
Vegetação do entorno / estrato dominante mata arbórea - árvores finas e altas / Gramíneas		
Alterações antrópicas (escavação/abertura) Trabalhos e áreas abertas na entrada		
Pontos próximos (drenagem/lago/estrada/mina) Drenagem - (Córrego Minas Novas)		
Condições climáticas do meio epigeo Nublado / chuvoso		
Breve descrição da cavidade		
Cavidade ampla, com constrito (< 1m de diâmetro) que dá p/ o interior		
Declividade do piso próximo à abertura 0		
Sombreamento Pouco sombreado na entrada		
Aberturas (quantidade/tamanho) 1 ampla (+ de 3m de altura)		
Observações		

Fonte: Brandt, 2012b.

Cavidade: 59		Setor: 2		Coletor: GWDI		Data: 12/12/11	
Zonação <input type="checkbox"/> Entrada <input checked="" type="checkbox"/> Penumbra <input type="checkbox"/> Afótica				Vegetação <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Muito <input type="checkbox"/> Pouco			
<input type="checkbox"/> P. clara <input type="checkbox"/> P. escura				Obs: (Descreva)			
Obs: 20'							
Fungos/Líquens/Algas <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim				Piso			
Obs: FUNGO BRANCO				<input checked="" type="checkbox"/> Sed. Fino <input checked="" type="checkbox"/> Cascalho <input type="checkbox"/> Matacão <input type="checkbox"/> Rochoso <input type="checkbox"/> Guano			
Obs: ↓ (MUD)							
Informações adicionais							
Umidade							
Piso <input type="checkbox"/> Pó <input type="checkbox"/> Seco <input checked="" type="checkbox"/> Úmido <input type="checkbox"/> Encharcado				Presença de água <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não			
Obs:				<input type="checkbox"/> Drenagem <input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Lago			
				<input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Gotejamento			
Obs:				Obs:			
Substratos orgânicos							
Material Vegetal <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não				Detrito <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
<input type="checkbox"/> Pontos Esparsos <input checked="" type="checkbox"/> Manchas <input type="checkbox"/> Área Grande				<input checked="" type="checkbox"/> Pontos Esparsos <input type="checkbox"/> Manchas <input type="checkbox"/> Área Grande			
Obs: FOLHOS				Obs: (Descreva) CLIMOS, MAT. VEGETAL			
Raízes <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não				Guano <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
<input checked="" type="checkbox"/> Rizomas <input type="checkbox"/> Redes Anastomosadas				<input type="checkbox"/> Frugívoro <input checked="" type="checkbox"/> Insetívoro			
<input checked="" type="checkbox"/> Calibre grosso <input type="checkbox"/> Superficiais <input type="checkbox"/> Subsuperficiais				<input type="checkbox"/> Recente <input type="checkbox"/> Antigo <input type="checkbox"/> Exaurido <input type="checkbox"/> Recente <input checked="" type="checkbox"/> Antigo <input type="checkbox"/> Exaurido			
<input type="checkbox"/> Calibre fino (mm) <input checked="" type="checkbox"/> Piso <input type="checkbox"/> Parede <input type="checkbox"/> Teto				<input type="checkbox"/> Pontos Esparsos <input type="checkbox"/> Manchas <input type="checkbox"/> Área Grande <input type="checkbox"/> Pontos Esparsos <input type="checkbox"/> Manchas <input type="checkbox"/> Área Grande			
<input checked="" type="checkbox"/> Superficiais <input type="checkbox"/> abundantes <input type="checkbox"/> pouco abundantes				<input type="checkbox"/> Hematófago <input type="checkbox"/> Recente <input type="checkbox"/> Antigo <input type="checkbox"/> Exaurido <input type="checkbox"/> Recente <input type="checkbox"/> Antigo <input type="checkbox"/> Exaurido			
<input type="checkbox"/> Subsuperficiais <input type="checkbox"/> abundantes <input type="checkbox"/> pouco abundantes				<input type="checkbox"/> Pontos Esparsos <input type="checkbox"/> Manchas <input type="checkbox"/> Área Grande <input type="checkbox"/> Pontos Esparsos <input type="checkbox"/> Manchas <input type="checkbox"/> Área Grande			
Obs:				Obs:			
Fezes de vertebrados não voadores <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não				Bolotas de regurgitação <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
<input type="checkbox"/> Insetívoro <input type="checkbox"/>				Obs:			
Obs:				Obs:			
Carcaça <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não				Outros substratos orgânicos <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não			
Obs:				Obs:			
Fauna							
Vertebrados <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não				Abundância de espécies (> 1cm)			
grupos	Nº ind	identificação	identificação			Nº ind	
Anfíbios			30 AMB. NEURONIA				
Lagartos			LOXOSCELES				
Cobras			MOLLUSCA				
Aves			MOLLUSCA				
Mamíferos			PAN. LOANHO				5
Morcegos							
Obs:				Obs:			
Insetos sociais <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não				Vestígios <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
<input checked="" type="checkbox"/> ninhos de Hymenoptera		<input type="checkbox"/> caminhos de cupim		<input type="checkbox"/> Exoesqueleto			
Táxon <u>BACO</u>		<input type="checkbox"/> Ativos <input type="checkbox"/> Inativos		<input type="checkbox"/> Ossada			
<input type="checkbox"/> Ativos <input type="checkbox"/> Inativos		<input type="checkbox"/> cupinzeiro		<input type="checkbox"/> Pegada			
Obs: ↓ DUAS COLONIAS DE ABELHAS (A. MELIFERA)				<input checked="" type="checkbox"/> Ninho <u>FOTO</u>			
Obs:				Obs:			
Interações Ecológicas (ex. ovos, cópula, alimentação/predação, parasitismo)							

Fonte: Brandt, 2012b.

### **Atividades de laboratório**

Todo o material coletado foi triado em laboratório com o uso de estereomicroscópio e microscópio, e agrupados por morfoespécies e identificados com o auxílio de chaves para características morfológicas. O refinamento de identificações, correlações, morfotipagem e análise de troglomorfismos foram efetuados preferencialmente em indivíduos adultos, já que jovens são pouco focados em estudos taxonômicos; muitas vezes as identificações são efetuadas levando-se em conta as genitálias de machos e fêmeas (ex. Arachnida). Opiliões, aranhas, escorpiões e pseudo-escorpiões foram enviados a especialista para refinamento das identificações e análise morfológica. Importante salientar, entretanto, que a necessidade de refinamento das identificações ocorre apenas em casos de dúvidas ou para a melhor determinação de um táxon quanto ao seu status ecológico evolutivo com relação ao ambiente subterrâneo (nesse caso para a confirmação do status de troglóbio). Os locais de depósito de material biológico serão: Museu de Zoologia da USP (São Paulo), Instituto Butantan (parte de Arachnida), Museu Nacional (Rio de Janeiro - parte dos Arachnida) e museu de referência da Faculdade de Saúde Pública da USP (Diptera Phlebotominea). As cartas de entrega do material cavernícola que comprovam o depósito em instituições autorizadas encontra-se no Anexo 12.

### **Análises**

#### Riqueza

Os valores da riqueza de espécies utilizados nas análises em cada cavidade correspondem ao número total de espécies presente na cavidade, desconsiderando a presença do táxon jovem, quando na cavidade há o indivíduo adulto. Assim, não ocorre a superestimação de espécie presente na cavidade, portanto, o número de espécie indicado é considerado um número mínimo.

Para categorizar a riqueza de espécie em suas variáveis Alta, Média e Baixa foi utilizado o cálculo de média  $\pm$  desvio padrão. Deste modo, a riqueza de espécie foi considerada:

- Alta: quando sua riqueza de espécies se encontrava igual ou acima do valor constituído pela média mais seu desvio padrão.
- Média: quando sua riqueza de espécies se encontrava dentro do intervalo de valores constituído pela média menos seu desvio padrão e média mais seu desvio padrão.
- Baixa: quando sua riqueza de espécies se encontrava abaixo do valor constituído pela média menos seu desvio padrão.

Para elucidar estas informações, são apresentadas, nos quadros abaixo, as análises exemplificativas para o cálculo das variáveis de riqueza (Quadro 8.27 e 8.28).

**Quadro 8.27 - Dados teóricos correspondente à média e desvio padrão**

<b>RESULTADO DA AVALIAÇÃO DA RIQUEZA</b>	
<b>MÉDIA (<math>\mu</math>)</b>	<b>DESVIO PADRÃO (<math>\sigma</math>)</b>
28,59	12,26

Fonte: IC Ambiental, 2015.

**Quadro 8.28 - Cálculos para classificar o atributo de riqueza**

RIQUEZA	CÁLCULO	RESULTADO
Alta	<b>Média (<math>\mu</math>) + desvio padrão (<math>\sigma</math>)</b>	40,85
	28,59 + 12,26	
Média	<b>Intervalo entre média (<math>\mu</math>) - desvio padrão (<math>\sigma</math>) e média (<math>\mu</math>) + desvio padrão (<math>\sigma</math>)</b>	16,32 a 40,84
	28,59 $\pm$ 12,26	
Baixa	<b>média (<math>\mu</math>) - desvio padrão (<math>\sigma</math>)</b>	16,31
	28,59 – 12,26	

Fonte: IC Ambiental, 2015.

Acordando com a IN 2/2009 e a partir dos dados de riqueza registrados em cada cavidade, foi adotado e atribuído a cada cavidade analisada as suas respectivas correspondências.

### Abundância

A abundância relativa foi obtida considerando espécies de vertebrados e de invertebrados com adultos de tamanho corporal maior ou igual a 1 cm, de acordo com a IN MMA nº 02/2009, tendo sido utilizados os números de indivíduos obtidos durante as observações de campo e identificações do material coletado.

A metodologia adotada foi composta por três etapas: na primeira etapa foi determinada a abundância relativa para as ocorrências de cada espécie com adultos de tamanho corporal maior ou igual a 1 cm, comparando-se todas as cavidades com ocorrência da espécie.

A fórmula utilizada para o cálculo foi  $Ab = n_1/N_1$ , onde  $Ab$  (%) é a porcentagem da abundância da espécie alvo,  $n_1$  é o número de indivíduos da espécie alvo (soma de exemplares coletados com exemplares observados) por cavidade e  $N_1$  é a soma total de indivíduos da espécie alvo de todas as cavidades avaliadas (Quadro 8.29)

**Quadro 8.29 - Descrição da fórmula para abundância relativa**

Abundância relativa $Ab = n_1/N_1$	$n_1$	É o número de indivíduos da espécie alvo
	$N_1$	É a soma total de indivíduos da espécie alvo

Fonte: IC Ambiental, 2015.

Na segunda etapa foram utilizados os valores mínimos e máximos das abundâncias relativas, determinadas na primeira etapa para cada espécie, e o intervalo entre ambos os valores foi dividido em três intervalos iguais, onde o intervalo com os menores valores conteve valores de variável baixa para a espécie em questão, o intervalo com maiores valores confere a variável alta, e o intervalo com valores intermediários confere a variável média para cada espécie avaliada (Quadro 8.30).

**Quadro 8.30 - Exemplo descritivo da classificação da variável**

MIN	MAX	AMPLITUDE	INTERVALO	VARIÁVEL	INTERVALO
1	5	4	1,33	ALTA	$\geq 3,66$
				MEDIA	2,33-3,66
				BAIXA	$< 2,33$

Fonte: IC Ambiental, 2015.

A terceira etapa consiste na determinação da proporção de espécies com alta abundância relativa para cada cavidade, seguindo a IN 2/2009, que determina que cavidades com 30% ou mais de espécies com alta abundância sejam consideradas como variável alta, cavidades com 10% a 20% sejam consideradas como variável média e cavidades com menos que 10% de espécies de alta abundância sejam consideradas como variável baixa para este atributo.

A fórmula utilizada nesta terceira etapa foi  $Ab_R = n_2/N_2$ , onde  $Ab_R$  (%) é a proporção de espécies abundantes por cavidade;  $n_2$  é a quantidade de espécies abundantes de cada cavidade; e  $N_2$  é a quantidade de espécies com adultos de tamanho corporal maior ou igual a 1 cm para cada cavidade (Quadro 8.31).

**Quadro 8.31 - Classificação da cavidade quanto a alta abundância**

Alta abundância $Ab_R = n_2/N_2$	$n_2$	É a quantidade de espécies com alta abundância em cada cavidade
	$N_2$	É a quantidade de espécies com adultos de tamanho corporal maior ou igual 1 cm para cada cavidade.

Fonte: IC Ambiental, 2015.

Tendo em vista que as cavidades inventariadas apresentam pequeno número de espécies com tamanho corporal maior ou igual a 1 cm, torna-se impreciso o método para indicar cavidades com populações abundantes. Pode ser observado que cavidades com maiores números de espécies apresentam proporções melhor distribuídas de abundância relativa. Considerando que o número de espécies é pequeno, a diminuição do valor de corte abaixo do valor adotado (30%) aumenta o intervalo de valores afetados pelo artefato do cálculo. Por outro lado, se a nota de corte for alta, as cavidades com maior diversidade não terão a relevância reconhecida.

#### Curva de acumulação de espécies

Curva de acumulação de espécies foi construída considerando cada cavidade como uma amostra da fauna subterrânea local. Análise exploratória de similaridade da fauna das cavidades da área foi realizada através de análise de Agrupamento UPGMA (SNEATH & SOKAL, 1973), utilizando o índice de Jaccard de similaridade. Para as análises, foi utilizado o programa PAST versão 3.09 (HAMMER *et al.*, 2001).

### 8.4.3. Resultados

#### 8.4.3.1. Caracterização das cavidades

As cavidades amostradas no presente estudo, em sua maioria, possuíam pequenas dimensões (variando entre 5 e 75 metros de projeção horizontal) com predomínio de áreas de entrada e de penumbra. Foi observada, principalmente na zona de entrada, a ocorrência de micro-organismos (Fotos 8.140 e 8.141), líquens, fungos, briófitas, pteridófitas e brotos de angiospermas na maioria das cavidades. Estas características estão relacionadas, de maneira geral, à maioria delas possuírem entradas bem iluminadas e pouco protegidas (Fotos 8.142 e 8.143).



Foto 8.140 - Microrganismos observados em parede na Caverna CM-16.  
Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.141 - Entrada da cavidade VG-01, com presença de musgos, pteridófitas e brotos de angiospermas (esquerda) e microrganismos em parede da cavidade vg-02 (direita).  
Fonte: Brandt, 2013.



Foto 8.142 - Entrada da Caverna CM-04 com presença de musgos, pteridófitas e brotos de angiospermas.

Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.143 - Vista geral da cavidade VG-04 (esquerda) e parte da entrada da cavidade CM-26 (direita), totalmente iluminadas, com presença de pteridófitas e brotos de angiospermas.

Fonte: Brandt, 2013.

Apenas três cavidades localizadas na área do empreendimento apresentaram região afótica (9% das cavidades): Caverna CM-02, CM-08 e CM-12. Região de penumbra com ausência de afótica foi observada em dez cavidades (29%) e apenas região de entrada (incidência direta de luminosidade) foi observada em 22 cavidades (62%).

Com relação à umidade das cavidades do Complexo Minerário, para 10% das cavidades foi detectado um aumento na umidade para o período úmido em relação ao seco, para 83% das cavidades não foi detectada variação marcante entre as campanhas e, para 7%, aumento de umidade na campanha realizada em período seco. De um modo geral, a umidade era elevada em regiões mais profundas na rocha. Em algumas cavidades foram registradas regiões com água estagnada, representadas na sua maioria por poças no sedimento ou sobre a rocha (Foto 8.144), muitas vezes com matéria orgânica. Em 7% das cavidades, foi encontrado corpo d'água apenas no período úmido e 17% em ambas as campanhas. A presença e quantidade desses corpos d'água, que podem servir de *micro-habitat* para a fauna, podem variar em função do regime de chuvas na superfície.



Foto 8.144 - Percolação na Caverna CM-16  
Fonte: Brandt, 2012b.

Já em relação às cavidades do Vale dos Gigantes, as mesmas se encontravam secas em ambas as campanhas de campo e não foi detectado um aumento na umidade para o período chuvoso em relação ao seco. De um modo geral, a umidade era levemente mais elevada em regiões mais profundas na rocha.

A ocorrência dos diferentes substratos orgânicos em cada cavidade, considerando os sete tipos contemplados na Instrução Normativa (IN) n° 2, de 20/08/09, está indicada no Quadro 8.32 e sintetizada na Figura 8.56.

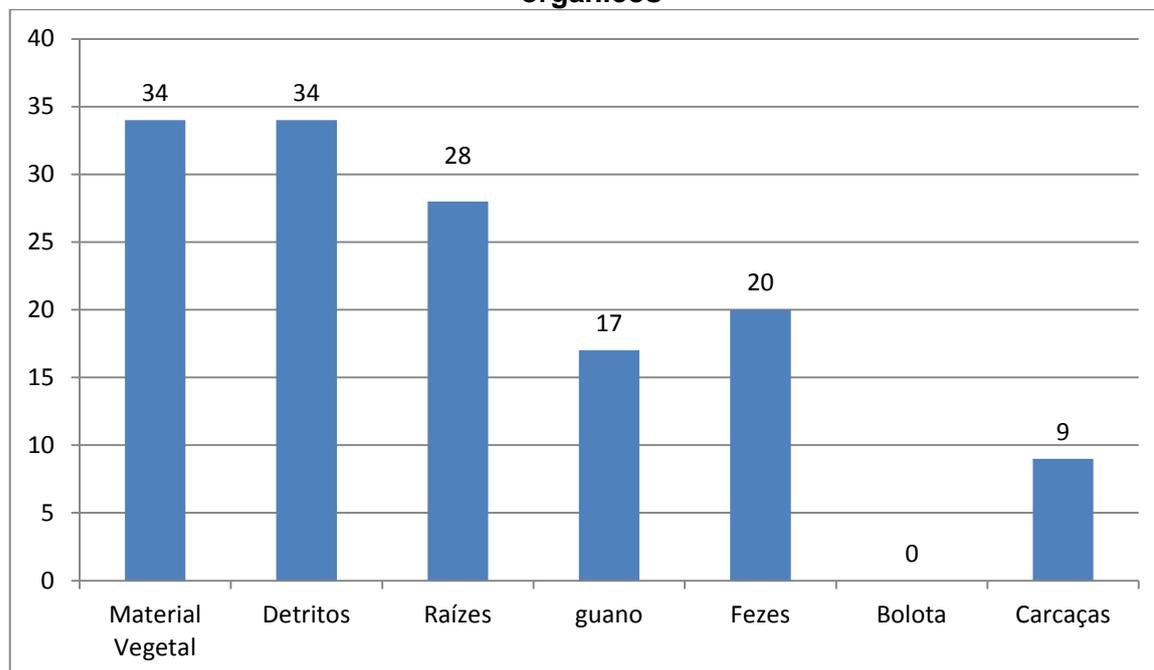
**Quadro 8.32 - Recursos tróficos presentes nas cavidades estudadas.**

Identificação	1	2	3	4	5	6	7	Total
Caverna CM-01	1	1	1					3
Caverna CM-02	1	1	1	1	1		1	6
Caverna CM-03	1	1	1					3
Caverna CM-04	1	1	1					3
Caverna CM-05	1	1			1		1	4
Caverna CM-06	1	1			1		1	4
Caverna CM-07		1	1	1				3
Caverna CM-08	1	1	1	1	1		1	6
Caverna CM-09	1	1	1	1				4
Caverna CM-10	1	1		1	1			4
Caverna CM-11	1	1		1	1			4
Caverna CM-12	1	1	1	1				4
Caverna CM-13	1	1	1		1			4
Caverna CM-14	1	1	1	1	1			5
Caverna CM-15	1	1	1				1	4
Caverna CM-16	1	1	1	1			1	5
Caverna CM-17	1	1	1		1			4
Caverna CM-18	1	1	1	1	1			5
Caverna CM-19	1	1	1					3
Caverna CM-20	1	1	1		1			4
Caverna CM-21	1		1	1	1			4
Caverna CM-22	1	1		1				3
Caverna CM-23	1	1	1					3
Caverna CM-24	1	1	1					3
Caverna CM-25	1	1	1		1			4
Caverna CM-26	1	1	1					3
Caverna CM-27	1	1	1		1			4
Caverna VG-01	1	1	1					3
Caverna VG-02	1	1	1		1		1	5
Caverna VG-03	1	1		1	1		1	5
Caverna VG-04	1	1	1		1			4
Caverna VG-05	1	1	1	1	1			5
Caverna VG-06	1	1	1	1	1		1	6
Caverna VG-07	1	1	1	1	1			5
Caverna Jatobá	1	1		1	1			4

1. Material Vegetal. 2. Detritos. 3. Raízes. 4. Guano 5. Fezes de vertebrados não-voadores. 6. Bolotas de regurgitação 7. Carcaças.

Fonte: Brandt, 2012b; Brandt, 2013. Modificado: IC Ambiental, 2015.

**Figura 8.56 - Número de cavidades com presença dos diferentes tipos de substratos orgânicos**



Fonte: Brandt, 2012b; Brandt, 2013. Modificado: IC Ambiental, 2015.

Os substratos orgânicos mais frequentes foram de material vegetal, constituído pela vegetação de pequeno porte já mencionada (folhiço) e por detritos, que podem ser de origem vegetal ou animal (97% das cavidades cada), seguido de raízes (80%), fezes de vertebrados não voadores (57%) e guano de morcegos (49%). Com menor frequência foram observados carcaças (21%). Bolotas de regurgitação não foram observadas nas cavidades estudadas.

Folhiço e detrito vegetal foram observados geralmente restritos à região de entrada, próximos à linha d'água, embora alguns acúmulos isolados tenham sido detectados em regiões mais profundas de algumas cavidades (Fotos 8.145 a 8.148).



Fotos 8.145 e 8.146 - Material vegetal (esquerda - Caverna CM-01) e detritos mistos (direita - Caverna CM-14)  
Fonte: Brandt, 2012b.



Fotos 8.147 e 8.148 - Material vegetal (esquerda - VG-01); detritos mistos (direita - VG-06).  
Fonte: Brandt, 2013.

Na sua maioria, raízes (observadas em 80% das cavidades - Fotos 8.149, 8.152) estão representadas por sistemas sub-superficiais de calibre fino (menor que dois milímetros de diâmetro) que ocupam diferentes extensões das cavidades. Penetram a partir das aberturas horizontais e verticais, muitas vezes permeando canalículos estreitos e atingindo a cavidade verticalmente. Raízes de calibre grosso, quando presentes, foram detectadas geralmente próximas às entradas. Sistemas radiculares superficiais abundantes, incluindo a formação

de rizotemas (crescimento de raízes em locais com gotejamento) e redes anastomosadas, foram registrados.



Foto 8.149 e 8.150 - Raízes anastomosadas (esquerda) e de calibre grosso (direita) da Caverna CM-16

Fonte: Brandt, 2012b.



Fotos 8.151 e 8.152 - Raízes anastomosadas no piso da cavidade VG-06 (esquerda) e de calibre grosso, partindo de árvore na entrada da cavidade VG-07 para o interior da cavidade (direita).

Fonte: Brandt, 2013.

Fezes de vertebrados não voadores (Fotos 8.153 a 8.155) foram registradas em 57% das cavidades estudadas, em diferentes setores internos, em focos esparsos ou em pequenos acúmulos, sem ocorrência de locais com abundância desse recurso. Nas cavidades do Complexo Minerário, constituem na sua maioria fezes de insetívoros, originada de anfíbios que se abrigam nas cavidades. Já nas cavidades do Vale dos Gigantes, constituem na sua maioria fezes de pequenos roedores de hábito noturno que utilizam as cavidades como abrigo durante o dia e esterco bovino antigo e ressecado (herbívoros). Também foram observadas fezes de insetívoros, porém com menor frequência.



Fotos 8.153 e 8.154 - Fezes de vertebrado insetívoro (possivelmente anfíbios) na Caverna CM-14 (esquerda); fezes de pequeno lagarto, possivelmente *Tropidurus* sp. na Caverna CM-06 (direita)  
Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.155 - Esterco na cavidade VG-05.  
Fonte: Brandt, 2013.

Guano de morcegos (Foto 8.156 e 8.157) foi registrado em 49% das cavidades estudadas, porém não foi possível identificar a dieta da maioria deles devido ao fato de serem acúmulos antigos e ressecados. Foi identificado guano de morcegos de dieta frugívora, insetívora, nectarívora, carnívora e hematófaga (Foto 8.158), geralmente representados por pontos esparsos, sem grandes acúmulos. O guano de morcegos é um importante recurso trófico para a fauna cavernícola da área, embora sua disponibilidade possa variar com a alternância de uso de abrigos pelos morcegos da região.



Foto 8.156 e 8.157 - Guano de morcegos indeterminados com fauna associada (*Camponotus* sp.) na Caverna CM-02 (esquerda); guano de morcegos hematófagos na Caverna CM-14 (direita)  
Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.158 - Guano de morcegos hematófagos em patamar na parede da cavidade VG-03.  
Fonte: Brandt, 2013.

Em 21% das cavidades foram observadas carcaças de animais vertebrados ou invertebrados. Animais mortos também são fontes ocasionais de alimento para organismos no meio cavernícola. Bolotas de regurgitação de corujas, que também podem servir como fonte de alimento para organismos que vivem nesses ambientes, não foram observadas nas cavidades objeto do presente estudo. (Fotos 8.159 e 8.160).



Fotos 8.159 e 8.160 - Carcaça antiga de morcego (esquerda) e recente de formiga (direita), ambas na cavidade VG-03.  
Fonte: Brandt, 2013.

Outros substratos orgânicos não listados na Instrução Normativa (IN) n° 2 de 20/08/09 foram observados nas cavidades estudadas, com baixa frequência, como cogumelos (Foto 8.161), os quais podem servir de alimento para a fauna subterrânea.

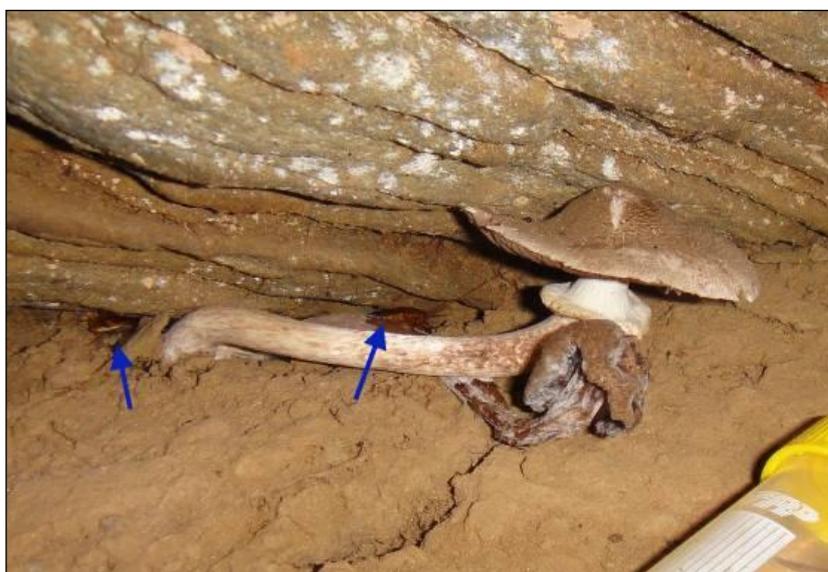


Foto 8.161 - Fungos (cogumelos) observados na Caverna 039 com duas baratas associadas (setas).  
Fonte: Brandt, 2012b.

Considerando a ocorrência de fauna junto aos substratos orgânicos detectados, geralmente são encontrados junto a raízes ninfas de homópteros Cixiidae (Foto 8.162) e opiliões Escadabiidae (*Spaeleoleptes* sp.n.1). Organismos encontrados em guano compreenderam dípteros Drosophilidae, Phoridae, Sphaeroceridae, Cecidomyiidae, Psychodidae Trychomyiinae e Phlebotominae, micro-lepidópteros Tineidae, lepidópteros Geometridae jovens, Pyraloidea sp.1, Gelechioidea sp.1 e sp.4, Noctuoidea sp.3 e sp.4, aranhas Ctenidae jovens, Salticidae jovens, Sicariidae jovens e Pholcidae Mesabolivar sp.1, heterópteros Reduviidae jovens, quilópodos *Macronicophilus* sp.1, colêmbolos Entomobryidae sp.1, formigas *Pheidole* sp.1, baratas Blaberidae, Polyphagidae e Blattellidae, ácaros Ixodida *Ornithodoros* sp. e sp.1, e Acari sp.1 e sp.2, larvas em geral, além de outros organismos atraídos pela presença de recurso trófico.



Foto 8.162 - Ninfas de homóptero Cixiidae em raiz e formigas *Brachymyrmex* sp.1 em fezes indeterminadas na Caverna CM-08.

Fonte: Brandt, 2012b.

#### 8.4.3.2. Considerações sobre a fauna inventariada

Foram registradas ao menos 288 espécies no inventário do estudo. A ocorrência de táxons está disposta no Anexo 13. Alguns grupos foram melhor refinados quanto à sua identificação, como os opiliões (Prof. Dr. Adriano Kury, Museu Nacional), pseudoescorpiões (Dra. Renata Andrade, Econatural), escorpiões (Dr. A. P. L. Giupponi, Museu Nacional), aranhas da família Dipluridae (Msc. Denis Rafael Pedroso, Museu Nacional), aranhas em geral (Biol. Rafael Yuji Lemos, Instituto Butantan), colembolos (Biol. Vanessa Felice, Carste), coleópteros (Dra. Daniela de Cássia Bená, Museu de Zoologia/USP) e dípteros flebotomíneos (Dra. Eunice A. B. Galati, Faculdade de Saúde Pública/USP). A fauna inventariada mostrou-se diversificada e compreende organismos pertencentes a distintos grupos. Grande parte da fauna é composta por organismos que se inserem em grupos esperados em meios subterrâneos, quando considerados grupos taxonômicos mais abrangentes (ordem, família e mesmo gênero). A comunidade cavernícola estudada apresenta peculiaridades regionais, tendo em vista a especificidade de comunidades epígeas da região, que fornecem os elementos que colonizam o ambiente subterrâneo.

A ausência de especialistas é um fato recorrente no estudo de comunidades cavernícolas, atestado em trabalhos científicos com listas de táxons registrados no meio subterrâneo, contendo na sua maioria identificações generalizadas (níveis taxonômicos supra-específicos). Aliado a isso, muitos táxons são pouco estudados e pertencentes a grupos com carência de revisões taxonômicas.

Muitos organismos coletados neste estudo não são cavernícolas, devido à falta de relações ecológicas bem definidas com o meio hipógeo, correspondendo a epígeos encontrados em região de ecótono, que ocorrem ocasionalmente nas cavidades como extensão do seu habitat. Entretanto, sua ocorrência nas cavidades é importante nas interações ecológicas com os cavernícolas. O limite entre o meio superficial e subterrâneo não é abrupto: considerando zonas iluminadas e próximas à entrada, existe uma zona de transição entre os ambientes, onde coexistem organismos epígeos (acidentais) e hipógeos; esses últimos seriam representados especialmente por troglófilos e troglógenos, já que é mais provável encontrar troglóbios em regiões mais estáveis devido às especializações adquiridas durante seu isolamento no meio subterrâneo.

Entretanto, não é possível afirmar que todos os organismos encontrados em regiões afóticas, mais isoladas, especialmente de cavidades ferruginosas, são cavernícolas, dado à superficialidade dessas cavidades, pela pequena extensão e presença de canalículos, aumentando a probabilidade de ocorrência de organismos acidentais, mesmo em regiões mais afastadas.

Geralmente, categorizações ecológico-evolutivas são feitas após estudos populacionais específicos de longo prazo. Entretanto, a partir das observações em campo, pode-se inferir que alguns dos organismos inventariados sejam cavernícolas, pela sua frequência de ocorrência, distribuição espacial nas cavidades e observações em campo, além do conhecimento prévio sobre o táxon no meio subterrâneo de outras regiões no país, a partir de literatura.

*Leucophenga* sp.1, se apresentou como o grupo com maior abundância de indivíduos com relação aos demais registrados. Ainda que não tenha sido possível chegar ao seu menor nível taxonômico, espécie, o grupo merece destaque devido ao elevado número de indivíduos registrados, 1072 contabilizando ambas as estações sazonais da amostragem, e todas as cavidades amostradas.

Dentre os macroinvertebrados, os mais comuns foram ninfas de heterópteros Reduviinae (Reduviidae), observadas em 29 cavidades. Essas ninfas (Foto 8.163) são encontradas com mais frequência nas regiões de entrada das cavidades, sendo que os exemplares adultos de *Zelurus* sp.1, observados em três cavidades (Foto 8.164), costumam abrigar-se mais profundamente no meio subterrâneo. De acordo com TRAJANO & GNASPINI-NETTO (1990) o gênero *Zelurus* é característico de cavernas de várias regiões do país. TRAJANO (1987) constatou que o grupo é relativamente frequente, em cavidades nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás.



Foto 8.163 e 8.164 - Ninfa de Reduviinae (esquerda - VG-03); exemplar adulto (*Zelurus* sp.1 - direita – VG-05).

Fonte: Brandt, 2013.

Também foram frequentes aranhas da família Sicariidae (*Loxosceles* sp. - Fotos 8.165 e 8.166), registradas em 23 cavidades, ocupando diferentes profundidades das cavidades. Essas aranhas são comuns no meio subterrâneo de todo o território brasileiro (Pinto-da-Rocha, 1995), e tendem a ser facilmente localizadas em teias construídas em pequenas fendas ou no contato de superfície do piso com paredes e/ou maticões. Estudos em outras cavernas brasileiras indicam que o gênero *Loxosceles* é elemento da fauna cavernícola tropical (RIBEIRO *et al.*, 2005) e, segundo PINTO-DA-ROCHA (1995), já foi encontrado em cavernas nos estados do Paraná, São Paulo, Mato grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás e Bahia.



Foto 8.165 - Aranha *Loxosceles* sp., encontrada na Caverna CM-02.

Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.166 - Aranha *Loxosceles* sp.1 (Sicariidae), encontrada na cavidade VG-03.  
Fonte: Brandt, 2013.

Grilos (onívoros) *Endecous* sp.1 e *Eidmanacris* sp.1 (Phalangopsidae – Fotos 8.167 a 8.170), comuns em cavidades localizadas por todo o território brasileiro (TRAJANO & GNASPINI-NETTO, 1991), foram registrados em oito e dezessete cavidades respectivamente. O gênero *Eidmanacris* é mais frequente em zona de entrada, enquanto *Endecous* são encontrados nas regiões mais distantes da entrada das cavidades, em zona afótica e penumbra. Todos os grupos taxonômicos citados são comuns em cavidades de todo o território nacional (Pinto-da-Rocha, 1995). De acordo com o mesmo autor, o gênero *Endocous* já foi identificado em cavernas nos estados da Bahia, Ceará, Pará, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais e Goiás, enquanto *Eidmanacris* já foi identificado nos estados do Amazonas, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso e Pará.



Fotos 8.167 e 8.168 - Grilos Phalangopsidae: *Endecous* sp. (Caverna CM-02 - esquerda);  
*Eidmanacris* sp. (Caverna -07 - direita)  
Fonte: Brandt, 2012b.



Fotos 8.169 e 8.170 - Grilos Phalangopsidae: *Eidmanacris* sp.1 (esquerda) e *Endecous* sp. 1 (direita), ambos na cavidade CM-26.

Fonte: Brandt, 2013.

Considerando a ordem Acari, foi um grupo bem diversificado, com 15 morfoespécies distribuídas em 19 cavidades.

Dentre as aranhas, além de *Loxosceles* sp., citada anteriormente, pode-se citar a ocorrência das seguintes famílias: Ctenidae (maioria jovens), (Foto 8.171); Dipluridae (maioria jovens), representada pelas espécies *Trechona venosa* (Foto 8.172) registrada em 5 cavidades; Ochyroceratidae, família bem frequente, com exemplares registrados em 11 cavidades, sendo mais comum a espécie *Theotima* sp.1, observada em quatro cavidades; Oonopidae, observada em três cavidades, representada por três morfoespécies; Pholcidae com duas espécies registradas em 26 cavidades, sendo *Mesabolivar* sp.1 (Foto 8.173) a mais frequente, registrada em 18 cavidades;

Também foram observados exemplares das famílias Araneidae (uma cavidade), Nemesiidae (cinco cavidades); Mysmenidae, (03 cavidades) Palpimanidae, (02 cavidades) e Uloboridae (*Uloborus* sp.1) com registros para duas cavidades.



Foto 8.171 - Aranha *Isoctenus* sp. (Ctenidae) na Caverna CM-08.

Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.172 - Aranha *Trechona venosus* (Dipluridae) jovem na Caverna CM-07.  
Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.173 - Araneae Pholcidae (*Mesabolivar* sp.1) com ooteca na Caverna CM-02.  
Fonte: Brandt, 2012b.

Dentre os opiliões, os mais comuns foram *Jussara marmorata* (Sclerosomatidae) e *Spaeleolepts* sp.n.1 (Escadabiidae). Escadabiidae são pequenos opiliões troglófilos comuns em regiões afóticas. Também foram observados exemplares de *Eusarcus cavernicola*, *Encheiridium* sp.1 (Gonyleptidae), *Discocyrtus* sp.1 (Gonyleptidae) (Foto 8.174) e *Metavononoides barbacenensis* (Cosmetidae).

Os opiliões são cavernícolas onívoros relativamente comuns e observados em diferentes substratos. Várias famílias de opiliões têm representantes cavernícolas em todo o país sendo a Família Gonyleptidae comum em ambientes cavernícolas (TRAJANO & GNASPINETTO, 1991).

De acordo com PINTO-DA-ROCHA (1995) o gênero *Eusarcus* já foi identificado em cavernas nos estados de Goiás e Minas Gerais e o gênero *Discocyrtus* já foi identificado nos estados de Goiás e Paraná.



Foto 8.174 - Opilião *Discocyrtus* sp.1. na cavidade CM-26.  
Fonte: Brandt, 2013.

Considerando pseudoescorpiões, foram registradas três espécies, com destaque para *Spelaeochernes* sp.1 (Chernetidae), com maior frequência de ocorrência, registrados em 16 cavidades; o gênero engloba cavernícolas comuns em diferentes regiões do país (Mahnert, 2001). Também foram registrados exemplares das famílias Chthoniidae (uma cavidade) e Tridenchthoniidae (uma cavidade).

Dos miriápodos, os mais frequentes correspondem a diplópodos, representados por *Pseudonannolene* sp. (cinco cavidades). Também foram inventariados quilópodos *Macronichopilus* sp.1 (três cavidades), *Dinocryptops* sp.1, registrado em apenas uma cavidade.

Considerando os insetos, colêmbolos foram comuns, sendo os mais frequentes *Paronellidae* sp.1 e *Entomobryiidae* sp.1. As famílias citadas foram representadas no presente estudo por mais duas morfoespécies cada. Também foram encontrados representantes da família Tomoceridae, em apenas uma cavidade. Dipluros, *Campodeidae* sp.1, foi registrados em apenas uma cavidade, sendo este o único representante do grupo.

Baratas foram comuns e registradas principalmente a partir de jovens. Entre os adultos, os mais comuns foram Blattellidae (Foto 8.175), registradas em nove cavidades, além da ocorrência de Blaberidae em três cavidades. *Lepismatidae* sp.1 foi encontrado apenas na cavidade Jatobá. De acordo com TRAJANO (1987) as baratas são elemento significativo da fauna cavernícola de todas as regiões do Brasil, exceto para o Vale da Ribeira (SP e PR).



Foto 8.175 - Barata Blattellidae adulta.

Fonte: Brandt, 2012b.

Coleoptera foi um grupo diversificado no inventário, com 22 morfoespécies distribuídas em 26 cavidades, podendo destacar-se a família Staphylinidae, com 05 morfoespécies identificadas, a maioria pertencente à subfamília Pselaphinae e a família Tenebrionidae (Foto 8.176). As larvas dessa família são comuns em piso de sedimento fino secos, onde permanecem enterradas. Foram observados ainda exemplares da família Carabidae em, além de Leiodidae, Histeridae, Crysomelidae e Curculionidae, todos com ocorrência em apenas uma cavidade. Muitos coleópteros correspondem a epígeos encontrados ocasionalmente nas cavidades.



Foto 8.176 - Coleoptera Tenebrionidae sp.1 no piso da cavidade VG-03.

Fonte: Brandt, 2013.

Em Diptera, destacam-se Drosophilidae (Foto 8.177 e 8.178), com seis morfoespécies distribuídas em 16 cavidades. larvas de Keroplatidae (Foto 8.179), em 15 cavidades. Também foram registrados exemplares das famílias Calliphoridae, Cecidomyiidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Chaoboridae, Chloropidae, Culicidae, Sciaridae, Sphaeroceridae, Tipulidae e Limoniidae, dentre outros.



Foto 8.177 - Díptera Drosophilidae sp.1 na Caverna CM-03.  
Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.178 - Díptera *Leucophenga* sp.1 (Drosophilidae) na cavidade VG-01.  
Fonte: Brandt, 2013.



Foto 8.179 - Larva de díptero Keroplastidae em fios de seda na cavidade CM-26.  
Fonte: Brandt, 2013.

Entre os hemípteros, além dos Reduviinae citados anteriormente, destacam-se Cixiidae, entre jovens e adultos (jovens, sp.1, sp.2), foram registrados em 09 cavidades. Também foram observados exemplares de Emesinae em cinco cavidades (jovens, sp., sp.2); Triatominae (duas cavidades - Foto 8.180), Cicadellidae (uma cavidade); Velidae e Derbidae (uma cavidade cada).



Foto 8.180 - Heteroptera Triatominae sp.1 na Caverna CM-02.  
Fonte: Brandt, 2012b.

Hymenoptera foram um grupo diversificado, representado principalmente pelas formigas, sendo as espécies mais comuns *Solenopsis* sp.1 (Foto 8.181), *Linepithema* sp.1 e *Camponotus* sp.1 Outros himenópteros foram observados nas cavidades, entre eles pode-se citar vespas Vespidae sp.1 (Foto 8.182) e abelhas *Apis mellifera*, as quais impediram a coleta em algumas cavidades na campanha úmida.

Frequentemente foram observados ninhos de vespa abandonados, feitos com sedimento fino nas paredes das cavidades, podendo ocorrer em grandes concentrações (Foto 8.183 e 8.184). Em nenhuma ocasião, durante o estudo, foram observados exemplares ocupando os referido ninhos. Também foram observados ninhos abandonados de vespa (Foto 8.185).

Cupins *Nasutitermes* sp.1 foram frequentes e inventariados em 06 cavidades, sendo que em algumas ocasiões foram registrados cupinzeiros (Fotos 8.186 e 8.187). Outras espécies de cupins foram observadas com menor frequência, como *Cortaritermes silvestrii* e *Coptotermes* sp.1



Foto 8.181 - Aglomerado de formigas *Solenopsis* sp.1 na Caverna CM-14.  
Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.182 - Cacho de Vespa sp.1 na entrada da Caverna CM-11.  
Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.183 - Ninhos abandonados de vespa nas paredes da Caverna CM-10  
Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.184 - Ninhos abandonados de Hymenoptera nas paredes da cavidade VG-05.  
Fonte: Brandt, 2013.



Foto 8.185 - Ninho de Vespidae abandonado na entrada da cavidade VG-05.  
Fonte: Brandt, 2013.



Foto 8.186 e 8.187 - Cupinzeiro na Caverna CM-05 (esquerda) e cupins na Caverna CM-17 (direita).  
Fonte: Brandt, 2012b.

Mariposas Noctuoidea foram comuns nas cavidades, sendo frequentes Noctuoidea sp.3, sp.4 e sp.1 (7, 5, 5 cavidades, respectivamente - Foto 8.188 e 8.189). Tineoidea foi representada por três morfoespécies, sendo a espécie Tineoidea sp.2 foi a mais comum. Gelechioidea sp.1 e sp.3 foram os únicos representantes da superfamília, observados em quatro e três cavidades, respectivamente.

Formas imaturas de neurópteros da família Myrmeleontidae foram encontradas em região de entrada de 20 cavidades, enterradas no piso, onde moldam pequenos funis no sedimento seco para captura de formigas ou outros insetos (Foto 8.190), dos quais se alimentam.



Foto 8.188 e 8.189 - Lepidoptera Noctuoidea sp.1 na Caverna CM-07 (esquerda) e Noctuoidea sp.3 na Caverna CM-02 (direita).  
Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.190 - Ninhos de formas imaturas de Neuroptera Myrmeleontidae na entrada da cavidade VG-03.  
Fonte: Brandt, 2013.

Psocópteros das famílias Ptiloneuridae e Lepidopsocidae foram frequentes, observados em 16 cavidades, sendo a maioria das ocorrências registradas a partir de exemplares jovens. Os adultos mais comuns foram *Nepticulomima* sp.2 e *Ptiloneura* sp.2. Crustáceos foram pouco frequentes, com ocorrência em apenas duas cavidades, representadas por isópodos Dubioniscidae sp. e do isópodo Platyarthridae sp.1. Apenas um exemplar de moluscos Gastropoda (Systrophiidae, *Happia* sp.) foi encontrado no presente estudo. Possivelmente a baixa frequência, tanto de crustáceos como de moluscos, deve-se à baixa umidade apresentada na maioria das cavidades estudadas.

Considerando os vertebrados não voadores, anfíbios foram os mais frequentes, com ocorrência em oito cavidades. Foram representados principalmente por *Leptodactylus labirinticus* (Foto 8.191) encontrados seis cavidades. Também foi observado um exemplar de *Barycholos ternetzi* (Foto 8.192) na Caverna CM-15 da família Brachycephalidae. Outros exemplares indeterminados devido à fuga foram avistados em mais três cavidades (Fotos 8.193 a 8.195).



Foto 8.191 - Anuro *Leptodactylus labirinticus* encontrado na Caverna CM-18.  
Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.192 - Anuro *Barycholos ternetzi* encontrado na Caverna CM-15.  
Fonte: Brandt, 2012b.



Fotos 8.193, 8.194 e 8.195 - Três morfoespécies da família Leiuperidae encontrados na cavidade CM-26.

Fonte: Brandt, 2013.

Lagartos também não ocorreram com frequência, sendo observados em 11 cavidades, dos quais apenas um foi identificado em nível de espécie (*Gymnodactylus darwinii* (Foto 8.196); e *Tropidurus* sp. (Foto 8.197) até gênero. Outros exemplares foram registrados, porém não foram identificados devido à fuga durante observações (Foto 8.198). Foi observada uma pele de *Amphisbaena* (Amphisbaenidae) na cavidade VG-03 (Foto 8.199), entretanto o exemplar vivo não foi localizado.



Foto 8.196 - Lagarto *Gymnodactylus darwinii* (Gekkonidae) na Caverna CM-11.

Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.197 - *Tropidurus* sp. na cavidade VG-03.  
Fonte: Brandt, 2013.

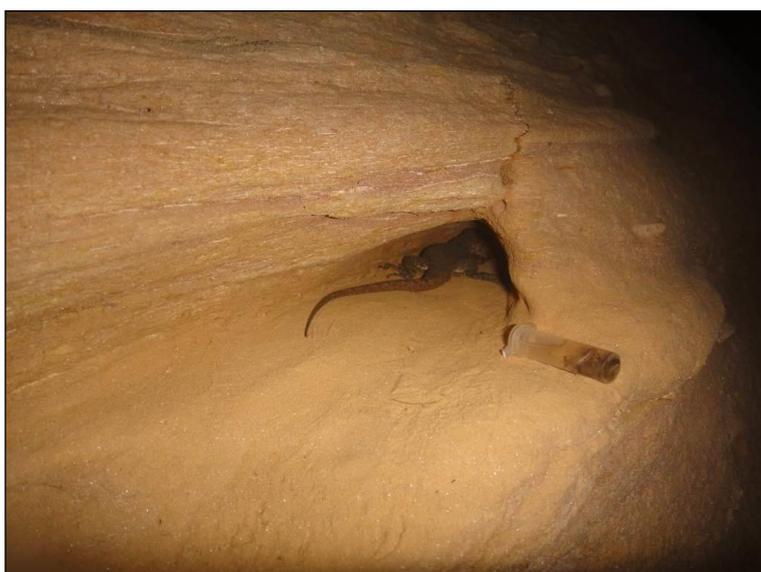


Foto 8.198 - Lagarto em fuga observado na Caverna CM-06.  
Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.199 - Pele de *Amphisbaena* (Amphisbaenidae) na cavidade VG-03.

Fonte: Brandt, 2013.

Roedores foram registrados em apenas três cavidades, representados por *Rhipidomys* cf. *mastacalis*. Usam o meio subterrâneo para abrigo e reprodução; vestígios de ninhos de roedores foram registrados em cinco cavidades (Foto 8.200 e 8.201).



Fotos 8.200 e 8.201 - Roedor *Rhipidomys* cf. *mastacalis* na Caverna CM-05 (esquerda) e ninho de roedor na Caverna CM-02 (direita)

Fonte: Brandt, 2012b.

Ninhos abandonados de aves (Foto 8.202) foram observados em sete cavidades. Também foram observados vestígios, como penas (Fotos 8.203 a 8.205) e/ou pegadas (Foto 8.206) em algumas cavidades.



Foto 8.202 - Ninho de ave abandonado na entrada da Caverna CM-08.  
Fonte: Brandt, 2012b.



Foto 8.203 - Penas de aves no piso da Caverna CM-04.  
Fonte: Brandt, 2012b.



Fotos 8.204 e 8.205 - Penas de aves nas cavidades VG-03 (esquerda) e VG-07 (direita).  
Fonte: Brandt, 2013.

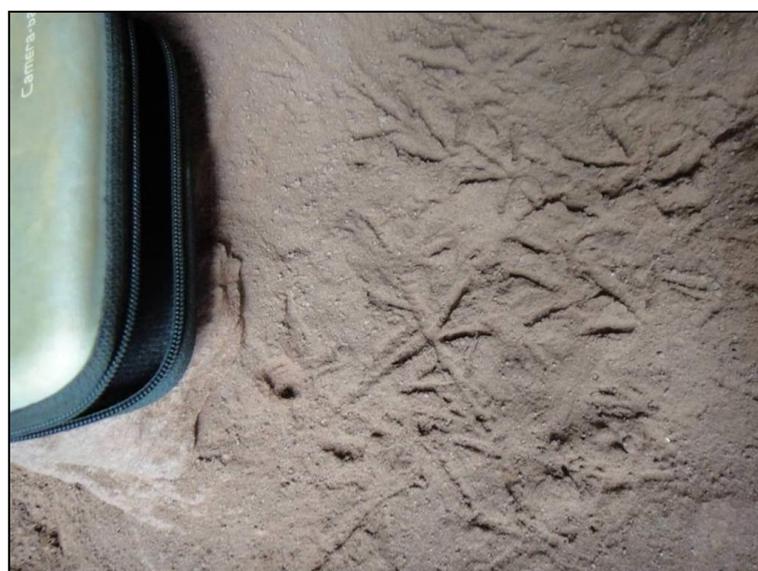


Foto 8.206 - Pegadas de aves no piso.  
Fonte: Brandt, 2012b.

Dentre os vertebrados registrados, os mais frequentes correspondem a morcegos. Foram registradas pelo menos 8 espécies, sendo mais frequentes exemplares da subfamília Glossophaginae (Foto 8.207 e 8.208).

São nectarívoros, observados em sete cavidades. Com menor frequência de registros foram observados *Peropteryx* sp. (duas cavidades), *Furipterus horrens* (duas cavidades), *Mimon* sp. (três cavidades - Foto 8.209), *Micronycteris* sp. (uma cavidade), todos de hábito alimentar insetívoro. *Diphylla ecaudata*, de dieta hematófaga foi observado em uma cavidade (Foto 8.210) e *Carollia* sp., de dieta frugívora, foi avistado em uma cavidade.



Foto 8.207 - Morcegos Glossophaginae observados na Caverna CM-21.  
Fonte: Brandt, 2012b.



Fotos 8.208 - *Glossophaga* sp. na cavidade VG-07.  
Fonte: Brandt, 2013.



Foto 8.209 - Morcego *Mimon* sp. observado na Caverna CM-10.  
Fonte: Brandt, 2012b.

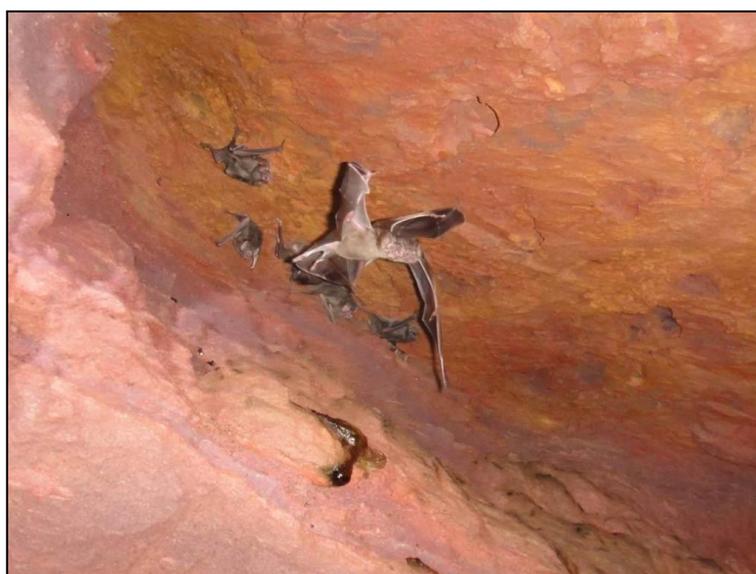


Foto 8.210 - Morcegos hematófagos (*Diphylla ecaudata*) em voo.  
Fonte: Brandt, 2012b.

Muitos dos táxons citados de invertebrados e vertebrados pertencem a grupos taxonômicos (família, gênero) com registro anterior em grutas de diversas regiões do país (PINTO-DA-ROCHA, 1995). Sua condição ecológica, se troglóxico ou troglófilo (principalmente considerando macroinvertebrados, como os grilos e aranhas), pode variar de acordo com a disponibilidade de alimento no interior das cavidades, lembrando que essa disponibilidade pode ser ocasional, ou mesmo imprevisível, como a deposição de fezes de morcegos e outros mamíferos.

Alguns exemplares coletados apresentam troglomorfismos, tais como redução de olhos e pigmento. Para relacionar reduções morfológicas a especializações subterrâneas é necessário conhecer a posição taxonômica das espécies cavernícolas, que não é disponível em muitos casos (GNASPINI & TRAJANO, 1994). Alguns organismos possuem reduções morfológicas comuns ou mesmo inerentes ao grupo taxonômico que os inclui, ocorrendo em parentes filogenéticos epígeos que geralmente ocupam locais com características similares no meio superficial, muitos deles edafobiontes. Ou seja, olhos e pigmentação reduzidos não são características adquiridas após isolamento no meio hipógeo, e não foram detectadas outras características morfológicas que indiquem restrição ao meio endêmico (como alongamento relativo de apêndices ou estruturas sensoriais). Dentre esses podem ser mencionados Palpigradi e Symphyla.

As morfoespécies troglomórficas (Quadro 8.33) com indicativo de restrição ao meio subterrâneo (potenciais troglóbios) foram: aranha Ochyroceratidae sp.1 (Foto 8.211), registrada apenas na Caverna CM-8, com exemplares coletados nas duas campanhas de campo; pseudoescorpião Chthonidae sp.1, família comum em meio subterrâneo no país (MAHNERT, 2001), registrada na Caverna CM-26, em campanha no período úmido; e duas morfoespécies de colêmbolos: Entomobryidae sp.2, encontrado na Caverna CM-01 durante campanha seca, e Paronellidae sp.3, encontrado apenas na Caverna CM-08 em ambas as campanhas de campo.

**Quadro 8.33 - Registros dos táxons troglomórficos nas cavidades do Projeto Vale do Rio Pardo**

Táxons	Ocorrência no Período seco	Ocorrência no Período úmido
Ochyroceratidae sp.1	Caverna CM-08	Caverna CM-08
Chthonidae sp.1	-	Caverna CM-26
Entomobryidae sp.2	Caverna CM-01	-
Paronellidae sp.3	Caverna CM-08	Caverna CM-08

Fonte: Brandt, 2012b; Brandt, 2013. Modificado: IC Ambiental Ltda.



Foto 8.211 - Ochyroceratidae sp.1 da Caverna CM-08. Quadrado = 0,5 cm.  
Fonte: Brandt, 2012b.

### 8.4.3.3. Análises

#### Riqueza

Foram inventariadas 288 espécies no presente estudo, englobando o Complexo Minerário e o Vale dos Gigantes. Foram contabilizados todos os táxons, incluindo os superiores, que eram contados distintamente.

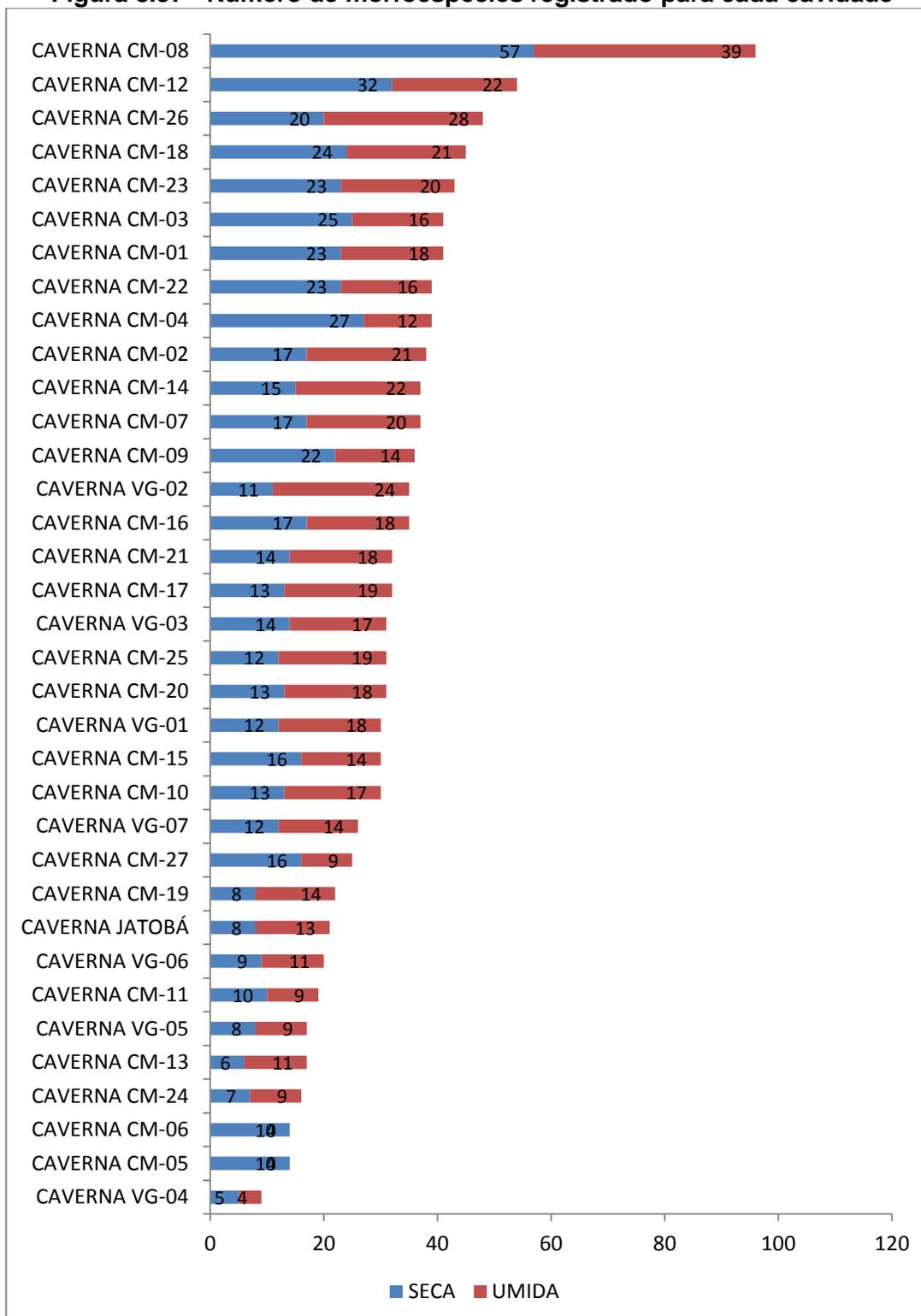
A riqueza total obtida para cada cavidade, bem como a quantidade de organismos amostrados em ambas as campanhas, considerando cada cavidade, pode ser observada no Quadro 8.34 e na Figura 8.57, que exibem o número total de táxons coletados para cada cavidade e afloramento e a quantidade de táxons comuns às duas campanhas de coleta.

**Quadro 8.34: Riqueza de espécies em cada cavidade e em suas estações climáticas**

NOME NOVO	RIQUEZA NA CAV	ABUNDÂNCIA			VARIÁVEL RIQUEZA
		SECA	UMIDA	COMUM	
CAVERNA CM-01	32	23	18	9	MÉDIA
CAVERNA CM-02	29	17	21	9	MÉDIA
CAVERNA CM-03	35	25	16	6	MÉDIA
CAVERNA CM-04	33	27	12	6	MÉDIA
CAVERNA CM-05	15	14	0	0	BAIXA
CAVERNA CM-06	14	14	0	0	BAIXA
CAVERNA CM-07	28	17	20	9	MÉDIA
CAVERNA CM-08	73	57	39	24	ALTA
CAVERNA CM-09	28	22	14	8	MÉDIA
CAVERNA CM-10	22	13	17	9	MÉDIA
CAVERNA CM-11	15	10	9	6	BAIXA
CAVERNA CM-12	45	32	22	10	ALTA
CAVERNA CM-13	13	6	11	4	BAIXA
CAVERNA CM-14	31	15	22	7	MÉDIA
CAVERNA CM-15	25	16	14	6	MÉDIA
CAVERNA CM-16	28	17	18	7	MÉDIA
CAVERNA CM-17	27	13	19	5	MÉDIA
CAVERNA CM-18	36	24	21	9	MÉDIA
CAVERNA CM-19	18	8	14	4	MÉDIA
CAVERNA CM-20	25	13	18	6	MÉDIA
CAVERNA CM-21	26	14	18	6	MÉDIA
CAVERNA CM-22	35	23	16	5	MÉDIA
CAVERNA CM-23	34	23	20	9	MÉDIA
CAVERNA CM-24	13	7	9	3	BAIXA
CAVERNA CM-25	26	12	19	5	MÉDIA
CAVERNA CM-26	42	20	28	6	ALTA
CAVERNA CM-27	24	16	9	5	MÉDIA
CAVERNA VG-01	27	12	18	2	ALTA
CAVERNA VG-02	30	11	24	5	ALTA
CAVERNA VG-03	22	14	17	9	MÉDIA
CAVERNA VG-04	7	5	4	2	BAIXA
CAVERNA VG-05	13	8	9	4	MÉDIA
CAVERNA VG-06	17	9	11	3	MÉDIA
CAVERNA VG-07	21	12	14	5	MÉDIA
CAVERNA JATOBÁ	17	8	13	4	MÉDIA

Fonte: IC Ambiental, 2015.

**Figura 8.57 - Número de morfoespécies registrado para cada cavidade**



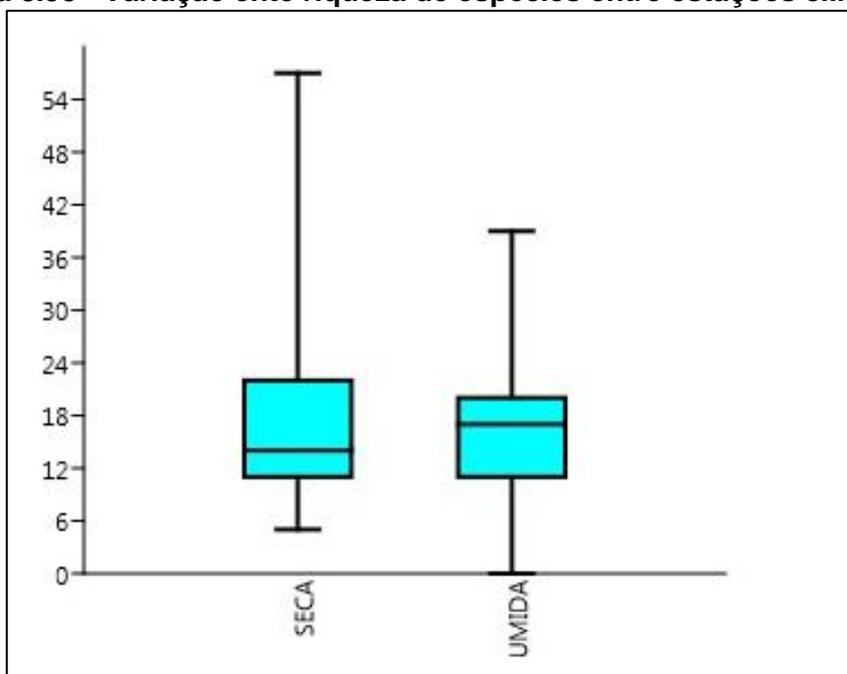
**Legenda: Foram consideradas todas as espécies, incluindo os jovens, assim, os valores reais de riqueza podem se relativamente menores.**

Fonte: IC Ambiental, 2015.

A riqueza média, quando considerada todas as cavidades (Complexo Minerário e Vale dos Gigantes) obtida foi de 26,45 com desvio padrão de 11,92. O resultado obtido vai ao encontro com o valor esperado para cavidades ferruginosas com pequenas dimensões, como é o caso da maioria das cavidades estudadas, quando comparadas com valores observados em cavidades das mesmas proporções e mesma litologia. Em análise separada o Complexo Minerário obteve média de 28,59 e desvio padrão de 12,26 e o Vale dos Gigantes obteve 19,25 e desvio padrão de 7,42.

Quando se compara estatisticamente a riqueza de espécies para todas as cavidades, com distinção entre as estações climáticas, seca e úmida, não há indicação de correlação significativa (Figura 8.58). Entretanto, ecologicamente se percebe a diferença entre espécies e a sua variação entre as campanhas ou mesmo sua presença, o que reforça a necessidade de coletas em cavernas em mais de uma estação climática.

**Figura 8.58 - Variação ente riqueza de espécies entre estações climáticas**



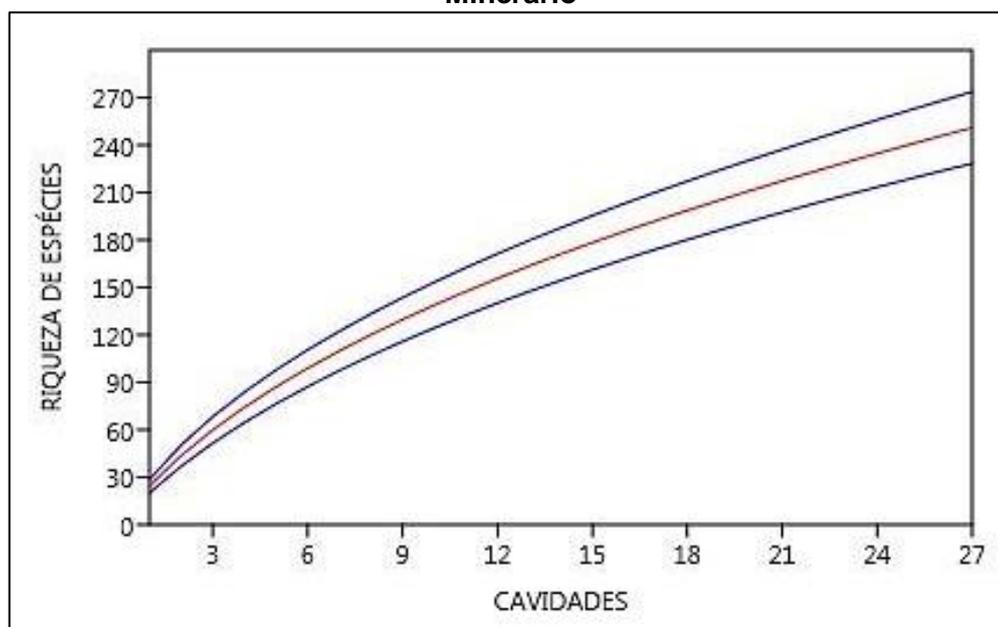
Fonte: IC Ambiental, 2015.

A cavidade com maior riqueza corresponde à Caverna CM-08, com 73 morfoespécies registradas. É a maior cavidade estudada na área do empreendimento, com extensão relativamente grande (74,88m de projeção horizontal) e uma gradação de diferentes intensidades luminosas e ausência de luz, e também grande variedade de micro *habitats* no seu interior, com diferentes tipos de recursos tróficos, incluindo guano de morcego, raízes, material vegetal, detrito, carcaça, além de poças, que representam um *habitat* adicional para a fauna. Destacam-se ainda as Cavernas CM-12, CM-26 e CM-18, com 45, 42 e 36 morfoespécies, respectivamente.

### Curva de acumulação de espécies e estimativa de riqueza

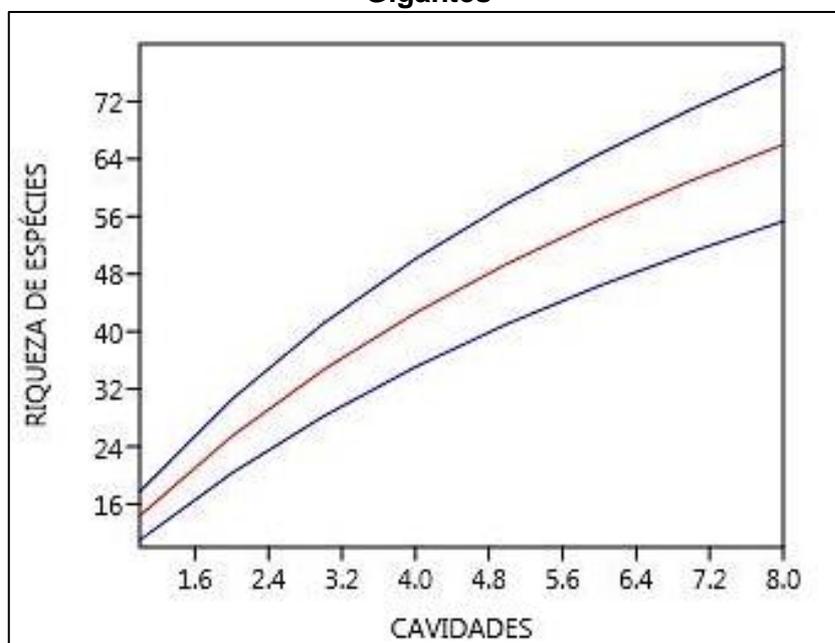
As curvas de acumulação de espécies considerando a totalidade de amostras (cavidades) podem ser observadas nas Figuras 8.59 e 8.60. Não foi observada uma tendência à estabilização das curvas geradas. As curvas indicam que cada cavidade contribui com uma composição de espécies pouco semelhante fazendo com que a curva seja ascendente, com pouca estabilização no final das amostras. As curvas foram separadas em suas análises como Complexo Minerário e Vale dos Gigantes (Figura 8.59 e 8.60). A riqueza obtida para o Complexo Minerário foi de 255 espécies e para o Vale dos Gigantes foi de 66 espécies.

**Figura 8.59 - Curva de acumulação de espécies e estimativa de riqueza considerando a totalidade das cavidades estudadas e suas estações climáticas para o Complexo Minerário**



**Legenda:** As curvas acima e abaixo indicam o intervalo de confiança de 95%  
 Fonte: IC Ambiental, 2015.

**Figura 8.60 - Curva de acumulação de espécies e estimativa de riqueza considerando a totalidade das cavidades estudadas e suas estações climáticas para o Vale dos Gigantes**



**Legenda:** As curvas acima e abaixo indicam o intervalo de confiança de 95%  
 Fonte: IC Ambiental, 2015.

Curvas de acumulação semelhantes têm sido observadas com frequência em cavidades ferruginosas encontradas em cangas. Um dos principais fatores a serem levados em consideração para a não estabilização dessas curvas é a ocorrência de uma grande variação na composição faunística de cada cavidade, que inclui também organismos acidentais encontrados principalmente em regiões próximas às entradas maiores e organismos subterrâneos encontrados principalmente nas micro e meso cavidades, que ocasionalmente são encontrados nas macrocavidades.

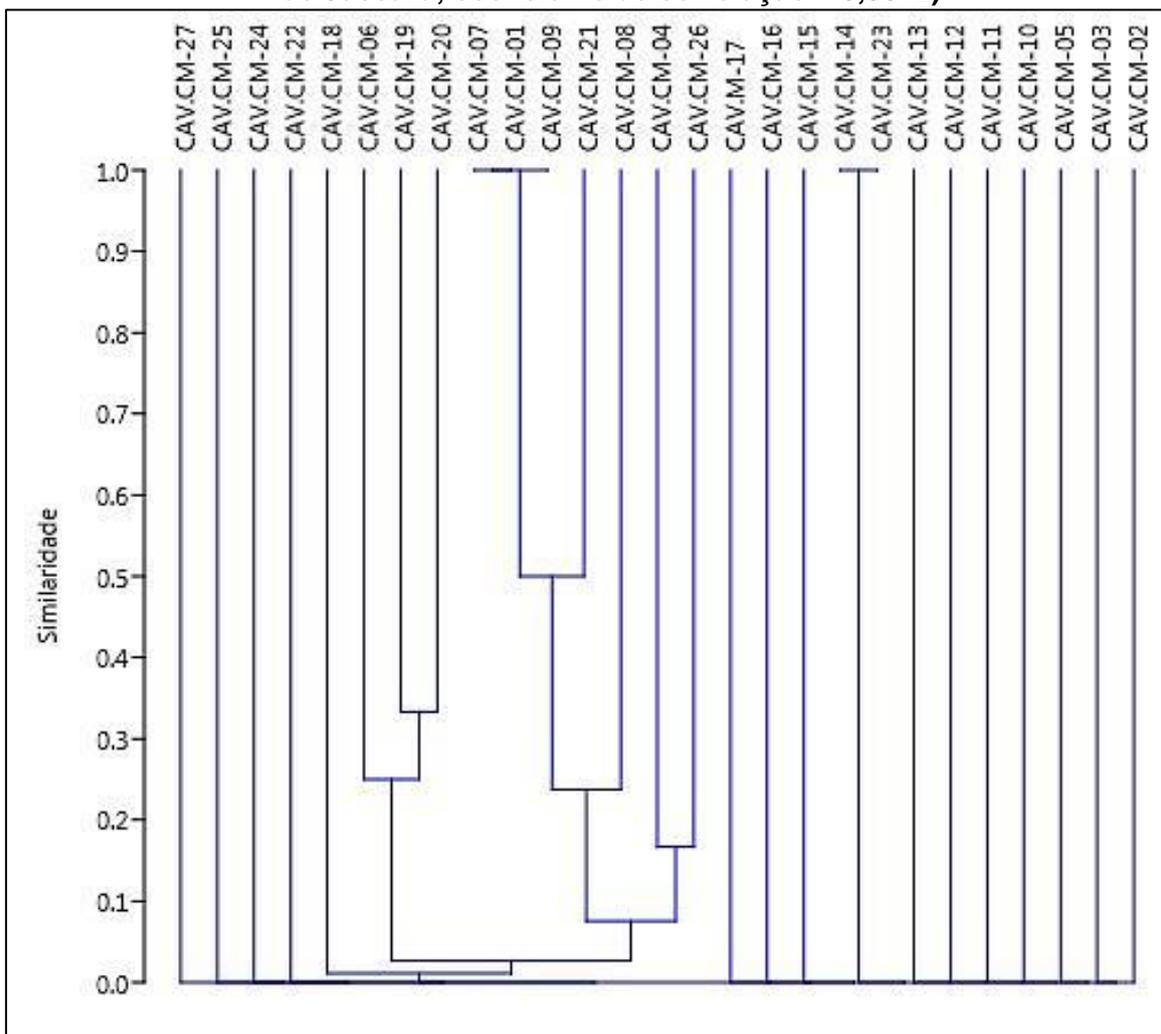
A diversidade de acidentais potenciais é igual à diversidade total de organismos epígeos da região (TRAJANO & BICHUETTE, 2006), e isso deve ser levado em conta, especialmente nas cavidades estudadas. Dessa forma, é provável que mesmo metodologias distintas e coletas mais intensivas (inviáveis em meios hipógeos devido à peculiaridade desse tipo de ambiente, muitas vezes com populações endêmicas e suscetíveis) não contribuam para a estabilização da curva de espécies registradas.

Contribuindo ainda para a variabilidade na composição faunística está o fato de que cada cavidade possui características que podem variar sazonalmente ou não, como umidade e recursos tróficos. Por exemplo, o aporte de determinado recurso trófico, como guano, muitas vezes é imprevisível, e após sua deposição também ocorre uma variação temporal relacionada com sua exaustão, que pode acarretar colonização por diferentes organismos com o passar do tempo.

## Similaridade

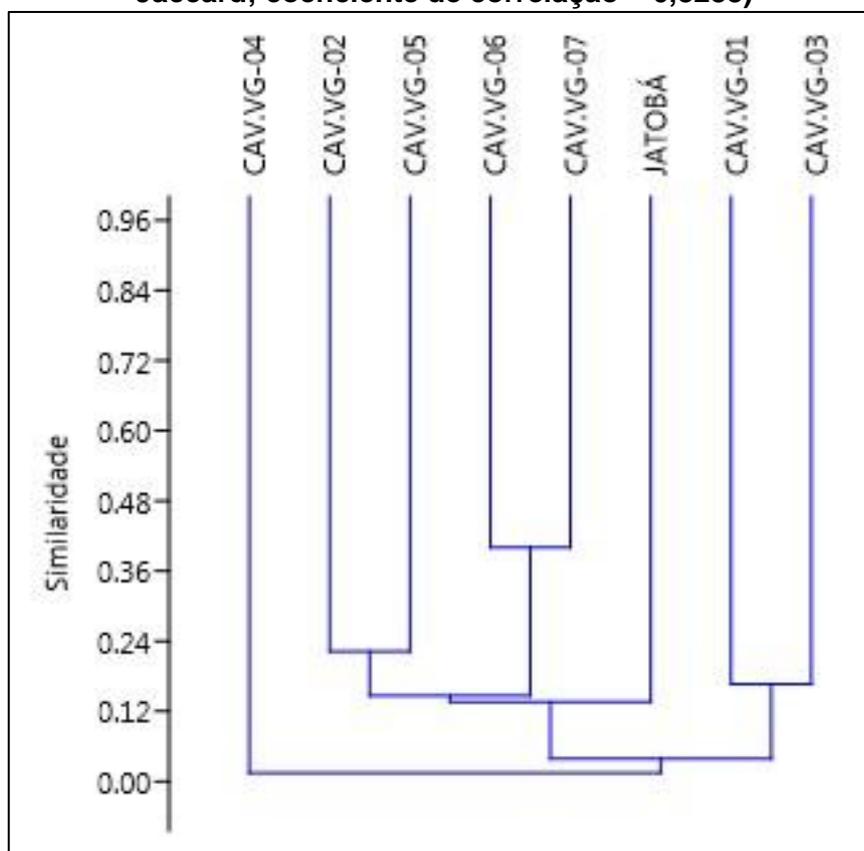
Os dendrogramas de similaridade entre as cavidades abordando as duas estações climáticas estão presentes nas Figuras 8.61 e 8.62, foram separados em Complexo Minerário e Vale dos Gigantes.

**Figura 8.61 - Dendrograma da análise de similaridade da fauna das 27 cavidades estudadas nas estações seca e úmida no Complexo Minerário (índice de similaridade de Jaccard; coeficiente de correlação = 0,9842)**



Fonte: IC Ambiental, 2015.

**Figura 8.62 - Dendrograma da análise de similaridade da fauna das 08 cavidades estudadas nas estações seca e úmida no Vale dos Gigantes (índice de similaridade de Jaccard; coeficiente de correlação = 0,8288)**



Fonte: IC Ambiental, 2015.

A análise exploratória de similaridade para as cavidades em estudo, utilizando presença/ausência de táxons morfotipados resultou em um índice baixo de similaridade (coeficiente de correlação = 0,984 para o Complexo Minerário e 0,828 para o Vale dos Gigantes), sendo que grande maioria das cavidades apresentaram valores inferiores a 0,5 (em geral, consideram-se valores elevados aqueles iguais ou superiores a 70% de similaridade - 0,7). Possivelmente os baixos valores são devidos às espécies acidentais, com poucos registros. Também se pode observar que cavidades geograficamente mais próximas não apresentaram maior similaridade quando comparadas com outras mais distantes.

### **Abundância**

A abundância absoluta e relativa para organismos maiores de 1 cm e de identificação mais precisa em campo estão indicados nos quadros de táxons para cada cavidade (Anexo 13).

Os resultados (Quadro 8.35) indicaram os seguintes locais com mais de 30% de espécies com abundância relativa alta.

**Quadro 8.35 – Variável das cavidades quanto á abundância relativa de espécies de Alta Abundância**

CAVIDADE	ABUNDÂNCIA %	VARIÁVEL
CAVERNA CM-01	14,28571429	MEDIA
CAVERNA CM-02	20	MEDIA
CAVERNA CM-03	27,27272727	MEDIA
CAVERNA CM-04	25	MEDIA
CAVERNA CM-05	36,36363636	ALTA
CAVERNA CM-06	66,66666667	ALTA
CAVERNA CM-07	36,36363636	ALTA
CAVERNA CM-08	76,47058824	ALTA
CAVERNA CM-09	12,5	MEDIA
CAVERNA CM-10	77,77777778	ALTA
CAVERNA CM-11	45,45454545	ALTA
CAVERNA CM-12	26,66666667	MEDIA
CAVERNA CM-13	0	BAIXA
CAVERNA CM-14	63,63636364	ALTA
CAVERNA CM-15	20	MEDIA
CAVERNA CM-16	0	BAIXA
CAVERNA CM-17	14,28571429	MEDIA
CAVERNA CM-18	15,38461538	MEDIA
CAVERNA CM-19	25	MEDIA
CAVERNA CM-20	33,33333333	ALTA
CAVERNA CM-21	27,27272727	MEDIA
CAVERNA CM-22	33,33333333	ALTA
CAVERNA CM-23	25	MEDIA
CAVERNA CM-24	16,66666667	MEDIA
CAVERNA CM-25	25	MEDIA
CAVERNA CM-26	50	ALTA
CAVERNA CM-27	100	ALTA
CAVERNA VG-01	60	ALTA
CAVERNA VG-02	72,72727273	ALTA
CAVERNA VG-03	80	ALTA
CAVERNA VG-04	33,33333333	ALTA
CAVERNA VG-05	37,5	ALTA
CAVERNA VG-06	50	ALTA
CAVERNA VG-07	22,22222222	MEDIA
CAVERNA JATOBÁ	28,57142857	MEDIA

Fonte: IC Ambiental, 2015.

Entretanto, devem ser levados em conta problemas intrínsecos ao método, quando poucos indivíduos de poucas morfoespécies são amostrados; em muitos casos a abundância relativa torna-se alta quando, por exemplo, são inventariados três exemplares, cada um pertencente a uma espécie distinta (100% de espécies com abundância relativa maior que 0,30). Dessa forma, com quantidades pequenas são gerados resultados sem significado biológico.

Tendo em vista que as cavidades inventariadas apresentam pequeno número de espécies com tamanho corporal maior ou igual a 1 cm, torna-se impreciso o método para indicar cavidades com populações abundantes. Pode ser observado que cavidades com maiores números de espécies apresentam proporções melhor distribuídas de abundância relativa.

#### **8.4.3.4. Considerações finais**

Somente na cavidade VG-06 foram identificados indivíduos constantes de listas oficiais de espécies da fauna ameaçada. O *Furipteros horrens*, espécie de morcego, encontra-se listada na Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção (Portaria MMA nº 444/2014), tendo sido sua ocorrência descrita pela primeira vez na região de estudo. Nenhuma das espécies identificadas nas cavidades objeto de estudo estão inseridas na Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna do Estado de Minas Gerais (Deliberação Normativa COPAM nº 147/2010)

Como troglóbios raros foram considerados os táxons troglomórficos registrados até o momento apenas na área de estudo e com baixa frequência de registro. Dessa forma, as seguintes cavidades são citadas para esse aspecto: Caverna CM-01 (Entomobryidae sp.2), Caverna CM-08 (Ochyroceratidae sp.1 e Paronellidae sp.3), e Caverna CM-26 (Chthonidae sp.1).

Até o momento táxons novos confirmados por especialistas, a partir de estudos comparativos e em andamento, incluem o pílião *Spaeleoleptes* sp.n.1 (Escadabiidae), pelo Prof. Dr. Adriano Kury (local de depósito: Museu Nacional, UFRJ), com ocorrência nas Cavernas CM-02 e CM-08.

### **8.5. Diagnóstico Arqueológico**

#### **8.5.1. Introdução**

O presente estudo tem por finalidade informar os resultados da investigação arqueológica voltada à valoração das cavidades localizadas na área do Complexo Minerário (Bloco 8) e adutora, assim como da área denominada Vale dos Gigantes.

A investigação às cavidades do Complexo Minerário, com exceção das cavidades CM-13 e CM-27, foi realizada em uma etapa no período entre os dias 01 e 16 de setembro de 2011, com equipe composta por dois pesquisadores e um auxiliar de campo.

A investigação às cavidades CM-13 e CM-27 se decorreu em virtude de complementação dos estudos de relevância das cavidades na área denominada como Complexo Minerário, localizado nos municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho, no Estado de Minas Gerais.

Já na terceira campanha, realizada no período entre os dias 23 e 29 de janeiro de 2012, os estudos se desdobraram fora do contexto da área diretamente afetada pelo empreendimento, na área denominada Vale dos Gigantes e entorno, no município de Riacho dos Machados, visando possível compensação das cavidades classificadas como de relevância alta na área denominada como Complexo Minerário.

Os estudos arqueológicos direcionaram-se ao atendimento dos procedimentos delineados na Instrução Normativa nº 02, que regulamenta o disposto no Decreto nº 6.640, de 07 de novembro de 2008 (Brasil, 2009).

### 8.5.2. Objetivo

Os objetivos do estudo visaram, primeiramente, a realização de verificações arqueológicas gerais, considerando-se a contextualização regional e local do empreendimento, para além de reconhecimento da área pesquisada, e em segundo, investigações específicas, compostas por averiguações, registros fotográficos, estudos, observações, avaliações particulares nas cavidades previamente identificadas na área e, finalmente, apresentação dos resultados, dados e informações arqueológicas obtidas voltadas à valoração das cavidades.

### 8.5.3. Localização

#### 8.5.3.1. Complexo Minerário: municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho

A campanha de investigação arqueológica tratada neste item se refere aos estudos de relevância das cavidades identificadas na área denominada Complexo Minerário, localizada nos municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho, Estado de Minas Gerais.

Desta feita, procedeu-se com o estudo arqueológico nas seguintes cavidades (Quadro 8.36):

**Quadro 8.36 - Cavidades naturais subterrâneas alvo do presente estudo de relevância na área do Complexo Minerário**

Nome Padronizado no presente estudo	Nome apresentado em estudos anteriores	Local
Cavidade CM-01	Caverna 008	Complexo Minerário
Cavidade CM-02	Caverna 039	Complexo Minerário
Cavidade CM-03	Caverna 045	Complexo Minerário
Cavidade CM-04	Caverna 046	Complexo Minerário
Cavidade CM-05	Caverna 050	Complexo Minerário
Cavidade CM-06	Caverna 052	Complexo Minerário
Cavidade CM-07	Caverna 053	Complexo Minerário
Cavidade CM-08	Caverna 059	Complexo Minerário
Cavidade CM-09	Caverna 071	Complexo Minerário
Cavidade CM-10	Caverna 072	Complexo Minerário
Cavidade CM-11	Caverna 090	Complexo Minerário
Cavidade CM-12	Caverna 099	Complexo Minerário
Cavidade CM-13	Caverna 101	Complexo Minerário
Cavidade CM-14	Caverna 110	Complexo Minerário
Cavidade CM-15	Caverna 112	Complexo Minerário
Cavidade CM-16	Caverna 117	Complexo Minerário
Cavidade CM-17	Caverna 121	Complexo Minerário
Cavidade CM-18	Caverna 124	Complexo Minerário
Cavidade CM-19	Caverna 126	Complexo Minerário
Cavidade CM-20	Caverna 130	Complexo Minerário
Cavidade CM-21	Caverna 134	Complexo Minerário
Cavidade CM-22	Caverna 135	Complexo Minerário

Nome Padronizado no presente estudo	Nome apresentado em estudos anteriores	Local
Cavidade CM-23	Caverna 144	Complexo Minerário
Cavidade CM-24	Cavidade 150	Complexo Minerário
Cavidade CM-25	Cavidade 151	Complexo Minerário
Cavidade CM-26	Cavidade 152	Complexo Minerário
Cavidade CM-27	Cavidade 153	Complexo Minerário

Fonte: Ambiental, 2015.

### 8.5.3.2. Vale dos Gigantes: município de Riacho dos Machados

A área denominada Vale dos Gigantes, na região do rio Peixe Bravo e entorno, localiza-se no município de Riacho dos Machados, mesorregião do Norte de Minas Gerais e microrregião de Janaúba, a norte da área do empreendimento denominada Complexo Minerário.

A investigação arqueológica desenvolveu-se no encaixe do vale, sob as coordenadas 23K 743562E/743915E e 8217304N/8217101N e, ainda, pontualmente na cavidade denominada (para fins arqueológicos) em campo, como “Abrigo Jatobá”, de coordenada 23K 743158E/8215008N.

**Quadro 8.37 - Cavidades avaliadas no Vale dos Gigantes e entorno**

Nome Padronizado no presente estudo	Nome apresentado em estudos anteriores	Local
Cavidade VG-01	Cavidade PX-01	Vale dos Gigantes
Cavidade VG-02	Cavidade PX-03	Vale dos Gigantes
Cavidade VG-03	Cavidade PX-05	Vale dos Gigantes
Cavidade VG-04	Cavidade PX-07	Vale dos Gigantes
Cavidade VG-05	Cavidade PX-08	Vale dos Gigantes
Cavidade VG-06	Cavidade PX-09	Vale dos Gigantes
Cavidade VG-07	Cavidade PX-10	Vale dos Gigantes
Cavidade Jatobá	Cavidade Jatobá	Vale dos Gigantes

Fonte: Ambiental, 2015.

### 8.5.4. Metodologia

#### 8.5.4.1. Trabalhos de gabinete: Levantamento bibliográfico

O levantamento bibliográfico desenvolveu-se a partir da análise exaustiva da documentação escrita (fontes primárias ou secundárias) onde constam informações gerais e/ou específicas sobre as ocupações humanas da área de estudo. Em geral, além das instituições científicas e órgãos públicos reconhecidamente detentores de arquivos, documentos e informações correlatas à arqueologia, foram buscados dados em centros culturais locais, igrejas, arquivos particulares, dentre outros, proporcionando uma expansão do universo. Voltados à arqueologia pré-histórica, atenta-se à necessidade de recorrer aos estudos já publicados como fonte de informação e avaliação das possíveis manifestações locais da cultura material.

### 8.5.4.2. Trabalhos de campo

A metodologia básica para inspeção das cavidades segue os procedimentos técnicos especializados idênticos àqueles aplicados nos processos de diagnóstico arqueológicos. Nessa medida, os profissionais realizaram inspeções de superfície, avaliação de suportes rupestres, entrevistas e sondagens sub-superficiais.

Para as observações específicas averiguou-se durante as atividades aspectos pertinentes e relevantes ao estudo arqueológico, tratando-se de sistematizar os dados coletados por meio de Ficha de Estudo específica criada para o projeto (Figura 8.63).

**Figura 8.63 - Ficha de levantamento arqueológico**

BRANDT Meio Ambiente – Averiguação de Cavidades			
Projeto:	UTM:		
No. Identificação:	Altitude:	Município:	
Classificação:	Fotos:		
<b>Caracterização do entorno</b>			
Posição na vertente:			
Orientação da entrada:			
Vegetação:			
Altura do pacote rochoso:			
Acesso:			
Dimensões			
<b>Descrição da cavidade</b>			
Morfologia:			
Litologia/estruturas:			
Espeleotemas:			
Sedimento/Hidrologia:			
Potencial arqueológico:			
Observações gerais:			
Responsável:		Data:	

Fonte: Brandt, 2012b.

## 8.5.5. Contextualização

### 8.5.5.1. Patrimônio arqueológico associado a Formações Ferríferas

Largamente apoiados em Carmo *et al.* (2010), existe no Brasil um relevante patrimônio geoambiental, arqueológico e biológico pouco conhecido associado às cangas e às formações ferríferas.

As cangas constituem um relevante patrimônio geológico da história da evolução da paisagem, sendo consideradas paleossolos indicadores de mudanças paleoclimáticas (Ruchkys, 2008 in Carmo 2010).

Destaca-se nesse geossistema ferruginoso (*sensu* Jacobi *et al.* 2007.) um expressivo sistema espeleológico com mais de 1.500 cavernas cadastradas na última década (Auler & Piló, 2005; CECAV, 2008). Esse importante patrimônio espeleológico, que até recentemente era desconhecido, é caracterizado por possuir gênese, tipologia e mineralogia peculiares (Auler & Piló, 2005). No Brasil, os principais estudos espeleológicos em litotipos ferruginosos foram realizados no estado do Pará, na região de Carajás (Moreira & Paiva, 1988; Pinheiro & Maurity, 1988; Cunha Jr. *et al.*, 2007; Auler & Piló, 2005), e no Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais (Ferreira, 2005; Auler & Piló, 2005; Souza-Silva, 2008; Souza-Silva *et al.*, 2011).

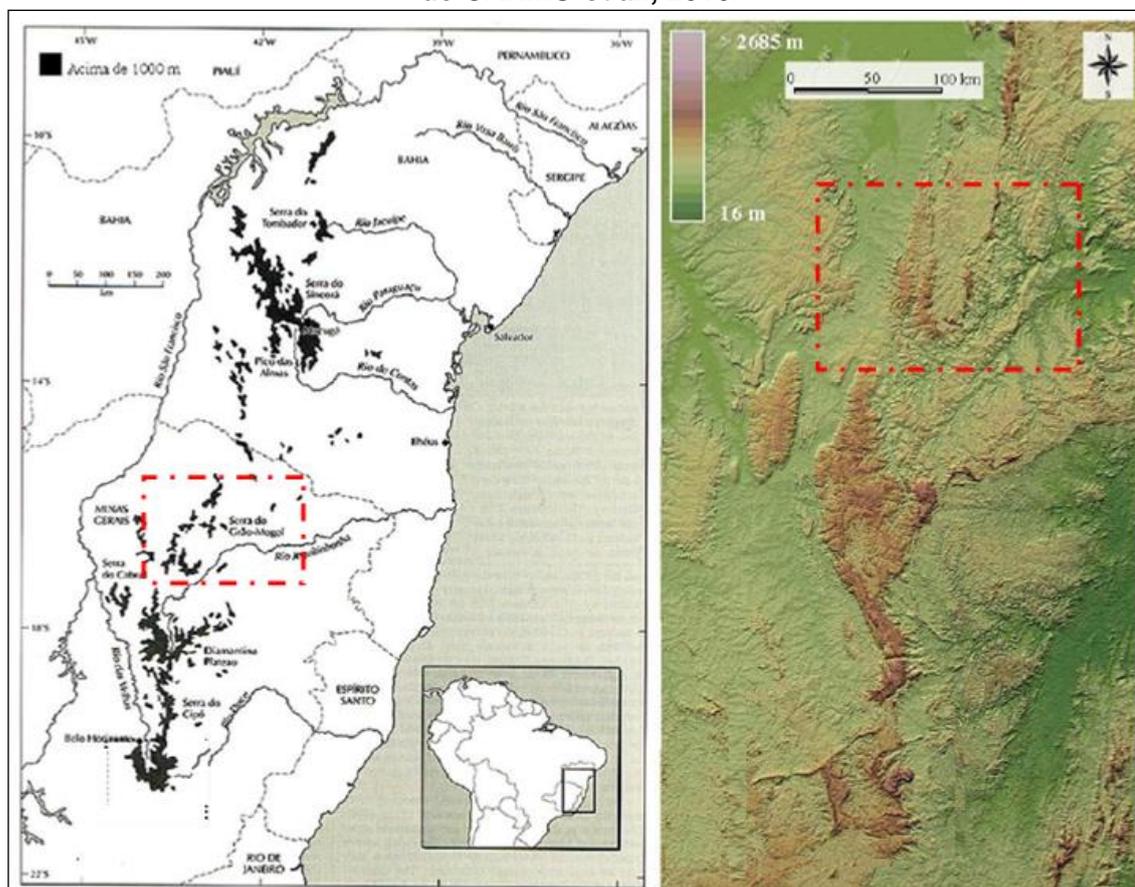
Vários naturalistas que trabalharam na região do Quadrilátero Ferrífero (MG) durante o séc. XIX, entre eles Richard Burton, Peter Claussen, Marianne North, Johann M. Rugendas, Pierre Aime Pissis e Augustin Francois C. P. de Saint-Hilaire destacaram, de uma forma ou de outra, a singularidade dos ambientes formados pelas cangas, pelos itabiritos (formações ferríferas bandadas) e a vegetação associada. Por volta de 1818, Karl Friedrich Philipp von Martius, naturalista alemão e um dos editores da monumental obra botânica *Flora brasiliensis*, realizou interessantes observações geobotânicas, associando a presença de algumas espécies com as formações ferruginosas localizadas na Serra de Antônio Pereira, região entre Ouro Preto e Mariana (Spix & Martius, 1824). A Serra da Piedade e o Pico do Itabirito foram tombados pelo Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico (IEPHA-MG) e ambos compõem um conjunto de sítios geológicos reconhecidos pela Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (Rosiere *et al.*, 2005; Ruchkys *et al.*, 2007).

Os sítios geológicos constituem excepcionais ocorrências geológicas que registram a origem e evolução da Terra naqueles locais (Winge, 1999).

Sítios arqueológicos associados a formações ferríferas ocorrem no Quadrilátero Ferrífero (MG) e na Serra de Carajás, PA. No Quadrilátero Ferrífero, os primeiros registros arqueológicos em cavernas ferruginosas foram recentemente descobertos em dois sítios localizados na mina de ferro Capão Xavier, em Nova Lima. Naqueles sítios foram encontrados artefatos cerâmicos e líticos, registrando uma ocupação humana há pelo menos 1.500 anos antes do presente.

Embora preliminares, os registros de ocupação humana em áreas de formações ferríferas no Quadrilátero Ferrífero representam um relevante patrimônio histórico e arqueológico do Estado de Minas Gerais (Baeta & Piló, 2005; Piló & Baeta, 2007).

**Figura 8.64 - A Cadeia do Espinhaço e em destaque a área em estudo, MG. Adaptado de CARMO *et al.*, 2010.**



Fonte: Brandt, 2013.

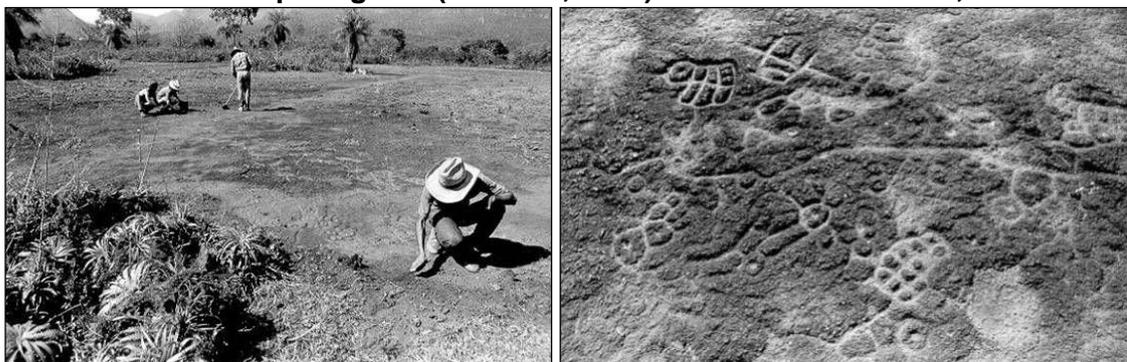
Nas cavernas ferruginosas localizadas na Serra de Carajás foram encontrados registros arqueológicos evidenciando a presença humana há pelo menos 9.000 anos atrás. As evidências arqueológicas mais importantes foram descobertas nas Grutas do Gavião e do Pequiá, ambas localizadas na Serra Norte, distrito ferrífero de Carajás (Magalhães, 2006).

Atualmente registraram-se inúmeros vestígios arqueológicos na Serra Sul, em Carajás, sendo esse considerado como patrimônio inestimável<sup>7</sup>. A comunidade arqueológica do Brasil (SAB - Sociedade de Arqueologia Brasileira) aguarda os estudos detalhados e publicações voltados ao Patrimônio revelado na Serra Sul.

Na região de Corumbá, MS, também associado a cangas e a formações ferríferas bandadas, foi identificado um sítio arqueológico denominado Murraria de Urucum, o qual integra uma lista de sítios com propostas para serem transformados em Patrimônio da Humanidade, em função da importância do registro geológico que representam (Boggiani & Coimbra, 2002). Esse sítio arqueológico é representado por vários petroglifos (Figura 8.65), ou seja, gravuras desenhadas na couraça ferruginosa (Girelli, 1994).

<sup>7</sup> [http://www.nytimes.com/2012/12/16/world/americas/in-brazil-caves-would-be-lost-in-mining-project.html?pagewanted=all&\\_r=0](http://www.nytimes.com/2012/12/16/world/americas/in-brazil-caves-would-be-lost-in-mining-project.html?pagewanted=all&_r=0)

**Figura 8.65 - Sítio arqueológico localizado em cangas da região de Urucum, MS. Detalhe dos petroglifos (GIRELLI, 1994). Fonte: CARMO *et al.*, 2010.**



Fonte: Brandt, 2013.

### 8.5.5.2. Estado da Arte da Pré-História Regional

#### 8.5.5.2.1. Caracterização Pré-Histórica

A região compreendida pelo norte de Minas Gerais possui uma riqueza histórica e arqueológica importante, que abarca épocas pretéritas de sociedades Caçadoras-coletoras até a história recente das pesquisas minerais visando a futura exploração de minérios, principalmente o ferro.

Em termos pré-históricos, a região insere-se no contexto geral do Brasil Central, estando situada em um vale que conduz às regiões litorâneas, podendo ter sido utilizado como via de tráfego na pré-história.

#### 8.5.5.2.1.1. Períodos da pré-história do Brasil Central

##### Passagem Pleistoceno/Holoceno (12000-9000BP)

Período caracterizado pela presença de instrumentos líticos de alto nível de “savoir-faire” ou “Know-how”, indicando a existência de indústrias bem elaboradas. É muito recorrente a presença de grandes instrumentos unifaciais robustos, associados à tradição Itaparica (Schmitz, 1999). É também associada a esse período a presença de pontas de projéteis, eventualmente elaboradas. Os únicos sepultamentos registrados até o momento em todo o Brasil associados a esse período foram exumados em Lagoa Santa (MG) e sugerem a presença de indivíduos negróides, anteriores às populações indígenas atuais, mongolizadas. Desse período não há informações sobre arte rupestre e cerâmica.

##### Holoceno Antigo (9000-7000BP)

Nesse período há uma evidente modificação nas indústrias líticas. Os antigos instrumentos elaborados, sejam pontas de projéteis ou unifaciais, dão lugar a uma indústria simples, realizada sobre lascas brutas, sem retoque (Rodet, 2006). Essa tendência parece ser geral em toda a região do alto-médio e médio-baixo São Francisco. Sepultamentos ocorrem em Lagoa Santa e no Peruaçu, na Lapa do Boquete. Ainda não existem indícios conclusivos de arte rupestre em Minas Gerais, contudo, são identificadas, no Piauí, as formas mais antigas da Tradição Nordeste (Prous, 1992). Ainda não existiam nesse período culturas ceramistas no Brasil central.

### **Holoceno médio (7000-2000BP)**

A ocupação humana, recorrente nos abrigos até então, parece se realocar na espacialidade. Embora o abandono dos abrigos não tenha sido completo (Prous, 1992), poucos sítios foram encontrados, fazendo desse período um dos mais mal compreendidos. Aparentemente, os mortos eram sepultados nos sítios às margens dos rios e grande parte desapareceu: “devem ter sido destruídos de forma voluntária (cremação) ou natural (enterrados sem proteção em solo ácido)” (Prous, 2004). Para a arte rupestre, esse é o momento onde a tradição Planalto, predominante no centro mineiro, mais se desenvolveu e também se extinguiu. Caracterizada pelas figuras zoomorfas monocromáticas (quadrúpedes e peixes entre outros), antropomorfos estilizados e uso quase exclusivo de pigmento vermelho (Prous, 1992). O fim desse período marca o surgimento da cerâmica no contexto regional.

### **O período horticultor (2000BP - Invasão europeia)**

Período caracterizado pelo surgimento da horticultura e pelo desenvolvimento da tecnologia cerâmica. A indústria lítica é, predominantemente, caracterizada pelo uso de lascas brutas obtidas por percussão bipolar, embora reapareça o artefato plano-convexo (Rodet, 2006). Os sepultamentos ‘voltam’ ao registro arqueológico. Na arte rupestre, tem-se o ‘fim’ da tradição Planalto. No Estado da Bahia, notam-se, na Serra do Ramalho, gravuras possivelmente associadas a tal tradição. Na cerâmica, pode-se caracterizar três momentos, o mais antigo, dita Tradição Una, com a presença de vasilhames sem decoração de pequenas medidas (até 22 cm); posteriormente a Tradição Aratu, marcada pela “presença de vasos grandes, urnas funerárias mostra, por vezes, um banho vermelho” (Prous, 1992). Por fim tem-se a cerâmica tupi-guarani, de decoração policrômica, usada para a confecção de inúmeros instrumentos.

#### **8.5.5.2.2. A Arte Rupestre na Região de Estudo**

Por “arte rupestre” entendem-se todas as inscrições (pinturas ou gravuras) deixadas pelo homem em suportes fixos de pedra (paredes de abrigos, grutas, matacões etc.). A palavra rupestre, com efeito, vem do latim *rupes-is* (rochedo); trata-se, portanto, de obras imobiliares, no sentido de que não podem ser transportadas (à diferença das obras mobiliarias, como estatuetas, ornamentação de instrumentos, pinturas sobre peles, etc.).

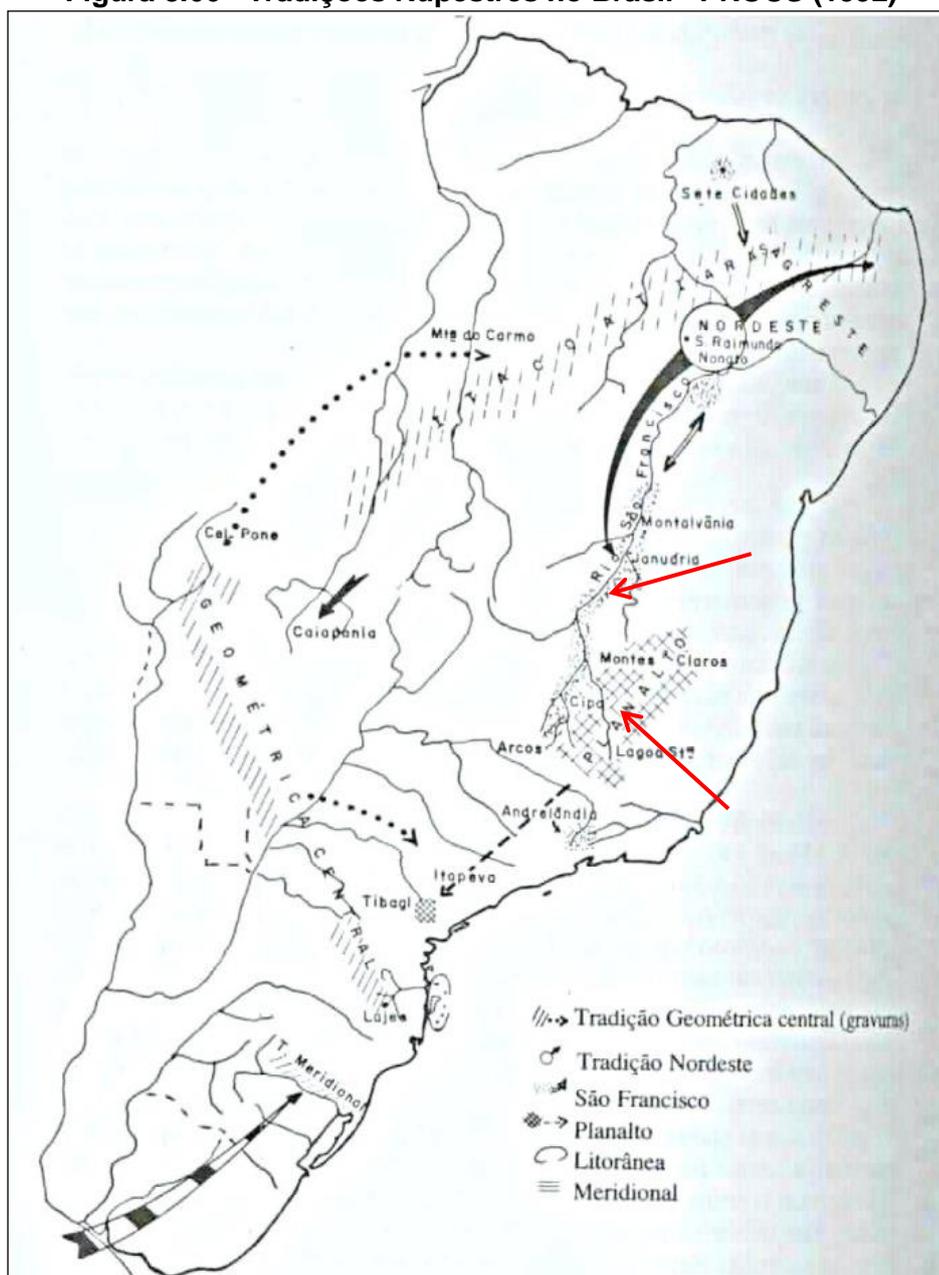
Alguns autores denominam as figuras pintadas “pictografias” e as gravuras “petróglifos”, no entanto, utiliza-se aqui exclusivamente as expressões “pinturas” ou “gravações” (ou “gravuras”).

O conceito de tradição arqueológica foi trazido ao Brasil por Betty Meggers e Clifford Evans, coordenadores dos projetos arqueológicos de larga escala da década de 1960, como o PRONAPA (Programa Nacional de Pesquisas Arqueológicas) e o PROPA (Programa de Pesquisas Paleoindígenas). Com o objetivo de fornecer um quadro geral das culturas arqueológicas brasileiras em curto prazo, por meio desses programas foram realizadas prospecções em todo o território brasileiro, levando à organização dos dados em diversas tradições e fases (Prous, 1992).

De acordo com o autor, as unidades rupestres descritivas receberam nomes variados, sendo que a categoria mais abrangente é geralmente chamada 'tradição', implicando certa permanência de traços distintivos, geralmente temáticos. 'Estilos' são frequentemente definidos como subdivisões, particularmente a partir de critérios técnicos, enquanto que nas regiões mais complexas ou mais estudadas, a necessidade de chegar até um nível suplementar levou N. Guidon a considerar 'variedades' e A. PROUS a denominar 'fácies', que correspondem ao mesmo tipo de realidade.

Para a região de estudo nota-se referência a duas principais tradições, descritas a seguir de acordo com PROUS (1992: 509-542):

**Figura 8.66 - Tradições Rupestres no Brasil - PROUS (1992)**



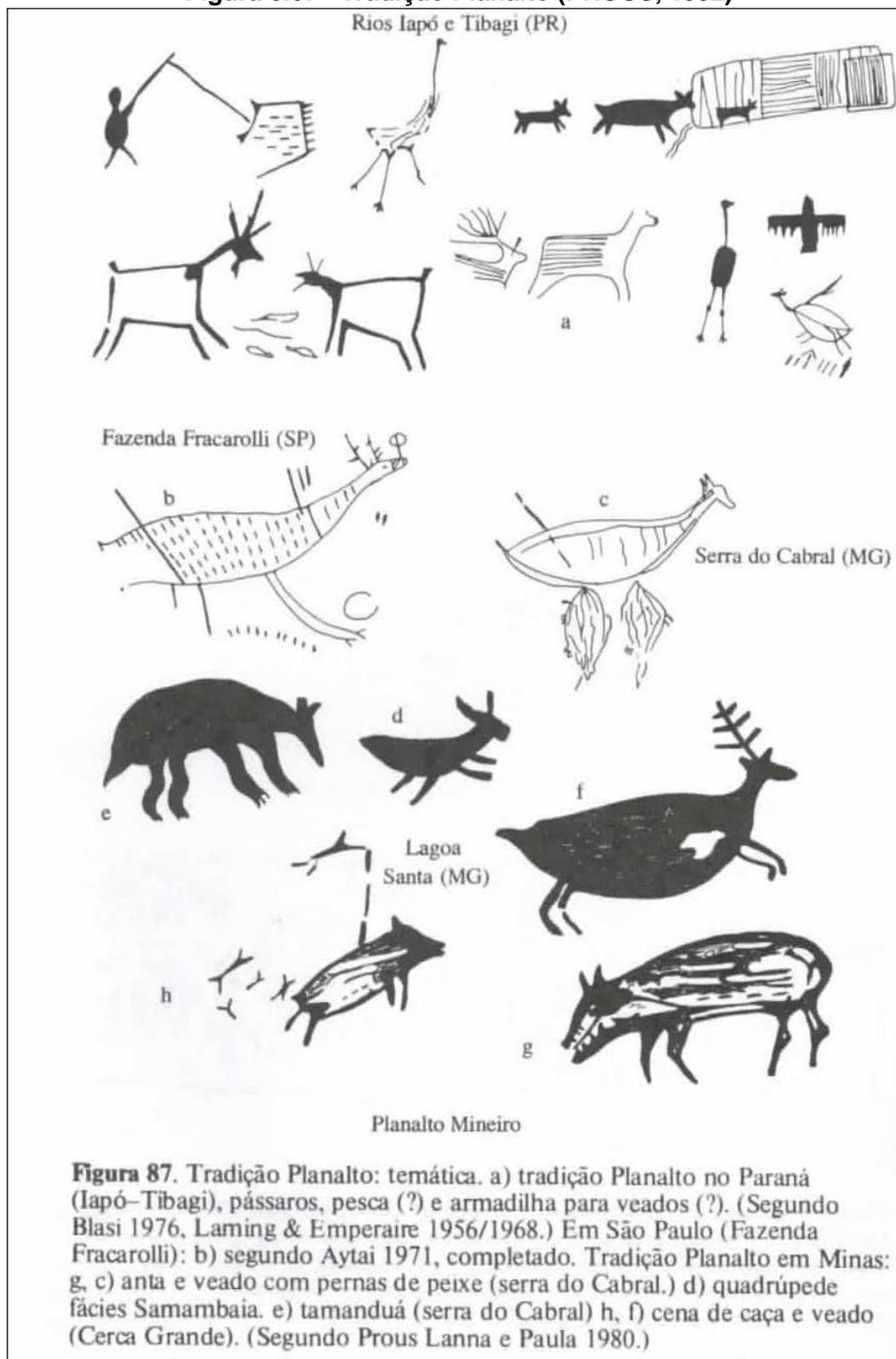
Fonte: Brandt, 2013.

#### 8.5.5.2.2.1. Tradição Planalto

De acordo com PROUS (1992: 515-521) a tradição Planalto é definida a partir de mais de uma centena de sítios espalhados no planalto central brasileiro, desde a fronteira entre Paraná e São Paulo (rios Iapó e Tibagi) até o Estado da Bahia, sendo que seu foco principal parece estar no centro de Minas Gerais. A quase totalidade dos sítios só apresenta grafismos pintados, geralmente em vermelho (mais raramente em preto ou amarelo e, por vezes, em branco).

As figuras mais destacadas são sempre zoomorfos monocromáticos, cuja frequência pode ser muito alta, sendo raramente inferior à dos sinais geométricos; aparecem antropomorfos, também monocromáticos, em pequena quantidade, a não ser quando muito esquematizados. Nesse caso, formam conjuntos de pequenas figuras filiformes, que parecem cercar os zoomorfos. Entre os animais, os quadrúpedes são os mais representados particularmente pelos cervídeos (até dois terços dos zoomorfos em alguns grandes sítios, a totalidade em outros, menores).

**Figura 8.67 - Tradição Planalto (PROUS, 1992)**

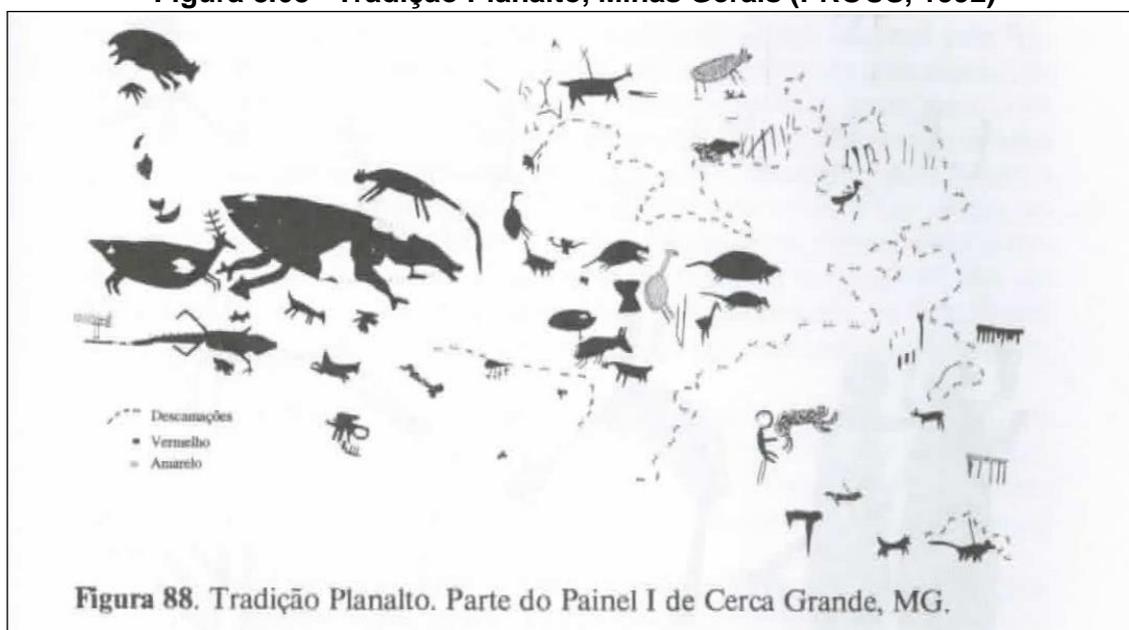


Fonte: Brandt, 2013.

Em certas regiões, outros animais frequentes são peixes e/ou os pássaros. Raramente, são encontradas figurações de tatus, antas, porcos-do-mato e tamanduás. É notável a ausência de animais como emas ou cobras, características de outras tradições figurativas. As cenas explícitas são raras: em Lagoa Santa e na Serra do Cipó são quase que exclusivamente formadas por um quadrúpede flechado, cercado por pequenas figuras filiformes em forma de que são certamente antropomorfos, pois uma delas geralmente segura um dardo. No Paraná, parece existir uma cena de pesca, também com poucos personagens. Há duas representações de cópula na Serra do Cipó. No entanto, parecem existir cenas ‘implícitas’, ou seja, associações repetitivas e, portanto, significativas: grupos de três animais evidenciando por vezes características de macho, fêmea e cria, chamados ‘tríades familiares’ (Lagoa Santa); associação constante do veado e do cervídeo, que chega a constituir um verdadeiro mitograma (conhece-se até uma figura cujo corpo e cabeça são de veado, mas as pernas são substituídas por peixes, na Serra do Cabral).

No centro mineiro, numerosos sítios foram estudados (Missão Franco-Brasileira em Lagoa Santa e pela UFMG, mais ao norte), havendo a existência de vários estilos regionais, alguns com fácies locais. Alguns deles se caracterizam pelo tratamento dos zoomorfos, mais ou menos cuidadosa e naturalisticamente tratados (algumas figuras do alto Jequitinhonha ou da Serra do Cabral têm alto valor estético), enquanto os antropomorfos são apenas esboçados. Outros evidenciam quase exclusivamente as representações de cervídeos e peixes. Os sinais geométricos podem ser ‘nuvens de pontos’, ‘bastonetes’, ‘pentes’ etc. Em regiões de fronteiras há existência de influências externas (figuras bicroômicas, perto do Vale do São Francisco).

**Figura 8.68 - Tradição Planalto, Minas Gerais (PROUS, 1992)**

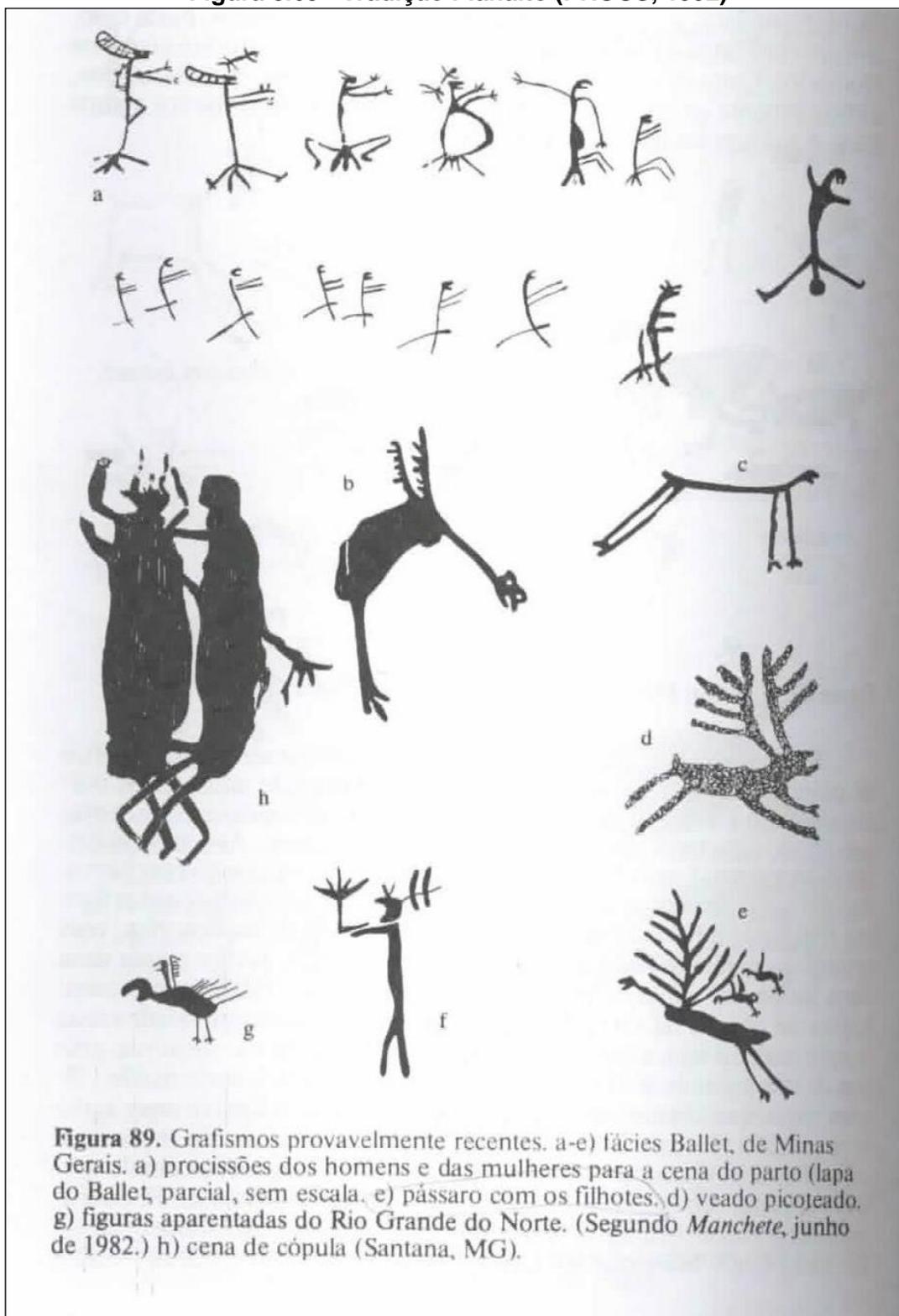


Fonte: Brandt, 2013.

Na mesma região (e, às vezes, nos mesmos sítios) onde impera a tradição Planalto, aparece tardiamente a ‘fácies Ballet’. Utiliza recursos técnicos raros na tradição Planalto, com as cores branca, preta ou gravura picoteada. Mas é particularmente original pela frequência de formas derivadas da figura de pássaro: aves de asas abertas filiformes e, sobretudo, antropomorfos lineares com o bico de pássaro, com machos itifálicos e mulheres

de barriga grande, às vezes formando uma procissão, dirigindo-se para uma cena de parto. Certamente pertencem a outra tradição, aparentada a figurações nordestinas. Com efeito, na região de Seridó (RN), G. Martin (1981) atribui figuras bem semelhantes à tradição 'Nordeste'. A recente descoberta de pinturas na grutinha Rei do Mato (MG) reforça essa ideia, pois nesta os antropomorfos de tipo Ballet apresentam posições dinâmicas e formam cenas, lembrando muito a tradição Nordeste.

Figura 8.69 - Tradição Planalto (PROUS, 1992)



Fonte: Brandt, 2013.

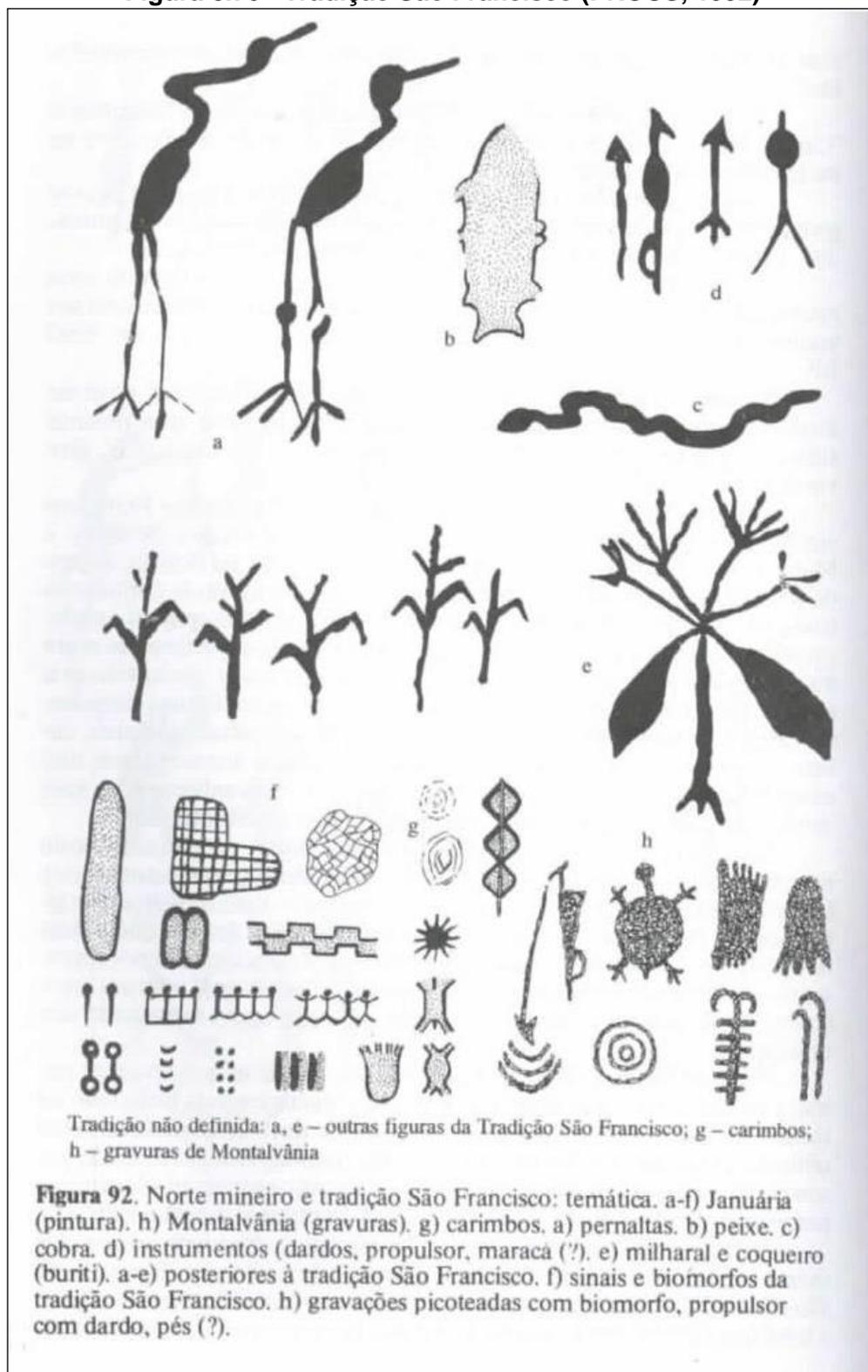
#### 8.5.5.2.2. Tradição São Francisco

Segundo PROUS (1992: 525-527) a tradição São Francisco é representada no vale do São Francisco, em Minas Gerais, Bahia e Sergipe, bem como nos estados de Goiás e Mato Grosso. Poderia se estender até o vale do Moski, na Bolívia, segundo levantamentos realizados por R. Querejazu. Essa tradição é definida como uma tradição onde grafismos abstratos (geométricos) sobrepujam amplamente em quantidade os zoomorfos e antropomorfos, perfazendo entre 80% e 100% das sinalizações. Na quase totalidade dos casos (excluindo-se o estilo mais antigo), a utilização de bicromia é intensa nas figuras pintadas. Os raros zoomorfos são quase que exclusivamente peixes, pássaros, cobras, sáurios e talvez tartarugas. Notável é a ausência dos cervídeos, não existindo nenhuma cena, mesmo do tipo 'implícito', mas existem por vezes 'trocadilhos' entre biomorfos e sinais (na região de Montalvânia, Estado de Minas Gerais).

Variedades regionais e cronológicas são nítidas no extremo norte mineiro, onde são conhecidos quase 80 sítios com obras pertinentes a essa tradição; a extensão das pesquisas no vale do Rio São Francisco, tanto rio abaixo (Bahia e Sergipe), quanto rio acima (Arcos, Jequitaiá, Andrelândia), mostra que outras tradições deveriam ser definidas. A região norte mineira é caracterizada por representações de pés humanos, armas (lanças, propulsores) e instrumentos (cestas, tipiti, panela, maracás etc.), sem que haja cenas mostrando sua utilização.

Perto de Montalvânia, na região nuclear da fácies que leva este nome, a temática é extremamente pobre, caracterizada pela utilização da técnica de gravura picoteada sobre um suporte horizontal ou levemente oblíquo, geralmente coberto por um verniz natural, vestígio deixado por um clima extremamente seco. O resultado é uma oposição nítida entre as partes trabalhadas (claras e foscas) e o fundo (escuro e brilhante).

Figura 8.70 - Tradição São Francisco (PROUS, 1992)

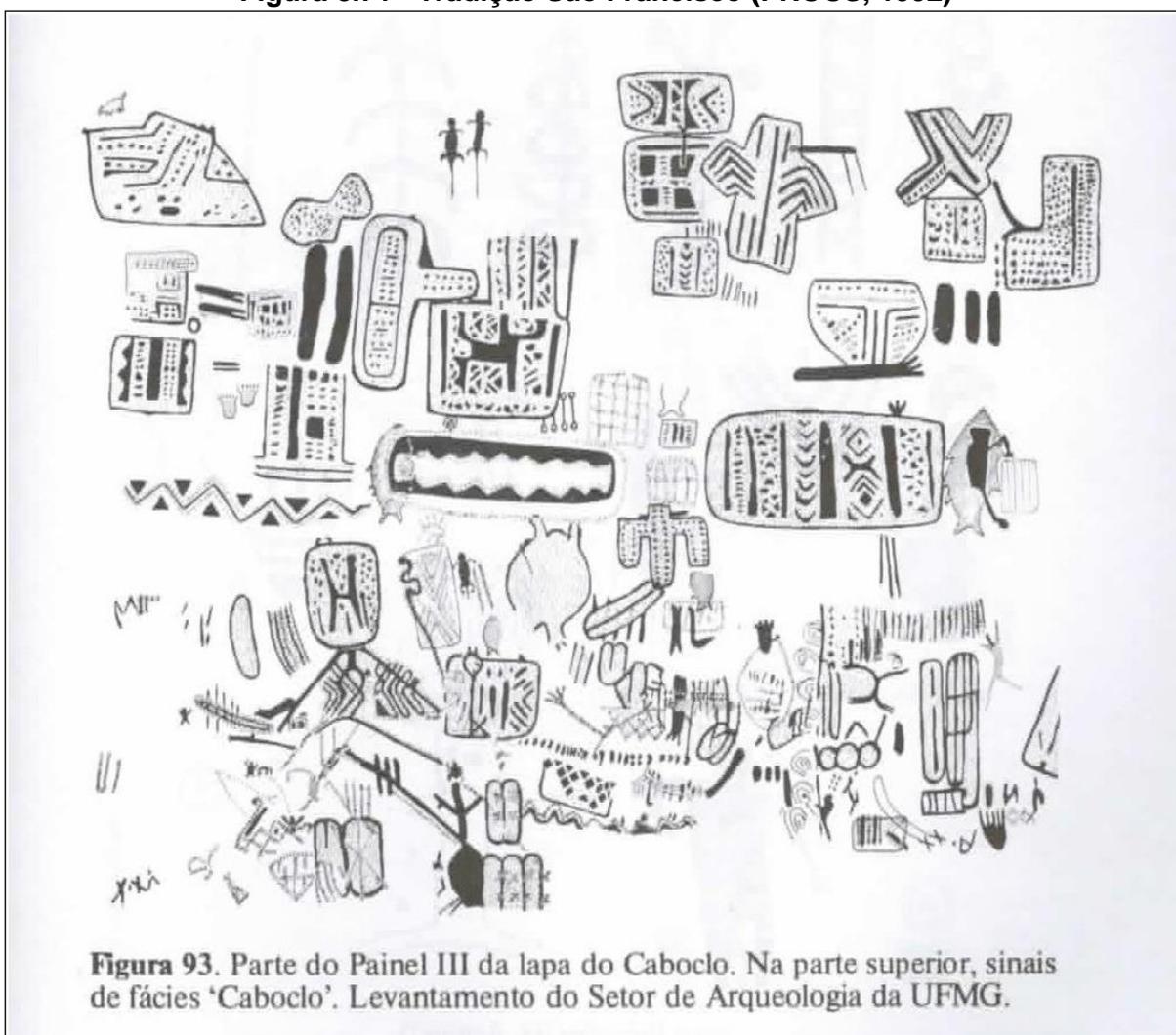


Fonte: Brandt, 2013.

As figuras simples e lineares da fácies Montalvânia e dos níveis antigos das outras regiões encontram-se pintadas perto de Sete Cidades (Piauí), onde são atribuídas a uma 'tradição Geométrica' nordestina. Perto de Januária, a temática é muito mais variada e exclusivamente pintada. Perto das nascentes do São Francisco, talvez sob a influência da tradição Planalto, a porcentagem de animais aumenta, mantendo-se a bicromia mais característica da tradição do vale com a figura chapada amarela e contorno vermelho. No norte mineiro, o preto e o branco foram também utilizados, particularmente nas manifestações tardias.

Os autores dessas obras demonstram frequentemente um sentido de 'efeito' nos jogos de cores vivas e na organização interna das figuras geométricas mais complexas (fácies Montalvânia, Caboclo e Abrigo do Sol do Curral de Pedra, em Jequitaiá, Minas Gerais), que torna os sítios extraordinariamente espetaculares.

**Figura 8.71 - Tradição São Francisco (PROUS, 1992)**



Fonte: Brandt, 2013.

### 8.5.5.3. Sítios arqueológicos Pré-Históricos Pesquisados em Trabalhos Anteriores

A pesquisa realizada no Banco de Dados do IPHAN, disponível na página de internet <http://www.iphan.gov.br>, revelou um reduzido registro de sítios arqueológicos nos municípios que compreendem a região do estudo.

Pesquisa no Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos (CNSA) do IPHAN, referente ao registro de sítios arqueológicos pré-históricos, históricos ou de contato nas áreas de pesquisa e entorno, identificou 4 (quatro) sítios no município de Rio Pardo de Minas, e, somente 1 (um) sítio no município de Águas Vermelhas, localizado a nordeste da área de estudo.

**Quadro 8.38 - Sítios Arqueológicos registrados na área de estudo e entorno**

CNSA	Nome	Município	UF	Tipo
MG00732	Sítio do Pau d'Arco	Rio Pardo de Minas	MG	Arte Rupestre
MG00736	Abrigo João do Rego	Rio Pardo de Minas	MG	Arte Rupestre
MG00737	Abrigo do Curro	Rio Pardo de Minas	MG	Arte Rupestre
MG00738	Sítio do Curral das Éguas	Rio Pardo de Minas	MG	Arte Rupestre
MG00265	Curral de Dentro	Águas Vermelhas	MG	Arte Rupestre

Fonte: IPHAN: Banco de Dados. Disponível em: <http://www.iphan.gov.br> in Brandt, 2013.

#### 8.5.5.3.1. Sítios registrados na Barragem do Rio Vacaria

No ano de 2005 foram realizados os estudos de Diagnóstico Arqueológico da Barragem Vacaria (LIMA, 2005), bacia do Rio Jequitinhonha, entre os municípios de Fruta de Leite e Salinas, Estado de Minas Gerais. Naquela fase preliminar de pesquisa arqueológica foram identificados três sítios arqueológicos às margens do Rio Vacaria.

**Quadro 8.39 - Sítios Arqueológicos identificados na área de estudo e entorno**

Nome	Município	UF	Tipo	Material
Sítio Vacaria	Fruta de Leite	MG	Pré-histórico	Lito-cerâmico (Tupi-guarani)
Sítio Espigão	Fruta de Leite	MG	Pré-histórico / Histórico	Lito-cerâmico (Tupi-guarani) / Porcelanato / Metal
Sítio Faz. Beija-Flor	Fruta de Leite	MG	Histórico	Sede / paiol / Muro de pedras

Fonte: Sítios Arqueológicos do Diagnóstico da Barragem Vacaria (LIMA, 2005) in Brandt, 2013.

### 8.5.6. Resultados

Cumprindo a metodologia traçada para averiguação dos aspectos pertinentes e relevantes ao estudo arqueológico, identificou-se as ocorrências arqueológicas positivas nas cavidades apresentadas no Quadro 3.20.

### Quadro 8.40 - Sítios arqueológicos

Identificação	UTM E	UTM N	Projeção horizontal (m)	Resultado
Caverna CM-02	743067	8200597	46,24	Positivo
Caverna CM-10	742071	8200970	36,55	Positivo
Caverna VG-03	743717	8217285	33,30	Positivo
Caverna Jatobá	743172	8215002	13,0	Positivo

Fonte: Brandt, 2012b; Brandt 2013. Modificado IC Ambiental, 2015.

#### 8.5.6.1. Caverna CM-02

Localizada na ADA do Complexo Minerário, identificou-se nessa cavidade (Fotos 8.212 e 8.213) possíveis fragmentos de material lítico (Fotos 8.214 e 8.215), que mostraram, aparentemente, polimento. Contudo, o material se apresentou carregado e lavado, devendo ser alvo de maior detalhamento em próxima etapa, uma vez que foi buscado na porção subafótica da cavidade.

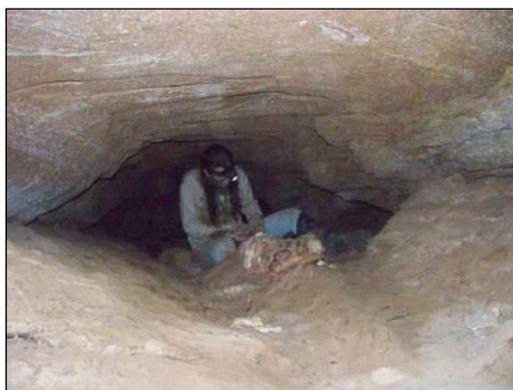


Foto 8.212 - Averiguação e coleta de material.  
Fonte: Brandt, 2012.



Foto 8.213 - Entrada da caverna.  
Fonte: Brandt, 2012.



Foto 8.214 - Amostra do material coletado na cavidade.  
Fonte: Brandt, 2012.



Foto 8.215 - Amostra do material coletado na cavidade.  
Fonte: Brandt, 2012.

### 8.5.6.2. Caverna CM-10

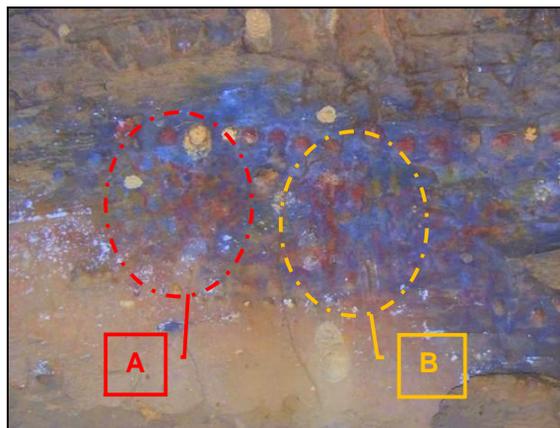
Localizada na ADA do Complexo Minerário, a cavidade apresenta, na entrada, duas aberturas em arco, voltadas em sentido SW, se expandindo em um salão que mostra luminosidade somente nos primeiros metros, sendo consideradas afóticas (todavia averiguadas) - as outras extensões.

O sedimento mostra textura areno-siltosa, coloração castanha acinzentada, compactação baixa e umidade baixa, sendo homogêneo e não apresenta serosidade. Ressalta-se o intenso brilho do sedimento justificado pela formação rochosa no local. As ocorrências arqueológicas estão inseridas na cavidade, ou, ainda, nos arcos de entrada e nos arcos de passagem entre salões da mesma e serão a seguir descritos.

O primeiro registro remete a uma das laterais da cavidade (considerado lado direito) sendo registradas pinturas e aparentemente gravuras rupestres. No entorno das pinturas percebe-se gravuras de morfologia circular, que aparentemente, circundaram a porção onde estão inseridas as pinturas. Registra-se aparentemente a escolha do local para a pintura e delimitação pelas formas circulares em uma porção da rocha lisa, sem falhas ou relevos. As pinturas surgem nas colorações amarelo e vermelho, cobrindo toda a porção circulada pelas gravuras, sendo identificados (em primeiro instante) traços geométricos horizontais e verticais. Para além, igualmente na lateral direita, sobre um dos arcos de entrada, registrou-se mais traços de pintura, também nas colorações vermelha e amarela.

O segundo registro, próximo ao primeiro, foi notado em uma coluna que parte da superfície e alcança o teto (sendo esta uma das colunas que separam os arcos de entrada, lado direito) representado por gravuras descritas como traços verticais e horizontais simétricos. Ressalta-se ainda um registro isolado, aparentemente de gravura rupestre de morfologia indefinida, próximo à porção afótica da cavidade, sob um arco.

A rocha utilizada para suporte apresenta estado tafonômico de degradação, sendo dificultoso o processo de reconhecimento das pinturas. Entretanto, nessa cavidade, avaliada exaustivamente pela equipe, a presença da arte rupestre em pinturas e gravuras é claramente reconhecida (Fotos 8.216 a 8.221).



A



B

Fotos 8.216, 8.217 e 8.218 - Representações de Pinturas Rupestres (foto natural/foto com saturação de cores) e em detalhes (ampliadas).  
Fonte: Brandt, 2012b.



Fotos 8.219 - Representações de  
Pinturas Rupestres  
Fonte: Brandt, 2012b.



Fotos 8.220 - Representações de  
Gravuras Rupestres  
Fonte: Brandt, 2012b.



Fotos 8.221 - Representações de  
Gravuras Rupestres  
Fonte: Brandt, 2012b.

### 8.5.6.3. Caverna VG-03

A caverna apresenta projeção horizontal de 27,50 metros, distribuídos em um conduto único principal de aproximadamente 3,0 metros de largura, que se abre a partir dos 19,0 metros em salão que apresenta dimensões de 15,0 X 8,0 metros - L x C.

Registra-se piso sedimentar amplo defronte a entrada, apresentando dimensões de 15,0 x 8,0 metros - L x C. A entrada é estreita, sendo efetuado esforço para entrada e pesquisa da caverna.

A luminosidade alcança somente o primeiro metro da entrada, de orientação preferencial 016°, sendo a partir desse ponto afótica.

Os registros referentes à arqueologia são pinturas geométricas nas colorações amarelado e avermelhado, compondo-se de traços retos ou circulares, em maioria figuras concêntricas, apresentando dimensões entre o intervalo de 20,0-25,0 cm a até 5,0 cm aproximadamente.

O suporte rochoso com presença de pinturas rupestres localiza-se no exterior da caverna, em sua porção abrigada. Notam-se descamações e degradação superficial da rocha, causadas, aparentemente, por intemperismo.



Foto 8.222 - porção abrigada da caverna e entrada.  
Fonte: Brandt, 2013.



Foto 8.223 - Área afótica.  
Fonte: Brandt, 2013.

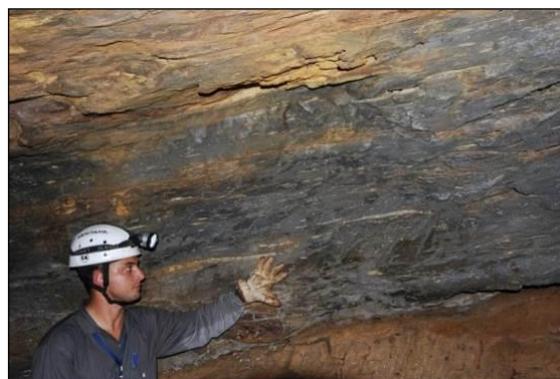
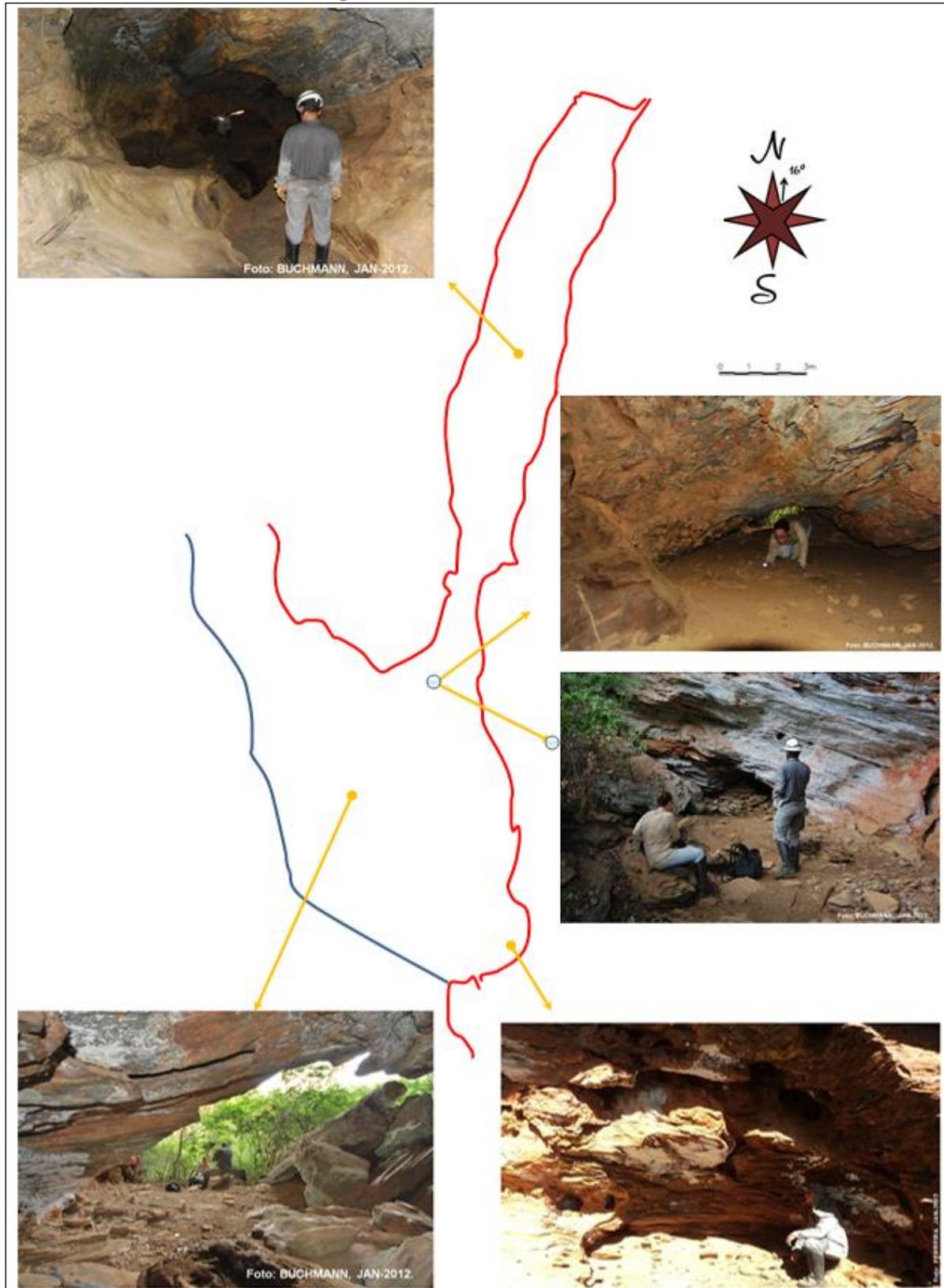


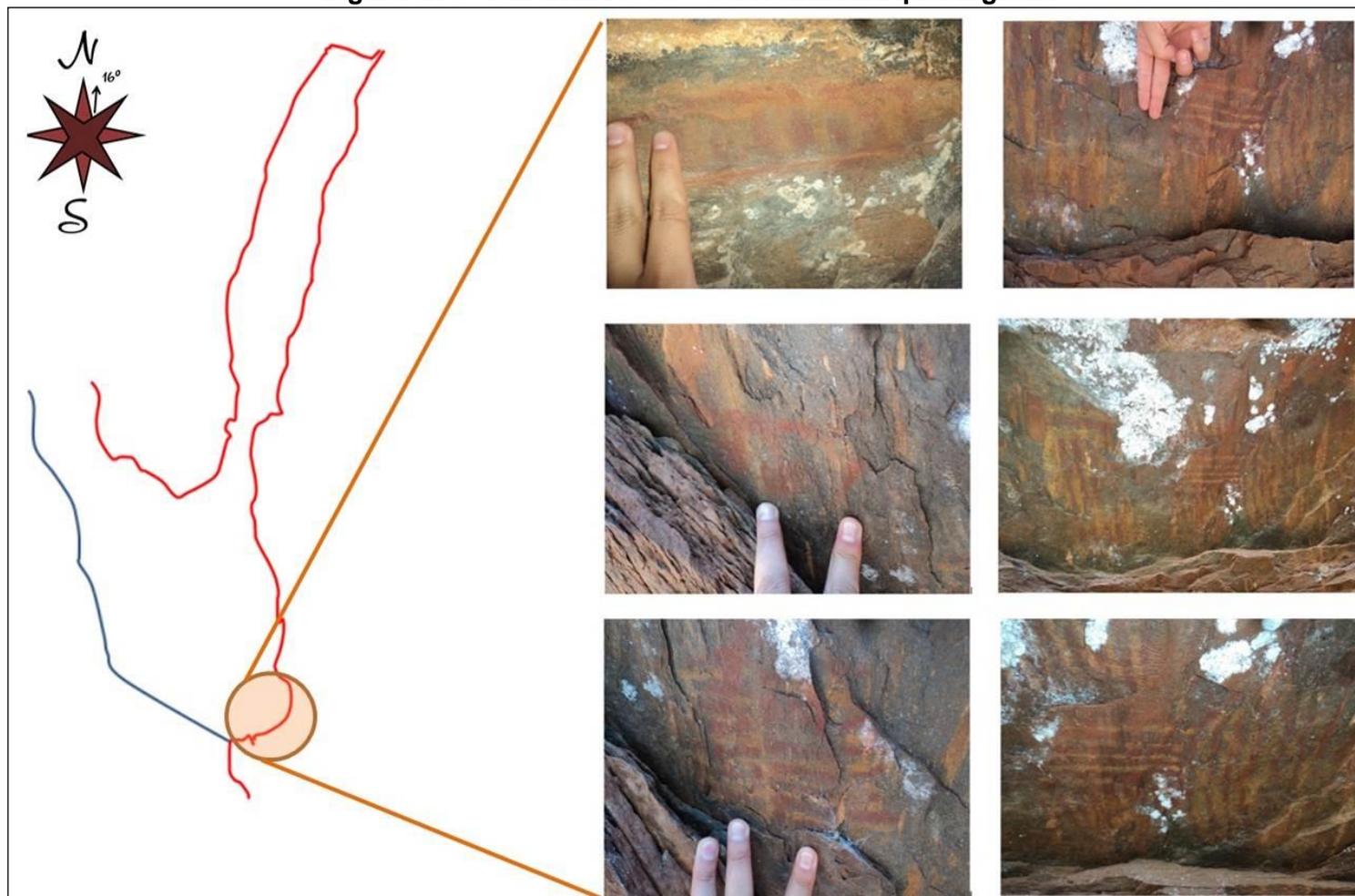
Foto 8.224 - A caverna VG-03 é registrada como paleotoca, com presença de icnofósseis.  
Fonte: Brandt, 2013.

Figura 8.72 - Caverna VG-03



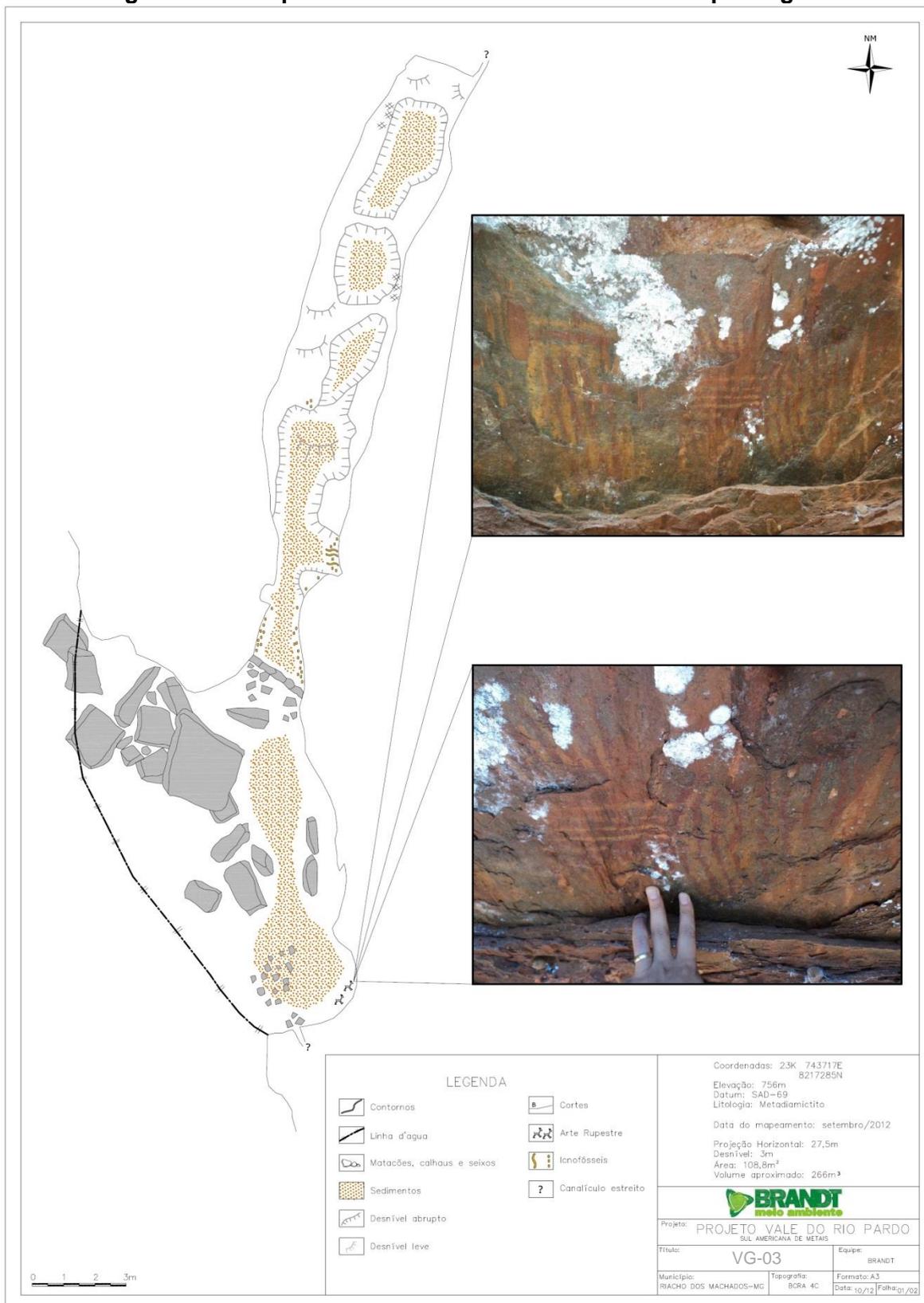
Fonte: Brandt, 2013.

**Figura 8.73 - Caverna VG-03 - Ocorrências Arqueológicas.**



Fonte: Brandt, 2013.

**Figura 8.74 - Mapa da caverna VG-03 - Ocorrências Arqueológicas**



Fonte: Brandt, 2013. Modificado IC Ambiental, 2015.

#### 8.5.6.4. Caverna do Jatobá

A cavidade denominada “Caverna do Jatobá” se localiza em média vertente, com abertura de 16 metros e orientação preferencial de 166° (vide croqui - Figura 8.75). Sua projeção horizontal alcança 13,0 metros, sendo registrado piso sedimentar na porção externa frontal e ainda internamente, todavia reduzido pela presença de afloramento de rocha em superfície e ou mesmo rochas abatidas distribuídas no solo. Compõe-se de um salão de morfologia semielíptica irregular, mostrando esta abertura em cone irregular aproximadamente em sua porção mesial. A luminosidade alcança a parte mais profunda da cavidade.

Identificou-se, na cavidade, gravura rupestre em dois pontos de ocorrência, denominados “Ocorrência 01” e “Ocorrência 02” e material lítico em superfície.

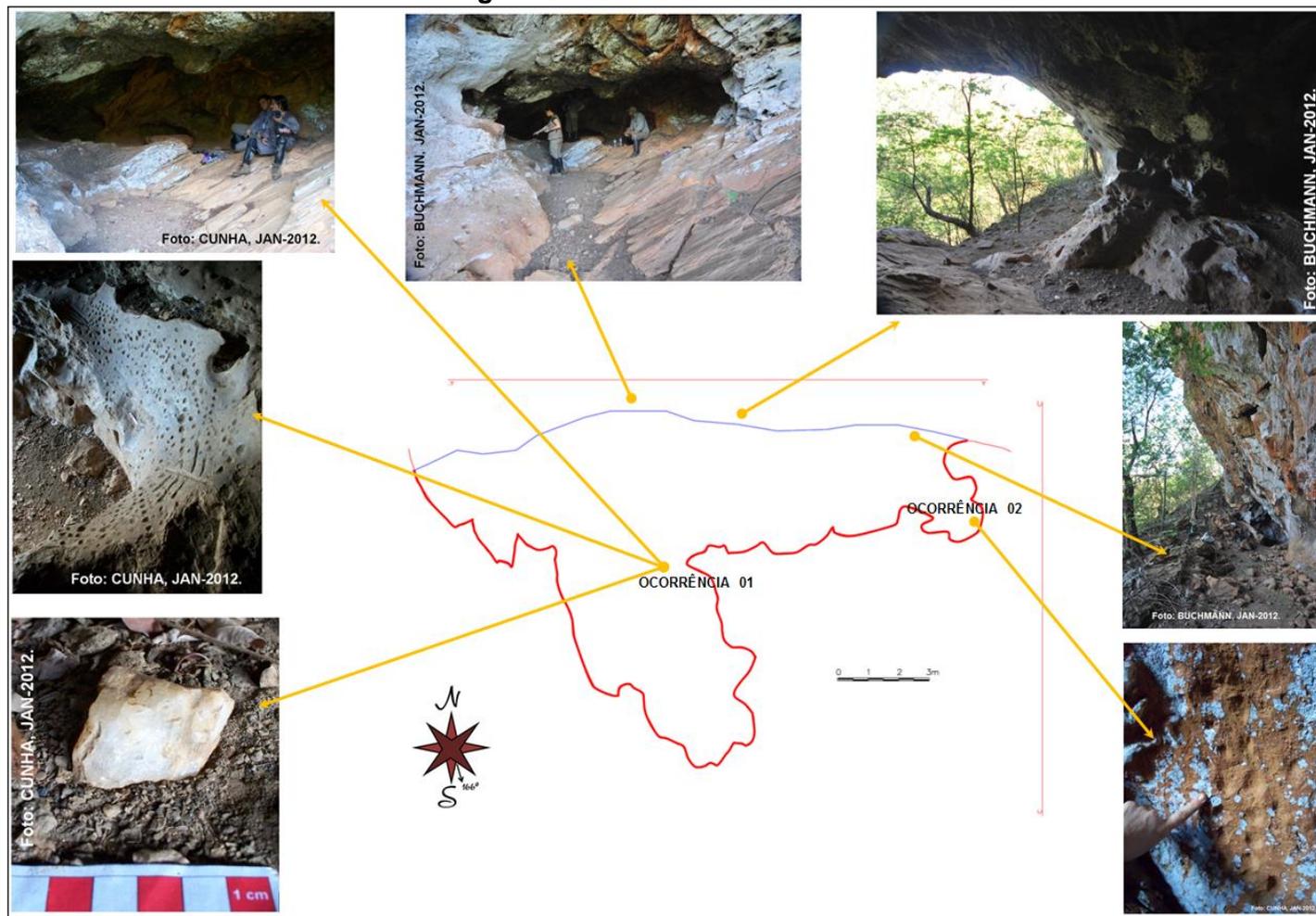
O primeiro ponto, denominado “Ocorrência 01” (Foto 8.225), mostra painel com gravuras efetuadas, aparentemente, a partir de picoteamento com representações distribuídas entre antropomorfos<sup>8</sup> (Foto 8.228), fitomorfos<sup>9</sup> (Foto 8.227) e “cavinhas”<sup>10</sup> (Foto 8.228 e 8.229), que ocupam todo o suporte (Foto 8.225). Nota-se possível tratamento na rocha utilizada como base, a qual mostra superfície lisa com certa cerosidade (Foto 8.226). O painel acompanha a morfologia do afloramento de rocha em que foi produzido (semi-elipsoidal - Foto 8.226) apresentando dimensões máximas aproximadas de 1,87 X 0,95 m (C X L). Notam-se pontos de fungos na coloração esbranquiçada no entorno do painel e descamamento de rocha por intemperismo, mesmo sobre as gravuras.

---

<sup>8</sup> figuras de representações antrópicas

<sup>9</sup> figuras de representações vegetais

Figura 8.759 - Caverna do Jatobá.



Fonte: Brandt, 2013



A “Ocorrência 02” é registrada em outro local da Caverna do Jatobá, a leste da abertura principal. O suporte utilizado é a própria rocha, não sendo percebido nenhum tratamento sob a mesma, se encontrando aparentemente em degradação superficial (intemperismo), sendo, ainda, registrada a presença de fungos na coloração esbranquiçada. O registro arqueológico se compõe de “cavinhas” organizadas em sequência verticalizada de até 07 unidades e sequência horizontal de até 03 unidades (Foto 8.229), ocupando área total de aproximadamente 40 X 25 cm (C X L). Observaram-se dois registros organizados lado a lado na mesma área, conforme descritos nas legendas das fotos a seguir.



Foto 8.225 - Paineis “Ocorrência 01”.  
Fonte: Brandt, 2013.



Foto 8.226 - Paineis.  
Fonte: Brandt, 2013.



Foto 8.227 - Representação Fitomorfo.  
Fonte: Brandt, 2013.

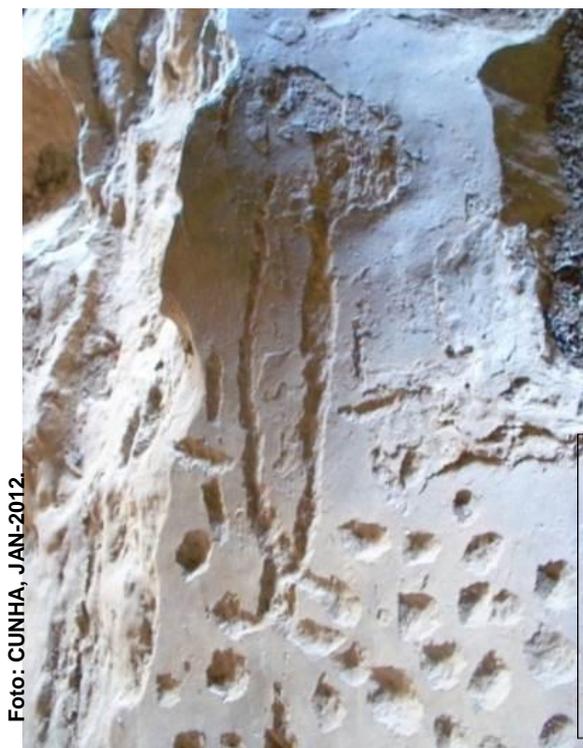


Foto: CUNHA, JAN-2012.

Foto 8.228 - Representação antropomorfa.  
Fonte: Brandt, 2013.

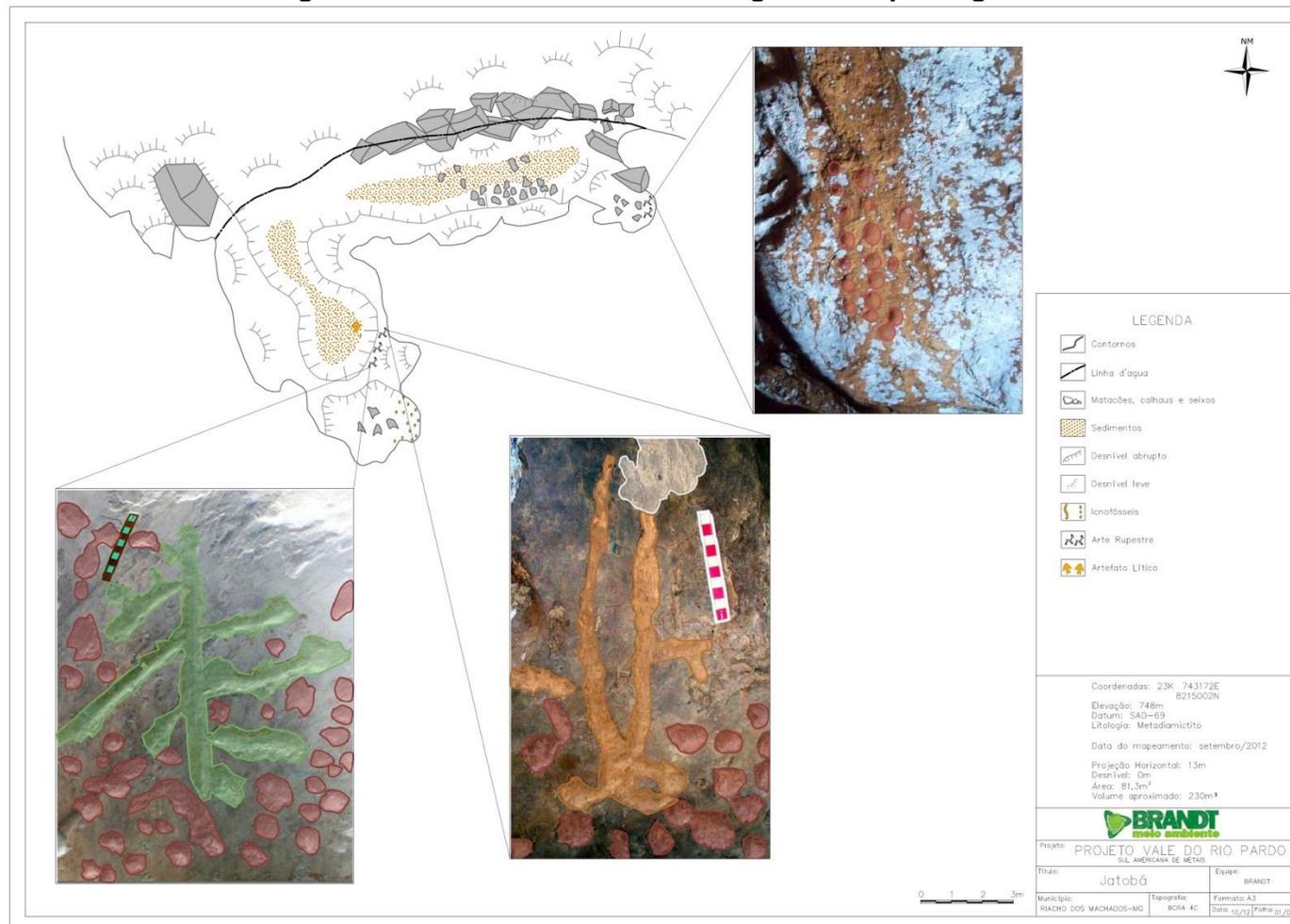


Foto: CUNHA, JAN-2012.

Foto 8.229 - "Covinhas".  
Fonte: Brandt, 2013.

Na figura 8.76 a seguir, as fotografias com as gravuras são localizadas em relação à sua posição na cavidade, bem como suas morfologias circulares, salientando em cores seus contornos, objetivando maior visualização. Dessa forma, as "covinhas" são representadas pela coloração avermelhada, o antropomorfo na coloração alaranjada, o fitomorfo na coloração verde e o descamamento de rocha na coloração esbranquiçada.

**Figura 8.76 - Caverna do Jatobá - Registros Arqueológicos.**



Fonte: Brandt, 2013.

### **8.5.7. Considerações Finais**

De acordo com os estudos desenvolvidos, foram registradas como positivas quatro ocorrências arqueológicas, nas cavernas Caverna CM-02, CM-10 VG-03 e Jatobá.

As ocorrências arqueológicas deverão seguir com estudos investigativos intensos nas próximas fases (Prospecção e Resgate Arqueológico).

O IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional) tem por competência a proteção ao patrimônio cultural brasileiro, estando presente em todo o país, com a função principal de fiscalizar, preservar, conservar e proteger o patrimônio tombado pela União. É entendido como patrimônio o patrimônio edificado, o natural, o arqueológico e o imaterial (que compreende as práticas populares, os saberes, os dizeres, as receitas e os usos, isso é, a preservação da cultura de um povo, uma sociedade).

Para além das leis específicas voltadas ao Patrimônio Arqueológico (Lei no. 3924/61, Portaria 230, 2002 IPHAN, entre outras) a legislação brasileira estabelece penas para os crimes de destruição e receptação do material (arts. 163 e 180 do Código Penal), bem como para o crime de exploração em desacordo com a autorização (art. 2º da Lei 8.176/91). Ademais, a Lei 9.605/98 estabelece crimes ambientais contra o patrimônio cultural (arts. 63 e 64).

Em relação ao processo de valoração de cavidades, é preciso considerar a possibilidade do resgate arqueológico. O programa de prospecção, o qual embasará o possível resgate, será submetido para aprovação do Centro Nacional de Arqueologia. Caso esse projeto venha a ser aprovado, a valoração das quatro cavidades positivas deverá ser revista, sob o prisma exclusivo da questão arqueológica, tendo em vista a possível salvaguarda do patrimônio arqueológico sob influência do empreendimento. Esse processo contribuiria para o conhecimento arqueológico dessa região, relativamente pouco conhecida pela comunidade acadêmica nacional.

## **8.6. Valoração do Grau de Relevância das Cavidades**

### **8.6.1. Classificação das cavidades quanto ao grau de relevância**

Neste item as cavidades são avaliadas individualmente, conforme atributos relacionados na IN 2, de 20 de agosto de 2009.

#### **8.6.1.1. Classificação das cavidades em grau de relevância máxima**

Para cada uma das cavidades em análise, cada um dos atributos a ser considerado na classificação da cavidade como de relevância máxima é avaliado como presente (P) ou ausente (A). A constatação da presença de quaisquer desses atributos já classifica a cavidade nesta categoria. O Quadro 8.41, a seguir, consolida os dados.

Como troglóbios raros e *habitat* para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies de troglóbios endêmicos ou relictos, foram considerados os táxons troglomórficos registrados até o momento apenas na área de estudo e com baixa frequência de registro.

Dessa forma, as seguintes cavidades são consideradas para esses atributos e, portanto, classificadas no grau de relevância máxima: Caverna CM-01 (*Entombryidae sp.2*) e Caverna CM-08 (*Ochyroceratidae sp.1* e *Paronellidae sp.3*).

Ressalta-se aqui, contudo, que *Entombryidae sp.2* foi encontrado também em duas outras cavidades (Boca Soberba e Tocaia de Paca), localizadas a uma distância, em linha reta, de 47,8 km da cavidade CM-01, porém em litologia diferente. Tal fato pode indicar a possível ocorrência também em outras cavidades da região, o que somente poderá vir a ser confirmado mediante a realização dos estudos complementares que estão sendo realizados nos abrigos e reentrâncias do complexo minerário e nas cavidades regionais, ou mesmo em estudos desenvolvidos fora do âmbito do empreendimento. Caso isso se confirme, o empreendedor vislumbra que a valoração ora considerada como máxima para esse atributo poderá vir a ser revista.

A Caverna CM-02 apresentou material lítico polido. O resgate e a salvaguarda das feições arqueológicas encontradas, caso aprovada pelo órgão responsável, no caso o IPHAN, deverá também provocar a revisão da valoração para o critério arqueologia.

A Caverna CM-10 é um sítio arqueológico, apresentando arte rupestre em pinturas e gravuras, também classificada como paleotoca.

As cavidades VG-02, VG-03, VG-04, VG-05, VG-06 e VG-07 também foram identificadas como paleotocas escavadas pela megafauna de mamíferos extintos, conforme exposto no diagnóstico paleontológico das cavidades. Tais cavidades apresentam referência à ocorrência de processos paleoambientais expressivos que sugerem um destacado uso do Vale dos Gigantes pela megafauna extinta. Estudos paleontológicos mais aprofundados estão sendo realizados pela Sul Americana de Metais S.A. na região de forma a se ter mais embasamento sobre essas ocorrências.

As cavidades VG-03 e Jatobá também compreendem sítios arqueológicos, conforme exposto no diagnóstico arqueológico das cavidades. Na cavidade Jatobá foi identificada a ocorrência de painel com gravuras, efetuadas, aparentemente, a partir de picoteamento com representações distribuídas entre antropomorfos, fitomorfos e 'covinhas'. A cavidade VG-03 apresenta pinturas rupestres geométricas nas colorações amarelado e avermelhado compondo-se de traços retos ou circulares.

Do ponto de vista bioespeleológico as cavidades do Vale dos Gigantes apenas a cavidade VG-06 apresenta atributo que a classifique como de relevância máxima. Entre os espécimes coletados, foram identificados indivíduos de *Furipteros horrens*. Esta espécie de morcego encontra-se listada na Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção (Portaria MMA nº 444/2014), tendo sido sua ocorrência descrita pela primeira vez na região de estudo. Não foram encontradas interações ecológicas únicas durante os inventários realizados.

Classificam-se então na categoria de máxima relevância as cavernas CM-01, CM-02, CM-08, CM-10, VG-03, VG-06 e Jatobá.

**Quadro 8.41 - Quadro resumo dos atributos na classificação da cavidade como de relevância máxima**

RELEVÂNCIA MÁXIMA	I - Gênese única ou rara	II - Morfologia única	III - Dimensões notáveis em extensão, área ou volume	IV - Espeleotemas únicos	V - Isolamento geográfico	VI - Abrigo essencial para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies animais em risco de extinção, constantes em listas oficiais	VII - Habitat essencial para preservação de populações geneticamente viáveis de espécies de troglóbios endêmicos ou relictos	VIII - Habitat de troglóbio raro	IX - Interações ecológicas únicas	X - Cavidade testemunho	XI - Destacada relevância histórico-cultural ou religiosa
CM-01	A	A	A	A	A	A	P	P	A	A	A
CM-02	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	P
CM-03	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-04	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-05	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-06	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-07	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-08	A	A	A	A	A	A	P	P	A	A	A
CM-09	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-10	A	A	A	A	A	A	A	A	A	*1	P
CM-11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-12	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-13	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-14	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-15	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-16	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-17	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-18	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-19	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-20	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-21	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-22	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

RELEVÂNCIA MÁXIMA	I - Gênese única ou rara	II - Morfologia única	III - Dimensões notáveis em extensão, área ou volume	IV - Espeleotemas únicos	V - Isolamento geográfico	VI - Abrigo essencial para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies animais em risco de extinção, constantes em listas oficiais	VII - Habitat essencial para preservação de populações geneticamente viáveis de espécies de troglóbios endêmicos ou relictos	VIII - Habitat de troglóbio raro	IX - Interações ecológicas únicas	X - Cavidade testemunho	XI - Destacada relevância histórico-cultural ou religiosa
CM-23	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-24	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-25	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-26	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-27	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
VG-01	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
VG-02	A	A	A	A	A	A	A	A	A	*1	A
VG-03	A	A	A	A	A	A	A	A	A	*1	P
VG-04	A	A	A	A	A	A	A	A	A	*1	A
VG-05	A	A	A	A	A	A	A	A	A	*1	A
VG-06	A	A	A	A	A	P	A	A	A	*1	A
VG-07	A	A	A	A	A	A	A	A	A	*1	A
Jatobá	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	P

Legenda: P=presente; A=ausente.

Fonte: Brandt, 2012b; Brandt 2013. Alterado: IC Ambiental, 2015.

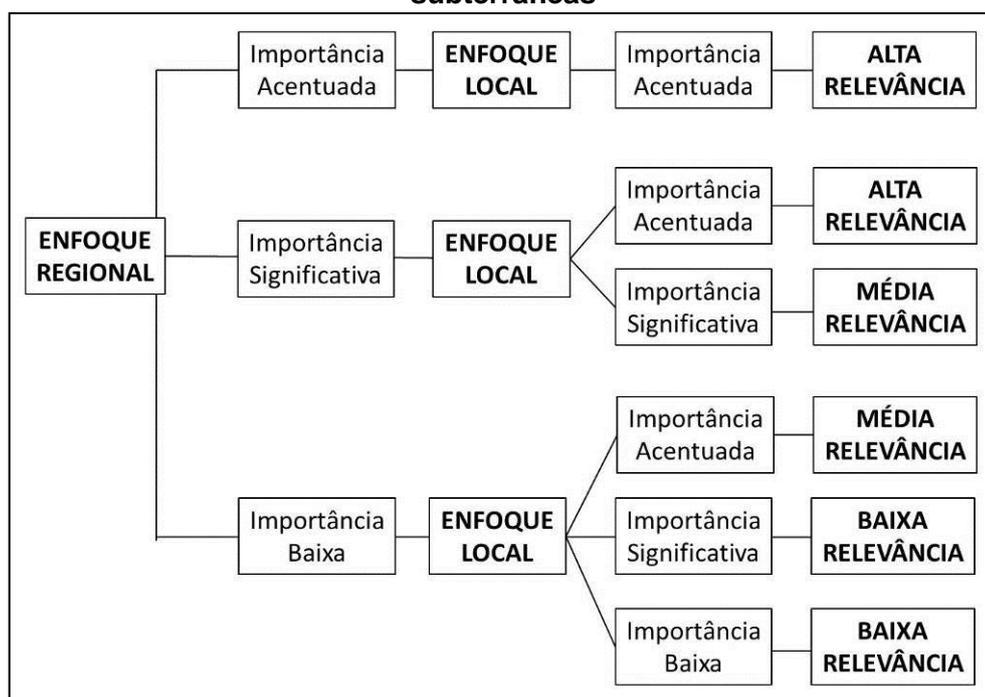
\*1As cavidades CM-10, VG-02, VG-03, VG-04, VG-05, VG-06 e VG-07 foram identificadas como paleotocas escavadas pela megafauna de mamíferos extintos, por conter vestígios de icnofósseis. Dado o indicativo da existência de várias paleotocas na região onde se insere o empreendimento e mesmo regionalmente, é aqui proposto que sejam realizados novos estudos paleontológicos por parte da Sul Americana de Metais S. A. em outras cavidades conhecidas na mesma unidade espeleológica e que tenham igualmente indicativo de se tratar de paleotocas, para que se possa determinar a relevância dessas cavidades segundo a IN-MMA nº 2/2009, com maior embasamento técnico-científico.

### 8.6.1.2. Classificação das cavidades em grau de relevância alta, média e baixa

#### 8.6.1.2.1. Chave de classificação do grau de relevância de cavidades naturais subterrâneas

A classificação de cavidades naturais subterrâneas em graus de relevância alta, média e baixa deverá obedecer aos preceitos contidos na chave de classificação do anexo III da IN-MMA 02/2009 exposta na Figura 8.77.

**Figura 8.77 - Chave de classificação do grau de relevância de cavidades naturais subterrâneas**



Fonte: Anexo III da IN-MMA 02/2009, in Brandt, 2012b.

Cavernas de alta relevância são aquelas que apresentam ou importância acentuada sob o enfoque regional e local ou importância significativa sob o enfoque regional e importância acentuada sob o enfoque local. Cavernas de relevância alta e sua área de influência podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis, mediante licenciamento ambiental. Como forma de compensação, deverão ser preservadas em caráter permanente duas cavidades de relevância alta, de mesma litologia e com atributos similares aos que determinaram a classificação de alta relevância da cavidade que sofreu o impacto. Essas duas cavernas passam a ter relevância máxima e são definidas como cavernas testemunho, não podendo futuramente sofrer impactos negativos irreversíveis, nem mesmo em seu entorno de proteção (250 metros). Segundo a legislação, sempre que possível, as duas cavernas alvo de compensação devem estar situadas em área contínua e no mesmo grupo geológico da cavidade que sofreu o impacto. Não sendo isso possível, a legislação resolve que o ICMBio poderá definir, em acordo com o empreendedor, outras formas de compensação.

Cavernas de média relevância são aquelas que apresentam ou importância significativa sob o enfoque regional e local ou importância baixa sob o enfoque regional e importância acentuada sob o enfoque local. Cavernas de relevância média e sua área de influência podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis, mediante licenciamento ambiental. Como forma de compensação, o empreendedor deverá adotar medidas e financiar ações, nos termos definidos pelo órgão ambiental competente (órgão responsável pelo licenciamento ou competente para definir compensações no âmbito do licenciamento), que contribuam para a conservação e o uso adequado do patrimônio espeleológico brasileiro, especialmente das cavernas com grau de relevância máximo e alto.

Cavernas de baixa relevância são aquelas que apresentam ou importância baixa sob o enfoque regional e local ou importância baixa sob o enfoque regional e importância significativa sob o enfoque local. Cavernas de relevância baixa e sua área de influência podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis, mediante licenciamento ambiental. Para essas cavernas não há compensação obrigatória.

#### **8.6.1.2.2. Importância sob o enfoque regional**

Conforme exposto no artigo 13 da IN-MMA 02/2009 e ilustrado na chave de classificação do grau de relevância de cavidades naturais subterrâneas, contida em seu anexo III (Figura 4.1), os estudos para definição do grau de relevância deverão ser iniciados com a análise das configurações de atributos sob o Enfoque Regional. As cavernas deverão ser classificadas sob o Enfoque Regional como de Importância Acentuada, Significativa ou Baixa.

Salienta-se que a caverna que apresentar Importância Acentuada sob o Enfoque Regional será necessariamente considerada de Importância Acentuada sob o Enfoque Local.

##### **8.6.1.2.2.1. Importância acentuada**

Para cada uma das cavidades em análise, cada um dos atributos a ser considerado na classificação da cavidade como de importância acentuada sob o enfoque regional é avaliado como presente (P) ou ausente (A), sendo usado de forma a consolidar tais dados no quadro resumo (Quadro 8.42). A constatação da presença de quaisquer desses atributos já classifica a cavidade nessa categoria.

**Quadro 8.42 - Quadro resumo dos atributos considerados na classificação das cavidades como de importância acentuada sob o enfoque regional**

IMPORTÂNCIA ACENTUADA SOB O ENFOQUE REGIONAL	Atributos																					
	I - Localidade tipo	II - Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante	III - Presença de táxons novos	IV - Alta riqueza de espécies	V - Alta abundância relativa de espécies	VI - Presença de composição singular da fauna	VII - Presença de troglóbios que não sejam considerados raros, endêmicos ou relictos	VIII - Presença de espécies troglomórficas	IX - Presença de troglóxeno obrigatório	X - Presença de população excepcional em tamanho	XI - Presença de espécie rara	XII - Alta projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XIII - Alta área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XIV - Alto volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XV - Presença significativa de estruturas espeleogenéticas raras	XVI - Lago ou drenagem subterrânea perene com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XVII - Diversidade da sedimentação química com muitos tipos de espeleotemas e processos de deposição	XVIII - Configuração notável dos espeleotemas	XIX - Alta influência da cavidade sobre o sistema cárstico	XX - Presença de inter-relação da cavidade com alguma de relevância máxima	XXI - Reconhecimento nacional ou mundial do valor estético/cênico da cavidade	XXII - Visitação pública na cavidade, com abrangência regional ou nacional
CM-01	A	A	A	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-02	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-03	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-04	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-05	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-06	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-07	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-08	A	A	P	P	P	A	A	P	A	A	A	P	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A
CM-09	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-10	A	P	A	A	P	A	A	A	A	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-11	A	P	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-12	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A

IMPORTÂNCIA ACENTUADA SOB O ENFOQUE REGIONAL	I - Localidade tipo	II - Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante	III - Presença de táxons novos	IV - Alta riqueza de espécies	V - Alta abundância relativa de espécies	VI - Presença de composição singular da fauna	VII - Presença de troglóbios que não sejam considerados raros, endêmicos ou relictos	VIII - Presença de espécies troglomórficas	IX - Presença de troglóxeno obrigatório	X - Presença de população excepcional em tamanho	XI - Presença de espécie rara	XII - Alta projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XIII - Alta área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XIV - Alto volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XV - Presença significativa de estruturas espeleogenéticas raras	XVI - Lago ou drenagem subterrânea perene com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XVII - Diversidade da sedimentação química com muitos tipos de espeleotemas e processos de deposição	XVIII - Configuração notável dos espeleotemas	XIX - Alta influência da cavidade sobre o sistema cárstico	XX - Presença de inter-relação da cavidade com alguma de relevância máxima	XXI - Reconhecimento nacional ou mundial do valor estético/cênico da cavidade	XXII - Visitação pública na cavidade, com abrangência regional ou nacional
CM-13	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-14	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-15	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-16	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-17	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-18	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A
CM-19	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-20	A	P	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-21	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-22	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-23	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-24	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-25	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-26	A	A	A	P	P	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A
CM-27	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

IMPORTÂNCIA ACENTUADA SOB O ENFOQUE REGIONAL	I - Localidade tipo	II - Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante	III - Presença de táxons novos	IV - Alta riqueza de espécies	V - Alta abundância relativa de espécies	VI - Presença de composição singular da fauna	VII - Presença de troglóbios que não sejam considerados raros, endêmicos ou relictos	VIII - Presença de espécies troglomórficas	IX - Presença de troloxeno obrigatório	X - Presença de população excepcional em tamanho	XI - Presença de espécie rara	XII - Alta projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XIII - Alta área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XIV - Alto volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XV - Presença significativa de estruturas espeleogenéticas raras	XVI - Lago ou drenagem subterrânea perene com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XVII - Diversidade da sedimentação química com muitos tipos de espeleotemas e processos de deposição	XVIII - Configuração notável dos espeleotemas	XIX - Alta influência da cavidade sobre o sistema cárstico	XX - Presença de inter-relação da cavidade com alguma de relevância máxima	XXI - Reconhecimento nacional ou mundial do valor estético/cênico da cavidade	XXII - Visitação pública na cavidade, com abrangência regional ou nacional
VG-01	A	A	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
VG-02	A	A	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
VG-03	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
VG-04	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
VG-05	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
VG-06	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
VG-07	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Jatobá	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Legenda: P=presente; A=ausente.

Fonte: Brandt, 2012b; Brandt 2013. Alterado: IC Ambiental, 2015.

Em relação às espeleometria, para obter o status de importância acentuada regional, é necessário que as cavernas apresentem alta projeção horizontal ou alta área ou alto volume. Para tanto, de acordo com o Quadro 8.43, as cavernas estudadas devem apresentar valores acima de 36,14 m de projeção horizontal e/ou 150,23 m<sup>2</sup> de área e/ou, 297,24 m<sup>3</sup> de volume.

Ressalta-se que para ser classificada como de relevância máxima do ponto de vista da espeleometria, adotou-se cinco vezes o valor da média regional para os parâmetros de PH, área e volume, o que só ocorreu para a caverna do Mocarorô. Tal parâmetro tem sido usualmente utilizado nos relatórios de relevância espeleométrica (INSTITUTO DO CARSTE, 2012).

**Quadro 8.43 - Parâmetros espeleométricos das cavernas no enfoque regional**

Escala Regional	PH	Desnível	Área	Volume
Média	17,07	1,71	55,83	108,36
Desvio Padrão	19,07	-	94,40	188,88
Alto ( $> \mu + \sigma$ )	36,14	$> 1,71$	150,23	297,24
Médio - Intervalo entre ( $\mu - \sigma$ ) e ( $\mu + \sigma$ )	-2,00* e 36,14		-38,57* e 150,23	-80,52* e 297,24
Baixo ( $< \mu - \sigma$ )	-2,00*		-38,57*	-80,52*
Máxima (5 x média regional)	85,35		279,15	541,80

Fonte: Brandt, 2012b; Brandt 2013. Alterado: IC Ambiental Ltda.

Conforme demonstra o Quadro 8.44, foi possível verificar que as cavernas CM-02, CM-08 e CM-10 recebem *status* de alta projeção horizontal. Quanto ao atributo área, a Caverna CM-08 recebe *status* alto nesse quesito. Também é possível observar no Quadro 4.4 que a Caverna do Mocarorô é a única que apresenta dimensão expressiva, acima da média no contexto local.

**Quadro 8.44 - Parâmetros espeleométricos das cavernas no enfoque regional**

Cavidade	Projeção Horizontal (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
Caverna CM-01	7,5	0,6	14,6	27,4
Caverna CM-02	46,2	2,1	90,6	85,5
Caverna CM-03	8,1	0,4	5,9	4,7
Caverna CM-04	9,7	0,67	11,4	15
Caverna CM-05	4,9	0,5	14,9	21,5
Caverna CM-06	12,4	2,9	60,9	303,6
Caverna CM-07	12,1	2,7	34,0	150,8
Caverna CM-08	74,8	2,4	260,2	325,9
Caverna CM-09	7,6	0,5	5,7	4
Caverna CM-10	36,5	2	94,8	105,9
Caverna CM-11	8,3	1,6	15,8	46,6
Caverna CM-12	17,4	1,6	13,4	26,2
Caverna CM-13	5,5	1,8	8,6	7
Caverna CM-14	21,0	0,9	81,0	91,1
Caverna CM-15	7,4	1,8	7,9	5,6
Caverna CM-16	9,4	0,3	14,8	12,1
Caverna CM-17	8,4	0,6	7,7	4,6
Caverna CM-18	12,0	2,1	19,8	30,7
Caverna CM-19	7,5	0,3	14,6	38,3
Caverna CM-20	5,2	1,0	13,3	10,4
Caverna CM-21	8,0	1,1	28,4	28,7

Cavidade	Projeção Horizontal (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
Caverna CM-22	5,3	1,6	54,9	151,1
Caverna CM-23	12,5	1,2	11,3	3,8
Caverna CM-24	15,4	0,5	31,5	80,4
Caverna CM-25	8,2	2,4	31,1	58,5
Caverna CM-26	28,8	2,2	20,2	60,7
Caverna CM-27	5,9	0,6	6,1	5,9
Caverna VG-01	6,9	1,4	24,2	33,6
Caverna VG-02	9,3	1,4	32,8	53,6
Caverna VG-03	27,5	3,0	108,8	266
Caverna VG-04	8,2	2,4	67	180,3
Caverna VG-05	15,2	5,0	81,6	173,5
Caverna VG-06	20,6	3,7	71,3	85,6
Caverna VG-07	11,2	1,3	30,4	71,6
Caverna Jatobá	13,0	0,0	81,3	230
Caverna do Mocarorô	96,5	7,1	539,3	1100,9

Fonte: Brandt, 2012b; Brandt 2013. Alterado: IC Ambiental Ltda.

Até o momento, táxons novos confirmados por especialistas a partir de estudos comparativos e em andamento, incluem o pílião *Spaeleoleptes* sp.n.1 (Escadabiidae), pelo Prof. Dr. Adriano Kury (local de depósito: Museu Nacional, UFRJ), com ocorrência nas cavidades CM-02 e CM-08.

A presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante atribuída ao grupo dos quirópteros por constituírem recurso importante para a fauna de invertebrados é reconhecida nas cavidades CM-10 (*Mimon bennettii* e *Glossophaga soricina*), CM-11 (*Peropteryx kappleri*), CM-19 (*Glossophaga soricina*), CM-20 (*Glossophaga soricina* e *Micronycteris microtis*).

Os valores de riqueza absoluta de espécies para as cavidades foram obtidos considerando o número de morfoespécies registrado. A média da riqueza absoluta e respectivo desvio padrão (28,59 ± 12,26 espécies para o Complexo Minerário - 19,25 ± 7,42 para o Vale dos Gigantes) foi utilizada como base para fim de classificação das riquezas das cavidades em alta, média e baixa. Foi considerada riqueza alta aquelas acima da [média + desvio padrão] (acima de 40,85 espécies para o Complexo Minerário e acima de 26,67 espécies para o Vale dos Gigantes).

Presença de espécie rara para o Estado de Minas Gerais foi detectada na Caverna CM-02 (*Furipterus horrens*) e espécie considerada pouco capturada na Caverna CM-10 (*Mimon bennettii*).

Os resultados de abundância relativa, considerando espécies maiores de 1 cm, indicaram relevância alta (30% ou mais de espécies abundantes) (Quadro 3.11) para as cavidades CM-05, CM-06, CM-07, CM-08, CM-10, CM-11, CM-14, CM-20, CM-22, CM-26, CM-27, VG-01, VG-02, VG-03, VG-04, VG-05 e VG-06.

Com presença dos organismos troglomórficos considerados raros foram enquadradas as cavidades CM-01, CM-08 e CM-26.

Foram observadas espécies com função ecológica importante nas cavidades CM-10, CM-11, CM-19 e CM-20.

Para o atributo presença de composição singular da fauna não foram detectadas populações estabelecidas de espécies de grupos pouco comuns ao ambiente cavernícola.

Para os atributos presença de troglóbios que não sejam considerados raros, foi enquadrada a cavidade CM-26, devido a presença de Chthonidae sp.1. Apesar da espécie ter sido classificada como rara no EIA do Projeto Vale do Rio Pardo (BRANDT MEIO AMBIENTE, 2012b), os exemplares dessa espécie têm sido registradas com frequência em cavidades ferruginosas de outras localidades do país, como é o caso das cavidades Boca Soberba e Tocaia da Paca.

Não foram encontradas populações com indícios de obrigatoriedade de utilização das cavidades para completar seu ciclo de vida, troglóxico obrigatório, a partir das observações e inventários efetuados. Não foram também registradas populações com densidade elevada de forma excepcional nas cavidades.

#### **8.6.1.2.2. Importância significativa**

Para cada uma das cavidades em análise, cada um dos atributos a ser considerado na classificação da cavidade como de importância significativa sob o enfoque regional é avaliado como presente (P) ou ausente (A), sendo usado de forma a consolidar tais dados o quadro resumo (Quadro 8.46). A constatação da presença de quaisquer desses atributos já classifica a cavidade nessa categoria.

A presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque regional foi constatada para o grupo dos quirópteros na Caverna CM-20 (*Micronycteris microtis*), assim como para a Caverna CM-08, devido à riqueza alta.

A Cavidade CM-16 apresentou Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência significativa sobre os atributos da cavidade.

Em relação à espeleometria, com exceção das cavernas CM-02, CM-08 e CM-10, todas as cavidades estudadas apresentam valores dimensionais entre (média + desvio padrão) e (média - desvio padrão) para o parâmetro projeção horizontal; com exceção da caverna CM-08, todas as cavidades apresentaram valores dimensionais entre (média + desvio padrão) e (média - desvio padrão) para o parâmetro de área da projeção horizontal; e com exceção das cavernas CM-06 e CM-08, todas as cavidades estudadas apresentam valores dimensionais entre (média + desvio padrão) e (média - desvio padrão) para o parâmetro volume (Quadro 8.45), fato que atribui o *status* médio quanto a esses parâmetros para estas cavidades.

Quanto ao desnível, a média desse parâmetro para as cavidades analisadas sob o enfoque local e regional apresentou o valor de 1,71 metros (Quadro 8.45), sendo que as cavidades que apresentaram alto desnível em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica foram as cavidades: CM-02, CM-06, CM-07, CM-8, CM-10, CM-13, CM-15, CM-18, CM-25, CM-26, VG-03, VG-04, VG-05 e VG-06.

**Quadro 8.45 - Cálculo de desnível para as cavidades no enfoque regional e local**

ESCALA REGIONAL E LOCAL	DESNÍVEL (m)
Alto ( $\geq \mu$ )	$\geq 1,71$
Baixo ( $< \mu$ )	$< 1,41$

Fonte: Brandt, 2012b. Alterado: IC Ambiental, 2015.

**Quadro 8.46 - Quadro resumo dos atributos considerados na classificação das cavidades como de importância significativa sob o enfoque regional**

IMPORTÂNCIA SIGNIFICATIVA SOB O ENFOQUE REGIONAL	I - Presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque regional	II - Média projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	III - Média área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	IV - Alto desnível da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	V - Médio volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	VI - Presença de estruturas espeleogenéticas raras	VII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência significativa sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	VIII - Diversidade da sedimentação química com muitos tipos de espeleotemas ou processos de deposição	IX - Sedimentação clástica ou química com valor científico	X - Reconhecimento regional do valor estético/cênico da cavidade	XI - Uso constante, periódico ou sistemático para fins educacionais, recreativos ou esportivos
CM-01	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A
CM-02	A	A	P	P	P	A	A	A	A	A	A
CM-03	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A
CM-04	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A
CM-05	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A
CM-06	A	P	P	P	A	A	A	A	A	A	A
CM-07	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A
CM-08	P	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A
CM-09	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A
CM-10	A	A	P	P	P	A	A	A	A	A	A
CM-11	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A
CM-12	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A
CM-13	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A
CM-14	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A

IMPORTÂNCIA SIGNIFICATIVA SOB O ENFOQUE REGIONAL												
	II - Presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque regional	II - Média projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	III - Média área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	IV - Alto desnível da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	V - Médio volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	VI - Presença de estruturas espeleogenéticas raras	VII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência significativa sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	VIII - Diversidade da sedimentação química com muitos tipos de espeleotemas ou processos de deposição	IX - Sedimentação clástica ou química com valor científico	X - Reconhecimento regional do valor estético/cênico da cavidade	XI - Uso constante, periódico ou sistemático para fins educacionais, recreativos ou esportivos	
CM-15	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A	
CM-16	A	P	P	A	P	A	P	A	A	A	A	
CM-17	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A	
CM-18	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A	
CM-19	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A	
CM-20	P	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A	
CM-21	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A	
CM-22	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A	
CM-23	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A	
CM-24	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A	
CM-25	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A	
CM-26	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A	
CM-27	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A	
VG-01	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A	
VG-02	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A	
VG-03	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A	

<b>IMPORTÂNCIA SIGNIFICATIVA SOB O ENFOQUE REGIONAL</b>	<b>I - Presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque regional</b>	<b>II - Média projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa</b>	<b>III - Média área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa</b>	<b>IV - Alto desnível da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa</b>	<b>V - Médio volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa</b>	<b>VI - Presença de estruturas espeleogenéticas raras</b>	<b>VII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência significativa sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo</b>	<b>VIII - Diversidade da sedimentação química com muitos tipos de espeleotemas ou processos de deposição</b>	<b>IX - Sedimentação clástica ou química com valor científico</b>	<b>X - Reconhecimento regional do valor estético/cênico da cavidade</b>	<b>XI - Uso constante, periódico ou sistemático para fins educacionais, recreativos ou esportivos</b>
VG-04	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A
VG-05	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A
VG-06	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A
VG-07	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A
Jatobá	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A

Fonte: Brandt, 2012b; Brandt 2013. Alterado: IC Ambiental, 2015.

### 8.6.1.2.2.3. Importância baixa

A cavidade será considerada de Importância Baixa sob o Enfoque Regional quando a configuração de atributos não for considerada de importância acentuada ou significativa (artigo 12 da IN/MMA 02/2009).

### 8.6.1.2.3. Importância sob o enfoque local

Após a avaliação da importância dos atributos das cavidades sob o Enfoque Regional, essas deverão ser classificadas também sob o Enfoque Local, como de Importância Acentuada, Significativa ou Baixa.

#### 8.6.1.2.3.1. Importância acentuada

Para cada uma das cavidades em análise, cada um dos atributos a ser considerado na classificação da cavidade como de importância acentuada sob o enfoque local é avaliado como presente (P) ou ausente (A), sendo usado de forma a consolidar tais dados o quadro resumo (Quadro 8.47). A constatação da presença de quaisquer desses atributos já classifica a cavidade nessa categoria.

Em relação à espeleometria, importante destacar que a IN 02/2009 não estabelece variáveis para o enquadramento de importância acentuada sob enfoque local para os atributos projeção horizontal, desnível, área e volume.

População residente de quirópteros foi encontrada nas cavidades CM-10 (*Mimon bennettii* e *Glossophaga soricina*), CM-11 (*Peropteryx kappleri*), CM-19 (*Glossophaga soricina*) e CM-20 (*Micronycteris microtis* e *Glossophaga soricina*). Também se pode citar a cavidade VG-03 com ocorrência de *Desmodus rotundus* em ambas as campanhas de campo.

Ninhos vazios de aves foram encontrados nas cavidades CM-02, CM-04, CM-08, CM-09, CM-11 e CM-15. A presença de ninhos de aves foi considerada como indicativo de uso para nidificação de aves silvestres. Embora não tenham sido observados grandes números de ninhos, não é conhecido de que forma a nidificação em cavidades influencia a conservação das populações de aves que apresentam caracteristicamente baixa densidade populacional.

Para a alta diversidade de substratos orgânicos foram consideradas as cavidades com quatro ou mais recursos orgânicos: CM-02, CM-05, CM-06, CM-08, CM-09, CM-10, CM-11, CM-12, CM-13, CM-14, CM-15, CM-16, CM-17, CM-18, CM-20, CM-21, CM-25, CM-27, VG-02, VG-03, VG-04, VG-05, VG-06 e VG-07 e Jatobá.

Os valores de riqueza absoluta de espécies para as cavidades foram obtidos considerando o número de morfoespécies de invertebrados e vertebrados registrados. A média da riqueza absoluta e respectivo desvio padrão ( $28,59 \pm 12,26$  espécies para o Complexo Minerário -  $19,25 \pm 7,42$  para o Vale dos Gigantes) foi utilizada como base para fim de classificação das riquezas das cavidades em alta, média e baixa. Foram consideradas riquezas médias aquelas dentro do intervalo da [média  $\pm$  desvio] padrão (entre 16,33 e 40,85 espécies para o Complexo Minerário – entre 11,83 e 26,67 para o Vale dos Gigantes), observadas nas cavidades: CM-01, CM-02, CM-03, CM-04, CM-07, CM-09, CM-10, CM-14, CM-15, CM-16,

CM-17, CM-18, CM-19, CM-20, CM-21, CM-22, CM-23, CM-25, CM-27, VG-03, VG-05, VG-06, VG-07 e Jatobá.

Os resultados de abundância relativa foram obtidos, considerando espécies maiores de um centímetro, indicaram relevância média (de 10 a 30% de espécies com abundância alta) as cavidades: CM-01, CM-02, CM-03, CM-04, CM-06, CM-07, CM-08, CM-10, CM-11, CM-12, CM-15, CM-16, CM-17, CM-18, CM-20, CM-21, CM-22, CM-23, CM-25, VG-07 e Jatobá.

Como presença de singularidade dos elementos faunísticos, a Caverna CM-08 destaca-se pela riqueza alta. A utilização das cavidades por espécies migratórias não foi constatada de acordo com as observações e resultados obtidos.

A presença de registros paleontológicos foi constatada nas cavidades CM-10, VG-02, VG-03, VG-04, VG-05, VG-06 e VG-07, as quais foram classificadas como paleotocas escavadas pela megafauna de mamíferos extintos, conforme estudos paleontológicos desenvolvidos pelo Professor Francisco S. Buchmann, da Universidade Federal de São Vicente, em Santos, São Paulo, para a Sul Americana de Metais S.A.

A cavidade Jatobá apresentou reconhecimento local do valor estético/cênico, tendo sido classificada, quanto a esse atributo, como de importância acentuada sob o enfoque local.

**Quadro 8.47 - Quadro resumo dos atributos considerados na classificação das cavidades como de importância acentuada sob o enfoque local**

IMPORTÂNCIA ACENTUADA SOB O ENFOQUE LOCAL	I - População residente de quirópteros	II - Constatação de uso da cavidade por aves silvestres como local de nidificação	III - Alta diversidade de substratos orgânicos	IV - Média riqueza de espécies	V - Média abundância relativa de espécies	VI - Constatação de uso da cavidade por espécies migratórias	VII - Presença de singularidade dos elementos faunísticos da cavidade sob enfoque local	VIII - Presença de estrutura geológica de interesse científico	IX - Presença de registros paleontológicos	X - Reconhecimento local do valor estético/cênico da cavidade	XI - Visitação pública sistemática na cavidade, com abrangência local	XII - Presença de água de percolação ou condensação com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XIII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo
CM-01	A	A	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-02	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-03	A	A	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-04	A	P	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-05	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-06	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-07	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-08	A	P	P	A	P	A	P	A	A	A	A	A	A
CM-09	A	P	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-10	P	A	P	P	P	A	A	A	P	A	A	A	A
CM-11	P	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-12	A	A	P	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-13	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-14	P	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-15	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-16	P	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A

IMPORTÂNCIA ACENTUADA SOB O ENFOQUE LOCAL	I - População residente de quirópteros	II - Constatação de uso da cavidade por aves silvestres como local de nidificação	III - Alta diversidade de substratos orgânicos	IV - Média riqueza de espécies	V - Média abundância relativa de espécies	VI - Constatação de uso da cavidade por espécies migratórias	VII - Presença de singularidade dos elementos faunísticos da cavidade sob enfoque local	VIII - Presença de estrutura geológica de interesse científico	IX - Presença de registros paleontológicos	X - Reconhecimento local do valor estético/cênico da cavidade	XI - Visitação pública sistemática na cavidade, com abrangência local	XII - Presença de água de percolação ou condensação com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XIII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo
CM-17	A	A	P	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-18	A	A	P	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-19	P	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-20	P	A	P	P	A	A	P	A	A	A	A	A	A
CM-21	P	A	P	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-22	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-23	A	A	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-24	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-25	A	A	P	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-26	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
CM-27	A	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A
VG-01	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
VG-02	A	A	P	A	A	A	A	A	P	A	A	A	A
VG-03	P	A	P	P	A	A	A	A	P	A	A	A	A
VG-04	A	A	P	A	A	A	A	A	P	A	A	A	A
VG-05	A	A	P	P	A	A	A	A	P	A	A	A	A
VG-06	A	A	P	P	A	A	A	A	P	A	A	A	A

<b>IMPORTÂNCIA ACENTUADA SOB O ENFOQUE LOCAL</b>	<b>I - População residente de quirópteros</b>	<b>II - Constatação de uso da cavidade por aves silvestres como local de nidificação</b>	<b>III - Alta diversidade de substratos orgânicos</b>	<b>IV - Média riqueza de espécies</b>	<b>V - Média abundância relativa de espécies</b>	<b>VI - Constatação de uso da cavidade por espécies migratórias</b>	<b>VII - Presença de singularidade dos elementos faunísticos da cavidade sob enfoque local</b>	<b>VIII - Presença de estrutura geológica de interesse científico</b>	<b>IX - Presença de registros paleontológicos</b>	<b>X - Reconhecimento local do valor estético/cênico da cavidade</b>	<b>XI - Visitação pública sistemática na cavidade, com abrangência local</b>	<b>XII - Presença de água de percolação ou condensação com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo</b>	<b>XIII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo</b>
<b>VG-07</b>	A	A	P	P	P	A	A	A	P	A	A	A	A
<b>Jatobá</b>	A	A	P	P	P	A	A	A	A	P	A	A	A

Legenda: P=presente; A=ausente.

Fonte: Brandt, 2012b; Brandt 2013. Alterado: IC Ambiental, 2015.

### 8.6.1.2.3.2. Importância significativa

Para cada uma das cavidades em análise, cada um dos atributos a ser considerado na classificação da cavidade como de importância significativa sob o enfoque local é avaliado como presente (P) ou ausente (A), sendo usado de forma a consolidar tais dados o quadro resumo (Quadro 8.48). A constatação da presença de quaisquer desses atributos já classifica a cavidade nessa categoria.

Em relação à espeleometria, apenas a cavidade VG-01 não apresentou atributos espeleométricos de importância significativa sob o enfoque local.

Para a baixa diversidade de substratos orgânicos foram consideradas as cavidades com menos de quatro recursos orgânicos: CM-01, CM-03, CM-04, CM-07, CM-19, CM-22, CM-23, CM-24, CM-26 e VG-01.

Os valores de riqueza absoluta de espécies para as cavidades foram obtidos considerando o número de morfoespécies de invertebrados e vertebrados registrados. A média da riqueza absoluta e o respectivo desvio padrão ( $28,59 \pm 12,26$  espécies para o Complexo Minerário -  $19,25 \pm 7,42$  para o Vale dos Gigantes) foram utilizados como base para fim de classificação das riquezas das cavidades em alta, média e baixa. Foi considerada riqueza baixa aquela menor que a [média - desvio padrão] (menos de 16,33 espécies para o Complexo Minerário – menos 11,83 espécies para o Vale dos Gigantes), observada para as cavidades: CM-05, CM-06, CM-11, CM-13, CM-24 e VG-04.

Os resultados de abundância relativa, considerando espécies maiores de 1 cm, indicaram relevância baixa (menos de 10%) para as cavernas CM-13 e CM-16.

Quanto à presença de singularidade dos elementos faunísticos sob o enfoque local, a Caverna CM-08 destaca-se pela riqueza alta.

**Quadro 8.48 - Quadro resumo dos atributos considerados na classificação das cavidades como de importância significativa sob o enfoque local**

IMPORTÂNCIA SIGNIFICATIVA SOB O ENFOQUE LOCAL													
	I - Baixa diversidade de substratos orgânicos	II - Baixa riqueza de espécies	III - Baixa abundância relativa de espécies	IV - Presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque local	V - Média projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1o do art. 14, desta Instrução Normativa	VI - Média área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1o do art. 14, desta Instrução Normativa	VII - Alto desnível da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1o do art. 14, desta Instrução Normativa	VIII - Médio volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1o do art. 14, desta Instrução Normativa	IX - Poucos tipos de espeleotemas e processos de deposição em termos de diversidade de sedimentação química	X - Uso esporádico ou casual para fins educacionais, recreativos ou esportivos	XI - Visitação pública esporádica ou casual na cavidade	XII - Presença de água de percolação ou condensação com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XIII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo
CM-01	P	A	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A
CM-02	A	A	A	A	A	A	P	P	A	A	A	A	A
CM-03	P	A	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A
CM-04	P	A	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A
CM-05	A	P	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A
CM-06	A	P	A	A	P	P	P	A	A	A	A	A	A
CM-07	P	A	A	A	P	P	P	A	A	A	A	A	A
CM-08	A	A	A	P	A	A	P	A	A	A	A	A	A
CM-09	A	A	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A
CM-10	A	A	A	A	A	A	P	P	A	A	A	A	A
CM-11	A	P	A	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A
CM-12	A	A	A	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A

IMPORTÂNCIA SIGNIFICATIVA SOB O ENFOQUE LOCAL														
	I - Baixa diversidade de substratos orgânicos	II - Baixa riqueza de espécies	III - Baixa abundância relativa de espécies	IV - Presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque local	V - Média projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1o do art. 14, desta Instrução Normativa	VI - Média área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1o do art. 14, desta Instrução Normativa	VII - Alto desnível da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1o do art. 14, desta Instrução Normativa	VIII - Médio volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1o do art. 14, desta Instrução Normativa	IX - Poucos tipos de espeleotemas e processos de deposição em termos de diversidade de sedimentação química	X - Uso esporádico ou casual para fins educacionais, recreativos ou esportivos	XI - Visitação pública esporádica ou casual na cavidade	XII - Presença de água de percolação ou condensação com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XIII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	
CM-13	A	P	P	A	P	P	P	P	P	A	A	A	A	
CM-14	A	A	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	
CM-15	A	A	A	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	
CM-16	A	A	P	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	
CM-17	A	A	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	
CM-18	A	A	A	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	
CM-19	P	A	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	
CM-20	A	A	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	
CM-21	A	A	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	
CM-22	P	A	A	A	P	P	P	A	A	A	A	A	A	
CM-23	P	A	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	
CM-24	P	P	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	
CM-25	A	A	A	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	
CM-26	P	A	A	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	

IMPORTÂNCIA SIGNIFICATIVA SOB O ENFOQUE LOCAL														
	I - Baixa diversidade de substratos orgânicos	II - Baixa riqueza de espécies	III - Baixa abundância relativa de espécies	IV - Presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque local	V - Média projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1o do art. 14, desta Instrução Normativa	VI - Média área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1o do art. 14, desta Instrução Normativa	VII - Alto desnível da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1o do art. 14, desta Instrução Normativa	VIII - Médio volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1o do art. 14, desta Instrução Normativa	IX - Poucos tipos de espeleotemas e processos de deposição em termos de diversidade de sedimentação química	X - Uso esporádico ou casual para fins educacionais, recreativos ou esportivos	XI - Visitação pública esporádica ou casual na cavidade	XII - Presença de água de percolação ou condensação com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XIII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	
CM-27	A	A	A	A	P	P	A	P	P	A	A	A	A	
VG-01	P	A	A	A	A	A	A	A	P	A	A	A	A	
VG-02	A	A	A	A	P	A	A	A	P	A	A	A	A	
VG-03	A	A	A	A	A	A	P	A	P	A	A	A	A	
VG-04	A	P	A	A	P	P	P	P	P	A	A	A	A	
VG-05	A	A	A	A	P	P	P	P	P	A	A	A	A	
VG-06	A	A	A	A	A	P	P	P	P	A	A	A	A	
VG-07	A	A	A	A	P	A	A	P	P	A	A	A	A	
Jatobá	A	A	A	A	P	A	A	P	P	A	A	A	A	

Legenda: P=presente; A=ausente.

Fonte: Brandt, 2012b; Brandt 2013. Alterado: IC Ambiental, 2015.

### 8.6.1.2.3.3. Importância baixa

A cavidade será considerada de Importância Baixa sob o Enfoque Local quando a configuração de atributos não for considerada de importância acentuada ou significativa (artigo 11 da IN/MMA 02/2009).

### 8.6.2. Resumo da valoração das cavidades

O Quadro 8.49 a seguir apresenta a síntese final da relevância das cavernas do Complexo Minerário (Bloco 8), assim como das cavernas do Vale dos Gigantes. No Anexo 14 é apresentada a localização das cavernas.

**Quadro 8.49 - Síntese da relevância das cavernas**

Denominação	Relevância	Atributos que definiram a relevância
Caverna CM-01	MÁXIMA	Habitat essencial para preservação de populações geneticamente viáveis de espécies de troglóbios endêmicos ou relictos; Habitat de troglóbio raro.
Caverna CM-08	MÁXIMA	Habitat essencial para preservação de populações geneticamente viáveis de espécies de troglóbios endêmicos ou relictos; Habitat de troglóbio raro.
Caverna CM-10	MÁXIMA	Destacada relevância histórico-cultural ou religiosa: há vestígios arqueológicos nessa cavidade (pinturas rupestres), o que a torna de relevância máxima. Contudo, o programa de prospecção e resgate, a ser validado pelo IPHAN, prevê ações de salvaguarda do patrimônio. Caso a iniciativa venha a ser aprovada pelo órgão competente, será necessário rever a valoração dessa cavidade.
Caverna VG-03	MÁXIMA	Destacada relevância histórico-cultural ou religiosa.
Caverna VG-06	MÁXIMA	Abrigo essencial para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies animais em risco de extinção, constantes em listas oficiais.
Caverna Jatobá	MÁXIMA	Destacada relevância histórico-cultural ou religiosa.
Caverna CM-02	(MÁXIMA*)	Destacada relevância histórico-cultural ou religiosa: presença de material lítico polido (a posição e a relação entre vestígio e cavidade deverá ser avaliada pela prospecção arqueológica, a ser aprovada e validada pelo IPHAN na próxima etapa do licenciamento ambiental). Caso o sítio possa ser resgatado, a valoração desse tópico específico será revista.
	ALTA	Alta projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica; Presença de táxons novos, presença de espécie rara; Constatação de uso da cavidade por aves silvestres como local de nidificação; Alta diversidade de substratos orgânicos; Média riqueza de espécies; Média riqueza de espécies.
Caverna CM-03	ALTA	Média riqueza de espécies; Média abundância relativa de espécies.
Caverna CM-04	ALTA	Constatação de uso da cavidade por aves silvestres como local de nidificação; Média riqueza de espécies; Média abundância relativa de espécies.
Caverna CM-05	ALTA	Alta abundância relativa de espécies; Alta diversidade de substratos orgânicos.
Caverna CM-06	ALTA	Alto volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica; Alta abundância relativa de espécies; Alta diversidade de substratos orgânicos.
Caverna CM-07	ALTA	Alta abundância relativa de espécies; Média riqueza de espécies.

Denominação	Relevância	Atributos que definiram a relevância
<b>Caverna CM-09</b>	ALTA	Constatação de uso da cavidade por aves silvestres como local de nidificação; Alta diversidade de substratos orgânicos; Média riqueza de espécies.
<b>Caverna CM-11</b>	ALTA	População residente de quirópteros; Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante atribuída ao grupo dos quirópteros por constituírem recurso importante para a fauna de invertebrados; Alta abundância relativa de espécies; Constatação de uso da cavidade por aves silvestres como local de nidificação; Alta diversidade de substratos orgânicos; Média abundância relativa de espécies.
<b>Caverna CM-12</b>	ALTA	Lago ou drenagem subterrânea perene com influência acentuada sobre os atributos da cavidade; Alta riqueza de espécies; Alta diversidade de substratos orgânicos; Média abundância relativa de espécies.
<b>Caverna CM-13</b>	ALTA	Alta diversidade de substratos orgânicos.
<b>Caverna CM-14</b>	ALTA	Alta abundância relativa de espécies; População residente de quirópteros; Alta diversidade de substratos orgânicos; Média riqueza de espécies.
<b>Caverna CM-15</b>	ALTA	Constatação de uso da cavidade por aves silvestres como local de nidificação; Alta diversidade de substratos orgânicos; Média abundância relativa de espécies; Média riqueza de espécies.
<b>Caverna CM-16</b>	ALTA	População residente de quirópteros; Alta diversidade de substratos orgânicos; Média riqueza de espécies; Média abundância relativa de espécies.
<b>Caverna CM-17</b>	ALTA	Alta diversidade de substratos orgânicos; Média riqueza de espécies; Média abundância relativa de espécies.
<b>Caverna CM-18</b>	ALTA	Lago ou drenagem subterrânea perene com influência acentuada sobre os atributos da cavidade; Alta diversidade de substratos orgânicos; Média riqueza de espécies; Média abundância relativa de espécies.
<b>Caverna CM-19</b>	ALTA	População residente de quirópteros; Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante atribuída ao grupo dos quirópteros por constituírem recurso importante para a fauna de invertebrados; Média riqueza de espécies.
<b>Caverna CM-20</b>	ALTA	População residente de quirópteros; Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante atribuída ao grupo dos quirópteros por constituírem recurso importante para a fauna de invertebrados; Alta abundância relativa de espécies; e singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque local; Alta diversidade de substratos orgânicos; Média riqueza de espécies.
<b>Caverna CM-21</b>	ALTA	População residente de quirópteros; Alta diversidade de substratos orgânicos; Média riqueza de espécies; Média abundância relativa de espécies.
<b>Caverna CM-22</b>	ALTA	Alta abundância relativa de espécies; Média riqueza de espécies.
<b>Caverna CM-23</b>	ALTA	Média riqueza de espécies; Média abundância relativa de espécies.
<b>Caverna CM-25</b>	ALTA	Alta diversidade de substratos orgânicos; Média riqueza de espécies.
<b>Caverna CM-26</b>	ALTA	Lago ou drenagem subterrânea perene com influência acentuada sobre os atributos da cavidade; Alta abundância relativa de espécies; Alta riqueza de espécies; Presença de troglóbios que não sejam considerados raros, endêmicos ou relictos; Presença de espécies troglomórficas.
<b>Caverna CM-27</b>	ALTA	Alta abundância relativa de espécies; Alta diversidade de substratos orgânicos; Média riqueza de espécies.
<b>Caverna VG-01</b>	ALTA	Alta riqueza de espécies; Alta abundância relativa de espécies.
<b>Caverna VG-02</b>	ALTA	Alta riqueza de espécies; Alta abundância relativa de espécies; Alta diversidade de substratos orgânicos; Presença de registros paleontológicos.
<b>Caverna VG-04</b>	ALTA	Alta abundância relativa de espécies; Alta diversidade de substratos

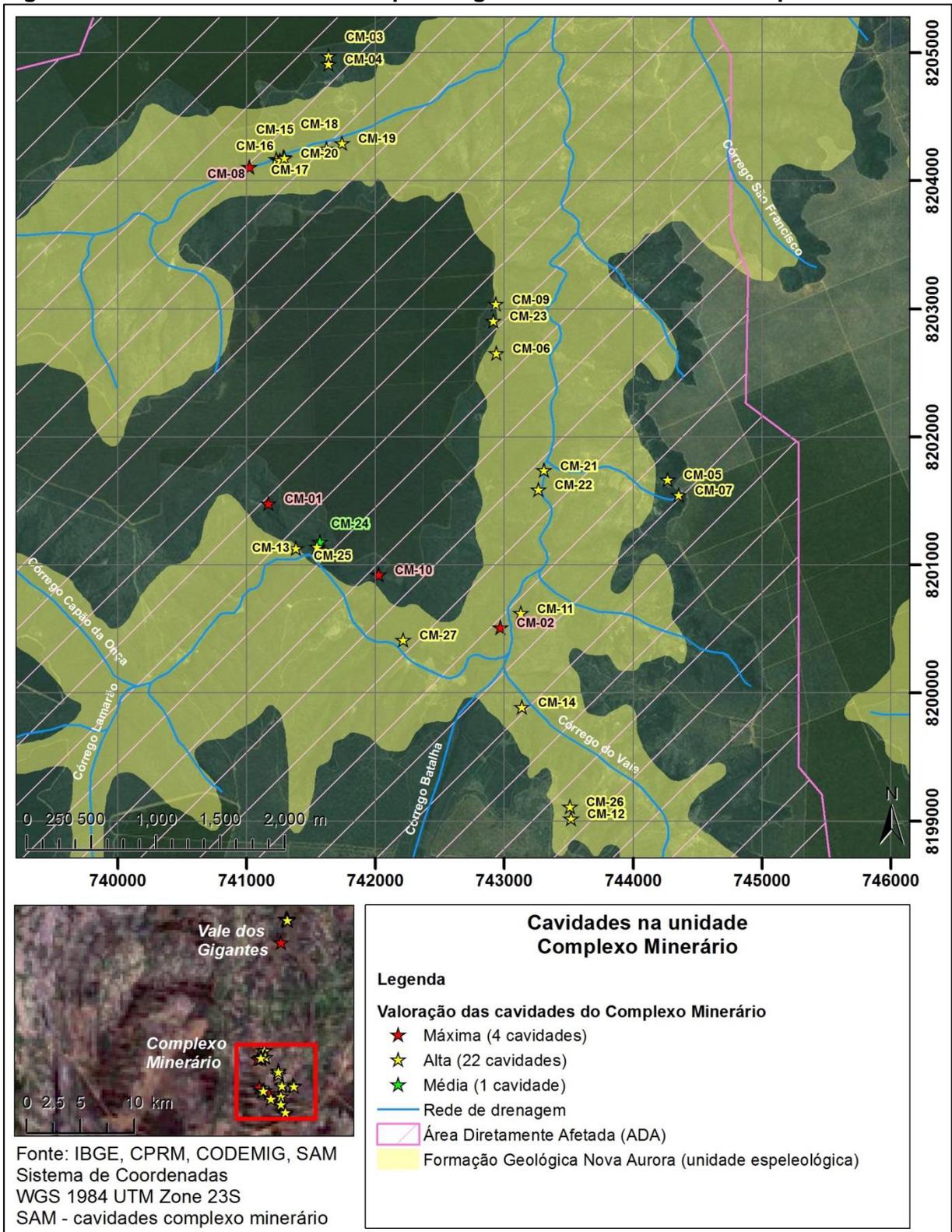
Denominação	Relevância	Atributos que definiram a relevância
		orgânicos; Presença de registros paleontológicos.
<b>Caverna VG-05</b>	ALTA	Alta abundância relativa de espécies; Alta diversidade de substratos orgânicos; Média riqueza de espécies; Presença de registros paleontológicos.
<b>Caverna VG-07</b>	ALTA	Alta diversidade de substratos orgânicos; Média abundância relativa de espécies Média riqueza de espécies; Presença de registros paleontológicos.
<b>Caverna CM-24</b>	MÉDIA	Média projeção horizontal, área da projeção horizontal e volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica e na mesma unidade geomorfológica; Baixa diversidade de substratos orgânicos; Baixa riqueza de espécies;

\*1 - A Caverna CM-02 seria classificada como de relevância Máxima pela presença de material lítico polido, mas possui relevância Alta para atributos físicos e bióticos. É importante salientar que as questões relativas a material arqueológico são tratadas no âmbito do IPHAN (Lei nº. 3924/61, Portaria 230, 2002). Assim, entende-se que nesse momento essa cavidade se mantenha na relevância Máxima, mas em caráter transitório, tendo em vista a realização das próximas fases dos estudos arqueológicos - prospecção e resgate. Em seguida, ela seria então classificada na categoria de relevância Alta. Na categoria Alta foi registrado táxon novo (opilião *Spaeleoleptes* sp.n.1) e conforme a IN 02, de 20 de agosto de 2009, são vetados impactos negativos irreversíveis em cavidades com ocorrência de táxons novos até que seja realizada a sua descrição científica formal.

### 8.6.3. Conclusões

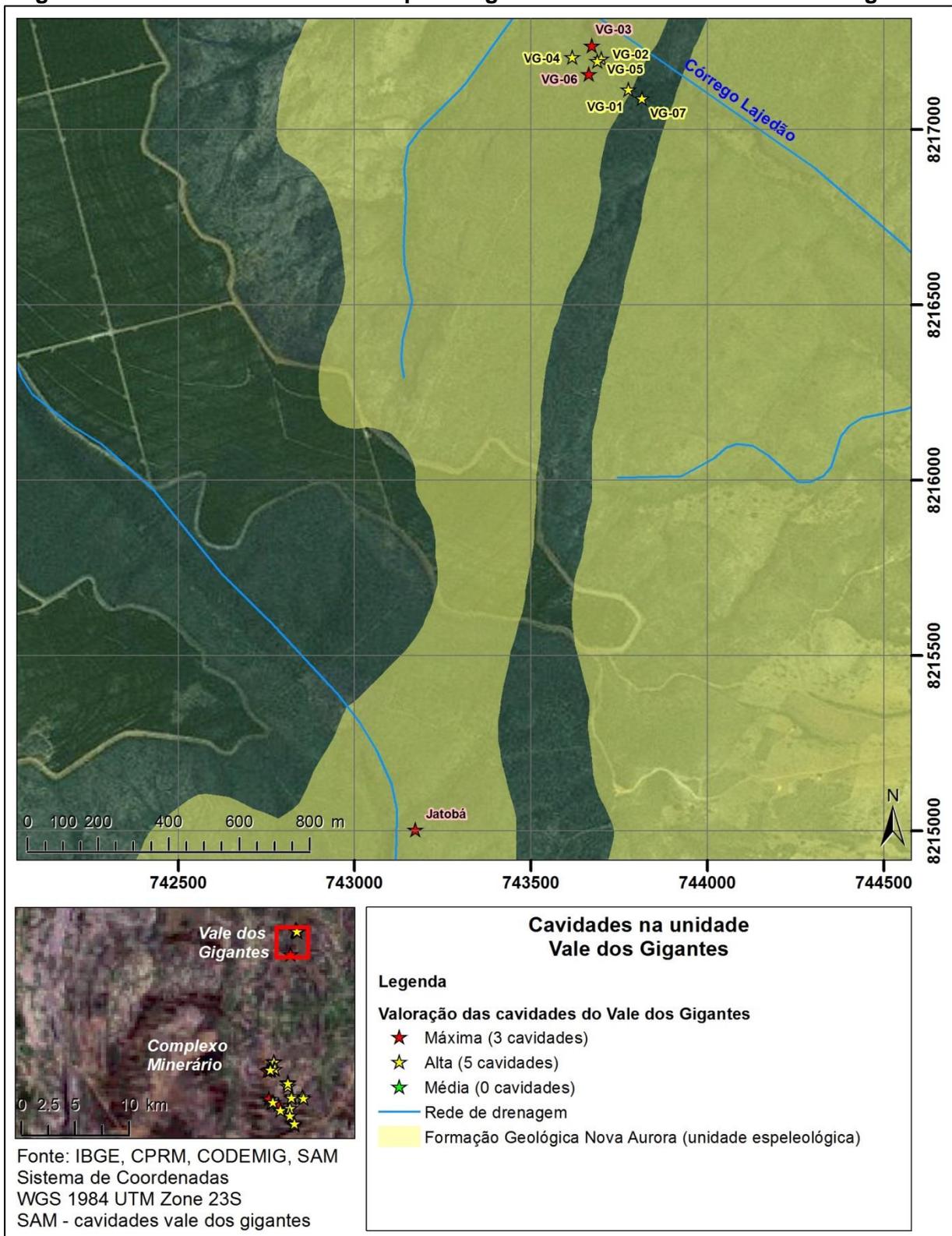
A análise final da classificação de relevância, considerando os atributos e a metodologia discriminados na IN 02, de 20 de agosto de 2009, para aspectos físicos, bióticos, histórico-culturais e religiosos concluiu que dentre as 35 cavernas analisadas no âmbito do complexo minerário (Bloco 8) e adutora, e no âmbito do Vale dos Gigantes, aete são de relevância Máxima (incluindo a CM-02), vinte e sete de relevância Alta e uma de relevância Média (Quadro 8.49 e Figuras 8.78 e 8.79).

**Figura 8.78 - Grau de Relevância Espeleológica das Cavernas do Complexo Minerário**



Fonte: IC Ambiental, 2015.

**Figura 8.79 - Grau de Relevância Espeleológica das Cavernas do Vale dos Gigantes**



Fonte: IC Ambiental, 2015.

Para fins de configuração da Unidade Regional estudou-se o universo de 36 cavidades para a bioespeleologia, arqueologia e geoespeleologia (Além das 35 cavidades que compõem o presente estudo, foi estudada, também, a Caverna do Mocarorô, que se trata de caverna em metadiamicrito localizada na Formação Nova Aurora.).

A Caverna CM-02 foi classificada como de relevância Máxima pela presença de material lítico polido, mas possui relevância Alta para atributos físicos e bióticos. Entende-se que nesse momento esta se mantenha na relevância Máxima, mas em um caráter transitório, tendo em vista a possibilidade de se fazer o resgate e salvamento arqueológico do material. Esse projeto será submetido ao IPHAN, para realização na próxima etapa do licenciamento ambiental, devendo-se aguardar manifestação do órgão. A partir desse cenário, ela seria então classificada na categoria de relevância Alta.

Quanto à caverna CM-10 o empreendedor assume o compromisso de dar continuidade aos estudos arqueológicos e paleontológicos, com o objetivo de apresentar seu grau de relevância final posteriormente, para o melhor conhecimento a respeito das paleotocas que ocorrem na região do complexo minerário. Tal fato se justifica pela presença regional de outras paleotocas. Ressalta-se que os primeiros resultados demonstraram que as outras paleotocas identificadas apresentam-se em melhor estado de preservação e, assim, a empresa assume o compromisso da realização dos novos estudos no âmbito regional, a fim de possibilitar a classificação da caverna CM-10 com maior embasamento científico. Por outro lado, o que leva a apresentação posterior da relevância final da caverna é a possibilidade de alteração de sua relevância em função do possível resgate tanto do patrimônio arqueológico encontrado nela, o que depende do aval do IPHAN, quanto paleontológico, o que deverá ocorrer mediante concordância do DNPM.

Quanto ao táxon *Entomobryidae sp.2*, o fato de ele ter sido identificado na Caverna CM-01 e nas cavernas Boca Soberba e Tocaia de Paca (que não compõem amostra regional, por não serem formadas em metadiamicrito) pode ser um indício da possibilidade de que essa espécie tenha distribuição mais ampla do que o identificado neste diagnóstico e conhecido até o momento. Caso essa hipótese venha a ser confirmada, mediante a realização futura de outros estudos técnico-científicos, a classificação ora apresentada dos troglóbios raros poderá ser revista, mantendo-se o preconizado na IN 02/2009.

Outras duas cavidades foram classificadas no presente estudo como sendo de relevância máxima por representarem sítios arqueológicos (VG-03 e Jatobá).

A cavidade VG-06 foi classificada como de máxima relevância por constituir abrigo essencial para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies animais em risco de extinção, constantes em listas oficiais.

As cavidades CM-10, VG-02, VG-03, VG-04, VG-05, VG-06 e VG-07 foram identificadas como paleotocas escavadas pela megafauna de mamíferos extintos, por conter vestígios de icnofósseis. Dado o indicativo da existência de várias paleotocas na região onde se insere o empreendimento é proposto que sejam realizados novos estudos paleontológicos por parte da Sul Americana de Metais S.A. em outras cavidades conhecidas na mesma unidade espeleológica e que tenham igualmente indicativo de se tratar de paleotocas, para que se possa determinar a relevância dessas cavidades segundo a IN MMA nº 2 / 2009, com maior embasamento técnico-científico.

De acordo com a referida legislação, as cavidades com grau de relevância máximo possuem conservação integral, ou seja, não podem ser objeto de impactos negativos. A utilização de uma cavidade classificada como de relevância máxima deverá fazer-se somente dentro de condições que assegurem a manutenção do seu equilíbrio físico e biológico. Essas cavidades, de grande interesse nacional, merecerão ações para sua proteção.

As cavidades classificadas como de relevância alta, média e baixa poderão ser objeto de impactos irreversíveis, através do processo de licenciamento ambiental (Art. 4 do Decreto 6640, de 7 de novembro de 2008).

Impactos irreversíveis em cavidades de relevância alta, no entanto, deverão ser compensados pelo empreendedor mediante a preservação de duas cavidades com o mesmo grau de relevância, de mesma litologia e com atributos similares à que sofreu o impacto, as quais passarão a ser consideradas cavidades testemunho, ou seja, de preservação permanente. As cavidades naturais subterrâneas com grau de relevância alta são aquelas cuja importância de seus atributos seja considerada acentuada sob enfoque local e regional, ou acentuada sob enfoque local e significativa sob enfoque regional.

As cavidades de relevância média que sofrerem impactos irreversíveis, por sua vez, merecerão por parte do empreendedor ações que contribuam para a conservação e o uso adequado do patrimônio espeleológico brasileiro. Essas ações serão definidas pelo órgão ambiental competente. A cavidade natural subterrânea com grau de relevância médio é aquela cuja importância de seus atributos seja considerada acentuada sob enfoque local e baixa sob enfoque regional, ou significativa sob enfoque local e regional.

A avaliação de impactos das atividades do empreendimento sobre as cavidades inventariadas é apresentada no Módulo 12 do EIA, ao passo que as medidas mitigadoras e os programas ambientais encontram-se descritos no Módulo 13.

Este estudo possibilitou a caracterização e descrição ambiental dos ecossistemas cavernícolas. Com novos estudos, poderá haver reavaliação da classificação de relevância, dessa forma, o aumento do conhecimento espeleológico dessas cavernas e de todo o Patrimônio Espeleológico da região onde estão inseridas pode alterar o quadro aqui apresentado.

A relevância de uma caverna pode sofrer modificações com o aporte de novas informações. Considerando que quanto maior a amostra de cavernas considerada, mais precisa será a análise de relevância, recomenda-se que sejam implementados estudos espeleológicos como neste caso de regiões ou litologias pouco conhecidas.

## 9. CAVIDADES IMPACTADAS E COMPENSAÇÃO ESPELEOLÓGICA

O Decreto Federal nº 99.556/1990, alterado pelo Decreto Federal nº 6.640/2008, dispõe, como forma de compensação espeleológica medidas distintas, a depender do grau de valoração espeleológica da cavidade a ser impactada negativamente de forma irreversível.

De acordo com o decreto, entende-se por impacto negativo irreversível, aquele impacto capaz de infligir danos à integridade física e/ou à manutenção do equilíbrio ecológico, tanto da cavidade, como de sua área de influência.

Seguindo o decreto, não há compensação espeleológica para cavidade de baixa relevância (artigo 4º, parágrafo 5º) nem para de máxima relevância, uma vez que esta última, bem como sua área de influência, não pode ser suprimida/impactada (artigo 3º).

Para cavidades de média relevância espeleológica, o empreendedor deve adotar medidas e financiar ações, nos termos definidos pelo órgão ambiental competente, que contribuam para a conservação e o uso adequado do patrimônio espeleológico brasileiro, especialmente das cavidades naturais subterrâneas com grau de relevância máximo e alto (artigo 4º, parágrafo 4º).

Já para cavidades de alta relevância, o empreendedor deve adotar, como condição para o licenciamento ambiental, medidas e ações para assegurar a preservação, em caráter permanente, de duas cavidades naturais subterrâneas, com o mesmo grau de relevância, de mesma litologia e com atributos similares à que sofreu o impacto (artigo 4º, parágrafos 1º e 2º).

Ressalta-se, que, não havendo na área do empreendimento outras cavidades representativas que possam ser preservadas sob a forma de cavidades testemunho, o Instituto Chico Mendes poderá ser provocado para definir, de comum acordo com o empreendedor, outras formas de compensação, previstas na Instrução Normativa ICMBio nº 30/2012 (artigo 4º, parágrafo 3º).

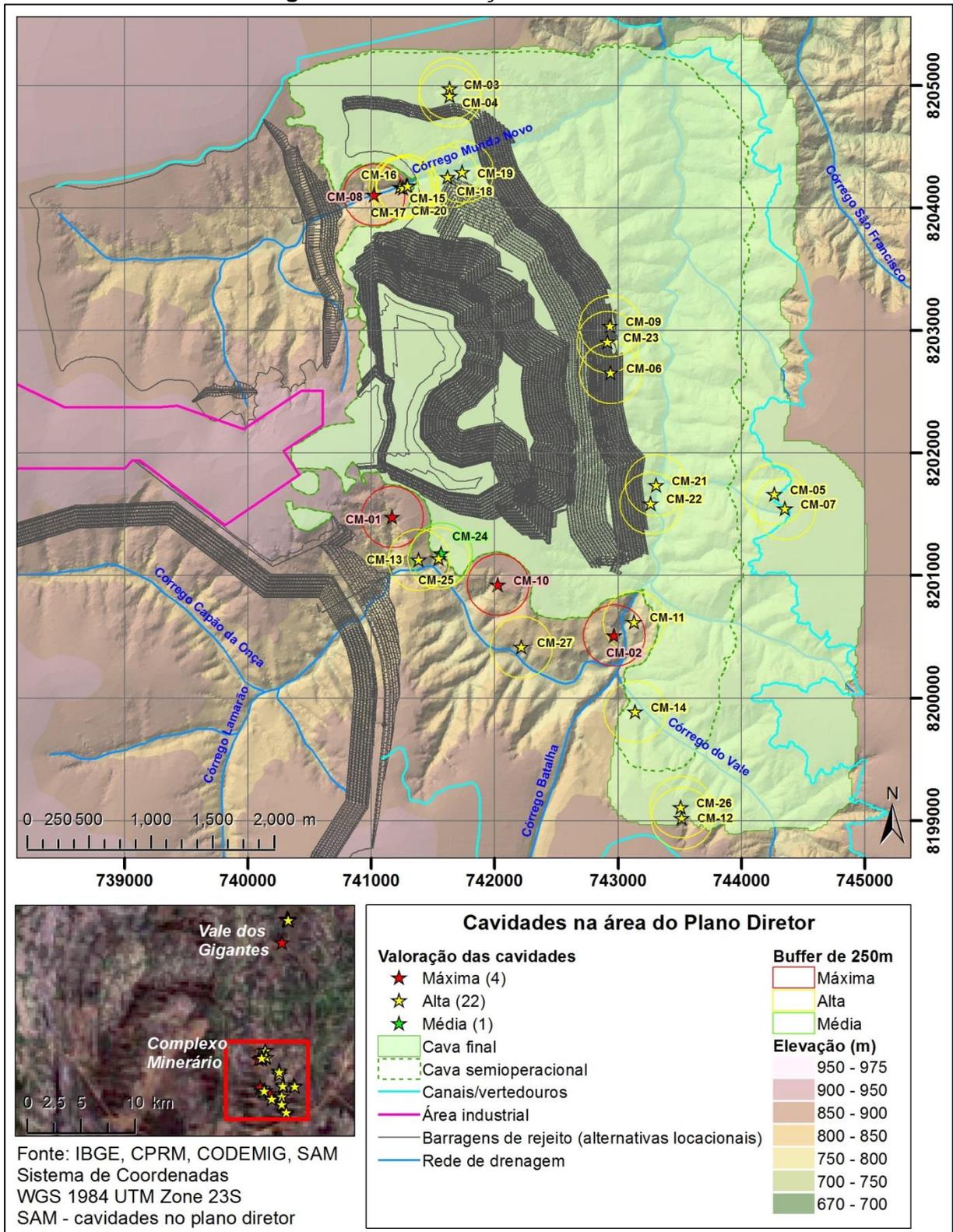
Desta forma, no presente capítulo serão apresentadas as cavidades naturais subterrâneas que serão impactadas pelo empreendimento da SAM, bem como as devidas propostas de compensação espeleológica, pela supressão/ impacto negativo irreversível destas cavidades.

### 9.1. Cavidades Impactadas

No entorno do Complexo Minerário do Projeto Vale do Rio Pardo se localizam 27 cavidades naturais subterrâneas, sendo 4 delas valoradas como de máxima relevância, 22 como de alta e apenas uma valorada como de média relevância.

A localização destas cavidades pode ser observada na Figura 9.1, a seguir:

Figura 9.1 - Localização das cavidades



Fonte: IC Ambiental, 2015.

Conforme o demonstrado na figura acima, as cavidades se apresentam inseridas de forma mais concentrada na borda sudoeste da cava e inseridas ao noroeste e centro-leste da cava.

Ressalta-se que o Plano Diretor do Complexo Minerário foi readequado, considerando a manutenção das quatro cavidades de máxima relevância localizadas no entorno das estruturas do Complexo Minerário, preservando-se o *buffer* de 250 metros destas cavidades.

Para fins de definição das cavidades que serão impactadas pelo empreendimento minerário, as mesmas foram agrupadas da seguinte forma:

- 1º: Cavidades **não impactadas**, cujo *buffer* de 250 metros **não sofrerá** interferência das estruturas previstas no Plano Diretor do empreendimento;
- 2º: Cavidades **inseridas** em áreas previstas para as estruturas contidas no Plano Diretor do empreendimento;
- 3º: Cavidades **não inseridas** em áreas previstas para as estruturas contidas no Plano Diretor do empreendimento, mas cuja área de influência provisória **sofrerá** interferência destas estruturas.

### 1º Grupo

As cavidades cujo *buffer* de 250 metros não sofre interferência das estruturas previstas no Plano Diretor do empreendimento são consideradas protegidas, conforme Resolução CONAMA nº 347/2004, que determina este *buffer* como área de influência provisória, até que a área de influência definitiva seja efetivada pelo órgão ambiental competente, e desde que sejam adotadas medidas de controle e monitoramento das ações antrópicas, potencialmente causadores de impacto nestas cavidades.

Constituem este grupo as seguintes cavidades (Quadro 9.1):

**Quadro 9.1 - Cavidades consideradas protegidas**

Cavidade	Relevância Espeleológica
CM-01	Máxima
CM-02	Máxima
CM-08	Máxima
CM-10	Máxima
CM-27	Alta

Fonte: IC Ambiental, 2015.

### 2º Grupo

As cavidades inseridas em áreas previstas para as estruturas contidas no Plano Diretor do empreendimento são consideradas impactadas negativamente de forma irreversível, uma vez que a instalação das estruturas previstas no Plano Diretor implica na completa supressão destas cavidades.

Constituem este grupo as seguintes cavidades (Quadro 9.2):

**Quadro 9.2 - Cavidades consideradas suprimidas**

Cavidade	Relevância Espeleológica
CM-03	Alta
CM-04	Alta
CM-05	Alta
CM-06	Alta
CM-07	Alta
CM-09	Alta
CM-12	Alta
CM-14	Alta
CM-18	Alta
CM-19	Alta
CM-21	Alta
CM-22	Alta
CM-23	Alta
CM-24	Média
CM-26	Alta

Fonte: IC Ambiental, 2015.

### 3º Grupo

As cavidades não inseridas em áreas previstas para as estruturas contidas no Plano Diretor do empreendimento, mas cuja área de influência provisória sofre interferência destas estruturas, foram divididas em dois subgrupos.

O primeiro subgrupo é composto somente pela cavidade CM-25, que se localiza à pequena distância (10 metros) do limite da cava estabelecida no Plano Diretor (Quadro 9.3).

**Quadro 9.3 - Cavidade considerada impactada**

Cavidade	Relevância Espeleológica	Distância mínima às estruturas do empreendimento
CM-25	Alta	10 metros

Fonte: IC Ambiental, 2015.

Devido a esta pequena distância, é impossível assegurar a manutenção da integridade física e o equilíbrio ecológico desta cavidade. Por este motivo, a cavidade CM-25 é considerada impactada negativamente de forma irreversível, mesmo que não ocorra a sua supressão pela instalação ou operação do empreendimento.

O segundo subgrupo, é composto por seis cavidades, que se localizam a distâncias superiores (Quadro 9.4)

**Quadro 9.4 - Cavidades consideradas protegidas, desde que sejam adotadas medidas de controle e monitoramento**

Cavidade	Relevância Espeleológica	Distância mínima às estruturas do empreendimento
CM-11	Alta	170 metros
CM-13	Alta	125 metros
CM-15	Alta	55 metros
CM-16	Alta	100 metros
CM-17	Alta	70 metros
CM-20	Alta	45 metros

Fonte: IC Ambiental, 2015.

Estas cavidades localizadas a partir de 50 metros podem ser consideradas protegidas, desde que sejam adotadas medidas de controle e monitoramento das ações antrópicas previstas dentro do *buffer* de 250 metros destas cavidades.

Por se localizarem a distâncias inferiores aos 250 metros estabelecidos pela Resolução Conama nº 347/2004, deve se assegurada a manutenção do estado atual de conservação; da dinâmica hídrica; da dinâmica evolutiva; e da manutenção da dinâmica biológica destas cavidades.

Para isto, é proposto que seja realizado um monitoramento com o objetivo de subsidiar estratégias do planejamento operacional de atividades de mineração na adjacência de áreas com presença de cavidades naturais subterrâneas, de forma a garantir a integridade física e a manutenção do equilíbrio ecológico das cavidades monitoradas, concomitantemente à execução do plano de lavra inerente à atividade minerária.

### 9.1.1. Metodologia Proposta para o Monitoramento de Cavidades

A metodologia proposta tem como premissas o monitoramento dinâmico e ativo, embasado nos conceitos do desenvolvimento sustentável. Integra esta metodologia seu constante aprimoramento, seguindo-se, também, princípios de aprendizagem e melhoria contínua, ilustrados pelo ciclo PDCA conforme Figura 9.2.

Figura 9.2: Ciclo PDCA



Fonte: IC Ambiental, 2015.

Assim, norteando o objetivo principal já mencionado, são traçados os seguintes objetivos específicos:

- Monitorar aspectos físicos suficientes para a compreensão da condição de estabilidade geotécnica das cavidades;
- Monitorar os aspectos biológicos que garantam a manutenção da dinâmica biológica destas cavidades.
- Fornecer ferramentas para a gestão dos riscos à estabilidade das cavidades, viabilizando um planejamento estratégico das atividades minerárias do entorno;

A metodologia proposta para o monitoramento desenvolvida possui como diretriz principal o caráter preventivo, precavido e antecipatório em relação aos riscos que representam potencialidades de iminência de impactos nas cavidades monitoradas. Ou seja, o escopo metodológico do monitoramento proposto não é apenas para prevenir o impacto, mas, antes disto, e também, promover a gestão preventiva dos riscos que potencializam a iminência do impacto, de maneira a garantir com maior segurança que este não ocorra. A importância desta abordagem está no fato de viabilizar ações preventivas, por parte da atividade minerária, que sejam mais assertivas e eficientes no sentido da manutenção da integridade física das cavidades.

Outra premissa importante da metodologia do monitoramento proposto remete ao objetivo já anunciado, que é de um monitoramento dinâmico e ativo. “Dinâmico” no sentido de o monitoramento estar em constante evolução e adequação, pois, à medida que as singularidades que caracterizam o ambiente monitorado são identificadas, o monitoramento deve sempre perseguir melhorias em sua análise, de forma a estar sempre específico e adequado às estruturas monitoradas. “Ativo” no sentido de prover ferramentas (gráficos, indicadores, análises, e etc.) que viabilizem a melhoria contínua de ações preventivas que mantenham a integridade física das cavidades monitoradas, ou seja, “ativo” por atuar, mesmo que indiretamente, no objeto monitorado.

O conceito metodológico técnico característico do Monitoramento está em avaliar as prováveis interferências na estrutura física das cavidades promovidas por perturbações produzidas pela atividade operacional da lavra de minério de ferro integrado às variáveis naturais. Tais interferências são medidas pelos equipamentos do monitoramento estático cujos dados levantados subsidiam a construção de gráficos que representam a evolução das interferências nas estruturas físicas da cavidade. Aliando esta avaliação ao monitoramento bioespeleológico e à inspeção visual da cavidade, consegue-se identificar, de forma preventiva, os riscos de ocorrência de efeitos que venham a ocasionar impactos às cavidades.

### 9.1.1.1. Objetivos do Monitoramento

Constitui objeto do monitoramento proposto:

#### a. Objetivo Central

- Subsidiar estratégias do planejamento operacional da atividade minerária da Mina da Sul Americana de Metais S/A, de forma a garantir a permanente integridade física e o equilíbrio ecológico das cavidades naturais subterrâneas de máxima e alta relevância, concomitante à execução do plano de lavra (*Conforme o Decreto 99.556, de 1990, alterado pelo Decreto 6.640, de 2008: art. § 1º, § 3º, § 4º*).

#### b. Objetivos Gerais

- Instalar instrumentos geotécnicos em cavidades naturais previamente valoradas que compõem o conjunto de cavidades que serão preservadas no entorno da Mina;
- Identificar os padrões de Velocidade de Partículas (Vp) por processos operacionais nas fases de instalação, operação e desativação;
- Orientar os setores responsáveis pelo planejamento da implantação quanto aos impactos sísmicos inerentes a esta atividade, e formas de mitigação, quando identificado à necessidade, com vistas a garantir a integridade das cavidades naturais;
- Orientar o setor responsável pelo planejamento de lavra quanto aos impactos sísmicos inerentes à operação/execução desta atividade, em especial orientação ao plano de fogo, e formas de mitigação.
- Monitorar os resultados obtidos.

#### c. Objetivos Específicos

- Determinar os equipamentos específicos para o monitoramento físico das cavidades selecionadas;
- Orientar o planejamento de lavra quanto ao plano de fogo de forma a garantir a integridade das cavidades durante a operação da atividade minerária;
- Obter dados técnicos que contribuam para garantir integralmente a preservação das cavernas de máxima relevância presentes na área do empreendimento durante as atividades de instalação, operação e desativação;
- Obter dados técnicos referentes a possíveis alterações físicas/estruturais relacionados às cavernas;
- Informar permanentemente sobre a eficácia do monitoramento das medidas de controle em curso;

- Orientar quando identificado necessário medidas de adequações aos processos das atividades do empreendimento;
- Criar um registro sistematizado das condições físicas e biológicas das cavernas nas diferentes fases do empreendimento.

### 9.1.1.2. Metodologia

#### a. Monitoramento Estático e Visual da Integridade Física

##### Monitoramento sismográfico

O monitoramento sismográfico será feito por sismógrafo de engenharia e deverá avaliar os riscos sísmicos a partir das velocidades de partículas ( $V_p$ ) por minuto, advindos dos processos inerentes às atividades de instalação e operação do empreendimento, em especial, a atividade de lavra.

A periodicidade do monitoramento se dará inicialmente de forma semanal e depois quinzenalmente, balizados pelas Normas Reguladoras de Mineração (NRM), em especial a NRM 16 – “Operação com explosivos e acessórios”.

O permanente monitoramento e sua evolução fornecerão indicações técnicas importantes sobre o comportamento do maciço rochoso e tipos de deformações. Estas informações serão precisas à identificação dos prováveis impactos advindos das atividades do empreendimento em suas fases, subsidiando de forma estratégica tomadas de decisões com vistas a eliminar impactos nas estruturas das cavidades.

##### Equipamentos para Instrumentação

Através da análise de dezenas de instrumentos de geotecnia já consagrados e utilizados no monitoramento de grandes obras de engenharia do país, foram previamente selecionados seis equipamentos para a realização da instrumentação de monitoramento. Os equipamentos foram escolhidos por sua versatilidade, eficiência, robustez, menor impacto ambiental na instalação e precisão no momento do recolhimento dos dados. Os instrumentos de monitoramento geotécnicos serão definidos de forma individual de acordo com as condições de dimensão, localização, proximidade da cava e fragilidade física das cavidades.

##### Medidor de Convergência a Laser

Este equipamento foi projetado para medir distâncias de até 30 metros usando tecnologia Laser. Trata-se de um distanciômetro acoplado num dispositivo que permite fixar no piso e é destinado para medir movimentos de paredes e cavidade de túneis. Pela sua conveniência permite realizarmos grandes números de leituras e locais, de modo a termos uma visão global da cavidade com rapidez. A Foto 9.1 mostra o equipamento. Sua precisão é de 1,0 milímetro.



Foto 9.1 - Medidor de Convergência a Laser.  
Fonte: IC Ambiental, 2015.

### Medidor de Convergência Mecânico

O Medidor de Convergência é constituído por um fio de aço Invar associado em série com um tensímetro, sendo as leituras realizadas entre bases chumbadas na rocha. Nos locais em que se tem algumas condições específicas da cavidade e que se necessita de melhor precisão, é utilizado este instrumento em que o deslocamento é medido com paquímetro digital, com precisão 0,1 milímetros. A Foto 9.2 mostra o equipamento de medição.



Foto 9.2 - Medidor de Convergência Mecânico.  
Fonte: IC Ambiental, 2015.

### Medidor de Descontinuidade Triortogonal

Este equipamento é utilizado para a observação da abertura e fechamento de fendas, juntas, falhas e fraturas do maciço na sua movimentação espacial. Consiste em duas peças de inox combinadas, dotadas de braços orientados em três direções ortogonais. Os equipamentos são moveis, ficando somente os pinos chumbados e embutidos. Sua leitura será realizada com micrômetro e a precisão será de 0,01 milímetros. A Foto 9.3 apresenta um dos modelos do instrumento.

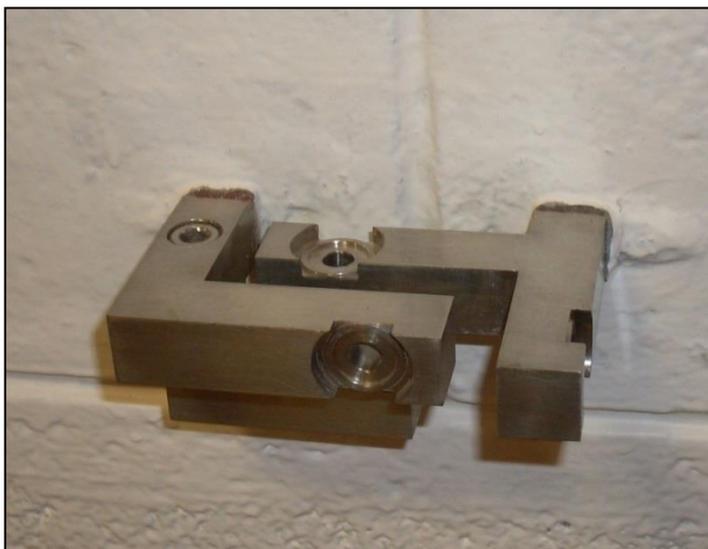


Foto 9.3 - Medidor de Descontinuidade Triortogonal.  
Fonte: IC Ambiental, 2015.

### Medidor de Descontinuidade Biortogonal

Este equipamento é versátil e de fácil instalação, podendo assim ser implantado em muitos locais. A leitura da movimentação ocorre no plano perpendicular à junta, portanto, bidirecional, sendo a leitura realizada com paquímetro digital com precisão de 0,01 milímetros. Caso se observe a movimentação poderá se implantar o medidor triortogonal.

### Alongômetro Externo de Haste

O Alongômetro é um tipo de extensômetro que foi desenvolvido para observações de deformações superficiais. É constituída por hastes telescópicas que se apoiam, durante a realização das leituras em bases especiais chumbadas na rocha. Sua leitura será realizada com paquímetro digital e sensibilidade de leitura de 0,5 milímetros. A Foto 9.4 apresenta o equipamento.



Foto 9.4 - Alongômetro Externo de Haste.  
Fonte: IC Ambiental, 2015.

### Pêndulo Direto

Algumas das feições geológicas são compostas por grandes blocos inclinados ou mesmo taludes negativos, que para suas observações serão implantados pêndulos, conforme Foto 9.5, que consiste em um fio de prumo cuja extremidade superior é fixada a uma base e a inferior a um peso. Permitirão acompanhar a inclinação das paredes. As leituras serão realizadas com paquímetro digital e a sensibilidade do conjunto será de 0,5 milímetros.

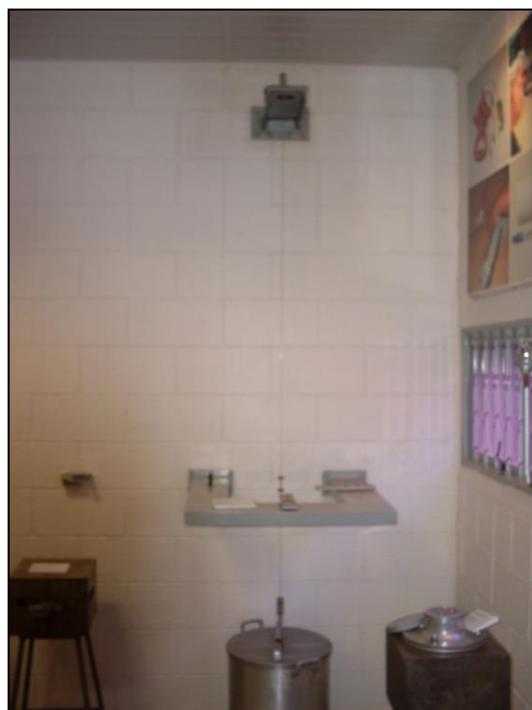


Foto 9.5 - Pêndulo Direto.  
Fonte: IC Ambiental, 2015.

### **Visitas técnicas de monitoramento estático**

As visitas técnicas de inspeção, realizada por uma equipe responsável pelo patrimônio espeleológico, deverão ocorrer periodicamente registrando os dados levantados pelos equipamentos instalados, às condições físicas/estruturais das cavidades naturais e os impactos, quando estes existirem.

Os registros deverão ser realizados em fichas padronizadas e um banco de dados será criado, por equipe técnica especializada, de maneira a garantir o arquivamento sistematizado das informações e sua análise por especialista.

### **Leitura da Instrumentação**

A leitura da instrumentação se dará em periodicidade semanal ao longo dos dois primeiros meses, após este período será realizada análise dos dados podendo alterar sua periodicidade para quinzenalmente.

### **Monitoramento fotográfico**

O monitoramento fotográfico ocorrerá periodicamente concomitante a visita técnica de inspeção e deverá registrar as principais feições geomorfológicas das cavernas. O mesmo deverá ser elaborado por uma equipe técnica especializada, que estabelecerá os objetos de interesse a serem fotografados em cada caverna, a quantidade de registros a serem realizadas e a periodicidade dos ensaios.

Cada ponto de registro dentro de uma caverna deverá ser representado na planta topográfica da mesma. Também deverá ser registrado o posicionamento do equipamento fotográfico, contemplando o azimute médio do plano de enquadramento e a altura que o equipamento foi montado sobre o tripé.

### **Tratamento dos Dados**

Os dados coletados da leitura da instrumentação geológica serão analisados e interpretados pelos profissionais da equipe técnica, que imediatamente processarão estas informações de modo a se gerar gráficos atualizados que indicarão o desempenho da instrumentação e o comportamento do maciço frente à metodologia executiva adotada.

### **Relatório técnico de monitoramento estático**

A evolução das leituras destes instrumentos descritos fornecerão indicações importantes sobre o comportamento do maciço rochoso e tipos de deformações, fornecendo informações precisas para tomadas de decisões e sugerir eventuais melhorias e/ou modificações, visando identificar anomalias significativas que possam colocar em risco a estabilidade das cavidades. Serão emitidos relatórios que conterão as principais

ocorrências do período e, quando necessário, orientações a SAM para as medidas de adequação.

## **b. Monitoramento Bioespeleológico**

### **Método de procura/captura ativa**

A procura ativa envolve a busca na maior diversidade possível de ambientes encontrados no interior da caverna, por exemplo, no substrato rochoso, nos bancos de sedimento, em depósitos de guano e associados a detritos vegetais e raízes. Os espécimes invertebrados serão capturados manualmente, com o auxílio de pincel e pinças. Para as espécies troglóbias, será capturado um número restrito de exemplares, somente para avaliação da continuidade da sua presença, de forma a não haver impactos negativos do próprio monitoramento.

Também será utilizada marcação de algum grupo a ser selecionado, de acordo com a fauna de cada cavidade a ser monitorada para avaliação de possíveis diminuições ou aumentos bruscos nas populações pré-existentes, causadas pela instalação e operação do empreendimento.

Para análise da quiropterofauna cavernícola, serão realizadas capturas com pulças e redes de neblina. Os indivíduos serão anilhados e soltos. As espécies não identificadas serão coletadas com um número máximo de um indivíduo por sexo, por espécie.

Informações adicionais obtidas para os organismos serão registradas, tais como: substrato, zonação, distribuição espacial, número de indivíduos e eventuais comportamentos e interações ecológicas observadas durante o monitoramento.

Este monitoramento deve iniciar na fase de pré-instalação do empreendimento, continuando também na fase de desativação, a princípio com duas campanhas por ano, uma na estação seca e outra na chuvosa, sendo a periodicidade posteriormente reavaliada com base nos resultados obtidos.

Previamente ao início da execução do monitoramento deverá ser solicitado ao IBAMA autorização referente às coletas e transporte de invertebrados para as instituições de pesquisa.

O Monitoramento Bioespeleológico tem como objetivo monitorar a fauna cavernícola, com o intuito de diagnosticar possíveis alterações nas comunidades ao longo do tempo decorrentes das atividades do empreendimento. A avaliação das comunidades se dá pelo monitoramento de parâmetros populacionais sensíveis aos impactos antrópicos e naturais, como a variação na abundância e ocorrência das espécies, além dos valores de riqueza, diversidade, entre outros. A detecção destas mudanças nos permite inferir as principais características da comunidade que devem ser mantidas para a manutenção da integridade estrutural e biológica do meio.

Os resultados deste monitoramento servirão de base para futuras atividades de manejo e conservação, incluindo o estabelecimento de parâmetros para minimizar os impactos

adversos das atividades de implantação, operação e desativação do empreendimento, sobre a fauna cavernícola.

#### 9.1.1.4. Cavidades Selecionadas para Instrumentação

Foram selecionadas para o monitoramento da integridade física e para o monitoramento bioespeleológico todas as cavidades que consideradas não impactadas pela instalação, operação e desativação do empreendimento. Desta forma, serão monitoradas todas as quatro cavidades de máxima relevância, além das sete cavidades de alta relevância que serão preservadas, no intuito de serem utilizadas como forma de compensação.

Salienta-se que, ao serem preservadas para fins de compensação espeleológica, as cavidades de alta relevância são promovidas à cavidade testemunho, sendo consideradas, portanto, cavidades de máxima relevância.

O Quadro 9.5, abaixo, apresenta a listagem das cavidades que serão monitoradas.

**Quadro 9.5 - Cavidades que serão monitoradas**

Cavidade	Relevância Espeleológica	Distância mínima às estruturas do empreendimento
CM-01	Máxima	250 metros
CM-02	Máxima	250 metros
CM-08	Máxima	250 metros
CM-10	Máxima	250 metros
CM-27	Alta	290 metros
CM-11	Alta	170 metros
CM-13	Alta	125 metros
CM-15	Alta	55 metros
CM-16	Alta	100 metros
CM-17	Alta	70 metros
CM-20	Alta	45 metros

Fonte: IC Ambiental, 2015.

## 9.2. Propostas de Compensação Espeleológica

### 9.2.1. Proposta de Compensação Espeleológica das Cavidades de Alta Relevância

O Decreto Federal nº 99.556/1990, alterado pelo Decreto Federal nº 6.640/2008, dispõe que “no caso de empreendimento que ocasione impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea com grau de relevância alto”, o empreendedor deve adotar, como condição para o licenciamento ambiental, medidas e ações para assegurar a preservação, em caráter permanente, de duas cavidades naturais subterrâneas, com o mesmo grau de relevância, de mesma litologia e com atributos similares à que sofreu o impacto, que serão consideradas cavidades testemunho”.

Além disto, a preservação das cavidades naturais subterrâneas de alta relevância deverá, sempre que possível, ser efetivada em área contínua e no mesmo grupo geológico da cavidade que sofreu o impacto.

Não havendo na área do empreendimento outras cavidades representativas que possam ser preservadas sob a forma de cavidades testemunho, o Instituto Chico Mendes poderá ser provocado para definir, de comum acordo com o empreendedor, outras formas de compensação, previstas na Instrução Normativa ICMBio nº 30/2012.

Na área do Complexo Minerário do Projeto Vale do Rio Pardo, está prevista a supressão/impacto de 15 cavidades de alta relevância, elencadas abaixo (Quadro 9.6)

**Quadro 9.6 - Cavidades de alta relevância que serão suprimidas/impactadas**

Cavidade	Relevância Espeleológica
CM-03	Alta
CM-04	Alta
CM-05	Alta
CM-06	Alta
CM-07	Alta
CM-09	Alta
CM-12	Alta
CM-14	Alta
CM-18	Alta
CM-19	Alta
CM-21	Alta
CM-22	Alta
CM-23	Alta
CM-25	Alta
CM-26	Alta

Fonte: IC Ambiental, 2015.

#### 9.2.1.1. Proposta de Compensação 2x1

Conforme a determina a legislação, a primeira medida compensatória a ser adotada para a supressão/impacto de cavidades de alta relevância é a proteção em caráter permanente de duas cavidades de alta relevância, na área do empreendimento, para cada uma a ser suprimida/impactada no Complexo Minerário.

Na área do empreendimento há sete cavidades de alta relevância que não serão impactadas. Destas, a cavidade CM-27, bem como sua área de influência, não possui qualquer interferência das estruturas previstas no Plano Diretor da mina. Já as outras seis se localizam em distâncias inferiores a 250 metros das estruturas da mina. Para estas seis cavidades, é proposto monitoramento que vise garantir a integridade física e o equilíbrio ecológico das mesmas. Desta forma, estas seis cavidades ficam aptas a serem preservadas como medida de compensação espeleológica. As sete cavidades de alta relevância não impactadas pelo empreendimento e apresentadas para compensação são listadas abaixo (Quadro 9.7):

### Quadro 9.7 - Cavidades de alta relevância a serem preservadas como forma de compensação

Cavidade	Relevância Espeleológica
CM-11	Alta
CM-13	Alta
CM-15	Alta
CM-16	Alta
CM-17	Alta
CM-20	Alta
CM-27	Alta

Fonte: IC Ambiental, 2015.

Para fins de compensação por supressão de cavidades de alta relevância, na forma de preservação de duas cavidades para cada uma suprimida, as sete cavidades preservadas são o bastante para a compensação de três cavidades localizadas no Complexo Minerário.

Uma vez que o plano operacional do Projeto Vale do Rio Pardo prevê a expansão escalonada da cava, a supressão/ impacto das cavidades também se dará de forma escalonada. Desta forma, buscou-se compensar as três primeiras cavernas previstas para supressão. São elas (Quadro 9.8)

### Quadro 9.8 - Primeiras três cavidades de alta relevância a serem suprimidas/impactadas

Cavidade	Relevância Espeleológica
CM-12	Alta
CM-18	Alta
CM-25	Alta

Fonte: IC Ambiental, 2015.

Estas três cavidades e suas respectivas áreas de influência provisória serão as primeiras cavidades de alta relevância a serem intervindas pelo empreendimento.

Na fase pré-operacional, haverá a intervenção na área de influência provisória da cavidade CM-12 (alta relevância). No primeiro ano de operação está prevista a intervenção na área de influência provisória das cavidades CM-25 (alta relevância) e CM-24 (média relevância). No terceiro ano de operação ocorrerá a intervenção na área de influência da cavidade CM-18. Futuramente, se prevê a completa supressão das cavidades CM-12, CM-18 e CM-24, e a ocorrência de impacto negativo irreversível à cavidade CM-25, devido à pequena distância da mesma à cava final do empreendimento.

O item a seguir apresenta a análise de similaridade dos atributos entre as três cavidades que se propõe compensar com as cavidades que se propõe serem dadas como forma de compensação, na proporção de “2x1”.

Como resultado do estudo de similaridade, foram selecionadas as seguintes cavidades para serem preservadas (Quadro 9.9):

**Quadro 9.9 - Relação cavidades de alta relevância suprimidas/impactadas versus cavidades de alta relevância a serem preservadas como forma de compensação**

Cavidades Impactadas/suprimidas		Cavidades preservadas	
Nome	Relevância Espeleológica	Nome	Relevância Espeleológica
CM-12	Alta	CM-11	Alta
		CM-15	Alta
CM-18	Alta	CM-16	Alta
		CM-17	Alta
CM-25	Alta	CM-20	Alta
		CM-27	Alta

Fonte: IC Ambiental, 2015.

#### 9.2.1.1.1. Análise de Similaridade dos Atributos entre as Cavidades a serem Suprimidas com as a serem Compensadas

De acordo com Decreto Federal nº 99.556/1990, alterado pelo Decreto Federal nº 6.640/2008, no caso da compensação que envolva assegurar a preservação de duas cavidades naturais subterrâneas de alta relevância, se faz obrigatório que a compensação se faça com a preservação de cavidades em mesma litologia e **com atributos similares à que sofreu o impacto**.

Entretanto, a norma não apresenta o que se configura a similaridade de atributos entre a cavidade impactada e as duas cavidades preservadas, nem a forma de se mensurar esta similaridade.

Por este motivo, cabe ao responsável pelos estudos espeleológicos definir os critérios de similaridade de atributos entre cavidades a serem utilizados, quanto ao que deve ser considerado similaridade e quanto à forma de se analisá-la.

No presente estudo, a análise foi realizada da seguinte forma:

##### 1º Passo:

Foi traçado um comparativo entre os atributos preponderantes para a classificação das cavidades como de alta relevância, entre as três primeiras cavidades que necessitarão ser suprimidas com as sete cavidades disponíveis para compensação.

Entende-se como preponderantes, os atributos cujas variáveis possuam importância acentuada, tanto sob enfoque regional, quanto sob enfoque local (Artigos 7º e 8º, IN MMA 2/2009). Estes atributos são considerados preponderantes para a classificação destas cavidades como de alta relevância, pois a presença de um único atributo de importância acentuada já eleva a cavidade à qualidade de alta relevância (considerando-se a inexistência de atributos de importância baixa sob o enfoque regional, conforme o Anexo III da IN MMA 2/2009).

A partir do comparativo traçado, foi excluída, daquelas potenciais cavidades a serem preservadas para compensação, aquela cavidade com o menor número de atributos preponderantes também presentes nas três cavidades a serem suprimidas, conforme se vê no Quadro 9.10, a seguir:

**Quadro 9.10 – Comparativo entre os atributos preponderantes para a valoração de alta relevância**

ATRIBUTOS			Cavernas a serem suprimidas			Cavernas a serem compensadas						Atributos preponderantes para a valoração de alta relevância das cavernas a serem suprimidas				
			CM-12	CM-18	CM-25	CM-11	CM-13	CM-15	CM-16	CM-17	CM-20		CM-27			
Importância Acentuada	Importância Acentuada sob Enfoque Regional (IAER)	IAER Bioespeleologia	Alta riqueza de espécies											x		
			Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante													
			Alta abundância relativa de espécies													
	Importância Acentuada sob Enfoque Local (IAEL)	IAER Geoespeleologia	Lago ou drenagem subterrânea perene com influência acentuada sobre os atributos da cavidade												x	
			Alta diversidade de substratos orgânicos													x
			Média abundância relativa de espécies													x
	Importância Acentuada sob Enfoque Local (IAEL)	IAEL Bioespeleologia	Média riqueza de espécies												x	
			População residente de quirópteros													
			Constatação de uso da cavidade por aves silvestres como local de nidificação													
			Presença de singularidade dos elementos faunísticos da cavidade sob enfoque local													
	IAEL Geoespeleologia	-														
<b>Contagem de atributos preponderantes para a valoração de alta relevância das cavernas a serem suprimidas presentes nas cavernas a serem preservadas como forma de compensação espeleológica</b>						2	1	3	2	3	2	2				

Fonte: IC Ambiental, 2015.

Conforme se vê pelo Quadro 9.10, os atributos preponderantes para a valoração das três cavidades como de alta relevância que serão suprimidas são:

- CM-12: Alta riqueza de espécies; lago ou drenagem subterrânea perene com influência acentuada sobre os atributos da cavidade; alta diversidade de substratos orgânicos; e média abundância relativa de espécies;
- CM-18: lago ou drenagem subterrânea perene com influência acentuada sobre os atributos da cavidade; alta diversidade de substratos orgânicos; média riqueza de espécies; e média abundância relativa de espécies;
- CM-25: Alta diversidade de substratos orgânicos; média riqueza de espécies; e média abundância relativa de espécies.

Observa-se que as três cavidades apresentam **alta diversidade de substratos orgânicos** e **média abundância relativa de espécies**, sendo que duas delas (CM-18 e CM-25) apresentam, também, **média riqueza de espécies**, enquanto a CM-12 apresenta **alta riqueza de espécies**.

Apenas as cavidades CM-12 e CM-18 apresentam **lago ou drenagem subterrânea perene com influência acentuada sobre os atributos da cavidade**.

Comparando-se os atributos preponderantes das sete cavidades disponíveis para compensação com as três cavidades a serem compensadas, nota-se que a cavidade CM-13 é aquela que apresenta o menor número de atributos preponderantes presentes nas cavidades a serem suprimidas. Tal análise se faz importante, pois, mesmo que a IN MMA 2/2009 não delimite quais atributos devam ser similares, a presente metodologia considera que, como os atributos de importância acentuada são aqueles que definem a valoração como alta relevância, a estes atributos deve ser atribuído um maior peso para a similaridade entre cavidades.

Por este motivo, a cavidade CM-13 foi limada da relação das seis cavidades apresentadas para a compensação das primeiras três cavidades a serem suprimidas/impactadas.

## **2º Passo:**

Após a seleção das cavidades a serem preservadas com o maior número de atributos de importância acentuada em comum com as cavidades a serem suprimidas/impactadas, passa-se para o segundo passo, que envolve a análise de similaridade de atributos propriamente dita.

O Quadro 9.11, a seguir, considera, além dos atributos de importância acentuada sob o enfoque regional e sob o enfoque local, os atributos de importância significativa (Artigos 9º e 10, IN MMA 2/2009). Desta maneira todos os atributos constatados durante os estudos de valoração acabam sendo contemplados pela análise de similaridade. Ressalta-se que os atributos de importância baixa não foram considerados, uma vez que os mesmos só se configuram por exclusão, quando determinado atributo não se configura como de importância acentuada ou significativa (Artigo 11, IN MMA 2/2009).

Desta forma, é realizada uma análise discretizada de cada atributo, visando verificar se os atributos presentes nas cavidades a serem suprimidas serão mantidos nas cavidades a serem preservadas. A análise discretizada de cada atributo pode apresentar quatro resultados possíveis:

- Atributos plenamente compensados;
- Atributos não plenamente compensados;
- Atributos não compensados;
- Outros atributos preservados.

Como a compensação deve ser executada com a preservação de **duas** cavidades, para cada **uma** suprimida, na análise discretizada foram considerados **plenamente compensados** aqueles atributos presentes nas cavidades a serem suprimidas encontrados em dobro nas cavidades a serem preservadas. Ou seja, se entre as três cavidades a serem suprimidas, uma apresenta o atributo “X”, entre as cavidades a serem preservadas este atributo deve ser presente em outras duas cavidades, para se alcançar a proporção de “2x1”. Caso duas cavidades apresentem este atributo “X”, se faz necessário que quatro cavidades apresentem este atributo, para que ele seja considerado **plenamente compensado**.

Já no caso em que as cavidades a serem suprimidas apresentem determinado atributo que não seja encontrado na proporção de “2x1” nas cavidades a serem suprimidas, mas que seja encontrado em pelo menos no mesmo número de cavidades a serem preservadas, tal atributo é considerado como **não plenamente compensado**. Este é o caso do atributo **média abundância relativa de espécies**, que foi verificado nas três cavidades a serem suprimidas. Para ser considerado plenamente compensado, este atributo deveria ser observado nas seis cavidades a serem preservadas. Entretanto, como foi observado em outras três cavidades, ele foi considerado não plenamente compensado. A categoria dos atributos **não plenamente compensados** demonstra que, mesmo que não se tenha alcançado a proporção de “2x1”, **tal atributo continuará sendo observado nas cavidades que serão preservadas como forma de compensação, em quantidade igual ou superior de cavidades**.

Caso diferente do que ocorre com os **atributos não compensados**. São considerados não compensados aqueles atributos presentes nas cavidades a serem suprimidas que não são observados nas cavidades a serem preservadas, ou que, mesmo que encontrados, não são observados nem em mesma quantidade.

Há, ainda, outra categoria, denominada de **outros atributos preservados**. Nesta categoria são enquadrados aqueles atributos que não são observados nas cavidades a serem suprimidas, mas que são encontrados nas cavidades a serem preservadas. Estes atributos não interferem na análise de similaridade entre os atributos, **entretanto, eles são importantes para se demonstrar quais atributos representam “ganhos” na compensação espeleológica**.

**Quadro 2 – Análise de similaridade de atributos**

ATRIBUTOS			Cavidades a serem suprimidas			Cavidades a serem compensadas					Avaliação da regra (1/2)				
			CM-12	CM-18	CM-25	CM-11	CM-15	CM-16	CM-17	CM-20		CM-27			
Importância Acentuada	Importância Acentuada sob Enfoque Regional (IAER)	IAER Biospeleologia	Alta riqueza de espécies									1 / 0 ✖			
			Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante										0 / 2 ★		
			Alta abundância relativa de espécies											0 / 3 ★	
	Importância Acentuada sob Enfoque Local (IAEL)	IAEL Biospeleologia	IAER Geoespeleologia	Lago ou drenagem subterrânea perene com influência acentuada sobre os atributos da cavidade									2 / 0 ✖		
				Alta diversidade de substratos orgânicos										3 / 6 ✔	
				Média abundância relativa de espécies										3 / 3 !	
				Média riqueza de espécies											2 / 5 ✔
				População residente de quirópteros											0 / 3 ★
				Constatação de uso da cavidade por aves silvestres como local de nidificação											0 / 2 ★
	IAEL Geoespeleologia	-	Presença de singularidade dos elementos faunísticos da cavidade sob enfoque local										0 / 1 ★		
			-										-		
	Importância Significativa	Importância Significativa sob Enfoque Regional (ISER)	ISER Geoespeleologia	ISER Biospeleologia	Presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque regional									0 / 1 ★	
Média projeção horizontal (unidade espeleológica)														3 / 6 ✔	
Média área (unidade espeleológica)														3 / 6 ✔	
Médio volume (unidade espeleológica)														3 / 6 ✔	
Alto desnível (unidade espeleológica)														2 / 1 ✖	
Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência significativa sobre os atributos da cavidade														0 / 1 ★	
Importância Significativa sob Enfoque Local (ISEL)		ISEL Biospeleologia	Baixa riqueza de espécies										0 / 1 ★		
			Baixa abundância relativa de espécies										0 / 1 ★		
		ISEL Geoespeleologia	Média projeção horizontal (unidade geomorfológica)											3 / 6 ✔	
			Média área (unidade geomorfológica)											3 / 6 ✔	
			Alto desnível (unidade geomorfológica)											3 / 2 ✖	
			Médio volume (unidade geomorfológica)											3 / 6 ✔	
Poucos tipos de espeleotemas e processos de deposição em termos de diversidade de sedimentação química												0 / 1 ★			
Avaliação da similaridade dos atributos			Atributos plenamente compensados									8 (62%) ✔			
			Atributos não plenamente compensados										1 (8%) !		
			Atributos não compensados											4 (31%) ✖	
			Outros atributos preservados											10 ★	

Fonte: IC Ambiental, 2015.

Nota-se, pelo Quadro 9.11, que todas as três cavidades a serem suprimidas/impactadas apresentam, de forma geral, atributos de importância significativa muito semelhantes. As três cavidades apresentam **média projeção horizontal, média área e médio volume** tanto sob o enfoque local, quanto sob o enfoque regional. Elas, também, apresentam **alto desnível** sob enfoque local, sendo que somente as cavidades CM-18 e CM-25 apresentam **alto desnível** sob enfoque regional.

No geral, os atributos preponderantes para a definição do grau de relevância das cavidades foram **alta diversidade de substratos orgânicos, média riqueza de espécies e média abundância relativa de espécies**. A maior parte destes atributos é encontrada nas seis cavidades apresentadas para compensação.

Ressalta-se, ainda, que em relação aos atributos que possuem importância significativa, tanto sob enfoque local, quanto regional, todas as seis cavidades apresentam os atributos **média projeção horizontal sob enfoque regional, média área sob enfoque regional, médio volume sob enfoque regional, média projeção horizontal sob enfoque local, média área sob enfoque local e médio volume sob enfoque local**.

As cavidades a serem preservadas apresentam 8 (oito) atributos plenamente compensados, 1 (um) atributo não plenamente compensado e 4 (quatro) atributos não compensados. Em termos de similaridade, tem-se, portanto, como resultado o percentual de 62% de similaridade entre as cavidades a serem preservadas com as cavidades a serem suprimidas, havendo, ainda, um atributo que não é plenamente compensado (**média abundância relativa de espécies**), que é observado em três das seis cavidades a serem preservadas.

Ressalta-se que, mesmo havendo 4 (quatro) atributos não compensados, o universo das seis cavidades a serem compensadas apresenta 10 (dez) outros atributos que serão preservados, o que representa um saldo positivo entre atributos “ganhos” e “não atendidos” (10/4) na compensação espeleológica.

Conclui-se, portanto, pela similaridade das cavidades a serem suprimidas/impactadas com aquelas a serem dadas em compensação, conforme demonstrado no Quadro 9.11, acima. Desta forma, as cavidades a serem preservadas como forma de compensação são apresentadas no Quadro 9.12, abaixo.

**Quadro 9.12 - Similaridade entre cavidades**

Cavidades suprimidas/ impactadas			Cavidades similares preservadas					
CM-12	CM-18	CM-25	CM-11	CM-15	CM-16	CM-17	CM-20	CM-27

Fonte: IC Ambiental, 2015.

### 9.2.1.2. Outras Formas de Compensação

Conforme abordado no item “9.1.1.1. Proposta de Compensação 2x1”, a SAM possui apenas sete cavidades de alta relevância na área do empreendimento para serem preservadas como forma da compensação principal, prevista no § 1º do art. 4º do Decreto Federal nº 99.556/1990, alterado pelo Decreto Federal nº 6.640/2008, de duas cavidades de

alta relevância preservadas para cada cavidade de alta relevância suprimida, o que permite a SAM a compensação de três cavidades de alta relevância.

Entretanto, a SAM possui no Complexo Minerário o total de quinze cavidades de alta relevância a serem compensadas. Desta forma, continua havendo a necessidade de se compensar doze cavidades (Quadro 9.13).

**Quadro 9.13 - Cavidades de alta relevância a serem compensadas**

Cavidade	Relevância Espeleológica
CM-03	Alta
CM-04	Alta
CM-05	Alta
CM-06	Alta
CM-07	Alta
CM-09	Alta
CM-14	Alta
CM-19	Alta
CM-21	Alta
CM-22	Alta
CM-23	Alta
CM-26	Alta

Fonte: IC Ambiental, 2015.

Conforme o § 3º do art. 4º da norma, não havendo, na área do empreendimento, outras cavidades representativas que possam ser preservadas sob a forma de cavidades testemunho, o Instituto Chico Mendes pode definir, de comum acordo com o empreendedor, outras formas de compensação.

É a Instrução Normativa ICMBio nº 30/2012 (IN ICMBio nº 30) que estabelece os procedimentos administrativos e técnicos para a execução de compensação espeleológica para empreendimentos que ocasionem impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea classificada com grau de relevância alto e que não possuam na sua área, conforme análise do órgão licenciador, outras cavidades representativas que possam ser preservadas sob a forma de cavidades testemunho.

Segundo a IN ICMBio nº 30, as propostas de compensação espeleológica de que trata o art. 4º, § 3º, do Decreto nº 99.556/90, devem contemplar ao menos uma das seguintes ações, obedecendo à seguinte ordem de prioridade:

- I - Criação de Reserva Particular do Patrimônio Natural, em área de propriedade do empreendedor, que tenha como objetivo principal a proteção do patrimônio espeleológico;
- II - Criação de unidade de conservação de proteção integral com o objetivo principal de proteger o patrimônio espeleológico, incluindo a elaboração dos estudos necessários, bem como a aquisição e a doação ao Instituto Chico Mendes das propriedades localizadas na área proposta para a unidade;
- III - Regularização fundiária e demarcação de áreas de ocorrência do patrimônio espeleológico em unidades de conservação.

De forma complementar, as propostas podem contemplar:

- I - Elaboração, revisão ou implantação de plano de manejo em unidades de conservação que protejam o patrimônio espeleológico;
- II - Desenvolvimento de pesquisas necessárias à conservação e uso sustentável do patrimônio espeleológico brasileiro e dos ecossistemas associados;
- III - aquisição de bens e serviços necessários à implantação, gestão, monitoramento e proteção do patrimônio espeleológico.

Com base no exposto, são apresentadas, nos itens a seguir, as propostas de compensações espeleológicas alternativas, que envolvem a criação de uma RPPN em área de propriedade do empreendedor, o desenvolvimento de pesquisas com o intuito de conservação e uso sustentável do patrimônio espeleológico brasileiro a aquisição de serviços necessários à gestão, monitoramento e proteção deste patrimônio.

#### **9.2.1.2.1. Criação de Reserva Particular do Patrimônio Natural na Área Denominada Vale dos Gigantes**

O artigo 4º da IN ICMBio nº30/2012 preconiza que:

As propostas de compensação espeleológica de que trata o art. 4º, § 3º, do Decreto nº 99.556/90, deverão contemplar ao menos uma das seguintes ações, obedecendo à seguinte ordem de prioridade:

- I - Criação de Reserva Particular do Patrimônio Natural, em área de propriedade do empreendedor, que tenha como objetivo principal a proteção do patrimônio espeleológico;

De modo a compensar os impactos do Projeto Vale do Rio Pardo sobre 12 cavidades de alta relevância localizadas na área onde se pretende inserir o complexo minerário do empreendimento, e em conformidade com o artigo supracitado, a Sul Americana de Metais propõe, como compensação espeleológica, a criação, na área denominada Vale dos Gigantes, de uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Federal.

As RPPNs compreendem uma categoria de Unidade de Conservação de Uso Sustentável prevista na Lei nº 9.985/2000 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Nesta categoria o proprietário da área privada se dispõe voluntariamente a preservar uma parte de sua propriedade nos padrões legais e com caráter perpétuo. Os usos permitidos abarcam a pesquisa científica e visitas de caráter turístico, recreativo e educacional. As RPPNs funcionam na prática como uma Unidade de Conservação de Proteção Integral em função de seus usos, já que a extração de recursos naturais exceto madeira, único uso que a caracterizava originalmente como de uso sustentável, que compunha o item III, parágrafo 2º, artigo 21º do SNUC sofreu veto presidencial por ser entendido como contrário aos propósitos do seu instituidor, ao interesse público e por permitir a extração de minérios em área isenta de Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR) (Presidência da República, mensagem nº 967/2000).

Art. 21. A Reserva Particular do Patrimônio Natural é uma área privada, gravada com perpetuidade, com o objetivo de conservar a diversidade biológica.

§ 1º O gravame de que trata este artigo constará de termo de compromisso assinado perante o órgão ambiental, que verificará a existência de interesse público, e será averbado à margem da inscrição no Registro Público de Imóveis.

§ 2º Só poderá ser permitida, na Reserva Particular do Patrimônio Natural, conforme se dispuser em regulamento:

I - a pesquisa científica;

II - a visitação com objetivos turísticos, recreativos e educacionais;

III - (VETADO)

§ 3º Os órgãos integrantes do SNUC, sempre que possível e oportuno, prestarão orientação técnica e científica ao proprietário de Reserva Particular do Patrimônio Natural para a elaboração de um Plano de Manejo ou de Proteção e de Gestão da unidade.

As etapas para o reconhecimento de uma propriedade como RPPN passam pela apresentação da documentação específica, vistorias do órgão ambiental responsável, apreciação do processo e encaminhamento ao IBAMA central, publicação da portaria, aprovação do processo e averbação do termo de compromisso pelo proprietário. Os documentos necessários de serem encaminhados ao IBAMA compreendem cópias autenticadas da escritura definitiva da propriedade com matrícula no cartório de registro de imóveis; cédula de identidade ou Ato de Designação de representante no caso de pessoa jurídica; comprovante de pagamento do último Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR); plantas do imóvel, indicando limites e confrontantes da propriedade, área a ser reconhecida e sua localização no município ou região; e termo de compromisso preenchido e assinado. Tais documentos deverão ser providenciados tão logo seja aprovado o plano de compensação espeleológico proposto de forma preliminar neste documento.

Após o reconhecimento da RPPN, cabe ao proprietário, segundo o artigo 8º do decreto nº 1.922/1996, as seguintes ações que deverão ser realizadas pela Sul Americana de Metais:

I - assegurar a manutenção dos atributos ambientais da RPPN e promover sua divulgação na região, mediante, inclusive, a colocação de placas na via de acesso e nos limites da área, advertindo terceiros quanto à proibição de desmatamentos, queimadas, caça, pesca, apanha, captura de animais e quaisquer outros atos que afetem ou possam afetar o meio ambiente;

II - submeter à aprovação do órgão responsável pelo reconhecimento o zoneamento e o plano de utilização da Reserva, em consonância com o previsto nos parágrafos 1º e 2º do art. 3º deste Decreto;

III - encaminhar, anualmente e sempre que solicitado, ao órgão responsável pelo reconhecimento, relatório de situação da Reserva e das atividades desenvolvidas.

Parágrafo único. Para o cumprimento do disposto neste artigo o proprietário poderá solicitar a cooperação de entidades ambientalistas devidamente credenciadas pelo Cadastro Nacional de Entidades Ambientalistas - CNEA, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

O não cumprimento do estabelecido no documento de instituição, no zoneamento e no plano de utilização, torna o proprietário sujeito a sanções civis e penais, incluindo a perda dos benefícios fiscais (SOUZA, 2002). Vale destacar que a responsabilidade por dano ambiental é objetiva, onde o proprietário que causar dano à reserva responderá por estes atos independente de culpa, de acordo com o artigo 14, Parágrafo 1º da Lei nº 6.938/81.

A adoção da categoria de Unidade de Conservação RPPN para a compensação espeleológica, além de coerente com a Instrução Normativa do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade nº 30/2012, é também interessante sob o ponto de vista econômico, uma vez que não onera o Estado com a criação de novas Unidades de Conservação Ambiental, já que permite que áreas locais de interesse espeleológico sejam preservadas, o que futuramente pode vir a constituir um mosaico de RPPNs de interesse espeleológico em áreas com vocação minerária. A opção de se criar uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Federal se justifica por ser o processo do licenciamento de competência desta esfera administrativa. Por fim, entende-se que a criação da RPPN e a adoção de ações e medidas expostas pelo artigo 8º do Decreto nº 1.922/1996 supracitadas asseguram a preservação, em caráter permanente, da área proposta para compensação.

A escolha da área ora denominada Vale dos Gigantes para a criação de uma RPPN Federal de interesse espeleológico se justifica pelo destaque da área, identificado a partir de prospecções espeleológicas e estudos complementares, que compreendem estudos paleontológicos e arqueológicos. Estes estudos identificaram na área um nicho de cavidades naturais subterrâneas com grande destaque paleontológico e arqueológico, localizadas espacialmente em área reduzida, de onde se infere que esta seja uma área de grande relevância para a ciência, e a qual deve ser alvo de novos estudos.

#### **9.2.1.2.1.1. Atributos Ambientais e Espeleológicos da Área a ser Preservada pela Proposta de Compensação**

A área física a ser preservada pela proposta de compensação representa a área denominada Vale dos Gigantes<sup>11</sup>, situada no norte de Minas Gerais, no município de Riacho dos Machados, a norte da área do empreendimento (Figura 9.3). A área denominada Vale dos Gigantes é composta por sete (07) cavidades localizadas no vale do Córrego do Lajedão (também denominado de Córrego Esmeril), tributário do Rio Peixe Bravo, e por uma (01) cavidade, a Jatobá, inserida em um afluente “sem nome” da margem esquerda do Córrego Vacaria. Todas essas sub-bacias integram a sub-bacia do Rio Vacaria. O Quadro 9.14 a seguir traz a nomenclatura e coordenadas geográficas das cavidades alvo da presente proposta de compensação. Ressalta-se que a proposta de criação da RPPN não abrange a Caverna Jatobá.

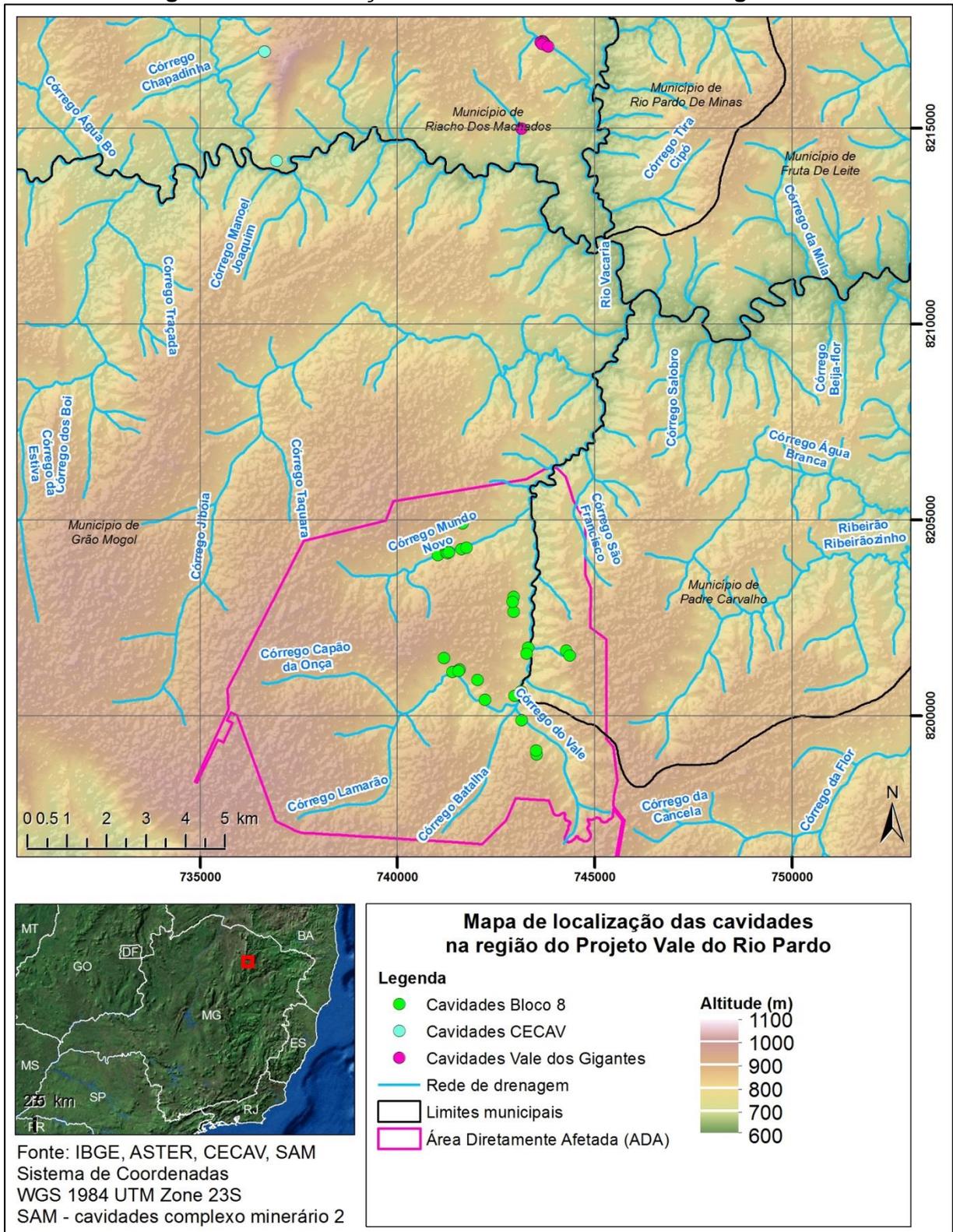
<sup>11</sup> Desde o início das investigações tal designação foi proposta por serem as cavidades abundantes em icnofósseis, caracterizando-as como do tipo paleotocas, que registram a ocorrência de mamíferos pleistocênicos na região.

**Quadro 9.14 - Cavidades localizadas no contexto do Vale dos Gigantes, que serão abrangidas pela RPPN**

IDENTIFICAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS UTM / FUSO 23K	
		UTM E	UTM N
VG-01	Vale dos Gigantes	743820	8217159
VG-02	Vale dos Gigantes	743744	8217248
VG-03	Vale dos Gigantes	743717	8217285
VG-04	Vale dos Gigantes	743661	8217252
VG-05	Vale dos Gigantes	743732	8217240
VG-06	Vale dos Gigantes	743709	8217204
VG-07	Vale dos Gigantes	743860	8217133

Fonte: IC Ambiental, 2015.

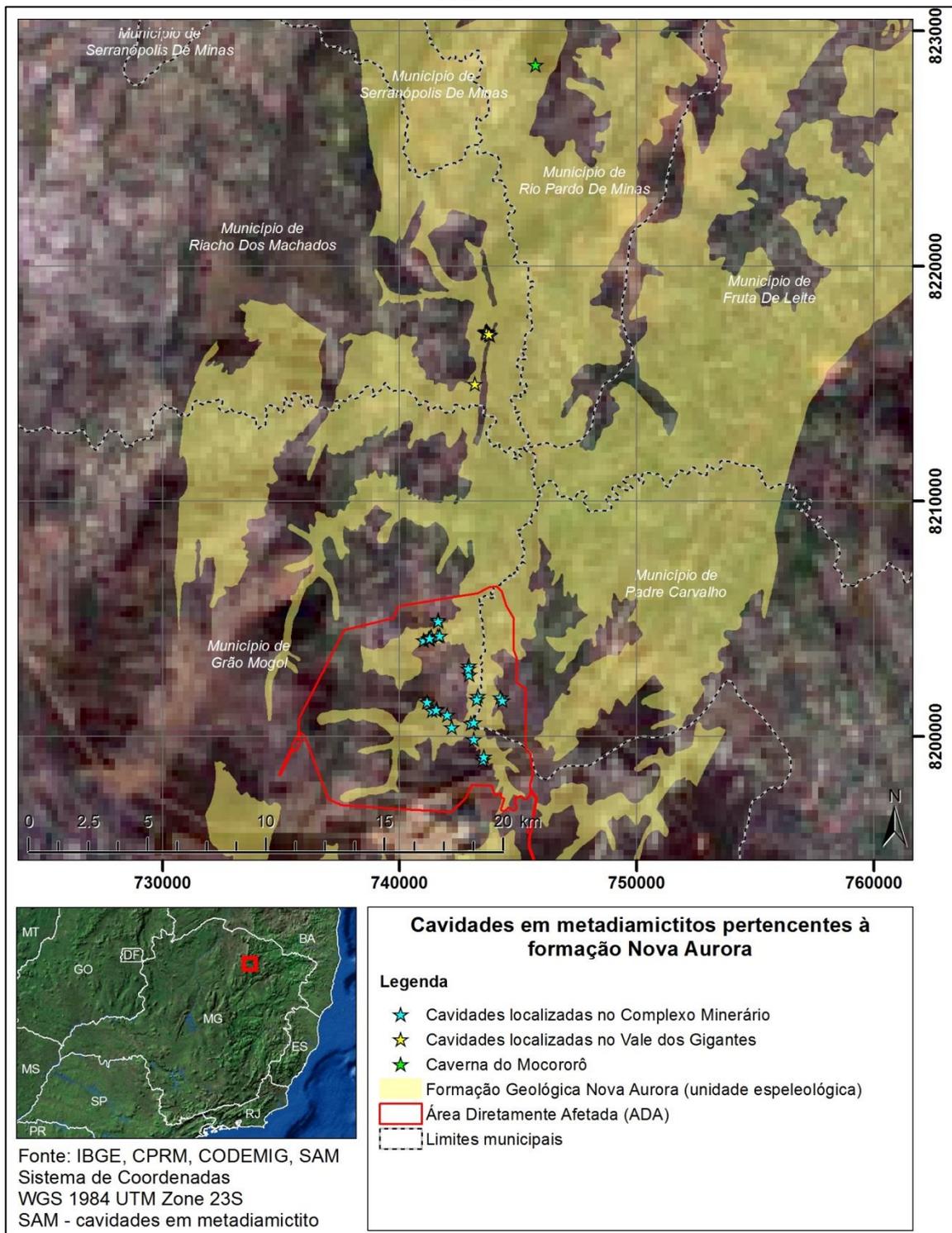
**Figura 9.3 - Localização das cavidades do Vale dos Gigantes**



Fonte: IC Ambiental, 2015.

Na área do Vale dos Gigantes as cavidades se desenvolvem em rochas do Grupo Macaúbas, em metadiamictitos pertencentes à formação Nova Aurora (Figura 9.4).

**Figura 9.4 - Localização das cavidades do Vale dos Gigantes na Formação Nova Aurora**



Fonte: IC Ambiental, 2015.

A Formação Nova Aurora, conforme caracterizada por VIVEIROS et al. (1978), é constituída por um pacote com predominância de metadiamicictitos, considerados como fluxos de detritos (*debris flow*) subaquosos, com intercalações subordinadas de quartzitos e metarritmitos e, subordinadamente, filitos. Estende-se desde o limite norte da faixa de ocorrência do Grupo Macaúbas até a área a sul de Cristália. O litotipo dominante, o metadiamicictito, bem como sua posição estratigráfica, é similar às da Formação Serra do Catuni, mas a Formação Nova Aurora se distingue por apresentar horizontes de formação ferrífera, refletindo importante variação faciológica. Estes horizontes ferruginosos, localmente, encerram depósitos de minério de ferro de volume muito expressivo, individualizados como Membro Riacho das Poções, Formação Nova Aurora. A espessura estimada para a Formação Nova Aurora é da ordem de 1000 a 2000 m, podendo atingir 3000 m, segundo MOURÃO et al. (1997). O membro Riacho das Poções, individualmente, possui espessura média estimada em cerca de 600 m (VIVEIROS et al., 1978).

Segundo VILELA (2010) o Membro Riacho Poções é constituído por metadiamicictitos com hematita e/ou magnetita como componentes da matriz. Essas rochas foram depositadas em bacia de rifte continental durante um evento glacial. O depósito, assim como todo o Grupo Macaúbas, foi deformado e metamorfisados na Orogenia Araçuai, no Brasileiro. Os metadiamicictitos ferruginosos registram as três fases de deformação, tendo as zonas de cisalhamento dúcteis associadas às fases D1 e D2 grande influência na concentração de hematita especular e dissolução dos minerais da ganga.

A área se insere no contexto dos extensos platôs entrecortados por vales encaixados que caracterizam morfológicamente a borda oriental da Serra do Espinhaço, no norte de Minas Gerais, no contexto das rochas metadiamicictíticas do Grupo Macaúbas, recortadas por zonas de intensa dissecação fluvial. Em meio a esses vales observam-se, por vezes, maciços residuais isolados resultantes da presença de litologias mais resistentes ao intemperismo. Tais feições residuais ocorrem em meio aos vales, em patamares pouco inferiores aos topos das chapadas.

No contexto das microbacias em questão, observa-se a compartimentação da área de estudo em duas unidades geomorfológicas: os topos das chapadas, que correspondem às superfícies de aplanamento (A), e os vales, que representam formas de dissecação fluvial (F). Os rebordos erosivos dessas chapadas correspondem à transição entre os topos aplanados e os vales encaixados, configurando muitas vezes escarpamentos rochosos expressivos, como os observados no “Vale dos Gigantes” (Foto 9.3). Nos vales ocorrem feições elaboradas tanto sobre depósitos de material coluvionar, quanto sobre depósitos de material eluvionar. Esses materiais conformam as colinas que surgem nos patamares intermediários das vertentes locais, em meio a afloramentos pontuais de rocha. Nesse contexto, as cavernas do “Vale dos Gigantes” inserem-se nas escarpas, nas médias e baixas vertentes do vale. No caso da caverna do Jatobá, a mesma se insere em maciço residual no médio vale.

A região onde se insere o Complexo Minerário e a área denominada Vale dos Gigantes localizam-se no domínio do Bioma Cerrado, próximo à transição com os Biomas Mata Atlântica e Caatinga. Os padrões de cobertura vegetal na região apresentam-se de modo complexo, sendo observada uma diversidade de tipologias vegetais com fisionomias savânicas, florestais e áreas de tensão ecológica, sendo identificadas áreas transicionais, de difícil delimitação e classificação. Devido ao histórico de ocupação na região, atrelado

principalmente à silvicultura, a monocultura de eucalipto e pinus ocupa áreas extensas localizadas nas cotas mais altas do relevo, nos platôs das chapadas, a vegetação nativa é encontrada nas encostas e fundos dos vales e por vezes encontra-se alterada pela retirada seletiva de madeira e à ocorrência frequente de queimadas (BRANDT, 2014).

Remanescentes de vegetação nativa na região são predominantes nas encostas e fundos dos vales, como identificado na área do Vale dos Gigantes (foto 9.6), e oferecem boas condições para manutenção da fauna, como capacidade de suporte alimentar e abrigo. Coberturas naturais de fisionomias savânicas (Cerrado Rupestre, Cerrado Sensu Stricto, áreas savânicas muito descaracterizadas e savana xerofítica) e florestais (Floresta Estacional Semidecidual, áreas florestais transicionais e áreas florestais muito descaracterizadas) identificados localmente podem ser bastante explorados pela fauna local, como ambiente de abrigo, reprodução, refúgio de predadores ou *habitat* de forrageamento.

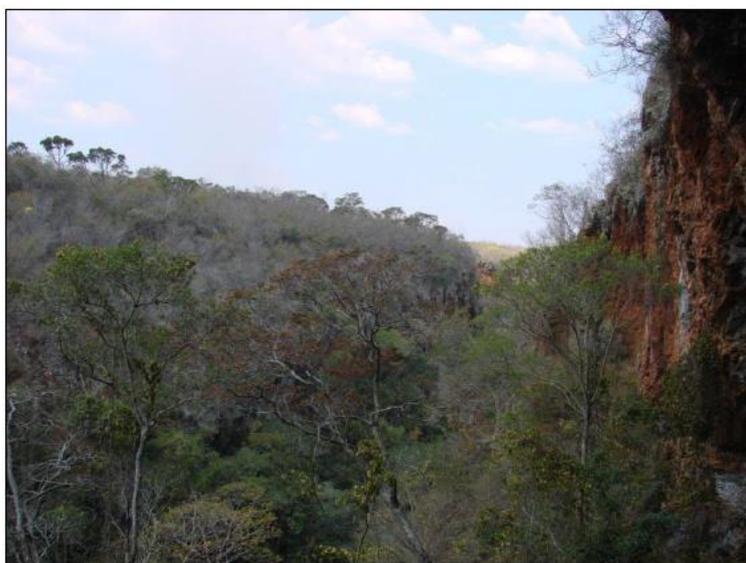


Foto 9.6 - Visão parcial do “Vale dos Gigantes”, de oeste para leste, onde escarpamentos marcam a transição abrupta dos topos das chapadas com os vales. Destaca-se a cobertura vegetal nativa predominante em encostas e fundos de Vale locais.

Fonte: Brandt, 2014.

Os estudos de meio biótico do Complexo Minerário do Projeto Rio Pardo registraram para alguns grupos faunísticos espécies ameaçadas de extinção que ainda se mantém localmente (BRANDT, 2014). Cinco espécies da mastofauna terrestre que constam na categoria Vulnerável para o Estado de Minas Gerais: caititu, lontra, lobo-guará e duas espécies de jaguatirica. Três dessas espécies encontram-se listadas como ameaçadas na categoria Vulnerável também em nível nacional. Para a avifauna foi identificada uma espécie categorizada como “em perigo” para o Estado de Minas Gerais, a jacucaca, sendo ainda registradas 20 espécies endêmicas. Referente à herpetofauna não foram identificadas espécies ameaçadas constantes nas listas, entretanto, cabe ressaltar a presença de espécies potencialmente novas na área de estudo, como é o caso das duas pererecas pertencentes ao grupo *Scinax catharinae* (*Scinax* sp. nov. e *Scinax* cf. *carnevallii*). Para a ictiofauna e pedofauna não foram registradas espécies ameaçadas de extinção (IUCN, 2012; MMA, 2003; COPAM, 2010; BRANDT, 2014).

De forma geral, o ambiente da região onde se insere o Complexo Minerário e a área denominada Vale dos Gigantes apresenta um histórico de antropização, o que dificulta cada vez mais a manutenção das espécies mais sensíveis, prevalecendo aquelas que pouco dependem de ambientes florestados. Tal constatação imprime como essencial à manutenção da integridade da Flora e Fauna local, através da criação e implementação de mais áreas protegidas.

A área dos Vale dos Gigantes representa uma amostra dos atributos ambientais característicos da região onde se insere o empreendimento. No entanto, do ponto de vista científico, dos atributos identificados na área até o momento, têm destaque as descobertas paleontológicas e arqueológicas inéditas.

A área tem destaque por apresentar, em seis (06) cavidades contíguas, registros de icnofósseis preservados que expressam processos paleoambientais representados por paleotocas escavadas pela megafauna de mamíferos extintos. As cavidades VG-02, VG-03, VG-06 e VG-07 apresentam em suas paredes muitos icnofósseis (marcas de garras) cujas marcas duplas sugerem sua escavação ou ampliação por um milodontídeo cavador (preguiça-gigante de 2 dedos). Já a cavidade VG-04 é um túnel escavado na rocha friável com paredes com muitos icnofósseis (marcas de garras) e cujo formato tubular e as dimensões da galeria sugerem que a mesma foi escavada ou ampliada por um dasipodídeo de grande tamanho (tatu-gigante). A cavidade VG-05 exhibe os melhores registros de icnofósseis dentre as cavidades avaliadas na região. Nos seus salões se preservaram excelentes registros de icnofósseis com ocorrência de marcas duplas sugerindo um milodontídeo cavador (preguiças-gigantes de 2 dedos) e de possíveis marcas de um dasipodídeo de grande tamanho (*tatu-gigante*). O relatório paleontológico complementar do Vale dos Gigantes destacou existir a possibilidade de serem identificados ossos fossilizados no interior das cavidades (BRANDT, 2014).

Quanto à arqueologia, a cavidade VG-03 os registros referentes à arqueologia são pinturas geométricas nas colorações amarelado e avermelhado, compondo-se de traços retos ou circulares, em maioria figuras concêntricas (BRANDT, 2014).

Ressalta-se, também, que na cavidade VG-06 foram identificados indivíduos de *Furipteros horrens*. Esta espécie de morcego encontra-se listada na Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção (Portaria MMA nº 444/2014), tendo sido sua ocorrência descrita pela primeira vez na região de estudo.

#### 9.2.1.2.2. Elaboração de Estudos Paleontológicos Complementares

Dado o indicativo da existência de várias paleotocas na região onde se insere o empreendimento, é aqui proposto que sejam realizados novos estudos paleontológicos por parte da Sul Americana de Metais em outras cavidades conhecidas na mesma unidade espeleológica e que tenham igualmente o indicativo de se tratar de paleotocas. Esta proposta está coerente com o parágrafo 2º, artigo 4º da Instrução Normativa do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade nº30/2012 que admite como forma complementar de compensação espeleológica o “II - desenvolvimento de pesquisas necessárias à conservação e uso sustentável do patrimônio espeleológico brasileiro e dos ecossistemas associados”.

### 9.2.1.2.3. Realização de prospecção espeleológica no contexto das rochas metadiamicíticas que ocorrem dentro dos limites do Parque Estadual Grão Mogol

Estudos e registros de cavernas em diamictitos e metadiamicíticos são raros no país. A primeira publicação que faz referência ao tema foi de Spoladore (2005), a qual referenciou a existência de sete cavernas em diamictito no município de Ventania, Estado do Paraná.

Recentemente, cavidades desenvolvidas em metadiamicíticos na região do Complexo Minerário tem sido alvo de novas descobertas associadas aos estudos ambientais do projeto Vale do Rio Pardo (BRANDT, 2012b; BRANDT, 2013) e a estudos do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais (ICB/UFMG), Núcleo Interinstitucional de Estudos e Ações Ambientais do Norte de Minas (NIEA-NM) e Ministério Público Estadual de Minas Gerais (CARMO *et al.*, 2010; CARMO *et al.*, 2011a; CARMO *et al.*, 2011b; CARMO *et al.*, 2012).

Registros de cavidades têm sido inclusive identificados no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE) do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV, 2012; CECAV, 214) e no Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC) da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE, 2012a; SBE, 2012b).

Ainda que iminentes, as descobertas ainda são restritas. O reduzido esforço amostral de prospecções regionais já resultou em uma grande quantidade de ocorrências registradas, o que sugere um elevado potencial para novas descobertas. A região segue carente de esforços que possam identificar novas ocorrências de cavidades associadas às rochas metadiamicíticas, ação crucial para garantir a preservação do patrimônio espeleológico local.

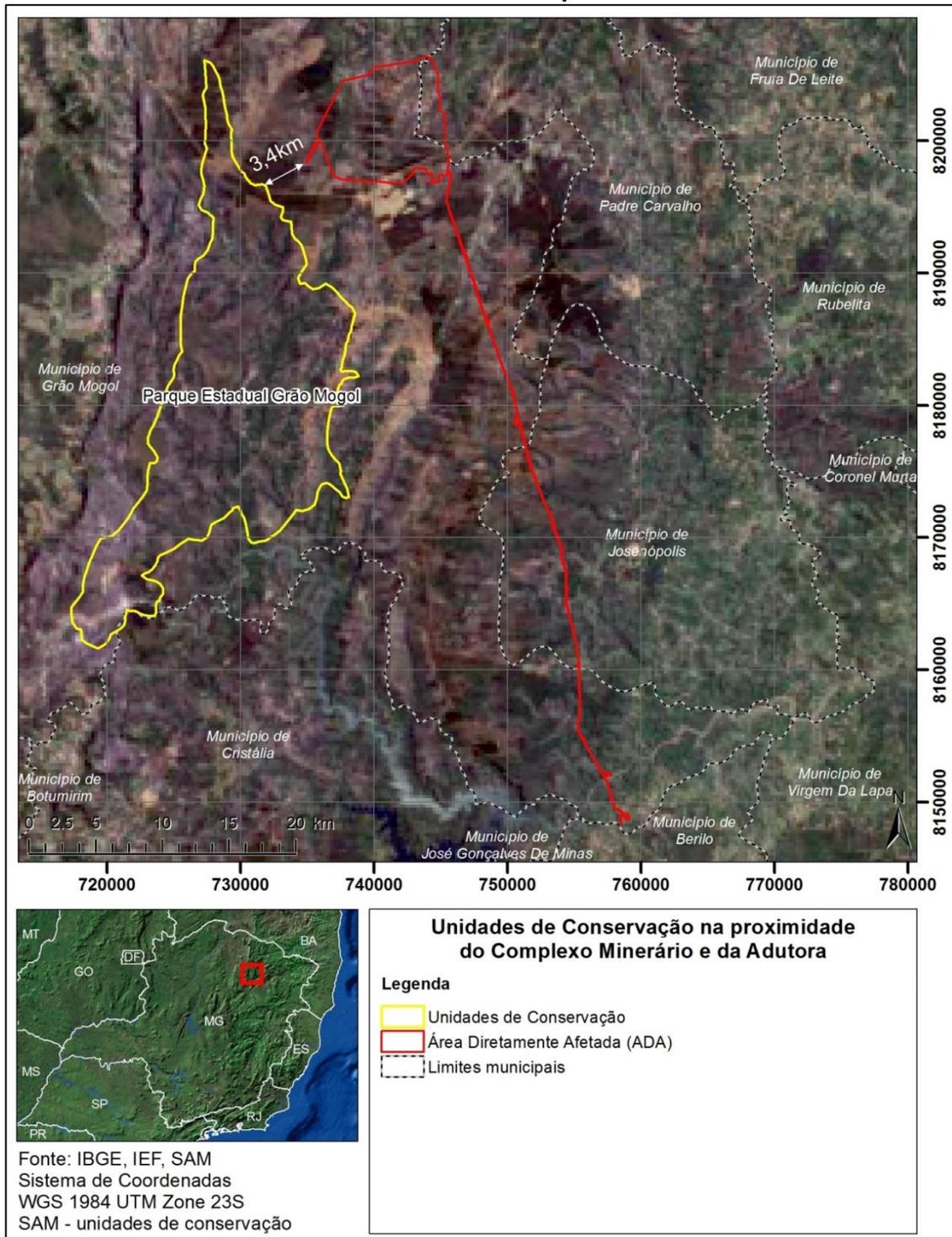
Diante do exposto, propõe-se como forma complementar de compensação espeleológica a realização de prospecções espeleológicas no contexto das rochas metadiamicíticas que ocorrem dentro dos limites do Parque Estadual Grão Mogol. Esta proposta é coerente com o parágrafo 2º, artigo 4º da Instrução Normativa do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade nº30/2012, que admite como forma complementar de compensação espeleológica o “II - desenvolvimento de pesquisas necessárias à conservação e uso sustentável do patrimônio espeleológico brasileiro e dos ecossistemas associados” e a “III - aquisição de bens e serviços necessários à implantação, gestão, monitoramento e proteção do patrimônio espeleológico”.

O Parque Estadual de Grão Mogol foi criado pelo Decreto Estadual nº 45.249/2009, de forma a proteger 28.404,50 hectares de área localizada na serra da Bocaina, extensão da Serra Geral, inserida na bacia hidrográfica do Rio Jequitinhonha.

A indicação da área do parque para a realização dos estudos espeleológicos de prospecção se justifica por três aspectos principais: primeiramente, dado à localização do Parque, que se situa a aproximadamente 3,4 km de distância da área do empreendimento (Figura 9.5); depois, pela ocorrência, na porção leste desta unidade de conservação, de rochas metadiamicíticas contíguas àquelas identificadas na área do projeto Vale do Rio Pardo e cuja contextualização sugere potencial espeleológico; e, finalmente, por entender-se que a indicação do Parque é coerente com ações de preservação, já que, se identificadas cavidades de interesse científico, as mesmas já estariam com sua conservação garantida

pela inserção nos limites da unidade de conservação e, ainda, os esforços iriam contribuir para o aumento do conhecimento das características ambientais da unidade de conservação.

**Figura 9.5 - Localização do Parque Estadual de Grão Mogol em relação à Área Diretamente Afetada do empreendimento**



Fonte: IC Ambiental, 2015.

### 9.2.2. Proposta de Compensação Espeleológica da Caverna de Média Relevância

O Decreto Federal nº 99.556/1990, alterado pelo Decreto Federal nº 6.640/2008, dispõe que no caso de empreendimento que ocasione impacto negativo irreversível em caverna natural subterrânea com grau de relevância médio, o empreendedor deve adotar medidas e financiar ações, nos termos definidos pelo órgão ambiental competente, que contribuam para a conservação e o uso adequado do patrimônio espeleológico brasileiro, especialmente das cavernas naturais subterrâneas com grau de relevância máximo e alto.

Na área do Complexo Minerário do Projeto Vale do Rio Pardo há a ocorrência de apenas uma caverna valorada como de média relevância. Trata-se da caverna CM-24, que tem sua supressão prevista de acordo com Plano Diretor do empreendimento.

Como medida compensatória à supressão desta caverna de média relevância, é proposta a preservação de uma caverna de alta relevância.

Neste caso, se propõe a preservação da caverna denominada CM-13, cuja integridade física e manutenção do equilíbrio ecológico deverão ser garantidas pela realização de monitoramento com o objetivo de subsidiar estratégias do planejamento operacional de atividades de mineração na adjacência de áreas com presença de cavernas naturais subterrâneas, de forma a garantir a integridade física e a manutenção do equilíbrio ecológico desta caverna, concomitantemente à execução do plano de lavra inerente à atividade minerária.

Ao determinar a compensação de cavernas naturais de grau médio, a norma estabelece que cabe ao empreendedor **adotar medidas e financiar ações que contribuam para a conservação e o uso adequado do patrimônio espeleológico.**

O comando é genérico, amplo e aberto as mais largas possibilidades.

Assim, a fixação da obrigação, a partir da lógica do que significa a compensação ambiental (reservar amostras e protegê-las) exige o estabelecimento de medidas e ações voltadas à conservação e ao uso adequado de cavernas naturais. Nada mais é exigido. Não há fórmula nem limites que circunscrevem as ações. Em torno deste objeto, qualquer ação é admissível desde que haja, é claro, um objetivo específico que possa ser atendido.

Desta forma, conclui-se que é perfeitamente possível que seja estabelecida a compensação de uma caverna de grau médio de relevância, que será suprimida, por meio de adoção de ações voltadas à conservação de uma caverna de grau alto. Não há, objetivamente, nenhum critério que limite ou impeça esta ação pretendida.

Por ademais, por “**adoção de medidas e financiamento de ações**” quer a norma dizer que não basta que uma caverna existente seja simplesmente isolada da ação antrópica. Faz-se necessário que, de fato, sejam executadas medidas, o que inclui a realização de investimentos e custos de programas e ações, voltados à conservação ou desenvolvimento de estudos e pesquisas que contribuam para a conservação e uso adequado de um conjunto espeleológico.

Por este motivo, é proposta a adoção de medidas efetivas de conservação, que envolvem o desenvolvimento de pesquisas e técnicas que identifiquem como realizar a mineração nas adjacências de uma atividade minerária, sem que o patrimônio espeleológico seja afetado negativamente. São propostas medidas efetivas visando garantir a integridade física e manutenção do equilíbrio ecológico, por meio da manutenção de suas dinâmicas hídrica, evolutiva e biológica. Apresentam-se como objetivos dessas medidas: (i) monitorar aspectos físicos suficientes para a compreensão da condição de estabilidade geotécnica das cavidades; (ii) monitorar os aspectos biológicos que garantam a manutenção da dinâmica biológica destas cavidades e (iii) fornecer ferramentas para a gestão dos riscos à estabilidade das cavidades, viabilizando um planejamento estratégico das atividades minerárias do entorno.

Consigne-se, ainda, que, conforme explicitado do item “**9.1.1. Metodologia Proposta para o Monitoramento de Cavidades**”, a metodologia proposta para o monitoramento desenvolvida possui como diretriz principal o caráter preventivo, precavido e antecipatório em relação aos riscos que representam potencialidades de iminência de impactos nas cavidades monitoradas. Ou seja, o escopo metodológico do monitoramento proposto não é apenas para prevenir o impacto, mas, antes disto, e também, promover a gestão preventiva dos riscos que potencializam a iminência do impacto, de maneira a garantir com maior segurança que este não ocorra. A importância desta abordagem está no fato de viabilizar ações preventivas, por parte da atividade minerária, que sejam mais assertivas e eficientes no sentido da manutenção da integridade física das cavidades.

Assim, verifica-se que do ponto de vista jurídico normativo, a proposta de compensação da cavidade de grau de médio de relevância que será suprimida, por meio das ações propostas para o conjunto de cavidades de grau de relevância alto, nas proximidades da mina, é perfeitamente viável e factível e até incentivado pela norma, quando intencionalmente determina que as ações devam ser preferencialmente dirigidas a proteção de cavidades de grau de relevância máximo e alto.

No Anexo 15 é apresentado Parecer Jurídico que fundamenta a presente proposta de compensação da cavidade CM-24, valorada com o grau médio de relevância.

### 9.3. Quadro Resumo

A seguir, é apresentado um quadro resumo (Quadro 9.15) apresentando as cavidades que serão impactadas, com suas respectivas medidas propostas para compensação.

**Quadro 9.15: Cavidades impactadas e suas respectivas medidas propostas para compensação**

<b>Cavidade</b>	<b>Situação</b>	<b>Medida Compensatória</b>
CM-01	Protegida, desde que adotadas medidas de controle e monitoramento	Não é devida
CM-02	Protegida, desde que adotadas medidas de controle e monitoramento	Não é devida
CM-03	Suprimida	Criação de RPPN; elaboração de estudos paleontológicos complementares; e prospecção espeleológica no Parque Estadual Grão Mogol
CM-04	Suprimida	Criação de RPPN; elaboração de estudos paleontológicos complementares; e prospecção espeleológica no Parque Estadual Grão Mogol
CM-05	Suprimida	Criação de RPPN; elaboração de estudos paleontológicos complementares; e prospecção espeleológica no Parque Estadual Grão Mogol
CM-06	Suprimida	Criação de RPPN; elaboração de estudos paleontológicos complementares; e prospecção espeleológica no Parque Estadual Grão Mogol
CM-07	Suprimida	Criação de RPPN; elaboração de estudos paleontológicos complementares; e prospecção espeleológica no Parque Estadual Grão Mogol
CM-08	Protegida, desde que adotadas medidas de controle e monitoramento	Não é devida
CM-09	Suprimida	Criação de RPPN; elaboração de estudos paleontológicos complementares; e prospecção espeleológica no Parque Estadual Grão Mogol
CM-10	Protegida, desde que adotadas medidas de controle e monitoramento	Não é devida
CM-11	Protegida, desde que adotadas medidas de controle e monitoramento	Não é devida
CM-12	Suprimida	Preservação de duas outras cavidades na área do empreendimento
CM-13	Protegida, desde que adotadas medidas de controle e monitoramento	Não é devida
CM-14	Suprimida	Criação de RPPN; elaboração de estudos paleontológicos complementares; e prospecção espeleológica no Parque Estadual Grão Mogol
CM-15	Protegida, desde que adotadas medidas de controle e monitoramento	Não é devida
CM-16	Protegida, desde que adotadas medidas de controle e monitoramento	Não é devida

<b>Cavidade</b>	<b>Situação</b>	<b>Medida Compensatória</b>
CM-17	Protegida, desde que adotadas medidas de controle e monitoramento	Não é devida
CM-18	Suprimida	Preservação de duas outras cavidades na área do empreendimento
CM-19	Suprimida	Criação de RPPN; elaboração de estudos paleontológicos complementares; e prospecção espeleológica no Parque Estadual Grão Mogol
CM-20	Protegida, desde que adotadas medidas de controle e monitoramento	Não é devida
CM-21	Suprimida	Criação de RPPN; elaboração de estudos paleontológicos complementares; e prospecção espeleológica no Parque Estadual Grão Mogol
CM-22	Suprimida	Criação de RPPN; elaboração de estudos paleontológicos complementares; e prospecção espeleológica no Parque Estadual Grão Mogol
CM-23	Suprimida	Criação de RPPN; elaboração de estudos paleontológicos complementares; e prospecção espeleológica no Parque Estadual Grão Mogol
CM-24	Suprimida	Preservação de uma cavidade de alta relevância
CM-25	Impactada	Preservação de duas outras cavidades na área do empreendimento
CM-26	Suprimida	Criação de RPPN; elaboração de estudos paleontológicos complementares; e prospecção espeleológica no Parque Estadual Grão Mogol
CM-27	Protegida	Não é devida

Fonte: IC Ambiental, 2015.

## 10.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALKMIN, F. F.; MARSHAK, S.; PEDROSA-SOARES, A. C.; PERES, G. G.; CRUZ, S. C. P.; WHITTINGTON, A. 2006. Kinematic Evolution of the Araçuaí-West Congo orogen in Brazil and Africa. Nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana. **Precambrian Research**, 149: 43-64.
- ALKMIM, F.F.; PEDROSA-SOARES, A.C.; NOCE, C.M.; CRUZ, S.C.P. 2007. Sobre a evolução tectônica do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental. **Geonomos**, 15(1): 25-43.
- AMPLO. *Estudo de Impacto Ambiental da Mina Apolo*. Relatório Técnico. Belo Horizonte. 2009.
- ANDRADE, R. Fauna cavernícola da FLONA Carajás, Pará. *II Encontro Brasileiro de Estudos do Carste*. Resumos, 2007.p.106.
- ARNOLD, E. N. *Investigating the origins of performance advantage: adaptation, exaptation and lineage effects*. In: Eggleton, P. & Vane-Wright, R. I. (eds.). *Phylogenetics and Ecology*. Academic Press, London, 1994. p. 123 - 167.
- AULER A. S. & PILÓ, L. B. *Introdução às cavernas em minério de ferro e canga*. *O Carste*, 2005a.v.17, n.3, p.70-72.
- AULER, A. & PILÓ, L. B. *Uma Nova Proposta para Análise de Relevância Espeleológica*. *Carste Consultores Associados*. Belo Horizonte: Relatório Técnico. 2005b. 60 p.
- AULER, A. S.; PILÓ, L. B.; SAADI, A. *Ambientes Cársticos*. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: ABEQUA/Holos, 2005. p. 321-342.
- AULER, A., RUBBIOLI, E., & BRANDI, R. *As Grandes cavernas do Brasil*. Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas. 2001. 228p.
- AULER, A. S. *O legado espeleológico de George Simmons*. *O Carste* 2005 17(3): 73-77.
- AULER, A. *Relevância de cavidades naturais subterrâneas: contextualização, impactos ambientais e aspectos jurídicos*. Brasília, DF: MME/PNUD, 2006. 166 p.
- BAETA, A. & PILÓ, H. *Arqueologia do Quadrilátero Ferrífero: aspectos preliminares sobre sua ocupação*. *Estudo de caso do Capão Xavier*. *O Carste*, 2005. 17(3): 116-131.
- BAHIA, G. R. *Sucessão Ecológica em Guano de Morcegos Insetívoros em Cavernas*. 2007 (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte - MG. 2007.
- BARR, T. C. Jr. *Cave ecology and the evolution of troglobites*. *Evolutionary Biology*, 1968. 2: 35-102.
- BARR, T. C. Jr. *Observations on the ecology of caves*. *The American Naturalist*, 1967. 101(922): 475-491.

- BOGGIANI, P. C. & COIMBRA, A. M. 1996. The Corumbá Group (Central South America) in the context of Late Neoproterozoic Global Chances. *Anais da Academia Brasileira de Ciências, Resumo das Comunicações*, 68(4): 595-596.
- BOGGIANI, P. C. & COIMBRA, A. M. Morraria do Puga, MS - *Típica associação neoproterozóica de glaciação e sedimentação carbonática*. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D. A.; Queiroz, E. T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. L. C. (Edit.) 2002.
- BOWDEN, D. J. *Sub-laterite cave systems and other pseudo-karst phenomena in the humid tropics: The example of the Kasewe Hills, Sierra Leone*. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, 1980. 24: 77-90.
- BRANDT MEIO AMBIENTE, 2011. Estudo de Impactos Ambientais: Mapeamento de Potencialidade Espeleológica; Caminhamento Espeleológico; Caracterização Expedita das Cavidades do Bloco 8. Projeto Vale do Rio Pardo - Sul Americana de Metais. Nova Lima, MG.
- BRANDT MEIO AMBIENTE, 2012. Estudo de Impactos Ambientais (EIA) - Complexo Minerário e Adutora. Módulo 06 – Anexo 26. Relatório de Prospecção Espeleológica nas Áreas de Estudo do Complexo Minerário e Adutora. Projeto Vale do Rio Pardo - Sul Americana de Metais. Nova Lima, MG.
- BRANDT MEIO AMBIENTE, 2012b. Estudo de Impactos Ambientais (EIA) - Módulo 14 - Relatório Técnico Complementar. Relatório de Valoração de Cavidades. Projeto Vale do Rio Pardo - Sul Americana de Metais. Nova Lima, MG.
- BRANDT MEIO AMBIENTE, 2013. Relatório Técnico Complementar. Estudo de Relevância de Cavidades – Complexo Minerário e Vale dos Gigantes. Projeto Vale do Rio Pardo - Sul Americana de Metais. Nova Lima, MG.
- BRANDT MEIO AMBIENTE, 2013b. Relatório de Caracterização de Feições Exocársticas – Complexo Minerário. Projeto Vale do Rio Pardo - Sul Americana de Metais. Nova Lima, MG.
- BRANDT MEIO AMBIENTE, 2014. Resposta ao Parecer Técnico Referente ao Processo 02001.000959/2010-41; Resposta ao Parecer de Espeleologia: PAR. 000287/2013 NLA/MG/IBAMA. Nova Lima, MG.
- BRASIL. Decreto nº 6.640, de 7 de novembro de 2008. Dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto no 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. 2008. Brasília.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 2 de 20/08/2009 /MMA - Ministério do Meio Ambiente. *Diário Oficial da União*, 21 agosto. 2009.
- CARMO, F. F.; CARMO, F. F.; LELES, B. P.; JACOBI, C. M. Primeiros Registros de Cavernas Ferruginosas no Norte de Minas. *SBE Notícias - Boletim eletrônico da Sociedade Brasileira de Espeleologia*. Ano 5, nº 163, 2010. Campinas.

- CARMO, F. F.; CARMO, F. F.; BUCHMANN, F. S.; FRANK, H. T.; JACOBI, C. M. Primeiros registros de paleotocas desenvolvidas em formações ferríferas, Minas Gerais, Brasil. Anais do 31º Congresso Brasileiro de Espeleologia, Ponta Grossa, PR, 21 a 24 de julho de 2011: 531-540.
- CARMO, F. F.; CARMO, F. F.; SALGADO, A. A. R.; JACOBI, C. M. *Novo sítio espeleológico em sistemas ferruginosos, no vale do rio Peixe Bravo*, Norte de Minas Gerais, Brasil. Espeleo-Tema, 2011. 22(1): 25-39.
- CARMO, F.F. Importância Ambiental e Estado de Conservação dos Ecossistemas de Cangas no Quadrilátero Ferrífero e Proposta de Áreas-alvo para a Investigação e Proteção da Biodiversidade em Minas Gerais. 2010. 90p. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre). Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- CCEPE (Comissão de Cadastro, Espeleometria e Províncias Espeleológicas). 1989. Propostas e discussões sobre cadastro, espeleometria e províncias espeleológicas. **Informativo SBE** 24/25: 3-12.
- CCEPE (Comissão de Cadastro, Espeleometria e Províncias Espeleológicas). 1991. **Normas e Convenções Espeleométricas**. Sociedade Brasileira de Espeleologia. 14p.
- CECAV. Mapa das Regiões Cársticas do Brasil. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. Brasília. 2009.
- CECAV. Apostila do II Curso de Espeleologia licenciamento Ambiental. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. Brasília. 2010.
- CECAV. Base de Dados Geoespacializados das Cavernas do Brasil. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. Brasília. Disponível em < <http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/mapas.html>>. Acesso em 04 de junho de 2012.
- CECAV. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. 2012. Disponível em: < [www.icmbio.gov.br/cecav](http://www.icmbio.gov.br/cecav) >. Acesso em: 09 /02/2012.
- CECAV. 2010. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. Mapa de potencial espeleológico.
- CECAV - Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. Projeto Inventário Anual do Patrimônio Espeleológico Nacional: Rotina de procedimentos associados à coleta de dados relativos à localização de cavidades. Brasília: 2012.
- CETEC. FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. *Diagnóstico ambiental do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: 1982. 158 p.
- CHABERT, C.& WATSON, R.A.1981. Mapping and Measuring Caves, a Conceptual Analysis. NSS Bulletin, vol.43, 1, January, p.3-11.

- COLWELL, R. K.; MAO, C. X.; CHANG, J. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, 2004. 85. 2717-2727.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2004. Resolução CONAMA nº 347, de 10 de setembro de 2004. Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico. Brasília.
- CPRM-CODEMIG. Mapa Geológico de Minas Gerais, escala 1:1.000.000. Belo Horizonte, Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais, CD-ROM. 2003.
- CPRM. Base Paleo - Ocorrências Fossilíferas. COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS. 2011. Disponível em: <  
<http://www.cprm.gov.br/bases/novapale/pale.php> > Acesso em: 21/11/2011.
- CULVER, D. C. 1982. *Cave Life Evolution and Ecology*. Cambridge / Massachusetts / London: Harvard University, 1982. 189 p.
- CUNHA Jr, W. R.; ATZINGEN, N.; CRESCENCIO, G.. Estudos espeleológicos na serra dos Carajás, município de Parauapebas-PA. Congresso Brasileiro de Espeleologia, 29, Ouro Preto. Anais. Ouro Preto: SBE/SEE. 2007. p. 97-103.
- DALMOLIN, Q. & SANTOS, D. R. *Sistema Laser scanner: Conceitos e Princípios de Funcionamento*. 3ª Edição - UFPR - Curitiba/PR - Brasil. 2004. 97p.
- DRESH, Rafael de Freitas Valle. Paleontologia em destaque. Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Paleontologia. Ano 21, nº 56. (Outubro/Novembro/Dezembro de 2006, pág. 12). (<http://www.sbebrasil.org/>)
- DUTRA Georgete Macedo. Geoespeleologia das Cavernas do Inficionado - Minas Gerais, Brasil. **Anais do 13th International Congress of Speleology; 4th Speleological Congress of Latin América and Caribbean; 26th Brazilian Congress of Speleology**. Brasília: 2001. P. 53-56.
- EGGER, V. A. *O Supergrupo do Espinhaço entre Serranópolis de Minas e Mato Verde (MG): Estratigrafia e implicações para o entendimento dos depósitos aluvionares de diamantes na região*. 2006. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais. I.G.C. Departamento de Geologia. 2006.
- ETCHEVARNE, Carlos. *Escrito Na Pedra*. Versal Editores. 2007.
- FABRI, F. P. Estudo das Cavernas Quartzíticas da Região de Itambé do Mato Dentro, Serra do Espinhaço Meridional, MG. **Dissertação de Mestrado em Geografia**. Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: 2011.
- FERDIÈRE, A. Les Prospections au Sol. In: M. Dabas et al. **La Prospection**. Paris, Ed. Errance, 1998.
- FERREIRA, N. B. *Estudo morfológico e geológico de cavernas em rochas siliciclásticas*. Relatório de Iniciação Científica apresentado ao CNPq. 1996. 44p.

- FERREIRA, R. L. & MARTINS, R. P. *Diversity and distribution of spiders associated with bat guano piles in Morrinho cave (Bahia State, Brazil)*. Biodiversity Research, [S.I.], 1998. 4: p. 235-241.
- FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P.; YANEGA, D. *Ecology of bat guano arthropod communities in a Brazilian dry cave*. Ecotropica, [S.I.], 2000. 6: p. 105-115.
- FERREIRA, R. L. *A medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos*. 2004. (Tese de doutorado). Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais. 160p.
- FERREIRA, R. L. *A vida subterrânea nos campos ferruginosos*. O Carste, 2005.17(3): 106-115.
- GARDNER, A. L. *Mammals of South America: Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats*. Chicago: University of Chicago Press, 2007. p. 207-208.
- GIRELLI, M. *Lajeados com gravuras na região de Corumbá*. 1994. 147 pp. (MS. Dissertação). Universidade do Vale do Rio dos Sinos. 1994.
- GNASPINI, P. & TRAJANO, E. *Brazilian cave invertebrates, with a checklist of troglomorphic taxa*. *Revista Brasileira da Entomologia*, 1994.38 (3/4): 549-584.
- GOLDER ASSOCIATES. *Estudo de Impacto Ambiental - EIA. Projeto Ferro Carajás S11D. Volume III*, 2010.
- GRADIM, R. J.; ALKMIM, F. F.; PEDROSA-SOARES, A. C.; BABINSKI, M.; NOCE, C. M. *Xistos Verdes do Alto Araçuaí, Minas Gerais: Vulcanismo Básico do Rifte Neoproterozóico Macaúbas*. *Revista Brasileira de Geociências*, 2005. 35 (4-suplemento): 59-69.
- GROSSI-SAD, J. H.; LOBATO, L. M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; SOARES-FILHO, B. S. (Eds.). *Projeto Espinhaço em CD-ROM*. CODEMIG, Belo Horizonte, 2693 p. e 23 mapas. 1997.
- GUIMARÃES, M. L. V.; CROCCO-RODRIGUES, F. A.; ABREU, F. R.; BELO DE OLIVEIRA, O. A.; GRECO, F. M. *Geologia do Bloco Itacambira-Monte Azul entre Barroco e Porteirinha (MG)*. In: *Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos*, 4, Belo Horizonte. Resumos. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1993. p. 74-78.
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. *PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis*. *Palaeontologia Electronica*, 2001. 4(1): 9pp.
- HOLSINGER, J. R. & CULVER, D. C. *The invertebrate cave fauna of Virginia and a part of Eastern Tennessee: Zoogeography and ecology*. *Brimleyana*, 1988. 14: 1-162.
- HOLSINGER, J. R. *Troglobites: the evolution of cave-dwelling organisms*. *American Scientist*, 1988. 76: 146-153.

- HOWARTH, F. G. *The zoogeography of specialized cave animals: a bioclimatic model*. Evolution, 1980.34(2): 394-406.
- HOWARTH, F. G. *Ecology of cave arthropods*. Annual Review of Entomology, 1983. 28: 365-389.
- HOWARTH, F. G. *High-stress subterranean habitats and evolutionary change in cave-inhabiting arthropods*. The American Naturalist, 1993. 142: 565-577.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 1990. Portaria IBAMA nº 887, de 15 de junho de 1990. Brasília.
- IBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 1980. Carta Topográfica - Folha Padre Carvalho. SE-23-X-B-II. MI-2269. Brasília: 1980.
- IBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico de geomorfologia. IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2ª ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p. - (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598; n. 5).
- ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2013. Decreto 6640 Comentado. Disponível em: [http://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/Decreto\\_6640\\_Comentado.pdf](http://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/Decreto_6640_Comentado.pdf) - Acesso em: 19/02/2013.
- IPHAN - Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. 2012. Site do IPHAN. Disponível em: < <http://www.iphan.gov.br> >. Acesso em 02/10/2012.
- INSTITUTO DO CARSTE. 2012. Workshop Técnico Científico: Espeleometria métodos, definições e limites. Belo Horizonte, 23 e 24 de maio de 2012. Síntese do Evento. Belo Horizonte: Julho de 2012.
- JACOBI, C.M.; CARMO, F.F.; VINCENT, R.C.; STEHHMANN, J.R. 2007. Plant communities on ironstone outcrops - a diverse and endangered Brazilian ecosystem. Biodiversity and Conservation, 16: 2185-2200.
- JENNINGS, J. N. *Karst Geomorphology*. Oxford: Basil Blackwell, 1985. 293 p.
- JUBERTHIE, C. *The diversity of the karstic and pseudokarstic hypogean habitats in the world*, In: *Ecosystems of the World 30*. Subterranean Ecosystems (H. Wilkens, D. C. Culver & W. F. Humphreys, Eds.). Elsevier, Amsterdam. 2002. p. 17 - 39.
- KARMANN, I. & SÁNCHEZ, L. E. *Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil*. Espeleo-Tema 1980.13: 105-167.
- KARMANN, I. *Evolução e dinâmica atual do sistema cárstico do alto vale do rio Ribeira de Iguape*. 1994. 228p. (Tese de Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

- KASHIMOTO, Emília M. O uso de variáveis ambientais na detecção e resgate de bens pré-históricos em áreas arqueologicamente pouco conhecidas. Atas do Simpósio sobre Política Nacional do Meio Ambiente e Patrimônio Cultural (1996) - Goiânia, GO, p. 91-94., 1997.
- KIPNIS, Renato O uso de modelos preditivos para diagnosticar recursos arqueológicos em áreas a serem afetadas por empreendimentos de impacto ambiental. Atas do Simpósio sobre Política Nacional do Meio Ambiente e Patrimônio Cultural (1996). Goiânia, GO. p. 34-40, 1997.
- KUNZ, T. H. *Roosting ecology of bats*, p. 1-55. In: T.H. KUNZ (Ed.). Ecology of bats. New York, Plenum Press, 1982. XVIII+425p.
- LIM, B. K. & ENGSTROM, M. D. *Species diversity of bats* (Mammalia: Chiroptera) in Iwokrama Forest, Guyana, and the Guianan subregion: implications for conservation. Biodiversity and Conservation, 2001.10: 613-657.
- MAGALHÃES, M. P. Arqueologia do Carajás: a presença pré-histórica do homem na Amazônia. Rio de Janeiro. Companhia Vale do Rio Doce, 1994; 96p.
- MAGALHÃES, M. P. *O Homem das cavernas de Carajás*. In: João Batista Guimarães Teixeira; Vanderlei de Rui Beisiegel. (Org.). In: Carajás: geologia e ocupação humana. 1ed. Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi, 2006. 91-126.
- MAGURRAN, A. E. *Measuring biological diversity*. In Blackwell Science Oxford: Blackwell Science 2004.
- MAHNERT, V. *Cave-dwelling pseudoscorpions* (Arachnida, Pseudoscorpiones) from Brazil. Revue Suisse de Zoologie, 2001. 108(1): 95-148.
- MARSHAK, S., ALKMIM, F.F., WHITTINGTON, A., PEDROSA-SOARES, A.C. 2006. Extensional collapse in the neoproterozoic Araçuaí orogen, eastern Brazil: a setting for reactivation of asymmetric crenulation cleavage. Journal of Structural Geology, 28: 129-147.
- MARTIN, Gabriela. O estilo seridó na arte rupestre do Rio Grande do Norte. Arquivo Museu de História Natural, vol. VI-VII, belo Horizonte, UFMG, 1981.
- MAURITY, C. W. & KOTSCHUBEY, B. *Evolução recente da cobertura de alteração no Platô N1 - Serra dos Carajás-PA. Degradação, pseudocarstificação, espeleotemas*. Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi. Série Ciências da Terra, 1995. 7: 331-362.
- MAURITY, C. W. & KOTSCHUBEY, B. 2005. Evolução recente da cobertura de alteração no Platô N1 - Serra dos Carajás-PA. Degradação, pseudocarstificação, espeleotemas. O Carste. Belo Horizonte: vol 17, nº 3. 78 - 91.
- MC CONSULTORIA, 2011. Relatório Espeleológico. Projeto Vale do Rio Pardo - Sul Americana de Metais. Brandt Meio Ambiente. *Relatório interno*. Belo Horizonte, MG.

- MCFARLANE, M. J. & TWIDALE, C. R. *Karstic features associated with tropical weathering profiles*. Zeitschrift fur Geomorphologie Suppl. Bd 1987. 64: 73-95.
- MELLO, C. L.; SANT'ANNA, L. G.; BERGQVIST, L. P. *Fonseca, MG - Vegetais fósseis do Terciário brasileiro*. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D. A.; Queiroz, E. T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. L. C. (Edits.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. 1. Brasília. 2002. DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 1: 73-79. Disponível em: < <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio086/sitio086.pdf> > Acesso em: 20/10/2012
- MOHR, C. E. & POULSON, T. L. *The life of the cave*. McGraw-Hill Book, New York, 1966. 232 pp.
- MOREIRA, J. R. A. & PAIVA, R. S. Levantamento bioespeleológico preliminar da Serra dos Carajás-PA-Brasil. *Congresso de Espeleologia da América Latina e do Caribe*, 1. Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: SBE, 1988.p.142-150.
- MOURÃO, M. A. A. & GROSSI-SAD, J. H. Geologia da folha Padre Carvalho. In: Grossi-Sad, J. H.; Lobato, I. M.; Pedrosa-Soares, A. C., Soares-Filho, B. S. (coordenadores e editores). *Projeto Espinhaço em CD-ROM (textos, mapas e anexos)*. Belo Horizonte, COMIG - Companhia Mineradora de Minas Gerais. 1997. p.315-418.
- MOURÃO, M. A. A. & PEDROSA-SOARES, A. C. Evidências de sedimentação turbidítica no Grupo Macaúbas, Faixa Araçuaí. *Revista Escola de Minas de Ouro Preto*, 1992. 45, 94-96.
- NOCE, C. M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; GROSSI-SAD, J. H.; BAARS, F. J.; GUIMARÃES, M. L. V.; MOURÃO, M. A. A.; OLIVEIRA, M. J. R.; ROQUE, N. C. Nova divisão estratigráfica regional do Grupo Macaúbas na Faixa Araçuaí: O registro de uma bacia neoproterozóica. In: *Simpósio Geologia*. 1997.
- OLIVEIRA, A.M. DOS S. Depósitos tecnógenos e assoreamentos de reservatórios: exemplo do reservatório de Capivara, rio Paranapanema, SP/PR. Tese de Doutorado, São Paulo, FFLCH-USP. 1994.
- OLIVEIRA, O. A. B. Aspectos Geológicos Relacionados às Cavernas no Quadrilátero Ferrífero - MG. Anais do 31º Congresso Brasileiro de Espeleologia, Ponta Grossa, PR, 21 a 24 de julho de 2011: 531-540.
- PALMER, A. N. Origin and morphology of limestone caves. *Geological Society of America Bulletin*, 1991. 103: 1-21.
- PARZEFALL, J. Behavioural preadaptations of marine species for the colonisation of caves. *Stygologia*, 1986. 2(1/2): 144 - 155.
- PEDROSA-SOARES, A. C. *Potencial aurífero do Vale do Araçuaí, Minas Gerais: história da exploração, geologia e controle tectono-metamórfico*. Brasília, (Tese de Doutorado). IG-UnB.1995.

- PEDROSA-SOARES, A. C. & GROSSI-SAD, J. H. *Geologia da Folha Minas Novas*. In: Grossi-Sad, J. H.; Lobato, L. M.; Pedrosa-Soares, A. C.; Soares-Filho, B. S. (Eds.), Projeto Espinhaço em CDROM. Belo Horizonte, CODEMIG, 1997. p. 952-1052.
- PEDROSA-SOARES, A. C. & WIEDEMANN-LEONARDOS, C. M. *Evolution of the Araçuaí Belt and its connection to the Ribeira Belt, Eastern Brazil*. In: Cordani, U.; Milani, E.; Thomaz-Filho, A.; Campos, D. A. (Eds), Tectonic Evolution of South America. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 2000. p. 265-285.
- PEDROSA-SOARES, A. C., VIDAL, P., LEONARDOS, O. H.; BRITO-NEVES, B. B.. Neoproterozoic oceanic remnants in eastern Brazil: Further evidence and refutation of an exclusively ensialic evolution for the Araçuaí-West Congo orogen. *Geology*, 1998. 26: 519-522.
- PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. M.; VIDAL, P.; MONTEIRO, R.; LEONARDOS, O. H. *Toward a new tectonic model for the Late Proterozoic Araçuaí (SE Brazil) - West Congolian (SW Africa) Belt*. *Journal of South American Earth Sciences*, 1992. 6: 33-47.
- PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. M.; WIEDEMANN, C. M. & PINTO, C. P. *The Araçuaí-West Congo orogen in Brazil: An overview of a confined orogen formed during Gondwanland assembly*. *Precambrian Research*, 2001.110: 307-323.
- PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. M.; ALKMIM, F. F.; SILVA, L. C.; BABINSKI, M., CORDANI, U.; CASTAÑEDA, C. *Orógeno Araçuaí: Síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977*. *Geonomos*, 2007. 15(1): 1-16.
- PEDROSA-SOARES, A. C.; BABINSKI, M.; NOCE, C.; MARTINS; M.; QUEIROGA, G.; VILELA, F. T. *The Neoproterozoic Macaúbas Group (Araçuaí orogen, SE Brazil) with emphasis on the diamictite formations*. 2010.
- PERACCHI, A. L.; LIMA, I. P.; REIS, N. R.; NOGUEIRA, M. R.; ORTÊNCIO-FILHO, H. ORDEM CHIROPTERA; IN N. R. REIS, A. L. PERACCHI, W. A. PEDRO, AND I. P. LIMA (ED.). *Mamíferos do Brasil*. Londrina: Editora da Universidade Estadual de Londrina. 2006. P. 153-230
- PEREIRA, M. C. Aspectos Genéticos e Morfológicos das Cavidades Naturais da Serra da Piedade - Quadrilátero Ferrífero/MG. (Dissertação de mestrado geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.
- PIELOU, E. C. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of theoretical Biology*, 1966. 13:131 - 44.
- PILÓ, L. B. & AULER, A. S. As cavernas em minério de ferro e canga de Capão Xavier, Quadrilátero Ferrífero, MG, 2005. *O Carste* 17(3): 93-105.
- PILÓ, L. B. & AULER, A. Geoespeleologia das cavernas em rochas ferríferas da região de Carajás, PA. Congresso Brasileiro de Espeleologia, 30, Montes Claros. Anais... Montes Claros: SBE, 2009.p.181-186.

- PINHEIRO, R. V. L. & MAURITY, C. W. As cavernas em rochas intempéricas da Serra dos Carajás Brasil. Congresso de Espeleologia da América Latina e do Caribe, 1. Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: SBE, 1988.p.179-186.
- PINHEIRO, R. V. L.; HENRIQUES, A. L.; SILVEIRA, L. T.; MAURITY, C. W. *Considerações Preliminares sobre a Espeleologia da Serra dos Carajás (PA)*. Grupo Espeleológico Paraense. Relatório inédito, 1985. 38p.
- PINTO-DA-ROCHA, R. *Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907-1994)*. Papéis Avulsos de Zoologia, 1995. 39 (6): 61-173.
- POULSON, T. L. & WHITE, W. B. *The cave environment*. Science, 1969.165: 971-981.
- REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. (Ed.). *Morcegos do Brasil*. Londrina: Nélio R. dos Reis, 2007. 253 p.
- PROUS, A. Arqueologia Brasileira. Brasília: Ed. UNB, 1992.
- PROUS, A. Artefatos de cerâmica, argila, osso, chifre, dente, vegetal e concha. Arquivos do Museu de História Natural, v XII, p. 171-177. 1991.
- PROUS, A. Apuntes para Análisis de Indústrias Líticas. Madri: Ortegalia. 2004.
- REX, K.; KELM, D. H.; WIESNER, K.; KUNZ T. H. & VOIGT, C. C. 2008. *Species richness and structure of three Neotropical bat assemblages*. Biological Journal of the Linnean Society, 2008, 94, 617-629.
- RODET, M. J. Etude technologique des industries lithiques taillées du nord de Minas Gerais Brésil - Depuis le passage Pléistocène/ Holocène jusqu'au contact XVIIIème siecle. Tese de Doutorado. 2006.
- ROSIERE, C. A.; RENGER, F. E.; PIUZANA, D.; SPIER, C. A. 2005. *Pico de Itabira, MG - Marco estrutural, histórico e geográfico do Quadrilátero Ferrífero*. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E. T.; Campos, D. A.; Souza, C. R. G.; Fernandes, A. C. S. (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Disponível em: < <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio042/sitio042.pdf> > Acesso em: 16/01/2012.
- RUBBIOLI, E. & MOURA, V. *Mapeamento de cavernas: guia prático*. São Paulo, Redespeleo Brasil, 2005. 92 p.
- RUCHKYS, U. A.; RENGER, F. E.; NOCE, C. M.; MACHADO, M. M. M. *Serra da Piedade, Quadrilátero Ferrífero, MG - da lenda do Sabarabuçu ao patrimônio histórico, geológico, paisagístico e religioso* In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Berbert-BORN, M.; QUEIROZ, E. T.; CAMPOS, D. A.; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S. (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. 2007. Disponível em: < <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio129/sitio129.pdf> > Acesso em: 16/01/2012.
- RUCHKYS, U. A. 2008. Geoparque do Quadrilátero Ferrífero: uma abordagem multidisciplinar. In: Simpósio Afloramentos Ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero:

Biodiversidade, Conservação e Perspectivas de Sustentabilidade. Belo Horizonte, 66-77. CD.

SAADI, A. *A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens*. Geonomos, v. 3, n. 1, p. 41-63, 1995.

SANTOS, A.J. *Estimativas de riqueza em espécies*. In: CULLEN Jr., L. et al. (Org.). Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre. Curitiba: Ed. UFPR e Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003. p. 19-41.

SARBU, S.M., KANE, T.C. & KINKLE, B.K. A chemoautotrophically based cave ecosystem. Science, [S.I.], 1996. 272: p.1953-1955

SBE - SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA. 2012a. Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC - Brasil). Versão antiga. Disponível em: < <http://www.sbe.com.br/cnc.asp> > Acesso em 01/06/2012 e 22/10/2012.

SBE - SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA. 2012b. Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC - Brasil). Versão nova. Disponível em: < <http://www.cavernas.org.br/cnc/CavernasBW/RegioesBrasil> > Acesso em 22/10/2012.

SBE. Normas e Convenções Espeleométricas. CCEPE (Comissão de Cadastro, Espeleometria e Províncias Espeleológicas). 1991 SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA (SBE). Disponível em: < <http://www.cavernas.org.br> > Acesso em: 10/10/2011.

SCHIFFER, M. B; G. J. GUMERMAN (Ed.). Conservation Archaeology, New York, Academic Press, 1977.

SCHILLING, A. C. & BATISTA, J. L. F. 2008. *Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais*. Revista Brasileira de Botânica, v. 31, p. 179-187, 2008.

SCHMITZ, P. I. Caçadores - Coletores do Brasil Central. Pré-História da Terra Brasilis. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 1999.

SILVA, M. S.; MARTINS, R. P.; FERREIRA, R. L. *Cave Lithology determining the structure of the invertebrate communities in the Brazilian Atlantic Rain Forest*. Biodiversity and Conservation, 2011. 20(8): 1713-1729.

SILVA, S. M. 2004. Carstificação em Rochas Siliciclásticas: Estudo de caso na Serra do Ibitipoca, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado em Geografia. Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: 2004.

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

SIMPSON, E. H. Measurement of diversity. Nature, 1949.163, 688.

SNEATH, P. H. A. & SOKAL, R. R. Numerical Taxonomy. W. H. Freeman, San Francisco, 1973.

SOUZA-SILVA, M. *Ecologia e conservação das comunidades de invertebrados cavernícolas na Mata Atlântica Brasileira*. 2008. 216 p. (Tese Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008

SOUZA-SILVA, M; MARTINS, R. P.; FERREIRA, R. L. *Cave lithology determining the structure of the invertebrate communities in the Brazilian Atlantic Rain Forest*. Biodiversity and Conservation, edição eletrônica. 2011

SPELAYON. Análise de Relevância de Cavidades - Projeto Viga da Ferrous Resources. Belo Horizonte, abril de 2012.

SPIX, J. B. & MARTIUS, C. F. P. 1824. *Viagem pelo Brasil: 1817-1820*. Tradução Lucia Furquim Lahmeyer. Ed. Itatiaia, Belo Horizonte, ed. 1981, 3 v.

SPOLADORE, A. Novas Cavernas em Arenito no Estado do Paraná. Congresso Brasileiro de Espeleologia. Anais... Campinas: 2005.

STRAUBE, F. C., & BIANCONI, G. V. *Sobre a grandeza e a unidade utilizada para estimar esforço de captura com utilização de redes de neblina*. Chiroptera Neotropical 8: 2002.150-152.

SUL AMERICANA DE METAIS S.A. descrições das cavidades naturais rochosas subterrâneas Vale dos Gigantes e Bloco 08 (Complemento). 2013.

TOCA News / Projeto Paleotocas. Boletim Informativo das Pesquisas de Paleotocas na região Metropolitana de Porto Alegre. Número 8 - Dezembro de 2009. Prof. Heinrich Frank. UFRGS. (<http://www.ufrgs.br/paleotocas/TocaNews8a.pdf>).

TAVARES, V. C.; AGUIAR, L. M. S.; PERINI, F.A.; FALCÃO, F. C.; GREGORIN, R. Bats of the state of Minas Gerais, southeastern Brazil. *Chiroptera Neotropical*. 2010.16(1): 675-705.

TRAJANO, E. & BICHUETTE, M. E. *Biologia subterrânea: introdução*. Redespeleo. São Paulo, 2006. 92pp.

TRAJANO, E. & MOREIRA, J. R. A. Estudo da fauna de cavernas da província espeleológica arenítica Altamira-Itaituba, Pará. *Revista Brasileira de Biologia*, 1991. 51(1):

TRAJANO, E. *Ecology and ethology of subterranean catfishes*. In: Arratia, G., B. G. Kapoor, M. Chardon & R. Diogo (eds.). Catfishes, v. 2. Science Publishers, Enfield. 2003. p. 601-635

TRAJANO, E. *Protecting caves for the bats or bats for the caves?* Chiroptera Neotropical 1995.1 (2): 19-22.

- UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2012. Projeto Paleotocas. Disponível em: < <http://www.ufrgs.br/paleotocas/Portugues.htm> >. Acesso em 02/10/2012.
- UHLEIN, A. Transição Cráton-Faixa Dobrada: Exemplo do Cráton São Francisco e Faixa Araçuaí (Ciclo Brasileiro) no Estado de Minas Gerais. 1991. 295p (Tese de Doutorado) - Universidade de São Paulo, 1991.
- UHLEIN, A. & CHAVES, M. L. S. C. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais e Bahia: Correlações estratigráficas, conglomerados diamantíferos e evolução geodinâmica. *Revista Brasileira de Geociências*, 2001.31(4): 433-444.
- UHLEIN, A.; TROMPETTE, R.; EGYDIO-SILVA, M. 1995. Rifteamentos superpostos e tectônica de inversão na borda sudeste do Cráton do São Francisco. *Geonomos*: 3(1): 99-107.
- VALENTIN, J. L. & FERNANDEZ, F. A. S. (orgs.) Tópicos em tratamentos de dados biológicos (série Oecologia Brasileinsis, Vol. II). Rio de Janeiro, PPGEUFRJ, 1995.
- VANDEL, A. Biospéologie - *La biologie des animaux cavernicoles*. Gauthier-Villars Éditeur, Paris, 1964. 619 pp.
- VILELA, F.T., 2010. Caracterização de metadiamicritos ferruginosos da formação Nova Aurora (Grupo Macaúbas, Orógeno Araçuaí) a oeste de Salinas, MG. Universidade Federal de Minas Gerais. I.G.C. Departamento de Geologia. Dissertação de Mestrado.
- VIVEIROS, J. F. M.; SÁ, E. L.; VILELA, O. V.; SANTOS, O. M.; MOREIRA, J. M. P. *Geologia dos vales dos Rios Peixe Bravo e Alto Vacaria*, Norte de Minas Gerais. Atas 1o. Simp. Geologia de Minas Gerais, SBG - Núcleo MG, Bol. no. 1978. 1, 75-88, Diamantina (MG).
- VIZOTTO, L. D. & TADDEI, V. A.. Chave para determinação de quirópteros brasileiros. São José do Rio Preto, Universidade Estadual Paulista. 1973.
- WINGE, M. O que é um sítio geológico? In: Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil, SIGEP. 1999. Disponível em: < <http://www.unb.br/ig/sigep/apresenta.htm> > Acesso em: 07/02/2012.
- ZEPPELINI-FILHO, D.; RIBEIRO, A. C.; CUNHA, G. C.; FRACASSO, M. P. A.; PAVANI, M. M.; OLIVEIRA, O. M. P.; OLIVEIRA, S. A; MARQUES, A. C. Faunistic survey of sandstone caves from Altinópolis region, São Paulo State, Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 43 (5): 93-99, 2003.

**Internet:**

<http://www.icmbio.gov.br/cecav/>

[www.redespeleo.org.br](http://www.redespeleo.org.br)

[www.sbe.com.br](http://www.sbe.com.br)

## 11. GLOSSÁRIO

### Geoespeleologia

**Alvéolos:** são microfieções arredondadas em forma de cuia e ocorrem nas paredes.

**Canalículos:** canais de pequenas dimensões, existentes geralmente no contato do piso com o teto, mas também podendo ocorrer no teto.

**Canga:** é uma crosta laterítica formada por processo de intemperismo próximo à superfície.

**Cavidades:** espaços naturais vazios em rocha. Podem ter desenvolvimento horizontal ou vertical em forma de galerias e salões.

**Clastos:** sedimentos de tamanhos acima de 6 centímetros.

**Comportamento agonístico:** comportamento agressivo.

**Coralóides:** têm a forma de couve flor, são compostos por conjuntos de nódulos de vários tipos de minerais, recobrem o piso, paredes, e geralmente são de pequenas dimensões.

**Crostras:** são acumulações de minerais ou sedimentos, que recobrem homoganeamente parte de alguma feição, geralmente bastante delgada.

**Depósitos químicos:** são os espeleotemas, que é o nome genérico de todas as formações que ocorrem tipicamente no interior das cavernas, como resultado de sedimentação e cristalização de minerais dissolvidos na água.

**Domos:** são feições arredondadas em forma de cuia e ocorrem no teto.

**Geoespeleologia:** é o estudo geológico das cavernas.

**Incasão:** desabamento gravitacional de blocos que se desprendem do teto ou parede das cavidades.

**Limonita:** produto de alteração da especularita ou da hematita.

**Metadiamicrito hematítico:** metadiamicrito cuja matriz é composta predominantemente por especularita.

**Metadiamicrito quartzoso:** metadiamicrito cuja matriz é enriquecida em quartzo.

**Metadiamicrito micáceo:** metadiamicrito cuja matriz é composta predominantemente por mica.

**Paleotocas:** galerias feitas por animais pré-históricos.

**Pilares:** elementos verticais da estrutura da caverna e ocasionam passagens laterais nos condutos ou salões.

**Quimioautotróficos:** são organismos que utilizam a energia resultante da quebra de ligações químicas de compostos inorgânicos para sintetizar substâncias orgânicas.

**Sedimentos clásticos:** são aqueles detritos transportados e depositados ao longo dos condutos das cavernas.

**Sedimentos autogênicos:** gerados a partir de material do próprio substrato encaixante.

**Sedimentos alogênicos:** gerados fora da caverna.

**Serapilheira:** camada formada pela deposição e acúmulo de matéria orgânica morta em diferentes estágios de decomposição que reveste superficialmente o solo.

**Surgências:** nascente de água.

### **Bioespeleologia:**

**Ambiente hipógeo:** meio subterrâneo.

**Ambiente epígeo:** meio superficial.

**Autapomorfia:** caractere derivado que está presente exclusivamente em um único táxon terminal de um determinado cladograma.

**Comportamento agonístico:** comportamento agressivo.

**Detritívoros:** que se alimentam de restos orgânicos.

**Ecótono:** área de transição ambiental, onde comunidades ecológicas diferentes entram em contato.

**Exaptação:** é uma adaptação biológica que não evoluiu, dirigida principalmente por pressão seletiva relacionada à sua função atual. Em vez disso evoluiu por pressões seletivas diferentes relacionadas à uma adaptação para outras funções, até que eventualmente chegou a um estado ou construção em que veio a ser utilizada para uma nova função.

**Fotoautotróficos:** que utilizam a luz do sol para produção de alimentos.

**Guilda Alimentar ou Trófica:** É um conjunto de espécies que apresentam função ecológica similar relativa a seu hábito alimentar.

**Hematófago:** Animal que se alimenta de sangue.

**Mist Nets (Rede de Neblina):** Armadilha utilizada na captura de morcegos e aves. Consiste em uma rede de nylon com “bolsões” que é estendida na área de armadilhagem entre dois pontos de apoio.

**Morfotipagem:** distinção de possíveis espécies por meio de observações morfológicas, como proporções corporais, coloração, etc.

**Onívoros:** que se alimentam tanto de produtos de origem animal como vegetal.

**Quimioautotróficos:** são organismos que utilizam a energia resultante da quebra de ligações químicas de compostos inorgânicos para sintetizar substâncias orgânicas.

**Limpa Folha (Glider):** São os morcegos que capturam sua presa quando essa está no solo ou pousada em folhas.

**Tricobótrios:** cerdas sensoriais que podem ser encontradas em várias regiões do corpo de algumas espécies.

**Troglóbios:** espécies restritas ao meio subterrâneo.

**Troglófilos:** cavernícolas facultativos, capazes de viver e se reproduzir tanto no ambiente hipógeo como no epígeo, com indivíduos que transitam entre os dois ambientes, mantendo o fluxo gênico entre as populações.

**Troglomorfismos:** presença de caracteres evolutivos que podem estar relacionados ao ambiente hipógeo, como redução total ou parcial de órgãos visuais e pigmentação melânica, alongamento de apêndices e aumento de tricobótrios.

**Trogloxenos:** espécies que podem permanecer no interior das cavernas por algum tempo, mas são obrigados a sair periodicamente para o meio epígeo a fim de completar o ciclo de vida, para atividades como alimentação (caso mais comum) e/ou reprodução.

**Zona afótica:** com total ausência de luz.

## Arqueologia

**Figuras Antropomorfas:** apresenta morfologia do homem.

**Figuras Zoomorfas:** figuras que apresentam morfologia de animais.

**Figura Monocrômica:** apresentam somente uma coloração.

**Figura Policrômica:** apresenta mais de uma coloração

**Indústrias líticas/ Instrumentos líticos:** produção de ferramentas líticas, conjunto de utensílios líticos alterados por ação antrópica.

**Litotipos:** Quando se caracteriza uma fácies litológica, como uma rocha ou uma associação de rochas, para distinguir de outras rochas ou associações litológicas em estudo, considerando qualquer aspecto genético, composicional, químico ou mineralógico, morfológico, estrutural ou textural distintivo para fins de referência em um estudo geológico.

**Objeto Unifacial:** objeto núcleo ou de bloco apresentando uma face principal, trabalhada por lascamentos. A intersecção dessa face, com a face não trabalhada forma um contorno

contínuo, constituindo a totalidade ou parte da periferia do objeto. Um trabalho unifacial é um trabalho, sobre só uma face.

**Paleossolos:** Solo antigo preservado por capeamento de material sedimentar ou rochas, sedimentares ou vulcânicas, mais jovens.

**Percussão Bipolar:** técnica de lascamento onde a peça a ser debitada é colocada verticalmente sobre a face plana de uma bigorna, de rocha preferencialmente resistente; pode, no entanto, ser de rocha frágil conquanto seja bastante espessa. O batedor é segurado numa das extremidades, mas será usada uma parte próxima do centro da face (nunca extremidade, sob pena de machucar a mão que segura o bloco a ser debitado).

**Polimento:** obtido esfregando-se uma pedra sobre um polidor pelo menos tão duro quanto ela, com ajuda de um abrasivo (areia rica em sílica) e de frequentes lavagens com água. O polimento permite obtenção de gumes resistentes, biconvexos, criando também resultado estético relevante, já que uma superfície brilhante e regular parece frequentemente ter sido mais valorizada que uma superfície lascada (PROUS, 1992).

**Tradição Nordeste:** foi reconhecida por Guidon, na Serra da Capivara, Sudeste do Piauí. Comporta subtradições ou estilos que tem como elemento comum o dinamismo, as cenas de ação, de dança, caça e cópula. Antropomorfos em oposição “dorso a dorso” são frequentes, com o elemento triangular sempre associado. Aparecem muitos zoomorfos e sinais geométricos irreconhecíveis. Nesta tradição são notadas as subtradições “Serra da Capivara”, com os já citados grupos de pequenos antropomorfos; a “Serra Branca”, com antropomorfos de corpos retangulares, alongados verticalmente, cocares e corpos completamente desenhados, no interior, como representação de pinturas corporais; por fim, a “Subtradição Seridó”, reconhecida nesta região por G. Martin, com figuras antropomórficas ou zoomórficas apresentando a característica cabeça em forma de “C”. Esta representação humana está presente nos Abrigos Vermelhos (MT), Sete Cidades (CE) e algumas partes da Califórnia e do México. Estas convergências foram estudadas recentemente pelo norte-americano Richard (“Dito”) Morales, na sua tese de doutoramento.

**Tradição Planalto:** foi à denominação dada por PROUS, da UFMG, para signos [encontrados] em mais de 100 painéis presentes em São Paulo, Minas Gerais e Bahia. Nesta tradição são numerosos os zoomorfos pintados com vermelho de hematita apresentando corpos chapados, pontilhados ou estriados. Aí, também, aparecem duplas antropomórficas tendo nos braços outra figura, menor, aparentemente humana, como se fosse à entrega de um bebê. Um triângulo aparece sempre junto destas três figuras. Outra recorrência nesta área é a série de antropomorfos em fila, conduzindo um elemento com o abdômen expandido. Estas figuras são, no geral, filiformes e apresentam cabeças resolvidas em forma de “C”, discutidas na tradição seguinte; artefato plano-convexo.

**Sítios Arqueológicos:** um sítio arqueológico é um local no qual os homens que viveram antes do início de nossa civilização deixaram algum vestígio de suas atividades: uma ferramenta de pedra lascada, uma fogueira na qual assaram sua comida, uma pintura, uma sepultura, a simples marca de seus passos.

**ANEXOS**



**Anexo 1: Ata de Reunião entre IBAMA e SAM Metais, Dia 12/08/2011**



<b>Ata de Reunião</b>	<b>Data:</b> 12/08/2011	<b>Fim:</b>
	<b>Início:</b> 9:45	<b>10:00</b>
	<b>Local:</b>	
	Sala reunião da COMOC	

<b>Solicitante:</b> SAM – Rosane Monteiro borges	<b>Fone:</b>
<b>Email:</b>	

<b>Assunto:</b>	Reunião sobre Espeleo referência ao Projeto Vale do Rio Pardo – SAM – Sul Americana Metais
<b>Participantes:</b>	Valquíria dos Anjos Menegon – IBAMA <i>Valquíria dos Anjos Menegon</i> Marco Túlio Naves de Carvalho – SAM <i>Marco Túlio</i> Rosane Monteiro Borges – BRANDT <i>Rosane Borges</i> Líliá Senna Horta – BRANDT <i>Líliá</i> Ricardo Diniz Kai – BRANDT <i>Kai</i> Ariana lochie Moraes Arimura - IBAMA <i>Ariana</i>

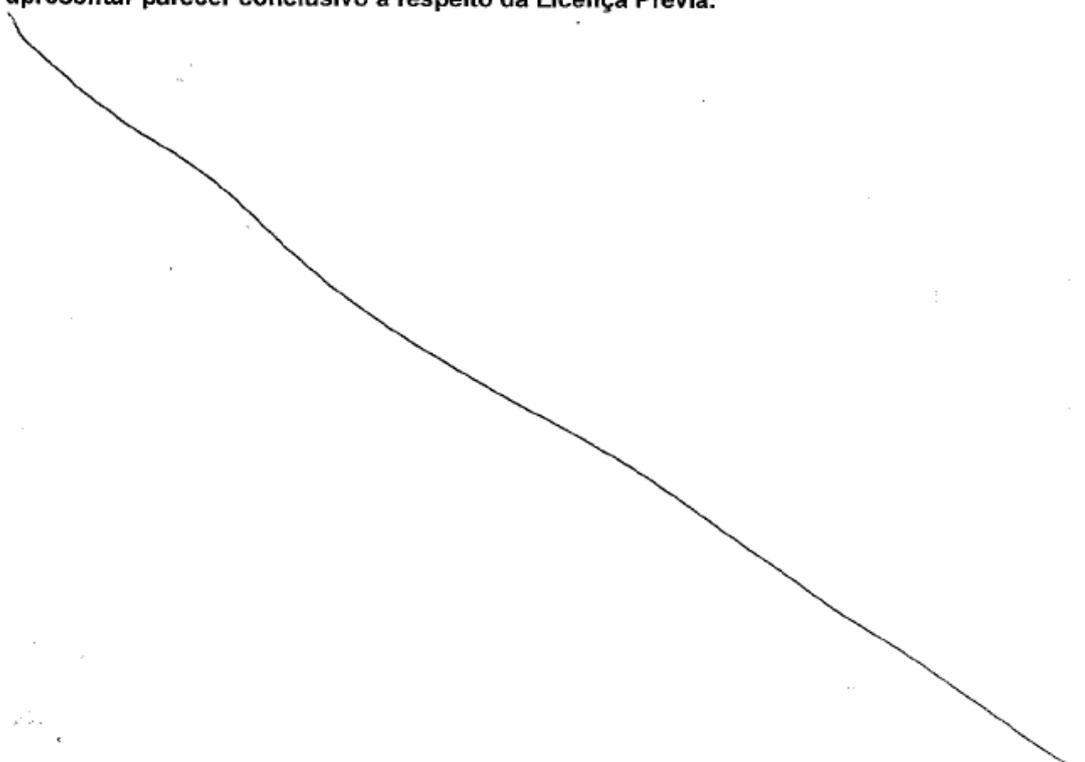
A Sul Americana Metais questionou a possibilidade de estabelecer um limite inicial de projeção horizontal para a análise de relevância, por conta da existência de muitos abrigos na área de estudo.

As Analistas do IBAMA sugeriram que fosse feito um levantamento expedito dos atributos das cavidades na área, incluindo o caminhamento e o mapa de potencialidade de ocorrência de cavidades, e fossem apresentadas justificativas para a exclusão de cavidades com baixa projeção horizontal. Sugeriram ainda que o estudo fosse apresentado antes da entrega do EIA, para análise dessa solicitação.

Foi frisado pelos representantes do IBAMA que será necessário o levantamento na área de influência direta para fins da análise de impacto nas cavidades.

A Sul Americana Metais questionou sobre a possibilidade de apresentar os dados apenas do período de seca no EIA, apresentando posteriormente a complementação.

As analistas do IBAMA informaram que sem a apresentação da sazonalidade não será possível apresentar parecer conclusivo a respeito da Licença Prévia.





SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
 MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE  
 INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA

Local: SALA DE REUNIÕES - COM 06  
 Data: 13/08/2011  
 Assunto: Espeleociologia REF AO PROJETO VALE DO RIO PAED

**PARTICIPANTES DE REUNIÃO**

Nº	NOME	INSTITUIÇÃO	E-MAIL	TELEFONE
1	VALÉRIA DESAÍDES MENEZES	IBAMA	valquiria.menegon@ibama.gov.br	3516-1068
2	MARCO TULLIO NAVES DE CARVALHO	SAM	marco.tullo@samteais.com.br	41-30438844
3	ROSANE MONTENEGRO RONDOS	BRANDT	rdoropa@brandt.com.br	31-30717045
4	LILIA SENNA HOEFT	BRANDT	lhoefte@brndt.com.br	31-35817721
5	RICARDO DINIZ MAL	BRANDT	mal@brandt.com.br	31-30717044
6	ARIANA JOCHIE MORAES PRIMORA	COMCE/IBIC/IBAMA	ariana.ari.moraes@ibama.gov.br	(61) 3316-1098
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				



## **Anexo 2: Termo de Referência CECAV**

---

Rua Eclipse, 133 . Santa Lúcia  
CEP 30360.540 . Belo Horizonte . MG  
+55 31 3296 8544

[www.ICAMBIENTAL.com.br](http://www.ICAMBIENTAL.com.br)





## TERMO DE REFERÊNCIA PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS ESPELEOLÓGICOS VINCULADOS AO EIA/RIMA

### 1 Introdução

O estudo espeleológico busca o desenvolvimento sustentável de áreas cavernícolas visando o conhecimento e a conservação dos elementos físicos, bióticos e culturais destas áreas. Nesse sentido, este termo de referência visa estabelecer as diretrizes básicas para a realização de estudos e inventário do patrimônio espeleológico da área de influência direta e indireta de empreendimentos lesivos a este ambiente tais como, mineração, barragens, rodovias, gasodutos, entre outros.

O presente documento é um apêndice do termo de referência para a elaboração do estudo e relatório de impacto ambiental para extração mineral, apresentado pela Diretoria de Licenciamento e Qualidade Ambiental (DILIQ). No processo de licenciamento de empreendimentos situados em área de potencial ocorrência de feições cársticas, os estudos e procedimentos aqui descritos devem ser exigidos.

### 2 Objetivos gerais do estudo

O estudo do patrimônio espeleológico, bem como em áreas de potencial espeleológico, visa contemplar o disposto no Decreto 99.556, de 01/10/90, na Portaria Ibama n.º 887/90, de 15/06/90 e na Resolução Conama 005/87, de 06/08/87.

- Manter a biodiversidade cavernícola da região e evitar a introdução de organismos exóticos;
- Proteger das cavernas, flora e fauna a elas associadas;
- Proteger do sistema hidrológico e hidrogeológico de áreas cársticas ou pseudo-cársticas, visando principalmente áreas de recarga;
- Estimular a prática de educação ambiental;
- Incentivar atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento de natureza ambiental;
- Propiciar medidas de controle dos efeitos negativos advindos da ação antrópica, bem como alternativas de recuperação de áreas degradadas;
- Disciplinar o uso de áreas cársticas em assentamentos urbanos, rurais, atividades industriais, obras lineares, recreação em conformidade com a legislação vigente;
- Mitigar impactos de superfície como erosão, assoreamento, alteração de vegetação e da estrutura física da caverna;
- Proteger áreas ou locais que possuem alto valor natural, social ou cultural;
- Conhecer o potencial espeleológico na área de influência do empreendimento.



### **3 Equipe técnica**

A equipe técnica deve ser multidisciplinar formada, no mínimo, por profissionais das áreas de geologia, geografia, biologia, arqueologia e paleontologia. Outros profissionais devem ser agregados em função de demandas específicas, como por exemplo, topografia de cavernas.

A equipe deve ter um responsável técnico (RT), com formação em uma das seguintes áreas: geociências, biologia, arqueologia ou ciências ambientais, preferencialmente com experiência em execução de trabalhos técnicos similares, e que deverá responsabilizar-se pelas informações contidas no documento anexando a ART (Anotação de Responsabilidade Técnica).

### **4 Área de estudo**

No presente termo entende-se por área de estudo as cavernas e as respectivas áreas de influência (AIC – Área de Influência da Caverna), conforme definido no Art. 6º, §, da Portaria IBAMA Nº 887/90, identificadas na área de influência direta e indireta do empreendimento (AIE).

### **5 Método**

Os projetos específicos que envolvam manuseio, coleta e transporte de material biológico, geológico, arqueológico e paleontológico necessitarão de licença dos órgãos competentes.

#### **5.1 Levantamento bibliográfico**

Realizar levantamento bibliográfico com o intuito de ampliar o conhecimento sobre a área de estudo permitindo a comparação com ambientes similares.

#### **5.2 Prospecção e geoespacialização das cavernas**

A identificação das áreas com probabilidade de ocorrência de cavernas e demais feições cársticas (dolinas, uvalas, vales cegos, lapiás, entre outras) deve ser realizada utilizando imagens orbitais multiespectrais de resolução espacial mínima de 10 x 10 metros e mapas temáticos de escala mínima de 1:50.000.

As áreas referentes as classes de maior potencialidade de ocorrência de feições cársticas devem ser percorridas em campo, tendo os caminhos destacados em mapas. É necessário que as cavernas com desenvolvimento acima de 5m e demais feições cársticas identificadas sejam georreferenciadas.

#### **5.3 Caracterização das cavernas**

A entrada da caverna deve ser caracterizada por meio de fotografias com utilização de escala, de preferência humana, e cada caverna encontrada deve ser descrita, destacando-se os seguintes itens:

- Acesso;



- Gênese;
- Descrição do trajeto hipógeo;
- Descrição da geometria e direção geomorfológica preferencial

Cada descrição e cada mapa devem citar o nome da caverna, município, localidade, nome da fazenda ou da área em que se insere, coordenadas geográficas, altitude da entrada principal, e, quando for o caso, o registro no Cadastro Nacional de Cavernas da Sociedade Brasileira de Espeleologia (CNC/SBE) ou em outro cadastro semelhante.

#### 5.4 Topografia de cada caverna

As cavernas a serem topografadas devem apresentar desenvolvimento maior que 5 metros com exceção daquelas encontradas em litologias carbonáticas, onde esse parâmetro tem-se a partir de 30 metros, especificando-se os diferentes níveis e seus respectivos ambientes.

O mapa topográfico da caverna, com orientação, escala e legenda, deve elucidar sobre a sua geometria, posição espacial, morfologia (desnível, projeção horizontal com método de medida e precisão, desenvolvimento linear, cortes e perfis), altitude da entrada principal e atributos ou feições relevantes como corpos d' água e suas dinâmicas, espeleotemas, relevo interno e principais acidentes topográficos, acúmulos sedimentares, presença de guano, entre outros.

Cada mapa deve citar o município, localidade, nome da fazenda ou da área em que se insere e, quando for o caso, o registro no Cadastro Nacional de Cavernas da Sociedade Brasileira de Espeleologia (CNC/SBE) ou em outro cadastro semelhante.

#### 5.5 Definição da área de influência de cada caverna (AIC)

As cavernas identificadas e topografadas devem ter seu desenvolvimento linear projetado em superfície, ao qual será somado um entorno adicional de proteção, de no mínimo, 250 metros, até que os estudos, neste Termo solicitados, definam a AIC definitiva. A delimitação desta área deve ser realizada por meio de marcos geográficos.

#### 5.6 Estudos temáticos

Os estudos destacados abaixo se referem a uma escala de trabalho de no máximo 1:10.000, onde cada caverna identificada será abordada em detalhe.

##### *5.6.1 Geologia e Paleontologia*

Descrever as características geológicas da caverna e área de influência destacando os seguintes itens:

- Caracterização litoestratigráfica com indicação da mineralogia e composição geoquímica das rochas;
- Caracterização estrutural;



- Sedimentologia clástica e química, estado de conservação e tipo de espeleotemas;
- Identificação de áreas de risco geotécnico nas áreas cavernícolas;
- Identificação de geoindicadores visando definir as influências naturais e antrópicas;
- Caracterização paleontológica e presença de jazigos fossilíferos (estudos que envolvam coleta de material paleontológico exigem autorização prévia do Departamento Nacional Produção Mineral - DNPM).

### 5.6.2 Hidrogeologia

Deve-se incluir na caracterização hidrogeológica, os seguintes itens:

- Área de ocorrência, tipo, geometria, litologia, estruturas geológicas, propriedades físicas e hidrodinâmica e outros aspectos do(s) aquífero(s);
- Inventário dos pontos d'água;
- Potenciometria e direção dos fluxos das águas subterrâneas;
- Presença de curso d'água ou lago subterrâneo, sumidouro, ressurgência e identificação de sua origem (alóctone ou autóctone);
- Profundidade da água subterrânea nos aquíferos livres;
- Caracterização das áreas e dos processos de recarga, circulação e descarga do(s) aquífero(s);
- Relação das águas subterrâneas com as superficiais e com as de outros aquíferos;
- Avaliação da permeabilidade da zona não saturada;
- Caracterização físico-química e bacteriológica dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos;
- Identificação de fontes poluidoras.

### 5.6.3 Geomorfologia

Deve-se incluir na caracterização geomorfológica os seguintes itens:

- Descrição das formas e compartimentação geomorfológica da área de influência;
- Identificação de erosão nas áreas próximas que afetam o patrimônio espeleológico;
- Caracterização e classificação das formas de relevo (cársticas, fluviais, aplainamento e etc.), quanto à sua gênese;
- A caracterização das feições cársticas devem ser diferenciadas em exocarste (dolinas, uvalas, vales cegos, lapiás, etc.), e endocarste (quantidade de galerias, condutos, direção da caverna, etc.);
- Dinâmica dos processos geomorfológicos (ocorrência e/ou propensão de processos erosivos, movimentos de massa, inundações, assoreamentos, etc.);
- Identificação de áreas susceptíveis a dolinamento, caracterizando-a como área de risco;



- Posição das cavernas em relação ao maciço.

#### 5.6.4 Hidrografia

Deve se incluir na caracterização hidrológica os seguintes itens:

- Caracterização do sistema hidrográfico e do funcionamento hidrodinâmico identificando as áreas com diferentes comportamentos frente às enchentes que podem afetar o patrimônio espeleológico;
- Levantamento de informações fluviométricas e sedimentológicas.
- Situar e contextualizar cada caverna georreferenciada a sua respectiva microbacia.

#### 5.6.5 Pedologia

Deve se incluir na caracterização pedológica os seguintes itens:

- Caracterização do perfil do solo local com enfoque nas relações rocha-solo;
- Caracterização da textura, estrutura e composição do solo;
- Avaliação da resistência do solo aos processos erosivos.

#### 5.6.6 Aspectos biológicos da(s) caverna(s) e sua(s) área(s) de influência

##### I – Flora

Deve se incluir na caracterização florística os seguintes itens:

- Caracterização da cobertura vegetal contemplando a sazonalidade climática;
- Levantamento florístico do entorno, entrada da caverna e eventuais aberturas ao longo do desenvolvimento da cavidade (clarabóias);

##### II – Fauna

- Levantamento dos invertebrados terrestres e aquáticos da área de influência da caverna;
- Levantamento quali-quantitativo da fauna cavernícola (troglóxena, troglófila e troglóbia, guanófila e guanóbia) considerando a sazonalidade climática e com a utilização de técnicas consagradas pela literatura científica;
- Levantamento, por amostragem, dos invertebrados terrestres utilizando, no mínimo, busca ativa (coleta manual e registro) e armadilha de queda (*pitfall*);
- Levantamento, por amostragem, da biota aquática cavernícola utilizando métodos consagrados na literatura, como por exemplo, armadilhas de covo, puçá, entre outros;
- Levantamento da quiropterofauna, por amostragem, utilizando, no mínimo, rede de neblina;
- Identificação de espécies migratórias, ameaçadas, raras, endêmicas e nocivas ao ser humano;
- Levantamento microbiológico com destaque aos patogênicos;



- Caracterizar as interações ecológicas da fauna cavernícola com o meio epígeo e hipógeo;
- Seleção dos parâmetros bioindicadores da qualidade ambiental para serem acompanhados através do Programa de Monitoramento Ambiental.
- Medição de temperatura e umidade relativa do ar no interior e na área de influência de cada caverna;

#### 5.6.7 Aspectos antrópicos relacionados às cavernas

Deve-se incluir na caracterização socioeconômica e/ou cultural os seguintes itens:

- Arqueologia: descrever a presença de jazigo arqueológico, tipo de material arqueológico, vestígios arqueológicos no interior ou no entorno da caverna (estudos arqueológicos exigem autorização prévia do Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN);
- Manifestações culturais: Relatar e descrever as manifestações culturais que ocorram nas proximidades e/ou no interior das cavernas, podendo ser: cultos religiosos, vestígios de caça, vestígios de pesca, visitação turística ou de moradores da região, e acampamentos;
- Potencialidade de uso: Descrever o potencial científico, educacional, turístico e/ou recreativo de cada caverna encontrada na área de estudo;
- Condições de uso e ocupação do solo na AIC: Descrever a utilização socioeconômica atual do solo na AIC;
- Povoamentos urbanos, rurais e domicílios isolados: Descrever os povoamentos urbanos e rurais bem como os domicílios isolados que possam exercer influência nas águas superficiais e subterrâneas associadas às cavernas;
- Principais usos das águas superficiais e subterrâneas: Descrever os principais usos das águas superficiais e subterrâneas, na área de estudo, relatando seu ciclo, suas demandas atuais e futuras, em termos qualitativos e quantitativos;
- Características físico-químicas e biológicas: Analisar e descrever as águas do interior e adjacências da caverna;
- Vetores epidemiológicos: Descrever os vetores epidemiológicos, pretéritos e atuais, existentes na AIC;
- Perfil socioeconômico: Descrever o perfil socioeconômico e educacional da(s) comunidade(s) e/ou família(s) existentes na AIE.

#### 5.6.8 Do impedimento para realização dos estudos

Qualquer impedimento para a realização dos estudos solicitados devem ser comunicados ao IBAMA para que as medidas cabíveis sejam tomadas. A não autorização da entrada de pesquisadores em propriedades adjacentes a área que está sendo licenciada, pode ser citada como um exemplo.



Caso haja algum impedimento para a realização, fora da área do empreendimento mas dentro da AIE, de qualquer um dos estudos aqui solicitados, o fato deve ser notificado e justificado ao órgão competente.

#### *5.6.9 Apresentação dos resultados*

Os dados analógicos devem ser representados em tamanho A1 tomando, em escala compatível, os seguintes dados base: rede hidrográfica/corpos d'água, vias de acesso, núcleos populacionais (cidades, vilas/povoados e congêneres), pit final, poligonal das cavernas e respectivas áreas de influência;

Os dados digitais devem ser, preferencialmente, apresentados nos formatos Shapefile, Coverage, Interchange file – E00, Drawing Interchange File – DXF e GEOTIFF, e representar as feições relativas à: hidrografia, altimetria (curvas de nível e pontos cotados), vias de acesso, núcleos populacionais, pit final, cavernas e respectivas áreas de influência, caminhamentos, litologia, feições estruturais, hidrogeologia, feições geomorfológicas, tipos de solo, cobertura vegetal, transecções utilizadas para levantamento florístico e áreas amostradas para levantamento faunístico;

As informações temáticas devem ser trabalhadas e apresentadas no Sistema de Projeção Cartográfica “Universal Transversa de Mercator” – UTM, em unidades métricas, no elipsóide/datum SAD69, em formatos analógico e digital;

Em relação aos aspectos geológicos e hidrogeológicos, o mapa da área de estudo deve ser trabalhado na escala 1:10.000, acrescentando a poligonal da AIC de cada caverna e/ou feições cársticas;

Os temas geomorfologia, pedologia, cobertura vegetal e vestígios arqueológicos devem ser trabalhados na escala de detalhe 1:5.000, e restritos às áreas de influência de cada caverna;

O mapa topográfico de cada caverna com os diferentes níveis e ambientes, localização das comunidades bióticas (como por exemplo, colônias de morcegos), dos recursos alimentares disponíveis (por exemplo, manchas de guano de morcegos), espeleotemas, relevo interno, acúmulos sedimentares, corpos hídricos, vestígios arqueológicos e paleontológicos com cortes transversais, perfil longitudinal, legenda, escala e indicação do norte geográfico. O mapa deve ser apresentado em meio analógico e digital (preferencialmente em Shapefile, Coverage, Interchange file – E00, Drawing Interchange File – DXF e GEOTIFF).

## **6 Análise Integrada**

Após os estudos temáticos, deve ser elaborada uma síntese que caracterize o patrimônio espeleológico da área do empreendimento de forma global. O diagnóstico deverá conter a interação dos componentes de maneira a caracterizar as principais inter-relações dos meios físico, biótico, socioeconômico e cultural.



## 7 Prognóstico Espeleo-ambiental

Neste item devem ser destacados os impactos ambientais reais e potenciais (imediatos, a médio e longo prazo, temporários, permanentes e cíclicos, reversíveis e irreversíveis, locais e regionais) ao patrimônio espeleológico em função da execução, da possibilidade de não execução e da desativação do empreendimento.

## 8 Proposição de Medidas Mitigadoras

Considerando os impactos ambientais decorrentes da implantação e operação do empreendimento na área requerida, devem ser propostas medidas mitigadoras que garantam a sustentabilidade sócio-econômico-ambiental.

A reabilitação de áreas degradadas, direta ou indiretamente relacionadas com as cavernas e demais feições cársticas, devem estar previstas em programas específicos - Programas de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD).

## 9 Programa de Acompanhamento e Monitoramento dos Impactos Ambientais

Neste item, devem ser apresentados os programas de acompanhamento dos impactos ambientais causados pelo empreendimento, considerando-se as fases de planejamento, de implantação, de operação e de desativação.

A seleção de indicadores ambientais nos estudos temáticos deve nortear os programas de monitoramento das cavernas influenciadas direta e indiretamente pelo empreendimento. As atividades que possam gerar alterações estruturais no interior das cavernas devem receber atenção especial, tais como: circulação de veículos pesados e detonações nas proximidades do patrimônio espeleológico. Nesse último caso, em virtude do desmonte de rocha com uso de explosivos, deve ser realizado acompanhamento sísmico no interior da cavidade e sua área de influência.

Nos casos em que houver necessidade de drenagem de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, deve ser apresentado projeto detalhado para execução dos serviços.

A quiropterofauna (morcegos) deve ser monitorada na área de influência direta e indireta do empreendimento durante a sua implantação, operação e desativação, com ênfase para as populações de *Desmodus rotundus* (morcego vampiro). Tais estudos permitem avaliar os impactos do empreendimento sobre a fauna de morcegos e relacionar os possíveis surtos de raiva com a alteração do ambiente natural do morcego vampiro, potencial transmissor dessa doença.

A ocorrência de organismos nocivos ou identificados como possíveis vetores de patogenias deve ser monitorada no interior da cavidade, área de influência ou em áreas domiciliares e peridomiciliares, quando for o caso.

Os programas de monitoramento devem incluir: a prevenção aos riscos ambientais e controle de acidentes, a educação ambiental, o fechamento e reabilitação de áreas degradadas, a proteção ao meio biótico, a



Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas – CECAV / IBAMA



proteção e manejo de águas superficiais e subterrâneas e a proteção e salvamento de sítios arqueológicos e paleontológicos.

### **10 Referências Bibliográficas**

Toda fonte de informação utilizada no estudo deve ser citada de acordo com as normas da ABNT, e o documento elaborado deve apresentar um glossário no contexto espeleológico.



### **Anexo 3: Mapa de Potencial Espeleológico do Complexo Minerário**

<b>TÍTULO</b>			
<b>MAPA DE POTENCIAL ESPELEOLÓGICO - COMPLEXO MINERÁRIO ATUALIZAÇÃO DOS CAMINHAMENTOS ATUALIZAÇÃO - ADA - AID 2014</b>			
<b>PROJETO</b>			
<b>Projeto Vale do Rio Pardo</b>			
<b>EMPRESAS</b>			
	CONSULTORIA BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA		SUL AMERICANA DE METIAS
<b>LOCAL / ÁREA</b>			<b>FORMATO</b>
Grão Mogol / Padre Carvalho MG			A1
<b>RESPONSÁVEL TÉCNICO</b>		<b>ESCALA</b>	<b>DATA</b>
Ricardo Kai		1:25,000	Junho / 2014
<b>ARTICULAÇÃO</b>		<b>PROJEÇÃO</b>	
--		UTM SAD 69 FUSO 23S	
<b>FONTE</b>		<b>ARQUIVO/SOFTWARE</b>	
IBGE, 2007 / DNPM, 2014 / SAM 2014		Potencial_Espeleologico_BI8_A1.argis	



## **Anexo 4: Mapas de Potencial Espeleológico da Área de Estudo da Adutora**

TÍTULO	<b>MAPA DE POTENCIAL ESPELEOLÓGICO - ADUTORA</b>		
PROJETO	Projeto Vale do Rio Pardo		
EMPRESAS		CONSULTORIA BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA	 SUL AMERICANA DE METAIS
	LOCAL / ÁREA	FORMATO	
	Minas Gerais	A1	
RESPONSÁVEL TÉCNICO	ESCALA	DATA	ARTICULAÇÃO
Ricardo Kai	1:20.000	Junho - 2012	1 - 4
FONTE	ARQUIVO/SOFTWARE	PROJEÇÃO	
IBGE 2007 / Brandt 2012	Potencial_espeleo_A1_1_4.arcgis	UTM SAD 69 FUSO 23S	

TÍTULO				MAPA DE POTENCIAL ESPELEOLÓGICO - ADUTORA					
PROJETO				Projeto Vale do Rio Pardo					
EMPRESAS				CONSULTORIA BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA				SUL AMERICANA DE METAIS	
		LOCAL / ÁREA				FORMATO			
		Minas Gerais				A1			
RESPONSÁVEL TÉCNICO			ESCALA		DATA		ARTICULAÇÃO		
Ricardo Kai			1:20.000		Junho - 2012		2 - 4		
FONTE			ARQUIVO/SOFTWARE			PROJEÇÃO			
IBGE 2007 / Brandt 2012			Potencial_espeleo_A1_2_4.arcgis			UTM SAD 69 FUSO 23S			

TÍTULO				<b>MAPA DE POTENCIAL ESPELEOLÓGICO - ADUTORA</b>					
PROJETO				Projeto Vale do Rio Pardo					
EMPRESAS				CONSULTORIA BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA				SUL AMERICANA DE METAIS	
		LOCAL / ÁREA				FORMATO			
		Minas Gerais				A1			
RESPONSÁVEL TÉCNICO			ESCALA		DATA		ARTICULAÇÃO		
Ricardo Kai			1:20.000		Junho - 2012		3 - 4		
FONTE			ARQUIVO/SOFTWARE			PROJEÇÃO			
IBGE 2007 / Brandt 2012			Potencial_espeleo_A1_3_4.arcgis			UTM SAD 69 FUSO 23S			

TÍTULO				MAPA DE POTENCIAL ESPELEOLÓGICO - ADUTORA					
PROJETO				Projeto Vale do Rio Pardo					
EMPRESAS				CONSULTORIA BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA				SUL AMERICANA DE METAIS	
		LOCAL / ÁREA				FORMATO			
		Minas Gerais				A1			
RESPONSÁVEL TÉCNICO			ESCALA		DATA		ARTICULAÇÃO		
Ricardo Kai			1:20.000		Junho - 2012		4 - 4		
FONTE			ARQVUIVO/SOFTWARE			PROJEÇÃO			
IBGE 2007 / Brandt 2012			Potencial_espeleo_A1_4_4.arcgis			UTM SAD 69 FUSO 23S			



## **Anexo 5: Mapa de Caminhamento Espeleológico na Área do Complexo Minerário**

<b>TÍTULO</b>			
CAMINHAMENTO ESPELEOLÓGICO - COMPLEXO MINERÁRIO -			
<b>PROJETO</b>			
Projeto Vale do Rio Pardo			
<b>EMPRESAS</b>			
	CONSULTORIA BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA		SUL AMERICANA DE METAIS
	<b>LOCAL / ÁREA</b>		<b>FORMATO</b>
	Grão Mogol / Padre Carvalho MG		A1
<b>RESPONSÁVEL TÉCNICO</b>		<b>ESCALA</b>	<b>DATA</b>
Éllina Souza / Ricardo Kai		1:25.000	Abril / 2012
<b>ARTICULAÇÃO</b>		-----	
<b>FONTE</b>		<b>ARQVUIVO/SOFTWARE</b>	
IBGE 2007 / SAM 2011 - 2012 / Brrandt 2011 - 2012		Caminhamento_ B18_A1.arcgls	
<b>PROJEÇÃO</b>		UTM SAD 69 FUSO 23S	



## **Anexo 6: Mapas de Caminhamento Espeleológico na Área da Adutora**

TÍTULO				<b>CAMINHAMENTO ESPELEOLÓGICO - ADUTORA</b>					
PROJETO				Projeto Vale do Rio Pardo					
EMPRESAS				CONSULTORIA BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA				SUL AMERICANA DE METAIS	
		LOCAL / ÁREA				FORMATO			
		Minas Gerais				A1			
RESPONSÁVEL TÉCNICO			ESCALA		DATA		ARTICULAÇÃO		
Ricardo Kai			1:20.000		Abril - 2012		1 - 4		
FONTE			ARQVUIVO/SOFTWARE			PROJEÇÃO			
IBGE 2007 / Brandt 2012			Caminhamento_Adutora_A1_1_4.arcgis			UTM SAD 69 FUSO 23S			

TÍTULO				<b>CAMINHAMENTO ESPELEOLÓGICO - ADUTORA</b>					
PROJETO				Projeto Vale do Rio Pardo					
EMPRESAS				CONSULTORIA BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA				SUL AMERICANA DE METAIS	
			LOCAL / ÁREA			FORMATO			
			Minas Gerais			A1			
RESPONSÁVEL TÉCNICO			ESCALA		DATA		ARTICULAÇÃO		
Ricardo Kai			1:20.000		Abril - 2012		2 - 4		
FONTE			ARQVUIVO/SOFTWARE			PROJEÇÃO			
IBGE 2007 / Brandt 2012			Caminhamento_Adutora_A1_2_4.arcgis			UTM SAD 69 FUSO 23S			



TÍTULO				<b>CAMINHAMENTO ESPELEOLÓGICO - ADUTORA</b>			
PROJETO				Projeto Vale do Rio Pardo			
EMPRESAS			CONSULTORIA BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA			SUL AMERICANA DE METAIS	
		LOCAL / ÁREA			FORMATO		
		Minas Gerais			A1		
RESPONSÁVEL TÉCNICO		ESCALA		DATA		ARTICULAÇÃO	
Ricardo Kai		1:20.000		Abril - 2012		3 - 4	
FONTE		ARQVUIVO/SOFTWARE			PROJEÇÃO		
IBGE 2007 / Brandt 2012		Caminhamento_Adutora_A1_3_4.arcgis			UTM SAD 69 FUSO 23S		

TÍTULO	<b>CAMINHAMENTO ESPELEOLÓGICO - ADUTORA</b>		
PROJETO	Projeto Vale do Rio Pardo		
EMPRESAS		CONSULTORIA BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA	 SUL AMERICANA DE METAIS
	LOCAL / ÁREA	FORMATO	
	Minas Gerais	A1	
RESPONSÁVEL TÉCNICO	ESCALA	DATA	ARTICULAÇÃO
Ricardo Kai	1:20.000	Abril - 2012	4 - 4
FONTE	ARQUIVO/SOFTWARE	PROJEÇÃO	
IBGE 2007 / Brandt 2012	Caminhamento_Adutora_A1_4_4.arcgis	UTM SAD 69 FUSO 23S	



## **Anexo 7: Descrição dos Pontos de Caminhamento**

### Descrição dos pontos de caminhamento

NOME DO PONTO	UTM E	UTM N	ELEVAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	DATA	DESCRIÇÃO
BA001	758621	8149110	525m	ADUTORA	06.07.2011	Meia encosta de vertente; ausência de feições endocársticas.
BA002	758439	8149167	580m	ADUTORA	06.07.2011	Meia encosta de vertente; ausência de feições endocársticas.
BA003	758344	8149154	569m	ADUTORA	06.07.2011	Lajedo; margem direita do Rio Vacaria; ausência de feições endocársticas.
BA004	758321	8149214	598m	ADUTORA	07.07.2011	Topo de chapada; área sem afloramentos.
BA005	758281	8149202	629m	ADUTORA	07.07.2011	Vertente na margem esquerda do Rio Vacaria; ausência de feições endocársticas.
BA006	757643	8150423	780m	ADUTORA	08.07.2011	Meia encosta de vertente; lajedo de metadiamicrito; ausência de cavidades naturais.
BA007	757816	8150070	773m	ADUTORA	08.07.2011	Ausência de afloramentos.
BA008	756827	8154291	772m	ADUTORA	08.07.2011	Vertente com afloramentos de metadiamicritos; ausência de feições endocársticas.
BA009	755856	8156298	793m	ADUTORA	09.07.2011	Vertente com ausência de afloramentos.
BA011	755973	8156150	730m	ADUTORA	09.07.2011	Pequena cavidade em meia vertente; base de escarpa.
BA012	755942	8156145	739m	ADUTORA	09.07.2011	Reentrância em vertente na base de escarpa.
BA013	756000	8156038	687m	ADUTORA	09.07.2011	Fundo de vale; margem do Ribeirão Santana; ausência de cavidades.
BA014	756298	8152273	769m	ADUTORA	11.07.2011	Escarpa com ausência de feições cársticas.
BA015	755791	8155810	742m	ADUTORA	11.07.2011	Base de escarpa em meia vertente com reentrâncias e pequenas porções abrigadas.
BA017	756217	8156130	713m	ADUTORA	13.07.2011	Meia vertente com base de paredão rochoso e ausência de feições endocársticas.
BA018	756271	8156168	719m	ADUTORA	13.07.2011	Reentrância sobre rocha.
BA019	756346	8156153	707m	ADUTORA	13.07.2011	Base de maciço rochoso onde há presença de nascente; ausência de cavidades.
O01	741170	8201702	881m	BLOCO 8	20.11.2010	Reentrância em encosta.
O02	741140	8201666	864m	BLOCO 8	20.11.2010	Junção de drenagens; ausência de feições cársticas.
O03	741098	8201671	873m	BLOCO 8	20.11.2010	Meia encosta com matacões angulosos de quartzo leitoso e formação ferrífera.
O04	741095	8201695	870m	BLOCO 8	20.11.2010	Junção de drenagens em encosta; ausência de feições cársticas.
O05	741162	8201593	853m	BLOCO 8	21.11.2010	Fundo de vale; ausência de feições endocársticas.
O06	741181	8201588	823m	BLOCO 8	21.11.2010	Vertente com matacões e blocos; ausência de cavidades e abrigos.
O07	741202	8201542	807m	BLOCO 8	21.11.2010	Ausência de afloramentos.

Continuação

NOME DO PONTO	UTM E	UTM N	ELEVAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	DATA	DESCRIÇÃO
O08	741215	8201525	837m	BLOCO 8	22.11.2010	Caverna em terço superior de vertente.
O09	743733	8201554	796m	BLOCO 8	22.11.2010	Meia encosta de vertente; ausência de afloramentos.
O10	743424	8201587	784m	BLOCO 8	22.11.2010	Cumeeira de morrote; ausência de afloramentos rochosos.
O11	743405	8201380	769m	BLOCO 8	22.11.2010	Margem do Córrego Lamarão; matacões angulosos de formações ferríferas e ausência de feições endocársticas.
O12	741273	8201475	838m	BLOCO 8	22.11.2010	Base do paredão rochoso em vertente; ausência de feições endocársticas.
O13	743361	8201355	686m	BLOCO 8	22.11.2010	Afloramento rochoso com feições de dissolução química; ausência de cavidades ou abrigos.
O14	743274	8201232	757m	BLOCO 8	22.11.2010	Vertente com matacões espaçados.
O15	743352	820118	756m	BLOCO 8	22.11.2010	Vertente com matacões isolados.
O16	743305	8201099	755m	BLOCO 8	22.11.2010	Vertente com afloramentos de dimensões métricas.
O17	743274	8201140	777m	BLOCO 8	22.11.2010	Base de paredão rochoso; ausência de cavidades.
O18	743384	8202955	697m	BLOCO 8	26.11.2010	Margem do Córrego Lamarão; base de paredão; não foram observadas feições endocársticas.
O19	743615	8202776	696m	BLOCO 8	26.11.2010	Ausência de afloramentos.
O20	743466	8202170	754m	BLOCO 8	26.11.2010	Encosta; margem do Córrego Lamarão; ausência de afloramentos. Na margem oposta há paredão sem feições endocársticas.
O21	743192	8200014	788m	BLOCO 8	26.11.2010	Margem sem afloramentos. Na margem oposta há paredão sem feições de dissolução.
O22	738802	8203696	842m	BLOCO 8	26.11.2010	Ausência de afloramentos ou feições endocársticas.
O23	740596	8204413	843m	BLOCO 8	26.11.2010	Vertente com afloramento de paredão na margem oposta.
O24	739316	8203053	863m	BLOCO 8	26.11.2010	Meia encosta de vertente; ausência de feições endocársticas.
O25	739465	8203587	800m	BLOCO 8	26.11.2010	Margem do Córrego Mundo Novo; ausência de afloramentos e feições endocársticas.
O26	740292	8202252	928m	BLOCO 8	26.11.2010	Ausência de afloramentos.
O27	740812	8102472	909m	BLOCO 8	26.11.2010	Borda de platô; afloramentos de canga detrítica; ausência de feições endocársticas.
O28	740440	8203385	853m	BLOCO 8	26.11.2010	Ausência de afloramentos.
O29	740844	8203376	853m	BLOCO 8	26.11.2010	Base de maciço de metadiamicrito, paredões escalonados; ausência de feições endocársticas.
O30	740819	8203418	859m	BLOCO 8	26.11.2010	Afloramento sem feições endocársticas.
O31	740834	8203428	863m	BLOCO 8	26.11.2010	Maciço de metadiamicrito com ocorrência de canga; ausência de feições endocársticas.

Continuação

NOME DO PONTO	UTM E	UTM N	ELEVAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	DATA	DESCRIÇÃO
O32	740751	8203516	833m	BLOCO 8	26.11.2010	Ausência de cavidades e feições endocársticas.
O33	743913	8199895	812m	BLOCO 8	26.11.2010	Meia encosta de vertente; ravinamento em local de cascalheira.
O34	743183	8200859	726m	BLOCO 8	26.11.2010	Fundo de vale com presença de matacões.
O35	743087	8200745	801m	BLOCO 8	26.11.2010	Base de paredão rochoso; presença de feições de dissolução e reentrâncias. Ausência de feições endocársticas.
O36	743032	8200660	785m	BLOCO 8	26.11.2010	Reentrância em base de paredão rochoso; ausência de espeleotemas.
O37	742999	8200616	781m	BLOCO 8	26.11.2010	Afloramento de metadiamicrito; ausência de feições endocársticas.
O38	743067	8200598	775m	BLOCO 8	26.11.2010	Reentrância sob rocha.
O39	743029	8200593	775m	BLOCO 8	26.11.2010	Caverna presença de escorrimentos e incipientes coralóides.
O40	741201	8204239	806m	BLOCO 8	27.11.2010	Reentrância em vertente; ausência de espeleotemas.
O41	741122	8204211	797m	BLOCO 8	27.11.2010	Base de paredão rochoso; ausência de feições endocársticas.
O42	741338	8204432	820m	BLOCO 8	27.11.2010	Leito de drenagem efêmera; ausência de afloramentos.
O43	741789	8204959	814m	BLOCO 8	27.11.2010	Base de paredão rochoso; ausência de feições endocársticas.
O44	741733	8204993	807m	BLOCO 8	27.11.2010	Reentrância em paredão rochoso localizado em encosta.
O45	741682	8205022	804	BLOCO 8	27.11.2010	Caverna situada em vertente; ausência de espeleotemas.
O46	741681	8204958	807m	BLOCO 8	27.11.2010	Caverna situada na base de paredão rochoso localizado em vertente.
O47	738693	8203861	895m	BLOCO 8	27.11.2010	Encosta com afloramentos sem feições endocársticas.
O48	741272	8201442	852m	BLOCO 8	03.12.2010	Reentrância em base de maciço.
O49	744313	8201490	808m	BLOCO 8	03.12.2010	Meia encosta de vertente.
O50	742984	8202700	809m	BLOCO 8	06.12.2010	Caverna em base e contorno de maciço.
O51	743316	8202664	725m	BLOCO 8	06.12.2010	Afluente do Córrego Lamarão; reentrância na base e contorno de afloramento de metadiamicrito ferruginoso.
O52	744314	8201710	837m	BLOCO 8	06.12.2010	Caverna na base e contorno do maciço.
O53	744398	8201590	845m	BLOCO 8	06.12.2010	Caverna com 12 metros.
O54	744288	8201990	807m	BLOCO 8	08.12.2010	Reentrância na base e contorno de maciço situado a meia encosta de colina.
O55	744210	8202007	836m	BLOCO 8	08.12.2010	Maciço a meia encosta de vertente; ocorrência de duas pequenas porções abrigadas.

Continuação

NOME DO PONTO	UTM E	UTM N	ELEVAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	DATA	DESCRIÇÃO
O56	744030	8200539	774m	BLOCO 8	08.12.2010	Meia encosta de vertente. Ausência de afloramentos e feições endocársticas.
O57	744312	8198883	775m	BLOCO 8	08.12.2010	Linha de drenagem de primeira ordem do Córrego Lamarão; matacões de metadiamiclito ferruginoso e quartzo leitoso. Ausência de feições endocársticas.
O58	743366	8199587	832m	BLOCO 8	08.12.2010	Encosta com afloramentos de canga e ausência de feições endocársticas.
O59	741066	8204152	829	BLOCO 8	08.12.2010	Caverna em baixa vertente.
O60	743704	8205101	701m	BLOCO 8	06.01.2011	Ausência de feições endocársticas.
O61	743414	8203182	719m	BLOCO 8	06.01.2011	Vertente junto ao Córrego Lamarão; blocos e matacões de quartzo leitoso; ausência de feições endocársticas.
O62	743340	8203302	718m	BLOCO 8	06.01.2011	Reentrância sob metadiamiclito.
O63	743545	8203561	702m	BLOCO 8	06.01.2011	Margem do Córrego Lamarão; leito rochoso e ausência de feições cársticas.
O64	743447	8203743	705m	BLOCO 8	06.01.2011	Baixa vertente de drenagem; presença de afloramentos e ausência de feições endocársticas.
O65	743449	8203832	711m	BLOCO 8	06.01.2011	Base de paredão em vertente; ausência de feições cársticas.
O66	742403	8204701	756m	BLOCO 8	07.01.2011	Encosta na margem do Córrego Mundo Novo; base de paredão de metadiamiclito; ausência de feições endocársticas.
O67	742438	8204608	745m	BLOCO 8	07.01.2011	Córrego Mundo Novo; presença de paredão na margem e ausência de feições endocársticas.
O68	742620	8204752	702m	BLOCO 8	07.01.2011	Encosta; margem do Córrego Mundo Novo; presença de matacões; vista para paredão de diamiclito onde ocorrem feições de dissolução.
O69	742901	8204846	714m	BLOCO 8	07.01.2011	Sulco de drenagem efêmera. Ausência de afloramentos.
O70	743374	8203350	694m	BLOCO 8	07.01.2011	Reentrância sob rocha; margem esquerda do Córrego Lamarão.
O71	742979	8203082	802m	BLOCO 8	07.01.2011	Caverna situada na base e no contorno de maciço.
O72	742071	8200970	852m	BLOCO 8	07.01.2011	Caverna situada na borda superior do platô.
O73	743291	8202071	783m	BLOCO 8	07.01.2011	Vertente com base de paredão rochoso de metadiamiclito.
O74	743332	8201984	774m	BLOCO 8	07.01.2011	Base de paredão rochoso em vertente; ausência de feições endocársticas.
O75	742357	8204719	779m	BLOCO 8	08.01.2011	Encosta com carapaça ferruginosa na superfície; ausência de feições cársticas.
O76	742308	8204582	722m	BLOCO 8	08.01.2011	Leito de riacho com pequenos afloramentos de metadiamiclito e blocos abatidos. Ausência de feições cársticas.
O77	742335	8204519	763m	BLOCO 8	08.01.2011	Base de paredão de metadiamiclito; presença de feições de dissolução.

Continuação

NOME DO PONTO	UTM E	UTM N	ELEVAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	DATA	DESCRIÇÃO
O78	742314	8204527	764m	BLOCO 8	08.01.2011	Base de paredão de metadiamiclito; blocos abatidos e ausência de feições endocársticas.
O79	742964	8203010	795m	BLOCO 8	10.01.2011	Reentrância na base e contorno de maciço.
O80	740883	8204050	778m	BLOCO 8	10.01.2011	Encosta na margem do Córrego Mundo Novo. Ausência de afloramentos significativos.
O81	740656	8203930	781m	BLOCO 8	10.01.2011	Planície aluvionar do Córrego Mundo Novo; ausência de afloramentos.
O82	740335	8203662	800m	BLOCO 8	10.01.2011	Margem do Córrego Mundo Novo; ausência de afloramentos.
O83	740277	8203389	792m	BLOCO 8	10.01.2011	Vertente junto a confluência de drenagens; ausência de afloramentos.
O84	740313	8203197	808m	BLOCO 8	10.01.2011	Fundo de vale; ausência de afloramentos.
O85	743372	8203098	798m	BLOCO 8	10.01.2011	Vertente junto a margem de drenagem que flui sobre leito rochoso. Ausência de feições endocársticas.
O86	743221	8200981	736m	BLOCO 8	11.01.2011	Margem de drenagem; encosta e presença de paredões. Ausência de feições endocársticas.
O87	743260	8200847	791m	BLOCO 8	11.01.2011	Base e contorno de paredão em topo de encosta.
O88	743236	8200811	775m	BLOCO 8	11.01.2011	Reentrância em meia altura de paredão.
O89	743220	8200747	771m	BLOCO 8	11.01.2011	Reentrância a meia encosta de paredão.
O90	743174	8200667	774m	BLOCO 8	11.01.2011	Caverna na base e contorno de paredão próximo ao Córrego Lamarão.
O91	743388	8201398	722m	BLOCO 8	11.01.2011	Reentrância a meia encosta de vertente a margem do Córrego Lamarão.
O92	739064	8203539	818m	BLOCO 8	11.01.2011	Vertente próximo a margem do Córrego Mundo Novo; ausência de afloramentos.
O93	742402	8204712	755m	BLOCO 8	11.01.2011	Vertente próximo a margem do Córrego Mundo Novo; ausência de afloramentos.
O94	742402	8204712	755m	BLOCO 8	12.01.2011	Reentrância em base e contorno de paredão.
O95	742467	8204738	758m	BLOCO 8	12.01.2011	Base de paredão situado em topo de encosta próximo a margem do Córrego Mundo Novo.
O96	742487	8204737	762m	BLOCO 8	12.01.2011	Ocorrência de reentrância.
O97	743943	8199129	793m	BLOCO 8	12.01.2011	Encosta com paredão rochoso. Ausência de feições endocársticas.
O98	743883	8199385	782m	BLOCO 8	12.01.2011	Meia encosta; área de interflúvio de drenagens.
O99	743563	8199064	821	BLOCO 8	12.01.2011	Caverna com cerca de 17 metros de projeção horizontal.
O100	741500	8201197	806m	BLOCO 8	13.01.2011	Base e contorno de paredão situado a meia encosta de vertente.
O101	741429	8201173	806m	BLOCO 8	13.01.2011	Reentrância sob rocha situado a meia encosta.

Continuação

NOME DO PONTO	UTM E	UTM N	ELEVAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	DATA	DESCRIÇÃO
O102	744378	8201063	834m	BLOCO 8	13.01.2011	Base de paredão situado no terço superior de encosta.
O103	744425	8200999	832m	BLOCO 8	13.01.2011	Paredão rochoso em encosta; pequena reentrância.
O104	742919	8203847	790m	BLOCO 8	12.03.2011	Vista para paredão de diamictito.
O105	743044	8204354	772m	BLOCO 8	12.03.2011	Margem de drenagem tributária do Córrego Lamarão; ausência de afloramentos.
O106	743448	8204438	719m	BLOCO 8	12.03.2011	Drenagem tributária do Córrego Lamarão; lajedos, blocos e matacões.
O107	743050	8204278	776m	BLOCO 8	12.03.2011	Reentrância sob rocha situado em base e contorno de afloramento.
O108	743019	8204230	771m	BLOCO 8	12.03.2011	Meia encosta de vertente; cabeceira de drenagem com lajedo e ausência de feições endocársticas.
O109	743332	8199752	817m	BLOCO 8	12.03.2011	Ausência de afloramentos e feições endocársticas.
O110	743182	8199933	783m	BLOCO 8	12.03.2011	Caverna com 21 metros de projeção horizontal.
O111	741340	8204212	792m	BLOCO 8	13.03.2011	Reentrância situada meia encosta de maciço; drenagens oriundas do interior do maciço.
O112	741375	8204331	807m	BLOCO 8	14.03.2011	Caverna com projeção horizontal de 7,45 metros.
O113	741010	8204154	804m	BLOCO 8	14.03.2011	Base de paredão em vertente; ausência de feições endocársticas.
O114	741117	8204201	784m	BLOCO 8	14.03.2011	Reentrância em meia altura de paredão.
O115	741127	8204161	790m	BLOCO 8	14.03.2011	Ausência de feições cársticas.
O116	741165	8204201	789m	BLOCO 8	14.03.2011	Reentrância situada a meia altura de paredão.
O117	741273	8204220	779m	BLOCO 8	14.03.2011	Caverna posicionada a meia altura de paredão.
O118	741060	8204120	786m	BLOCO 8	14.03.2011	Reentrância situada na base e no contorno de maciço a meia encosta de vertente.
O119	741334	8204221	781m	BLOCO 8	14.03.2011	Reentrância situada na base de paredão.
O120	741380	8204260	776m	BLOCO 8	14.03.2011	Reentrância em encosta.
O121	741315	8204207	799m	BLOCO 8	14.03.2011	Caverna em base de paredão.
O122	741311	8204204	799	BLOCO 8	14.03.2011	Reentrância em base de paredão.
O123	741592	8204291	755m	BLOCO 8	15.03.2011	Reentrâncias entre a base e a meia altura de paredão.
O124	741653	8204344	737m	BLOCO 8	15.03.2011	Caverna com 12 metros de projeção horizontal.
O126	741754	8204339	770m	BLOCO 8	15.03.2011	Caverna situada em base e contorno de maciço.

Continuação

NOME DO PONTO	UTM E	UTM N	ELEVAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	DATA	DESCRIÇÃO
O127	741879	8204302	732m	BLOCO 8	15.03.2011	Reentrância situada em base de paredão.
O128	741601	8204355	739m	BLOCO 8	15.03.2011	Reentrância sob metadiamictito.
O129	741686	8204371	783m	BLOCO 8	15.03.2011	Reentrância em vertente.
O130	741330	8204237	803m	BLOCO 8	15.03.2011	Caverna sob rocha posicionada em base de paredão.
O131	741347	8204226	802m	BLOCO 8	15.03.2011	Reentrância sob rocha posicionada em base de paredão de metadiamictito.
O132	741353	8204234	805m	BLOCO 8	15.03.2011	Reentrância sob rocha em borda de maciço rochoso.
O133	741462	8204290	794m	BLOCO 8	15.03.2011	Reentrância em borda e base de maciço de metadiamictito.
O134	743353	8201783	721m	BLOCO 8	16.03.2011	Caverna posicionada em encosta a meia altura de paredão.
O135	743310	8201634	916m	BLOCO 8	16.03.2011	Caverna com cerca de 5,30 metros de projeção horizontal.
O136	743554	8200746	744m	BLOCO 8	16.03.2011	Fundo de vale com afloramento de quartzo; ausência de feições endocársticas.
O137	743257	8201162	779m	BLOCO 8	16.03.2011	Paredão sem indício de feições endocársticas.
O138	742706	8204207	795m	BLOCO 8	16.03.2011	Reentrância em rocha metadiamictítica.
O139	742884	8204156	816m	BLOCO 8	16.03.2011	Afloramento de metadiamictito; presença de reentrâncias na base e a meia altura de paredão.
O140	742895	8203852	809m	BLOCO 8	16.03.2011	Paredão em vertente; ausência de feições endocársticas.
O141	743069	8202230	722m	BLOCO 8	16.03.2011	Reentrância em borda de maciço de metadiamictito.
O142	743431	8202918	607m	BLOCO 8	18.03.2011	Paredão com presença de reentrâncias;
O143	743463	8203190	710m	BLOCO 8	18.03.2011	Ausência de feições endocársticas.
O144	742960	8202952	810m	BLOCO 8	18.03.2011	Caverna com 12,58 metros de projeção horizontal.
O145	742999	8202942	820m	BLOCO 8	18.03.2011	Reentrância em borda e meia altura de maciço.
O146	743016	8202945	811m	BLOCO 8	18.03.2011	Cavidade natural na base e contorno de maciço.
O147	743335	8201676	741m	BLOCO 8	18.03.2011	Reentrância.
O148	743128	8201698	733m	BLOCO 8	18.03.2011	Reentrância localizada junto a margem de córrego.
O149	742954	8201671	788m	BLOCO 8	18.03.2011	Reentrância em leito de drenagem tributária do Córrego Lamarão.
O150	742872	8201658	788m	BLOCO 8	18.03.2011	Caverna em leito de drenagem tributária do Córrego Lamarão.
O151	744280	8204289	785m	BLOCO 8	19.03.2011	Caverna em meia encosta de vertente.

Continuação

NOME DO PONTO	UTM E	UTM N	ELEVAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	DATA	DESCRIÇÃO
O152	744183	8203785	784m	BLOCO 8	19.03.2011	Caverna em cabeceira de drenagem.
O153	743873	8203599	738m	BLOCO 8	19.03.2011	Afloramento de quartzito; ausência de paredões e de feições endocársticas.
B154	744123	8197649	872m	BLOCO 8	14.07.2011	Reentrância em parte submerso.
B155	744516	8197322	856m	BLOCO 8	15.07.2011	Meia encosta na base de paredão de metadiamicrito com presença irrelevante de porção abrigada.
B156	741376	8200717	828m	BLOCO 8	15.09.2011	Alta vertente e ausência de afloramentos.
B157	741206	8200718	807m	BLOCO 8	15.09.2011	Ausência de afloramentos e de cavidades no entorno.
B158	740859	8200856	776m	BLOCO 8	15.09.2011	Ausência de cavidades naturais.
B159	741149	8200998	772m	BLOCO 8	15.09.2011	Ausência de afloramentos e de cavidades no entorno.
B160	741215	8201294	795m	BLOCO 8	15.09.2011	Ausência de afloramentos.
B161	741115	8201193	794m	BLOCO 8	15.09.2011	Alta vertente e ausência de afloramentos.
B162	741011	8201182	818m	BLOCO 8	15.09.2011	Ausência de afloramento e de cavidades.
B163	740958	8201287	836m	BLOCO 8	15.09.2011	Ausência de afloramento e de cavidades.
B164	740920	8200792	772m	BLOCO 8	15.09.2011	Ausência de cavidades.
B165	740862	8200856	775m	BLOCO 8	15.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B166	740835	8200882	779m	BLOCO 8	15.09.2011	Ausência de cavidades.
B167	741115	8200897	775m	BLOCO 8	15.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B168	741239	8201141	787m	BLOCO 8	15.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B169	741210	8201470	824m	BLOCO 8	15.09.2011	Ausência de cavidades.
B170	740941	8201397	854m	BLOCO 8	15.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B171	741412	8201099	761m	BLOCO 8	15.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B172	741621	8201037	736m	BLOCO 8	15.09.2011	Ausência de cavidades.
B173	741500	8200788	814m	BLOCO 8	15.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B174	740966	8199232	870m	BLOCO 8	15.09.2011	Ausência de cavidades.
B175	741613	8201225	814m	BLOCO 8	17.09.2011	Reentrância no metadiamicrito localizado em meia encosta.

Continuação

NOME DO PONTO	UTM E	UTM N	ELEVAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	DATA	DESCRIÇÃO
B176	741667	8201171	818m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de cavidades no entorno.
B177	741590	8201187	808m	BLOCO 8	17.09.2011	Reentrância no metadiamicrito.
B178	747555	8199845	920m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de afloramentos e de cavidades.
B179	736867	8202423	932m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B180	740980	8201979	902m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de cavidades.
B181	741396	8201397	856m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B182	741533	8201238	802m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de cavidades.
B183	741530	8201293	834m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B184	741594	8201266	838m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de cavidades.
B185	741719	8201250	852m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de cavidades.
B186	741287	8201498	870m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B187	737939	8200098	912m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B188	738247	8200073	903m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de cavidades.
B189	738580	8199913	885m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B190	738884	8199751	862m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de cavidades.
B191	739190	8200336	879m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B192	739073	8200234	884m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de cavidades.
B193	738748	8200398	890m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B194	738187	8200590	889m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de cavidades.
B195	737997	8200217	907m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B196	738067	81199583	906m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B197	738667	8199309	878m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de cavidades.
B198	739404	8199240	865m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B199	739534	8198761	867m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de cavidades.
B200	739894	8198135	850m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de feições cársticas.

Continuação

NOME DO PONTO	UTM E	UTM N	ELEVAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	DATA	DESCRIÇÃO
B201	740239	8197889	888m	BLOCO 8	17.09.2011	Ausência de cavidades.
B202	741048	8200153	846m	BLOCO 8	19.09.2011	Ausência de afloramentos.
B203	740739	8200486	773m	BLOCO 8	19.09.2011	Ausência de afloramentos.
B204	740600	8200374	781m	BLOCO 8	19.09.2011	Ausência de afloramentos e cavidades.
B205	740502	8200219	775m	BLOCO 8	19.09.2011	Ausência de afloramentos.
B206	742261	8200460	781m	BLOCO 8	19.09.2011	Pequena reentrância no metadiamiccito.
B207	741141	8200001	863m	BLOCO 8	19.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B208	740979	8200285	826m	BLOCO 8	19.09.2011	Ausência de cavidades.
B209	740840	8200366	809m	BLOCO 8	19.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B210	740769	8200574	778m	BLOCO 8	19.09.2011	Ausência de cavidades.
B211	740572	8200074	817m	BLOCO 8	19.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B212	740696	8199904	842m	BLOCO 8	19.09.2011	Ausência de cavidades.
B213	740919	8199809	855m	BLOCO 8	19.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B214	741310	8200158	859m	BLOCO 8	19.09.2011	Ausência de cavidades.
B215	741754	8200591	769m	BLOCO 8	19.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B216	741978	8200453	750m	BLOCO 8	19.09.2011	Ausência de cavidades.
B217	742263	8200326	748m	BLOCO 8	19.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B218	742526	8200208	749m	BLOCO 8	19.09.2011	Ausência de cavidades.
B219	742635	8200134	746m	BLOCO 8	19.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B220	743522	8204975	687m	BLOCO 8	20.09.2011	Fundo de vale do Córrego Lamarão; ausência de afloramentos e cavidades.
B221	743468	8204816	685m	BLOCO 8	20.09.2011	Margens do Córrego Lamarão; afloramento de metadiamiccito e ausência de cavidades no entorno.
B222	746004	8199000	862m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B223	746546	8198051	904m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de cavidades.
B224	744594	8202807	847m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de feições cársticas.

Continuação

NOME DO PONTO	UTM E	UTM N	ELEVAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	DATA	DESCRIÇÃO
B225	744356	8203782	833m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de cavidades.
B226	743456	8205299	686m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B227	743397	8205095	697m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de cavidades.
B228	743401	8205096	695m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B229	743581	8204656	689m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de cavidades.
B230	743550	8204487	692m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B231	743517	8204333	703m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de cavidades.
B232	743575	8204172	711m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B233	743587	8203992	723m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B234	743711	8204123	735m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de cavidades.
B235	743714	8204455	725m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B236	743569	8204867	711m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de cavidades.
B237	743616	8205111	705m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B238	743579	8205267	712m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de cavidades.
B239	743622	8205570	702m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B240	743665	8205955	688m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de cavidades.
B241	743734	8206056	713m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B242	743527	8206320	732m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de cavidades.
B243	742295	8205471	845m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B244	742508	8205307	833m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de cavidades.
B245	742748	8205088	789m	BLOCO 8	20.09.2011	Ausência de feições cársticas.
B246	743560	8206206	724m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Alta vertente e ausência de afloramentos.
B247	743201	8204907	749m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Praça de sondagem; solo coluvionar e ausência de afloramentos.

Continuação

NOME DO PONTO	UTM E	UTM N	ELEVAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	DATA	DESCRIÇÃO
B248	743251	8205202	695m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Vertente da margem do Córrego Mundo Novo; afloramento de metadiamiclito e ausência de cavidades.
B249	742732	8204829	716m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Vertente da margem do Córrego Mundo Novo; ausência de afloramentos e de cavidades.
B250	743713	8206249	702m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de feições cársticas.
B251	7473941	8206305	677m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de cavidades.
B252	744056	8206186	685m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de feições cársticas.
B253	744167	8206260	696m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de cavidades.
B254	744242	8206370	686m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de feições cársticas.
B255	744252	8206376	786m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de cavidades.
B256	743864	8204473	735m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de feições cársticas.
B257	743710	8204423	713m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de cavidades.
B258	743582	8204357	691m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de feições cársticas.
B259	743676	8204247	713m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de cavidades.
B260	743717	8204077	717m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de feições cársticas.
B261	743843	8203934	739m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de cavidades.
B262	743901	8203775	716m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de feições cársticas.
B263	743866	8203591	734m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de cavidades.
B264	743686	8203674	704m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de feições cársticas.

Continuação

NOME DO PONTO	UTM E	UTM N	ELEVAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	DATA	DESCRIÇÃO
B265	743509	8203664	721m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de cavidades.
B266	743311	8203677	748m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de feições cársticas.
B267	742216	8204408	782m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de cavidades.
B268	743299	8204329	741m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de feições cársticas.
B269	743411	8204186	716m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de cavidades.
B270	743217	8204798	752m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de feições cársticas.
B271	743268	8205046	744m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de feições cársticas.
B272	743369	8205190	713m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de cavidades.
B273	743169	8205126	703m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de feições cársticas.
B274	743092	8205049	704m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de cavidades.
B275	743050	8204948	710m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de feições cársticas.
B276	742914	8204885	705m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de cavidades.
B277	743030	8204865	724m	BLOCO 8/ DIQUES	22.11.2011	Ausência de feições cársticas.
B278	743480	8205351	687	BLOCO 8/ DIQUES	23.11.2011	Baixa vertente; margem do Córrego Lamarão; afloramento de metadiamiclito e terraço aluvionar.
B279	743536	8205604	682m	BLOCO 8/ DIQUES	23.11.2011	Baixa vertente; terraço aluvionar do Córrego Lamarão e afloramento de metadiamiclito.
B280	743665	8206007	679m	BLOCO 8/ DIQUES	23.11.2011	Encosta do Córrego Lamarão; matacões de metadiamiclito.
B281	744033	8206020	676m	BLOCO 8/ DIQUES	23.11.2011	Encosta do Córrego Lamarão; afloramento de metadiamiclito e ausência de cavidades.

Continuação

<b>NOME DO PONTO</b>	<b>UTM E</b>	<b>UTM N</b>	<b>ELEVAÇÃO</b>	<b>LOCALIZAÇÃO</b>	<b>DATA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
B282	743446	8205491	688m	BLOCO 8/ DIQUES	23.11.2011	Ausência de feições cársticas.
B283	743561	8205731	686m	BLOCO 8/ DIQUES	23.11.2011	Ausência de cavidades.
B284	743597	8205873	693m	BLOCO 8/ DIQUES	23.11.2011	Ausência de feições cársticas.
B285	743876	8205949	683m	BLOCO 8/ DIQUES	23.11.2011	Ausência de cavidades.
B286	743969	8205910	678m	BLOCO 8/ DIQUES	23.11.2011	Vertente do Córrego Mundo Novo; ausência de afloramentos e de cavidades.



**SUL AMERICANA DE METAIS S/A – SAM**

**CONSOLIDAÇÃO DOS ESTUDOS  
ESPELEOLÓGICOS DO  
ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO  
PROJETO VALE DO RIO PARDO -  
ESTADOS DE MINAS GERAIS E BAHIA**

**VOLUME III**

**Novembro de 2015**

---

Rua Eclipse, 133 . Santa Lúcia  
CEP 30360.540 . Belo Horizonte . MG  
+55 31 3296 8544

[www.ICAMBIENTAL.com.br](http://www.ICAMBIENTAL.com.br)



## ÍNDICE VOLUME III

### ANEXOS

Anexo 8: Fichas de Geoespeleologia das Cavidades

Anexo 9: Plantas Espeleotopográficas

Anexo 10: 1º Estudo Paleontológico Complementar com foco na ocorrência de Paleotocas na área de estudo do Projeto Vale do Rio Pardo

Anexo 11: 2º Estudo Paleontológico Complementar com foco na ocorrência de Paleotocas na área de estudo do Projeto Vale do Rio Pardo

Anexo 12: Cartas de Aceite do Material Bioespeleológico

Anexo 13: Dados Brutos Bioespeleologia

Anexo 14: Mapa de Localização das Cavernas

Anexo 15: Parecer Jurídico Compensação Ambiental de Cavidades

Anexo 16: Anotação de Responsabilidade Técnica

Anexo 17: Cadastro Técnico Federal



## **Anexo 8: Fichas de Geoespeleologia das Cavidades**

IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-01		
Coordenada: 741215 E – 8201524 N (23K)	Altitude: 837 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 7,5 metros	Desnível: 0,6m	
Área: 14,6m²	Volume: 27,4m³	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input checked="" type="checkbox"/> Alta vertente <input type="checkbox"/> Média vertente <input type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input checked="" type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico <input type="checkbox"/> Metadiamiccito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico limonitizado		
Estrutura: <input checked="" type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input checked="" type="checkbox"/> Foliação <input checked="" type="checkbox"/> Outra		
Medidas: Foliação- 080/3 Acamamento-355/10 Fratura - N16E/52NW, N70E/84SE, N45W/subvertical		
HIDROLOGIA		
<input type="checkbox"/> Escoamento perene <input type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago		
<input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input checked="" type="checkbox"/> Seco durante a visita		
OBS:		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Afunilada		
Feições morfológicas: <input type="checkbox"/> Pilar <input type="checkbox"/> Canalículo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro		
OBS:		
Inclinação do piso: <input type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input checked="" type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante da vertente <input type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos:		
<input type="checkbox"/> Seixos <input type="checkbox"/> Calhaus <input type="checkbox"/> Matacões <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco		
<input type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano		
OBS:		
Químico: <input checked="" type="checkbox"/> Coralóides <input type="checkbox"/> Microtravertinos <input type="checkbox"/> Pingentes <input type="checkbox"/> Escorrimento <input type="checkbox"/> Cortina <input type="checkbox"/> Crosta		
OBS:		

### GÊNESE

Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS: Intemperismo atuou preferencialmente ao longo da foliação da rocha, promovendo a ampliação destas estruturas.

CONSERVAÇÃO:

CONSERVAÇÃO:

### REGISTRO FOTOGRÁFICO



IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Cavema CM-02		
Coordenada: 743067 E – 8200597 N (23K)	Altitude: 775 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 46,2m	Desnível: 2,1m	
Área: 90,6m <sup>2</sup>	Volume: 85,5m <sup>3</sup>	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Alta vertente <input checked="" type="checkbox"/> Média vertente <input type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input checked="" type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamicrito hematítico <input type="checkbox"/> Metadiamicrito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamicrito hematítico limonizado		
Estrutura: <input checked="" type="checkbox"/> Fratura <input checked="" type="checkbox"/> Dobra <input type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Medidas:		
HIDROLOGIA		
<input type="checkbox"/> Escoamento perene <input checked="" type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago		
<input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input type="checkbox"/> Seco durante a visita		
OBS:		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Irregular		
OBS: Parece haver condicionamento por fraturas e dobras.		
Feições morfológicas: <input checked="" type="checkbox"/> Pilar <input checked="" type="checkbox"/> Canaliculo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro		
OBS:		
Inclinação do piso: <input type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input checked="" type="checkbox"/> Discordante da vertente <input type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos:		
<input checked="" type="checkbox"/> Seixos <input checked="" type="checkbox"/> Calhaus <input type="checkbox"/> Matações <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco		
<input type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano		
Clastos concentrados na entrada.		

Químico:  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta

OBS: Crosta delgada brilhante.

#### GÊNESE

Endógena  Exógena

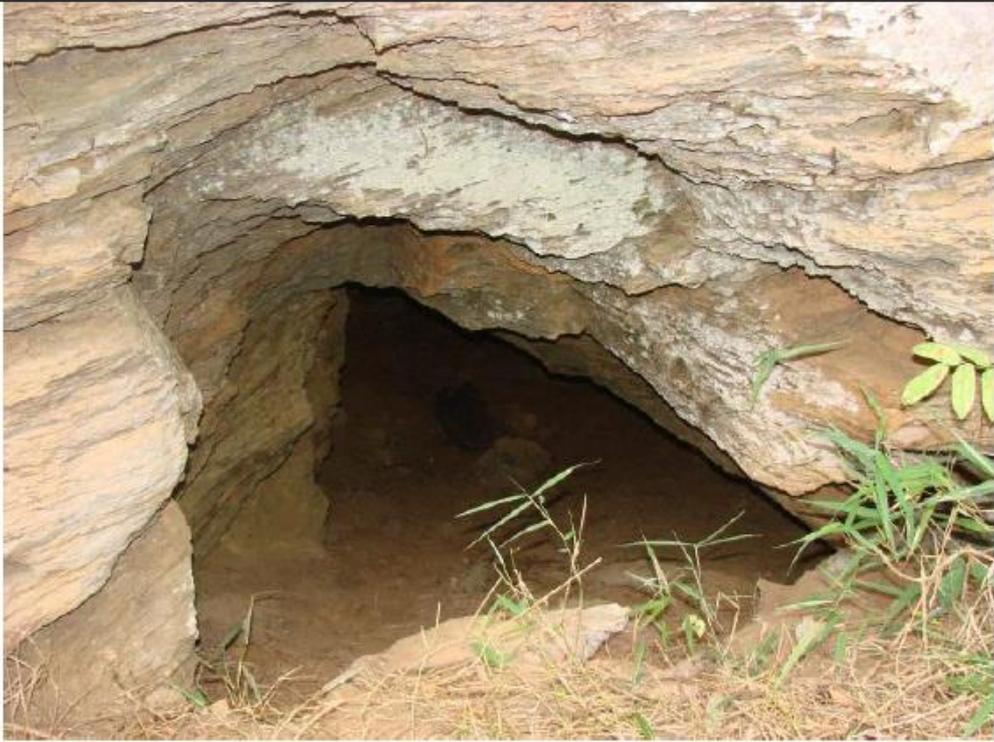
Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS:

CONSERVAÇÃO:

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO





IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-03		
Coordenada: 741682 E – 8205021 N (23K)	Altitude: 804 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 8,1 metros	Desnível: 0,4m	
Área:5,9m <sup>2</sup>	Volume:4,7m <sup>3</sup>	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Alta vertente <input checked="" type="checkbox"/> Média vertente <input type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input checked="" type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico <input type="checkbox"/> Metadiamiccito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico limonitizado		
Estrutura: <input checked="" type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input checked="" type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Medidas:		
HIDROLOGIA		
<input type="checkbox"/> Escoamento perene <input checked="" type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago <input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input type="checkbox"/> Seco durante a visita OBS: Feições de escoamento intermitente no piso.		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Curvilínea OBS:		
Feições morfológicas: <input type="checkbox"/> Pilar <input checked="" type="checkbox"/> Canalículo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input checked="" type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro OBS:		
Inclinação do piso: <input checked="" type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante da vertente <input type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos: <input checked="" type="checkbox"/> Seixos <input type="checkbox"/> Calhaus <input type="checkbox"/> Matações <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco <input type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano		
Químico: <input type="checkbox"/> Coralóides <input type="checkbox"/> Microtravertinos <input type="checkbox"/> Pingentes <input type="checkbox"/> Escorrimento <input type="checkbox"/> Cortina <input type="checkbox"/> Crosta		

OBS:

Não foram observados.

#### GÊNESE

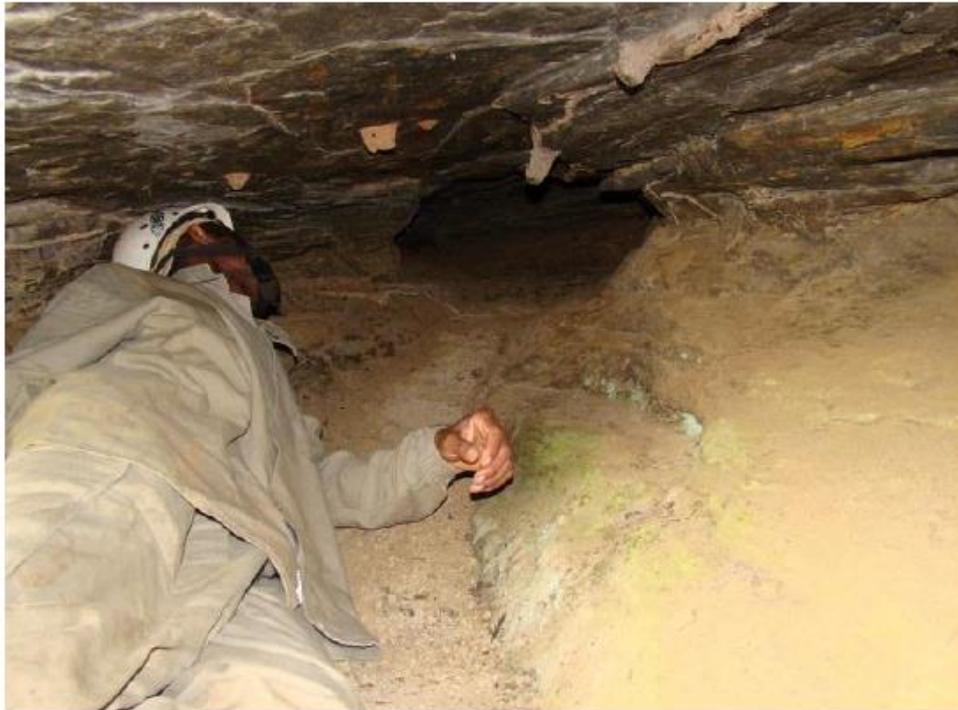
Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS: Alargamento de fratura.

CONSERVAÇÃO:

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO



IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
<b>Empresa:</b> Sul Americana de Metais S.A.	<b>Projeto:</b> Vale do Rio Pardo	<b>Município:</b> Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
<b>Nome da cavidade:</b> Caverna CM-04		
<b>Coordenada:</b> 741681 E – 8204958 N (23K)	<b>Altitude:</b> 807 m	<b>Datum:</b> SAD 69
ESPELEOMETRIA		
<b>Projeção horizontal:</b> 9,7 metros	<b>Desnível:</b> 0,6m	
<b>Área:</b> 11,4m <sup>2</sup>	<b>Volume:</b> 15m <sup>3</sup>	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
<b>Posição:</b> <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Alta vertente <input checked="" type="checkbox"/> Média vertente <input type="checkbox"/> Baixa vertente		
<b>Unidade de relevo local:</b> <input type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input checked="" type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro		
LITO-ESTRUTURA		
<b>Litologia:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico <input type="checkbox"/> Metadiamiccito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico limonitizado		
<b>Estrutura:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input type="checkbox"/> Foliação <input checked="" type="checkbox"/> Outra		
<b>Medidas:</b> – Foliação 345/09		
HIDROLOGIA		
<input type="checkbox"/> Escoamento perene <input checked="" type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago <input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input type="checkbox"/> Seco durante a visita <b>OBS:</b> Marcas de escoamento no piso.		
MORFOLOGIA		
<b>Planimetria predominante:</b> Reticulado		
<b>OBS:</b> Fraturas subverticais em relação à foliação, condicionando condutos.		
<b>Feições morfológicas:</b> <input type="checkbox"/> Pilar <input type="checkbox"/> Canaliculo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input checked="" type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input checked="" type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro		
<b>OBS:</b>		
<b>Inclinação do piso:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante da vertente <input type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
<b>Clásticos e orgânicos:</b>		
<input type="checkbox"/> Seixos <input type="checkbox"/> Calhaus <input checked="" type="checkbox"/> Matacões <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco <input type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano		

Químico:  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta

OBS:

#### GÊNESE

Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS: Ampliação de fraturas.

CONSERVAÇÃO:

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO



IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-05		
Coordenada: 744314 E – 8201710 N (23K)	Altitude: 836 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 5 m	Desnível: 0,5m	
Área: 14,9 m²	Volume: 21,5 m³	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input checked="" type="checkbox"/> Alta vertente <input type="checkbox"/> Média vertente <input type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input checked="" type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input type="checkbox"/> Metadiamicrito hematítico <input type="checkbox"/> Metadiamicrito estéril <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamicrito hematítico limonizado		
Estrutura: <input type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Rocha muito alterada sem estruturas aparentes.		
Medidas:		
HIDROLOGIA		
<input type="checkbox"/> Escoamento perene <input type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago		
<input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input checked="" type="checkbox"/> Seco durante a visita		
OBS:		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Afunilada		
Feições morfológicas: <input type="checkbox"/> Pilar <input type="checkbox"/> Canaliculo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input checked="" type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro		
OBS: Rocha com formas irregulares por toda a parede.		
Inclinação do piso: <input checked="" type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante da vertente <input type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos:		
<input checked="" type="checkbox"/> Seixos <input checked="" type="checkbox"/> Calhaus <input type="checkbox"/> Matações <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco		
<input type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano		

Químico:  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta

OBS: Não foram observados.

#### GÊNESE

Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS:

CONSERVAÇÃO:

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO



IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-06		
Coordenada: 742984 E – 8202700 N (23K)	Altitude: 809 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 12,4m	Desnível: 2,9m	
Área: 60,9m²	Volume: 303,6m³	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Alta vertente <input checked="" type="checkbox"/> Média vertente <input type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input checked="" type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamiccito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico limonitizado		
Estrutura: <input checked="" type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input checked="" type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Medidas: Foliação – 145/05 Fratura - N25W/77NE		
HIDROLOGIA		
<input type="checkbox"/> Escoamento perene <input type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago		
<input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input checked="" type="checkbox"/> Seco durante a visita		
OBS:		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Globular		
OBS:		
Feições morfológicas: <input type="checkbox"/> Pilar <input type="checkbox"/> Canaliculo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro		
OBS:		
Inclinação do piso: <input type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input checked="" type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante da vertente <input type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos:		
<input type="checkbox"/> Seixos <input checked="" type="checkbox"/> Calhaus <input type="checkbox"/> Matações <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco		
<input type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano		

Químico:  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta

OBS:

Não foram observados.

#### GÊNESE

Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS: Ampliação de fraturas.

CONSERVAÇÃO:

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO



IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-07		
Coordenada: 744398 E – 8201590 N (23K)	Altitude: 845 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 12,1 metros	Desnível: 2,7m	
Área: 34,0m <sup>2</sup>	Volume: 150,8m <sup>3</sup>	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input checked="" type="checkbox"/> Alta vertente <input type="checkbox"/> Média vertente <input type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input checked="" type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamiccito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamiccito hemítico limonitizado		
Estrutura: <input type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Medidas:		
HIDROLOGIA		
<input type="checkbox"/> Escoamento perene <input type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago		
<input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input checked="" type="checkbox"/> Seco durante a visita		
OBS:		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Retilínea com estreitamento. OBS: As paredes internas existem sulcos, que parece ser percolação concentrada e contínua de água.		
Feições morfológicas: <input type="checkbox"/> Pilar <input checked="" type="checkbox"/> Canaliculo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input checked="" type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro		
OBS: Alvéolos concordantes com a foliação da rocha.		
Inclinação do piso: <input type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante da vertente <input checked="" type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos:		
<input checked="" type="checkbox"/> Seixos <input checked="" type="checkbox"/> Calhaus <input checked="" type="checkbox"/> Matações <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco		
<input type="checkbox"/> Serrapilheira <input checked="" type="checkbox"/> Guano		

Químico:  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta

OBS:

#### GÊNESE

Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS:

CONSERVAÇÃO:

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO



IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-08		
Coordenada: 741066 E – 8204152 N (23K)	Altitude: 829 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 74,8 m	Desnível: 2,4m	
Área: 260,2m <sup>2</sup>	Volume: 325,9m <sup>3</sup>	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Alta vertente <input checked="" type="checkbox"/> Média vertente <input type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input checked="" type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input type="checkbox"/> Metadiamicrito hematítico <input type="checkbox"/> Metadiamicrito estéril <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamicrito hematítico limonitizado		
Estrutura: <input type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input checked="" type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Medidas: Foliação- 155/10		
HIDROLOGIA		
<input checked="" type="checkbox"/> Escoamento perene <input type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago		
<input checked="" type="checkbox"/> Poça <input checked="" type="checkbox"/> Condensação <input type="checkbox"/> Seco durante a visita		
OBS:		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Irregular		
Feições morfológicas: <input checked="" type="checkbox"/> Pilar <input type="checkbox"/> Canaliculo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input checked="" type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro		
OBS: Foram observadas microformas nos pilares, representadas por micropilares.		
Inclinação do piso: <input checked="" type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante da vertente <input type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos:		
<input checked="" type="checkbox"/> Seixos <input checked="" type="checkbox"/> Calhaus <input checked="" type="checkbox"/> Matações <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input checked="" type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco		
<input type="checkbox"/> Serrapilheira <input checked="" type="checkbox"/> Guano		
OBS: Predomínio de sedimento terrígeno e lamoso sobre o piso.		

Químico:  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta

OBS: Crosta marrom sobre cone de sedimentos e pigmentos brancos na entrada.

#### GÊNESE

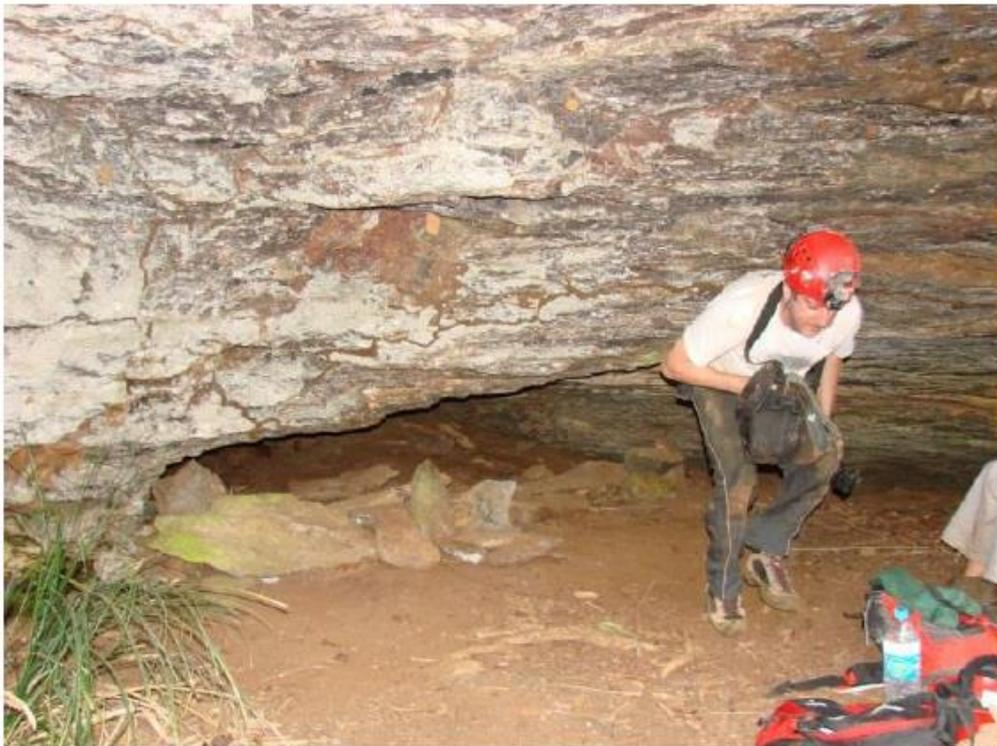
Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS:

CONSERVAÇÃO:

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO





IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-09		
Coordenada: 742980 E – 8203082 N (23K)	Altitude: 802 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 7,6 metros	Desnível: 0,5m	
Área: 5,7m <sup>2</sup>	Volume: 4,0m <sup>3</sup>	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Alta vertente <input checked="" type="checkbox"/> Média vertente <input type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input checked="" type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamiccito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico limonitizado		
Estrutura: <input checked="" type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input checked="" type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Medidas: Foliação- 077/09 Fratura - EW/70S, N25W		
HIDROLOGIA		
<input type="checkbox"/> Escoamento perene <input type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago <input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input checked="" type="checkbox"/> Seco durante a visita OBS:		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Curvilínea. OBS: Caverna em L, com condutos condicionados por fraturas.		
Feições morfológicas: <input type="checkbox"/> Pilar <input type="checkbox"/> Canaliculo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input checked="" type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro OBS:		
Inclinação do piso: <input type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input checked="" type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante da vertente <input type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos: <input type="checkbox"/> Seixos <input checked="" type="checkbox"/> Calhaus <input type="checkbox"/> Matacões <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco <input type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano		

Químico:  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta

OBS: Não foram observados.

#### GÊNESE

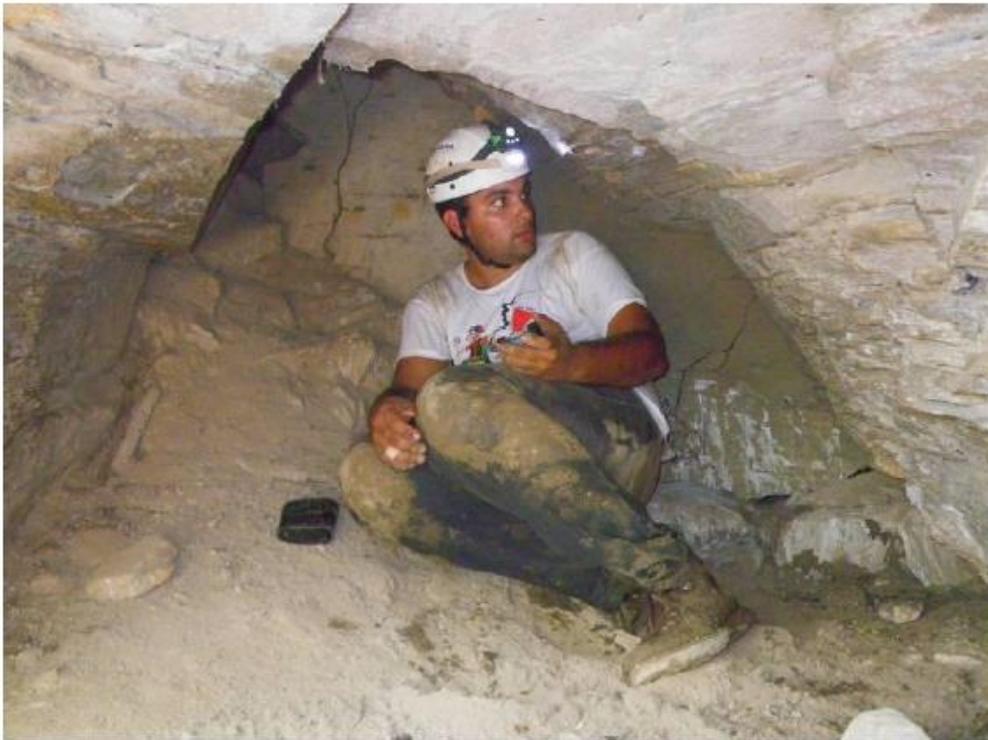
Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS: Ampliação de fraturas.

CONSERVAÇÃO:

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO



IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-10		
Coordenada: 742071 E – 8200970 N (23K)	Altitude: 852 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 36,5 metros	Desnível: 2,0m	
Área: 94,8m²	Volume: 105,9m³	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input checked="" type="checkbox"/> Alta vertente <input type="checkbox"/> Média vertente <input type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input checked="" type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico <input type="checkbox"/> Metadiamiccito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico limonitizado		
Estrutura: <input type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Medidas:		
HIDROLOGIA		
<input type="checkbox"/> Escoamento perene <input type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago		
<input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input checked="" type="checkbox"/> Seco durante a visita		
OBS:		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Afunilada.		
Feições morfológicas: <input checked="" type="checkbox"/> Pilar <input checked="" type="checkbox"/> Canaliculo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input checked="" type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro		
OBS: A cavidade apresenta feições arredondadas e canaliculos tanto no contato parede com chão, quanto no teto.		
Inclinação do piso: <input checked="" type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante da vertente <input type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos:		
<input type="checkbox"/> Seixos <input checked="" type="checkbox"/> Calhaus <input checked="" type="checkbox"/> Matações <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco		
<input type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano		
OBS: Clásticos pouco abundantes pela cavidade.		

Químico:  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta

OBS: Coralóides de sílica amorfa. Casas de marimbondo com concreções de ferro.

#### GÊNESE

Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS:

**CONSERVAÇÃO:** Registros paleontológicos denominados icnofósseis (marca de garras). Registros arqueológicos caracterizados por incisões nas paredes por picoteamento e pinturas rupestres.

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO





IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo Minas Gerais e Bahia	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-11		
Coordenada: 743174 E – 8200667 N (23K)	Altitude: 774 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 8,3 metros	Desnível: 1,6m	
Área: 15,8m <sup>2</sup>	Volume: 46,6m <sup>3</sup>	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Alta vertente <input checked="" type="checkbox"/> Média vertente <input type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input checked="" type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input type="checkbox"/> Metadiamicrito hematítico <input type="checkbox"/> Metadiamicrito estéril <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamicrito hematítico limonitizado		
Estrutura: <input type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Medidas:		
HIDROLOGIA		
<input type="checkbox"/> Escoamento perene <input type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago		
<input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input checked="" type="checkbox"/> Seco durante a visita		
OBS:		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Retilínea.		
OBS: Caverna com aspecto ruiniforme.		
Feições morfológicas: <input checked="" type="checkbox"/> Pilar <input type="checkbox"/> Canaliculo <input checked="" type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input checked="" type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro		
OBS:		
Inclinação do piso: <input type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante da vertente <input checked="" type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos:		
<input checked="" type="checkbox"/> Seixos <input checked="" type="checkbox"/> Calhaus <input type="checkbox"/> Matacões <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco		
<input type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano		

Químico:  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta

OBS: Crostas brancas

#### GÊNESE

Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS:

CONSERVAÇÃO:

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO





IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-12		
Coordenada: 743563 E – 8199064 N (23K)	Altitude: 821 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 17,4 metros	Desnível: 1,6m	
Área: 13,4m <sup>2</sup>	Volume: 26,2m <sup>3</sup>	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Alta vertente <input checked="" type="checkbox"/> Média vertente <input type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input checked="" type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input type="checkbox"/> Metadiamicrito hematítico <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamicrito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamicrito hematítico limonitizado		
Estrutura: <input checked="" type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Medidas: .		
HIDROLOGIA		
<input checked="" type="checkbox"/> Escoamento perene <input type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago <input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input type="checkbox"/> Seco durante a visita OBS: Filete de água escorrendo das partes distais da cavidade.		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Retilínea.		
Feições morfológicas: <input checked="" type="checkbox"/> Pilar <input checked="" type="checkbox"/> Canaliculo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input checked="" type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input checked="" type="checkbox"/> Outro "solution pocket" OBS: Conduto arredondado e verticalizado na porção distal e oeste da cavidade.		
Inclinação do piso: <input type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input checked="" type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante com a vertente <input type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos:		
<input type="checkbox"/> Seixos <input type="checkbox"/> Calhaus <input type="checkbox"/> Matações <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input checked="" type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco <input checked="" type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano OBS: Serrapilheira proveniente do teto do conduto situado na porção distal e oeste da cavidade.		

**Químico:**  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta

**OBS:** Presença incipiente de crostas de argila, semelhantes a microtravertinos, associados à percolação de água.

#### GÊNESE

Endógena  Exógena

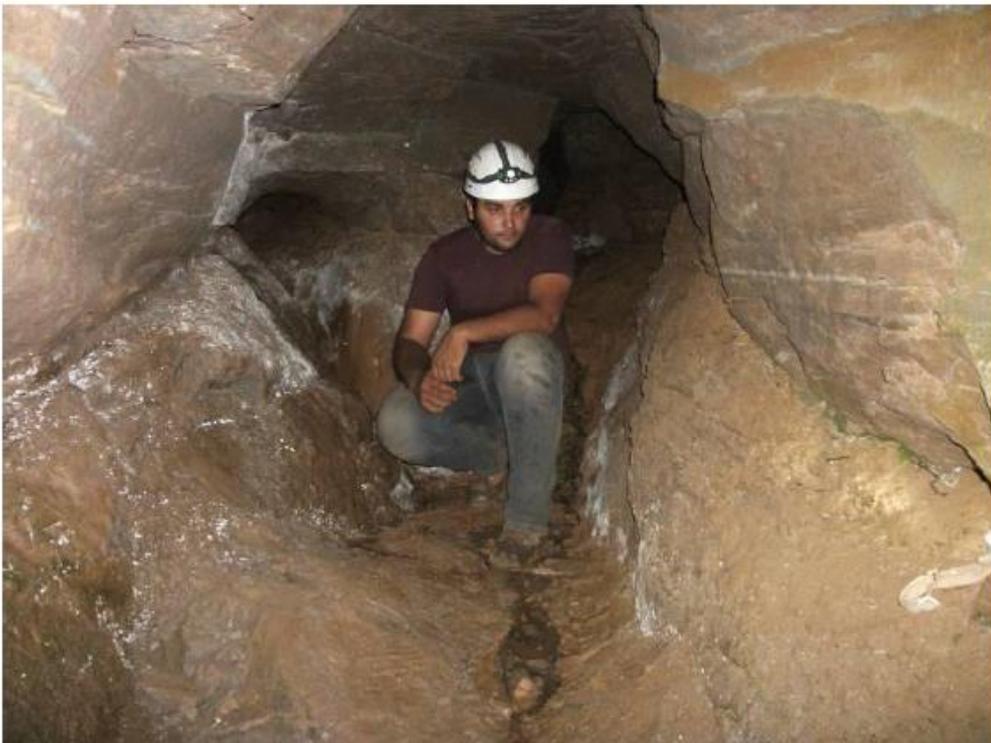
Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

**OBS:** Aporte de sedimentos através de canalículos e ampliação de fraturas.

**RELEVÂNCIA:** Conduto formato vertical e arredondado se difere dos padrões das demais cavidades. Ampliação de canalículos através da saída de água e sedimentos.

**CONSERVAÇÃO:**

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO



## DESCRIÇÃO GEOSPELEOLÓGICA – FICHA DE CAMPO

### 1 – IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

Nome da caverna	CM-13	Município/UF	Grão Mogol - MG
Coordenadas	741429 E   8201173N	Projeto	Vale do Rio Pardo
Datum SAD-69		Data	14//09/2012
Elevação	791 m	Responsável pelo registro	Ricardo Diniz Kai

### 2 – GEOMORFOLOGIA (INSERÇÃO NA PAISAGEM)

**Unidade Geomorfológica**

Serra                       Planalto                       maciço residual                       Planície  
 Chapada

**Forma de Relevo**

Crista de serra                       Topo de chapada                       Borda de chapada                       Encosta inclinada de chapada ou serra  
 Borda de calha de drenagem                       Interior de calha de drenagem                       Sopé de chapada /serra                       Depósito de tálus  
 Dolina                       Outras: \_\_\_\_\_

**Posição na vertente**

Topo                       Alta vertente                       Média vertente                       Baixa vertente

**Posição da escarpa rochosa na vertente**

Escarpa em anfiteatro                       Escarpa paralela a maior inclinação da vertente                       Escarpa perpendicular a maior inclinação da vertente  
 Escarpa perpendicular a calha de drenagem                       Depósito de tálus                       Outra: \_\_\_\_\_  
Escarpa paralela a calha de drenagem

Altura da escarpa/maciço (m): \_\_\_\_\_

**Continuidade lateral da escarpa rochosa/ afloramento**

Com continuidade (superior a 30m)                       Sem continuidade (inferior a 30m)

**Descrição:**

Depósito de tálus situado na meia vertente direita do córrego Lamarão.

### 3 – LITOLOGIA

**Litotipos**

Rochas carbonáticas                       Rochas ferríferas                       Rochas siliciclásticas  
 Rochas pelíticas                       Rochas graníticas/gnáissicas                       Outras

**Descrição:** Cavidade desenvolvida em depósito de tálus recoberto por canga detrítica. A matriz da canga é composta de areia quartzosa, silte, filossilicatos subordinados e magnetita disseminada. O arcabouço é composto por seixos de rocha ferrífera foliada e seixos e blocos de quartzito e quartzo de veio. Os clastos são arredondados a angulosos. As paredes e o piso são formados por matações de metadiamicrito hematítico com matriz composta por especularita, quartzo e

magnetita cúbica subordinada e arcabouço de seixos e blocos de quartzito e quartzo de veio.

#### 4 – ESTRUTURAS

- Estrutura**
- |   |   |                                       |
|---|---|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Acamamento ( $S_0$ ) | <input type="checkbox"/> Bandamento ( $S_n$ ) | <input type="checkbox"/> Fraturas (F) |
| <input type="checkbox"/> Falha                | <input type="checkbox"/> Foliação ( $S_n$ )   | <input type="checkbox"/> Dobras       |
- Estrutura geológica de interesse científico**
- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Presença | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência |
|-----------------------------------|--|

#### Descrição:

Caverna conformada por depósito de tálus. Portanto, apesar dos blocos rolados apresentarem foliação, optou-se por não considerá-la já que devido a rotações diversas, não é possível determinar a orientação *in situ*.

#### Medidas:

Estruturas controlam morfologia?

#### 5 - ESPELEOMETRIA

Projeção Horizontal (m): 5,5  
Desnível (m): 1,8

Área (m<sup>2</sup>): 8,6  
Volume (m<sup>3</sup>): 7

#### 6 – MORFOLOGIA

##### Morfologia única

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Presença de morfologia única | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência de morfologia única |
|---|--|

##### Padrão planimétrico

- |  |                                       |                                       |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Retilíneo             | <input type="checkbox"/> Espongiforme | <input type="checkbox"/> Anastomosado |
| <input checked="" type="checkbox"/> Curvilíneo | <input type="checkbox"/> Reticular    | <input type="checkbox"/> Globular     |
| <input type="checkbox"/> Meandrante            | <input type="checkbox"/> Outro: _____ |                                       |

- Piso**
- |                                |  |   |
|--------------------------------|--|---|
| <input type="checkbox"/> Plano | <input type="checkbox"/> Inclinado para o interior | <input checked="" type="checkbox"/> Inclinado para o exterior |
|--------------------------------|--|---|

- Parede**
- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Regular | <input checked="" type="checkbox"/> Irregular |
|----------------------------------|---|

- Teto**
- |                                  |   |  |
|----------------------------------|---|--|
| <input type="checkbox"/> Regular | <input checked="" type="checkbox"/> Irregular | <input type="checkbox"/> Inclinado concordantemente com o piso |
|----------------------------------|---|--|

- Feições morfológicas**
- |  |                                       |                                   |
|--|---------------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Pilar                 | <input type="checkbox"/> Arco Rochoso | <input type="checkbox"/> Pendente |
| <input checked="" type="checkbox"/> Canaliculo | <input type="checkbox"/> Patamar      | <input type="checkbox"/> Alvéolos |

- |  |                                       |  |
|--|---------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Clarabóia                   | <input type="checkbox"/> Paleopiso    | <input type="checkbox"/> Pontões estruturais |
| <input type="checkbox"/> Cúpula de teto (bell holes) | <input type="checkbox"/> Lapiesamento | <input type="checkbox"/> Marmita             |
| <input type="checkbox"/> Boxwork                     | <input type="checkbox"/> Outras...    | <input type="checkbox"/>                     |

**Descrição:** Caverna formada em tálus com padrão curvilíneo sem a presença de morfologia única. Possui piso com pequena inclinação para o interior no terço inicial e médio, passando a inclinado para o exterior no terço final. Possui paredes e teto irregulares. Quanto a formação morfológica foi observado a presença de microcanalículos.

## 7 - HIDROLOGIA

### Água de percolação ou condensação

- |                                   |   |   |  |
|-----------------------------------|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Presença | <input type="checkbox"/> Presença significativa | <input type="checkbox"/> Presença não significativa | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência |
|-----------------------------------|---|---|--|

### Lago ou drenagem subterrânea

- |                                 |  |   |  |
|---------------------------------|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Perene | <input type="checkbox"/> Intermitente e significativa para o sistema hidrológico e biológico | <input type="checkbox"/> Intermitente e significativa para a cavidade | <input checked="" type="checkbox"/> Não significativa ou ausente |
|---------------------------------|--|---|--|

### Feições observadas

- |  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Presença            | <input type="checkbox"/> Escoamento perene | <input type="checkbox"/> Escoamento temporário | <input type="checkbox"/> Gotejamento    |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ausência | <input type="checkbox"/> Surgência perene  | <input type="checkbox"/> Surgência temporária  | <input type="checkbox"/> Paleosurgência |
|  | <input type="checkbox"/> Sumidouro Perene  | <input type="checkbox"/> Sumidouro Temporário  | <input type="checkbox"/> Percolação     |
|  | <input type="checkbox"/> Lagoa perene      | <input type="checkbox"/> Lagoa temporária      | <input type="checkbox"/> Poça           |
|  | <input type="checkbox"/> Condensação       |  |   |

**Descrição:**

## 8 – DEPÓSITOS CLÁSTICOS E QUÍMICOS

### DEPÓSITOS CLÁSTICOS (RELEVÂNCIA)

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Presença de depósito com valor científico | <input checked="" type="checkbox"/> Presença de depósito sem valor científico ou ausência |
|--|---|

Granulometria	Origem (aloctone/autóctone/mista)	Arredondamento (arredondado a anguloso)	Predominante (sim/não)
Argila/Silte (< 0,062mm)	Mista	Não se aplica	Não
Areia (0,062 a 2mm)	Mista	Subarredondado a arredondado	Não
Grânulo (2 a 4mm)	Mista	Subarredondado	Não
Seixo (4 a 64mm)	Autóctone	Subarredondado a anguloso	Não
Calhau (64 a 256mm)	Mista	Anguloso	Não
Matacão (>256mm)	Mista	Anguloso	Sim

### Feições de deposição

- |   |   |                                   |
|---|---|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Cones de sedimentos terrígenos | <input type="checkbox"/> Cones de sedimentos cascalhentos | <input type="checkbox"/> Terraços |
|---|---|-----------------------------------|

Conglomerado

 Brecha

**Descrição**
**ORGÂNICOS**
 Folhiços

 Fezes

 Guano

 Bioclastos (ossos, conchas)

**DEPÓSITOS QUÍMICOS (ESPELEOTEMAS)**
 Presença de depósitos com valor científico

 Presença de depósitos sem valor científico ou ausência

**Espeleotemas únicos**
 Presença

 Ausência

**Diversidade de sedimentação química**
 Presença

 Ausência

**Configuração dos espeleotemas**

(aspecto, maturidade e abundância)

 Notável

 Pouco significativa

**Espeleotemas observados**
 Crosta ferruginosa

 Depósito gelatinoso

 Crosta branca

 Escorrimentos

 Cupim-tema

 Coralóides

 Estalactites

 Pingentes

 Travertinos (micro a macro)

 Cortinas

 Estalagmites

 Colunas

 Helictites/heligmities

 Outros: \_\_\_\_\_

**Descrição:** Presença de poucos espeleotemas dispostos de forma esparsa. Os espeleotemas observados são do tipo crosta branca, coralóides e cupim-tema. Os coralóides são centimétricos e apresentam coloração avermelhada a amarelada. A crosta branca é melhor desenvolvida na canga do que no metadiamicrito.

**9 – GÊNESE**
**Gênese única ou rara**
 Presença

 Ausência

**Gênese**
 Endógena

 Ampliação de canaliculos

 Erosão fluvial

 Exógena

 Ampliação de canaliculos e erosão fluvial

 Tálus

 Erosão por oscilação de lagoa

 Abatimento

**Descrição:** A gênese da caverna está associada inicialmente ao basculamento e redistribuição de blocos formando depósito de tálus. Esse evento corresponde a formação exógena. Entretanto, secundariamente ocorre alargamentos de microcanalículos e a formação de negativos de clastos por desprendimento dos mesmos. Esses correspondem a formação endógena. Os matações condicionam as paredes e a canga o teto da cavidade.

#### 10 – PALEONTOLOGIA E ARQUEOLOGIA

Presença

Ausência

**Descrição:**

**Iconofósseis(vespa)**

#### 11 – VALOR HISTÓRICO-CULTURAL

Presença

Ausência

**Descrição**

#### 12 – VALOR SÓCIO-ECONÔMICO

Presença

Ausência

**Descrição**

#### 13 – ATRIBUTOS DE RELEVÂNCIA

Presença

Ausência

**Descrição:**

## 14 – CONSERVAÇÃO DA CAVIDADE E ENTORNO

Impactos observados na cavidade

Impactos observados no entorno da cavidade (250m)

Necessário avaliar cartografia

### Descrição

Pisoteio intenso por gado no entorno e entrada. Alteração significativa da vegetação de entorno devido a propagação de pasto.

IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-14		
Coordenada: 743182 E – 8199933 N (23K)	Altitude: 783 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 21,0 metros	Desnível: 0,9m	
Área: 81,0m <sup>2</sup>	Volume: 91,1m <sup>3</sup>	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Alta vertente <input checked="" type="checkbox"/> Média vertente <input type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input checked="" type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamiccito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico limonitizado		
Estrutura: <input type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Medidas:		
HIDROLOGIA		
<input type="checkbox"/> Escoamento perene <input type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago <input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input checked="" type="checkbox"/> Seco durante a visita OBS:		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Curvilínea.		
Feições morfológicas: <input type="checkbox"/> Pilar <input type="checkbox"/> Canalículo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input checked="" type="checkbox"/> Alvéolo <input checked="" type="checkbox"/> Domo <input checked="" type="checkbox"/> Outro OBS: A cavidade apresenta várias feições arredondadas do tipo alvéolo, domo e canalículo verticaliza ( <i>Bell Hole</i> ).		
Inclinação do piso: <input checked="" type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante com a vertente <input type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos: <input checked="" type="checkbox"/> Seixos <input checked="" type="checkbox"/> Calhaus <input checked="" type="checkbox"/> Matacões <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco <input type="checkbox"/> Serrapilheira <input checked="" type="checkbox"/> Guano OBS: Clásticos esparsos em toda a caverna.		

Químico:  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta - marrom no chão

OBS: Coralóides mm parcialmente recobertos por óxidos de ferro.

#### GÊNESE

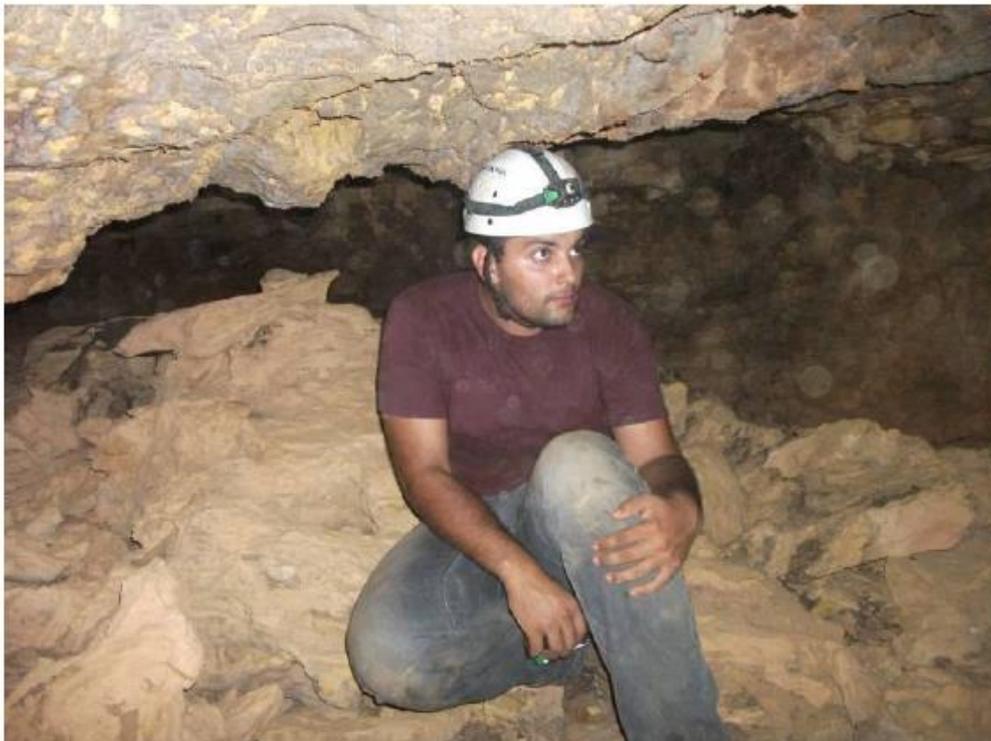
Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS:

CONSERVAÇÃO:

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO



IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-15		
Coordenada: 741375 E – 8204331 N (23K)	Altitude: 807 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 7,4 metros	Desnível: 1,8m	
Área: 7,9m <sup>2</sup>	Volume: 5,6m <sup>3</sup>	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Alta vertente <input checked="" type="checkbox"/> Média vertente <input type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input checked="" type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro maciço margem drenagem		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico <input type="checkbox"/> Metadiamiccito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico limonitizado		
Estrutura: <input type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input type="checkbox"/> Foliação <input checked="" type="checkbox"/> Outra		
Medidas: Acamamento - 345/20		
HIDROLOGIA		
<input type="checkbox"/> Escoamento perene <input type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago		
<input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input checked="" type="checkbox"/> Seco durante a visita		
OBS:		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Reticulada com estreitamento.		
OBS:		
Feições morfológicas: <input type="checkbox"/> Pilar <input checked="" type="checkbox"/> Canalículo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro		
OBS:		
Inclinação do piso: <input type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input checked="" type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante da vertente <input type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos:		
<input type="checkbox"/> Seixos <input checked="" type="checkbox"/> Calhaus <input type="checkbox"/> Matacões <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco		
<input type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano		

Químico:  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta

OBS:

#### GÊNESE

Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS:

CONSERVAÇÃO:

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO



IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-16		
Coordenada: 741273 E – 8204220 N (23K)	Altitude: 779 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 9,4 metros	Desnível: 0,3m	
Área: 14,8m <sup>2</sup>	Volume: 12,1m <sup>3</sup>	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Alta vertente <input type="checkbox"/> Média vertente <input checked="" type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input checked="" type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro:		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico <input type="checkbox"/> Metadiamiccito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico limonitizado		
Estrutura: <input type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Medidas:		
HIDROLOGIA		
<input type="checkbox"/> Escoamento perene <input checked="" type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago <input checked="" type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input type="checkbox"/> Seco durante a visita OBS: Alimentando a drenagem.		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Irregular OBS:		
Feições morfológicas: <input type="checkbox"/> Pilar <input checked="" type="checkbox"/> Canalículo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro OBS:		
Inclinação do piso: <input checked="" type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante da vertente <input type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos: <input checked="" type="checkbox"/> Seixos <input type="checkbox"/> Calhaus <input type="checkbox"/> Matacões <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco <input type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano		

Químico:  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta

OBS: Não foram observados

#### GÊNESE

Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS: Alargamento de canalículos e por erosão fluvial.

CONSERVAÇÃO:

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO



IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-17		
Coordenada: 741315 E – 8204207 N (23K)	Altitude: 799 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 8,4 metros	Desnível: 0,6m	
Área: 7,7m <sup>2</sup>	Volume: 4,6m <sup>3</sup>	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Alta vertente <input checked="" type="checkbox"/> Média vertente <input type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input checked="" type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico <input type="checkbox"/> Metadiamiccito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico limonitizado		
Estrutura: <input type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Medidas:		
HIDROLOGIA		
<input type="checkbox"/> Escoamento perene <input type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago <input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input checked="" type="checkbox"/> Seco durante a visita OBS:		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Retilínea. OBS: Dois condutos retilíneos paralelos.		
Feições morfológicas: <input checked="" type="checkbox"/> Pilar <input type="checkbox"/> Canaliculo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro OBS:		
Inclinação do piso: <input checked="" type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante da vertente <input type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos: <input type="checkbox"/> Seixos <input checked="" type="checkbox"/> Calhaus <input type="checkbox"/> Matacões <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco <input type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano		

Químico:  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta

OBS:

#### GÊNESE

Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS: Alargamento de canalículo e/ou fratura.

CONSERVAÇÃO:

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO



IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-18		
Coordenada: 741653 E – 8204344 N (23K)	Altitude: 737 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 12,0 metros	Desnível: 2,1m	
Área: 19,8m <sup>2</sup>	Volume: 30,7m <sup>3</sup>	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Alta vertente <input type="checkbox"/> Média vertente <input checked="" type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input checked="" type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input checked="" type="checkbox"/> Outro : margem de drenagem		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamicrito hematítico <input type="checkbox"/> Metadiamicrito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamicrito hematítico limonizado		
Estrutura: <input type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Medidas:		
HIDROLOGIA		
<input checked="" type="checkbox"/> Escoamento perene <input type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago		
<input checked="" type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input type="checkbox"/> Seco durante a visita		
OBS:		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Retilínea.		
OBS:		
Feições morfológicas: <input type="checkbox"/> Pilar <input checked="" type="checkbox"/> Canalículo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input checked="" type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro		
OBS:		
Inclinação do piso: <input checked="" type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante da vertente <input type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos:		
<input type="checkbox"/> Seixos <input checked="" type="checkbox"/> Calhaus <input type="checkbox"/> Matações <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco		
<input type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano		

Químico:  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta  
OBS:

#### GÊNESE

Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS: Alargamento de canalículo e fratura.

CONSERVAÇÃO:

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO



IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-19		
Coordenada: 741754 E – 8204339 N (23K)	Altitude: 770 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 7,5 metros	Desnível: 0,3m	
Área: 14,6m <sup>2</sup>	Volume: 38,3m <sup>3</sup>	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Alta vertente <input checked="" type="checkbox"/> Média vertente <input type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input checked="" type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamicrito hematítico <input type="checkbox"/> Metadiamicrito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamicrito hematítico limonitizado		
Estrutura: <input checked="" type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input checked="" type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Medidas: Foliação - 130/10 Fratura: N64E/subvertical		
HIDROLOGIA		
<input type="checkbox"/> Escoamento perene <input type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago <input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input checked="" type="checkbox"/> Seco durante a visita OBS:		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Abrigo. OBS:		
Feições morfológicas: <input type="checkbox"/> Pilar <input checked="" type="checkbox"/> Canaliculo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input checked="" type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro OBS:		
Inclinação do piso: <input type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante da vertente <input checked="" type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos: <input checked="" type="checkbox"/> Seixos <input type="checkbox"/> Calhaus <input type="checkbox"/> Matacões <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco <input type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano		

Químico:  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta

OBS:

#### GÊNESE

Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS:

CONSERVAÇÃO:

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO



IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-20		
Coordenada: 741330 E – 8204237 N (23K)	Altitude: 803 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 5,2 metros	Desnível: 1,0m	
Área: 13,3m <sup>2</sup>	Volume: 10,4m <sup>3</sup>	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Alta vertente <input checked="" type="checkbox"/> Média vertente <input type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input checked="" type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico <input type="checkbox"/> Metadiamiccito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico limonizado		
Estrutura: <input checked="" type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input checked="" type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Medidas: Foliação- 120/9 Fratura - N76W/subvertical		
HIDROLOGIA		
<input type="checkbox"/> Escoamento perene <input type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago <input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input checked="" type="checkbox"/> Seco durante a visita OBS:		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Afunilada. OBS:		
Feições morfológicas: <input type="checkbox"/> Pilar <input type="checkbox"/> Canaliculo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input checked="" type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro OBS:		
Inclinação do piso: <input checked="" type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante da vertente <input type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos: <input checked="" type="checkbox"/> Seixos <input checked="" type="checkbox"/> Calhaus <input checked="" type="checkbox"/> Matacões <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco <input type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano		

Químico:  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta

OBS:

#### GÊNESE

Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS:

CONSERVAÇÃO:

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO



IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-21		
Coordenada: 743353 E – 8201783 N (23K)	Altitude: 721 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 8,0 metros	Desnível: 1,1m	
Área: 28,4m²	Volume: 28,7m³	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Alta vertente <input type="checkbox"/> Média vertente <input checked="" type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input checked="" type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamicrito hematítico <input type="checkbox"/> Metadiamicrito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamicrito hematítico limonitizado		
Estrutura: <input checked="" type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input checked="" type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Medidas:		
HIDROLOGIA		
<input type="checkbox"/> Escoamento perene <input type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago		
<input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input checked="" type="checkbox"/> Seco durante a visita		
OBS:		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Afunilada.		
OBS:		
Feições morfológicas: <input checked="" type="checkbox"/> Pilar <input type="checkbox"/> Canaliculo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input checked="" type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro		
OBS: Alvéolos condicionados pela foliação.		
Inclinação do piso: <input type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante da vertente <input checked="" type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos:		
<input type="checkbox"/> Seixos <input type="checkbox"/> Calhaus <input type="checkbox"/> Matacões <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco		
<input type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano		

Químico:  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta

OBS: Não foram observados.

#### GÊNESE

Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS: Ampliação de foliação da rocha. Alvéolos parecem contribuir para desenvolvimento da cavidade..

CONSERVAÇÃO:

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO



IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-22		
Coordenada: 743310 E - 8201634 N (23K)	Altitude: 740 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 5,3 metros	Desnível: 1,6m	
Área: 54,9m²	Volume: 151,1m³	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Alta vertente <input type="checkbox"/> Média vertente <input checked="" type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input checked="" type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro:		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico <input type="checkbox"/> Metadiamiccito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico limonitizado		
Estrutura: <input checked="" type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input checked="" type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Medidas: Foliação- 228/07 Fratura - N50W/55NE, N25E/74NW		
HIDROLOGIA		
<input type="checkbox"/> Escoamento perene <input type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago		
<input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input checked="" type="checkbox"/> Seco durante a visita		
OBS:		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Abrigo		
OBS:		
Feições morfológicas: <input type="checkbox"/> Pilar <input type="checkbox"/> Canalículo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro		
OBS:		
Inclinação do piso: <input type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante da vertente <input checked="" type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos:		
<input type="checkbox"/> Seixos <input type="checkbox"/> Calhaus <input checked="" type="checkbox"/> Matacões <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco		
<input type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano		

Químico:  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta  
OBS:

#### GÊNESE

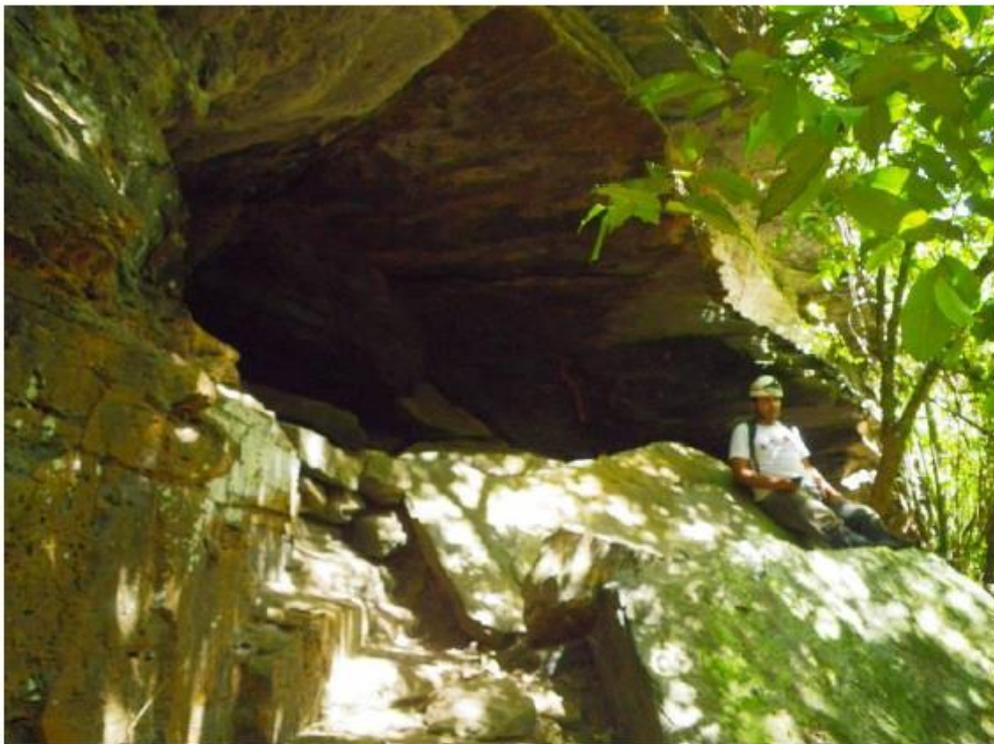
Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS:

CONSERVAÇÃO:

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO



IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-23		
Coordenada: 742960 E – 8202952 N (23K)	Altitude: 810 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 12,5 metros	Desnível: 1,2m	
Área: 11,3m²	Volume: 3,8m³	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Alta vertente <input checked="" type="checkbox"/> Média vertente <input type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input checked="" type="checkbox"/> Outro: cabeceira de drenagem		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamicrito hematítico <input type="checkbox"/> Metadiamicrito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamicrito hematítico limonizado		
Estrutura: <input type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input checked="" type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Medidas: Foliação- 105/11		
HIDROLOGIA		
<input type="checkbox"/> Escoamento perene <input checked="" type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago		
<input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input type="checkbox"/> Seco durante a visita		
OBS:		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Reticulado		
OBS:		
Feições morfológicas: <input type="checkbox"/> Pilar <input checked="" type="checkbox"/> Canalículo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro		
OBS:		
Inclinação do piso: <input checked="" type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante da vertente <input type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos:		
<input type="checkbox"/> Seixos <input type="checkbox"/> Calhaus <input type="checkbox"/> Matações <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco		
<input type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano		

Químico:  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta  
OBS:

#### GÊNESE

Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS:

Ampliação de canalículo e ou fratura. Com posterior retirada de material por ação da água fluvial que drena da cavidade.

CONSERVAÇÃO:

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO



IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-24		
Coordenada: 741613 E – 8201225 N (23K)	Altitude: 814 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 15,4metros	Desnível:0,5m	
Área:31,5m <sup>2</sup>	Volume:80,4m <sup>3</sup>	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Alta vertente <input checked="" type="checkbox"/> Média vertente <input type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input checked="" type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico <input type="checkbox"/> Metadiamiccito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico limonitizado		
Estrutura: <input type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Medidas:		
HIDROLOGIA		
<input type="checkbox"/> Escoamento perene <input type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago <input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input checked="" type="checkbox"/> Seco durante a visita OBS:		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Curvilínea. OBS: Condicionada por fratura		
Feições morfológicas: <input type="checkbox"/> Pilar <input checked="" type="checkbox"/> Canalículo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input checked="" type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro OBS: Alvéolos condicionados pela foliação.		
Inclinação do piso: <input checked="" type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante da vertente <input type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos: <input checked="" type="checkbox"/> Seixos <input checked="" type="checkbox"/> Calhaus <input type="checkbox"/> Matações <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco <input type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano		

Químico:  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta

OBS:

Coralóides de óxido de ferro.

#### GÊNESE

Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS:

CONSERVAÇÃO:

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO





IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-25		
Coordenada: 741590 E – 8201187 N (23K)	Altitude: 808 m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 8,2metros	Desnível:2,4m	
Área:31,1m <sup>2</sup>	Volume:58,5m <sup>3</sup>	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input type="checkbox"/> Alta vertente <input checked="" type="checkbox"/> Média vertente <input type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input checked="" type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamicrito hematítico <input type="checkbox"/> Metadiamicrito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamicrito hematítico limonitizado		
Estrutura: <input checked="" type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input checked="" type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Medidas: Fratura - N30W/50SW		
HIDROLOGIA		
<input type="checkbox"/> Escoamento perene <input type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago		
<input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input checked="" type="checkbox"/> Seco durante a visita		
OBS:		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Abrigo. OBS:		
Feições morfológicas: <input type="checkbox"/> Pilar <input checked="" type="checkbox"/> Canalículo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input checked="" type="checkbox"/> Alvéolo <input type="checkbox"/> Domo <input checked="" type="checkbox"/> Outro		
OBS: Canalículos no piso e no teto denominado <i>Bell Hole</i> . Canalículos no teto semelhantes à chaminés.		
Inclinação do piso: <input type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input checked="" type="checkbox"/> Discordante da vertente <input type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos:		
<input type="checkbox"/> Seixos <input type="checkbox"/> Calhaus <input type="checkbox"/> Matações <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco		
<input type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano		

Químico:  Coralóides  Microtravertinos  Pingentes  Escorrimento  Cortina  Crosta

OBS:

#### GÊNESE

Endógena  Exógena

Ampliação de canalículo  Erosão fluvial  Tálus  Desmoronamento de blocos

OBS:

CONSERVAÇÃO:

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO





IDENTIFICAÇÃO DA CAVIDADE		
Empresa: Sul Americana de Metais S.A.	Projeto: Vale do Rio Pardo	Município: Grão Mogol / Padre Carvalho - MG
Nome da cavidade: Caverna CM-26		
Coordenada: 743558 E – 8199155 N (23K)	Altitude: 842m	Datum: SAD 69
ESPELEOMETRIA		
Projeção horizontal: 28, 8metros	Desnível: 2,2 m	
Área: 20,2 m <sup>2</sup>	Volume: 60,7 m <sup>3</sup>	
INSERÇÃO NA PAISAGEM		
Posição: <input type="checkbox"/> Topo <input checked="" type="checkbox"/> Alta vertente <input type="checkbox"/> Média vertente <input type="checkbox"/> Baixa vertente		
Unidade de relevo local: <input type="checkbox"/> Borda de calha de drenagem <input checked="" type="checkbox"/> Sopé de escarpa <input type="checkbox"/> Borda de ruptura <input type="checkbox"/> Outro		
LITO-ESTRUTURA		
Litologia: <input type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico <input checked="" type="checkbox"/> Metadiamiccito estéril <input type="checkbox"/> Metadiamiccito hematítico limonitizado		
Estrutura: <input checked="" type="checkbox"/> Fratura <input type="checkbox"/> Dobra <input checked="" type="checkbox"/> Foliação <input type="checkbox"/> Outra		
Medidas:		
HIDROLOGIA		
<input checked="" type="checkbox"/> Escoamento perene <input type="checkbox"/> Escoamento temporário <input type="checkbox"/> Gotejamento <input checked="" type="checkbox"/> Surgência <input type="checkbox"/> Sumidouro <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Lago <input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Condensação <input type="checkbox"/> Seco durante a visita OBS:		
MORFOLOGIA		
Planimetria predominante: Reticulada.		
Feições morfológicas: <input type="checkbox"/> Pilar <input checked="" type="checkbox"/> Canalículo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Pendente <input checked="" type="checkbox"/> Alvéolo <input checked="" type="checkbox"/> Domo <input type="checkbox"/> Outro OBS:		
Inclinação do piso: <input checked="" type="checkbox"/> Relativamente plano ou plano <input type="checkbox"/> Concordante com a vertente <input type="checkbox"/> Discordante da vertente <input type="checkbox"/> Irregular		
DEPÓSITOS		
Clásticos e orgânicos:		
<input checked="" type="checkbox"/> Seixos <input checked="" type="checkbox"/> Calhaus <input type="checkbox"/> Matacões <input checked="" type="checkbox"/> Sedimento terrígeno <input type="checkbox"/> Sedimento lamoso <input type="checkbox"/> Cone de sedimento <input type="checkbox"/> Cone de bloco <input type="checkbox"/> Serrapilheira <input type="checkbox"/> Guano OBS:		
Químico: <input checked="" type="checkbox"/> Coralóides <input checked="" type="checkbox"/> Microtravertinos <input type="checkbox"/> Pingentes <input type="checkbox"/> Escorrimento <input type="checkbox"/> Cortina <input type="checkbox"/> Crosta OBS:		

## GÊNESE

Endógena    Exógena

Ampliação de canalículo    Erosão fluvial    Tálus    Desmoronamento de blocos

OBS: Caverna fortemente condicionada por fraturas..

CONSERVAÇÃO:

## REGISTRO FOTOGRÁFICO



## DESCRIÇÃO GEOESPELEOLÓGICA – FICHA DE CAMPO

### 1 – IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

Nome da caverna	CM-27	Município/UF	Grão Mogol - MG
Coordenadas	742261 E      8200460 N	Projeto	Vale do Rio Pardo
Datum SAD-69		Data	16/10/12
Elevação	781 m	Responsável pelo registro	Ricardo Diniz Kai

### 2 – GEOMORFOLOGIA (INSERÇÃO NA PAISAGEM)

- Unidade Geomorfológica**
- Serra                       Planalto                       maciço residual                       Planície
- Chapada
- Forma de Relevo**
- Crista de serra                       Topo de chapada                       Borda de chapada                       Encosta inclinada de chapada ou serra
- Borda de calha de drenagem                       Interior de calha de drenagem                       Sopé de chapada /serra                       Depósito de tálus
- Dolina                       Outras: \_\_\_\_\_
- Posição na vertente**
- Topo                       Alta vertente                       Média vertente                       Baixa vertente
- Posição da escarpa rochosa na vertente**
- Escarpa em anfiteatro                       Escarpa paralela a maior inclinação da vertente                       Escarpa perpendicular a maior inclinação da vertente                       Escarpa paralela a calha de drenagem
- Escarpa perpendicular a calha de drenagem                       Depósito de tálus                       Outra: \_\_\_\_\_

Altura da escarpa/maciço (m): 7 m

#### Continuidade lateral da escarpa rochosa/ afloramento

- Com continuidade (superior a 30m)                       Sem continuidade (inferior a 30m)

**Descrição:** Caverna localizada em encosta inclinada de platô. A encosta constitui-se de escarpa paralela a calha de drenagem do córrego Lamarão.

### 3 – LITOLOGIA

- Litotipos**
- Rochas carbonáticas                       Rochas ferríferas                       Rochas siliciclásticas
- Rochas pelíticas                       Rochas graníticas/gnáissicas                       Outras

**Descrição**

Caverna desenvolvida em metadiamicrito micáceo com intemperismo incipiente. Observam-se duas porções: a superior apresenta predominância de argila e silte, quartzo anguloso subordinado com granulação média e negativos cúbicos disseminados. Muscovita e biotita podem ser eventualmente encontrados. A porção inferior é formada por rocha intemperizada com coloração bege rosada. É composta por quartzo de granulação média e argila subordinada. A foliação encontra-se preservada e cristais de quartzo angulosos de granulação grossa acompanham a foliação.

**4 – ESTRUTURAS**

<b>Estrutura</b>	<input type="checkbox"/> Acamamento ( $S_0$ )	<input type="checkbox"/> Bandamento ( $S_n$ )	<input checked="" type="checkbox"/> Fraturas (F)
	<input type="checkbox"/> Falha	<input checked="" type="checkbox"/> Foliação ( $S_n$ )	<input checked="" type="checkbox"/> Dobras
<b>Estrutura geológica de interesse científico</b>	<input type="checkbox"/> Presença	<input type="checkbox"/> Ausência	

**Descrição:** O maciço apresenta foliação muito bem marcada por argilo-minerais e filossilicatos. As fraturas cortam todo o maciço e se prolongam para o interior da caverna. Entretanto, a estrutura que aparentemente controla o desenvolvimento do conduto é uma dobra aberta inclinada e com caimento.

**Medidas:**

$S_n = 170/45$  (foliação)  
 $E1 = 355/15$  (dobra aberta)  
 $F1 = 295/85$  (fratura 1)  
 $F2 = 250/85$  (fratura 2)

**Estruturas controlam morfologia?**

A presença de dobra, fraturas e foliação condicionam o desenvolvimento dos condutos.

**5 - ESPELEOMETRIA**

<b>Projeção Horizontal (m):</b> <u>5,9</u>	<b>Área (m<sup>2</sup>):</b> <u>6,1</u>
<b>Desnível (m):</b> <u>0,6</u>	<b>Volume (m<sup>3</sup>):</b> <u>5,9</u>

**6 – MORFOLOGIA**
**Morfologia única**

Presença de morfologia única
  Ausência de morfologia única

**Padrão planimétrico**

<input checked="" type="checkbox"/> Retilíneo	<input type="checkbox"/> Espongiforme	<input type="checkbox"/> Anastomosado
<input type="checkbox"/> Curvilíneo	<input type="checkbox"/> Reticular	<input type="checkbox"/> Globular
<input type="checkbox"/> Meandrante	<input type="checkbox"/> Outro: _____	

**Piso**
 Plano
  Inclinado para o interior
  Inclinado para o exterior

<b>Parede</b>	<input type="checkbox"/> Regular	<input checked="" type="checkbox"/> Irregular	
<b>Teto</b>	<input type="checkbox"/> Regular	<input checked="" type="checkbox"/> Irregular	<input type="checkbox"/> Inclinado concordantemente com o piso
<b>Feições morfológicas</b>	<input type="checkbox"/> Pilar <input checked="" type="checkbox"/> Canalículo <input type="checkbox"/> Clarabóia <input checked="" type="checkbox"/> Cúpula de teto (bell holes) <input checked="" type="checkbox"/> Boxwork	<input type="checkbox"/> Arco Rochoso <input type="checkbox"/> Patamar <input type="checkbox"/> Paleopiso <input type="checkbox"/> Lapiesamento <input type="checkbox"/> Outras...	<input type="checkbox"/> Pendente <input checked="" type="checkbox"/> Alvéolos <input type="checkbox"/> Pontões estruturais <input type="checkbox"/> Marmita <input type="checkbox"/>

**Descrição:** Caverna retilínea com piso levemente inclinado para o exterior com paredes e teto irregulares. Possuem canalículos, cúpula de teto, *boxwork* e alvéolos. Possui basicamente quatro canalículos e a cúpula de teto apresenta aproximadamente 1m de diâmetro.

## 7 - HIDROLOGIA

### Água de percolação ou condensação

<input type="checkbox"/> Presença	<input type="checkbox"/> Presença significativa	<input type="checkbox"/> Presença não significativa	<input checked="" type="checkbox"/> Ausência
-----------------------------------	---	---	--

### Lago ou drenagem subterrânea

<input type="checkbox"/> Perene	<input type="checkbox"/> Intermitente e significativa para o sistema hidrológico e biológico	<input type="checkbox"/> Intermitente e significativa para a cavidade	<input checked="" type="checkbox"/> Não significativa ou ausente
---------------------------------	--	---	--

### Feições observadas

<input type="checkbox"/> Presença	<input type="checkbox"/> Escoamento perene	<input type="checkbox"/> Escoamento temporário	<input type="checkbox"/> Gotejamento
<input checked="" type="checkbox"/> Ausência	<input type="checkbox"/> Surgência perene	<input type="checkbox"/> Surgência temporária	<input type="checkbox"/> Paleosurgência
	<input type="checkbox"/> Sumidouro Perene	<input type="checkbox"/> Sumidouro Temporário	<input type="checkbox"/> Percolação
	<input type="checkbox"/> Lagoa perene	<input type="checkbox"/> Lagoa temporária	<input type="checkbox"/> Poça
	<input type="checkbox"/> Condensação		

### Descrição:

---



---



---



---



---

## 8 – DEPÓSITOS CLÁSTICOS E QUÍMICOS

### DEPÓSITOS CLÁSTICOS (RELEVÂNCIA)

- Presença de depósito com valor científico
  Presença de depósito sem valor científico ou ausência

Granulometria	Origem (alóctone/autóctone/mista)	Arredondamento (arredondado a anguloso)	Predominante (sim/não)
Argila/Silte (< 0,062mm)	Mista	Não se aplica	Não
Areia (0,062 a 2mm)	Mista	Subarredondado	Não
Grânulo (2 a 4mm)	Mista	Subarredondado a anguloso	Não
Seixo (4 a 64mm)	Autóctone	Subarredondado a anguloso	Sim
Calhau (64 a 256mm)	Autóctone	Anguloso	Não
Matacão (>256mm)	Autóctone	Anguloso	Não

- Feições de deposição**
 Cones de sedimentos terrígenos
 Cones de sedimentos cascalhentos
 Terraços  
 Conglomerado
  Brecha

### Descrição

### ORGÂNICOS

- Folhijos
  Fezes
 Guano
 Bioclastos (ossos, conchas)

### DEPÓSITOS QUÍMICOS (ESPELEOTEMAS)

- Presença de depósitos com valor científico
  Presença de depósitos sem valor científico ou ausência

- Espeleotemas únicos**
 Presença
 Ausência

- Diversidade de sedimentação química**
 Presença
 Ausência

- Configuração dos espeleotemas**  
 (aspecto, maturidade e abundância)
  Notável
 Pouco significativa

### Espeleotemas observados

- |   |  |  |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Crosta ferruginosa | <input type="checkbox"/> Depósito gelatinoso   | <input checked="" type="checkbox"/> Crosta branca    |
| <input type="checkbox"/> Escorrimentos      | <input checked="" type="checkbox"/> Cupim-tema | <input checked="" type="checkbox"/> Coralóides       |
| <input type="checkbox"/> Estalactites       | <input type="checkbox"/> Pingentes             | <input type="checkbox"/> Travertinos (micro a macro) |
| <input type="checkbox"/> Cortinas           | <input type="checkbox"/> Estalagmites          | <input type="checkbox"/> Colunas                     |
|   | <input type="checkbox"/> Helictites/heligmites | <input type="checkbox"/> Outros: _____               |

**Descrição:** Presença de poucos espeleotemas dispostos de forma esparsa. Os espeleotemas observados são do tipo crosta branca, coralóides e cupim-tema. Os coralóides apresentam dimensões diminutas com no máximo 1 cm e a crosta branca recobre as paredes do terço inicial.

## 9 – GÊNESE

### Gênese única ou rara

Presença

Ausência

### Gênese

Endógena

Ampliação de canaliculos

Erosão fluvial

Exógena

Ampliação de canaliculos e erosão fluvial

Tálus

Erosão por oscilação de lagoa

Abatimento

**Descrição:** A cavidade é aparentemente controlada pela presença de dobra aberta inclinada com caimento, com o eixo paralelo a direção do conduto. O que indica provável gênese ou forte contribuição endógena.

## 10 – PALEONTOLOGIA E ARQUEOLOGIA

Presença

Ausência

### Descrição:

**Iconofósseis(vespa)**

## 11 – VALOR HISTÓRICO-CULTURAL

Presença

Ausência

### Descrição

## 12 – VALOR SÓCIO-ECONÔMICO

Presença

Ausência

Descrição

---

---

---

---

### 13 – ATRIBUTOS DE RELEVÂNCIA

Presença

Ausência

Descrição: Icnofósseis

---

---

---

---

### 14 – CONSERVAÇÃO DA CAVIDADE E ENTORNO

Impactos observados na cavidade

Impactos observados no entorno da cavidade (250m)

Necessário avaliar cartografia

Descrição: Na entrada da caverna foi observado presença de armadilha para caça de pequenos animais. No entorno foi observado intenso pisoteio de gado e pasto sujo extensivo.

---

## DESCRIÇÃO GEOSPELEOLÓGICA – FICHA DE CAMPO

### 1 – IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

Nome da caverna	VG-01	Município/UF	Riacho dos Machados
Coordenadas	743820 E      8217159 N	Projeto	Rio Pardo
Datum SAD-69		Data	17/09/2012
Elevação	735 m	Responsável pelo registro	Ricardo Diniz Kai

### 2 – GEOMORFOLOGIA (INSERÇÃO NA PAISAGEM)

**Unidade Geomorfológica**

Serra                       Planalto                       maciço residual                       Planície  
 Chapada

**Forma de Relevo**

Crista de serra                       Topo de chapada                       Borda de chapada                       Encosta inclinada de chapada ou serra  
 Borda de calha de drenagem                       Interior de calha de drenagem                       Sopé de chapada /serra                       Depósito de tálus  
 Dolina                       Outras: \_\_\_\_\_

**Posição na vertente**

Topo                       Alta vertente                       Média vertente                       Baixa vertente

**Posição da escarpa rochosa na vertente**

Escarpa em anfiteatro                       Escarpa paralela a maior inclinação da vertente                       Escarpa perpendicular a maior inclinação da vertente                       Escarpa paralela a calha de drenagem  
 Escarpa perpendicular a calha de drenagem                       Depósito de tálus                       Outra: \_\_\_\_\_

Altura da escarpa/maciço (m):  
 \_\_\_\_\_ 80m \_\_\_\_\_

**Continuidade lateral da escarpa rochosa/ afloramento**

Com continuidade (superior a 30m)                       Sem continuidade (inferior a 30m)

**Descrição:** Caverna situada em escarpa localizada na alta vertente de encosta inclinada. A escarpa está associada a uma chapada e se encontra disposta paralelamente à drenagem do córrego do esmeril.

### 3 – LITOLOGIA

**Litotipos**

Rochas carbonáticas                       Rochas ferríferas                       Rochas siliciclásticas  
 Rochas pelíticas                       Rochas graníticas/gnáissicas                       Outras

**Descrição:**

Cavidade desenvolvida em metadiamicrito micáceo.

#### 4 – ESTRUTURAS

- |  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| <b>Estrutura</b>                                   | <input type="checkbox"/> Acamamento ( $S_0$ ) | <input type="checkbox"/> Bandamento ( $S_n$ )          | <input checked="" type="checkbox"/> Fraturas (F) |
|  | <input type="checkbox"/> Falha                | <input checked="" type="checkbox"/> Foliação ( $S_n$ ) | <input type="checkbox"/> Dobras                  |
| <b>Estrutura geológica de interesse científico</b> | <input type="checkbox"/> Presença             | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência           |  |

**Descrição:**

Foliação bem evidente e marcada por biotita e muscovita.

As fraturas são persistentes e com espaçamento de decimétrico a métrico

**Medidas:**

$S_n = 140/25$

$F1 = 320/70$

$F2 = 070/80$

**Estruturas controlam morfologia?**

A presença de foliação controla o teto e uma das paredes da cavidade. Por outro lado, o desenvolvimento da outra parede é controlado por fratura.

#### 5 - ESPELEOMETRIA

Projeção Horizontal (m): 6,9  
 Desnível (m): 1,4

Área (m<sup>2</sup>): 24,2  
 Volume (m<sup>3</sup>): 33,6

#### 6 – MORFOLOGIA

**Morfologia única**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Presença de morfologia única | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência de morfologia única |
|---|--|

- |                            |                                     |  |                                       |
|----------------------------|-------------------------------------|--|---------------------------------------|
| <b>Padrão planimétrico</b> | <input type="checkbox"/> Retilíneo  | <input type="checkbox"/> Espongiforme                    | <input type="checkbox"/> Anastomosado |
|                            | <input type="checkbox"/> Curvilíneo | <input type="checkbox"/> Reticular                       | <input type="checkbox"/> Globular     |
|                            | <input type="checkbox"/> Meandrante | <input checked="" type="checkbox"/> Outro: <u>Abrigo</u> |                                       |

- |             |                                |  |   |
|-------------|--------------------------------|--|---|
| <b>Piso</b> | <input type="checkbox"/> Plano | <input type="checkbox"/> Inclinado para o interior | <input checked="" type="checkbox"/> Inclinado para o exterior |
|-------------|--------------------------------|--|---|

- |               |                                  |   |
|---------------|----------------------------------|---|
| <b>Parede</b> | <input type="checkbox"/> Regular | <input checked="" type="checkbox"/> Irregular |
|---------------|----------------------------------|---|

- |             |                                  |   |  |
|-------------|----------------------------------|---|--|
| <b>Teto</b> | <input type="checkbox"/> Regular | <input checked="" type="checkbox"/> Irregular | <input type="checkbox"/> Inclinado concordantemente com o piso |
|-------------|----------------------------------|---|--|

- |                             |  |                                       |                                   |
|-----------------------------|--|---------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Feições morfológicas</b> | <input type="checkbox"/> Pilar                 | <input type="checkbox"/> Arco Rochoso | <input type="checkbox"/> Pendente |
|                             | <input checked="" type="checkbox"/> Canaliculo | <input type="checkbox"/> Patamar      | <input type="checkbox"/> Alvéolos |

- |   |                                       |  |
|---|---------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Clarabóia                              | <input type="checkbox"/> Paleopiso    | <input type="checkbox"/> Pontões estruturais |
| <input checked="" type="checkbox"/> Cúpula de teto (bell holes) | <input type="checkbox"/> Lapiesamento | <input type="checkbox"/> Marmita             |
| <input type="checkbox"/> Boxwork                                | <input type="checkbox"/> Outras...    | <input type="checkbox"/>                     |

**Descrição:** Caverna com padrão morfológico tipo abrigo sem atributos de morfologia única. Possui piso inclinado para o exterior e predominância de paredes e teto irregulares. Quanto a formação morfológica foi observado a presença de microcanalículos e alvéolos.

## 7 - HIDROLOGIA

### Água de percolação ou condensação

- |                                   |   |   |  |
|-----------------------------------|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Presença | <input type="checkbox"/> Presença significativa | <input type="checkbox"/> Presença não significativa | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência |
|-----------------------------------|---|---|--|

### Lago ou drenagem subterrânea

- |                                 |  |   |  |
|---------------------------------|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Perene | <input type="checkbox"/> Intermitente e significativa para o sistema hidrológico e biológico | <input type="checkbox"/> Intermitente e significativa para a cavidade | <input checked="" type="checkbox"/> Não significativa ou ausente |
|---------------------------------|--|---|--|

### Feições observadas

- |  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Presença            | <input type="checkbox"/> Escoamento perene | <input type="checkbox"/> Escoamento temporário | <input type="checkbox"/> Gotejamento    |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ausência | <input type="checkbox"/> Surgência perene  | <input type="checkbox"/> Surgência temporária  | <input type="checkbox"/> Paleosurgência |
|  | <input type="checkbox"/> Sumidouro Perene  | <input type="checkbox"/> Sumidouro Temporário  | <input type="checkbox"/> Percolação     |
|  | <input type="checkbox"/> Lagoa perene      | <input type="checkbox"/> Lagoa temporária      | <input type="checkbox"/> Poça           |
|  | <input type="checkbox"/> Condensação       |  |   |

**Descrição:** Caverna seca durante os trabalhos de campo, no final do período seco.

## 8 – DEPÓSITOS CLÁSTICOS E QUÍMICOS

### DEPÓSITOS CLÁSTICOS (RELEVÂNCIA)

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Presença de depósito com valor científico | <input checked="" type="checkbox"/> Presença de depósito sem valor científico ou ausência |
|--|---|

Granulometria	Origem (alóctone/autóctone/mista)	Arredondamento (arredondado a anguloso)	Predominante (sim/não)
Argila/Silte (< 0,062mm)	Mista	Não se aplica	Não
Areia (0,062 a 2mm)	Mista	Subarredondado a anguloso	Não
Grânulo (2 a 4mm)	Mista	Subarredondado a anguloso	Não
Seixo (4 a 64mm)	Autóctone	Subarredondado a anguloso	Não
Calhau (64 a 256mm)	Autóctone	Anguloso	Não
Matacão (>256mm)	Autóctone	Anguloso	Sim

**Feições de deposição**

- |   |   |                                   |
|---|---|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Cones de sedimentos terrígenos | <input type="checkbox"/> Cones de sedimentos cascalhentos | <input type="checkbox"/> Terraços |
| <input type="checkbox"/> Conglomerado                   | <input type="checkbox"/> Brecha                           |                                   |

**Descrição:**
**ORGÂNICOS**

- |  |                                |                                |  |
|--|--------------------------------|--------------------------------|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Folhijos | <input type="checkbox"/> Fezes | <input type="checkbox"/> Guano | <input type="checkbox"/> Bioclastos (ossos, conchas) |
|--|--------------------------------|--------------------------------|--|

**DEPÓSITOS QUÍMICOS (ESPELEOTEMAS)**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Presença de depósitos com valor científico | <input checked="" type="checkbox"/> Presença de depósitos sem valor científico ou ausência |
|---|--|

**Espeleotemas únicos**

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Presença | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência |
|-----------------------------------|--|

**Diversidade de sedimentação química**

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Presença | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência |
|-----------------------------------|--|

**Configuração dos espeleotemas**

(aspecto, maturidade e abundância)

- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Notável | <input checked="" type="checkbox"/> Pouco significativa |
|----------------------------------|---|

**Espeleotemas observados**

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Crosta ferruginosa | <input type="checkbox"/> Depósito gelatinoso   | <input checked="" type="checkbox"/> Crosta branca    |
| <input type="checkbox"/> Escorrimentos                 | <input checked="" type="checkbox"/> Cupim-tema | <input checked="" type="checkbox"/> Coralóides       |
| <input type="checkbox"/> Estalactites                  | <input type="checkbox"/> Pingentes             | <input type="checkbox"/> Travertinos (micro a macro) |
| <input type="checkbox"/> Cortinas                      | <input type="checkbox"/> Estalagmites          | <input type="checkbox"/> Colunas                     |
|  | <input type="checkbox"/> Helictites/heligmites | <input type="checkbox"/> Outros: _____               |

**Descrição:** Presença de poucos espeleotemas dispostos de forma esparsa. Os espeleotemas observados são do tipo crosta branca, coralóides, cupim tema e crosta ferruginosa.

**9 – GÊNESE**
**Gênese única ou rara**

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Presença | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência |
|-----------------------------------|--|

**Gênese**

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Endógena                      | <input type="checkbox"/> Ampliação de canalículos                  | <input type="checkbox"/> Erosão fluvial |
| <input type="checkbox"/> Exógena                       | <input type="checkbox"/> Ampliação de canalículos e erosão fluvial | <input type="checkbox"/> Tálus          |
| <input type="checkbox"/> Erosão por oscilação de lagoa | <input checked="" type="checkbox"/> Abatimento                     |   |

---

**Descrição** Caverna associada a controle estrutural condicionado por foliação e controle estrutural. É possível observar elementos que indicam evolução morfológica por abatimentos.

---

### 10 – PALEONTOLOGIA E ARQUEOLOGIA

Presença

Ausência

**Descrição:**

---

### 11 – VALOR HISTÓRICO-CULTURAL

Presença

Ausência

**Descrição:**

---

### 12 – VALOR SÓCIO-ECONÔMICO

Presença

Ausência

**Descrição**

---

### 13 – ATRIBUTOS DE RELEVÂNCIA

Presença

Ausência

---

Descrição:

---

**14 – CONSERVAÇÃO DA CAVIDADE E ENTORNO**

Impactos observados na cavidade

Impactos observados no entorno da cavidade (250m)

Necessário avaliar cartografia

---

**Descrição:** Pisoteio e fezes de gado na entrada e no entorno da caverna.

---

## DESCRIÇÃO GEOESPELEOLÓGICA – FICHA DE CAMPO

### 1 – IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

Nome da caverna	VG-02	Município/UF	Riacho dos Machados
Coordenadas	743744 E      8217248 N	Projeto	Rio Pardo
Datum SAD-69		Data	17/09/2012
Elevação	740 m	Responsável pelo registro	Ricardo Diniz Kai

### 2 – GEOMORFOLOGIA (INSERÇÃO NA PAISAGEM)

**Unidade Geomorfológica**

Serra                       Planalto                       maciço residual                       Planície  
 Chapada

**Forma de Relevo**

Crista de serra                       Topo de chapada                       Borda de chapada                       Encosta inclinada de chapada ou serra  
 Borda de calha de drenagem                       Interior de calha de drenagem                       Sopé de chapada /serra                       Depósito de tálus  
 Dolina                       Outras: \_\_\_\_\_

**Posição na vertente**

Topo                       Alta vertente                       Média vertente                       Baixa vertente

**Posição da escarpa rochosa na vertente**

Escarpa em anfiteatro                       Escarpa paralela a maior inclinação da vertente                       Escarpa perpendicular a maior inclinação da vertente                       Escarpa paralela a calha de drenagem  
 Escarpa perpendicular a calha de drenagem                       Depósito de tálus                       Outra: \_\_\_\_\_

Altura da escarpa/maciço (m):  
80m

**Continuidade lateral da escarpa rochosa/ afloramento**

Com continuidade (superior a 30m)                       Sem continuidade (inferior a 30m)

**Descrição:** Caverna situada em escarpa localizada na alta vertente de encosta inclinada. A escarpa está associada a uma chapada e se encontra disposta paralelamente à drenagem do córrego do esmeril.

### 3 – LITOLOGIA

**Litotipos**

Rochas carbonáticas                       Rochas ferríferas                       Rochas siliciclásticas  
 Rochas pelíticas                       Rochas graníticas/gnáissicas                       Outras

**Descrição:**

Cavidade desenvolvida em metadiamicrito micáceo.

#### 4 – ESTRUTURAS

- |  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| <b>Estrutura</b>                                   | <input type="checkbox"/> Acamamento ( $S_0$ ) | <input type="checkbox"/> Bandamento ( $S_n$ )          | <input checked="" type="checkbox"/> Fraturas (F) |
|  | <input type="checkbox"/> Falha                | <input checked="" type="checkbox"/> Foliação ( $S_n$ ) | <input type="checkbox"/> Dobras                  |
| <b>Estrutura geológica de interesse científico</b> | <input type="checkbox"/> Presença             | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência           |  |

**Descrição:**

A foliação é bem desenvolvida e marcada pela orientação das micas.

As fraturas são persistentes e com espaçamento de decimétrico a métrico

**Medidas:**

$S_n = 120/55$

$F1 = 070/80$

$F2 = 320/70$

$F3 = \text{sub-horizontal}$

**Estruturas controlam morfologia?**

As direções das fraturas aparentam controle em relação à morfologia das paredes e a foliação controla a inclinação do teto.

#### 5 - ESPELEOMETRIA

Projeção Horizontal (m): 9,3  
 Desnível (m): 1,4

Área (m<sup>2</sup>): 32,8  
 Volume (m<sup>3</sup>): 53,6

#### 6 – MORFOLOGIA

**Morfologia única**

- Presença de morfologia única       Ausência de morfologia única

- |                            |   |                                       |                                       |
|----------------------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Padrão planimétrico</b> | <input checked="" type="checkbox"/> Retilíneo | <input type="checkbox"/> Espongiforme | <input type="checkbox"/> Anastomosado |
|                            | <input type="checkbox"/> Curvilíneo           | <input type="checkbox"/> Reticular    | <input type="checkbox"/> Globular     |
|                            | <input type="checkbox"/> Meandrante           | <input type="checkbox"/> Outro: _____ |                                       |

- Piso**       Plano       Inclinado para o interior       Inclinado para o exterior

- Parede**       Regular       Irregular

- Teto**       Regular       Irregular       Inclinado concordantemente com o piso

- Feições morfológicas**       Pilar       Arco Rochoso       Pendente

- |  |                                       |  |
|--|---------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Canalículo                  | <input type="checkbox"/> Patamar      | <input type="checkbox"/> Alvéolos            |
| <input type="checkbox"/> Clarabóia                   | <input type="checkbox"/> Paleopiso    | <input type="checkbox"/> Pontões estruturais |
| <input type="checkbox"/> Cúpula de teto (bell holes) | <input type="checkbox"/> Lapiesamento | <input type="checkbox"/> Marmita             |
| <input checked="" type="checkbox"/> Boxwork          | <input type="checkbox"/> Outras...    | <input type="checkbox"/>                     |

**Descrição:** Caverna com padrão morfológico tipo retilíneo sem atributos de morfologia única. Possui piso plano e predominância de paredes e teto irregulares. Quanto a formação morfológica foi observada a presença de *workbox*.

#### Controle estrutural

### 7 - HIDROLOGIA

#### Água de percolação ou condensação

- |                                   |   |   |  |
|-----------------------------------|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Presença | <input type="checkbox"/> Presença significativa | <input type="checkbox"/> Presença não significativa | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência |
|-----------------------------------|---|---|--|

#### Lago ou drenagem subterrânea

- |                                 |  |   |  |
|---------------------------------|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Perene | <input type="checkbox"/> Intermitente e significativa para o sistema hidrológico e biológico | <input type="checkbox"/> Intermitente e significativa para a cavidade | <input checked="" type="checkbox"/> Não significativa ou ausente |
|---------------------------------|--|---|--|

#### Feições observadas

- |  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Presença            | <input type="checkbox"/> Escoamento perene | <input type="checkbox"/> Escoamento temporário | <input type="checkbox"/> Gotejamento    |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ausência | <input type="checkbox"/> Surgência perene  | <input type="checkbox"/> Surgência temporária  | <input type="checkbox"/> Paleosurgência |
|  | <input type="checkbox"/> Sumidouro Perene  | <input type="checkbox"/> Sumidouro Temporário  | <input type="checkbox"/> Percolação     |
|  | <input type="checkbox"/> Lagoa perene      | <input type="checkbox"/> Lagoa temporária      | <input type="checkbox"/> Poça           |
|  | <input type="checkbox"/> Condensação       |  |   |

**Descrição:** Gruta seca

### 8 – DEPÓSITOS CLÁSTICOS E QUÍMICOS

#### DEPÓSITOS CLÁSTICOS (RELEVÂNCIA)

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Presença de depósito com valor científico | <input checked="" type="checkbox"/> Presença de depósito sem valor científico ou ausência |
|--|---|

Granulometria	Origem (alóctone/autóctone/mista)	Arredondamento (arredondado a anguloso)	Predominante (sim/não)
Argila/Silte (< 0,062mm)	Mista	Não se aplica	Não
Areia (0,062 a 2mm)	Mista	Subarredondado	Não
Grânulo (2 a 4mm)	Mista	Subarredondado	Não
Seixo (4 a 64mm)	Mista	Subarredondado a anguloso	Não
Calhau (64 a 256mm)	Mista	Anguloso	Não

Matacão (>256mm)	Mista	Anguloso	Sim
------------------	-------	----------	-----

- Feições de deposição**
- |   |   |                                   |
|---|---|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Cones de sedimentos terrígenos | <input type="checkbox"/> Cones de sedimentos cascalhentos | <input type="checkbox"/> Terraços |
| <input type="checkbox"/> Conglomerado                   | <input type="checkbox"/> Brecha                           |                                   |

**Descrição**

**ORGÂNICOS**

- Folhijos     
  Fezes     
  Guano     
  Bioclastos (ossos, conchas)

**DEPÓSITOS QUÍMICOS (ESPELEOTEMAS)**

- Presença de depósitos com valor científico     
  Presença de depósitos sem valor científico ou ausência

**Espeleotemas únicos**

- Presença     
  Ausência

**Diversidade de sedimentação química**

- Presença     
  Ausência

**Configuração dos espeleotemas**  
(aspecto, maturidade e abundância)

- Notável     
  Pouco significativa

**Espeleotemas observados**

- |   |  |  |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Crosta ferruginosa | <input type="checkbox"/> Depósito gelatinoso   | <input checked="" type="checkbox"/> Crosta branca    |
| <input type="checkbox"/> Escorrimentos      | <input type="checkbox"/> Cupim-tema            | <input checked="" type="checkbox"/> Coralóides       |
| <input type="checkbox"/> Estalactites       | <input type="checkbox"/> Pingentes             | <input type="checkbox"/> Travertinos (micro a macro) |
| <input type="checkbox"/> Cortinas           | <input type="checkbox"/> Estalagmites          | <input type="checkbox"/> Colunas                     |
|   | <input type="checkbox"/> Helictites/heligmites | <input type="checkbox"/> Outros: _____               |

**Descrição**

Presença de crosta branca sobre a rocha.

**9 – GÊNESE**

**Gênese única ou rara**

- Presença     
  Ausência

**Gênese**

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Endógena                      | <input type="checkbox"/> Ampliação de canalículos                  | <input type="checkbox"/> Erosão fluvial |
| <input type="checkbox"/> Exógena                       | <input type="checkbox"/> Ampliação de canalículos e erosão fluvial | <input type="checkbox"/> Tálus          |
| <input type="checkbox"/> Erosão por oscilação de lagoa | <input checked="" type="checkbox"/> Abatimento                     |   |

---

---

Descrição

---

---

---

---

### 10 – PALEONTOLOGIA E ARQUEOLOGIA

Presença

Ausência

Descrição: Icnofósseis, marca de garras de preguiças gigantes.

---

### 11 – VALOR HISTÓRICO-CULTURAL

Presença

Ausência

Descrição

---

---

---

---

### 12 – VALOR SÓCIO-ECONÔMICO

Presença

Ausência

Descrição

---

---

---

---

### 13 – ATRIBUTOS DE RELEVÂNCIA

Presença

Ausência

---

Descrição:

---

---

---

---

---

#### 14 – CONSERVAÇÃO DA CAVIDADE E ENTORNO

Impactos observados na cavidade

Impactos observados no entorno da cavidade (250m)

Necessário avaliar cartografia

---

Descrição: Pisoteio e fezes de gado.

---

## DESCRIÇÃO GEOESPELEOLÓGICA – FICHA DE CAMPO

### 1 – IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

Nome da caverna	VG-03		Município/UF	Riacho dos Machados
Coordenadas	743717 E	8217285 N	Projeto	Rio Pardo
Datum SAD-69			Data	17/09/2012
Elevação	756 m		Responsável pelo registro	Ricardo Diniz Kai

### 2 – GEOMORFOLOGIA (INSERÇÃO NA PAISAGEM)

**Unidade Geomorfológica**

Serra
  Planalto
  maciço residual
  Planície
  Chapada

**Forma de Relevo**

Crista de serra
  Topo de chapada
  Borda de chapada
  Encosta inclinada de chapada ou serra

Borda de calha de drenagem
  Interior de calha de drenagem
  Sopé de chapada /serra
  Depósito de tálus

Dolina
  Outras: \_\_\_\_\_

**Posição na vertente**

Topo
  Alta vertente
  Média vertente
  Baixa vertente

**Posição da escarpa rochosa na vertente**

Escarpa em anfiteatro
  Escarpa paralela a maior inclinação da vertente
  Escarpa perpendicular a maior inclinação da vertente
  Escarpa paralela a calha de drenagem

Escarpa perpendicular a calha de drenagem
  Depósito de tálus
  Outra: \_\_\_\_\_

Altura da escarpa/maciço (m):  
 \_\_\_\_\_  
 80m

**Continuidade lateral da escarpa rochosa/ afloramento**

Com continuidade (superior a 30m)
  Sem continuidade (inferior a 30m)

**Descrição:** Caverna em borda de chapada, situada na alta vertente.

### 3 – LITOLOGIA

**Litotipos**

Rochas carbonáticas
  Rochas ferríferas
  Rochas siliciclásticas

Rochas pelíticas
  Rochas graníticas/gnáissicas
  Outras

**Descrição:**

Cavidade inserida em pacote de rochas metassedimentares composto por metadiamiccito micáceo (base) e metadiamiccito hematítico (topo).

#### 4 – ESTRUTURAS

- |  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| <b>Estrutura</b>                                   | <input type="checkbox"/> Acamamento ( $S_0$ ) | <input type="checkbox"/> Bandamento ( $S_n$ )          | <input checked="" type="checkbox"/> Fraturas (F) |
|  | <input type="checkbox"/> Falha                | <input checked="" type="checkbox"/> Foliação ( $S_n$ ) | <input checked="" type="checkbox"/> Dobras       |
| <b>Estrutura geológica de interesse científico</b> | <input type="checkbox"/> Presença             | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência           |  |

**Descrição:**

A foliação é anastomosada e sub-horizontal.

As fraturas são persistentes e com espaçamento de decimétrico a métrico.

A dobra é inclinada e com caimento (caimento direcionado para a entrada da cavidade).

**Medidas:**

$S_n$  = sub-horizontal (foliação)

F1 = 020/75 (fratura)

F1 = 310/45 (fratura)

E = 290/30 (eixo de dobra)

**Estruturas controlam morfologia?**

O eixo de dobra, a presença de foliação e fraturas condicionam o desenvolvimento da caverna.

#### 5 - ESPELEOMETRIA

Projeção Horizontal (m): 27,5  
 Desnível (m): 3

Área (m<sup>2</sup>): 108,8  
 Volume (m<sup>3</sup>): 266

#### 6 – MORFOLOGIA

**Morfologia única**

- Presença de morfologia única       Ausência de morfologia única

**Padrão planimétrico**

- |   |                                       |                                       |
|---|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Retilíneo | <input type="checkbox"/> Espongiforme | <input type="checkbox"/> Anastomosado |
| <input type="checkbox"/> Curvilíneo           | <input type="checkbox"/> Reticular    | <input type="checkbox"/> Globular     |
| <input type="checkbox"/> Meandrante           | <input type="checkbox"/> Outro: _____ |                                       |

- Piso**       Plano       Inclinado para o interior       Inclinado para o exterior

- Parede**       Regular       Irregular

- Teto**       Regular       Irregular       Inclinado concordantemente com o piso

**Feições morfológicas**

- |   |                                       |  |
|---|---------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Pilar                                  | <input type="checkbox"/> Arco Rochoso | <input type="checkbox"/> Pendente            |
| <input checked="" type="checkbox"/> Canalículo                  | <input type="checkbox"/> Patamar      | <input type="checkbox"/> Alvéolos            |
| <input type="checkbox"/> Clarabóia                              | <input type="checkbox"/> Paleopiso    | <input type="checkbox"/> Pontões estruturais |
| <input checked="" type="checkbox"/> Cúpula de teto (bell holes) | <input type="checkbox"/> Lapiesamento | <input type="checkbox"/> Marmita             |
| <input type="checkbox"/> Boxwork                                | <input type="checkbox"/> Outras...    | <input type="checkbox"/>                     |

**Descrição:** Caverna com padrão morfológico tipo retilíneo sem atributos de morfologia única. Possui piso plano e predominância de paredes e teto irregulares. Quanto a formação morfológica foi observada a presença de canalículos e cúpula de teto. Controle estrutural.

## 7 - HIDROLOGIA

**Água de percolação ou condensação**

- |                                   |   |   |  |
|-----------------------------------|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Presença | <input type="checkbox"/> Presença significativa | <input type="checkbox"/> Presença não significativa | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência |
|-----------------------------------|---|---|--|

**Lago ou drenagem subterrânea**

- |                                 |  |   |  |
|---------------------------------|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Perene | <input type="checkbox"/> Intermitente e significativa para o sistema hidrológico e biológico | <input type="checkbox"/> Intermitente e significativa para a cavidade | <input checked="" type="checkbox"/> Não significativa ou ausente |
|---------------------------------|--|---|--|

**Feições observadas**

- |  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Presença            | <input type="checkbox"/> Escoamento perene | <input type="checkbox"/> Escoamento temporário | <input type="checkbox"/> Gotejamento    |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ausência | <input type="checkbox"/> Surgência perene  | <input type="checkbox"/> Surgência temporária  | <input type="checkbox"/> Paleosurgência |
|  | <input type="checkbox"/> Sumidouro Perene  | <input type="checkbox"/> Sumidouro Temporário  | <input type="checkbox"/> Percolação     |
|  | <input type="checkbox"/> Lagoa perene      | <input type="checkbox"/> Lagoa temporária      | <input type="checkbox"/> Poça           |
|  | <input type="checkbox"/> Condensação       |  |   |

**Descrição:** Caverna seca durante os trabalhos de campo, no final do período seco.

## 8 – DEPÓSITOS CLÁSTICOS E QUÍMICOS

**DEPÓSITOS CLÁSTICOS (RELEVÂNCIA)**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Presença de depósito com valor científico | <input checked="" type="checkbox"/> Presença de depósito sem valor científico ou ausência |
|--|---|

Granulometria	Origem (alóctone/autóctone/mista)	Arredondamento (arredondado a anguloso)	Predominante (sim/não)
Argila/Silte (< 0,062mm)	Mista	Não se aplica	Não
Areia (0,062 a 2mm)	Mista	Subarredondado	Não
Grânulo (2 a 4mm)	Mista	Subarredondado	Não
Seixo (4 a 64mm)	Autóctone	Subarredondado a anguloso	Não

Calhau (64 a 256mm)	Autóctone	Anguloso	Não
Matacão (>256mm)	Autóctone	Anguloso	Sim

**Feições de deposição**

Cones de sedimentos terrígenos  
 Conglomerado
  Cones de sedimentos cascalhentos  
 Brecha
  Terraços

**Descrição:**

### ORGÂNICOS

Folhijos
  Fezes
  Guano
  Bioclastos (ossos, conchas)

### DEPÓSITOS QUÍMICOS (ESPELEOTEMAS)

Presença de depósitos com valor científico
  Presença de depósitos sem valor científico ou ausência

#### Espeleotemas únicos

Presença
  Ausência

#### Diversidade de sedimentação química

Presença
  Ausência

#### Configuração dos espeleotemas (aspecto, maturidade e abundância)

Notável
  Pouco significativa

#### Espeleotemas observados

Crosta ferruginosa
  Escorrimentos
  Estalactites
  Cortinas
  Depósito gelatinoso
  Cupim-tema
  Pingentes
  Estalagmites
  Helictites/heligmites
  Crosta branca
  Coralóides
  Travertinos (micro a macro)
  Colunas
  Outros: \_\_\_\_\_

### Descrição

Crosta branca sobre a rocha

## 9 – GÊNESE

### Gênese única ou rara

Presença
  Ausência

### Gênese

Endógena
  Exógena
  Ampliação de canalículos
  Ampliação de canalículos e erosão fluvial
  Erosão fluvial
  Tálus



---

**Descrição:** Pintura rupestre, icnofósseis, marcas de garras de preguiças gigantes, sendo uma paleotoca.

---

#### 14 – CONSERVAÇÃO DA CAVIDADE E ENTORNO

Impactos observados na cavidade

Impactos observados no entorno da cavidade (250m)

Necessário avaliar cartografia

---

**Descrição:** Pisoteio e fezes de gado

---



**Descrição:** Caverna inserida em pacote de rochas metassedimentares em contato concordante, formado por metadiamicrito hematítico (base), metadiamicrito micáceo (porção intermediária) e metadiamicrito quartzoso (topo). O metadiamicrito hematítico funciona como piso e o quartzoso como teto. Enquanto o micáceo é a camada onde há o desenvolvimento da cavidade em si.

#### 4 – ESTRUTURAS

<b>Estrutura</b>	<input type="checkbox"/> Acamamento ( $S_0$ )	<input type="checkbox"/> Bandamento ( $S_n$ )	<input checked="" type="checkbox"/> Fraturas (F)
	<input type="checkbox"/> Falha	<input checked="" type="checkbox"/> Foliação ( $S_n$ )	<input checked="" type="checkbox"/> Dobras
<b>Estrutura geológica de interesse científico</b>	<input type="checkbox"/> Presença	<input checked="" type="checkbox"/> Ausência	

**Descrição:** A foliação é muito bem desenvolvida e superimposta por uma clivagem de crenulação. As fraturas são persistentes e com espaçamento de decimétrico a métrico.

#### Medidas:

$S_n = 120/40$  (foliação)

$S_{n+1} = 285/50$  (clivagem de crenulação)

$F_1 = 225/55$  (fratura)

$F_2 = 020/85$  (fratura)

$E = 290/30$  (eixo de dobra)

#### Estruturas controlam morfologia?

A foliação é paralela ao contato e condiciona o teto e o piso da caverna. Por outro lado, as fraturas condicionam o desenvolvimento dos condutos no interior da cavidade.

#### 5 - ESPELEOMETRIA

Projeção Horizontal (m): 8,2  
Desnível (m): 2,4

Área (m<sup>2</sup>): 67  
Volume (m<sup>3</sup>): 180,3

#### 6 – MORFOLOGIA

##### Morfologia única

Presença de morfologia única

Ausência de morfologia única

##### Padrão planimétrico

Retilíneo  
 Curvilíneo  
 Meandrante

Espongiforme  
 Reticular  
 Outro: Abrigo

Anastomosado  
 Globular

##### Piso

Plano

Inclinado para o interior

Inclinado para o exterior

##### Parede

Regular

Irregular

##### Teto

Regular

Irregular

Inclinado concordantemente

**Feições morfológicas**

- |  |                                       |  |
|--|---------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Pilar                       | <input type="checkbox"/> Arco Rochoso | <input type="checkbox"/> Pendente            |
| <input checked="" type="checkbox"/> Canaliculo       | <input type="checkbox"/> Patamar      | <input checked="" type="checkbox"/> Alvéolos |
| <input type="checkbox"/> Clarabóia                   | <input type="checkbox"/> Paleopiso    | <input type="checkbox"/> Pontões estruturais |
| <input type="checkbox"/> Cúpula de teto (bell holes) | <input type="checkbox"/> Lapiesamento | <input type="checkbox"/> Marmita             |
| <input type="checkbox"/> Boxwork                     | <input type="checkbox"/> Outras...    | <input type="checkbox"/>                     |

com o piso

**Descrição:** Caverna com padrão morfológico tipo abrigo sem atributos de morfologia única. Possui piso inclinado para o exterior e predominância de paredes e teto irregulares. Quanto a formação morfológica foi observada a presença de microcanalículos e alvéolos.

## 7 - HIDROLOGIA

**Água de percolação ou condensação**

- |                                   |   |   |  |
|-----------------------------------|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Presença | <input type="checkbox"/> Presença significativa | <input type="checkbox"/> Presença não significativa | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência |
|-----------------------------------|---|---|--|

**Lago ou drenagem subterrânea**

- |                                 |  |   |  |
|---------------------------------|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Perene | <input type="checkbox"/> Intermitente e significativa para o sistema hidrológico e biológico | <input type="checkbox"/> Intermitente e significativa para a cavidade | <input checked="" type="checkbox"/> Não significativa ou ausente |
|---------------------------------|--|---|--|

**Feições observadas**

- |  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Presença            | <input type="checkbox"/> Escoamento perene | <input type="checkbox"/> Escoamento temporário | <input type="checkbox"/> Gotejamento    |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ausência | <input type="checkbox"/> Surgência perene  | <input type="checkbox"/> Surgência temporária  | <input type="checkbox"/> Paleosurgência |
|  | <input type="checkbox"/> Sumidouro Perene  | <input type="checkbox"/> Sumidouro Temporário  | <input type="checkbox"/> Percolação     |
|  | <input type="checkbox"/> Lagoa perene      | <input type="checkbox"/> Lagoa temporária      | <input type="checkbox"/> Poça           |
|  | <input type="checkbox"/> Condensação       |  |   |

**Descrição:** Na época da visita o tempo presente era ensolarado e sem chuvas e a caverna se encontrava seca.

## 8 – DEPÓSITOS CLÁSTICOS E QUÍMICOS

**DEPÓSITOS CLÁSTICOS (RELEVÂNCIA)**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Presença de depósito com valor científico | <input checked="" type="checkbox"/> Presença de depósito sem valor científico ou ausência |
|--|---|

Granulometria	Origem (alóctone/autóctone/mista)	Arredondamento (arredondado a anguloso)	Predominante (sim/não)
Argila/Silte (< 0,062mm)	Mista	Não se aplica	Não
Areia (0,062 a 2mm)	Mista	Subarredondado	Não

Grânulo (2 a 4mm)	Mista	Subarredondado	Não
Seixo (4 a 64mm)	Autóctone	Subarredondado	Não
Calhau (64 a 256mm)	Autóctone	Subarredondado anguloso	Não
Matacão (>256mm)	Autóctone	Anguloso	Sim

**Feições de deposição**

Cones de sedimentos terrígenos  
 Conglomerado
  Cones de sedimentos cascalhentos  
 Brecha
  Terraços

**Descrição**

**ORGÂNICOS**

Folhijos
  Fezes
  Guano
  Bioclastos (ossos, conchas)

**DEPÓSITOS QUÍMICOS (ESPELEOTEMAS)**

Presença de depósitos com valor científico
  Presença de depósitos sem valor científico ou ausência

**Espeleotemas únicos**
 Presença
  Ausência

**Diversidade de sedimentação química**
 Presença
  Ausência

**Configuração dos espeleotemas**  
 (aspecto, maturidade e abundância)
  Notável
  Pouco significativa

**Espeleotemas observados**
 Crosta ferruginosa
  Escorrimentos
  Estalactites
  Cortinas
  Depósito gelatinoso
  Cupim-tema
  Pingentes
  Estalagmites
  Helictites/heligmites
  Crosta branca
  Coralóides
  Travertinos (micro a macro)
  Colunas
  Outros: \_\_\_\_\_

**Descrição:** Presença de poucos espeleotemas dispostos de forma esparsa. Os espeleotemas observados são do tipo crosta branca, coralóides e crosta ferruginosa.

**9 – GÊNESE**

**Gênese única ou rara**

Presença
  Ausência

**Gênese**
 Endógena
  Ampliação de canalículos
  Erosão fluvial

- Exógena                       Ampliação de canáliculos e erosão fluvial     Tálus  
 Erosão por oscilação de lagoa     Abatimento

**Descrição:** Caverna associada a controle estrutural condicionado por foliação e controle estrutural. É possível observar elementos que indicam evolução morfológica por abatimentos.

### 10 – PALEONTOLOGIA E ARQUEOLOGIA

- Presença                       Ausência

**Descrição:** Icnofósseis, marca de garras de megafauna extinta.

### 11 – VALOR HISTÓRICO-CULTURAL

- Presença                       Ausência

**Descrição**

---

---

---

---

### 12 – VALOR SÓCIO-ECONÔMICO

- Presença                       Ausência

**Descrição**

---

---

---

---

### 13 – ATRIBUTOS DE RELEVÂNCIA

- Presença                       Ausência

---

**Descrição:**

---

---

---

---

### 14 – CONSERVAÇÃO DA CAVIDADE E ENTORNO

Impactos observados na cavidade

Impactos observados no entorno da cavidade (250m)

Necessário avaliar cartografia

**Descrição:** No entorno imediato e na porção mais próxima da entrada da caverna foi observado pisoteio do solo por passagem de gado bem como a presença de fezes de gado.

---



**Descrição:** Caverna inserida em pacote de rochas metassedimentares em contato concordante, formado por metadiamicrito hematítico (base), metadiamicrito micáceo (porção intermediária) e metadiamicrito quartzoso (topo). O metadiamicrito hematítico funciona como piso e o quartzoso como teto. Enquanto o micáceo é a camada onde há o desenvolvimento da cavidade em si.

#### 4 – ESTRUTURAS

**Estrutura**

<input type="checkbox"/> Acamamento ( $S_0$ )	<input type="checkbox"/> Bandamento ( $S_n$ )	<input type="checkbox"/> Fraturas (F)
<input type="checkbox"/> Falha	<input checked="" type="checkbox"/> Foliação ( $S_n$ )	<input type="checkbox"/> Dobras

**Estrutura geológica de interesse científico**

<input type="checkbox"/> Presença	<input checked="" type="checkbox"/> Ausência
-----------------------------------	--

**Descrição:**

A foliação é bem evidente no metadiamicrito hematítico (marcada pela especularita) e no micáceo (marcada pelos filossilicatos). No metadiamicrito quartzoso não é tão evidente, embora esteja presente.

As fraturas são persistentes e com espaçamento de decimétrico a métrico.

**Medidas:**

$S_n = 160/35$  (foliação)

$F1 = 295/80$  (fratura)

$F2 = 210/90$  (fratura)

**Estruturas controlam morfologia?**

A foliação é paralela ao contato e condiciona o teto e o piso da caverna. Por outro lado, as fraturas condicionam o desenvolvimento dos condutos.

#### 5 - ESPELEOMETRIA

Projeção Horizontal (m): 15,2  
 Desnível (m): 5

Área ( $m^2$ ): 81,6  
 Volume ( $m^3$ ): 173,5

#### 6 – MORFOLOGIA

**Morfologia única**

Presença de morfologia única       Ausência de morfologia única

**Padrão planimétrico**

<input checked="" type="checkbox"/> Retilíneo	<input type="checkbox"/> Espongiforme	<input type="checkbox"/> Anastomosado
<input type="checkbox"/> Curvilíneo	<input type="checkbox"/> Reticular	<input type="checkbox"/> Globular
<input type="checkbox"/> Meandrante	<input type="checkbox"/> Outro: _____	

**Piso**

<input checked="" type="checkbox"/> Plano	<input type="checkbox"/> Inclinado para o interior	<input checked="" type="checkbox"/> Inclinado para o exterior
---	--	---

**Parede**

<input type="checkbox"/> Regular	<input checked="" type="checkbox"/> Irregular
----------------------------------	---

**Teto**

<input type="checkbox"/> Regular	<input checked="" type="checkbox"/> Irregular	<input type="checkbox"/> Inclinado concordantemente com o piso
----------------------------------	---	--

**Feições morfológicas**

<input type="checkbox"/> Pilar	<input type="checkbox"/> Arco Rochoso	<input type="checkbox"/> Pendente
--------------------------------	---------------------------------------	-----------------------------------

- |  |                                       |  |
|--|---------------------------------------|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Canalículo       | <input type="checkbox"/> Patamar      | <input type="checkbox"/> Alvéolos            |
| <input type="checkbox"/> Clarabóia                   | <input type="checkbox"/> Paleopiso    | <input type="checkbox"/> Pontões estruturais |
| <input type="checkbox"/> Cúpula de teto (bell holes) | <input type="checkbox"/> Lapiesamento | <input type="checkbox"/> Marmita             |
| <input type="checkbox"/> Boxwork                     | <input type="checkbox"/> Outras...    | <input type="checkbox"/>                     |

**Descrição:** Caverna com padrão morfológico tipo retilíneo sem atributos de morfologia única. Possui piso inclinado para o exterior é predominância de paredes e teto irregulares. Quanto a formação morfológica foi observada a presença de canalículos e microcanalículos. No terço final da caverna existe um alargamento do conduto gerado pela movimentação da megafauna extinta. Esse processo de erosão mecânica da rocha é denominado de câmara de rotação.

## 7 - HIDROLOGIA

### Água de percolação ou condensação

- |                                   |   |   |  |
|-----------------------------------|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Presença | <input type="checkbox"/> Presença significativa | <input type="checkbox"/> Presença não significativa | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência |
|-----------------------------------|---|---|--|

### Lago ou drenagem subterrânea

- |                                 |  |   |  |
|---------------------------------|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Perene | <input type="checkbox"/> Intermitente e significativa para o sistema hidrológico e biológico | <input type="checkbox"/> Intermitente e significativa para a cavidade | <input checked="" type="checkbox"/> Não significativa ou ausente |
|---------------------------------|--|---|--|

### Feições observadas

- |  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Presença            | <input type="checkbox"/> Escoamento perene | <input type="checkbox"/> Escoamento temporário | <input type="checkbox"/> Gotejamento    |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ausência | <input type="checkbox"/> Surgência perene  | <input type="checkbox"/> Surgência temporária  | <input type="checkbox"/> Paleosurgência |
|  | <input type="checkbox"/> Sumidouro Perene  | <input type="checkbox"/> Sumidouro Temporário  | <input type="checkbox"/> Percolação     |
|  | <input type="checkbox"/> Lagoa perene      | <input type="checkbox"/> Lagoa temporária      | <input type="checkbox"/> Poça           |
|  | <input type="checkbox"/> Condensação       |  |   |

**Descrição:** Na época da visita a caverna se encontrava seca.

## 8 – DEPÓSITOS CLÁSTICOS E QUÍMICOS

### DEPÓSITOS CLÁSTICOS (RELEVÂNCIA)

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Presença de depósito com valor científico | <input checked="" type="checkbox"/> Presença de depósito sem valor científico ou ausência |
|--|---|

Granulometria	Origem (alóctone/autóctone/mista)	Arredondamento (arredondado a anguloso)	Predominante (sim/não)
Argila/Silte (< 0,062mm)	Mista	Não se aplica	Não

Areia (0,062 a 2mm)	Mista	Subarredondado	Não
Grânulo (2 a 4mm)	Mista	Subarredondado	Não
Seixo (4 a 64mm)	Autóctone	Subarredondado a anguloso	Não
Calhau (64 a 256mm)	Autóctone	Subarredondado a anguloso	Sim
Matacão (>256mm)	Autóctone	Anguloso	Não

**Feições de deposição**

- Cones de sedimentos terrígenos  
 Conglomerado
  Cones de sedimentos cascalhentos  
 Brecha
  Terraços

**Descrição**
**ORGÂNICOS**

- Folhijos
  Fezes
  Guano
  Bioclastos (ossos, conchas)

**DEPÓSITOS QUÍMICOS (ESPELEOTEMAS)**

- Presença de depósitos com valor científico
  Presença de depósitos sem valor científico ou ausência

**Espeleotemas únicos**

- Presença
  Ausência

**Diversidade de sedimentação química**

- Presença
  Ausência

**Configuração dos espeleotemas**

(aspecto, maturidade e abundância)

- Notável
  Pouco significativa

**Espeleotemas observados**

- Crosta ferruginosa
  Depósito gelatinoso
  Crosta branca  
 Escorrimentos
  Cupim-tema
  Coralóides  
 Estalactites
  Pingentes
  Travertinos (micro a macro)  
 Cortinas
  Estalagmites
  Colunas  
 Helictites/heligmites
  Outros: \_\_\_\_\_

**Descrição** Presença de poucos espeleotemas dispostos de forma esparsa. Os espeleotemas observados são do tipo crosta branca, coralóides e Cupim-tema.

**9 – GÊNESE**
**Gênese única ou rara**

- Presença
  Ausência

**Gênese**

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Endógena           | <input type="checkbox"/> Ampliação de canaliculos                  | <input type="checkbox"/> Erosão fluvial |
| <input type="checkbox"/> Exógena                       | <input type="checkbox"/> Ampliação de canaliculos e erosão fluvial | <input type="checkbox"/> Tálus          |
| <input type="checkbox"/> Erosão por oscilação de lagoa | <input checked="" type="checkbox"/> Abatimento                     |   |

**Descrição** Caverna associada a controle estrutural condicionado por foliação e controle estrutural. É possível observar elementos que indicam evolução morfológica por abatimentos.

**10 – PALEONTOLOGIA E ARQUEOLOGIA**

- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Presença | <input type="checkbox"/> Ausência |
|--|-----------------------------------|

**Descrição: Icnofósseis**

**11 – VALOR HISTÓRICO-CULTURAL**

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Presença | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência |
|-----------------------------------|--|

**Descrição**

**12 – VALOR SÓCIO-ECONÔMICO**

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Presença | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência |
|-----------------------------------|--|

**Descrição**

**13 – ATRIBUTOS DE RELEVÂNCIA**

---

 Presença Ausência

---

**Descrição: Paleotocas**

---

---

---

---

---

#### 14 – CONSERVAÇÃO DA CAVIDADE E ENTORNO

 Impactos observados na cavidade Impactos observados no entorno da cavidade (250m) Necessário avaliar cartografia

---

**Descrição:** No entorno imediato e na porção mais próxima da entrada da caverna foi observado pisoteio do solo por passagem de gado bem como a presença de fezes de gado.

---

## DESCRIÇÃO GEOSPELEOLÓGICA – FICHA DE CAMPO

### 1 – IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

Nome da caverna	VG-06	Município/UF	Riacho dos Machados
Coordenadas	743709 E    8217204 N	Projeto	Rio Pardo
Datum SAD-69		Data	13/09/2012
Elevação	749 m	Responsável pelo registro	Ricardo Diniz Kai

### 2 – GEOMORFOLOGIA (INSERÇÃO NA PAISAGEM)

**Unidade Geomorfológica**

Serra                       Planalto                       maciço residual                       Planície  
 Chapada

**Forma de Relevo**

Crista de serra                       Topo de chapada                       Borda de chapada                       Encosta inclinada de chapada ou serra  
 Borda de calha de drenagem                       Interior de calha de drenagem                       Sopé de chapada /serra                       Depósito de tálus  
 Dolina                       Outras: \_\_\_\_\_

**Posição na vertente**

Topo                       Alta vertente                       Média vertente                       Baixa vertente

**Posição da escarpa rochosa na vertente**

Escarpa em anfiteatro                       Escarpa paralela a maior inclinação da vertente                       Escarpa perpendicular a maior inclinação da vertente                       Escarpa paralela a calha de drenagem  
 Escarpa perpendicular a calha de drenagem                       Depósito de tálus                       Outra: \_\_\_\_\_

Altura da escarpa/maciço (m):  
 \_\_\_\_\_  
 80m \_\_\_\_\_

**Continuidade lateral da escarpa rochosa/ afloramento**

Com continuidade (superior a 30m)                       Sem continuidade (inferior a 30m)

**Descrição:** Caverna situada em escarpa localizada na alta vertente de encosta inclinada. A escarpa está associada a uma chapada e se encontra disposta paralelamente à drenagem do córrego do esmeril.

### 3 – LITOLOGIA

**Litotipos**

Rochas carbonáticas                       Rochas ferríferas                       Rochas siliciclásticas  
 Rochas pelíticas                       Rochas graníticas/gnáissicas                       Outras

**Descrição:**

Caverna inserida em pacote de rochas metassedimentares em contato concordante, formado por metadiamicrito hematítico (base), metadiamicrito micáceo (porção intermediária) e metadiamicrito quartzoso (topo). O metadiamicrito hematítico funciona como piso e o quartzoso como teto. Enquanto o micáceo é a camada onde há o desenvolvimento da cavidade em si.

#### 4 – ESTRUTURAS

<b>Estrutura</b>	<input type="checkbox"/> Acamamento ( $S_0$ )	<input type="checkbox"/> Bandamento ( $S_n$ )	<input checked="" type="checkbox"/> Fraturas (F)
	<input type="checkbox"/> Falha	<input checked="" type="checkbox"/> Foliação ( $S_n$ )	<input type="checkbox"/> Dobras
<b>Estrutura geológica de interesse científico</b>	<input type="checkbox"/> Presença	<input checked="" type="checkbox"/> Ausência	

**Descrição:**

A foliação é bem evidente no metadiamicrito hematítico (marcada pela especularita) e no micáceo (marcada pelos filossilicatos). No metadiamicrito quartzoso não é tão evidente, embora esteja presente.

As fraturas são persistentes e com espaçamento de decimétrico a métrico.

**Medidas:**

$S_n = 160/35$

F1 = sub-horizontal

F2 = 290/50

**Estruturas controlam morfologia?**

A foliação é paralela ao contato e condiciona o teto e o piso da caverna. Por outro lado, as fraturas condicionam o desenvolvimento dos condutos.

#### 5 - ESPELEOMETRIA

<b>Projeção Horizontal (m):</b> <u>20,6</u>	<b>Área (m<sup>2</sup>):</b> <u>71,3</u>
<b>Desnível (m):</b> <u>3,7</u>	<b>Volume (m<sup>3</sup>):</b> <u>85,6</u>

#### 6 – MORFOLOGIA

**Morfologia única**

Presença de morfologia única       Ausência de morfologia única

<b>Padrão planimétrico</b>	<input type="checkbox"/> Retilíneo	<input type="checkbox"/> Espongiforme	<input type="checkbox"/> Anastomosado
	<input checked="" type="checkbox"/> Curvilíneo	<input type="checkbox"/> Reticular	<input type="checkbox"/> Globular
	<input type="checkbox"/> Meandrante	<input type="checkbox"/> Outro: _____	

**Piso**       Plano       Inclinado para o interior       Inclinado para o exterior

**Parede**       Regular       Irregular

**Teto**       Regular       Irregular       Inclinado concordantemente com o piso

**Feições morfológicas**       Pilar       Arco Rochoso       Pendente

- |  |                                       |  |
|--|---------------------------------------|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Canalículo       | <input type="checkbox"/> Patamar      | <input type="checkbox"/> Alvéolos            |
| <input type="checkbox"/> Clarabóia                   | <input type="checkbox"/> Paleopiso    | <input type="checkbox"/> Pontões estruturais |
| <input type="checkbox"/> Cúpula de teto (bell holes) | <input type="checkbox"/> Lapiesamento | <input type="checkbox"/> Marmita             |
| <input type="checkbox"/> Boxwork                     | <input type="checkbox"/> Outras...    | <input type="checkbox"/>                     |

**Descrição:** Caverna com padrão morfológico tipo curvilíneo sem atributos de morfologia única. Possui piso inclinado para o exterior e predominância de paredes e teto irregulares. Quanto a formação morfológica foi observado a presença de canalículos.

## 7 - HIDROLOGIA

### Água de percolação ou condensação

- |                                   |   |   |  |
|-----------------------------------|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Presença | <input type="checkbox"/> Presença significativa | <input type="checkbox"/> Presença não significativa | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência |
|-----------------------------------|---|---|--|

### Lago ou drenagem subterrânea

- |                                 |  |   |  |
|---------------------------------|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Perene | <input type="checkbox"/> Intermitente e significativa para o sistema hidrológico e biológico | <input type="checkbox"/> Intermitente e significativa para a cavidade | <input checked="" type="checkbox"/> Não significativa ou ausente |
|---------------------------------|--|---|--|

### Feições observadas

- |  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Presença            | <input type="checkbox"/> Escoamento perene | <input type="checkbox"/> Escoamento temporário | <input type="checkbox"/> Gotejamento    |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ausência | <input type="checkbox"/> Surgência perene  | <input type="checkbox"/> Surgência temporária  | <input type="checkbox"/> Paleosurgência |
|  | <input type="checkbox"/> Sumidouro Perene  | <input type="checkbox"/> Sumidouro Temporário  | <input type="checkbox"/> Percolação     |
|  | <input type="checkbox"/> Lagoa perene      | <input type="checkbox"/> Lagoa temporária      | <input type="checkbox"/> Poça           |
|  | <input type="checkbox"/> Condensação       |  |   |

**Descrição:** Na época da visita o tempo presente era ensolarado e sem chuvas e a caverna se encontrava seca.

## 8 – DEPÓSITOS CLÁSTICOS E QUÍMICOS

### DEPÓSITOS CLÁSTICOS (RELEVÂNCIA)

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Presença de depósito com valor científico | <input type="checkbox"/> Presença de depósito sem valor científico ou ausência |
|--|--|

Granulometria	Origem (alóctone/autóctone/mista)	Arredondamento (arredondado a anguloso)	Predominante (sim/não)
Argila/Silte (< 0,062mm)	Mista	Não se aplica	Não
Areia (0,062 a 2mm)	Mista	Subarredondado	Não
Grânulo (2 a 4mm)	Mista	Subarredondado	Não

Seixo (4 a 64mm)	Autóctone	Subarredondado	Não
Calhau (64 a 256mm)	Autóctone	Subarredondado a anguloso	Não
Matacão (>256mm)	Autóctone	Anguloso	Sim

**Feições de deposição**

- Cones de sedimentos terrígenos     
  Cones de sedimentos cascalhentos     
  Terraços  
 Conglomerado     
  Brecha

**Descrição**


---



---



---



---

**ORGÂNICOS**

- Folhijos     
  Fezes     
  Guano     
  Bioclastos (ossos, conchas)

**DEPÓSITOS QUÍMICOS (ESPELEOTEMAS)**

- Presença de depósitos com valor científico     
  Presença de depósitos sem valor científico ou ausência

**Espeleotemas únicos**

- Presença     
  Ausência

**Diversidade de sedimentação química**

- Presença     
  Ausência

**Configuração dos espeleotemas**

(aspecto, maturidade e abundância)

- Notável     
  Pouco significativa

**Espeleotemas observados**

- Crosta ferruginosa     
  Depósito gelatinoso     
  Crosta branca  
 Escorrimentos     
  Cupim-tema     
  Coralóides  
 Estalactites     
  Pingentes     
 Travertinos (micro a macro)  
 Cortinas     
 Estalagmites     
 Colunas  
 Helictites/heligmites     
 Outros: \_\_\_\_\_

**Descrição:** Presença moderada de espeleotemas dispostos de forma esparsa. Os espeleotemas observados são do tipo crosta branca e coralóides.

---

**Gênese única ou rara**

Presença

Ausência

**Gênese**

Endógena

Exógena

Erosão por oscilação de lagoa

Ampliação de canalículos

Ampliação de canalículos e erosão fluvial

Abatimento

Erosão fluvial

Tálus

---

**Descrição:** Caverna associada a controle estrutural condicionado por foliação. É possível observar elementos que indicam evolução morfológica por abatimentos.

---

**10 – PALEONTOLOGIA E ARQUEOLOGIA**

Presença

Ausência

---

**Descrição:** Icnofósseis, marca de garras de megafauna extinta.

---

**11 – VALOR HISTÓRICO-CULTURAL**

Presença

Ausência

---

**Descrição**

---

---

---

---

---

**12 – VALOR SÓCIO-ECONÔMICO**

Presença

Ausência

Descrição

---

---

---

---

### 13 – ATRIBUTOS DE RELEVÂNCIA

Presença

Ausência

Descrição: Icnofósseis

---

---

---

---

### 14 – CONSERVAÇÃO DA CAVIDADE E ENTORNO

Impactos observados na cavidade

Impactos observados no entorno da cavidade (250m)

Necessário avaliar cartografia

Descrição: No entorno imediato e na porção mais próxima da entrada da caverna foi observado pisoteio do solo por passagem de gado bem como a presença de fezes de gado.

---

## DESCRIÇÃO GEOSPELEOLÓGICA – FICHA DE CAMPO

### 1 – IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

Nome da caverna	VG-07		Município/UF	Riacho dos Machados
Coordenadas	743860 E	8217133 N	Projeto	Rio Pardo
Datum SAD-69			Data	13/09/2012
Elevação	731 m		Responsável pelo registro	Ricardo Diniz Kai

### 2 – GEOMORFOLOGIA (INSERÇÃO NA PAISAGEM)

**Unidade Geomorfológica**

Serra  Planalto  maciço residual  Planície  
 Chapada

**Forma de Relevo**

Crista de serra  Topo de chapada  Borda de chapada  Encosta inclinada de chapada ou serra  
 Borda de calha de drenagem  Interior de calha de drenagem  Sopé de chapada /serra  Depósito de tálus  
 Dolina  Outras: \_\_\_\_\_

**Posição na vertente**

Topo  Alta vertente  Média vertente  Baixa vertente

**Posição da escarpa rochosa na vertente**

Escarpa em anfiteatro  Escarpa paralela a maior inclinação da vertente  Escarpa perpendicular a maior inclinação da vertente  Escarpa paralela a calha de drenagem  
 Escarpa perpendicular a calha de drenagem  Depósito de tálus  Outra: \_\_\_\_\_

Altura da escarpa/maciço (m): \_\_\_\_\_

#### Continuidade lateral da escarpa rochosa/ afloramento

- Com continuidade (superior a 30m)  Sem continuidade (inferior a 30m)

**Descrição:** Caverna situada em escarpa localizada na alta vertente de encosta inclinada. A escarpa está associada a uma chapada e se encontra disposta paralelamente à drenagem do córrego do esmeril.

### 3 – LITOLOGIA

- Litotipos**
- Rochas carbonáticas  Rochas ferríferas  Rochas siliciclásticas  
 Rochas pelíticas  Rochas graníticas/gnáissicas  Outras

**Descrição**

Caverna inserida em metadiamicctito hematítico.

#### 4 – ESTRUTURAS

<b>Estrutura</b>	<input type="checkbox"/> Acamamento ( $S_0$ )	<input type="checkbox"/> Bandamento ( $S_n$ )	<input checked="" type="checkbox"/> Fraturas (F)
	<input type="checkbox"/> Falha	<input checked="" type="checkbox"/> Foliação ( $S_n$ )	<input type="checkbox"/> Dobras
<b>Estrutura geológica de interesse científico</b>	<input type="checkbox"/> Presença	<input checked="" type="checkbox"/> Ausência	

**Descrição:**

A foliação é bem evidente no metadiamicctito hematítico (marcada pela especularita).

**Medidas:**

$S_n = 150/55$  (foliação)

$F1 = 340/63$  (fratura)

$F2 = 050/80$  (fratura)

**Estruturas controlam morfologia?**

As fraturas condicionam o desenvolvimento dos condutos.

#### 5 - ESPELEOMETRIA

Projeção Horizontal (m): 11,2  
 Desnível (m): 1,3

Área (m<sup>2</sup>): 30,4  
 Volume (m<sup>3</sup>): 71,6

#### 6 – MORFOLOGIA

**Morfologia única**

Presença de morfologia única       Ausência de morfologia única

**Padrão planimétrico**

<input checked="" type="checkbox"/> Retilíneo	<input type="checkbox"/> Espongiforme	<input type="checkbox"/> Anastomosado
<input type="checkbox"/> Curvilíneo	<input type="checkbox"/> Reticular	<input type="checkbox"/> Globular
<input type="checkbox"/> Meandrante	<input type="checkbox"/> Outro: _____	

**Piso**       Plano       Inclinado para o interior       Inclinado para o exterior

**Parede**       Regular       Irregular

**Teto**       Regular       Irregular       Inclinado concordantemente com o piso

**Feições morfológicas**

<input type="checkbox"/> Pilar	<input type="checkbox"/> Arco Rochoso	<input type="checkbox"/> Pendente
<input checked="" type="checkbox"/> Canalículo	<input type="checkbox"/> Patamar	<input type="checkbox"/> Alvéolos

- |  |                                       |  |
|--|---------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Clarabóia                   | <input type="checkbox"/> Paleopiso    | <input type="checkbox"/> Pontões estruturais |
| <input type="checkbox"/> Cúpula de teto (bell holes) | <input type="checkbox"/> Lapiesamento | <input type="checkbox"/> Marmita             |
| <input checked="" type="checkbox"/> Boxwork          | <input type="checkbox"/> Outras...    | <input type="checkbox"/>                     |

**Descrição:** Caverna com padrão morfológico tipo abrigo sem atributos de morfologia única. Possui piso inclinado para o exterior e predominância de paredes e teto irregulares. Quanto a formação morfológica foi observada a presença de *Boxworks*.

## 7 - HIDROLOGIA

### Água de percolação ou condensação

- |                                   |   |   |  |
|-----------------------------------|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Presença | <input type="checkbox"/> Presença significativa | <input type="checkbox"/> Presença não significativa | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência |
|-----------------------------------|---|---|--|

### Lago ou drenagem subterrânea

- |                                 |  |   |  |
|---------------------------------|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Perene | <input type="checkbox"/> Intermitente e significativa para o sistema hidrológico e biológico | <input type="checkbox"/> Intermitente e significativa para a cavidade | <input checked="" type="checkbox"/> Não significativa ou ausente |
|---------------------------------|--|---|--|

### Feições observadas

- |  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Presença            | <input type="checkbox"/> Escoamento perene | <input type="checkbox"/> Escoamento temporário | <input type="checkbox"/> Gotejamento    |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ausência | <input type="checkbox"/> Surgência perene  | <input type="checkbox"/> Surgência temporária  | <input type="checkbox"/> Paleosurgência |
|  | <input type="checkbox"/> Sumidouro Perene  | <input type="checkbox"/> Sumidouro Temporário  | <input type="checkbox"/> Percolação     |
|  | <input type="checkbox"/> Lagoa perene      | <input type="checkbox"/> Lagoa temporária      | <input type="checkbox"/> Poça           |
|  | <input type="checkbox"/> Condensação       |  |   |

**Descrição:** Na época da visita o tempo presente era ensolarado e sem chuvas e a caverna se encontrava seca.

## 8 – DEPÓSITOS CLÁSTICOS E QUÍMICOS

### DEPÓSITOS CLÁSTICOS (RELEVÂNCIA)

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Presença de depósito com valor científico | <input type="checkbox"/> Presença de depósito sem valor científico ou ausência |
|--|--|

Granulometria	Origem (alóctone/autóctone/mista)	Arredondamento (arredondado a anguloso)	Predominante (sim/não)
Argila/Silte (< 0,062mm)	Alóctone	Não se aplica	Não
Areia (0,062 a 2mm)	Mista	Subarredondado	Não
Grânulo (2 a 4mm)	Mista	Subarredondado a anguloso	Não
Seixo (4 a 64mm)	Autóctone	Subarredondado a anguloso	Não

Calhau (64 a 256mm)	Autóctone	Subarredondado a anguloso	Sim
Matacão (>256mm)	Autóctone	Anguloso	Não

**Feições de deposição**

Cones de sedimentos terrígenos  
 Conglomerado
  Cones de sedimentos cascalhentos  
 Brecha
  Terraços

### Descrição

### ORGÂNICOS

Folhijos
  Fezes
  Guano
  Bioclastos (ossos, conchas)

### DEPÓSITOS QUÍMICOS (ESPELEOTEMAS)

Presença de depósitos com valor científico
  Presença de depósitos sem valor científico ou ausência

#### Espeleotemas únicos

Presença
  Ausência

#### Diversidade de sedimentação química

Presença
  Ausência

#### Configuração dos espeleotemas (aspecto, maturidade e abundância)

Notável
  Pouco significativa

#### Espeleotemas observados

Crosta ferruginosa
  Depósito gelatinoso
  Crosta branca  
 Escorrimentos
  Cupim-tema
  Coralóides  
 Estalactites
  Pingentes
  Travertinos (micro a macro)  
 Cortinas
  Estalagmites
  Colunas  
 Helictites/heligmites
  Outros: \_\_\_\_\_

### Descrição

## 9 – GÊNESE

### Gênese única ou rara

Presença
  Ausência

### Gênese

Endógena
  Ampliação de canaliculos
  Erosão fluvial  
 Exógena
  Ampliação de canaliculos e erosão fluvial
  Tálus  
 Erosão por oscilação de lagoa
  Abatimento

---

**Descrição:** Presença de poucos espeleotemas dispostos de forma esparsa. Os espeleotemas observados são do tipo crosta branca, coralóides e crosta ferruginosa.

---

### 10 – PALEONTOLOGIA E ARQUEOLOGIA

Presença

Ausência

---

**Descrição:** Caverna associada a controle estrutural condicionado por foliação e controle estrutural. É possível observar elementos que indicam evolução morfológica por abatimentos.

---

### 11 – VALOR HISTÓRICO-CULTURAL

Presença

Ausência

**Descrição**

---

---

---

---

---

### 12 – VALOR SÓCIO-ECONÔMICO

Presença

Ausência

**Descrição**

---

---

---

---

---

### 13 – ATRIBUTOS DE RELEVÂNCIA

Presença

Ausência

---

**Descrição: Icnofósseis**

---

---

---

---

---

#### 14 – CONSERVAÇÃO DA CAVIDADE E ENTORNO

Impactos observados na cavidade

Impactos observados no entorno da cavidade (250m)

Necessário avaliar cartografia

---

**Descrição:** No entorno imediato e na porção mais próxima da entrada da caverna foi observado pisoteio do solo por passagem de gado, bem como a presença de fezes de gado.

---

## DESCRIÇÃO GEOESPELEOLÓGICA – FICHA DE CAMPO

### 1 – IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

Nome da caverna	Jatobá	Município/UF	Riacho dos Machados
Coordenadas	743172 E      8215002 N	Projeto	Rio Pardo
Datum SAD-69		Data	17/09/2012
Elevação	748 m	Responsável pelo registro	Ricardo Diniz Kai

### 2 – GEOMORFOLOGIA (INSERÇÃO NA PAISAGEM)

**Unidade Geomorfológica**

Serra                       Planalto                       maciço residual                       Planície  
 Chapada

**Forma de Relevo**

Crista de serra                       Topo de chapada                       Borda de chapada                       Encosta inclinada de chapada ou serra  
 Borda de calha de drenagem                       Interior de calha de drenagem                       Sopé de chapada /serra                       Depósito de tálus  
 Dolina                       Outras: \_\_\_\_\_

**Posição na vertente**

Topo                       Alta vertente                       Média vertente                       Baixa vertente

**Posição da escarpa rochosa na vertente**

Escarpa em anfiteatro                       Escarpa paralela a maior inclinação da vertente                       Escarpa perpendicular a maior inclinação da vertente                       Escarpa paralela a calha de drenagem  
 Escarpa perpendicular a calha de drenagem                       Depósito de tálus                       Outra: \_\_\_\_\_

Altura da escarpa/maciço (m):  
 \_\_\_\_\_  
 40m

**Continuidade lateral da escarpa rochosa/ afloramento**

Com continuidade (superior a 30m)                       Sem continuidade (inferior a 30m)

**Descrição** Caverna situada em escarpa localizada na alta vertente de encosta inclinada. A escarpa está associada a uma chapada e se encontra disposta paralelamente à drenagem do córrego do esmeril.

### 3 – LITOLOGIA

**Litotipos**

Rochas carbonáticas                       Rochas ferríferas                       Rochas siliciclásticas  
 Rochas pelíticas                       Rochas graníticas/gnáissicas                       Outras

**Descrição:** Caverna inserida em metadiamicrito micáceo composto por matriz de granulação fina com biotita, quartzo e magnetita disseminada. O arcabouço é composto de grânulos de quartzo, seixos estirados de granitóide (em processo de caulinição) e quartzito.

#### 4 – ESTRUTURAS

**Estrutura**  Acamamento ( $S_0$ )  Bandamento ( $S_n$ )  Fraturas (F)  
 Falha  Foliação ( $S_n$ )  Dobras

**Estrutura geológica de interesse científico**  Presença  Ausência

**Descrição:**

Foliação bem evidente e marcada por biotita.

As fraturas são persistentes e com espaçamento decimétrico.

**Medidas:**

$S_n = 140/30$

$F1 = 200/80$

$F2 = 115/75$

**Estruturas controlam morfologia?**

A foliação controla o desenvolvimento do teto e do piso e as fraturas dos condutos.

#### 5 - ESPELEOMETRIA

Projeção Horizontal (m): 13  
 Desnível (m): 0

Área (m<sup>2</sup>): 81,3  
 Volume (m<sup>3</sup>): 230

#### 6 – MORFOLOGIA

**Morfologia única**

Presença de morfologia única  Ausência de morfologia única

**Padrão planimétrico**  Retilíneo  Espongiforme  Anastomosado  
 Curvilíneo  Reticular  Globular  
 Meandrante  Outro: Abrigo

**Piso**  Plano  Inclinado para o interior  Inclinado para o exterior

**Parede**  Regular  Irregular

**Teto**  Regular  Irregular  Inclinado concordantemente com o piso

**Feições morfológicas**  Pilar  Arco Rochoso  Pendente  
 Canalículo  Patamar  Alvéolos

- |   |                                       |  |
|---|---------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Clarabóia                              | <input type="checkbox"/> Paleopiso    | <input type="checkbox"/> Pontões estruturais |
| <input checked="" type="checkbox"/> Cúpula de teto (bell holes) | <input type="checkbox"/> Lapiesamento | <input type="checkbox"/> Marmita             |
| <input type="checkbox"/> Boxwork                                | <input type="checkbox"/> Outras...    | <input type="checkbox"/>                     |

**Descrição:** Caverna com padrão morfológico tipo abrigo sem atributos de morfologia única. Possui piso inclinado para o exterior e predominância de paredes e teto irregulares. Quanto a formação morfológica foi observada a presença de canalículos e cúpula de teto.

## 7 - HIDROLOGIA

### Água de percolação ou condensação

- |                                   |   |   |  |
|-----------------------------------|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Presença | <input type="checkbox"/> Presença significativa | <input type="checkbox"/> Presença não significativa | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência |
|-----------------------------------|---|---|--|

### Lago ou drenagem subterrânea

- |                                 |  |   |  |
|---------------------------------|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Perene | <input type="checkbox"/> Intermitente e significativa para o sistema hidrológico e biológico | <input type="checkbox"/> Intermitente e significativa para a cavidade | <input checked="" type="checkbox"/> Não significativa ou ausente |
|---------------------------------|--|---|--|

### Feições observadas

- |  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Presença            | <input type="checkbox"/> Escoamento perene | <input type="checkbox"/> Escoamento temporário | <input type="checkbox"/> Gotejamento    |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ausência | <input type="checkbox"/> Surgência perene  | <input type="checkbox"/> Surgência temporária  | <input type="checkbox"/> Paleosurgência |
|  | <input type="checkbox"/> Sumidouro Perene  | <input type="checkbox"/> Sumidouro Temporário  | <input type="checkbox"/> Percolação     |
|  | <input type="checkbox"/> Lagoa perene      | <input type="checkbox"/> Lagoa temporária      | <input type="checkbox"/> Poça           |
|  | <input type="checkbox"/> Condensação       |  |   |

**Descrição:** Na época da visita o tempo presente era ensolarado e sem chuvas e a caverna se encontrava seca.

## 8 – DEPÓSITOS CLÁSTICOS E QUÍMICOS

### DEPÓSITOS CLÁSTICOS (RELEVÂNCIA)

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Presença de depósito com valor científico | <input checked="" type="checkbox"/> Presença de depósito sem valor científico ou ausência |
|--|---|

Granulometria	Origem (alóctone/autóctone/mista)	Arredondamento (arredondado a anguloso)	Predominante (sim/não)
Argila/Silte (< 0,062mm)	Mista	Não se aplica	Não
Areia (0,062 a 2mm)	Mista	Subarredondado	Não
Grânulo (2 a 4mm)	Mista	Subarredondado	Não
Seixo (4 a 64mm)	Autóctone	Subarredondado a anguloso	Não
Calhau (64 a 256mm)	Autóctone	Anguloso	Não
Matacão (>256mm)	Autóctone	Anguloso	Sim

**Feições de deposição**

- |   |   |                                   |
|---|---|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Cones de sedimentos terrígenos | <input type="checkbox"/> Cones de sedimentos cascalhentos | <input type="checkbox"/> Terraços |
| <input type="checkbox"/> Conglomerado                   | <input type="checkbox"/> Brecha                           |                                   |

**Descrição:**
**ORGÂNICOS**

- |  |                                |                                |  |
|--|--------------------------------|--------------------------------|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Folhiços | <input type="checkbox"/> Fezes | <input type="checkbox"/> Guano | <input type="checkbox"/> Bioclastos (ossos, conchas) |
|--|--------------------------------|--------------------------------|--|

**DEPÓSITOS QUÍMICOS (ESPELEOTEMAS)**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Presença de depósitos com valor científico | <input checked="" type="checkbox"/> Presença de depósitos sem valor científico ou ausência |
|---|--|

**Espeleotemas únicos**

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Presença | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência |
|-----------------------------------|--|

**Diversidade de sedimentação química**

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Presença | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência |
|-----------------------------------|--|

**Configuração dos espeleotemas**  
(aspecto, maturidade e abundância)

- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Notável | <input checked="" type="checkbox"/> Pouco significativa |
|----------------------------------|---|

**Espeleotemas observados**

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Crosta ferruginosa | <input type="checkbox"/> Depósito gelatinoso   | <input checked="" type="checkbox"/> Crosta branca    |
| <input type="checkbox"/> Escorrimentos                 | <input checked="" type="checkbox"/> Cupim-tema | <input checked="" type="checkbox"/> Coralóides       |
| <input type="checkbox"/> Estalactites                  | <input type="checkbox"/> Pingentes             | <input type="checkbox"/> Travertinos (micro a macro) |
| <input type="checkbox"/> Cortinas                      | <input type="checkbox"/> Estalagmites          | <input type="checkbox"/> Colunas                     |
|  | <input type="checkbox"/> Helictites/heligmites | <input type="checkbox"/> Outros: _____               |

**Descrição:** Presença moderada de espeleotemas dispostos de forma esparsa. Os espeleotemas observados são do tipo crosta branca, coraloides, cupim-tema e crosta ferruginosa. A crosta branca se encontra concentrada nas paredes da porção de entrada da caverna.

**9 – GÊNESE**
**Gênese única ou rara**

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Presença | <input checked="" type="checkbox"/> Ausência |
|-----------------------------------|--|

**Gênese**

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Endógena                      | <input type="checkbox"/> Ampliação de canalículos                  | <input type="checkbox"/> Erosão fluvial |
| <input type="checkbox"/> Exógena                       | <input type="checkbox"/> Ampliação de canalículos e erosão fluvial | <input type="checkbox"/> Tálus          |
| <input type="checkbox"/> Erosão por oscilação de lagoa | <input checked="" type="checkbox"/> Abatimento                     |   |

---

**Descrição:** Caverna associada a controle estrutural condicionado por foliação e fraturas. É possível observar elementos que indicam evolução morfológica por abatimentos.

---

### 10 – PALEONTOLOGIA E ARQUEOLOGIA

Presença

Ausência

---

**Descrição:** Presença de painel com picoteamento. Icnofósseis, garras de preguiças gigantes nas paredes, paleotoca.

---

### 11 – VALOR HISTÓRICO-CULTURAL

Presença

Ausência

---

**Descrição:** Presença de icnofósseis, marcas de garras de preguiças gigantes, indicativas de paleotoca. Presença de painel com picoteamento.

---

### 12 – VALOR SÓCIO-ECONÔMICO

Presença

Ausência

---

**Descrição**

---

### 13 – ATRIBUTOS DE RELEVÂNCIA

Presença

Ausência

---

**Descrição:** Presença de icnofósseis, marcas de garras de preguiças gigantes, indicativas de paleotoca. Presença de painel com picoteamento.

---

#### 14 – CONSERVAÇÃO DA CAVIDADE E ENTORNO

Impactos observados na cavidade

Impactos observados no entorno da cavidade (250m)

Necessário avaliar cartografia

---

**Descrição:** No entorno imediato e na porção mais próxima da entrada da caverna foi observado pisoteio do solo por passagem de gado bem como a presença de fezes de gado.

---

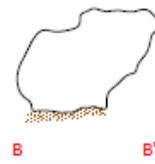
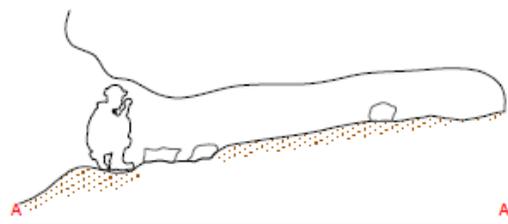
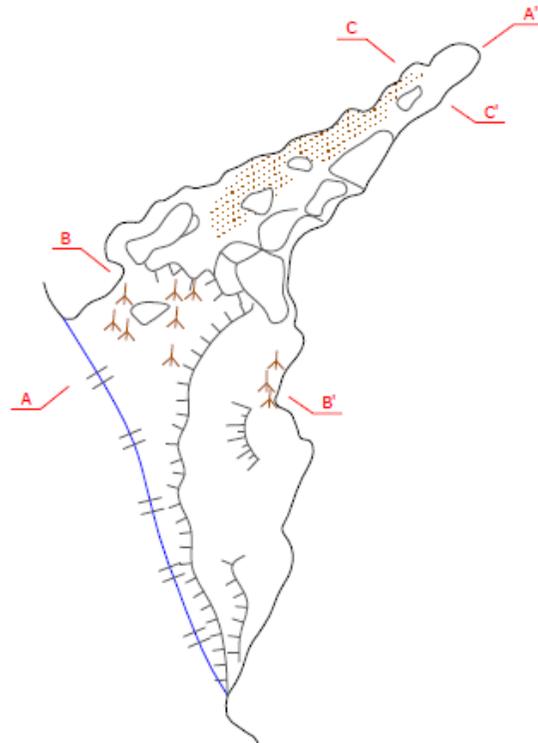


## **Anexo 9: Plantas Espeleotopográficas**



## LEGENDA

-  Contornos
-  Linha d'água
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos
-  Desnível abrupto
-  Desnível leve
-  Espeleotemas tipo coralóides



Coordenadas: 23K 741215E  
8201524N

Elevação: 837m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: janeiro/2011

Projeção Horizontal: 7,5m  
Desnível: 0,7m  
Área: 14,6m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 27m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título: Caverna CM-01

Equipe: BRANDT  
MC CONSULTORIA

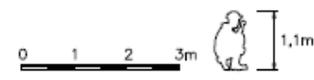
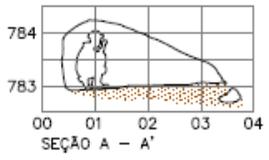
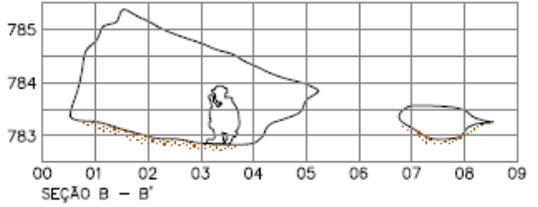
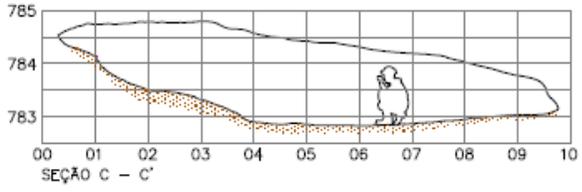
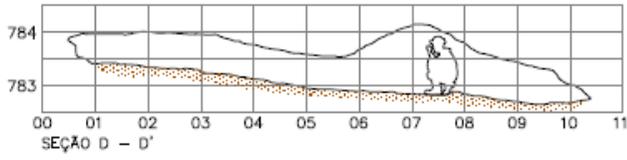
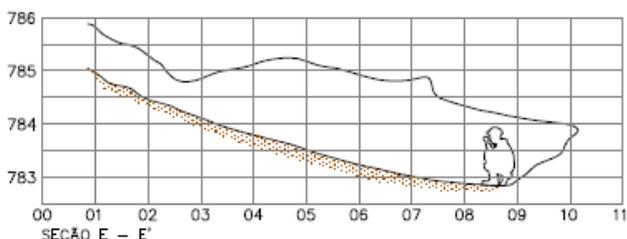
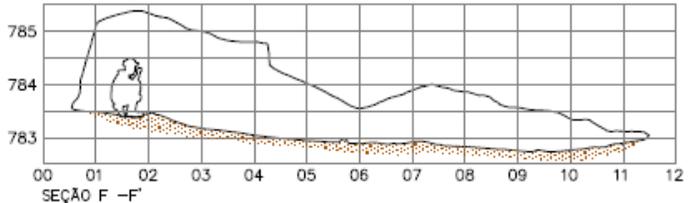
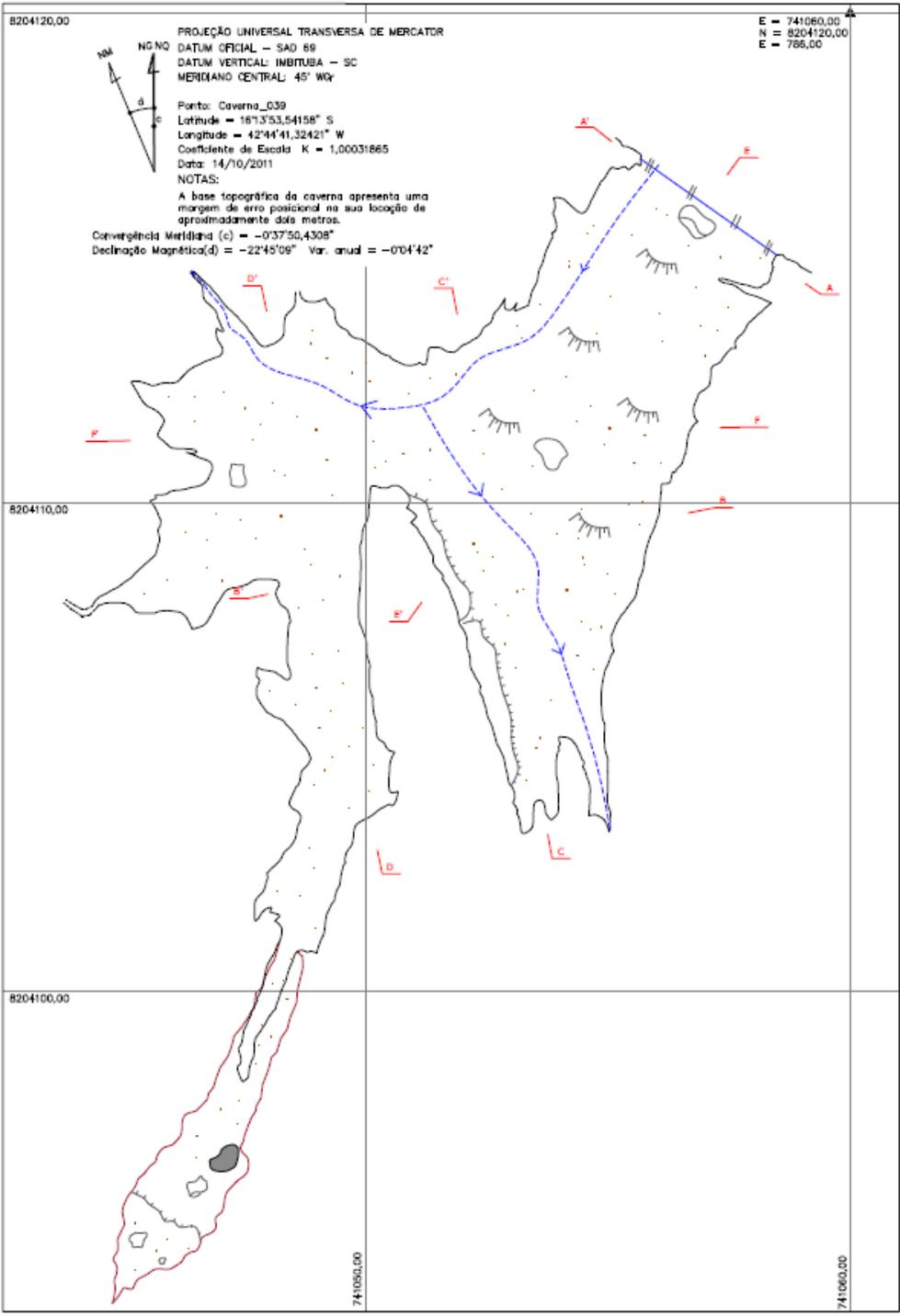
Município: GRÃO MOGOL-MG

Topografia: BCRA 4C

Formato: A4  
Data: 03/12 | Folha: 01/01

0 1 2 3m





LEGENDA

- Contornos (levantamento laser)
- Contornos (levantamento convencional)
- Linha d'água
- Metacões, calhaus e seixos
- Sedimentos
- Desnível abrupto
- Desnível leve
- Drenagem intermitente
- Pilar em rocha

Coordenadas: 23K 743067E  
 8200597N  
 Elevação: 775m  
 Datum: SAD-69  
 Litologia: Metadiamictito

Data do mapeamento: janeiro/2011

Projeção Horizontal: 46,2m  
 Desnível: 2,1m  
 Área: 90,6m<sup>2</sup>  
 Volume aproximado: 86m<sup>3</sup>

**BRANDT** meio ambiente **TERRAVISION** geotecnologias e planejamento

Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
 SUL AMERICANA DE METAIS

Título: CAVERNA CM-02

Município: GRÃO MOGOL-MG

Topografia: BORA XD LASER SCANNER Z4F-3006H

Equipe: BRANDT TERRAVISION MC CONSULTORIA

Formato: A3

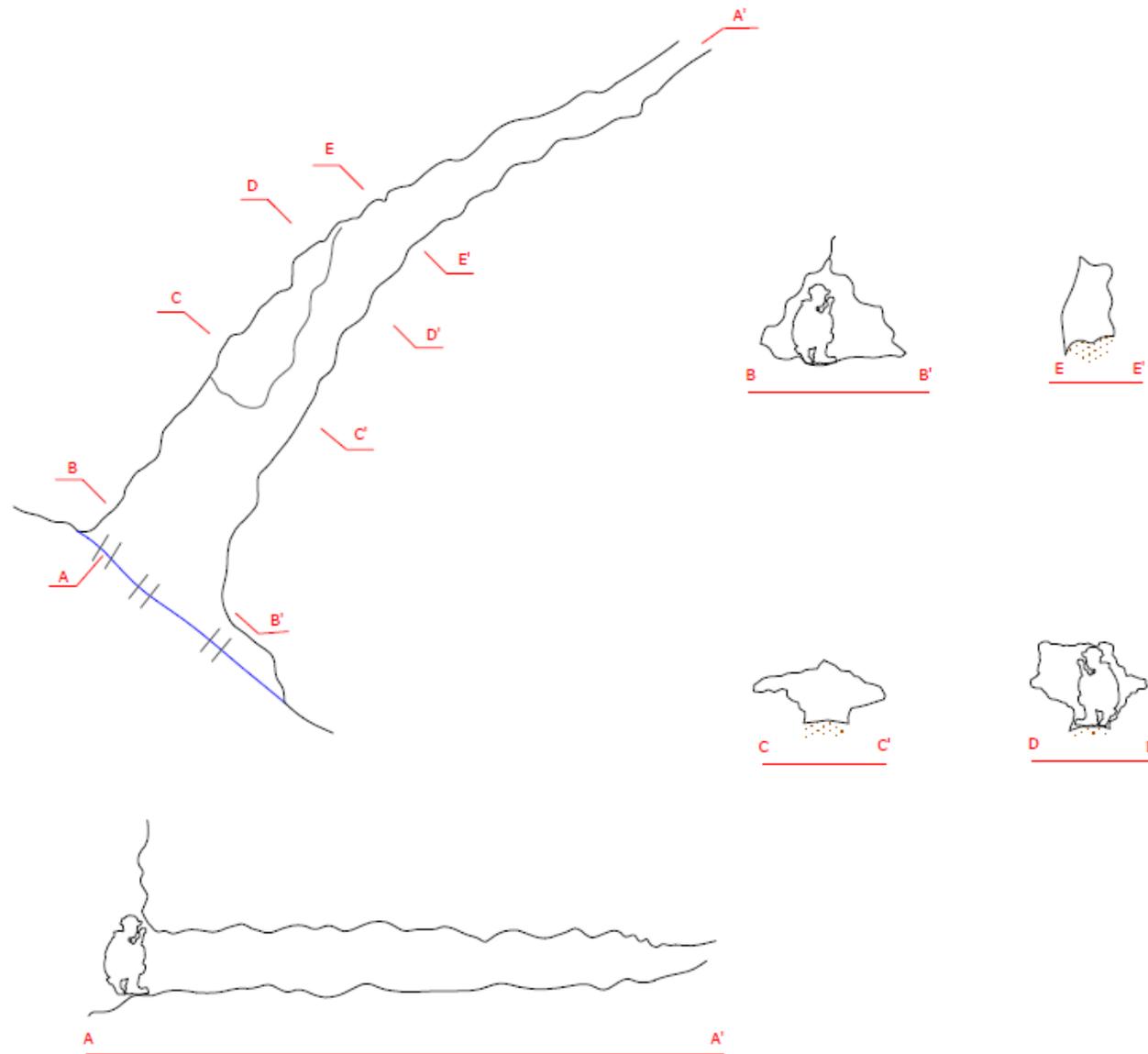
Data: 02/12/2011

Folha: 01/01



## LEGENDA

- Contornos
- Linha d'água
- Matacões, calhaus e seixos
- Sedimentos



Coordenadas: 23K 741682E  
8205021N

Elevação: 804m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: março/2011

Projeção Horizontal: 8,1m  
Desnível: 0,5m  
Área: 5,9m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 4,72m<sup>3</sup>

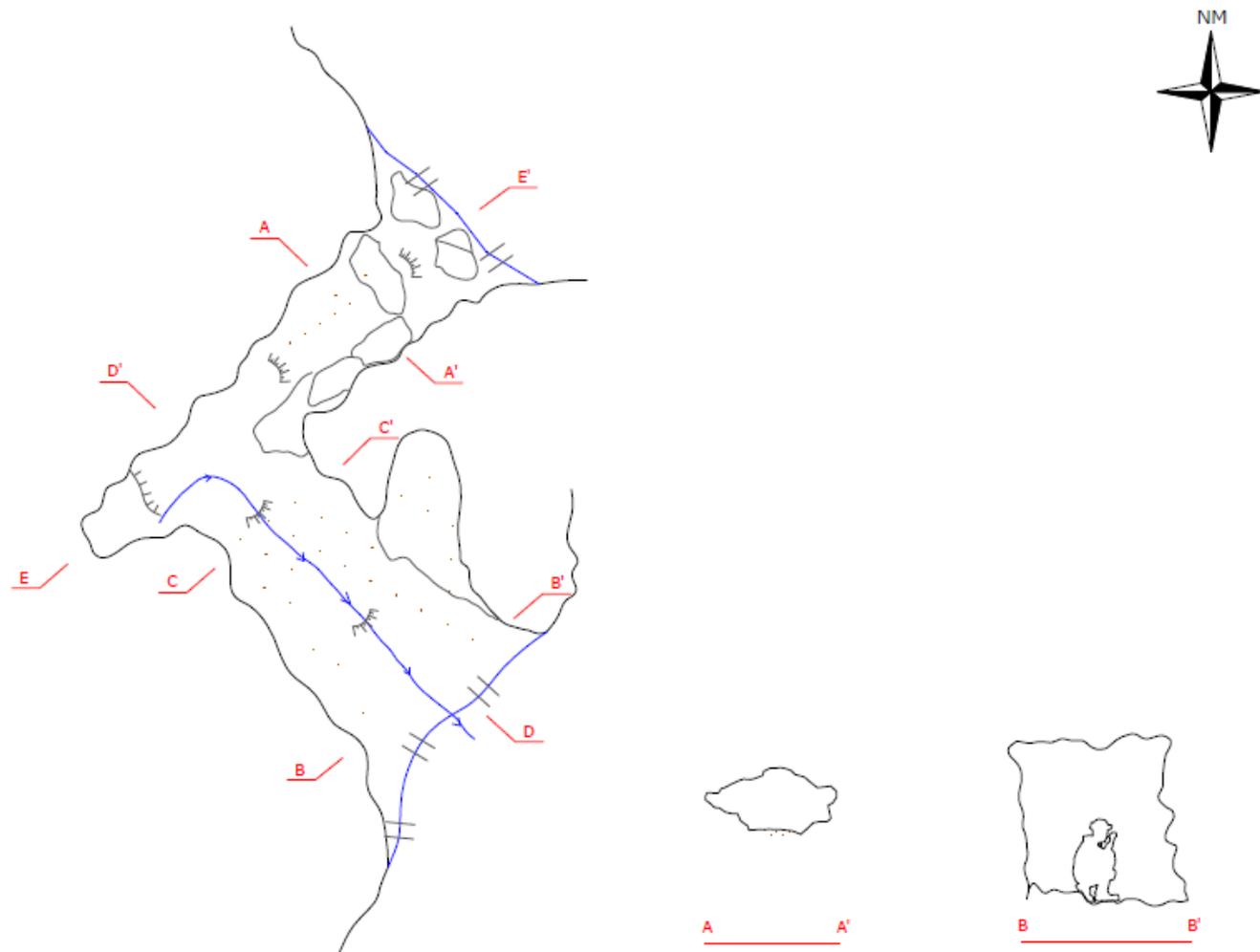


Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

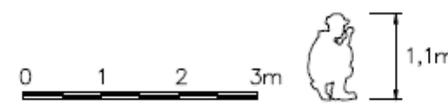
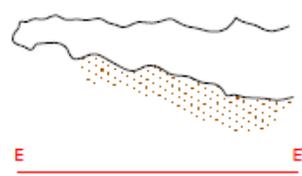
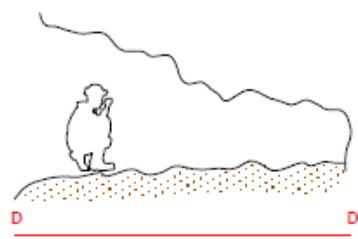
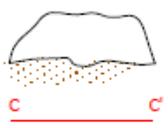
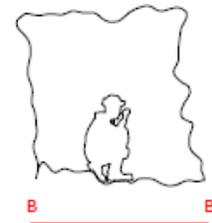
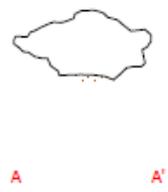
Título: <b>CAVERNA CM-03</b>		Equipe: BRANDT MC CONSULTORIA
Município: GRÃO MOGOL-MG	Topografia: BCRA 4C	Formato: A4 Data: 03/12   Folha: 01/01

0 1 2 3m





- ### LEGENDA
-  Contornos
  -  Linha d'água
  -  Matacões, calhaus e seixos
  -  Sedimentos
  -  Desnível abrupto
  -  Desnível leve
  -  Espeleotemas tipo coralóides
  -  Drenagem intermitente



Coordenadas: 23K 741681E  
 8204958N  
 Elevação: 807m  
 Datum: SAD-69  
 Litologia: Metadiamicrito  
 Data do mapeamento: março/2011  
 Projeção Horizontal: 9,7m  
 Desnível: 0,6m  
 Área: 11,4m<sup>2</sup>  
 Volume aproximado: 15m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
 SUL AMERICANA DE METAIS

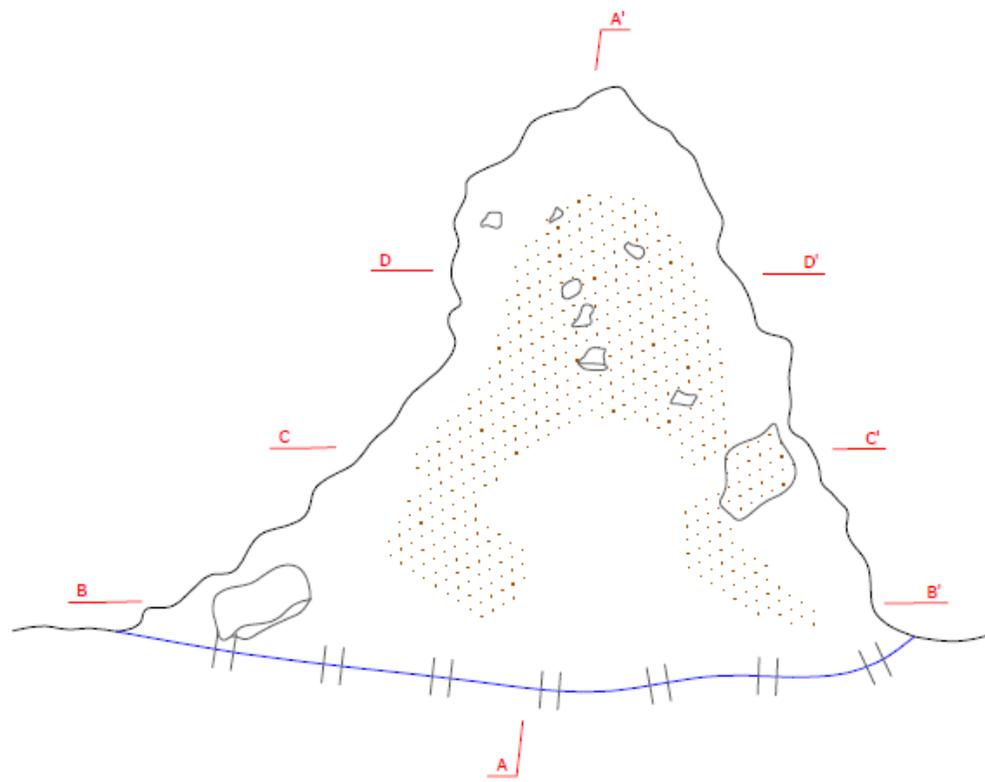
Título: CAVERNA CM-04

Município: GRÃO MOGOL-MG

Equipe: BRANDT  
 MC CONSULTORIA

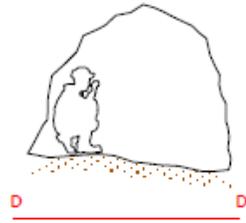
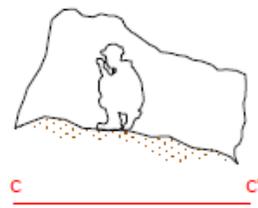
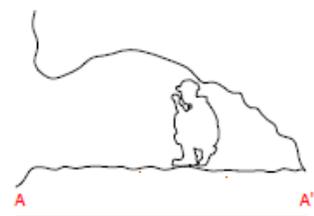
Topografia: BCRA 4C

Formato: A4  
 Data: 03/12 | Folha: 01/01



### LEGENDA

- Contornos
- Linha d'água
- Matacões, calhaus e seixos
- Sedimentos



Coordenadas: 23K 742984E  
8202700N  
Elevação: 809m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: janeiro/2011

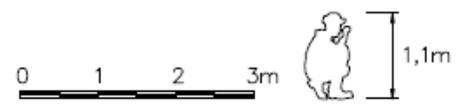
Projeção Horizontal: 5,0m  
Desnível: 2,9m  
Área: 14,9m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 21m<sup>3</sup>

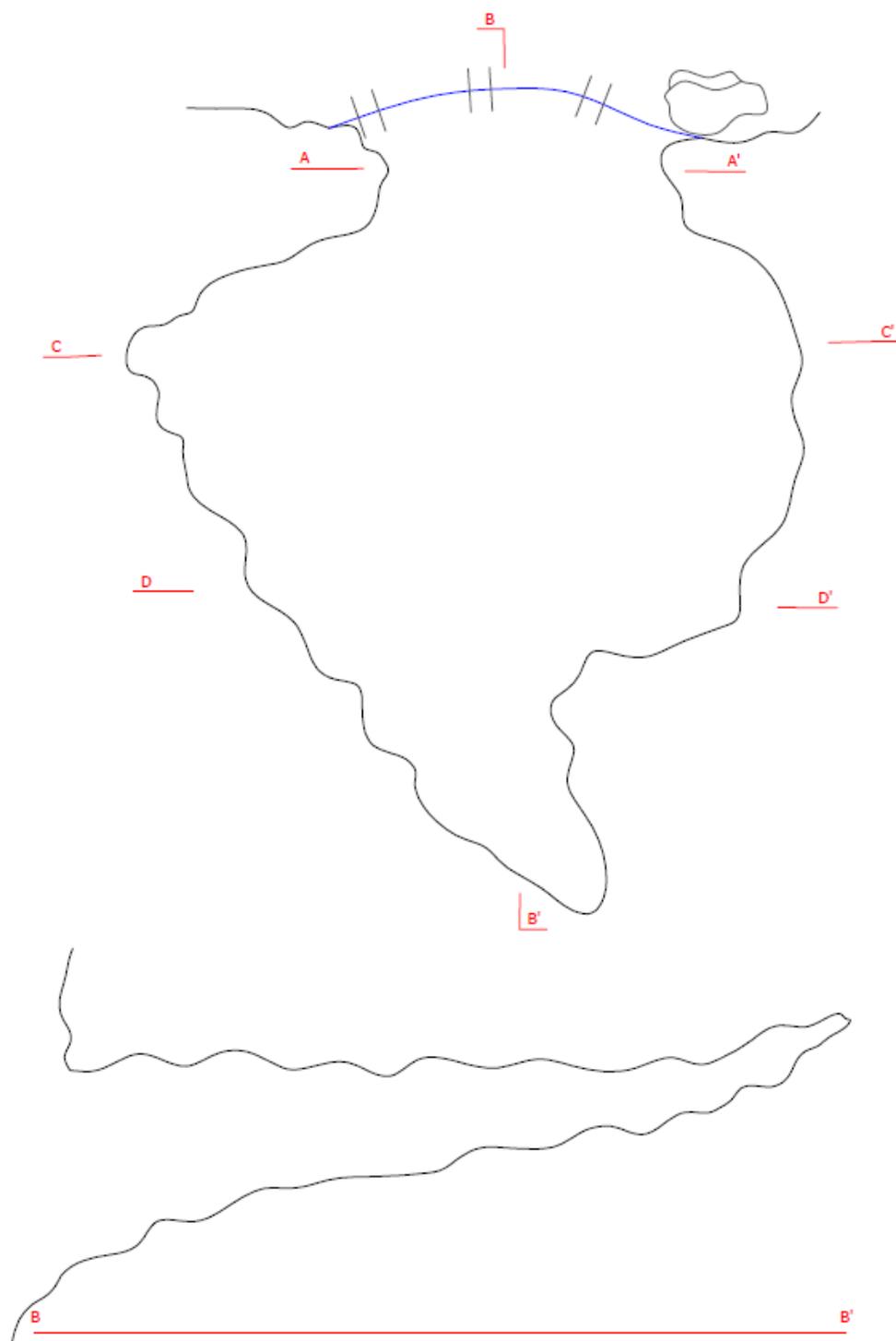


Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título: CAVERNA CM-05  
Equipe: BRANDT  
MC CONSULTORIA

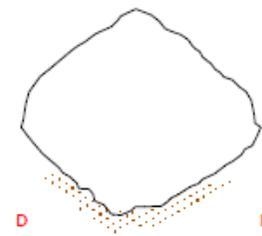
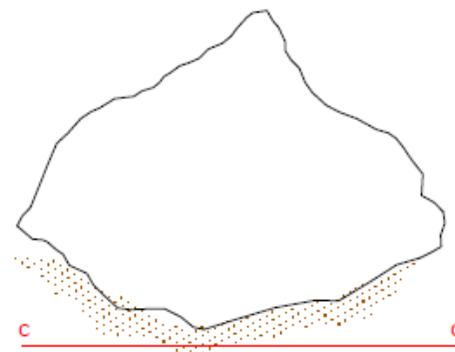
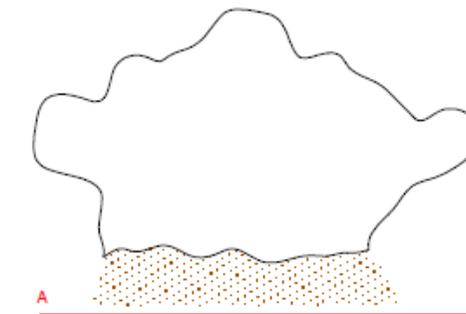
Município: GRÃO MOGOL-MG  
Topografia: BCRA 4C  
Formato: A4  
Data: 03/12 Folha: 01/01





## LEGENDA

-  Contornos
-  Linha d'água
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos



Coordenadas: 23K 744314E  
8201710N

Elevação: 836m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: janeiro/2011

Projeção Horizontal: 12,4m  
Desnível: 0,5m  
Área: 60,9m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 303m<sup>3</sup>

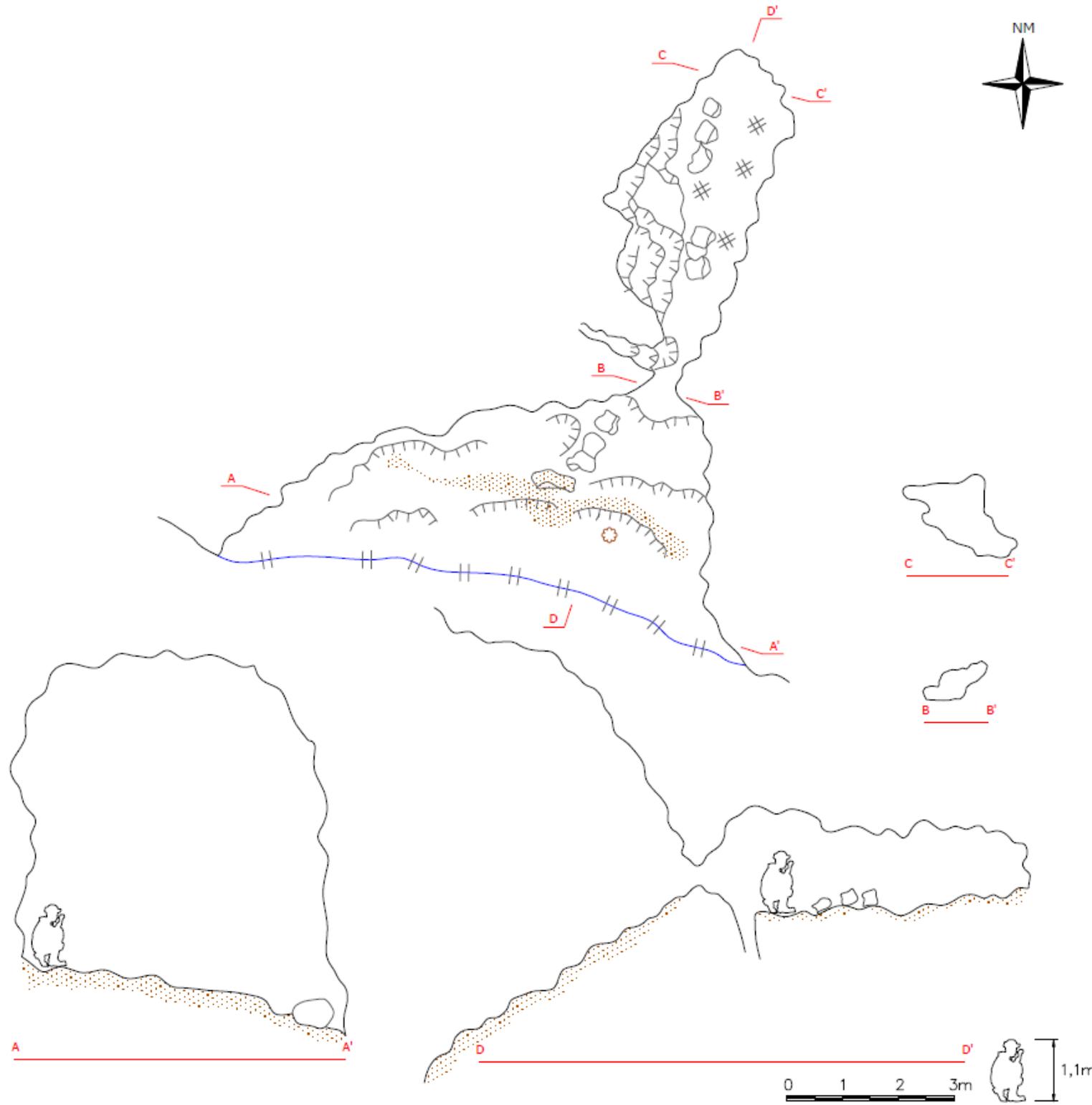


Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título: CAVERNA CM-06  
Equipe: BRANDT  
MC CONSULTORIA

Município: GRÃO MOGOL-MG  
Topografia: BCRA 4C  
Formato: A4  
Data: 03/12 | Folha: 01/01





### LEGENDA

-  Contornos
-  Linha d'água
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos
-  Desnível abrupto
-  Espeleotemas tipo coralóides couve-flor
-  Guano

Coordenadas: 23K 744398E  
8201590N  
Elevação: 845m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: janeiro/2011

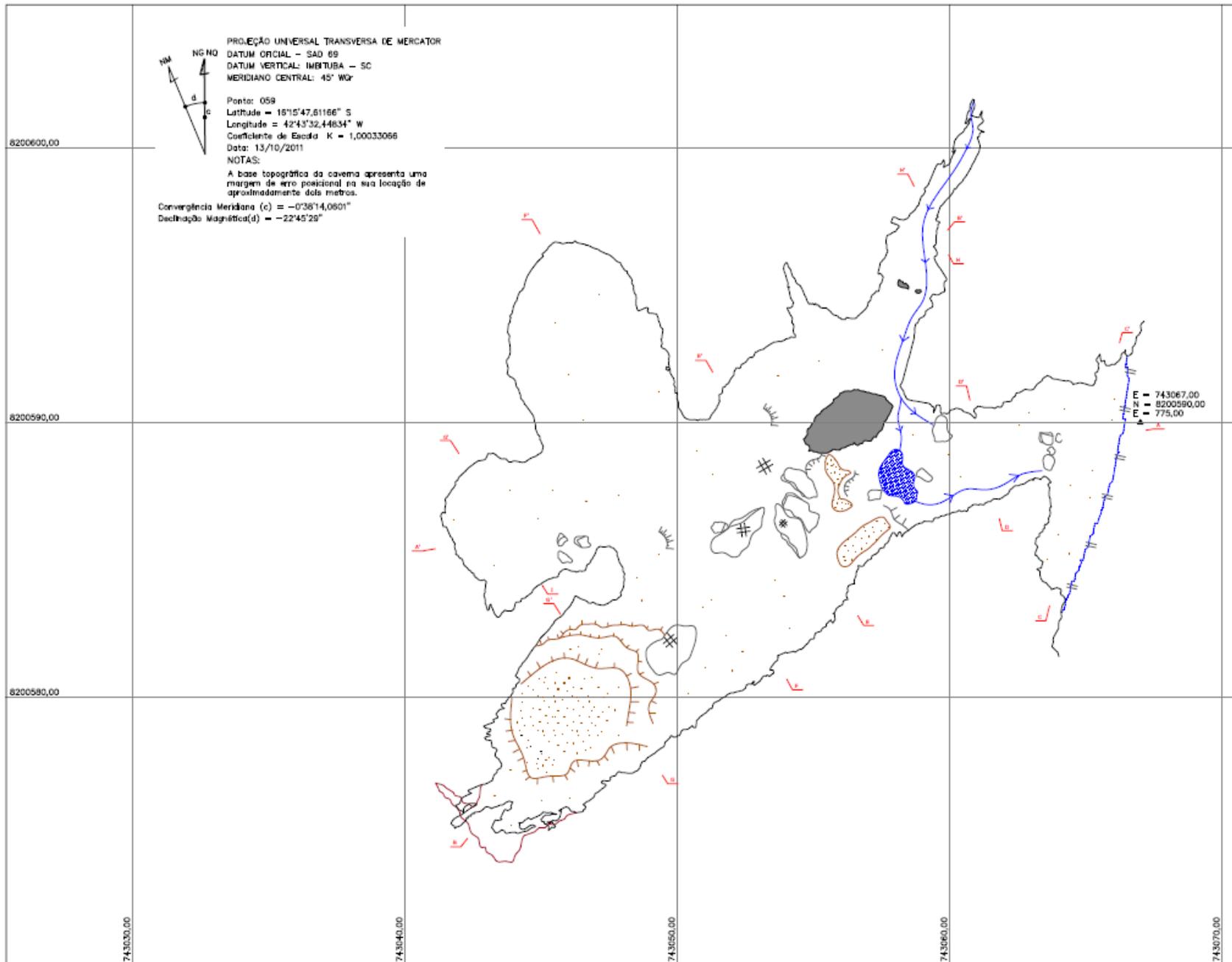
Projeção Horizontal: 12,1m  
Desnível: 2,7m  
Área: 34,0m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 151m<sup>3</sup>

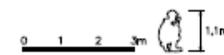
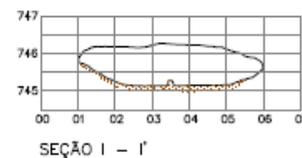
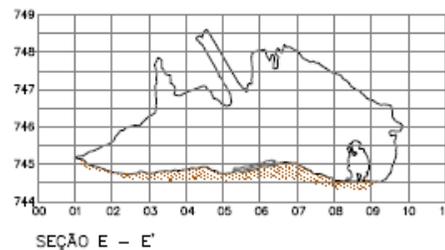
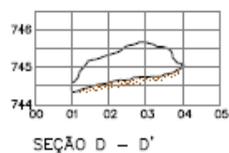
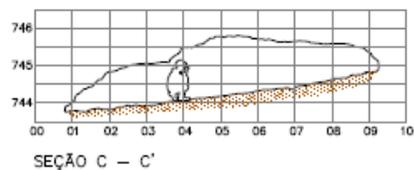
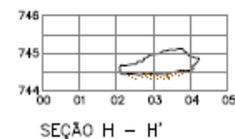
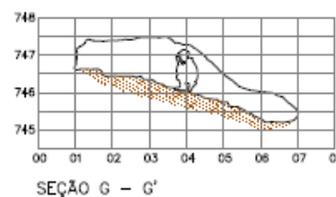
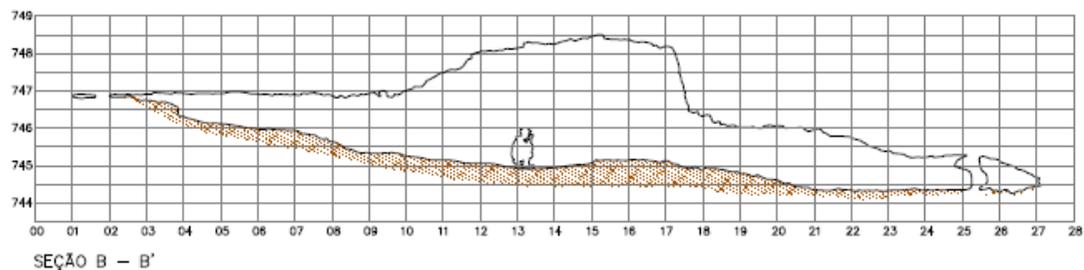
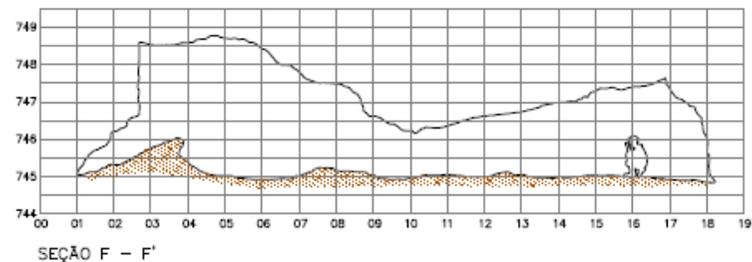
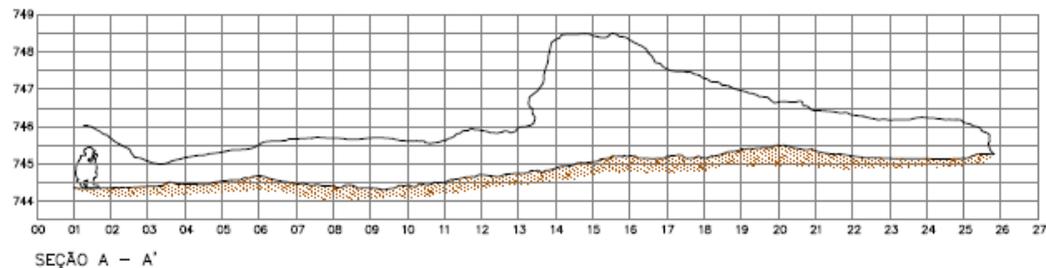


Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título: CAVERNA CM-07  
Equipe: BRANDT  
MC CONSULTORIA

Município: GRÃO MOGOL-MG  
Topografia: BCRA 4C  
Formato: A4  
Data: 03/12 | Folha: 01/01





LEGENDA

- Contorno (levantamento laser)
- Motações, calhaus e seixos
- Sedimentos

Coordenadas: 23K 741066E  
 Elevação: 829m 8204152N  
 Datum: SAD-69  
 UTM: Metadadimétrico

Data do levantamento: outubro/2011  
 Projeção Horizontal: 74,9m  
 Desnivel: 2,4m  
 Área: 200,3m²  
 Volume aproximado: 325m³



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
 SUL AMERICANA DE MINAS

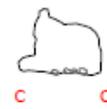
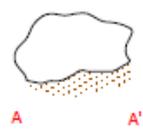
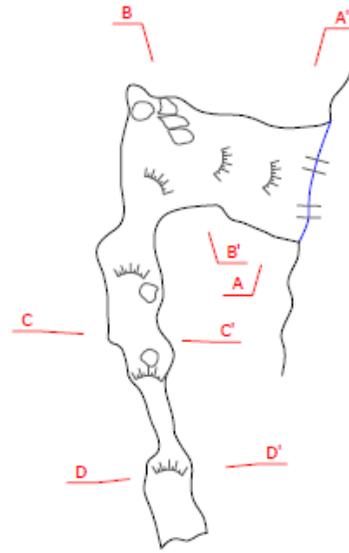
Título: CAVERNA CM-08  
 Empresa: BRANDT TERRAVISION  
 MC CONSULTORIA

Mapa: 000000-00  
 Topografia: 000000-00  
 Formato: A2  
 Data: 09/02/2011



## LEGENDA

- Contornos
- Linha d'agua
- Matacões, calhaus e seixos
- Sedimentos
- Desnível leve



Coordenadas: 23K 742980E  
8203082N

Elevação: 754m

Datum: SAD-69

Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: março/2011

Projeção Horizontal: 7,6m

Desnível: 0,5m

Área: 5,7m<sup>2</sup>

Volume aproximado: 4m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título: CAVERNA CM-09

Equipe: BRANDT  
MC CONSULTORIA

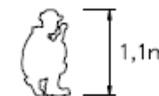
Município: GRÃO MOGOL-MG

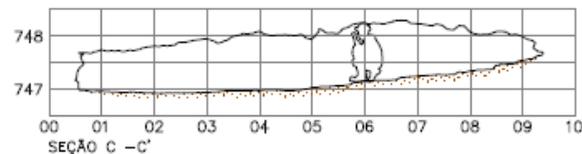
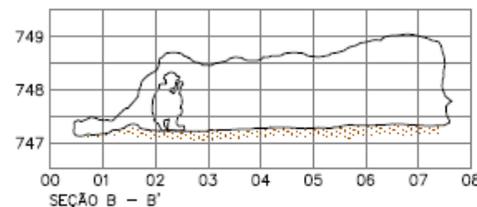
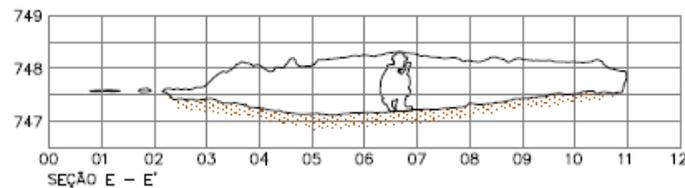
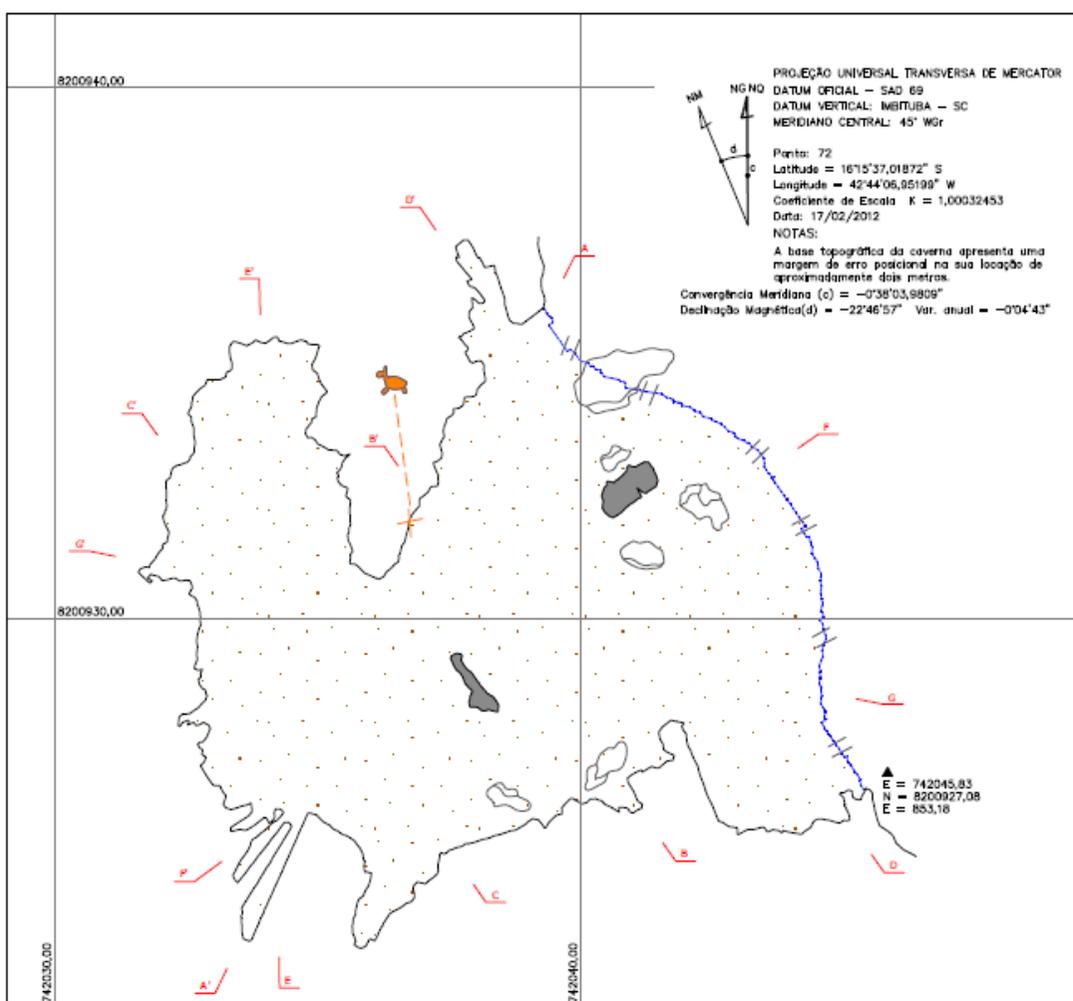
Topografia: BCRA 4C

Formato: A4

Data: 03/12 | Folha: 01/01

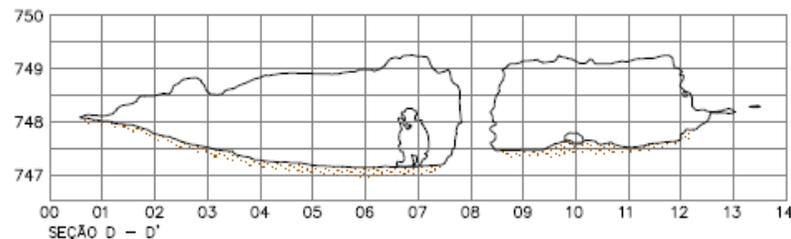
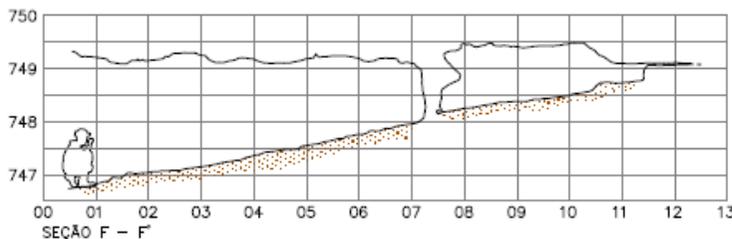
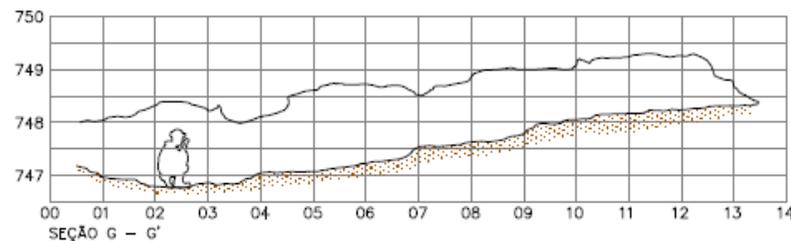
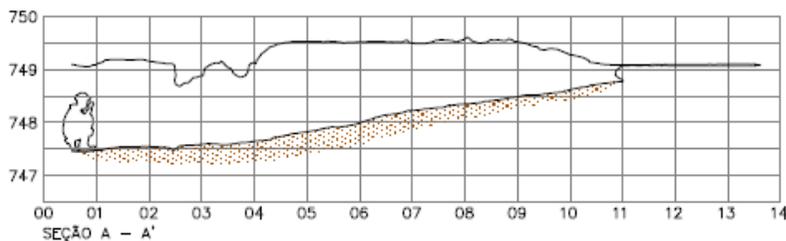
0 1 2 3m





### LEGENDA

- Contornos (levantamento laser)
- Linha d'água
- Matacões, calhaus e seixos
- Sedimentos
- Pilar em rocha
- Pintura rupestre



Coordenadas: 23K 742071E  
8200970N

Elevação: 852m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamictito

Data do mapeamento: fevereiro/2012

Projeção Horizontal: 36,5m  
Desnível: 2,0m  
Área: 94,9m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 106m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAS

Título: CAVERNA CM-10

Equip: BRANDT  
TERRAVISION  
MC CONSULTORIA

Município: GRÃO MOGOL-MG

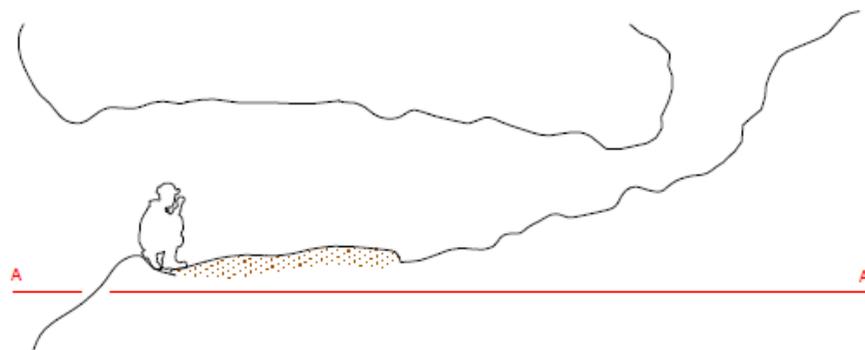
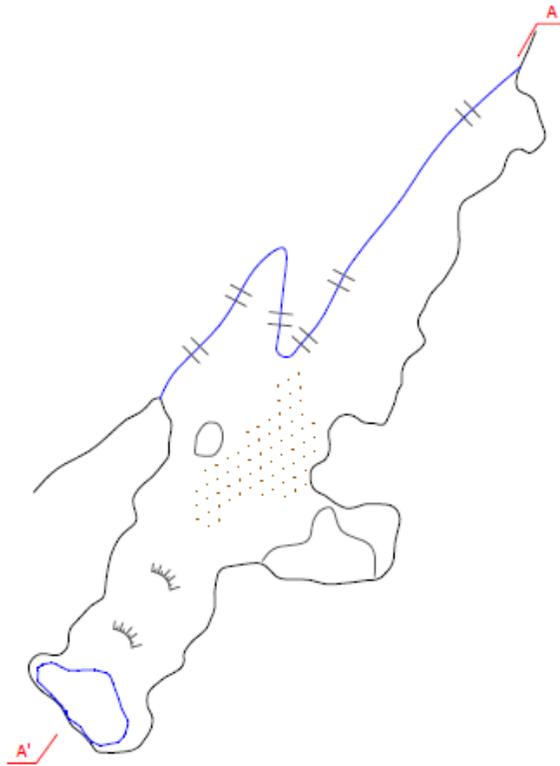
Topografia:  
SCIA-XD LASER  
SCANNER Z4F-5026H

Formato: A3  
Data: 02/12 Folha: 01/01

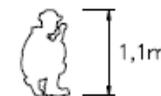


## LEGENDA

-  Contornos
-  Linha d'agua
-  Clarabóia
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos
-  Desnível leve



0 1 2 3m



Coordenadas: 23K 743174E  
8200667N

Elevação: 774m

Datum: SAD-69

Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: março/2011

Projeção Horizontal: 8,3m

Desnível: 1,6m

Área: 15,9m<sup>2</sup>

Volume aproximado: 47m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título: CAVERNA CM-11

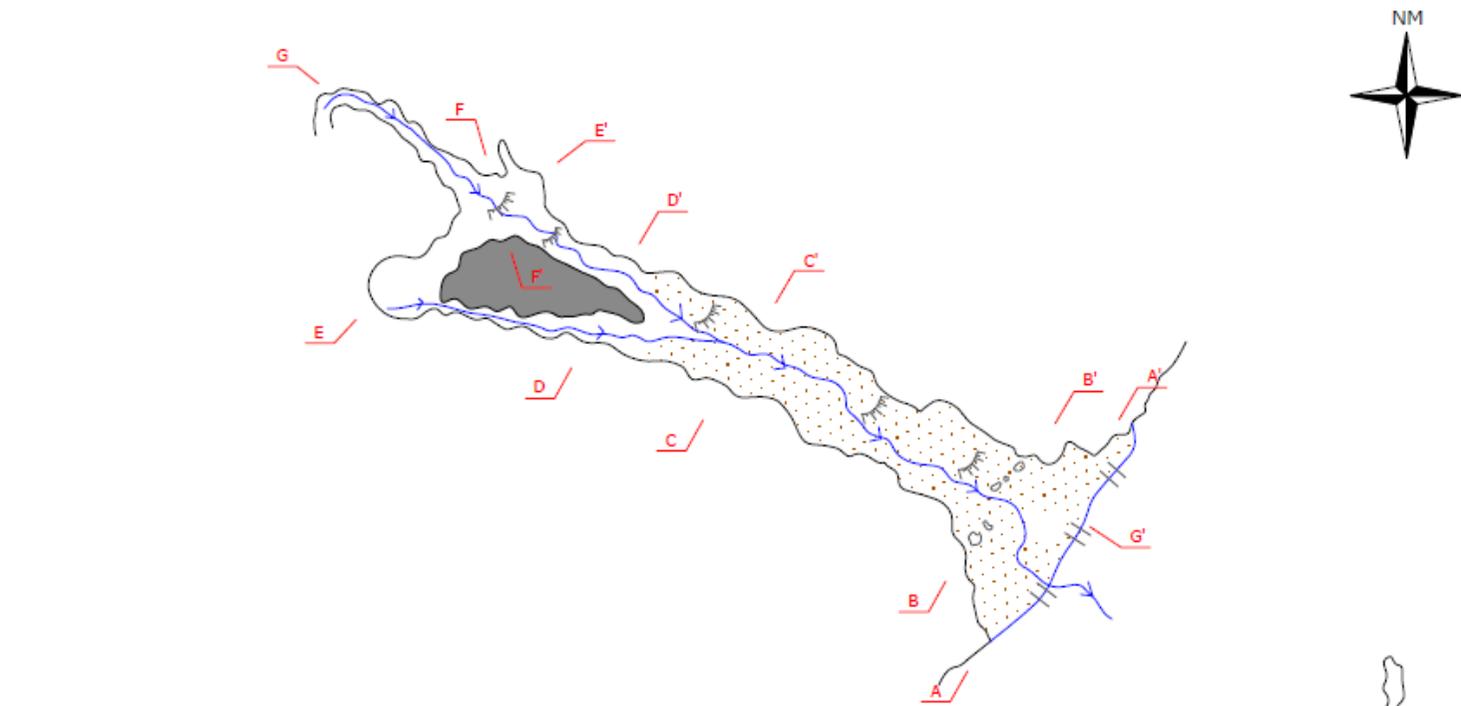
Equipe: BRANDT  
MC CONSULTORIA

Município: GRÃO MOGOL-MG

Topografia: BCRA 4C

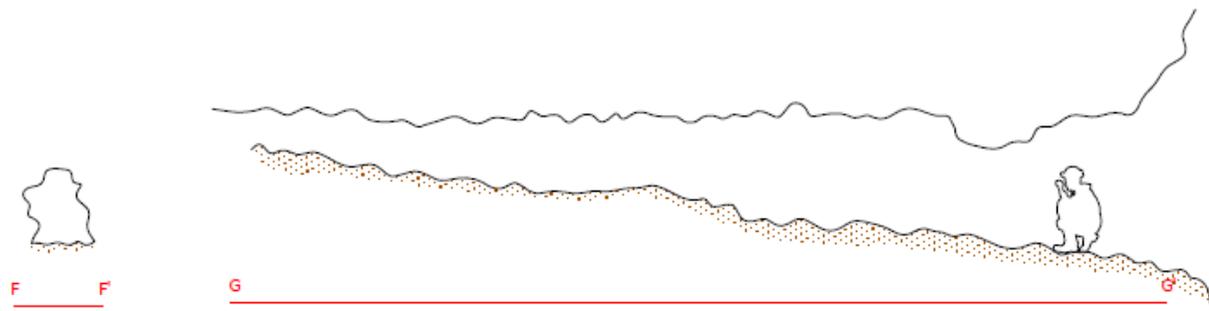
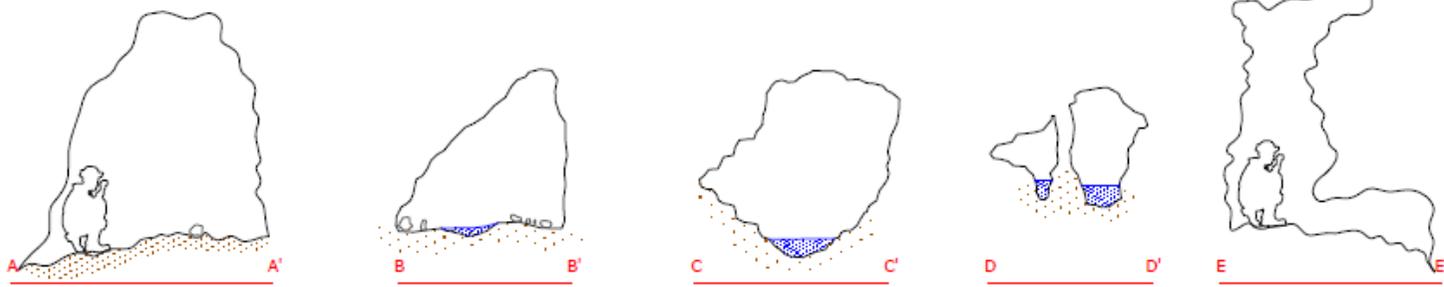
Formato: A4

Data: 03/12 | Folha: 01/01



LEGENDA

- Contornos
- Linha d'água
- Matacões, calhaus e seixos
- Sedimentos
- Desnível leve
- Drenagem intermitente
- Água
- Pilar em rocha



Coordenadas: 23K 743563E  
 8199064N  
 Elevação: 821m  
 Datum: SAD-69  
 Litologia: Metadiamicrito  
  
 Data do mapeamento: janeiro/2011  
  
 Projeção Horizontal: 17,4m  
 Desnível: 1,6m  
 Área: 13,4m<sup>2</sup>  
 Volume aproximado: 26m<sup>3</sup>



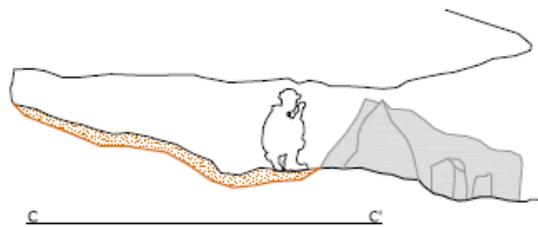
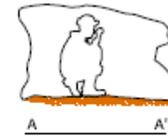
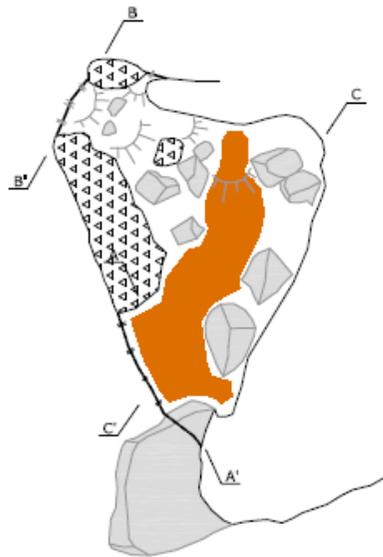
Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
 SUL AMERICANA DE METAIS

Título: <b>CAVERNA CM-12</b>		Equipe: BRANDT MC CONSULTORIA	
Município: GRÃO MOGOL-MG	Topografia: BCRA 4C	Formato: A4 Data: 03/12   Folha: 01/01	



## LEGENDA

-  Contornos
-  Linha d'agua
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos
-  Pilar de rocha
-  Desnível leve
-  Cortes



0 1 2 3m



Coordenadas: 23K 741429E  
8201173N

Elevação: 791m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: setembro/2012

Projeção Horizontal: 5,5m  
Desnível: 1,8m  
Área: 8,6m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 7m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título:	<b>Caverna CM-13</b>	Equipe:	BRANDT
Município:	GRÃO MOGOL-MG	Topografia:	BCRA 4C
		Formato:	A4
		Data:	10/12
		Folha:	01/01

8199940,00

8199930,00

743180,00

743180,00

E = 743185,135  
N = 8199936,109  
E = 772,556

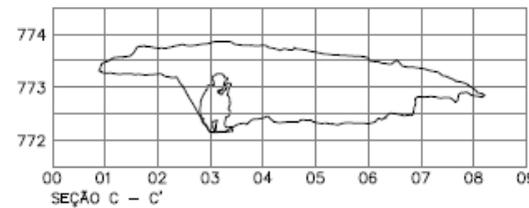
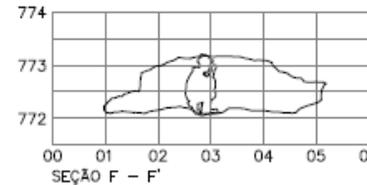
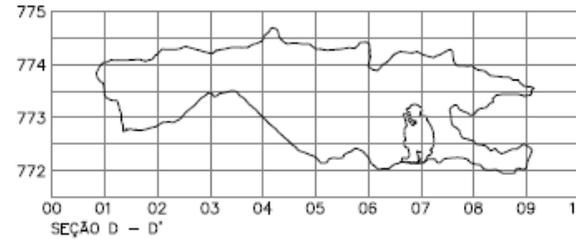
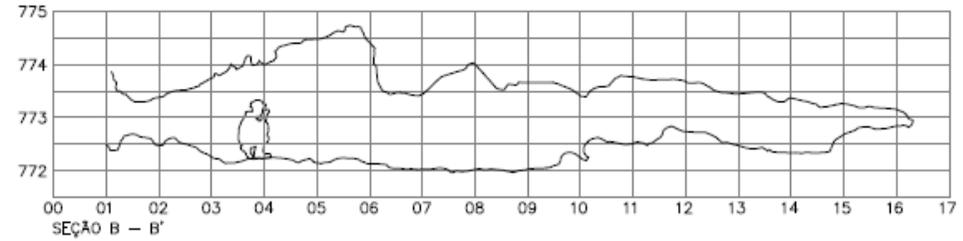
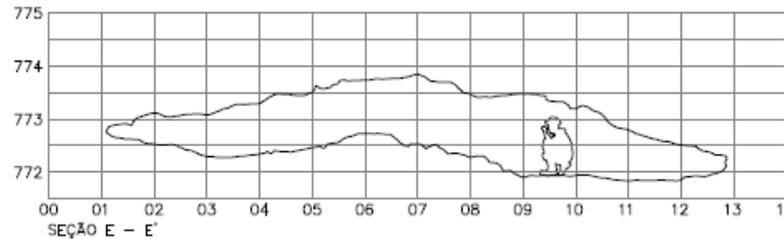
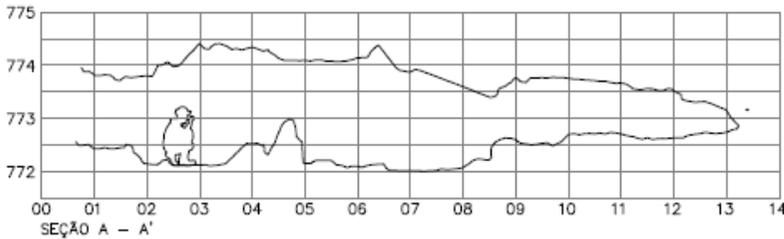
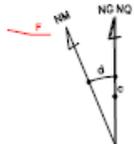
PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
DATUM OFICIAL - SAD 89  
DATUM VERTICAL: IMBUTUSA - SC  
MERIDIANO CENTRAL: 48° Wg

Ponto: 110  
Latitude = 16°16'08,83264" S  
Longitude = 42°43'28,22630" W  
Coeficiente de Escala K = 1,00033137  
Data: 17/10/2011

NOTAS:

A base topográfica da caverna apresenta uma margem de erro posicionada na sua locação de aproximadamente dois metros.

Convergência Meridiana (c) = -0°38'16,0536"  
Declinação Magnética (d) = -22°45'33" Var. anual = -0°04'43"



### LEGENDA

- Contornos (levantamento laser)
- Linha d'água
- Matacões, calhaus e seixos
- Sedimentos
- Desnível abrupto
- Guano

Coordenadas: 23K 743182E  
8199933N

Elevação: 98,3m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamiclito

Data do mapeamento: outubro/2011

Projeção Horizontal: 21,1m  
Desnível: 0,9m  
Área: 81,0m²  
Volume aproximado: 91m³



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

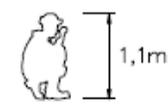
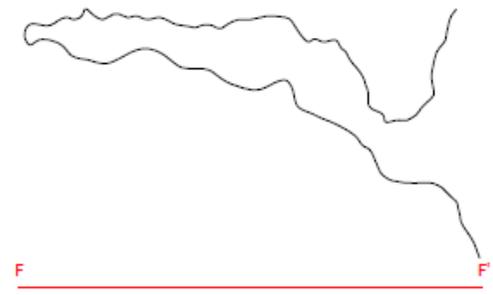
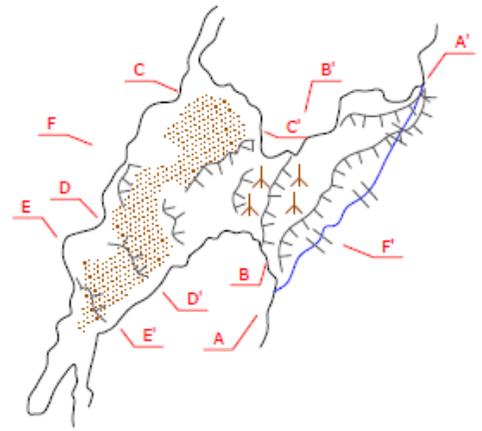
Título: CAVERNA CM-14  
Equipe: BRANDT TERRAMSON MC CONSULTORIA

Município: GRÃO MOGOL-MG  
Topografia: BORA X3 LASER SCANNER Z4F-5006H  
Formato: A3  
Data: 02/12/2011  
Folha: 01/01



### LEGENDA

-  Contornos
-  Linha d'agua
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos
-  Desnível abrupto
-  Espeleotemas tipo coralóides



Coordenadas: 23K 741375E  
8204331N  
Elevação: 837m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito  
Data do mapeamento: janeiro/2011  
Projeção Horizontal: 5m  
Desnível: 2,9m  
Área: 21,6m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 15m<sup>3</sup>

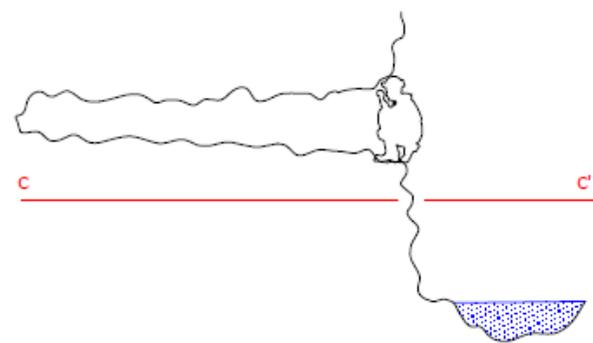
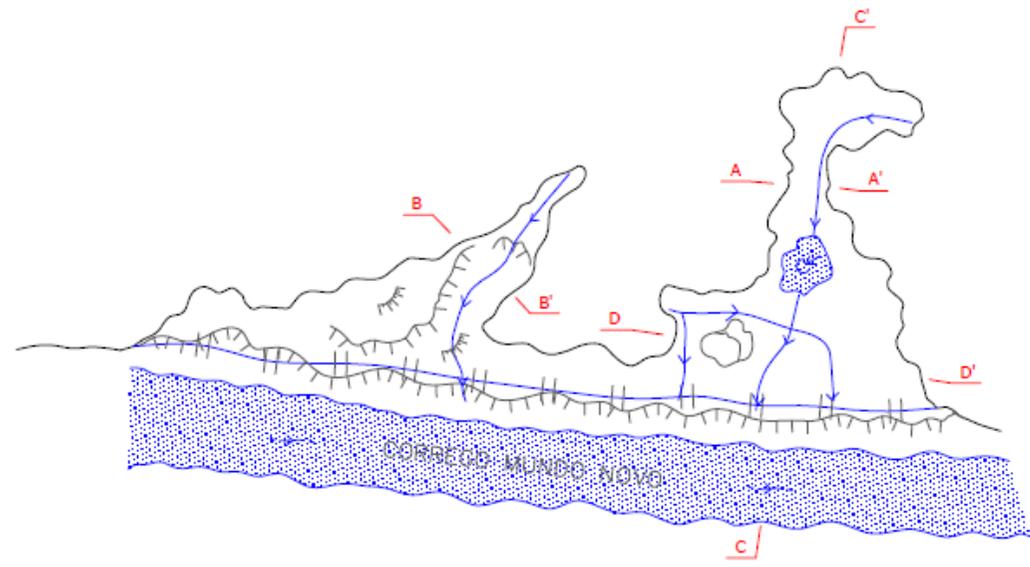


Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO SUL AMERICANA DE METAIS		
Título: <b>CAVERNA CM-15</b>	Equipe: BRANDT MC CONSULTORIA	
Município: GRÃO MOGOL-MG	Topografia: BCRA 4C	Formato: A4 Data: 03/12   Folha: 01/01



### LEGENDA

-  Contornos
-  Linha d'água
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos
-  Desnível abrupto
-  Desnível leve
-  Espeleotemas tipo coralóides
-  Drenagem intermitente
-  Sumidouro
-  Água

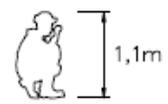


Coordenadas: 23K 741273E  
 8204220N  
 Elevação: 779m  
 Datum: SAD-69  
 Litologia: Metadiamicrito  
 Data do mapeamento: março/2011  
 Projeção Horizontal: 9,4m  
 Desnível: 0,3m  
 Área: 14,8m<sup>2</sup>  
 Volume aproximado: 12m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
 SUL AMERICANA DE METAIS

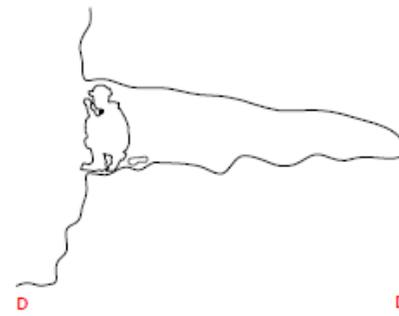
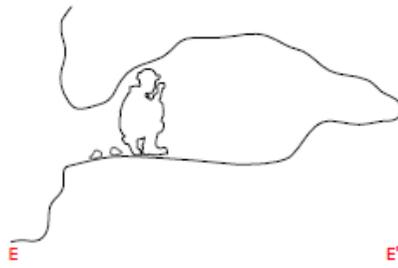
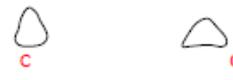
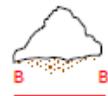
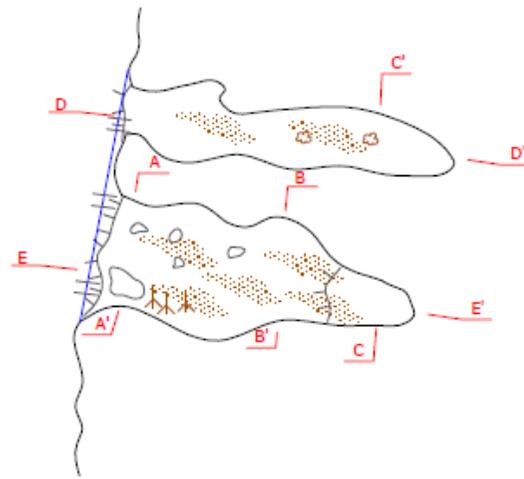
Título: <b>CAVERNA CM-16</b>		Equipe: BRANDT MC CONSULTORIA
Município: GRÃO MOGOL-MG	Topografia: BCRA 4C	Formato: A4
		Data: 03/12   Folha: 01/01





## LEGENDA

-  Contornos
-  Linha d'agua
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos
-  Desnível abrupto
-  Espeleotemas tipo coralóides
-  Espeleotemas tipo coralóides couve-flor



0 1 2 3m



Coordenadas: 23K 741315E  
8204207N

Elevação: 807m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: março/2011

Projeção Horizontal: 7,4m  
Desnível: 1,8m  
Área: 7,9m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 6m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título: CAVERNA CM-17

Equipe: BRANDT  
MC CONSULTORIA

Município: GRÃO MOGOL-MG

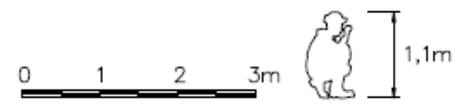
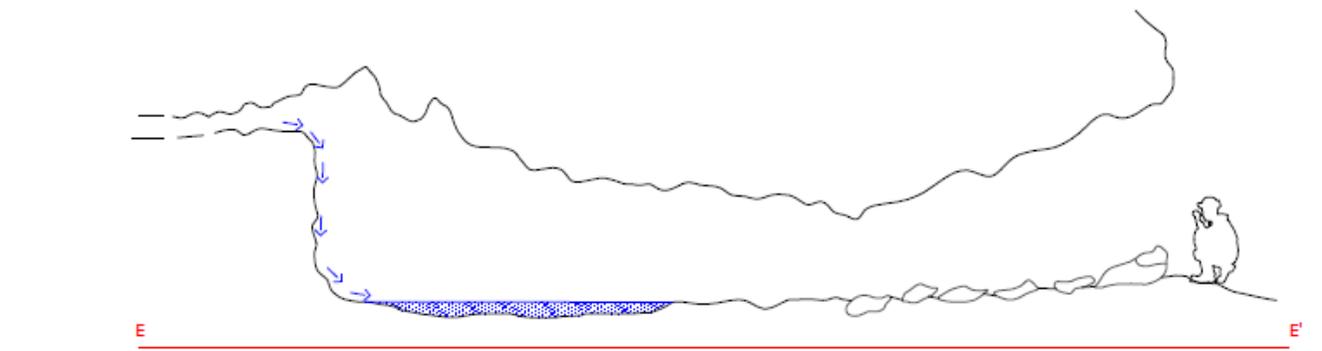
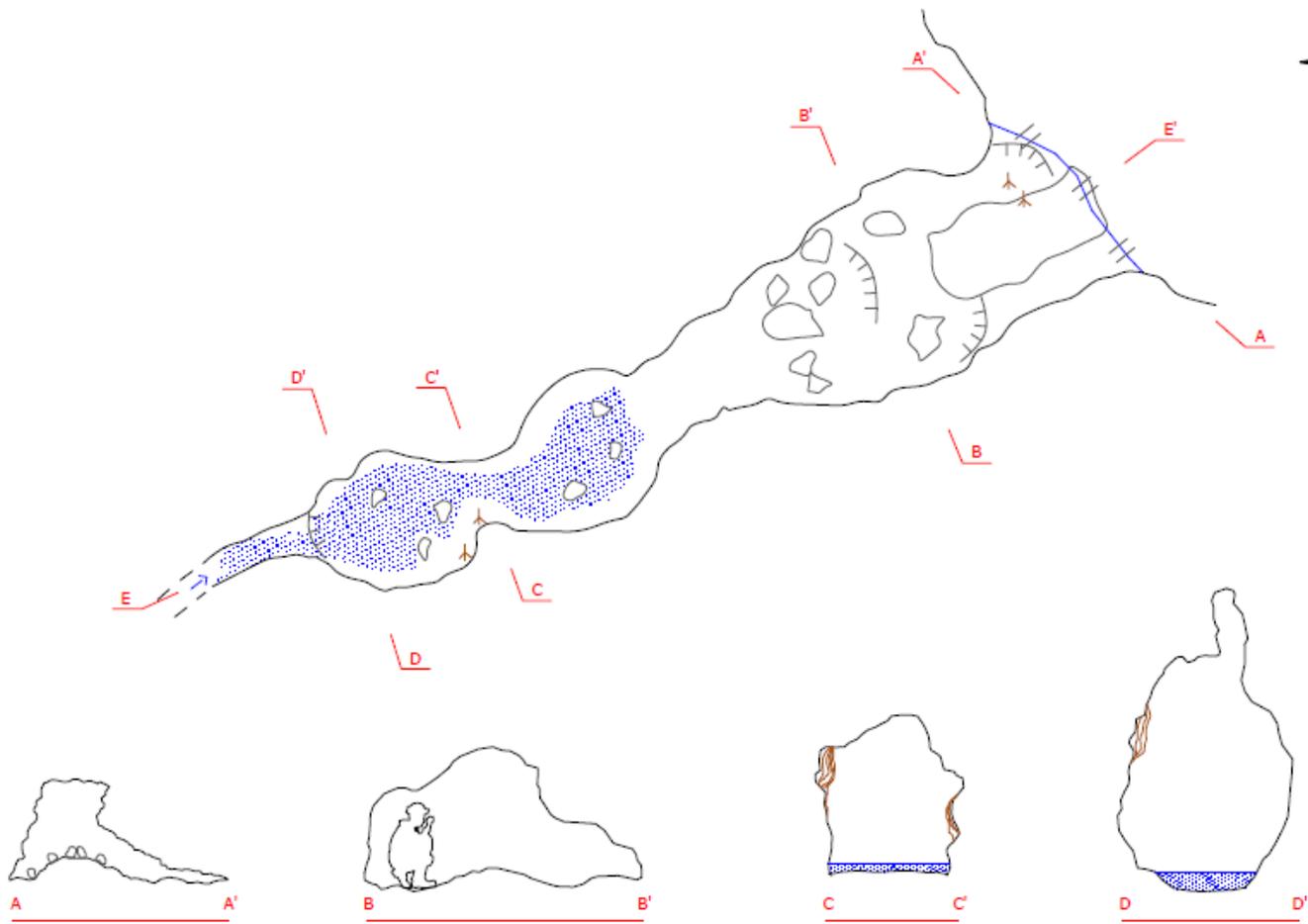
Topografia: BCRA 4C

Formato: A4  
Data: 03/12 | Folha: 01/01



### LEGENDA

-  Contornos
-  Contornos inferidos
-  Linha d'agua
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos
-  Desnível abrupto
-  Espeleotemas tipo coralóides
-  Espeleotemas tipo escorrimentos cortinas
-  Água



Coordenadas: 23K 741653E  
8204344N  
Elevação: 737m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito  
Data do mapeamento: março/2011  
Projeção Horizontal: 12,0m  
Desnível: 2,1m  
Área: 19,8m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 31m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

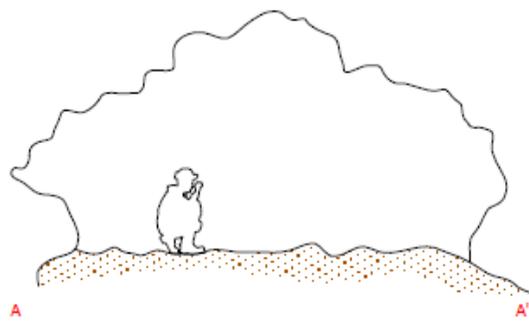
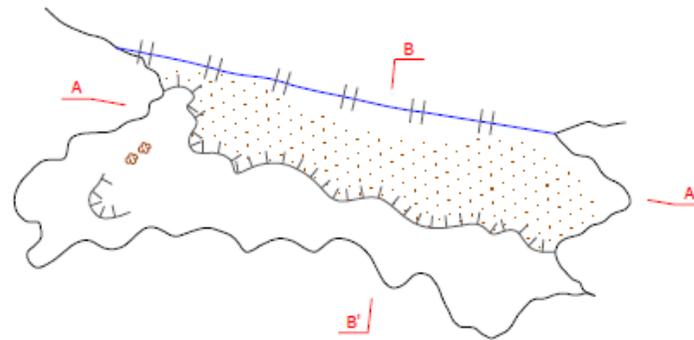
Título: CAVERNA CM-18  
Equipe: BRANDT  
MC CONSULTORIA

Município: GRÃO MOGOL-MG  
Topografia: BCRA 4C  
Formato: A4  
Data: 03/12 Folha: 01/01



## LEGENDA

-  Contornos
-  Linha d'água
-  Sedimentos
-  Desnível abrupto
-  Espeleotemas tipo coralóides couve-flor



Coordenadas: 23K 741753E  
8204339N

Elevação: 770m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: março/2011

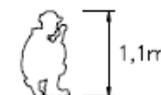
Projeção Horizontal: 7,6m  
Desnível: 0,3m  
Área: 14,6m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 38m<sup>3</sup>

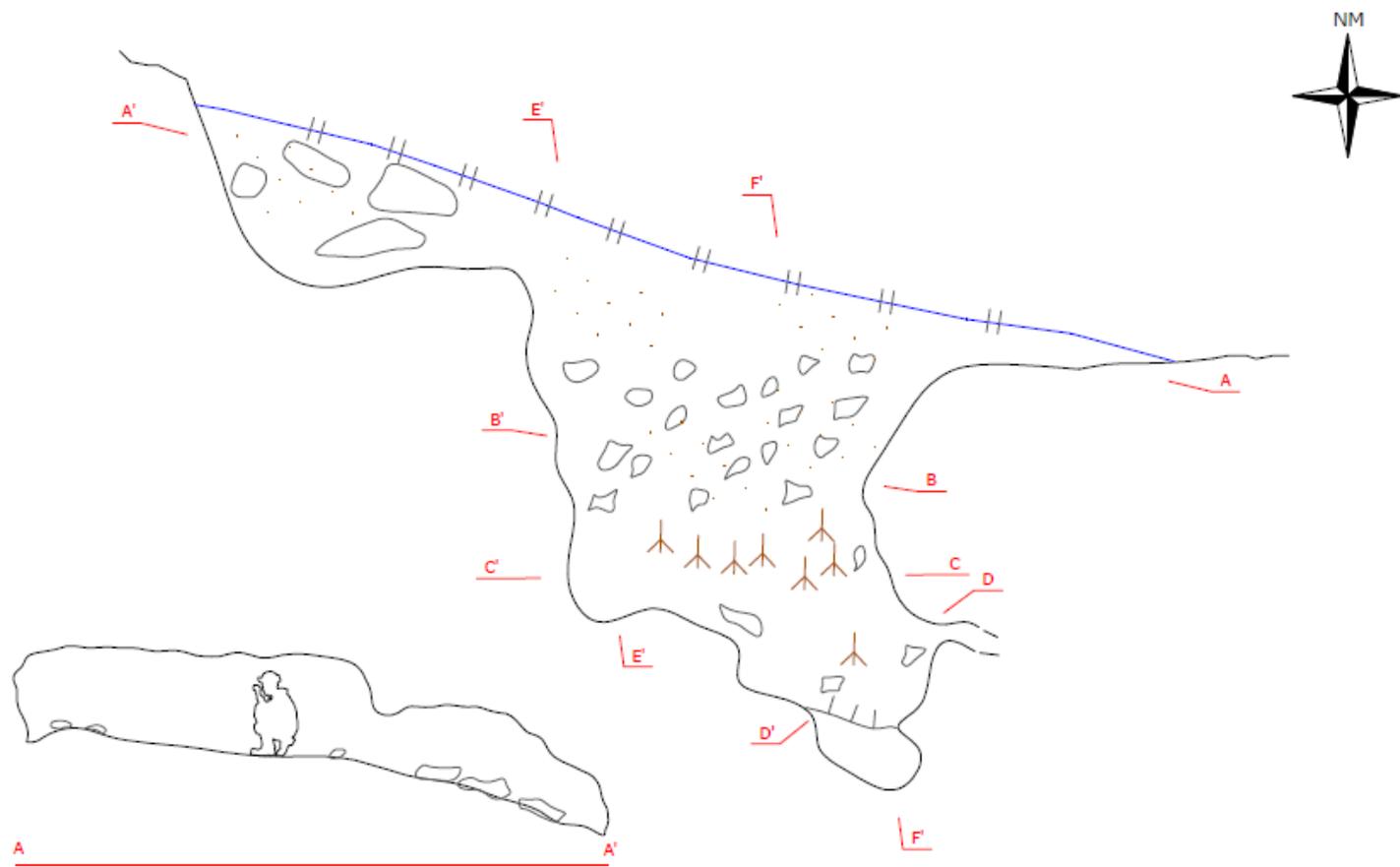


Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título: CAVERNA CM-19		Equipe: BRANDT MC CONSULTORIA	
Município: GRÃO MOGOL-MG	Topografia: BCRA 4C	Formato: A4	Data: 03/12   Folha: 01/01

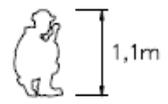
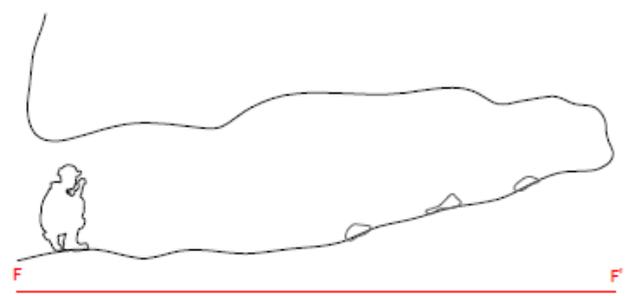
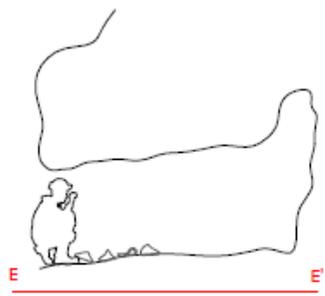
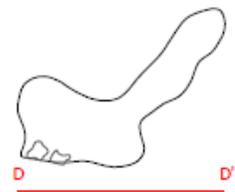
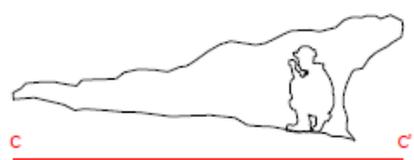
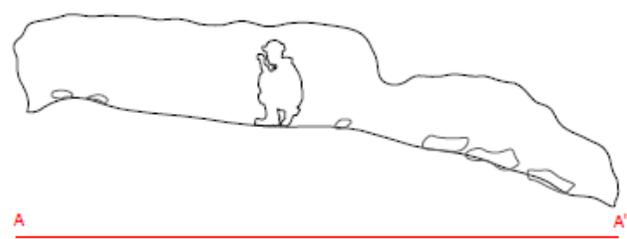
0 1 2 3m





### LEGENDA

-  Contornos
-  Linha d'água
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos
-  Desnível abrupto
-  Espeleotemas tipo coralóides



Coordenadas: 23K 741330E  
8204237N

Elevação: 804m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

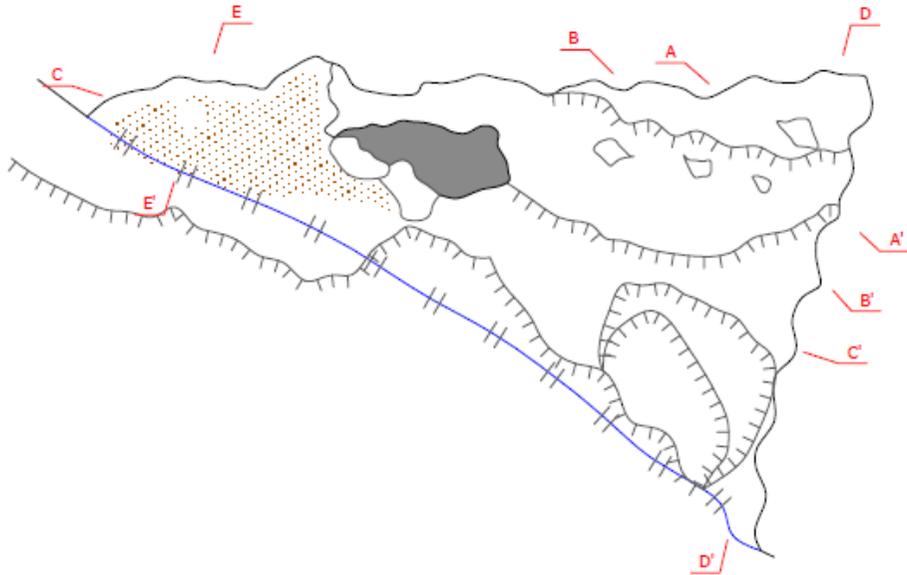
Data do mapeamento: março/2011

Projeção Horizontal: 5,2m  
Desnível: 1,1m  
Área: 13,4m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 110m<sup>3</sup>

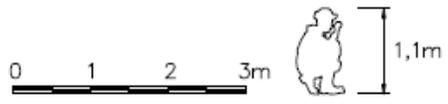
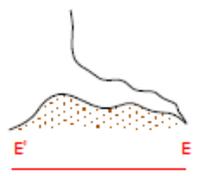
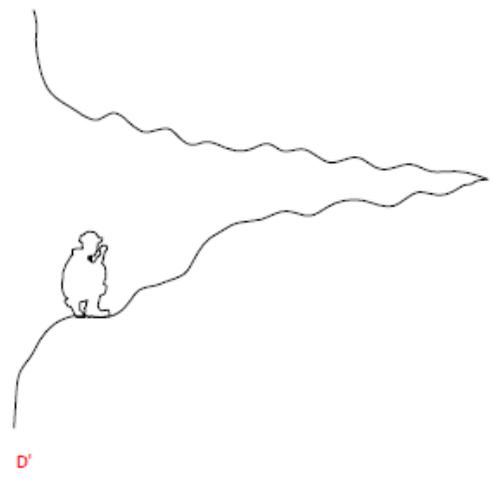
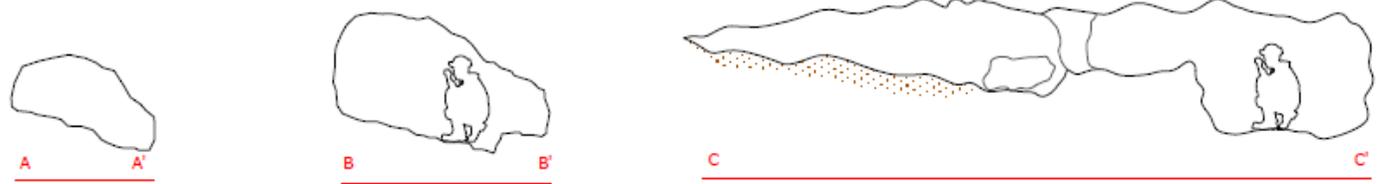


Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título: CAVERNA CM-20		Equipe: BRANDT MC CONSULTORIA	
Município: GRÃO MOGOL-MG	Topografia: BCRA 4C	Formato: A4	Data: 01/12   Folha: 01/01



- LEGENDA**
- Contornos
  - Linha d'água
  - Matacões, calhaus e seixos
  - Sedimentos
  - Desnível abrupto
  - Pilar em rocha



Coordenadas: 23K 743353E  
8201783N

Elevação: 809m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

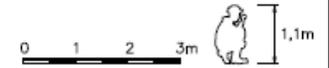
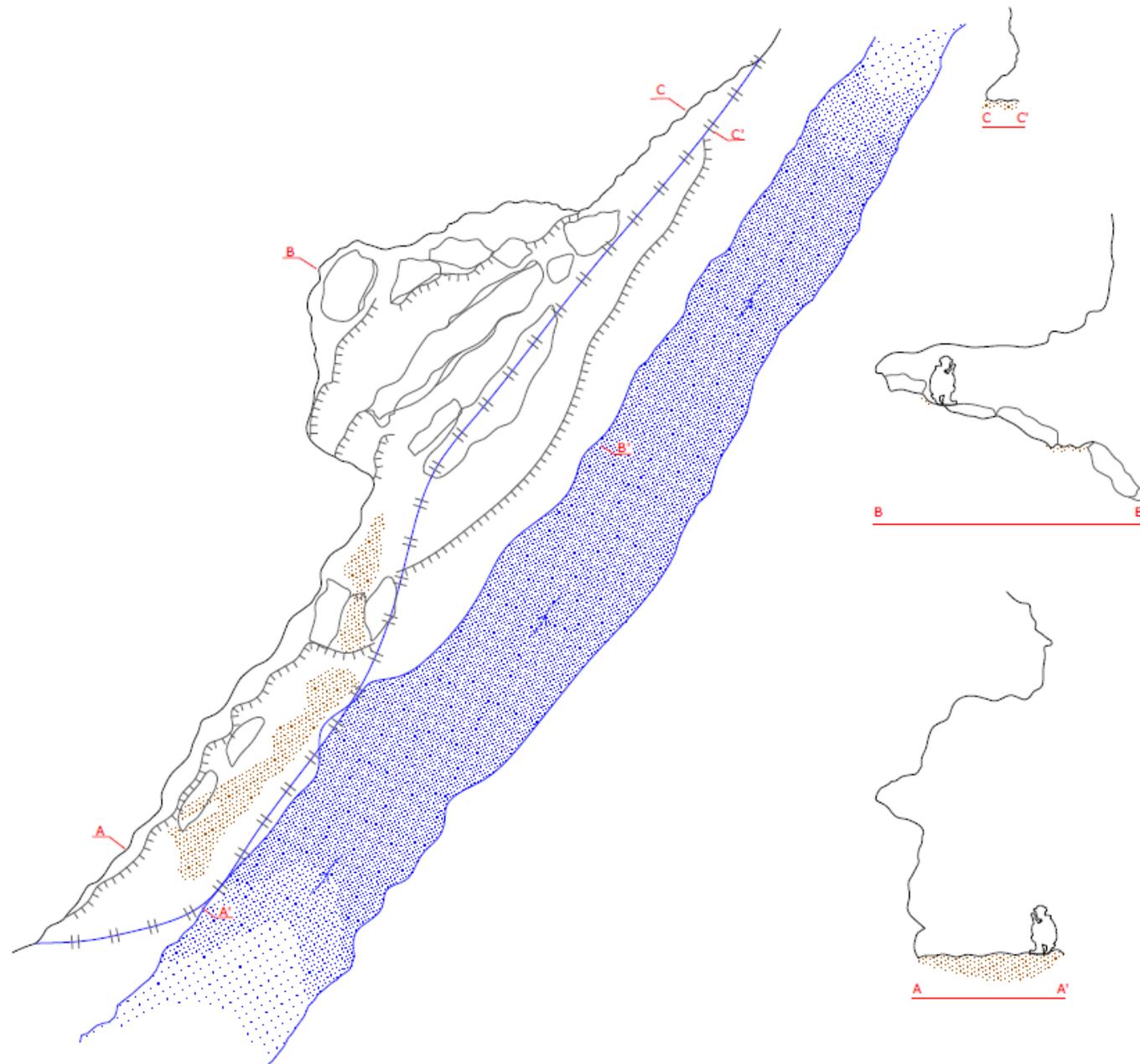
Data do mapeamento: janeiro/2011

Projeção Horizontal: 5m  
Desnível: 2,9m  
Área: 14,9m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 22m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título: <b>CAVERNA CM-21</b>		Equipe: BRANDT MC CONSULTORIA
Município: GRÃO MOGOL-MG	Topografia: BCRA 4C	Formato: A4 Data: 03/12   Folha: 01/01



### LEGENDA

-  Contornos
-  Linha d'água
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos
-  Desnível abrupto
-  Drenagem intermitente
-  Água

Coordenadas: 23K 743310E  
8201634N  
Elevação: 837m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamictito

Data do mapeamento: janeiro/2011

Projeção Horizontal: 5m  
Desnível: 3m  
Área: 14,94m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 22m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAS

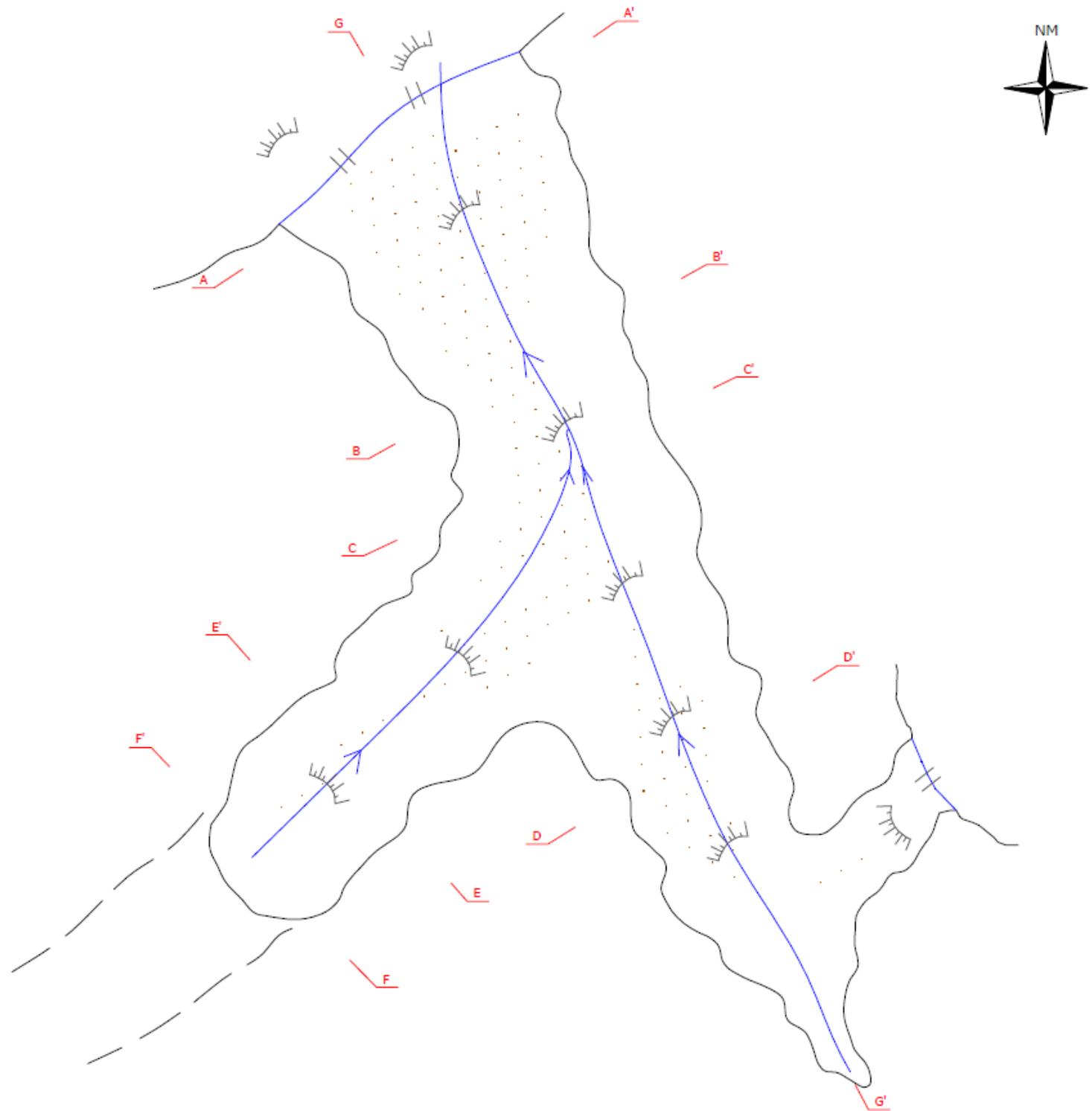
Título: CAVERNA CM-22

Equipe: BRANDT  
MC CONSULTORIA

Município: GRÃO MOGOL-MG

Topografia: BCRA 4C

Formato: A3  
Data: 03/12 Folha: 01/01



### LEGENDA

-  Contornos
-  Contornos inferidos
-  Linha d'agua
-  Sedimentos
-  Desnível leve
-  Drenagem intermitente

Coordenadas: 23K 742960E  
8202952N

Elevação: 810m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: janeiro/2011

Projeção Horizontal: 12,6m  
Desnível: 1,2m  
Área: 11,4m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 4m<sup>3</sup>

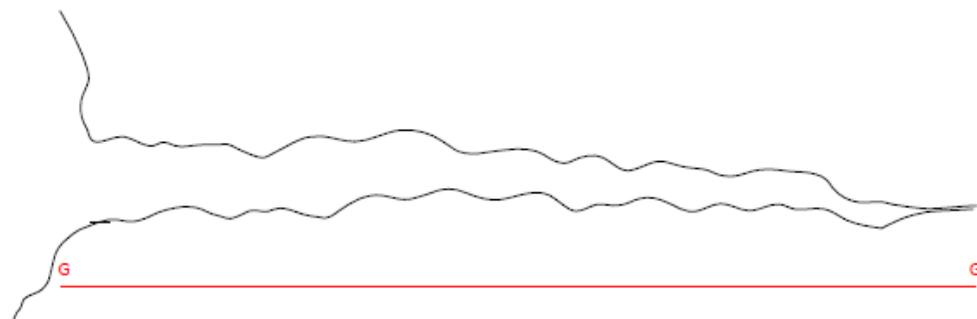
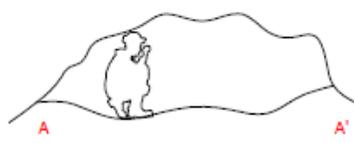


Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título: CAVERNA CM-23  
Equipe: BRANDT  
MC CONSULTORIA

Município: GRÃO MOGOL-MG  
Topografia: BCRA 4C  
Formato: A4  
Data: 03/12 | Folha: 01/02





## LEGENDA



Contornos



Sedimentos

Coordenadas: 23K 742960E  
8202952N

Elevação: 810m

Datum: SAD-69

Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: janeiro/2011

Projeção Horizontal: 12,6m

Desnível: 1,2m

Área: 11,4m<sup>2</sup>

Volume aproximado: 4m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título: CAVERNA CM-23

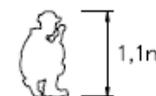
Equipe: BRANDT  
MC CONSULTORIA

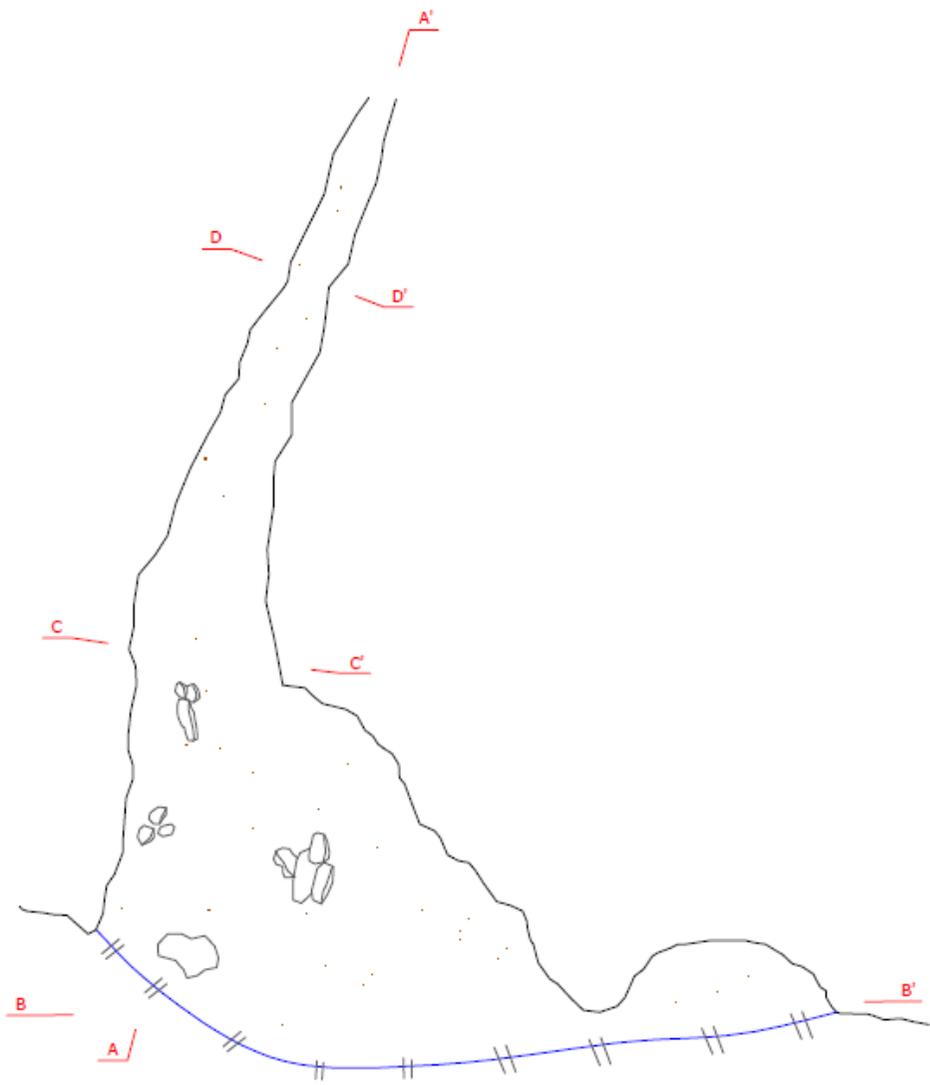
Município: GRÃO MOGOL-MG

Topografia: BCRA 4C

Formato: A4  
Data: 03/12 | Folha: 02/02

0 1 2 3m





### LEGENDA

-  Contornos
-  Linha d'água
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos

Coordenadas: 23K 741613E  
8201225N  
Elevação: 809m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: janeiro/2011

Projeção Horizontal: 5m  
Desnível: 2,9m  
Área: 15m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 27m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

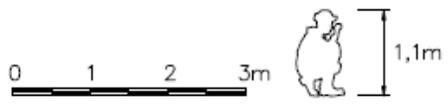
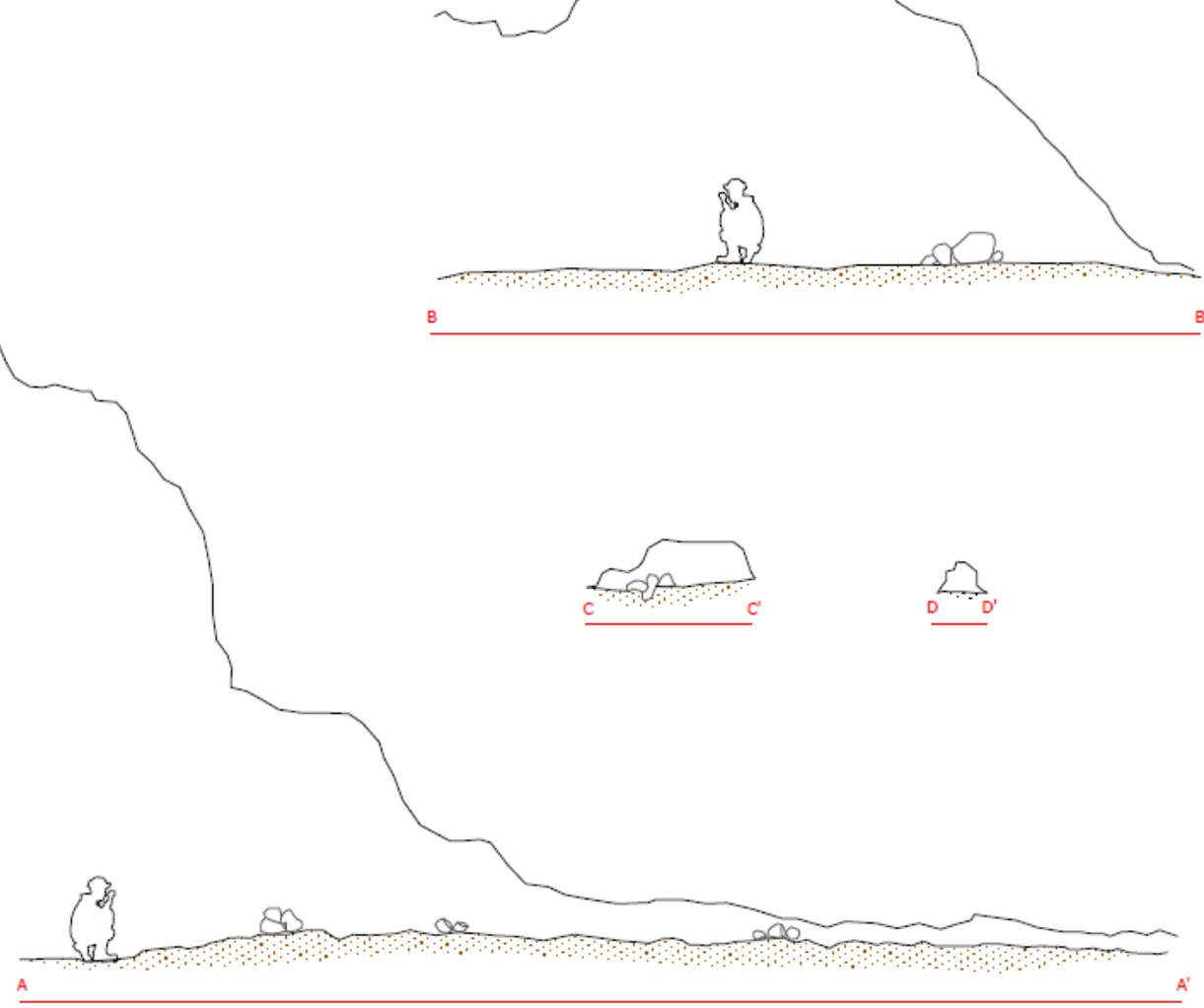
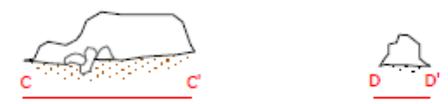
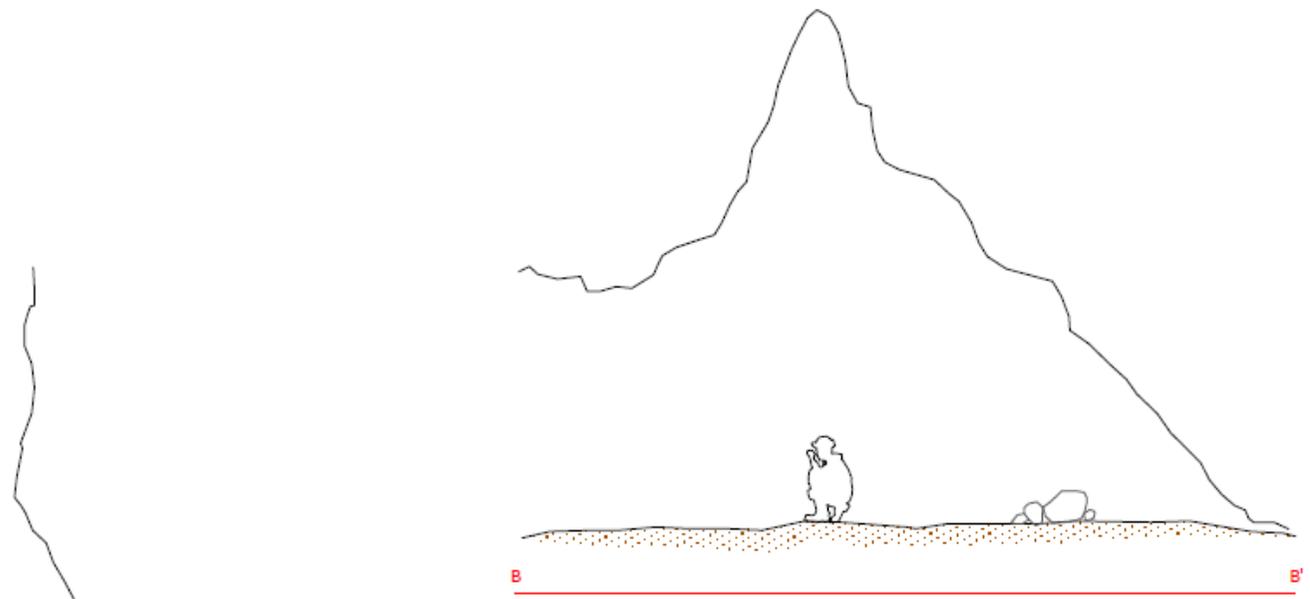
Título: CAVERNA CM-24		Equipe: BRANDT MC CONSULTORIA
Município: GRÃO MOGOL-MG	Topografia: BCRA 4C	Formato: A4 Data: 03/12   Folha: 01/02





### LEGENDA

-  Contornos
-  Linha d'agua
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos

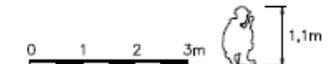
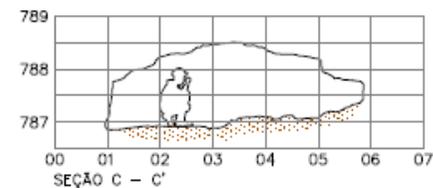
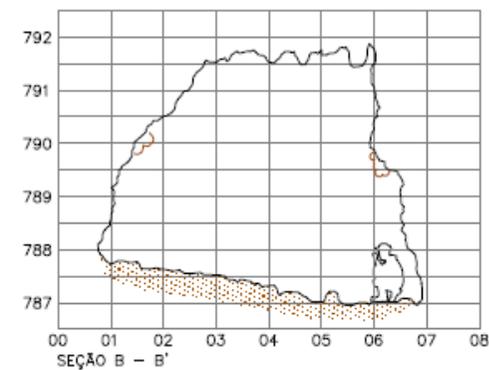
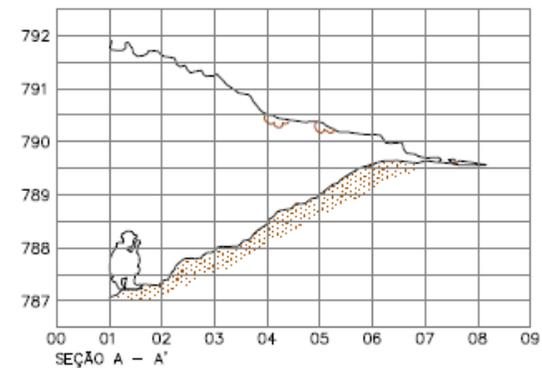
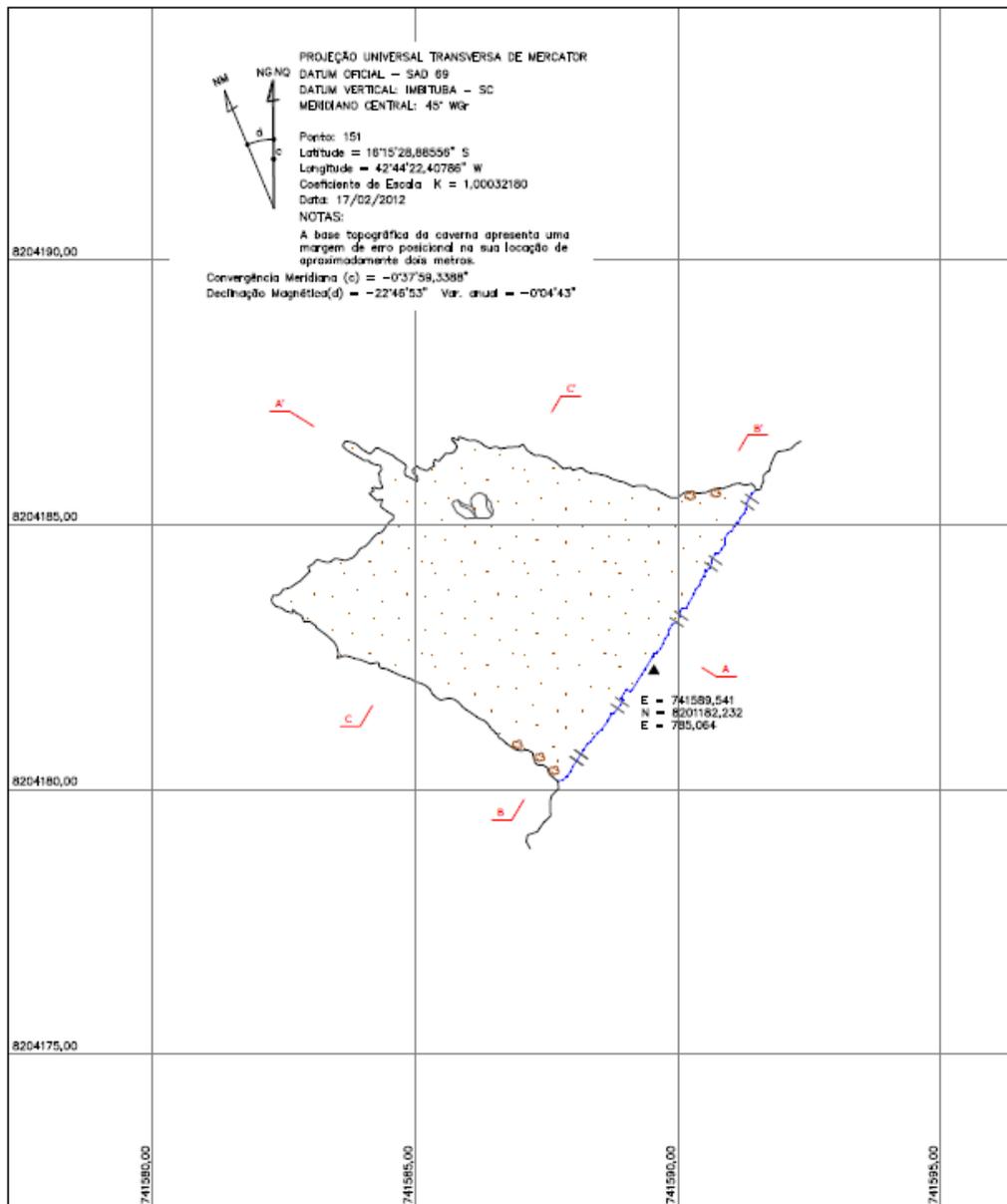


Coordenadas: 23K 741613E  
 8201225N  
 Elevação: 809m  
 Datum: SAD-69  
 Litologia: Metadiamicrito  
  
 Data do mapeamento: janeiro/2011  
  
 Projeção Horizontal: 5m  
 Desnível: 2,9m  
 Área: 15m<sup>2</sup>  
 Volume aproximado: 27m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
 SUL AMERICANA DE METAIS

Título: <b>CAVERNA CM-24</b>		Equipe: BRANDT MC CONSULTORIA
Município: GRÃO MOGOL-MG	Topografia: BCRA 4C	Formato: A4 Data: 03/12   Folha: 02/02



### LEGENDA

- Contornos (levantamento laser)
- Linha d'água
- Matões, calhaus e seixos
- Sedimentos
- Espeleotemas tipo coralóides couve-flor

Coordenadas: 23K 741590E  
 8201187N

Elevação: 808m  
 Datum: SAD-69  
 Litologia: Metadiamiclito

Data do mapeamento: fevereiro/2012

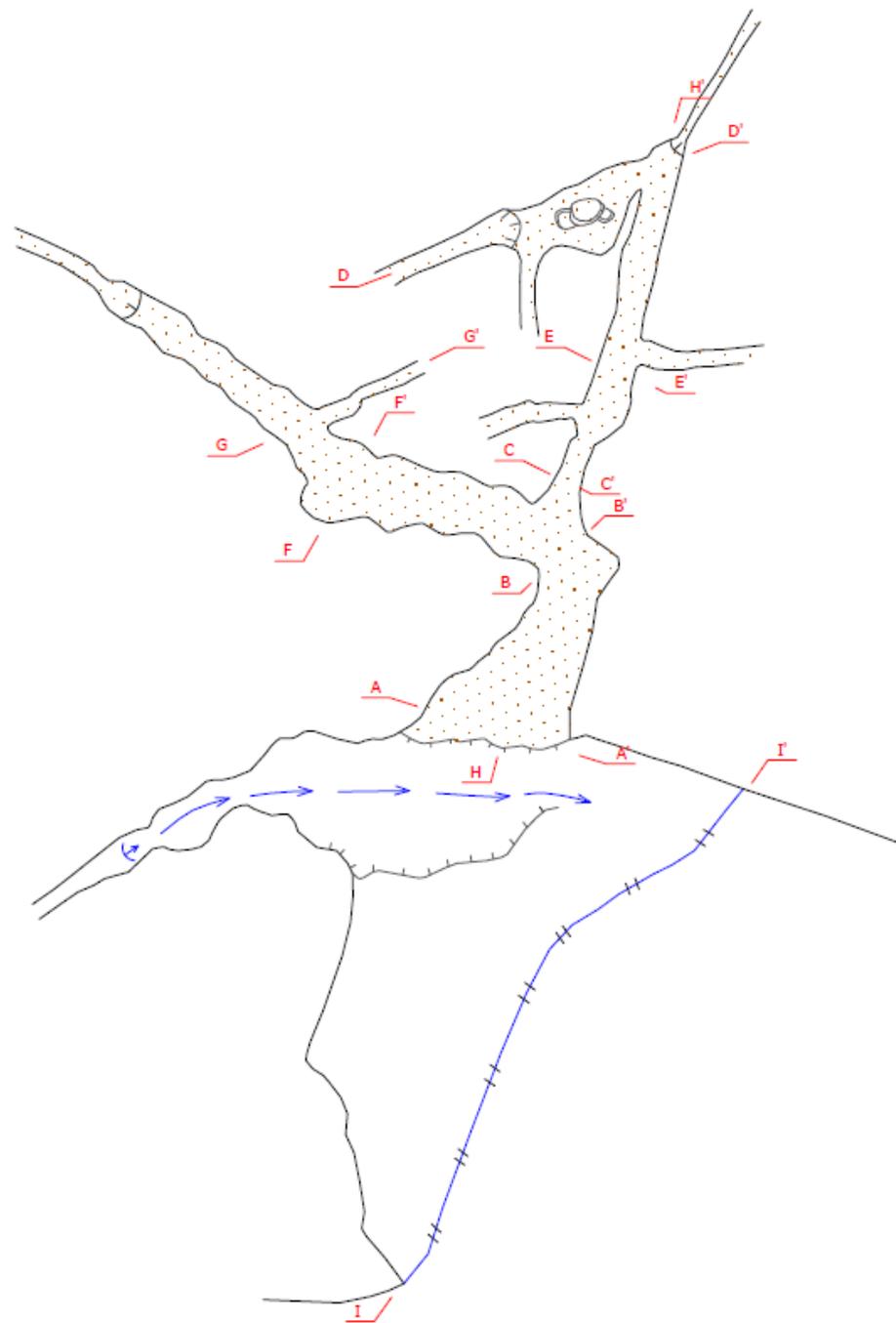
Projeção Horizontal: 8,2m  
 Desnível: 2,5m  
 Área: 31,1m<sup>2</sup>  
 Volume aproximado: 57m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
 SUL AMERICANA DE METAIS

Título: CAVERNA CM-25  
 Equipe: BRANDT  
 TERRAVISION  
 MC CONSULTORIA

Município: GRÃO MOGOL-MG  
 Topografia: BORA 3D LASER  
 SCANNER Z4F-5008H  
 Formato: A3  
 Data: 02/12/2012  
 Folha: 01/01



## LEGENDA

-  Contornos
-  Linha d'agua
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos
-  Desnível abrupto
-  Surgência
-  Drenagem intermitente

Coordenadas: 23K 743558E  
8199155N

Elevação: 842m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: fevereiro/2011

Projeção Horizontal: 29m  
Desnível: 2,2m  
Área: 14,9m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 22m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título: CAVERNA CM-26

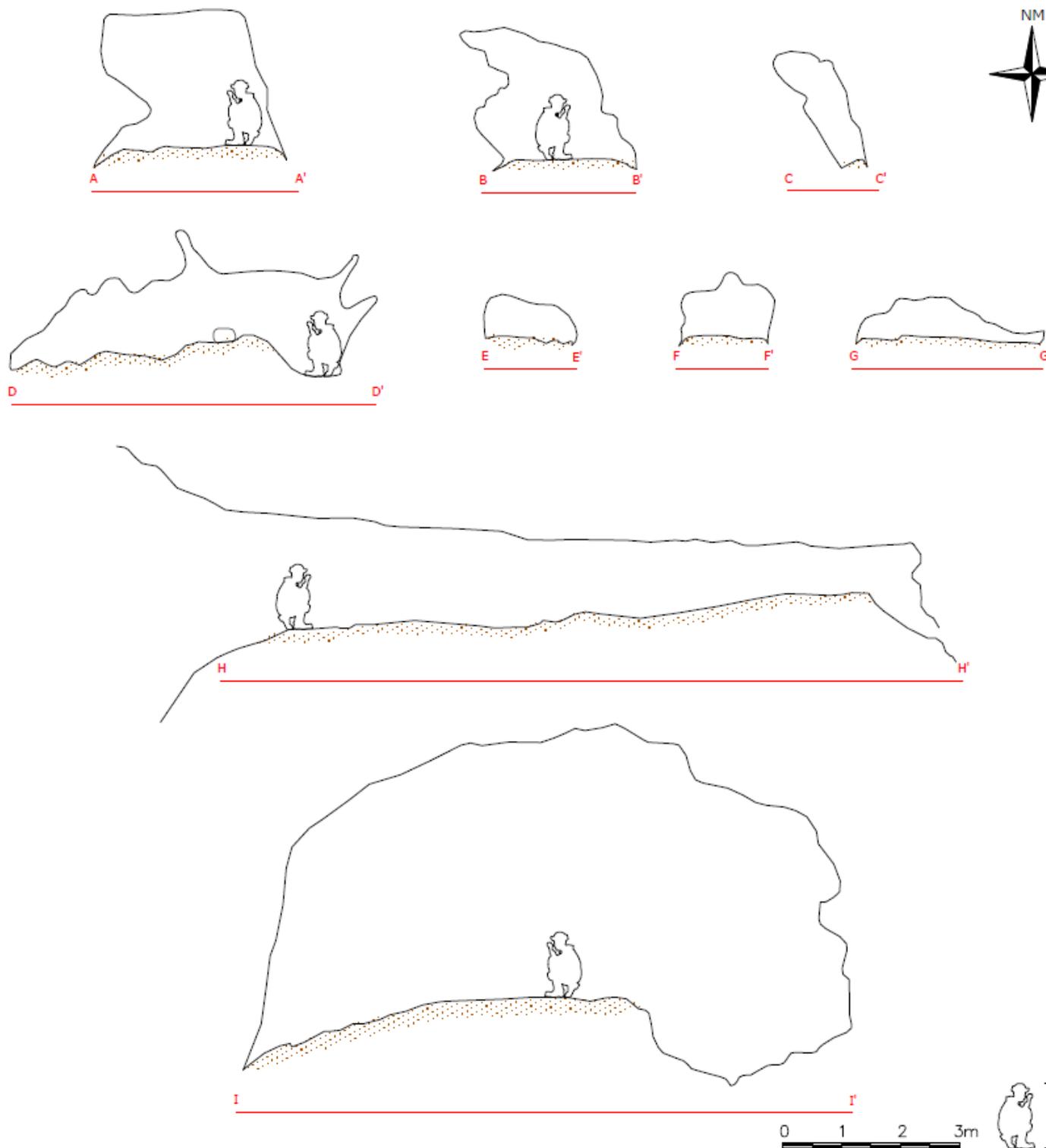
Equipe: BRANDT  
MC CONSULTORIA

Município: GRÃO MOGOL-MG

Topografia: BCRA 4C

Formato: A4  
Data: 03/12 Folha: 01/02

0 1 2 3m



## LEGENDA

-  Contornos
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos

Coordenadas: 23K 743558E  
8199155N

Elevação: 842m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: fevereiro/2011

Projeção Horizontal: 29m  
Desnível: 2,2m  
Área: 14,9m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 22m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título: CAVERNA CM-26

Equipe: BRANDT  
MC CONSULTORIA

Município: GRÃO MOGOL-MG

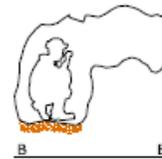
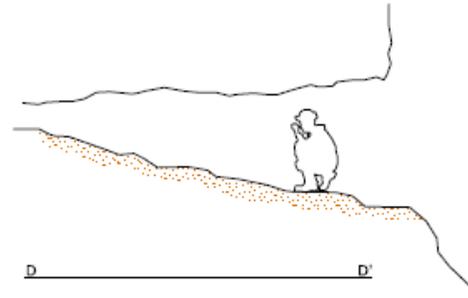
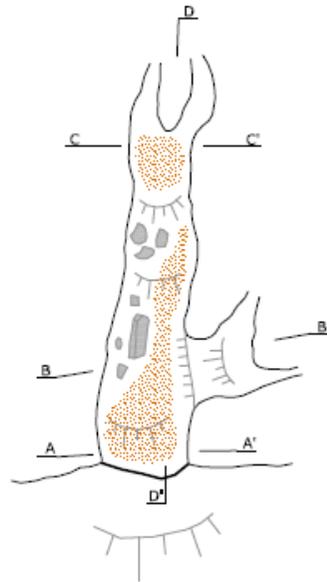
Topografia: BCRA 4C

Formato: A4  
Data: 03/12 | Folha: 02/02



## LEGENDA

-  Contornos
-  Linha d'agua
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos
-  Desnível abrupto
-  Desnível leve
-  Cortes
-  Canalículo estreito



0 1 2 3m



Coordenadas: 23K 472261E  
8200460N

Elevação: 781m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: setembro/2012

Projeção Horizontal: 5,9m  
Desnível: 0,6m  
Área: 6,1m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 5,9m<sup>3</sup>



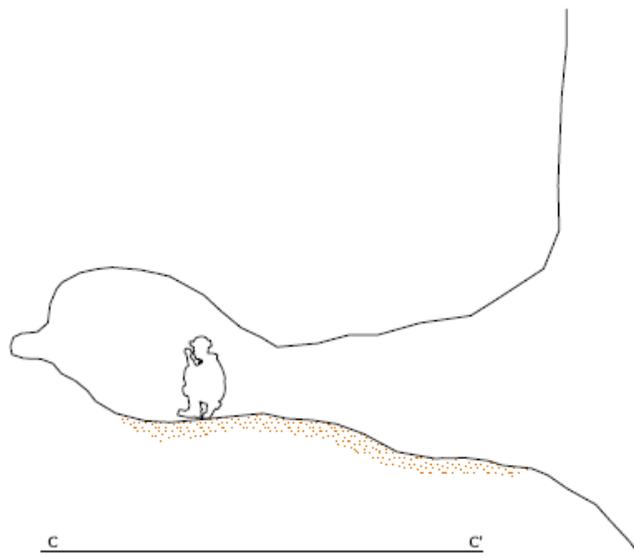
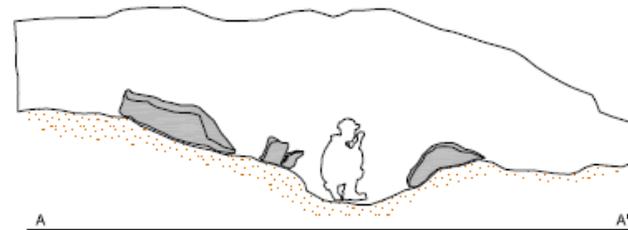
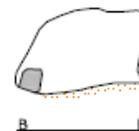
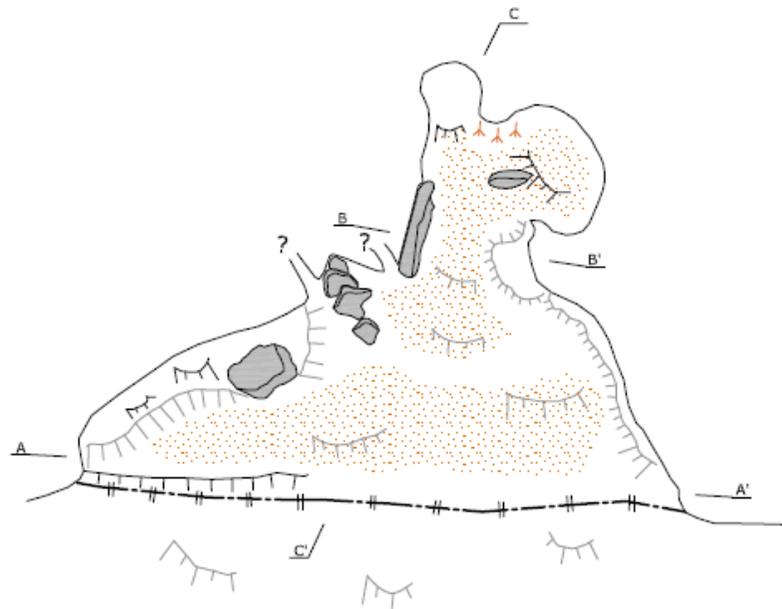
Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título: <b>Caverna CM-27</b>	Equipe: BRANDT
Município: GRÃO MOGOL-MG	Topografia: BCRA 4C
Formato: A4	
Data: 10/12   Folha: 01/01	



## LEGENDA

-  Contornos
-  Linha d'agua
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos
-  Desnível abrupto
-  Desnível leve
-  Cortes
-  Canalículo estreito
-  Espeleotemas tipo coralóides



0 1 2 3m



Coordenadas: 23K 743820E  
8217159N

Elevação: 735m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: setembro/2012

Projeção Horizontal: 6,9m  
Desnível: 1,4m  
Área: 24,2m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 33,6m<sup>3</sup>



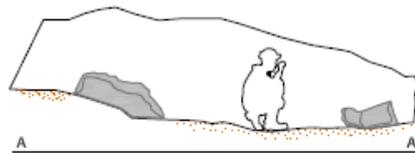
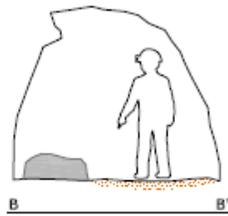
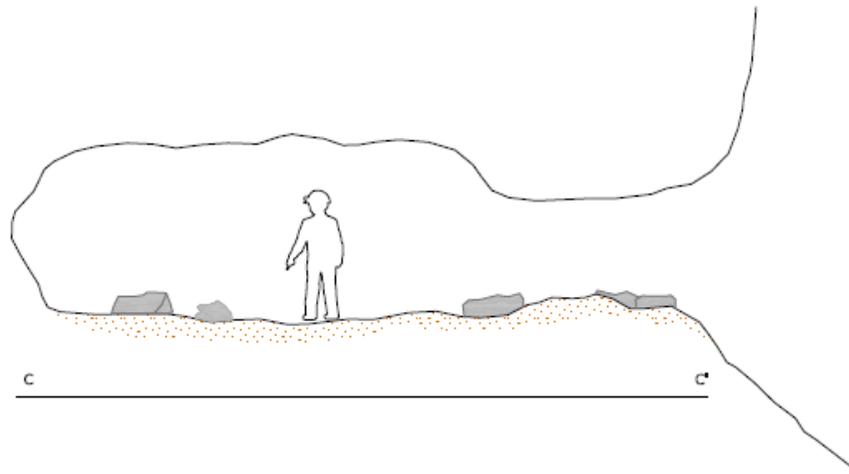
Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título:	VG-01	Equipe:	BRANDT
Município:	RIACHO DOS MACHADOS-MG	Topografia:	BCRA 4C
		Formato:	A4
		Data:	10/12
		Folha:	01/01

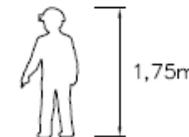


## LEGENDA

-  Contornos
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos
-  Cortes



0 1 2 3m



Coordenadas: 23K 743744E  
8217248N

Elevação: 740m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

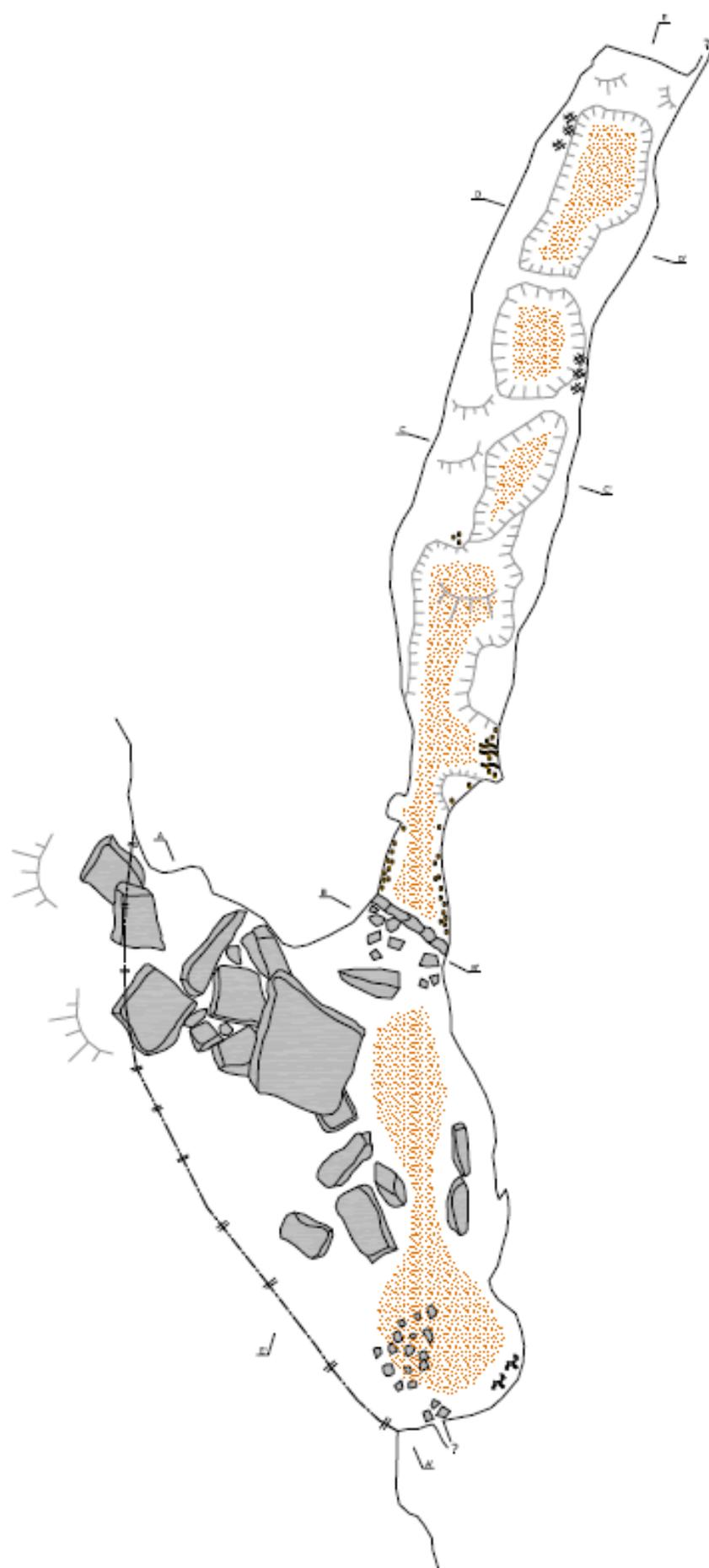
Data do mapeamento: setembro/2012

Projeção Horizontal: 9,3m  
Desnível: 1,4m  
Área: 32,8m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 53,6m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título: <b>VG-02</b>	Equipe: BRANDT
Município: RIACHO DOS MACHADOS-MG	Topografia: BCRA 4C
Formato: A4	
Data: 10/12   Folha: 02/02	



### LEGENDA

-  Contorno
-  Linha d'agua
-  Moaças, calhaus e seixos
-  Sedimentos
-  Desnível abrupto
-  Desnível leve
-  Cortes
-  Arte Rupestre
-  Invertebrados
-  Condúculo estreito

Coordenadas: 23K 743717E  
8217285N  
Elevação: 756m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiámita

Data do mapeamento: setembro/2012

Projeção Horizontal: 27,5m  
Desnível: 3m  
Área: 108,8m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 266m<sup>3</sup>

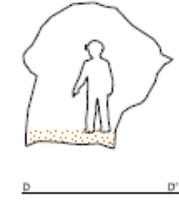
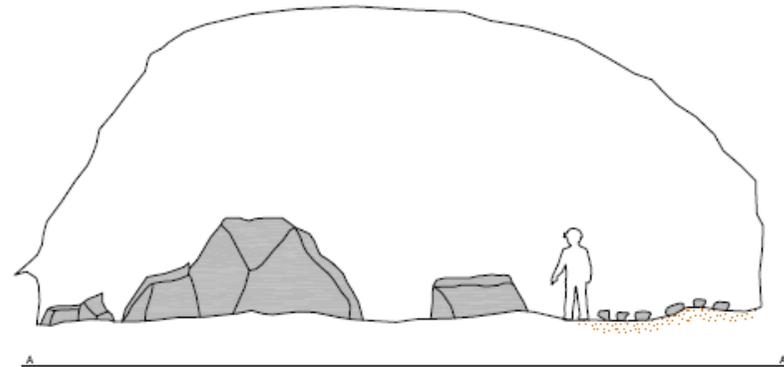


Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE NEVAS

Título: VG-03 Equipe: BRANDT

Município: RACHO DOS MACHADOS-MG Topografia: BORA 40 Formato: A3  
Data: 10/12/2012 Data: 10/12/2012

0 1 2 3m



### LEGENDA

- Contornos
- Matacões, calhaus e seixos
- Sedimentos
- Cortes

Coordenadas: 23K 743717E  
8217285N  
Elevação: 756m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamictito  
Data do mapeamento: setembro/2012  
Projeção Horizontal: 27,5m  
Desnível: 3m  
Área: 108,8m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 266m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO SUL AMERICANA DE METAS		
Título: 1,75m	VG-03	Equipe: BRANDT
Município: RACHO DOS MACHADOS-MG	Topografia: BCRA 4C	Formato: A3 Data: 10/12/Folha: 02/02





### LEGENDA

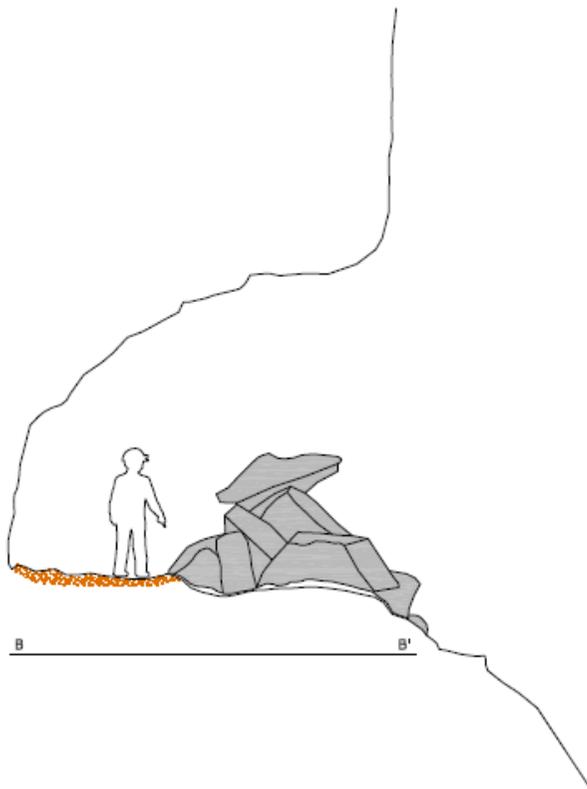
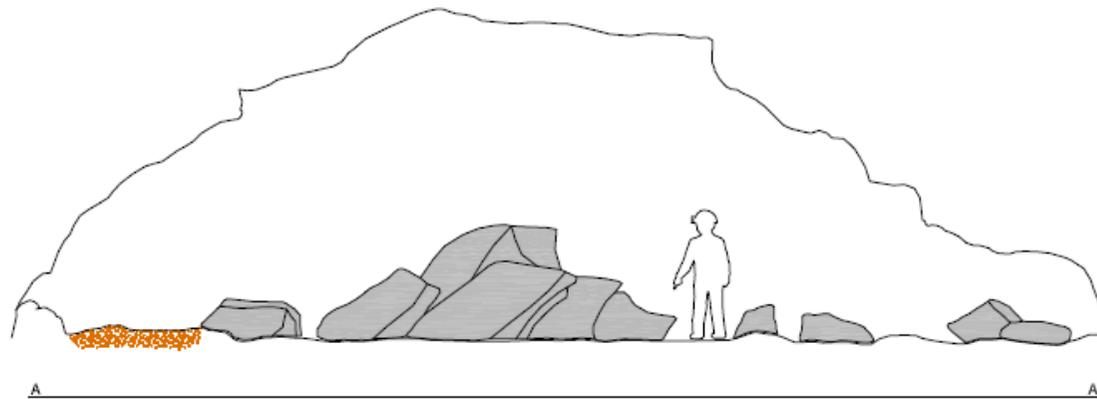
-  Contornos
-  Linha d'agua
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos
-  Desnível leve
-  Espeleotemas tipo coralóides
-  Icnofósseis
-  Cortes

Coordenadas: 23K 743661E  
 8217252N  
 Elevação: 741m  
 Datum: SAD-69  
 Litologia: Metadiamicrito  
  
 Data do mapeamento: setembro/2012  
  
 Projeção Horizontal: 8,2m  
 Desnível: 2,4m  
 Área: 67m<sup>2</sup>  
 Volume aproximado: 180m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO SUL AMERICANA DE METAIS		
Título: VG-04		Equipe: BRANDT
Município: RIACHO DOS MACHADOS-MG	Topografia: BCRA 4C	Formato: A4
		Data: 10/12   Folha: 01/02





### LEGENDA

-  Contornos
-  Linha d'agua
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos
-  Desnível leve
-  Espeleotemas tipo coralóides
-  Icnofósseis
-  Cortes

Coordenadas: 23K 743661E  
8217252N

Elevação: 741m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: setembro/2012

Projeção Horizontal: 8,2m  
Desnível: 2,4m  
Área: 67m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 180m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título:	<b>VG-04</b>	Equipe:	BRANDT
Município:	RIACHO DOS MACHADOS-MG	Topografia:	BCRA 4C
		Formato:	A4
		Data:	10/12
		Folha:	02/02



### LEGENDA

-  Contornos
-  Linha d'água
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos
-  Icnofósseis
-  Cortes
-  Canaliculo estreito

Coordenadas: 23K 743732E  
8217240N  
Elevação: 740m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: Setembro/2012

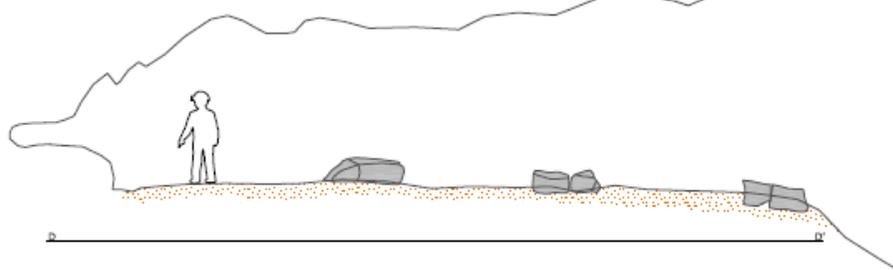
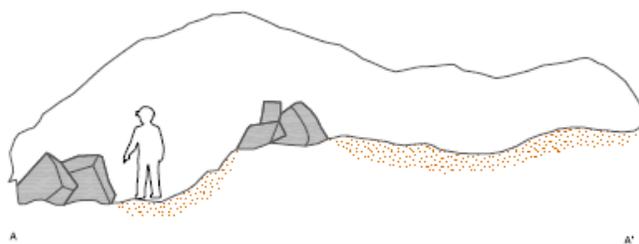
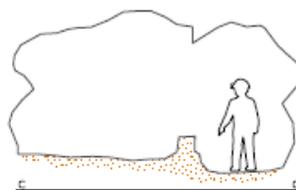
Projeção Horizontal: 15,2m  
Desnível: 5m  
Área: 81,6m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 173,5m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAS

Título:	<b>VG-05</b>	Equipe:	BRANDT
Município:	RIACHO DOS MACHADOS-MG	Topografia:	BCRA 4C
		Formato:	A3
		Data:	10/12/2012
		Folha:	01/02





### LEGENDA

-  Contornos
-  Sedimentos
-  Matações, calhaus e seixos
-  Desnível leve
-  Cortes

Coordenadas: 23K 743732E  
8217240N  
Elevação: 740m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamiclito

Data do mapeamento: Setembro/2012

Projeção Horizontal: 15,2m  
Desnível: 5m  
Área: 81,6m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 173,5m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAS

Título: VG-05 Equipe: BRANDT

Município: RIACHO DOS MACHADOS-MG Topografia: BCRA 4C Formato: A3  
Data: 10/12 Folha: 02/02

0 1 2 3m





## LEGENDA

-  Contornos
-  Linha d'água
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Desnível leve
-  Sedimentos
-  Espeleotemas tipo coralóides
-  Ichnofósseis
-  Cortes
-  Canalículo estreito

Coordenadas: 23K 743709E  
8217204N

Elevação: 749m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

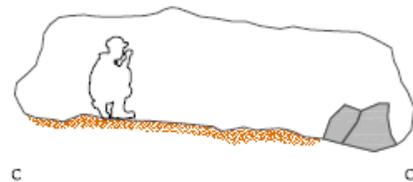
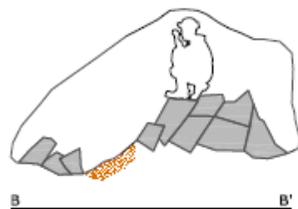
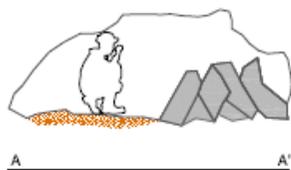
Data do mapeamento: setembro/2012

Projeção Horizontal: 20,06m  
Desnível: 3,7m  
Área: 71,3m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 85 m<sup>3</sup>



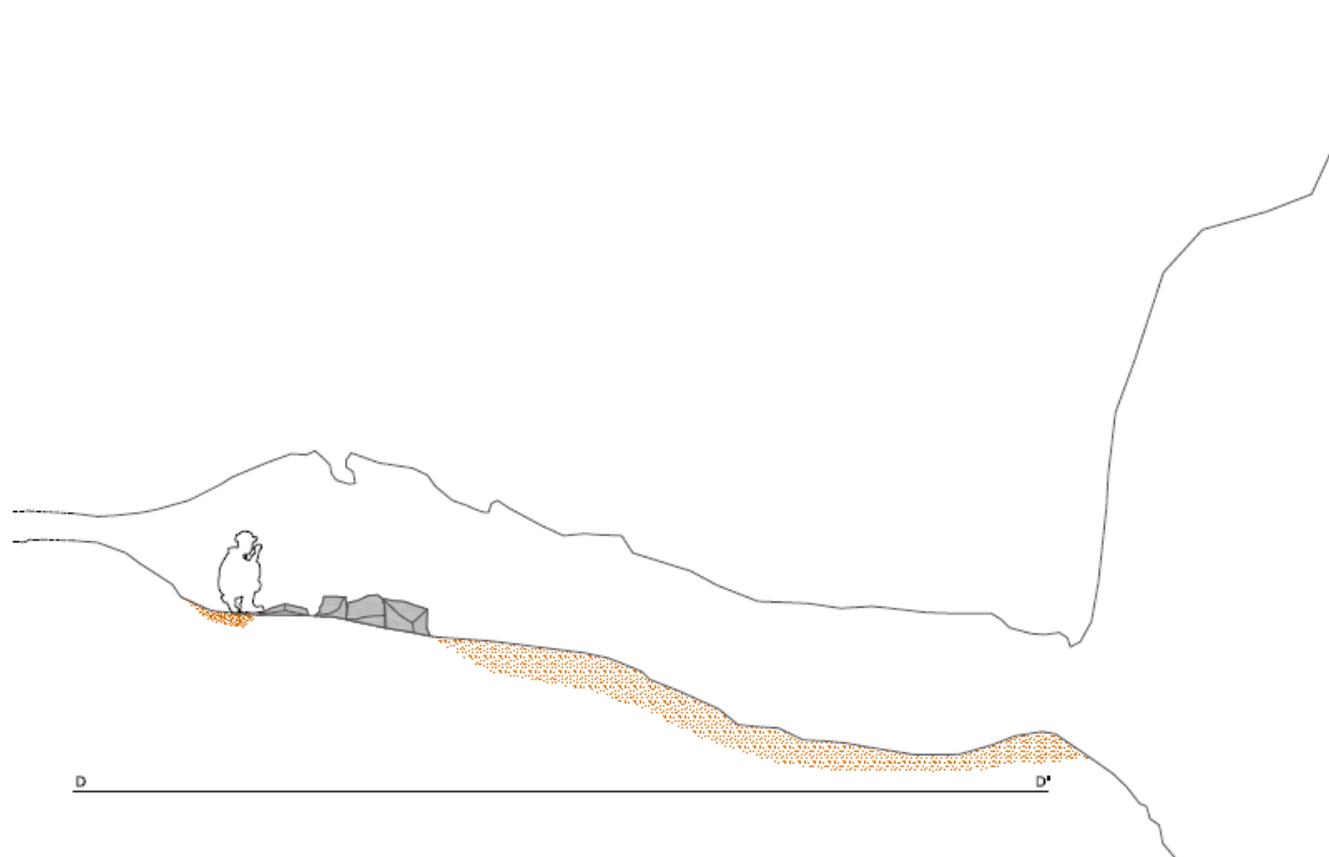
Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título:	VG-06	Equipe:	BRANDT
Município:	RIACHO DOS MACHADOS-MG	Topografia:	BCRA 4C
		Formato:	A4
		Data:	10/12
		Folha:	01/02



## LEGENDA

- Contornos
- Sedimentos
- Matacões, calhaus e seixos
- Cortes



Coordenadas: 23K 743709E  
8217204N

Elevação: 749m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: setembro/2012

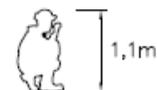
Projeção Horizontal: 20,6 m  
Desnível: 3,7m  
Área: 71,3m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 85 m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título:	<b>VG-06</b>	Equipe:	BRANDT
Município:	RIACHO DOS MACHADOS-MG	Topografia:	BCRA 4C
		Formato:	A4
		Data:	10/12
		Folha:	02/02

0 1 2 3m

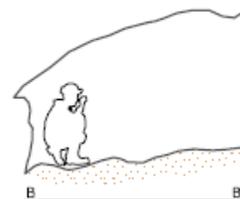
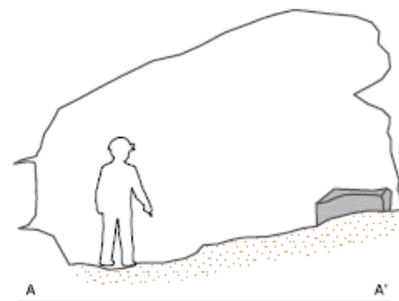
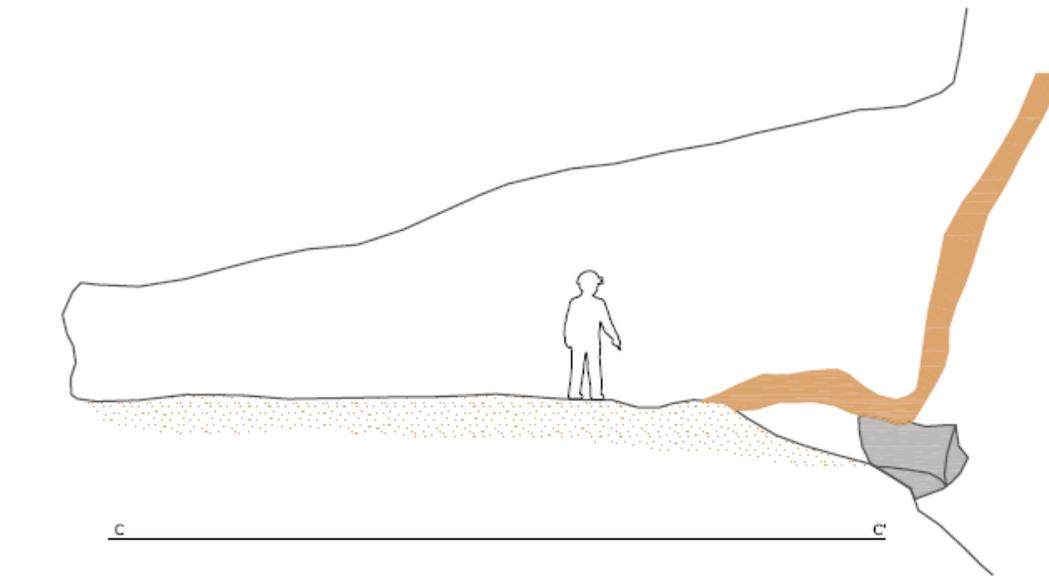






## LEGENDA

-  Contornos
-  Linha d'água
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Tronco/árvore
-  Desnível leve
-  Sedimentos
-  Icnofósseis
-  Cortes



Coordenadas: 23K 743860E  
8217133N

Elevação: 731  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: setembro/2012

Projeção Horizontal: 11,2m  
Desnível: 1,3m  
Área: 30,4m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 71,6m<sup>3</sup>

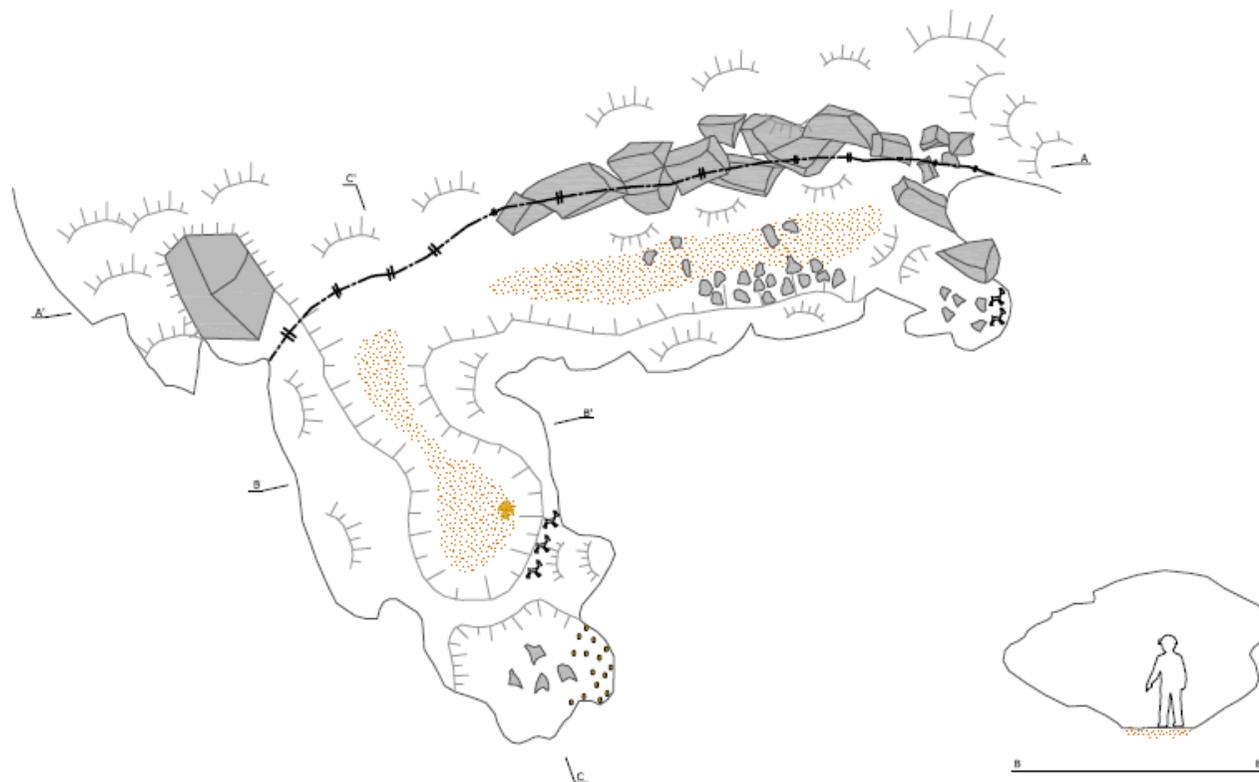


Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAIS

Título:	<b>VG-07</b>	Equipe:	BRANDT
Município:	RIACHO DOS MACHADOS-MG	Topografia:	BCRA 4C
		Formato:	A4
		Data:	10/12
		Folha:	02/02

0 1 2 3m





### LEGENDA

-  Contornos
-  Linha d'água
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos
-  Desnível abrupto
-  Desnível leve
-  Cortes
-  Arte Rupestre
-  Artefato Lítico
-  Icnofósseis

Coordenadas: 23K 743172E  
8215002N  
Elevação: 748m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito  
Data do mapeamento: setembro/2011  
Projeção Horizontal: 13m  
Desnível: 0m  
Área: 81,3m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 230m<sup>3</sup>

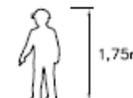


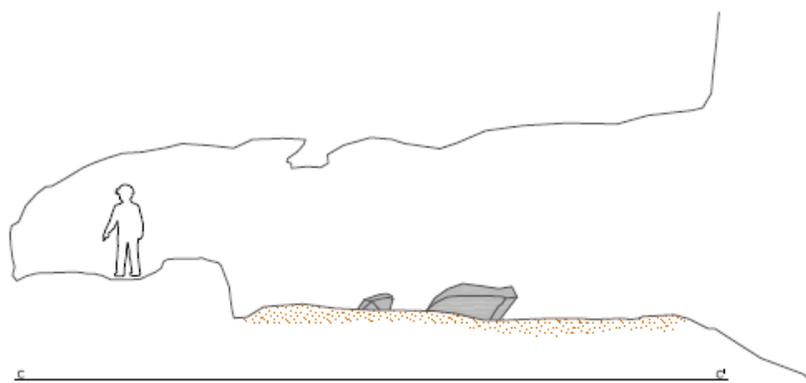
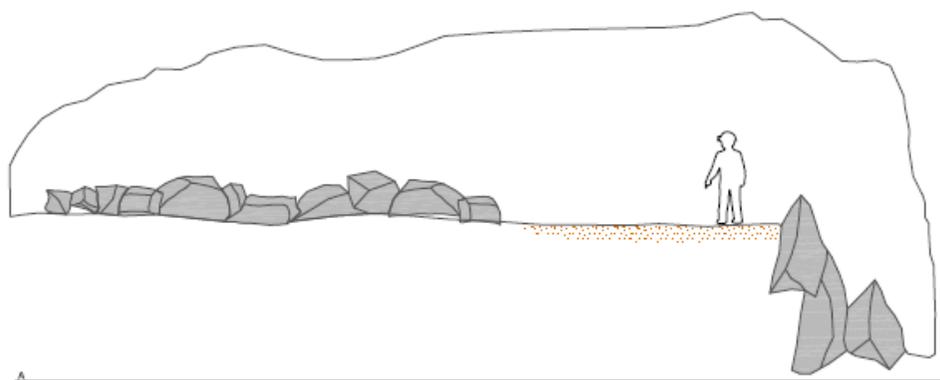
Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAS

Título: Jatobá Equipe: BRANDT

Município: RIACHO DOS MACHADOS-MG Topografia: BCRA 4C Formato: A3  
Data: 09/12 Folha: 01/02

0 1 2 3m





### LEGENDA

-  Contornos
-  Matacões, calhaus e seixos
-  Sedimentos
-  Cortes

Coordenadas: 23K 743172E  
8215002N  
Elevação: 748m  
Datum: SAD-69  
Litologia: Metadiamicrito

Data do mapeamento: setembro/2012

Projeção Horizontal: 13m  
Desnível: 0m  
Área: 81,3m<sup>2</sup>  
Volume aproximado: 230m<sup>3</sup>



Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO  
SUL AMERICANA DE METAS

Título: Jatobá Equipe: BRANDT

Município: RIACHO DOS MACHADOS-MG Topografia: BCRA 4C Formato: A3  
Data: 10/12 Folha: 02/02

0 1 2 3m





**Anexo 10: 1º Estudo Paleontológico Complementar com foco na ocorrência de Paleotocas na área de estudo do Projeto Vale do Rio Pardo**

## RELATÓRIO FINAL

### **“Estudo Paleontológico Complementar com foco na ocorrência de Paleotocas na área de estudo do Projeto Vale do Rio Pardo”**



Responsável: **Dr. Francisco Sekiguchi Buchmann**

*Laboratório de Estratigrafia e Paleontologia*

*UNESP*

Estudo Paleontológico Complementar que irá compor o Estudo de Relevância das cavidades identificadas na Área de Influência do Complexo Minerário do **Projeto Vale do Rio Pardo**, localizado entre o Norte de Minas Gerais e o Sul da Bahia.

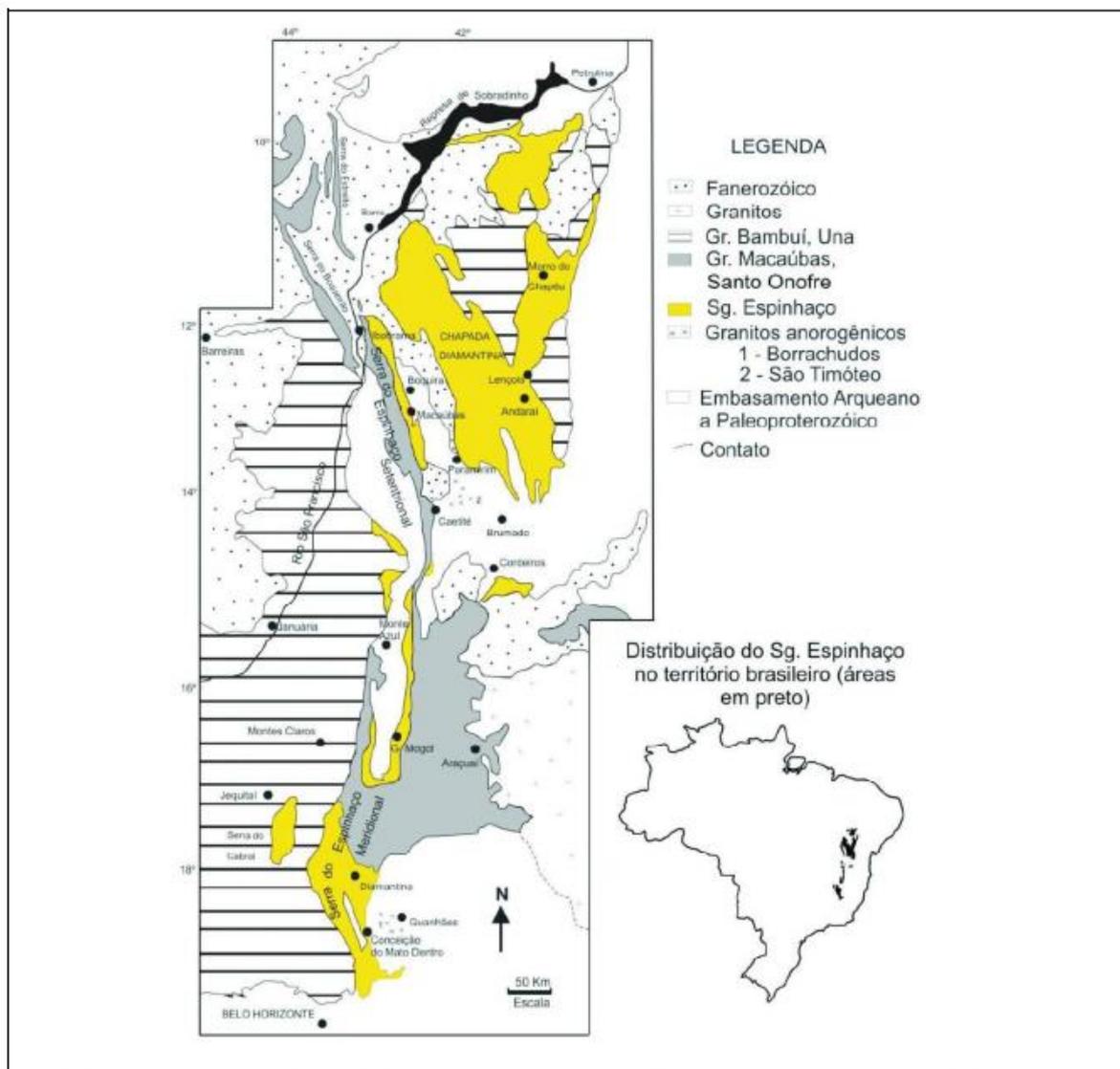
#### **1. OBJETIVO**

Execução de **Estudo Paleontológico Complementar** com foco na ocorrência de Paleotocas para integrar o Estudo de Valoração das cavidades identificadas na área do **Projeto 1VNS004 da Sul Americana Metais** (SAM) e a elaboração das ilustrações.

## 2. INTRODUÇÃO

### 2.1 GEOLOGIA

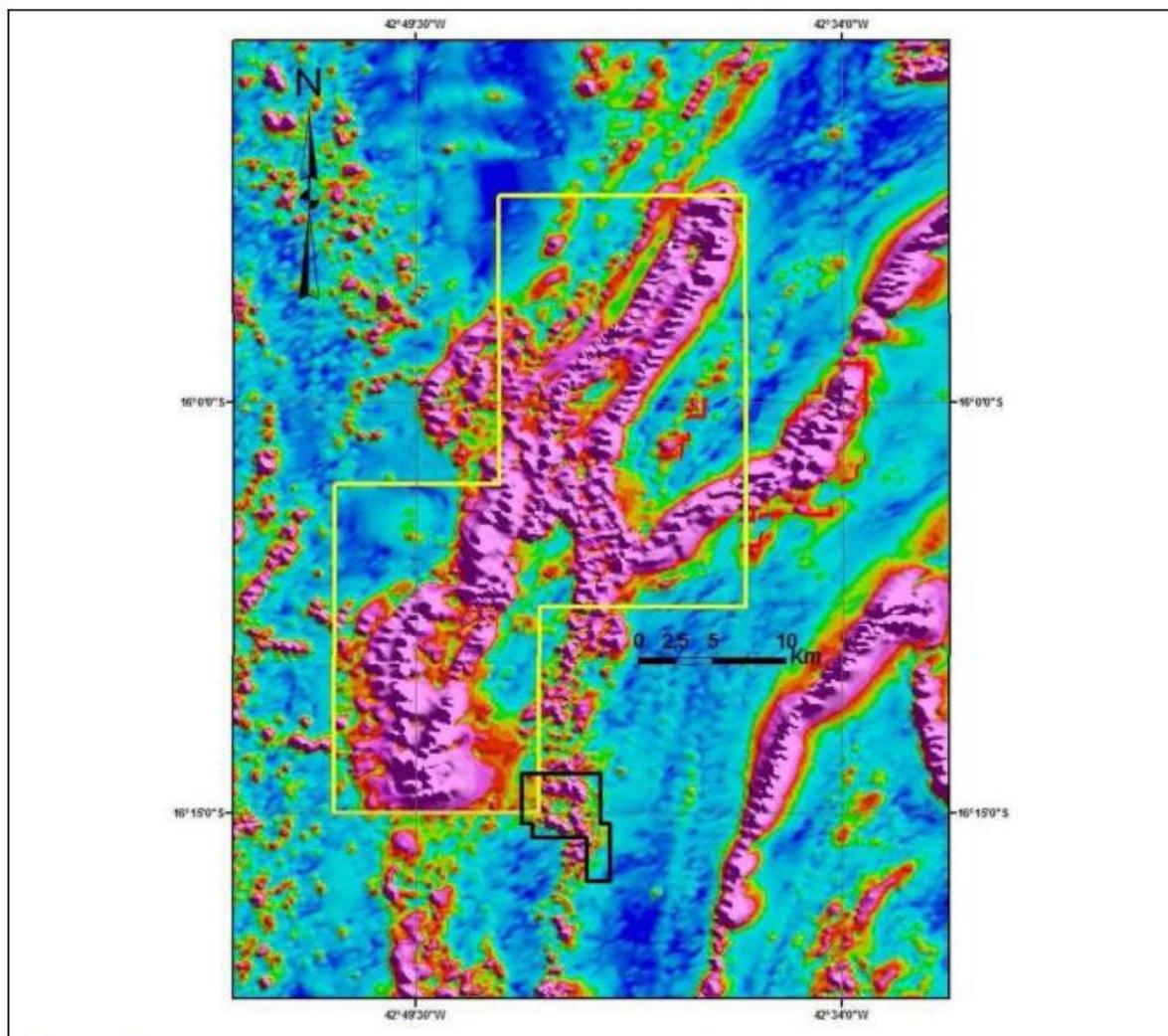
No Neopróterozoico, por volta de 900 Ma, o continente São Francisco-Congo começa a se fragmentar (PEDROSA-SOARES *et al.* 2007; VILELA, 2010). O início desse processo é registrado por diques da Suíte Pedro Lessa com aproximadamente 906 Ma (MACHADO *et al.* 1989), granitos anorogênicos da Suíte Salto da Divisa com idade aproximada de 870 Ma (SILVA *et al.* 2008) e pelos xistos verdes basálticos do membro Rio Preto da Formação Chapada Acauã (GRADIM *et al.* 2005; BABINSKI *et al.* 2005), indicando a fase rifte da bacia Macaúbas (figura 1).



**Figura 1** – Distribuição do Supergrupo Espinhaço no Brasil oriental, com destaque para o Grupo Macaúbas (retirado de CAXIXO *et al.* 2008).

Segundo Pedrosa-Soares *et al.* (2007) por volta de 950Ma ocorreu a Tafrogênese Toniana, acompanhada de magmatismo e sedimentação glaciogênica, sendo esta responsável pela formação da Bacia Macaúbas. São encontradas a leste do cráton, no Orógeno Araçuaí, lascas ofiolíticas em meio a unidades de mar profundo pertencentes ao Grupo Macaúbas, o que evidencia a formação de um oceano. Esse processo provocou ainda a reativação de ramos do rifte Espinhaço então existentes (ALKMIM & MARTINS-NETO 2001).

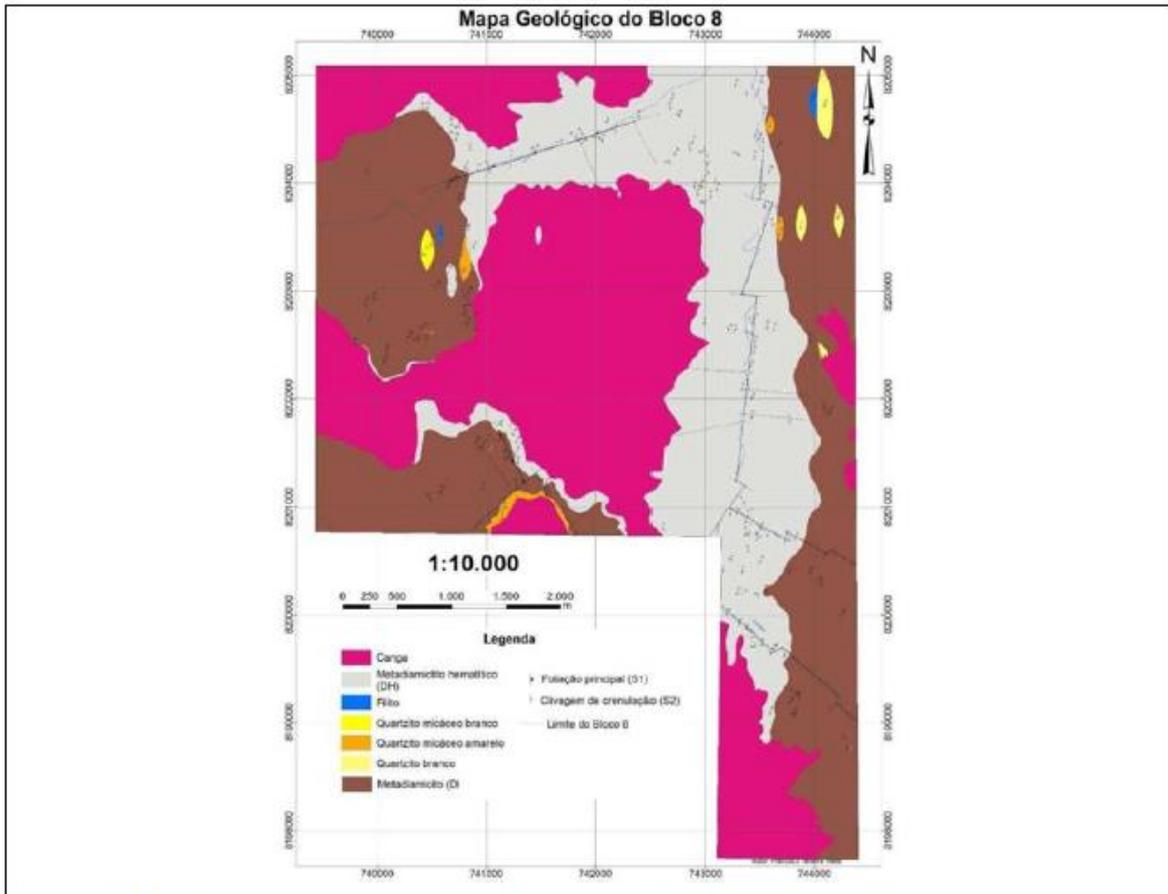
Na fase rifte da bacia Macaúbas (figura 2) depositaram-se as rochas das formações Matão, Duas Barras, Rio Peixe Bravo, pré-glaciais, e Serra do Catuni, Nova Aurora e a parte inferior da Formação Chapada Acauã, glaciogênicas (PEDROSA-SOARES *et al.* 1992; NOCE *et al.* 1997; UHLEIN *et al.* 1998; MARTINS *et al.* 2008). Esse rifte evoluiu para margem passiva e assoalho oceânico.



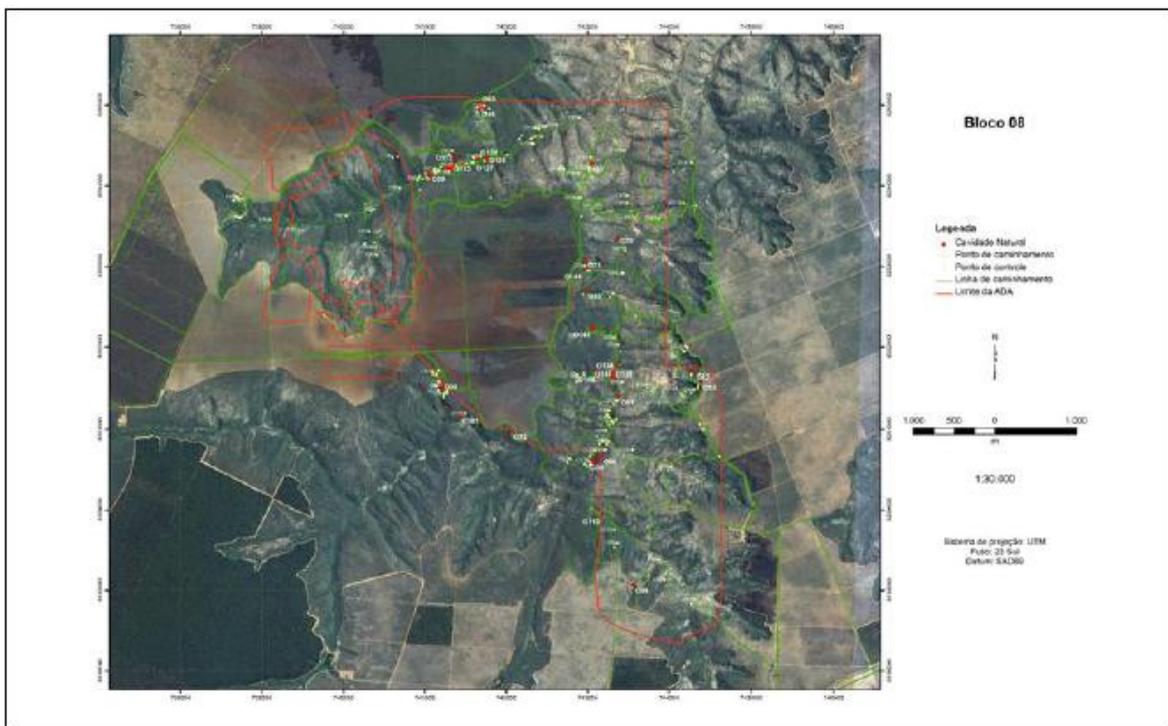
**Figura 2** – Levantamento aerofísico (2005/2006) na área do Membro Riacho das Poções com destaque em preto para o Bloco 8 (retirado de VILELA, 2010).

Os metadiamicctitos do Grupo Macaúbas (figura 2) representam depósitos subaquosos que foram muito deformados e metamorfisados (NOCE *et al.*, 1997; UHLEIN *et al.*, 2007; PEDROSA-SOARES *et al.* 2010). Estes autores identificaram entre os municípios de Salinas e Porteirinha, no norte de Minas Gerais as formações Rio Peixe Bravo (filitos e quartzitos) e Nova Aurora (diamictitos ferruginosos ou não, filitos, quartzitos hematíticos bandados). A Formação Nova Aurora apresenta deposição cíclica de sedimentos grossos a finos, acamamento gradado, contatos erosivos entre ciclos e estruturas de carga, caracterizados pelo enriquecimento em hematita, encerrando enormes depósitos (NOCE *et al.* 1997). Morfologicamente, trata-se de uma área de extensas chapadas dissecadas por meio de um novo ciclo de denudação (VILELA, 1986; VIVEIROS *et al.* 1979).

O Bloco 8 (figura 3) está inserido localmente no geossistema cangas/formações ferríferas associado ao membro Riacho Poções (Formação Nova Aurora). O Membro Riacho Poções é representado por pacote de metadiamicctito hematítico, com espessura de até 90m, e intercalações localizadas de metadiamicctito magnetítico cinza com até 10m de espessura. Essa unidade constitui-se predominantemente por metadiamicctitos hematíticos, quartzitos hematíticos e xistos hematíticos subordinados (VILELA, 1986). Segundo Vilela *et al.* (1978), os metadiamicctitos hematíticos, que constituem o minério de ferro, apresentam bandeamento e são formados por leitos de quartzo contendo cristais de hematita, que se alternam com leitos de hematita associada à sericita e clorita. Grande parte de toda essa sequência de litotipos hematíticos está sob uma extensa cobertura de canga, que frequentemente atinge cerca de 30 m de espessura. Superficialmente, as cangas apresentam fragmentos detríticos de minério rico e são compostas geralmente por limonita pura (VILELA, 1986). As altitudes dos platôs de canga variam entre 850 e 950 m, ocorrendo um desnível de até 80 m em relação às superfícies terciárias contíguas.

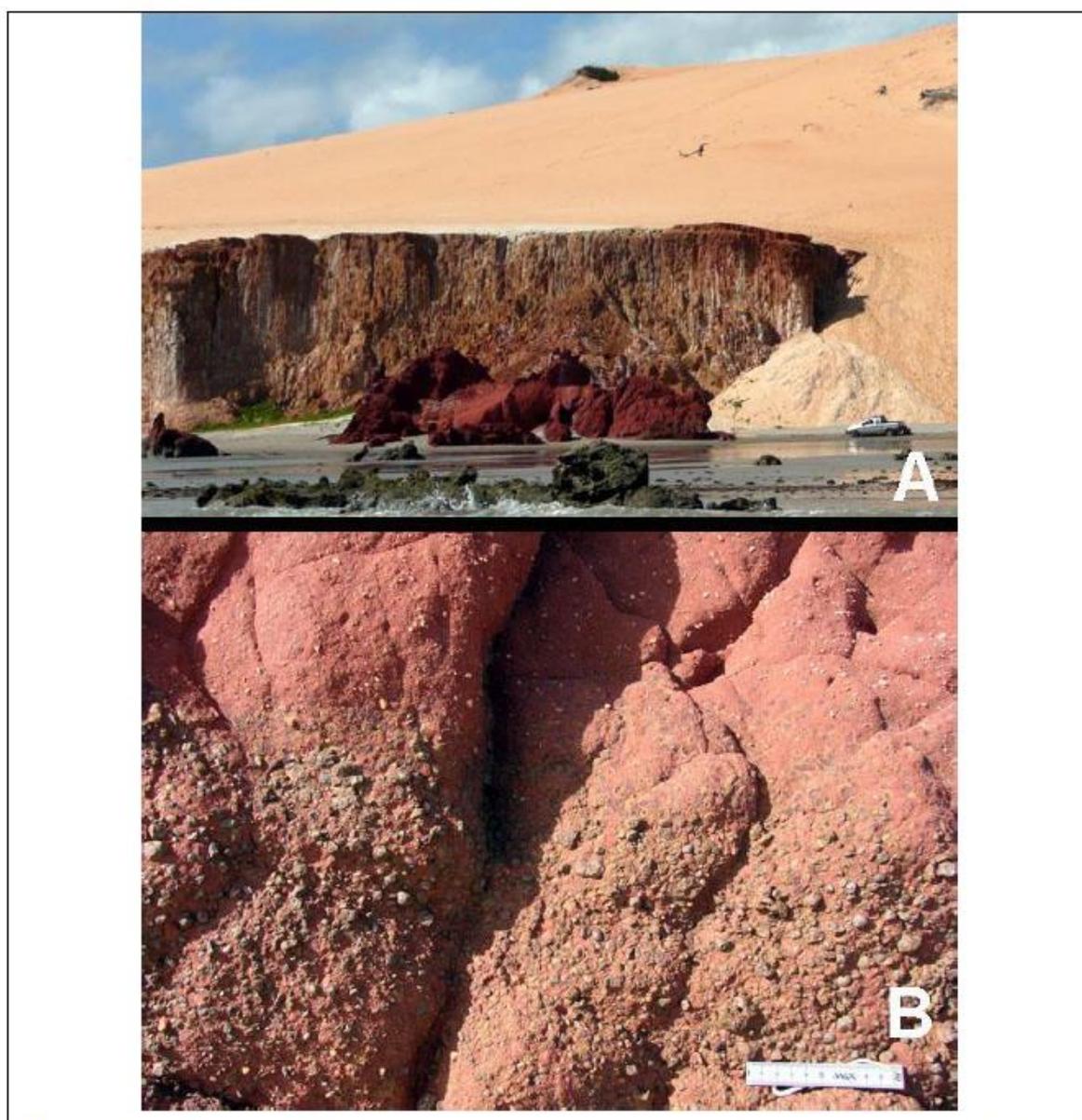


**Figura 3** – Mapa geológico do Bloco 8 (retirado de VILELA, 2010).



**Figura 4** – Distribuição das cavidades no Bloco 8 (Fonte: BRANDT).

As cavidades na área do minerioduto estão inseridas em rochas do Grupo Barreiras (Mioceno). Segundo Arai (2006) o Grupo Barreiras é uma unidade que ocorre ao longo da faixa costeira do Brasil, desde o Estado do Amapá até o Rio de Janeiro (Figura 5). Sua origem tem evidências de origem continental com influência marinha. A origem do Grupo Barreiras com a elevação eustática global que teve seu máximo na parte média do Mioceno (Burdigaliano – Serravaliano, 12 – 20 Ma). A sedimentação do Barreiras *lato sensu* sofreu uma interrupção no Tortoniano (início do Neomioceno), quando houve um rebaixamento eustático global que ocasionou um extenso evento erosivo nas áreas emersas. Com a retomada da subida eustática no Plioceno (Zancleano, 4 – 5 Ma), depositou-se o segundo ciclo (Barreiras Superior).



**Figura 5** – Fotografia de rochas sedimentares do Grupo Barreiras na costa do Ceará, em a) Ponta Grossa, b) detalhe dos arenitos e conglomerados.

## 2.2 PALEONTOLOGIA

As paleotocas encontradas no Brasil se enquadram na classificação de cavidades naturais subterrâneas, ou seja, são consideradas cavernas (FRANK *et al.*, 2010a,b,c,d), portanto, devem ser resguardadas pelos parâmetros legais de proteção do patrimônio espeleológico. Os autores classificam as paleotocas de acordo com seu grau de preservação e abundância em quatro tipos: a) formado pelas paleotocas integralmente preservadas, sem preenchimento e cuja seção é praticamente circular, sem apresentar feições de colapso de teto nem de erosão do piso; b) formado por paleotocas que sofreram a erosão por águas correntes; c) formado pelas paleotocas parcialmente preenchidas por sedimentos; d) formado por paleotocas integralmente preenchidas, denominadas de crotovinas.

Buchmann *et al.* (2009, 2011) destacam a importância das paleotocas por representarem um grande potencial paleontológico, provavelmente contendo fósseis em seu interior. No caso das paleotocas do Peixe Bravo, Minas Gerais, por se tratarem de estruturas ocorrentes dentro de cavernas, o potencial paleontológico aumenta, uma vez que os condutos das cavernas se encontram em zona afótica e distante da entrada, o que dificulta a ação do intemperismo, facilitando a preservação de fósseis da megafauna de mamíferos extintos. Além disso, as cavernas apresentam uma alta taxa de sedimentação no solo, o que pode ter encoberto possíveis registros fósseis. Cavernas podem se formar por vários processos geológicos, sendo os mais comuns a dissolução de rochas sedimentares químicas (calcários) e processos erosivos em rochas sedimentares clásticas ou em zonas cisalhadas em rochas magmáticas e metamórficas. Um caso especial de cavernas são as paleotocas, que são icnofósseis, túneis escavados por mamíferos extintos de grande porte da megafauna pleistocênica sul-americana (FRANK *et al.* 2010e,f,g,h, 2011b).

As paleotocas (icnofósseis) na América do Sul foram primeiramente descritas em afloramentos do litoral argentino entre as cidades de Mar del Plata e Miramar (Província de Buenos Aires), em sedimentos areno-lamosos de coloração castanha amarelado a castanho avermelhado, de idade Plio-Pleistoceno com cerca de 3 milhões de anos (AMEGHINO, 1908; KRAGLIEVICH, 1952; DONDAS *et al.* 2009). No Uruguai o potencial de ocorrência das paleotocas é descrito por Ogando *et al.* (2010, 2011). São estruturas de bioerosão e ocorrem na forma de galerias desobstruídas, possibilitando acesso ao seu interior.

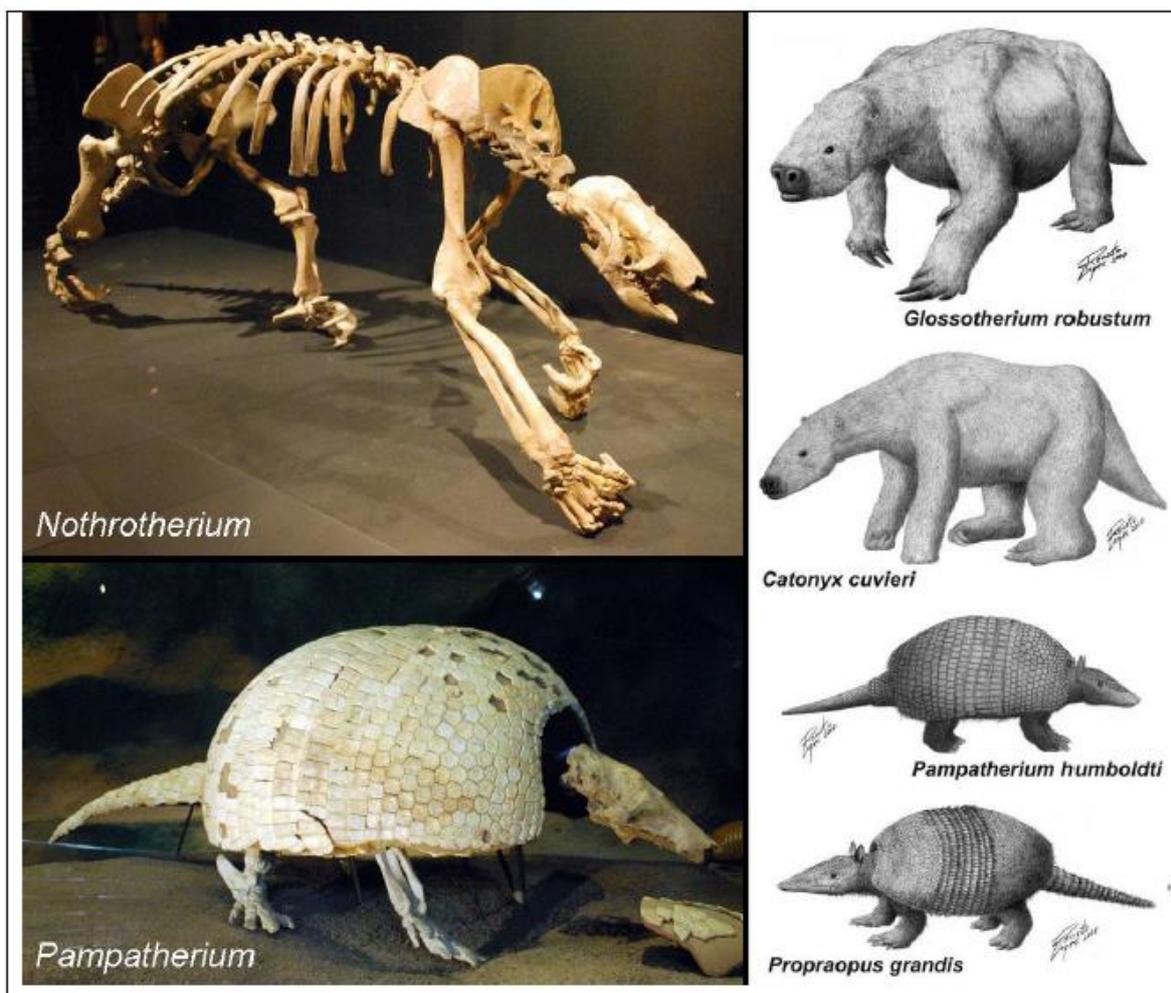
A ausência de restos fósseis no interior das galerias impede a identificação precisa do organismo responsável por sua escavação. As dimensões das galerias, as

marcas de escavação e marcas de osteodermos presentes ao longo das galerias sugerem pelo menos dois escavadores: a) mamíferos xenartros dasipodídeos (tatus-gigantes) no caso de galerias com diâmetro entre 0,7 e 1,4 m, e b) mamíferos xenartros milodontídeos (preguiças-gigantes) no caso das galerias com diâmetro de até 4 m. A idade das paleotocas está entre 3 milhões de anos e 400 mil anos, devido a ocorrência em depósitos pleistocênicos, não se descarta a possibilidade de idades próximas a 10 mil anos (BUCHMANN *et al.* 2009).

Entre os dasipodídeos de grande tamanho (tatus-gigantes) temos o *Pampatherium* sp. e/ou *Holmesina* sp. (Pampatheriinae), *Eutatus* e/ou *Propraopus* sp. (Dasypodinae). Entre os milodontídeos cavadores (preguiças-gigantes) temos *Nothrotherium* (*Valgipes*) ou *Eremotherium* que habitavam o cerrado brasileiro e o pampa argentino, respectivamente (ZÁRATE & FASANO, 1989; QUINTANA, 1992; ZÁRATE *et al.*, 1998; VIZCAÍNO *et al.*, 2001). A megafauna de mamíferos representada pelos seus fósseis e icnofósseis (paleotocas) foi extinta no final do Pleistoceno, e pode ser encontrada em diversos depósitos sedimentares em toda a América do Sul (figura 6).

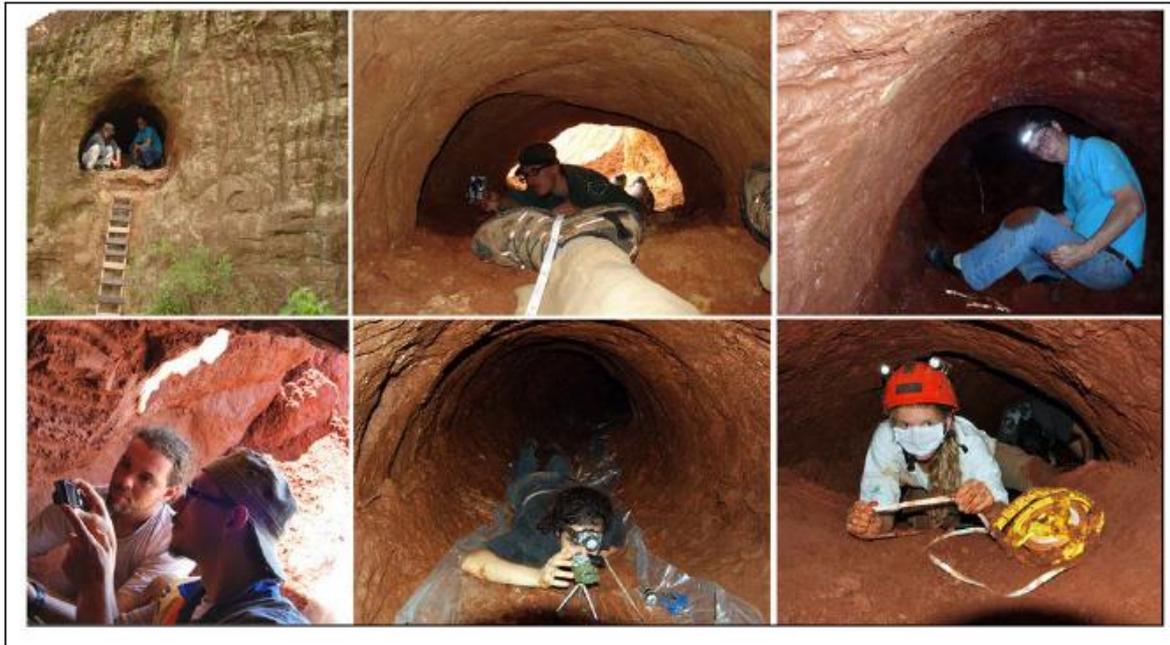
No Brasil, as paleotocas foram registradas por paleontólogos no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro (BERGQVIST & MACIEL, 1994; BUCHMANN *et al.*, 2003, 2005, 2008a,b, 2009, 2011; FRANK *et al.* 2008a,b, 2009, 2010a,b,c,d,e,f,g,h; 2011a,b,c; LIMA *et al.*, 2010, 2011, STEVAUX *et al.*, 2010), e recentemente em Minas Gerais (CARMO *et al.* 2011b). São consideradas estruturas de moradia temporária ou permanente, e podem ser incluídas na classe etológica *Domichnia* (CARVALHO & FERNANDES, 2000). “*Crotovina*” é o termo que se atribui a uma paleotoca preenchida por sedimento, enquanto que “*dolina*” ou “*trincheira*” é uma paleotoca cujo teto sofreu desabamento.

Segundo Buchmann *et al.* (2011) e Frank *et al.* (2011a,b,c) os levantamentos topográficos e fotográficos das paleotocas no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, revelaram túneis com dezenas a centenas de metros de comprimento. As análises têm como objetivo a descrição das dimensões e estrutura interna da galeria (morfologia, orientação, ramificações) que permitiram visualizar seu posicionamento espacial (figura 7). Segundo os autores, a *galeria de passagem* tem seção transversal variando de subcircular a subelíptico, sendo utilizada para a locomoção no interior da toca, conectando duas ou mais câmara de giro. A *câmara de giro* tem forma elíptica horizontal, sendo o local dentro da galeria onde o animal pode fazer um giro sobre si mesmo, mudando a direção de locomoção dentro da toca.



**Figura 6** – Esqueleto de *Nothrotherium* (preguiça-gigante) e *Pampatherium* (tatu-gigante). Originais fotografados no Museu da PUC-MG. Desenhos de Renato Lopes.

Normalmente a galerias e as câmaras de giro apresentam marcas de arrasto da carapaça e/ou marcas de garras dos membros durante a escavação. A classificação das marcas nas paredes das galerias pode ser feita através da comparação com a coleção de referência depositada no Laboratório de Estratigrafia e Paleontologia da UNESP (campus São Vicente) e com as descrições nos trabalhos de Paula Couto (1973, 1980a, 1980b, 1982); Edmond (1985a, 1985b); Quintana (1992); Bergqvist & Maciel (1994), Becker & Dalponte (1999), Buchmann *et al.* (2009) e Frank *et al.* (2010b,c, 2011b).



**Figura 7** – Atividades de pesquisa desenvolvidas pelo projeto Paleotocas (retirado de Buchmann *et al.* 2011)

A primeira descrição de paleotocas em sistemas ferruginosos foi feita por Carmo *et al.* (2011a,b). Os autores não descrevem longos túneis conectados por câmaras, entretanto, descrevem salões e galerias de grande volume, com três novas ocorrências no estado de Minas Gerais. As cavidades estão localizadas na região conhecida como Vale do Rio Peixe Bravo, MG.

Frank *et al.* (2010b,e) registram no Rio Grande do Sul e Santa Catarina paleotocas semelhantes as de Carmo *et al.* (2011b), Frank *et al.* (2010c, 2011b) descrevem paleotocas compostas por grandes túneis ou salões, com larguras de até 4,2 metros, alturas de até 2,0 metros e comprimento de até 40 metros. Possuem sinuosidade média e, em suas paredes, observamos marcas de escavação e superfícies lisas por atrito, denominadas “*superfície de polimento*”. No teto estão preservadas mais de 3.000 marcas de garra. As características gerais do abrigo e a análise da ornamentação das paredes das porções acessíveis permitem concluir que se trata de um abrigo subterrâneo escavado por preguiças-gigantes da megafauna Sul-Americana.

## LEI DE PROTEÇÃO AO PATRIMÔNIO FOSSILÍFERO

A lei de proteção ao patrimônio fossilífero (paleontológico), é a Constituição Federal da República Federativa do Brasil que, nos seus artigos 20 e 216, V, determina que esse patrimônio seja de propriedade da União. A legislação infraconstitucional trata do tema através das seguintes fontes: Portaria n. 55/90 do Ministério da Ciência e Tecnologia (regulamenta a coleta de materiais por estrangeiros); Código Penal (art. 163 e 180 tratam dos crimes de destruição de coisa alheia e receptação); Lei n. 7.347/85 (trata da ação civil pública em virtude de danos contra o meio-ambiente); Lei n. 8.176/91 (art. 2 trata do crime de usurpação do patrimônio da União quando explorado em desacordo com o título); Lei n. 9.605/98 (art. 63 e 64 estabelecem crimes ambientais contra o patrimônio cultural).

Nesses termos é possível afirmar que os fósseis são de propriedade da União (art. 20 e 216, V da Constituição Federal) e, portanto, somente a ela podem pertencer. Tal patrimônio, entretanto, pode ficar sob a guarda de instituições nacionais de ensino e pesquisa, assim como parques temáticos e museus.

Quanto à coleta do material fossilífero, os fósseis podem ser coletados por instituições nacionais de ensino e pesquisa e, as instituições estrangeiras poderão participar dessa coleta somente em parceria com instituições nacionais e sob a autorização do DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), conforme ditames da Portaria n. 55/90 do Ministério da Ciência e Tecnologia.

A legislação brasileira estabelece penas para os crimes de destruição e receptação do material (art. 163 e 180 do Código Penal) bem como para o crime de exploração em desacordo com a autorização (art. 2º da Lei n. 8.176/91). A Lei n. 9.605/98 estabelece crimes ambientais contra o patrimônio cultural (art. 63 e 64).

A SBP (Sociedade Brasileira de Paleontologia) e o IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional) tem por competência a proteção ao patrimônio cultural brasileiro. Sendo o patrimônio paleontológico considerado patrimônio cultural por determinação legal (art. 216, V da Constituição Federal). Por outro lado, o DNPM tem a função de fiscalizar e controlar o exercício das atividades relacionadas ao patrimônio fossilífero (coleta, transporte, entre outras), conforme previsão do Decreto-lei n. 4.146/42. A SBP e o IPHAN devem buscar a proteção ao patrimônio fossilífero, principalmente, através do tombamento de sítios paleontológicos.

Considera-se patrimônio fossilífero:

I - sítio paleontológico, o lugar, a área ou a região onde existam fósseis expostos ou qualquer sinal de plantas ou animais, pré-históricos ou extintos.

II – Fóssil é todo resto ou vestígio de plantas ou animais pré-históricos, sob qualquer forma de preservação, ainda que em partes, bem como os sinais de suas atividades biológicas;

§ 2º - São, também, declarados integrantes do patrimônio cultural do Estado, para os fins desta lei:

I - os icnofósseis, como tocas, rastros ou pegadas de animais pré-históricos, bem como seus ovos e coprólitos;

II - os fósseis de invertebrados, inclusive impressões ou qualquer outra forma de preservação, ainda que parcial;

III - os fósseis de vertebrados, especialmente quando permineralizados ou conservados de outro modo, como os moldes ou qualquer outra forma de fossilização.

IV- os fósseis de plantas, inclusive as silicificações, como impressões e carbonizações ou qualquer outra qualquer forma de fossilização de raízes, troncos, ramos, folhas, inflorescências, flores e frutificações.

### **3. MATERIAL E MÉTODO**

#### **3.1. Atividade de campo**

O método utilizado no trabalho de campo segue Buchmann *et al.* (2009), e consiste no georreferenciamento com uso de um GPS marca *Garmin* modelo *Etrex Legend H* (tabelas 1 e 2) e fotografias com uma máquina *NIKON D60* com lente *SIGMA* grande angular 12-24mm F4.5-5.6 DG e com uma máquina *PANASONIC Lumix DMC-FP1*.

**Tabela 1** – Cavidades avaliadas no Bloco 8.

	<b>UTM E</b>	<b>UTM N</b>	<b>Elevação (m)</b>
<b>70</b>	743342	8203313	723
<b>91</b>	743349	8201351	712
<b>107</b>	743010	8204229	770
<b>121</b>	741262	8204153	776
<b>122</b>	741249	8204143	780
<b>130</b>	741302	8204183	778
<b>131</b>	741322	8204185	772
<b>132</b>	741334	8204187	798
<b>133</b>	741433	8204247	782
<b>141</b>	743029	8202182	765
<b>147</b>	743301	8201630	759
<b>153</b>	742219	8200396	799
<b>Lalau</b>	743516	8199107	823

**Tabela 2** – Cavidades avaliadas na área do minerioduto.

	<b>UTM E</b>	<b>UTM N</b>	<b>Elevação (m)</b>
<b>MB 408</b>	485831	8374817	12
<b>MB 411</b>	485831	8374817	12

### **3.2. Atividade de laboratório**

Após o trabalho de campo os dados do GPS foram adquiridos com o programa *TrackMaker* (versão 137) e as fotografias das cavidades foram analisadas e avaliadas. A seguir foi entregue o relatório final com figuras e dados em formato editável para avaliação pela SAM e eventuais solicitações de adequações. As atividades foram desenvolvidas no Laboratório de Estratigrafia e Paleontologia da UNESP – Universidade Estadual Paulista (campus São Vicente).

#### 4. RESULTADOS

O Estudo Paleontológico Complementar avaliou 15 cavidades, sendo 13 cavidades na área do Bloco 8 e 2 cavidades na área do minerioduto. Na figura 8 observamos o mapa das estradas e cavidades elaborado com os pontos e o traçado do GPS. As cavidades 70, 91, 107, 121, 122, 130, 131, 132, 133, 141, 147, BM 408 e BM 411 foram identificadas como abrigos formados principalmente por abatimento de blocos. As cavidades 153 e Lalau foram identificadas como cavernas formadas por dissolução.

Não foram identificados fósseis ou icnofósseis, portanto, não foram identificadas paleotocas escavadas pela megafauna de mamíferos extintos, e as cavidades não foram valoradas sob aspecto paleontológico, sendo descritas a seguir.

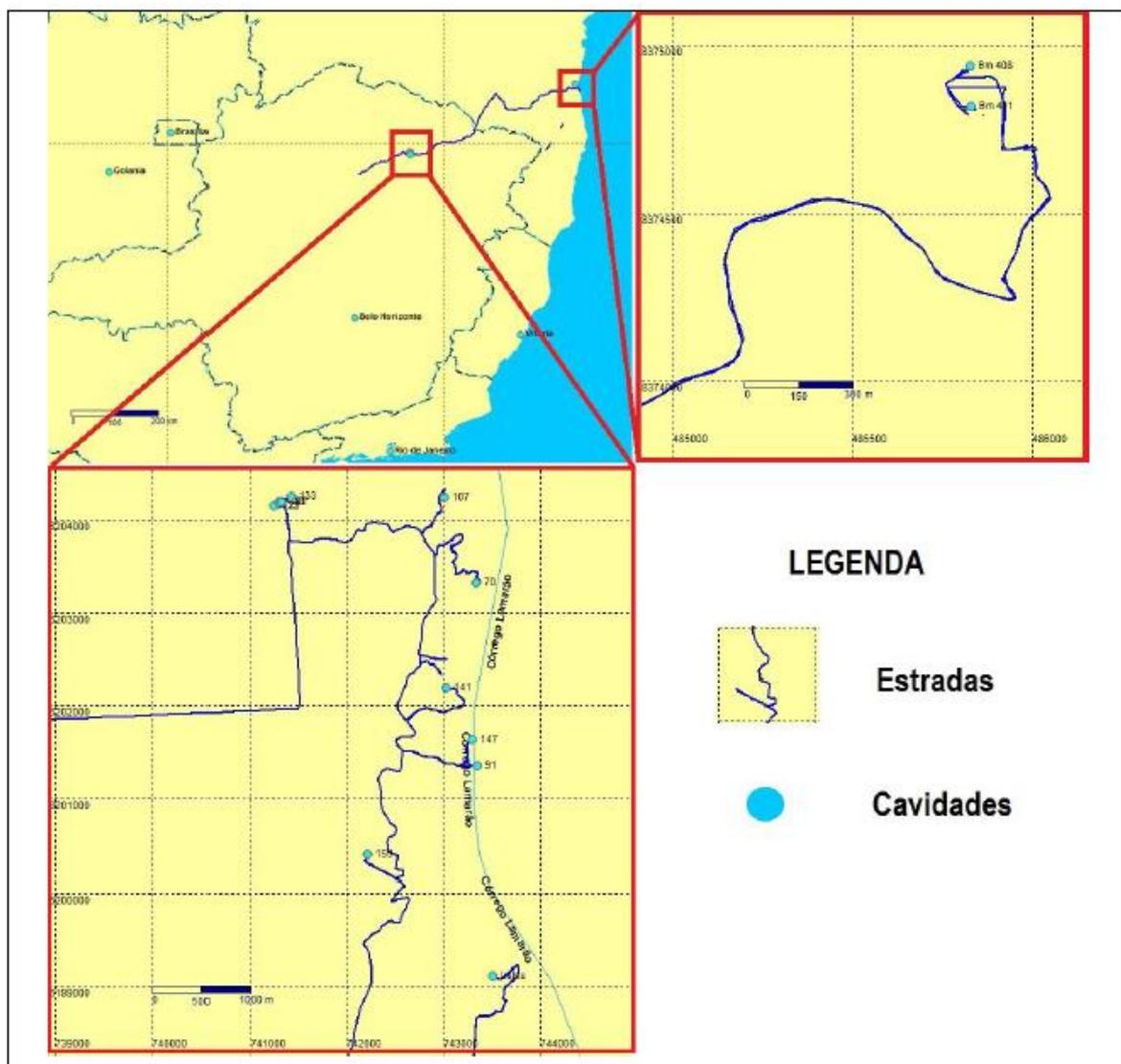


Figura 8 – Mapa das estradas e cavidades elaborado com os dados obtidos do GPS.

#### 4.1 Caverna 70

A caverna 70 foi identificada como um abrigo rochoso formado por abatimento de blocos. Grandes planos de falhas e respectivos blocos abatidos podem ser observados (Figura 9).

O local está próximo do rio, provavelmente sob ação de água durante enchentes.



**Figura 9** – Fotografia da caverna 70 com exposição de planos de falhas e blocos abatidos

#### 4.1 Caverna 91

A caverna 91 foi identificada como um abrigo rochoso formado por abatimento de blocos; associada a dissolução por água (Figura 10).



Figura 10 – Fotografia da caverna 91.

#### 4.1 Caverna 107

A caverna 107 foi identificada como um abrigo rochoso formado por abatimento de blocos; associada a dissolução por água (Figura 11).

O local está na margem ativa do rio, sob ação direta de água durante enchentes.



**Figura 11** – Fotografia da caverna 107.

#### 4.1 Caverna 121

A caverna 121 foi identificada como um abrigo rochoso formado através da dissolução por água; associada abatimento de blocos (Figura 12).



**Figura 12** – Fotografia da caverna 121.

#### 4.1 Caverna 122

A caverna 122 foi identificada como um abrigo rochoso formado através da dissolução por água; associada abatimento de blocos (Figura 13).



**Figura 13** – Fotografia da caverna 122.

#### 4.1 Caverna 130

A caverna 130 foi identificada como um abrigo rochoso formado através da dissolução por água; associada abatimento de blocos (Figura 14).



**Figura 14** – Fotografia da caverna 130.

#### 4.1 Caverna 131

A caverna 131 foi identificada como um abrigo rochoso formado através da dissolução por água; associada abatimento de blocos (Figura 15).



**Figura 15** – Fotografia da caverna 131.

#### 4.1 Caverna 132

A caverna 132 foi identificada como um abrigo rochoso formado através da dissolução por água; associada abatimento de blocos (Figura 16).



**Figura 16** – Fotografia da caverna 132.

#### 4.1 Caverna 133

A caverna 133 foi identificada como um abrigo rochoso formado através da dissolução por água; associada abatimento de blocos (Figura 17).

A presença de espeleotemas confirma a origem pela percolação e dissolução por água.



**Figura 17** – Fotografia da caverna 133, com destaque nos espeleotemas.

#### 4.1 Caverna 141

A caverna 141 foi identificada como um abrigo rochoso formado por abatimento de blocos; associada a dissolução por água (Figura 18).

O local está na margem ativa do rio, diretamente sob ação de água, e provavelmente submerso durante enchentes.



Figura 18 – Fotografia da caverna 141.

#### 4.1 Caverna 147

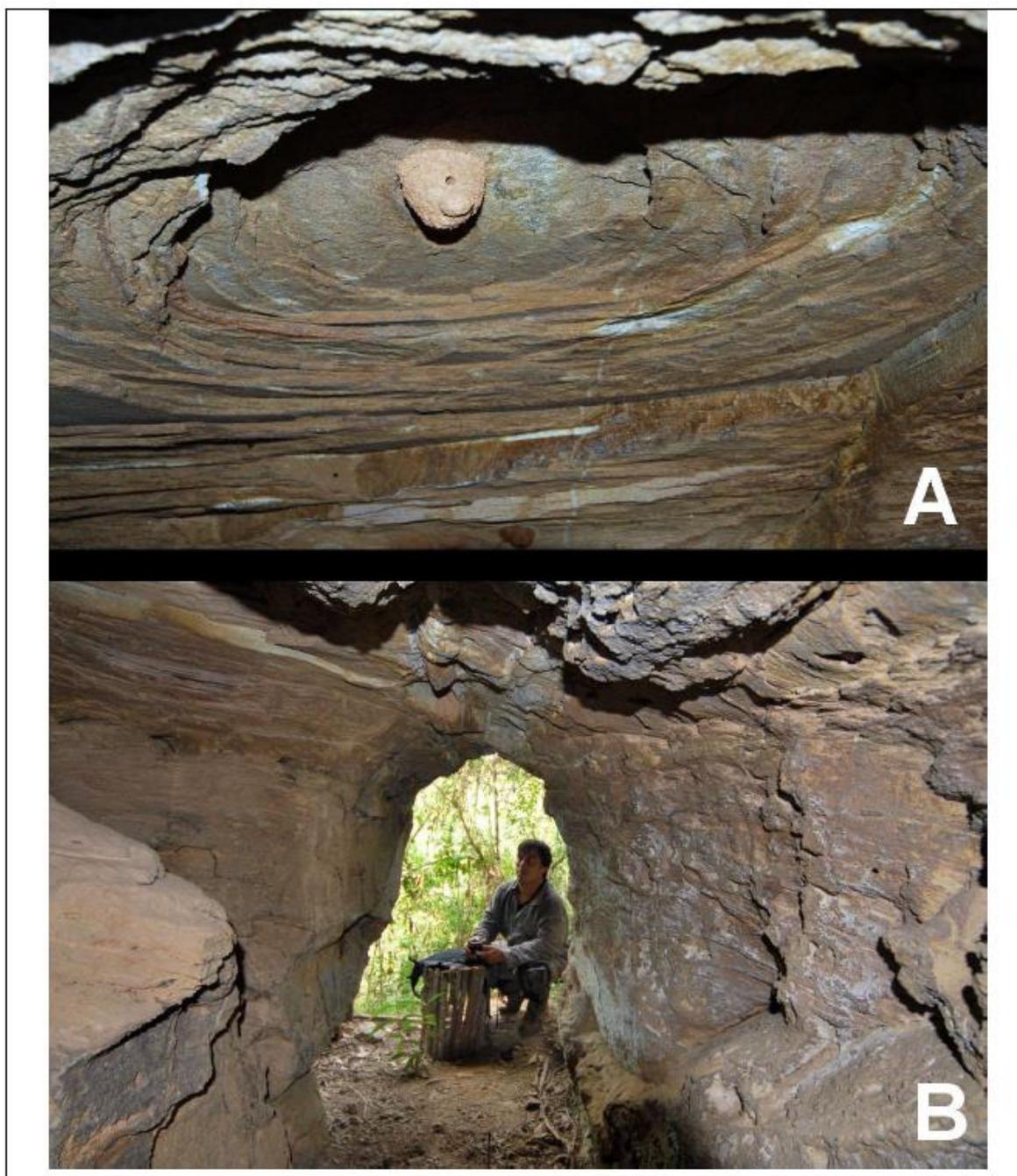
A caverna 147 foi identificada como um abrigo rochoso formado por abatimento de blocos; associada a dissolução por água (Figura 19).



**Figura 19** – Fotografia da caverna 147.

#### 4.1 Caverna 153

A caverna 153 foi identificada como uma pequena caverna formada através da dissolução por água; associada abatimento de blocos (Figura 20). Os condutos acompanham os planos de falhas reduzindo de diâmetro a medida que entramos na caverna. A presença de espeleotemas confirma a origem pela percolação e dissolução por água.



**Figura 20** – Fotografia da caverna 153, em a) detalhe do abatimento, b) entrada.

#### 4.1 Caverna Lalau

A caverna Lalau foi identificada como uma caverna formada através da dissolução por água; associada abatimento de blocos (Figura 21). Os condutos acompanham os planos de falhas reduzindo de diâmetro a medida que entramos na caverna. A ressurgência de água abaixo da entrada da caverna e presença de espeleotemas confirma a origem pela percolação e dissolução por água.



**Figura 21** – Fotografia da caverna Lalau, em a) entrada e ressurgência, b) condutos acompanhando o plano de falha e reduzindo de diâmetro.

#### 4.1 Caverna BM 408

A caverna BM 408 foi identificada em rochas sedimentares frágeis do Grupo Barreiras (Mioceno) como um abrigo rochoso formado por abatimento de blocos; associada a dissolução por água (Figura 22).

O local situado na Mata Atlântica está na margem ativa do rio, diretamente sob ação de água, e provavelmente submerso durante enchentes.



Figura 22 – Fotografia da caverna BM 408.

#### 4.1 Caverna BM 411

A caverna BM 411 foi identificada em rochas sedimentares frágeis do Grupo Barreiras (Mioceno) como um abrigo rochoso formado por abatimento de blocos; associada a dissolução por água (Figura 23).

O local situado na Mata Atlântica está na margem ativa do rio, diretamente sob ação de água, e provavelmente submerso durante enchentes.



**Figura 23** – Fotografia da caverna BM 411.

## 5. CONCLUSÕES

Foram avaliadas 15 cavidades, sendo 13 cavidades na área do Bloco 8 e 2 cavidades na área do minerioduto.

As cavidades 70, 91, 107, 121, 122, 130, 131, 132, 133, 141, 147, BM 408 e BM 411 foram identificadas como abrigos formados principalmente por abatimento de blocos. As cavidades 153 e Lalau foram identificadas como cavernas formadas por dissolução.

Não foram identificados fósseis ou icnofósseis, portanto, não foram identificadas paleotocas escavadas pela megafauna de mamíferos extintos. As cavidades avaliadas apresentaram baixa valoração sob o aspecto paleontológico.

## 6. CONSIDERAÇÕES SOBRE O POTENCIAL FOSSILÍFERO

Embora não tenham sido identificados fósseis e icnofósseis (paleotocas escavadas pela megafauna de mamíferos extintos), a área de estudo tem elevado potencial fossilífero. A geografia recortada por falhas e dobramentos associada à drenagem hídrica favorece a ocorrência de fósseis da megafauna e suas paleotocas.

## BIBLIOGRAFIA

- Alkmim, F.F & Martins-Neto M.A. 2001. A bacia intracratônica do São Francisco: Arcabouço estrutural e cenários evolutivos. *In*: Pinto, C.P.; Martins-Neto, M.A. (eds.) **Bacia do São Francisco: geologia e recursos naturais**. Belo Horizonte, SBG-MG, p.9-30.
- Ameghino, F. 1908. Las formaciones sedimentarias de la región litoral de Mar del Plata y Chapadmalal. **Museo de Historia Natural de Buenos Aires**, 7(3): 343-428.
- Arai, M. 2006. A Grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Revista do Instituto de Geociências**, Sér. Cient., São Paulo, 6(2): 1-6,
- Babinski, M.; Gradim, R.J.; Pedrosa-Soares, A.C.; Alkmim, F.F.; Noce, C.M. & Liu, D. 2005. Geocronologia U-Pb (SHRIMP) e Sm-Nd de xistos verdes basálticos do Orógeno Araçá: Implicações para a idade do grupo Macaúbas. **Revista Brasileira de Geociências**, 35(4-suplemento): 77-81.
- Becker, M. & Dalponte, J.C. 1999. **Rastros de mamíferos silvestres brasileiros**. Ed. UnB; Ed. IBAMA, 180p.

- Bergqvist, L.P. & Maciel, L. 1994. Icnofósseis de mamíferos (crotovinas) na planície costeira do Rio Grande do Sul. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **66**(2): 189-197.
- Buchmann, F.S.C.; Caron, F.; Lopes, R.P. & Tomazelli, L.J. 2003. Traços fósseis (paleotocas e crotovinas) da megafauna extinta no Rio Grande do Sul, Brasil. 9<sup>o</sup> Congresso da ABEQUA Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Recife, PE, **Anais ...** CD-ROOM.
- Buchmann, F.S.C.; Caron, F. & Lopes, R.P. 2005. Novas paleotocas de tatus gigantes extintos identificadas no Estado de São Paulo: Comparação com o Rio Grande do Sul e a Argentina. Reunião Regional de Paleontologia - Paleo 2005, Porto Alegre. **Resumos**.
- Buchmann, F.S.C.; Farias, D.S.E. & Fornari, M. 2008a. Ocupação das paleotocas de tatus gigantes extintos por índios do grupo Jê no sul de Santa Catarina, Brasil. VI Encontro SAB Sul, Tubarão, SC. **Resumos**, p.35.
- Buchmann, F.S.C.; Lopes, R.P. & Caron, F. 2008b. Paleotocas de mamíferos extintos no sudeste e sul do Brasil. VI Simpósio Brasileiro de Paleontologia de Vertebrados, Ribeirão Preto, SP, **Boletim de resumos**, 56-57.
- Buchmann, F.S.; Lopes, R.P., Caron, F. 2009. Icnofósseis (Paleotocas e Crotovinas) atribuídos a mamíferos extintos no Sudeste e Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, **12**(3): 247-256.
- Buchmann, F.S.; Frank, H.T.; Lima, L.G.; Caron, F.; Fornari, M. & Lopes, R.P. 2011. 10 anos do Projeto Paleotocas: Estado da arte. In: 13 Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - ABEQUA, 13, Armação dos Búzios, RJ, Brasil. **Anais...** 1 CD-ROM.
- Carmo, F.F.; Carmo, F.F.; Salgado, A.A.S. & Jacobi, C.M. 2011a. Novo sítio espeleológico em sistemas ferruginosos, no vale do rio Peixe Bravo, norte de Minas Gerais, Brasil. **Espeleo-Tema** **22**(1): 25-39.
- Carmo, F.F.; Carmo, F.F.; Buchmann, F.S.C.; Frank, H.T. & Jacobi, C.M. 2011b. Primeiros registros de paleotocas desenvolvidas em formações ferríferas, Minas Gerais, Brasil. **Anais** do 31<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Espeleologia, Ponta Grossa, PR, pp. 531-540.
- Carvalho, I.S. & Fernandes, A.C.S. 2000. Icnofósseis. In: Carvalho, I.S. (ed.) *Paleontologia*. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 628p.
- Caxito, F.A.; Santos, Y.L.O.P.; Uhlein, A.; Pedreira, A.J. & Faulstich, F.R.L. 2008. A geologia entre Macaúbas e Canatiba (Bahia) e a evolução do Supergrupo Espinhaço no Brasil Oriental. **Geonomos**, **16**(1): 11-20.
- Dondas, A.; Isla, F.I. & Carbalido, J.L. 2009. Paleocaves exhumed from Miramar Formation (Ensenadense Stage-age, Pleistocene), Mar del Plata, Argentina. **Quaternary International**, **210**: 44-50.
- Edmond, G. 1985a. The fossil giant armadillos of North America (Pampatheriinae, Xenarthra = Edentata). In: Montgomery, G. G. (ed) **The evolution and ecology of armadillos, sloths, and vermilinguas**. Smithsonian Institution Press, 83-93.
- Edmond, G. 1985b. The armor of fossil giant armadillos (Pampatheriinae, Xenarthra = Edentata). Number 40, **Pearce-Sellards series**, Texas Memorial Museum, University of Texas, 1-40.

- Frank, H.T.; Buchmann, F.S.C.; Ribeiro, A.M.; Lopes, R.P.; Caron, F. & Lima, L.G. 2008a. New palaeoburrows (ichnofossils) in the state of Rio Grande do Sul, Brazil (Southeastern edge of the Paraná basin, South America). Reunião Regional de Paleontologia - Paleo 2005, Porto Alegre. **Resumos**, p.27.
- Frank, H. T.; Buchmann, F. S. C.; Ribeiro, A. M.; Lopes, R. P.; Caron, F. & Lima, L. G. (2008b). Crotovine (filled palaeoburrows) patterns on the southeast limit of the Paraná basin (Rio Grande do Sul, Brazil). Reunião Regional de Paleontologia - Paleo 2005, Porto Alegre. **Resumos**, p.26.
- Frank, H. T. 2009. Paleotocas na região metropolitana de Porto Alegre. **Boletim eletrônico da Sociedade de Espeleologia Brasileira - SBE**, ano 4, nº114, [www.sbe.com.br/sbenoticias/SBENoticias\\_114.pdf](http://www.sbe.com.br/sbenoticias/SBENoticias_114.pdf)
- Frank, H.T.; Caron, F.; Lima, L.G.; Lopes, R.P.; Fornari, M. & Buchmann, F.S.C. 2010a. Public understanding of science as a key factor in vertebrate paleontology research. In: VII Simpósio Brasileiro de Paleontologia de Vertebrados, Rio de Janeiro, **Anais**, 1 CD-ROM.
- Frank, H.T.; Caron, F.; Lima, L.G.; Lopes, R.P.; Fornari, M. & Buchmann, F.S.C 2010b. The occurrence pattern of large Cenozoic palaeoburrows in a pilot area in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. In: VII Simpósio Brasileiro de Paleontologia de Vertebrados, Rio de Janeiro, **Anais**, 1 CD-ROM.
- Frank, H.T.; Caron, F.; Lima, L.G.; Lopes, R.P.; Fornari, M. & Buchmann, F.S.C 2010c. Uma caverna formada por processos biofísicos e geológicos: A Paleotoca do Arroio da Bica (Nova Hartz, Rio Grande do Sul, Brasil). In: II Simpósio Sul-Brasileiro de Espeleologia. Ponta Grossa (PR), Julho de 2010. **Anais**, 1 CD-ROM.
- Frank, H.T.; Caron, F.; Lima, L.G.; Lopes, R.P.; Azevedo, L.W.; Fornari, M. & Buchmann, F.C.S. 2010d. Paleotocas e o Cadastro Nacional de Cavernas Brasileiras - Uma Discussão. In: II Simpósio Sul-Brasileiro de Espeleologia. Ponta Grossa (PR), Julho de 2010. **Anais**, 1 CD-ROM.
- Frank, H.T., Lima, L.G., Caron, F., Buchmann, F.C.S., Fornari, M. & Lopes, R.P., 2010e. The megatunnels of the South American Pleistocene megafauna. In: Simpósio Latinoamericano de Icnologia, São Leopoldo, Brasil, Novembro 2010. **Resúmenes/Abstracts**, p. 39.
- Frank, H.T., Lima, L.G., Caron, F., Buchmann, F.C.S., Fornari, M. & Lopes, R.P., 2010f. Palaeovertebrate tunnels from the granitic area of Porto Alegre and Viamão (Rio Grande do Sul, Brazil). In: Simposio Latinoamericano de Icnología, São Leopoldo, Brasil, Novembro 2010. **Resúmenes/Abstracts**, p. 40.
- Frank, H.T., Lima, L.G., Caron, F., Lopes, R.P., Buchmann, F.C.S. & Fornari, M., 2010g. Phealth and life risks in large palaeovertebrate Tunnel Research. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Paleontologia - PALEO 2010, Seção RS, 9-10 de Dezembro de 2010, Porto Alegre, RS, Brasil. **Resumos**... 1 CD-ROM.
- Frank, H.T., Lima, L.G., Caron, F., Lopes, R.P., Buchmann, F.C.S. & Fornari, M., 2010h. Discovery Strategies of Large Palaeovertebrate Tunnels in Southernmost Brazil. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Paleontologia - PALEO 2010, Seção RS, 9-10 de Dezembro de 2010, Porto Alegre, RS, Brasil. **Resumos**... 1 CD-ROM.

- Frank, H.T., Buchmann, F.C.S., Lima, L.G., Lopes, R.P., Fornari, M. & Caron, F. 2011a. Interdisciplinaridade Aplicada a Paleotocas. In: Congresso Brasileiro de Espeleologia, 31, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Resumos...**, 1 CD-ROM.
- Frank, H.T., Buchmann, F.C.S., Lima, L.G., Caron, F., Lopes, R.P. & Fornari, M., 2011b. Karstic Features Generated from Large Palaeovertebrate Tunnels in Southern Brazil. **Espeleo-Tema**, **22**(1): 139-143, SBE, Campinas, SP.
- Frank, H.T., Lima, L.G., Buchmann, F.C.S., Fornari, M., Caron, F. & Lopes, R.P., 2011c. Paleotocas em Terrenos Graníticos no Rio Grande do Sul, Brasil. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Paleontologia - PALEO 2011, Seção RJ/ES, 7-10 de Dezembro de 2011, Alegre, MG, Brasil. **Resumos...** 1 CD-ROM.
- Gradim, R.J.; Alkmin, F.F.; Pedrosa-Soares, A.C.; Babinski, M.; & Noce, C.M. 2005. Xistos verdes do Alto Araçuaí, Minas Gerais: Vulcanismo básico do rifte Neoproterozóico Macaúbas. **Revista Brasileira de Geociências**, **35**(4-suplemento): 59-69.
- Kraglievich, J. 1952. El perfil geológico de Chapadmalal y Miramar, Prov. de Buenos Aires. **Revista del Museo de Ciencias Naturales y Tradicionales**, Mar del Plata, **1**(1): 8-37.
- Lima, L.G.; Frank, H.T.; Caron, F.; Lopes, R.P.; Buchmann, F.C.S. & Fornari, M. 2010. A New Pattern of Digging Marks in Large Palaeovertebrate Tunnels. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Paleontologia - PALEO 2010, Seção RS, 9-10 de Dezembro de 2010, Porto Alegre, RS, Brasil. **Resumos...** 1 CD-ROM.
- Lima, L.G.; Frank, H.T.; Buchmann, F.C.S.; Fornari, M.; Caron, F. & Lopes, R.P. 2011. Archaeology versus Paleontology: The Question of the South American Palaeovertebrate Tunnels. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - ABEQUA, 13, Armação dos Búzios, RJ, Brasil. **Anais...** 1 CD-ROM.
- Machado, N.; Schrank, A.; Abreu, F.R.; Knauer, L.G. & Almeida-Abreu, P.A. 1989. Resultados preliminares da geocronologia U-Pb na serra do Espinhaço Meridional. **Boletim do Núcleo Minas Gerais – Sociedade Brasileira de Geologia**, **10**: 171-174.
- Martins, M.S.; Karfunkel, J.; Noce, C.M.; Babinski, M.; Pedrosa-Soares, A.C.; Sial, A.N. & Lyu, D. 2008. A sequencia pré-glacial do Grupo Macaúbas na área-tipo e o registro da abertura do rifte Araçuaí. **Revista Brasileira de Geociências**, **38**: 768-779.
- Noce, C.M.; Pedrosa-Soares, A.C.; Grossi-Sad, J.H.; Baars, F.J.; Guimarães, M.L.V.; Mourão, M.A.A.; Oliveira, M.J.R. & Roque, N.C. 1997. Nova divisão estratigráfica regional do Grupo Macaúbas na faixa de Araçuaí: Registro de uma bacia Neoproterozóica. **Boletim do Núcleo Minas Gerais – Sociedade Brasileira de Geologia**, **14**: 29-31.
- Noce, C.M.; Pedrosa-Soares, A.C.; Grossi-Sad, J.H.; Baars, F.J.; Guimarães, M.V.; Mourão, M.A.A.; Oliveira, M.J.R. & Roque, N.C. 1997. Nova subdivisão Estratigráfica regional do Grupo Macaúbas na Faixa Araçuaí: O Registro de uma bacia Neoproterozóica. **Boletim do Núcleo Minas Gerais - Sociedade Brasileira de Geologia**, **14**: 29-31.
- Ogando, R., Frank, H.T., Buchmann, F.C.S., Fornari, M., Caron, F., Lima, L.G. & Lopes, R.P., 2011. Características cársticas generadas en terrenos graníticos a partir de túneles de paleovertebrados de la Megafauna de América del Sur. In:

- Encuentro Uruguayo de Espeleología, 3. Montevideo, Uruguay, Octubre 2011. **Anais...**
- Ogando, R., Frank, H.T., Lima, L.G., Caron, F., Buchmann, F.C.S., Fornari, M. & Lopes, R.P., 2010. Paleocuevas en la región de la Formación Tacuarembó (Cuenca del Paraná), Uruguay. In: II Encuentro Uruguayo de Espeleología, Montevideo, Uruguay, Setiembre 2010. **Anais**.
- Paula-Couto, C. 1973. Edentados fósseis de São Paulo. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **45**(2): 261-275.
- Paula-Couto, C. 1980a. Um tatu gigante do Pleistoceno de Santa Catarina. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **52**(3): 527-531.
- Paula-Couto, C. 1980b. *Propaopus punctatus* (Lund, 1840) no Pleistoceno de Cerca Grande, Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **52**(2): 323-325.
- Paula-Couto, C. 1982. Pleistocene armadillo from Cantagalo, State Rio de Janeiro. **Iheringia**, série geológica, Porto Alegre, **7**: 65-68.
- Pedrosa-Soares, A.C.; Noce, C.M.; Vidal, P.H.; Monteiro, R.L.B.P. & Leonardos, O.H. 1992. Towards a new tectonic model for the Late Proterozoic Araçuaí (SE-Brazil)-West Congolian (SW African) belt. **Journal of South American Earth Sciences**, **6**(1/2): 33-47.
- Pedrosa-Soares, A.C.; Noce, C.M.; Alkmin, F.F.; Silva, L.C.; Babinski, M.; Cordani, U. & Castaneda, C. 2007. Orógeno Araçuaí: Síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977. **Geonomos**, **15**(1): 1-16.
- Quintana, C. A. 1992. Estructura interna de una paleocueva, posiblemente de un Dasypodidae (Mammalia, Edentata) del Pleistoceno de Mar del Plata (provincia de Buenos Aires, Argentina). **Ameghiniana**, **29**(1): 87-91.
- Silva, L.C.; Pedrosa-Soares, A.C. & Teixeira, L.R. 2008. Tonian rift-related, A-type continental plutonism in the Araçuaí orogeny, Eastern Brazil: New evidences for the breakup stage of the Sao Francisco-Congo paleocontinent. **Gondwana Research**, **13**: 527-537.
- Stevaux, R., Frank, H.T., Lima, L.G., Caron, F., Buchmann, F.C.S., Fornari, M. & Lopes, R.P. 2010. Palaeovertebrate tunnel pattern in granitic terrains: an example from Viamão (state of Rio Grande do Sul, Brazil). In: Simposio Latinoamericano de Icnologia, São Leopoldo, Brasil, Novembro 2010. **Resúmenes/Abstracts**, p. 60.
- Uhlein, A.; Trompette, R.R. & Egydio-Silva, M. 1998. Proterozoic rifting and closure, SE border of the São Francisco Craton, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, **11**(2): 191-203.
- Uhlein, A.; Trompette, R.R.; Egydio-Silva, M. & Vauchez, A. 2007. A Glaciação Sturtiana (750 MA), a Estrutura do Riffe Macaúbas-Santo Onofre e a Estratigrafia do Grupo Macaúbas, Faixa Araçuaí. **Geonomos**, **15**(1): 45-60.
- Vilela, O.V.; Pena, C.A.; Barsotti, T.M. & Jorge, A.S. 1978. **Prospecção das jazidas de minério de ferro dos municípios de Porteirinha, Rio Pardo de Minas, Riacho dos Machados e Grão-Mogol, norte de Minas Gerais**. Congresso Brasileiro de Geologia. 20, Recife. **Anais**. Recife: p.1914-1921.

- Vilela, O.V. 1986. **As jazidas de minério de ferro dos municípios de Porteirinha, Rio Pardo de Minas, Riacho dos Machados e Grão-Mogol, norte de Minas Gerais**. In: Schobbenhaus C. & Coelho C.E.S. Principais Depósitos Minerais do Brasil: Ferro e Metais da Indústria do Aço, **2**: 111-120.
- Vilela, F. T. 2010. **Caracterização de metadiamicritos ferruginosos da Formação Nova Aurora (Grupo Macaúbas, Orógeno Araçuaí) a oeste de Salinas, MG**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais, 135p.
- Vizcaíno, S. F., Zárate, M., Bargo, M. S., & Dondas, A. 2001. Pleistocene burrows in the Mar del Plata area (Argentina) and their probable builders. **Acta Palaeontologica Polonica**, **46**: 157-169.
- Viveiros, J.F.M.; Sá, E.L.; Vilela, O.V.; Santos, O.M. & Moreira, J.M.P. 1979. Geologia dos vales dos Rios Peixe Bravo e Alto Vacaria. Norte de Minas Gerais. **Atas 1º Simpósio Geologia de Minas Gerais**. SBG – Núcleo MG, **Boletim 1**: 75-87.
- Zárate, M. A. & Fasano, J. L. 1989. The Plio-Pleistocene Record of the central eastern Pampas, Buenos Aires province, Argentina: The Chapadmalal case study. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, **72**: 27-52.
- Zárate, M. A.; Bargo, M. S.; Vizcaíno, S. F.; Dondas, A. & Scaglia, O. 1998. Estructuras biogénicas en el Cenozoico tardío de Mar del Plata (Argentina) atribuibles a grandes mamíferos. **Revista AAS - Associação Argentina de Sedimentología**, **5(2)**: 95-103.



**Anexo 11: 2º Estudo Paleontológico Complementar com foco na ocorrência de Paleotocas na área de estudo do Projeto Vale do Rio Pardo**

## RELATÓRIO FINAL

### **“Estudo Paleontológico Complementar com foco na ocorrência de Paleotocas na área de estudo do Projeto Vale do Rio Pardo”**

Contrato de Prestação de Serviços de Pessoa Física - Nº PCA002/2012-CO



Responsável: **Dr. Francisco Sekiguchi Buchmann**

*Laboratório de Estratigrafia e Paleontologia*

*UNESP*

**Código do Contrato: 1VNNS004**

Estudo Paleontológico Complementar que irá compor o Estudo de Relevância das cavidades identificadas na Área de Influência do Complexo Minerário do **Projeto Vale do Rio Pardo**, localizado na divisa dos municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho, Norte de Minas Gerais.

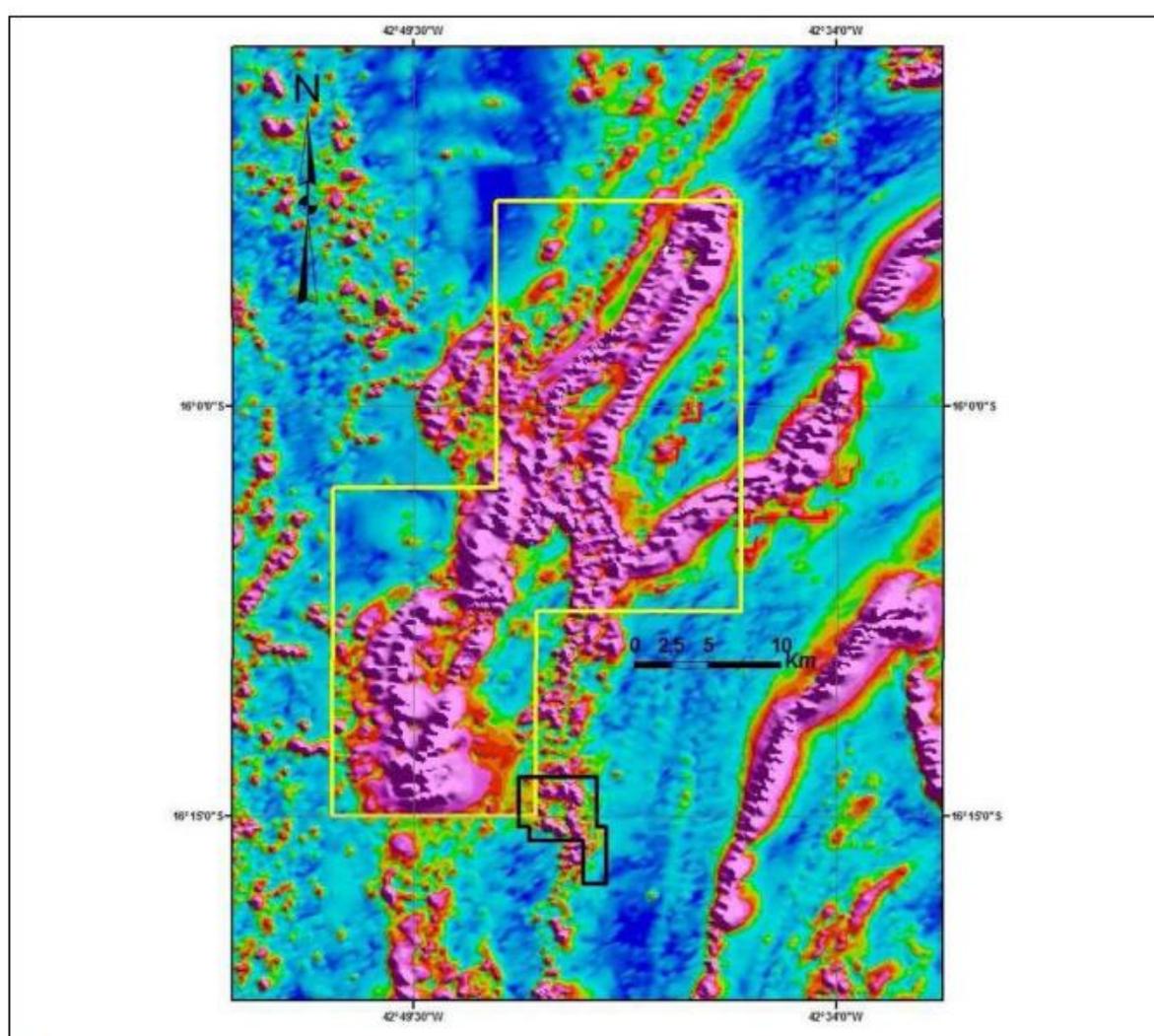
#### **1. OBJETIVO**

Execução de **Estudo Paleontológico Complementar** com foco na ocorrência de Paleotocas para integrar o Estudo de Valoração das cavidades identificadas na área do **Projeto 1VNNS004 da Sul Americana Metais** (SAM) e a elaboração das ilustrações.



Segundo Pedrosa-Soares *et al.* (2007) por volta de 950Ma ocorreu a Tafrogênese Toniana, acompanhada de magmatismo e sedimentação glaciogênica, sendo esta responsável pela formação da Bacia Macaúbas. São encontradas a leste do cráton, no Orógeno Araçuaí, lascas ofiolíticas em meio a unidades de mar profundo pertencentes ao Grupo Macaúbas, o que evidencia a formação de um oceano. Esse processo provocou ainda a reativação de ramos do rifte Espinhaço então existentes (ALKMIM & MARTINS-NETO 2001).

Na fase rifte da bacia Macaúbas (figura 2) depositaram-se as rochas das formações Matão, Duas Barras, Rio Peixe Bravo, pré-glaciais, e Serra do Catuni, Nova Aurora e a parte inferior da Formação Chapada Acauã, glaciogênicas (PEDROSA-SOARES *et al.* 1992; NOCE *et al.* 1997; UHLEIN *et al.* 1998; MARTINS *et al.* 2008). Esse rifte evoluiu para margem passiva e assoalho oceânico.



**Figura 2** – Levantamento aerofísico (2005/2006) na área do Membro Riacho das Poções com destaque em preto para o Bloco 8 (retirado de VILELA, 2010).

Os metadiamicictitos do Grupo Macaúbas (figura 2) representam depósitos subaquosos que foram muito deformados e metamorfisados (NOCE *et al.*, 1997; UHLEIN *et al.*, 2007; PEDROSA-SOARES *et al.* 2010). Estes autores identificaram entre Salinas e Porteirinha, no norte de Minas Gerais as formações Rio Peixe Bravo (filitos e quartzitos) e Nova Aurora (diamictitos ferruginosos ou não, filitos, quartzitos hematíticos bandados). A Formação Nova Aurora apresenta deposição cíclica de sedimentos grossos a finos, acamamento gradado, contatos erosivos entre ciclos e estruturas de carga. é caracterizada pelo enriquecimento em hematita, encerrando enormes depósitos (NOCE *et al.* 1997). Morfologicamente, trata-se de uma área de extensas chapadas dissecadas por meio de um novo ciclo de denudação (VILELA, 1986; VIVEIROS *et al.* 1979).

O Bloco 8 (figura 3) está inserido localmente no geossistema cangas/formações ferríferas associado ao membro Riacho Poções (Formação Nova Aurora). O Membro Riacho Poções é representado por pacote de metadiamicictito hematítico, com espessura de até 90m, e intercalações localizadas de metadiamicictito magnetítico cinza com até 10m de espessura. Essa unidade constitui-se predominantemente por metadiamicictitos hematíticos, quartzitos hematíticos e xistos hematíticos subordinados (VILELA, 1986). Segundo Vilela *et al.* (1978), os metadiamicictitos hematíticos, que constituem o minério de ferro, apresentam bandeamento e são formados por leitos de quartzo contendo cristais de hematita, que se alternam com leitos de hematita associada à sericita e clorita. Grande parte de toda essa sequência de litotipos hematíticos está sob uma extensa cobertura de canga, que frequentemente atinge cerca de 30 m de espessura. Superficialmente, as cangas apresentam fragmentos detríticos de minério rico e são compostas geralmente por limonita pura (VILELA, 1986). As altitudes dos platôs de canga variam entre 850 e 950 m, ocorrendo um desnível de até 80 m em relação às superfícies terciárias contíguas.

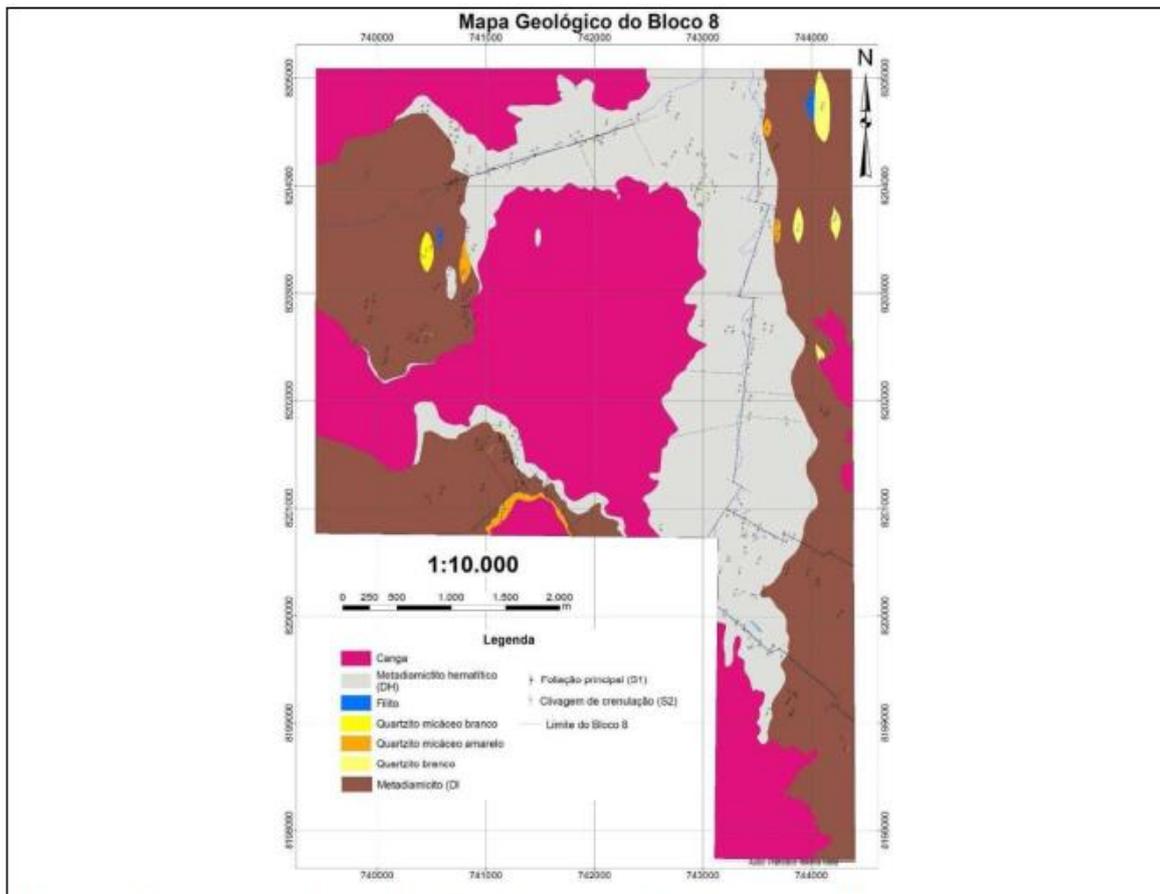


Figura 3 – Mapa geológico do Bloco 8 (retirado de VILELA, 2010).

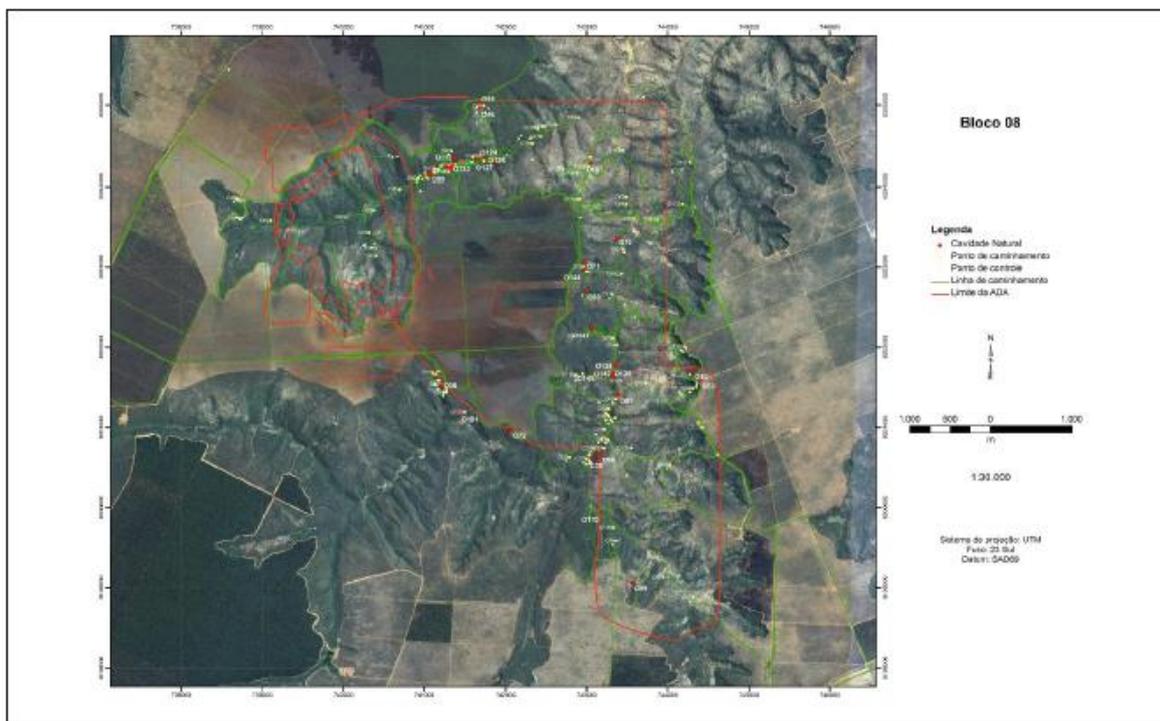


Figura 4 – Distribuição das cavidades no Bloco 8 (Fonte: BRANDT).

## 2.2 PALEONTOLOGIA

---

As paleotocas encontradas no Brasil se enquadram na classificação de cavidades naturais subterrâneas, ou seja, são cavernas (FRANK *et al.*, 2010a,b,c,d), portanto, devem ser resguardadas pelos parâmetros legais de proteção do patrimônio espeleológico. Os autores classificam as paleotocas de acordo com seu grau de preservação e abundância em quatro tipos: a) formado pelas paleotocas integralmente preservadas, sem preenchimento e cuja seção é praticamente circular, sem apresentar feições de colapso de teto nem de erosão do piso; b) formado por paleotocas que sofreram a erosão por águas correntes; c) formado pelas paleotocas parcialmente preenchidas por sedimentos; d) formado por paleotocas integralmente preenchidas, denominadas de crotovinas.

Buchmann *et al.* (2009, 2011) destacam a importância das paleotocas por representarem um grande potencial paleontológico, provavelmente contendo fósseis em seu interior. No caso das paleotocas do Peixe Bravo, Minas Gerais, por se tratarem de estruturas ocorrentes dentro de cavernas, o potencial paleontológico aumenta, uma vez que os condutos das cavernas se encontram em zona afótica e distante da entrada, o que dificulta a ação do intemperismo, facilitando a preservação de possíveis fragmentos fósseis. Além disso, as cavernas apresentam uma alta taxa de sedimentação no solo, o que pode ter encoberto possíveis registros fósseis. Cavernas podem se formar por vários processos geológicos, sendo os mais comuns a dissolução de rochas sedimentares químicas (calcários) e processos erosivos em rochas sedimentares clásticas ou em zonas cisalhadas em rochas magmáticas e metamórficas. Um caso especial de cavernas são as paleotocas, que são icnofósseis, túneis escavados por mamíferos extintos de grande porte da megafauna pleistocênica sul-americana (FRANK *et al.* 2010e,f,g,h, 2011b).

As paleotocas (icnofósseis) na América do Sul foram primeiramente descritas em afloramentos do litoral argentino entre as cidades de Mar del Plata e Miramar (Província de Buenos Aires), em sedimentos areno-lamosos de coloração castanha amarelado a castanho avermelhado, de idade Plio-Pleistoceno com cerca de 3 milhões de anos (AMEGHINO, 1908; KRAGLIEVICH, 1952; DONDAS *et al.* 2009). No Uruguai as paleotocas são recentemente descritas por Ogando *et al.* (2010, 2011). São estruturas de bioerosão e ocorrem na forma de galerias desobstruídas, possibilitando acesso ao seu interior.

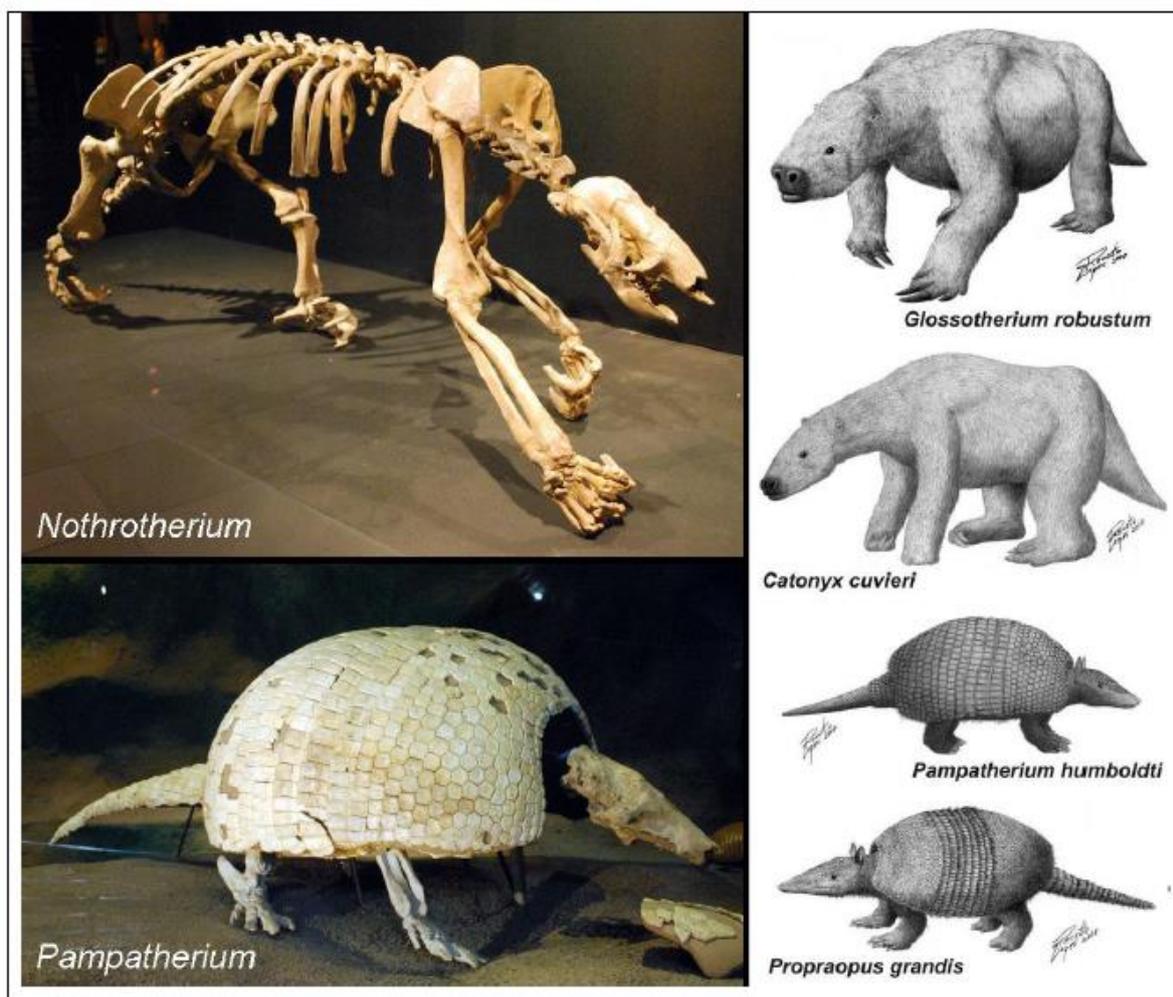
A ausência de restos fósseis no interior das galerias impede a identificação precisa do organismo responsável por sua escavação. As dimensões das galerias, as

marcas de escavação e marcas de osteodermos presentes ao longo das galerias sugerem pelo menos dois escavadores: a) mamíferos xenartros dasipodídeos (tatu-gigante) no caso de galerias com diâmetro entre 0,7 e 1,4 m, e b) mamíferos xenartros milodontídeos (preguiça-gigante) no caso das galerias com diâmetro de até 4 m. A idade das paleotocas está entre 3 milhões de anos e 400 mil anos, devido a ocorrência em depósitos pleistocênicos, não se descarta a possibilidade de idades próximas a 10 mil anos (BUCHMANN *et al.* 2009).

Entre os dasipodídeos de grande tamanho (tatus-gigantes) temos o *Pampatherium* sp. e/ou *Holmesina* sp. (Pampatheriinae), *Eutatus* e/ou *Propraopus* sp. (Dasypodinae). Entre os milodontídeos cavadores (preguiças-gigantes) temos *Nothrotherium* (*Valgipes*) ou *Eremotherium* que habitavam o cerrado brasileiro e o pampa argentino, respectivamente (ZÁRATE & FASANO, 1989; QUINTANA, 1992; ZÁRATE *et al.*, 1998; VIZCAÍNO *et al.*, 2001). A megafauna de mamíferos representada pelos seus fósseis e icnofósseis (paleotocas) foi extinta no final do Pleistoceno, e pode ser encontrada em diversas fácies sedimentares em toda a América do Sul (figura 5).

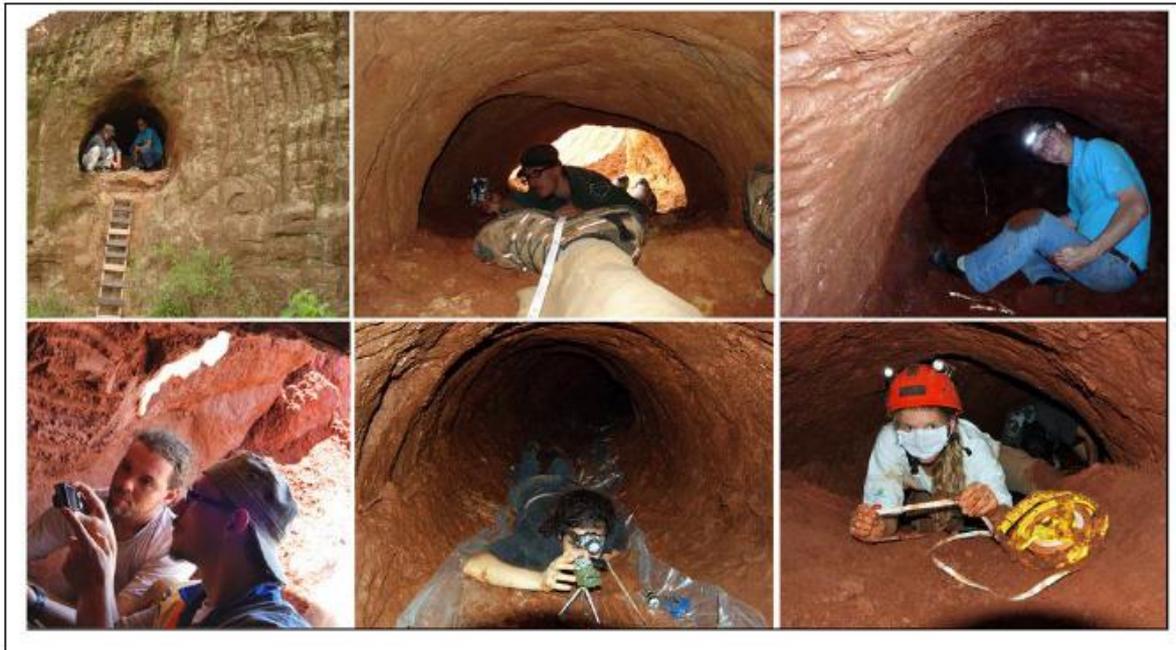
No Brasil, as paleotocas foram registradas por paleontólogos no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo (BERGQVIST & MACIEL, 1994; BUCHMANN *et al.*, 2003, 2005, 2008a,b, 2009, 2011; FRANK *et al.* 2008a,b, 2009, 2010a,b,c,d,e,f,g,h; 2011a,b,c; LIMA *et al.*, 2010, 2011, STEVAUX *et al.*, 2010), e recentemente em Minas Gerais (CARMO *et al.* 2011b). São consideradas estruturas de moradia temporária ou permanente, e podem ser incluídas na classe etológica *Domichnia* (CARVALHO & FERNANDES, 2000). “Crotovina” é o termo que se atribui a uma paleotoca preenchida por sedimento, enquanto “dolina” é uma paleotoca cujo teto sofreu desabamento.

Segundo Buchmann *et al.* (2011) e Frank *et al.* (2011a,b,c) os levantamentos topográficos e fotográficos das paleotocas no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, revelaram túneis com dezenas a centenas de metros de comprimento. As análises têm como objetivo a descrição das dimensões e estrutura interna da galeria (morfologia, orientação, ramificações) que permitiram visualizar seu posicionamento espacial (figura 6). Segundo os autores, a *galeria de passagem* tem seção transversal variando de subcircular a subelíptico, sendo utilizada para a locomoção no interior da toca, conectando duas ou mais câmaras de giro. A *câmara de giro* tem forma elíptica horizontal, sendo o local dentro da galeria onde o animal pode fazer um giro sobre si mesmo, mudando a direção de locomoção dentro da toca.



**Figura 5** – Esqueleto de *Nothrotherium* (preguiça-gigante) e *Pampatherium* (tatu-gigante). Originais fotografados no Museu da PUC-MG. Desenhos de Renato Lopes.

Normalmente a galeria e a câmara de giro apresentam marcas de arrasto da carapaça e/ou marcas de garras dos membros durante a escavação. A classificação das marcas nas paredes das galerias foi feita através de comparação com as descrições nos trabalhos de Paula Couto (1973, 1980a, 1980b, 1982); Edmond (1985a, 1985b); Quintana (1992); Bergqvist & Maciel (1994), Becker & Dalponte (1999), Buchmann *et al.* (2009) e Frank *et al.* (2010b,c, 2011b).



**Figura 6** – Atividades de pesquisa desenvolvidas pelo projeto Paleotocas (retirado de Buchmann *et al.* 2011)

A primeira descrição de paleotocas em sistemas ferruginosos foi feita por Carmo *et al.* (2011a,b). Os autores não descrevem longos túneis conectados por câmaras, entretanto, descrevem salões e galerias de grande volume, com três novas ocorrências no estado de Minas Gerais. As cavidades estão localizadas na região conhecida como Vale do Rio Peixe Bravo, MG.

Frank *et al.* (2010b,e) registram paleotocas semelhantes as de Carmo *et al.* (2011b), Frank *et al.* (2010c, 2011b) descrevem paleotocas compostas por grandes túneis ou salões, com larguras de até 4,2 metros, alturas de até 2,0 metros e comprimento de até 40 metros. Possuem sinuosidade média e, em suas paredes, observamos marcas de escavação e superfícies lisas por atrito. No teto estão preservadas mais de 3.000 marcas de garra. As características gerais do abrigo e a análise da ornamentação das paredes das porções acessíveis permitem concluir que se trata de um abrigo subterrâneo escavado por preguiças-gigantes da megafauna Sul-Americana.

## LEI DE PROTEÇÃO AO PATRIMÔNIO FOSSILÍFERO

A lei de proteção ao patrimônio fossilífero (paleontológico), é a Constituição Federal da República Federativa do Brasil que, nos seus artigos 20 e 216, V, determina que esse patrimônio é de propriedade da União. Ademais a legislação infraconstitucional também trata do tema através das seguintes fontes: Portaria n. 55/90 do Ministério da Ciência e Tecnologia (regulamenta a coleta de materiais por estrangeiros); Código Penal (art. 163 e 180 tratam dos crimes de destruição de coisa alheia e receptação); Lei n. 7.347/85 (trata da ação civil pública em virtude de danos contra o meio-ambiente); Lei n. 8.176/91 (art. 2 trata do crime de usurpação do patrimônio da União quando explorado em desacordo com o título); Lei n. 9.605/98 (art. 63 e 64 estabelecem crimes ambientais contra o patrimônio cultural).

Nesses termos é possível afirmar que os fósseis são de propriedade da União (art. 20 e 216, V da Constituição Federal) e, portanto, somente a ela podem pertencer. Tal patrimônio, entretanto, pode ficar sob a guarda de instituições nacionais de ensino e pesquisa, assim como parques temáticos e museus.

Quanto à coleta do material fossilífero, os fósseis podem ser coletados por instituições nacionais de ensino e pesquisa e, as instituições estrangeiras poderão participar dessa coleta somente em parceria com instituições nacionais e sob a autorização do DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), conforme ditames da Portaria n. 55/90 do Ministério da Ciência e Tecnologia.

A legislação brasileira estabelece penas para os crimes de destruição e receptação do material (art. 163 e 180 do Código Penal) bem como para o crime de exploração em desacordo com a autorização (art. 2º da Lei n. 8.176/91). Ademais, a Lei n. 9.605/98 estabelece crimes ambientais contra o patrimônio cultural (art. 63 e 64). A SBP (Sociedade Brasileira de Paleontologia) e o IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional) tem por competência a proteção ao patrimônio cultural brasileiro. Sendo o patrimônio paleontológico considerado patrimônio cultural por determinação legal (art. 216, V da Constituição Federal). Por outro lado, o DNPM tem a função de fiscalizar e controlar o exercício das atividades relacionadas ao patrimônio fossilífero (coleta, transporte, entre outras), conforme previsão do Decreto-lei n. 4.146/42. A SBP e o IPHAN devem buscar a proteção ao patrimônio fossilífero, principalmente, através do tombamento de sítios paleontológicos.

Considera-se patrimônio fossilífero:

I - sítio paleontológico, o lugar, a área ou a região onde existam fósseis expostos ou qualquer sinal de plantas ou animais, pré-históricos ou extintos.

II – Fóssil é todo resto ou vestígio de plantas ou animais pré-históricos, sob qualquer forma de preservação, ainda que em partes, bem como os sinais de suas atividades biológicas;

§ 2º - São, também, declarados integrantes do patrimônio cultural do Estado, para os fins desta lei:

I - os icnofósseis, como tocas, rastros ou pegadas de animais pré-históricos, bem como seus ovos e coprólitos;

II - os fósseis de invertebrados, inclusive impressões ou qualquer outra forma de preservação, ainda que parcial;

III - os fósseis de vertebrados, especialmente quando permineralizados ou conservados de outro modo, como os moldes ou qualquer outra forma de fossilização.

IV- os fósseis de plantas, inclusive as silicificações, como ágatas, impressões e carbonizações ou qualquer outra qualquer forma de fossilização de raízes, troncos, ramos, folhas, inflorescências, flores e frutificações.

### **3. MATERIAL E MÉTODO**

#### **3.1. Atividade de campo**

O método utilizado no trabalho de campo segue Buchmann *et al.* (2009), e consiste no georreferenciamento com uso de um GPS marca *Garmin* modelo *Etrex Legend* (tabelas 1,2,3). Na paleotoca são feitas medidas de largura, altura com trena e rumo com bússola para avaliar a geometria da galeria. Foram feitas fotografias da paleotoca e das marcas nas paredes, com o objetivo de identificar o organismo responsável pela escavação da galeria, com uma máquina *NIKON* D60 com lente *SIGMA* grande angular 12-24mm F4.5-5.6 DG para avaliar o formato da galeria. Na caverna Mocarorô (coordenadas UTM 745721 e 8228605) foi feito um molde em silicone das marcas para posterior avaliação em laboratório.

**Tabela 1** – Cavidades avaliadas no Bloco 8 e entorno.

<b>Brandt</b>	<b>UTM E</b>	<b>UTM N</b>	<b>Projeção (m)</b>	<b>Elevação (m)</b>
039	743013	8200556	46,24	780
045	741660	8205009	8,11	857
046	741641	8204973		822
059	741066	8204152	74,88	829
072	742071	8200970	36,55	852
0117	741245	8204159		787
0118	741056	8204137	6,63	788
0121	741304	8204206	8,41	793
0110	743182	8199933	21,07	783

**Tabela 2** – Cavidades avaliadas no Vale do Peixe Bravo e entorno.

<b>Brandt</b>	<b>UTM E</b>	<b>UTM N</b>	<b>Projeção (m)</b>	<b>Elevação (m)</b>
Mocororô	745721	8228605	110,00	929
Px - 01	743820	8217159	5,90	735
Px - 03	743744	8217248	9,90	740
Px - 05	743717	8217285	33,30	756
Px - 07	743661	8217252	9,10	741
Px - 08	743732	8217240	18,30	740
Px - 09	743709	8217204	22,90	749
Px - 10	743860	8217133	12,80	731
Jatobá	743172	8215002		748

**Tabela 3** – Cavidades avaliadas na área da adutora e entorno.

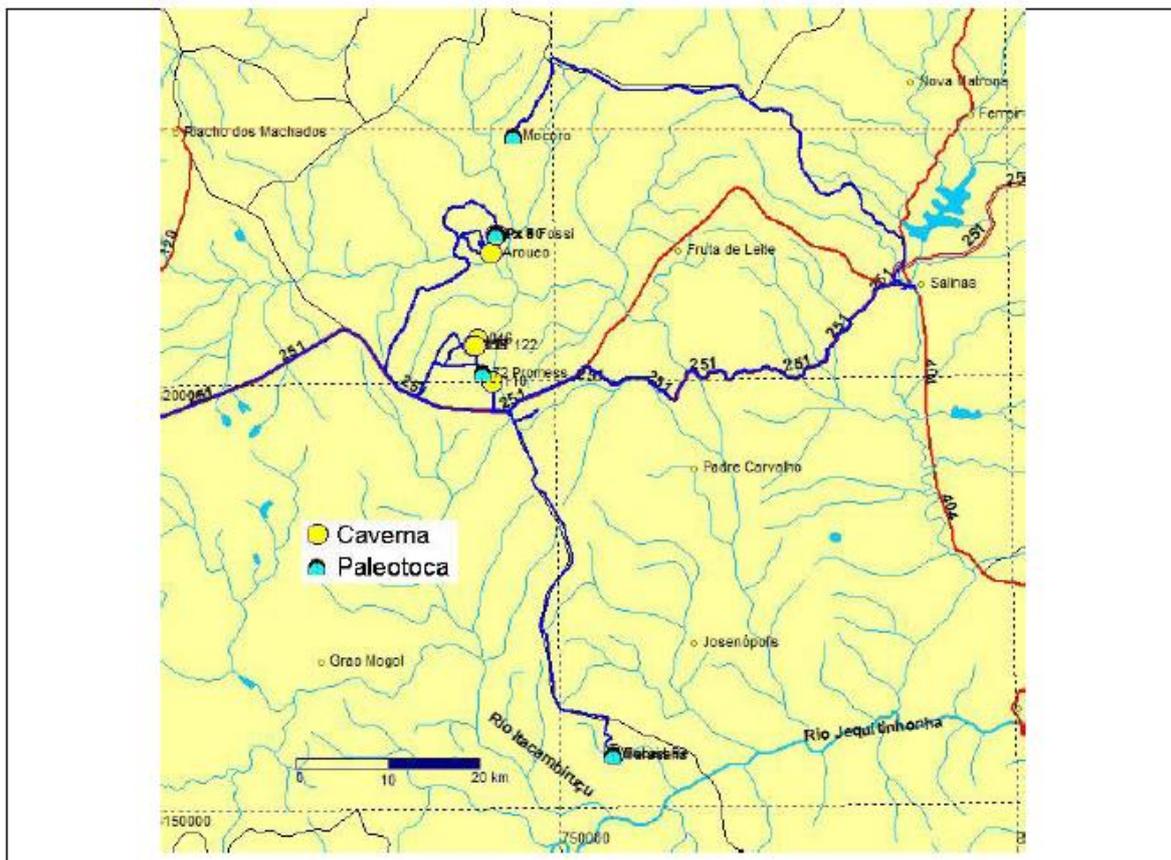
<b>Brandt</b>	<b>UTM E</b>	<b>UTM N</b>	<b>Projeção (m)</b>	<b>Elevação (m)</b>
Boca Soberba	756105	8156155	180,00	732
Tocaia de Paca	756044	8156111	170,00	740
Maracanã	755934	8156029	26,50	709

### 3.2. Atividade de laboratório

Após o trabalho de campo as fotografias das cavidades e o molde de silicone das marcas foram analisados e avaliados, e a seguir entregue o relatório final com figuras e dados em formato editável para avaliação pela Brandt e eventuais solicitações de adequações. As atividades foram desenvolvidas no Laboratório de Estratigrafia e Paleontologia da UNESP – Universidade Estadual Paulista.

## 4. RESULTADOS

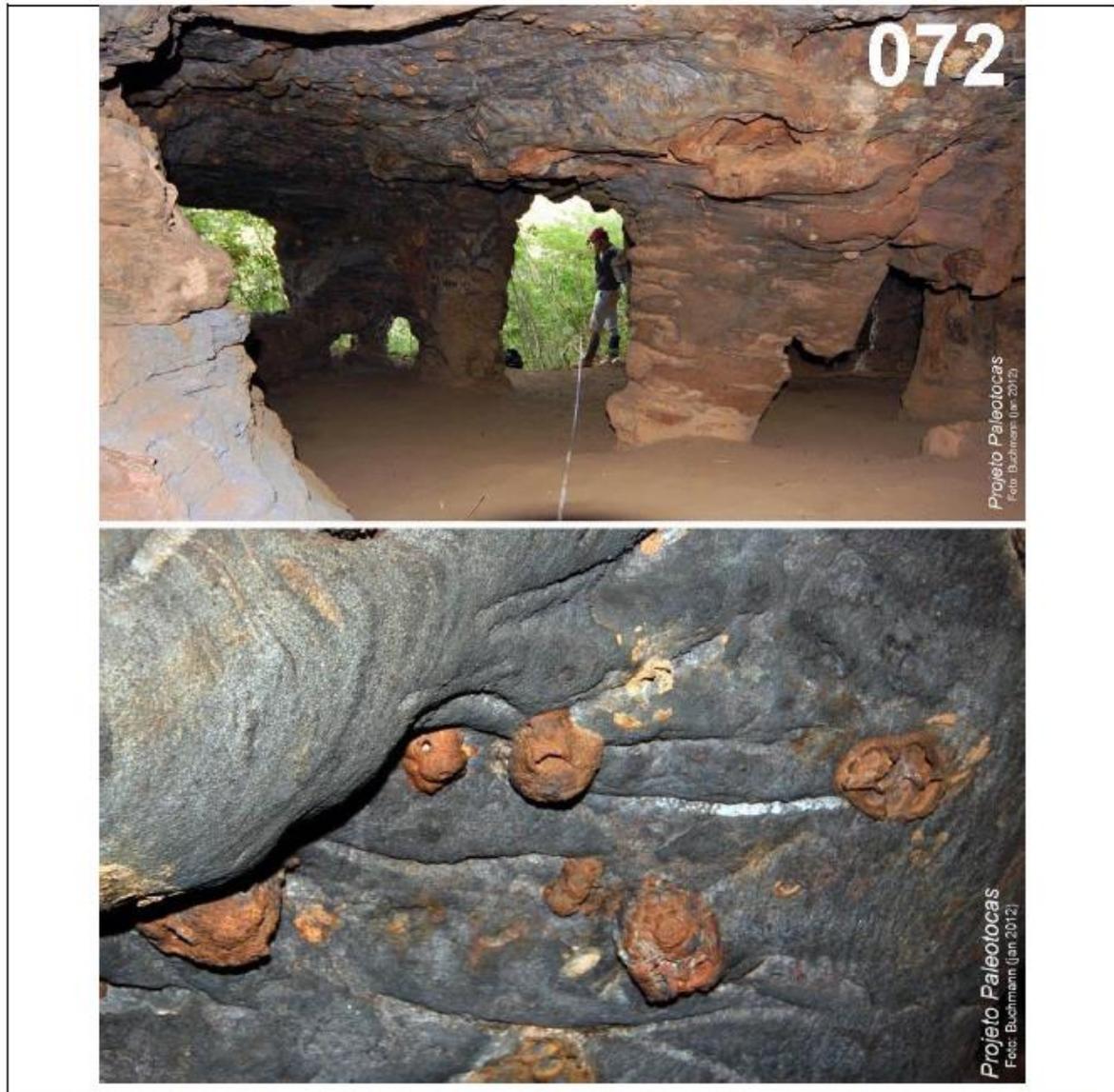
O Estudo Paleontológico Complementar avaliou 21 cavidades. Na figura 7 observamos o mapa das estradas e cavidades elaborado com os pontos e o traçado do GPS. As cavidades 039, 045, 046, 059, 110, 117, 118, 121, Px-01, Jatobá, Soberbo e Tocaia de Paca foram identificados como cavernas de dissolução e/ou abatimento. Não foram identificados fósseis ou icnofósseis, portanto, não foram valoradas sob aspecto paleontológico. As cavidades 072, Mocoiorô, Maracanã, Px-03, Px-05, Px-07, Px-08, Px-09 e Px-10 foram identificadas como paleotocas escavadas pela megafauna de mamíferos extintos, sendo valoradas sob aspecto paleontológico, e descritas a seguir.



**Figura 7** – Mapa das estradas e cavidades elaborado com os dados obtidos do GPS.

#### 4.1 Caverna 072

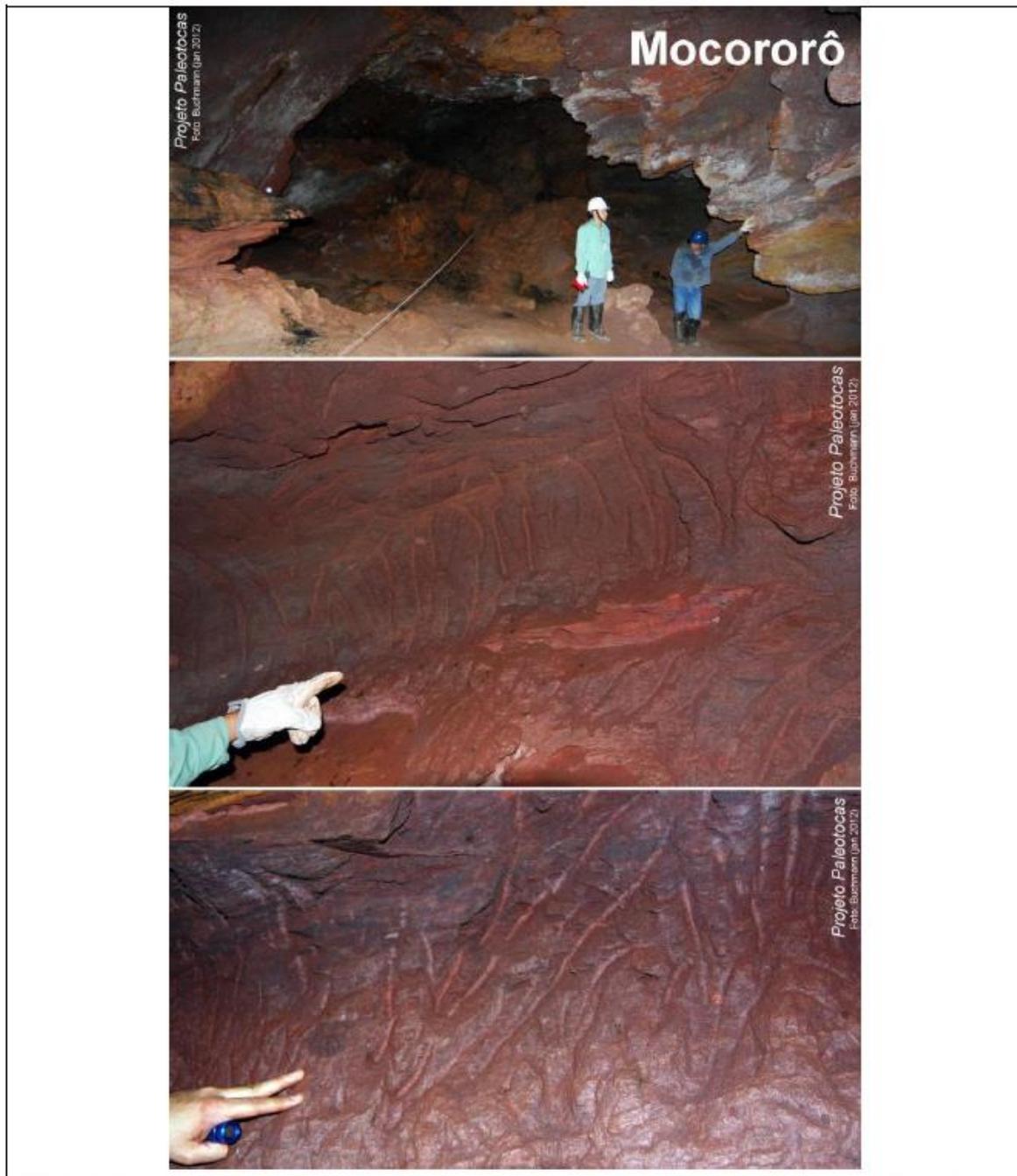
Caverna apresenta duas aberturas em arco, voltadas SW se expandindo em um salão com 36 metros de desenvolvimento, que mostra luminosidade somente nos primeiros metros, sendo consideradas afólicas. Em sua extensão interna havia icnofósseis (marcas de garras). Os icnofósseis foram atribuídos a escavação de uma toca pela megafauna de mamíferos extintos. Identificamos marcas duplas (figura 8), sugerindo um milodontídeo cavador (preguiça-gigante de 2 dedos).



**Figura 8** – Caverna 072 com icnofósseis (marcas de garras) atribuídos a megafauna de mamíferos extintos.

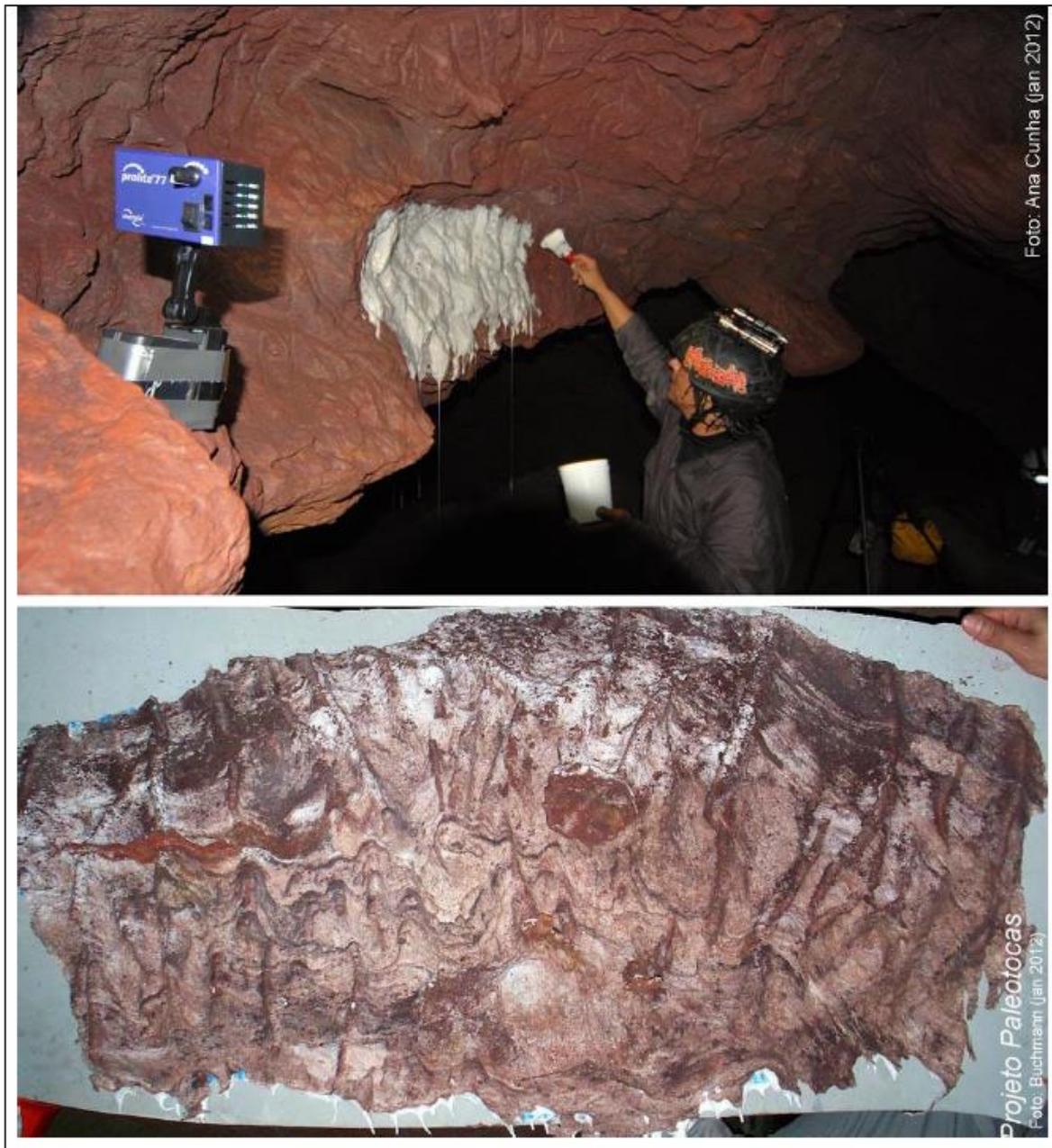
## 4.2 Caverna Mocororô

Caverna com 96,5 metros de desenvolvimento e amplos condutos irregulares, atingindo uma altura máxima de 5 metros no salão central. No salão não foram identificados icnofósseis, haviam grande blocos abatidos; mas em toda extensão interna havia abundantes icnofósseis (marcas de garras) muito bem preservados (figura 9). Alguns setores com marcas paralelas, outros com marcas entrelaçadas. As marcas de garras foram identificadas desde o nível do solo até 3,0 metros de altura.



**Figura 9** – Caverna Mocororô com icnofósseis (marcas de garras) atribuídos a megafauna de mamíferos extintos.

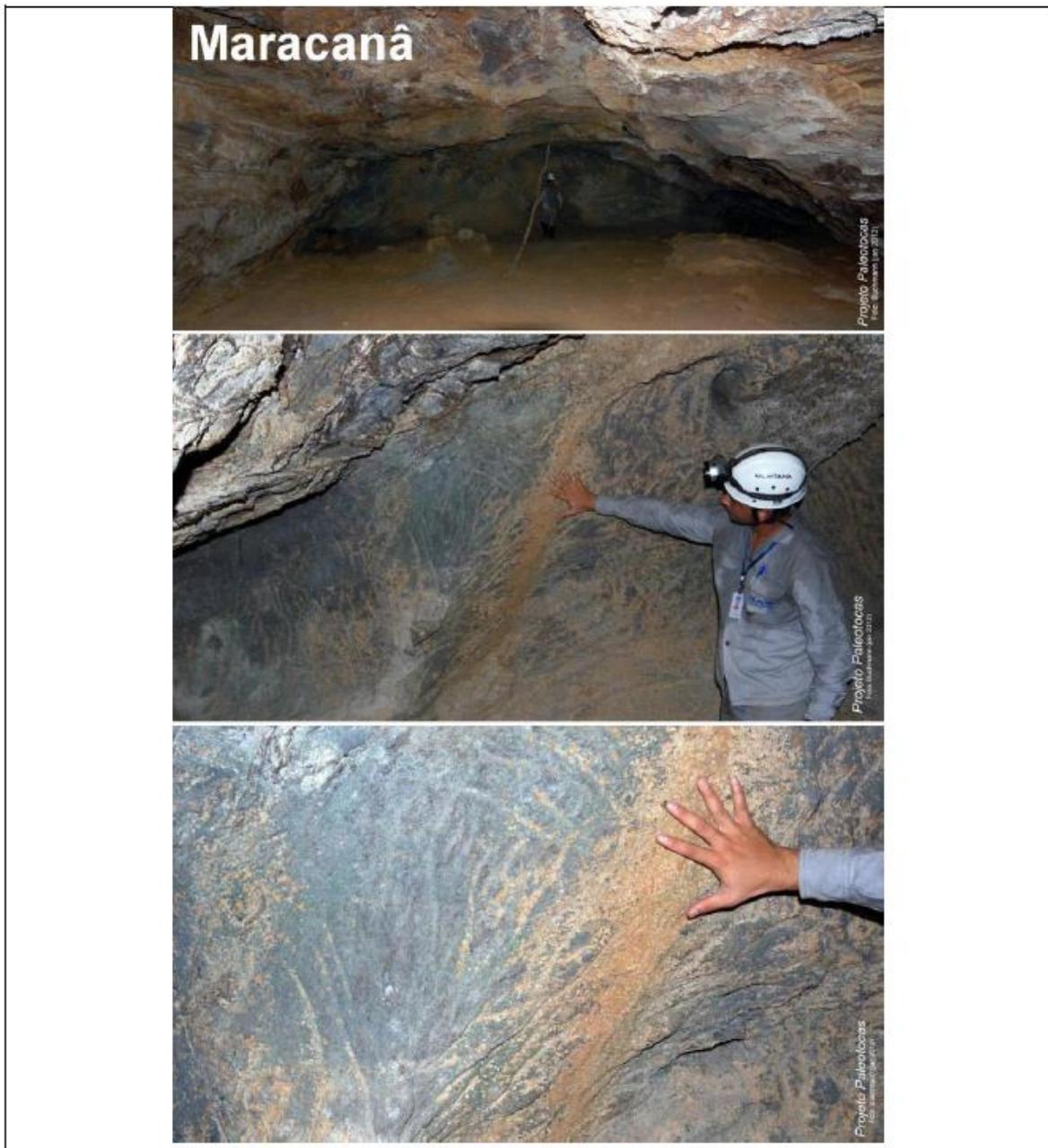
Os icnofósseis (marcas de garras) foram atribuídos a escavação de uma toca pela megafauna de mamíferos extintos. Identificamos marcas duplas sugerindo um milodontídeo cavador (preguiça-gigante de 2 dedos). Foi retirado um molde dos icnofósseis em silicone líquido na cavidade Mocororô (figura 10). O molde foi depositado na coleção paleontológica da UNESP (Universidade Estadual Paulista – campus de São Vicente) para posterior comparação entre outras localidades.



**Figura 10** – Molde dos icnofósseis em silicone líquido na cavidade Mocororô.

### 4.3 Caverna Maracanã

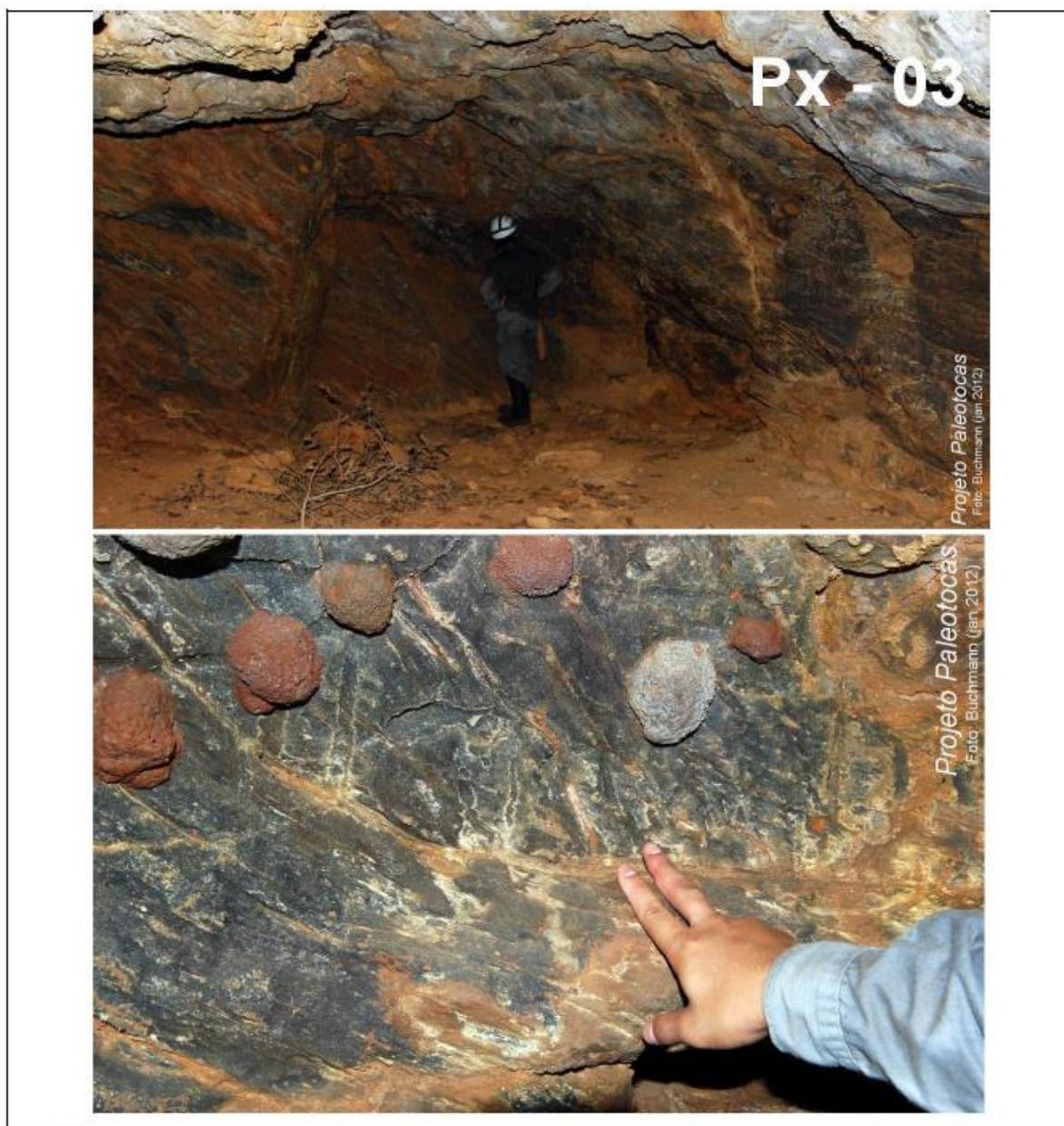
Caverna com 26 metros de desenvolvimento. No salão havia icnofósseis (marcas de garras). Alguns setores com marcas paralelas, outros com marcas entrelaçadas. As marcas de garras foram identificadas desde o nível do solo até o teto com cerca de 2,5 metros de altura. Os icnofósseis (marcas de garras) foram atribuídos a escavação de uma toca pela megafauna de mamíferos extintos (figura 11). Identificamos marcas duplas sugerindo um milodontídeo cavador (preguiça-gigante de 2 dedos).



**Figura 11** – Caverna Maracanã com icnofósseis (marcas de garras) atribuídos a megafauna de mamíferos extintos.

#### 4.4 Caverna Px-03

Caverna com 10 metros de desenvolvimento. No salão havia icnofósseis (marcas de garras). Alguns setores com marcas paralelas, outros com marcas entrelaçadas. Os icnofósseis (marcas de garras) foram atribuídos a escavação de uma toca pela megafauna de mamíferos extintos (figura 12). Identificamos marcas duplas sugerindo um milodontídeo cavador (preguiça-gigante de 2 dedos).



**Figura 12** – Caverna Px-03 com icnofósseis (marcas de garras) atribuídos a megafauna de mamíferos extintos.

#### 4.5 Caverna Px-05

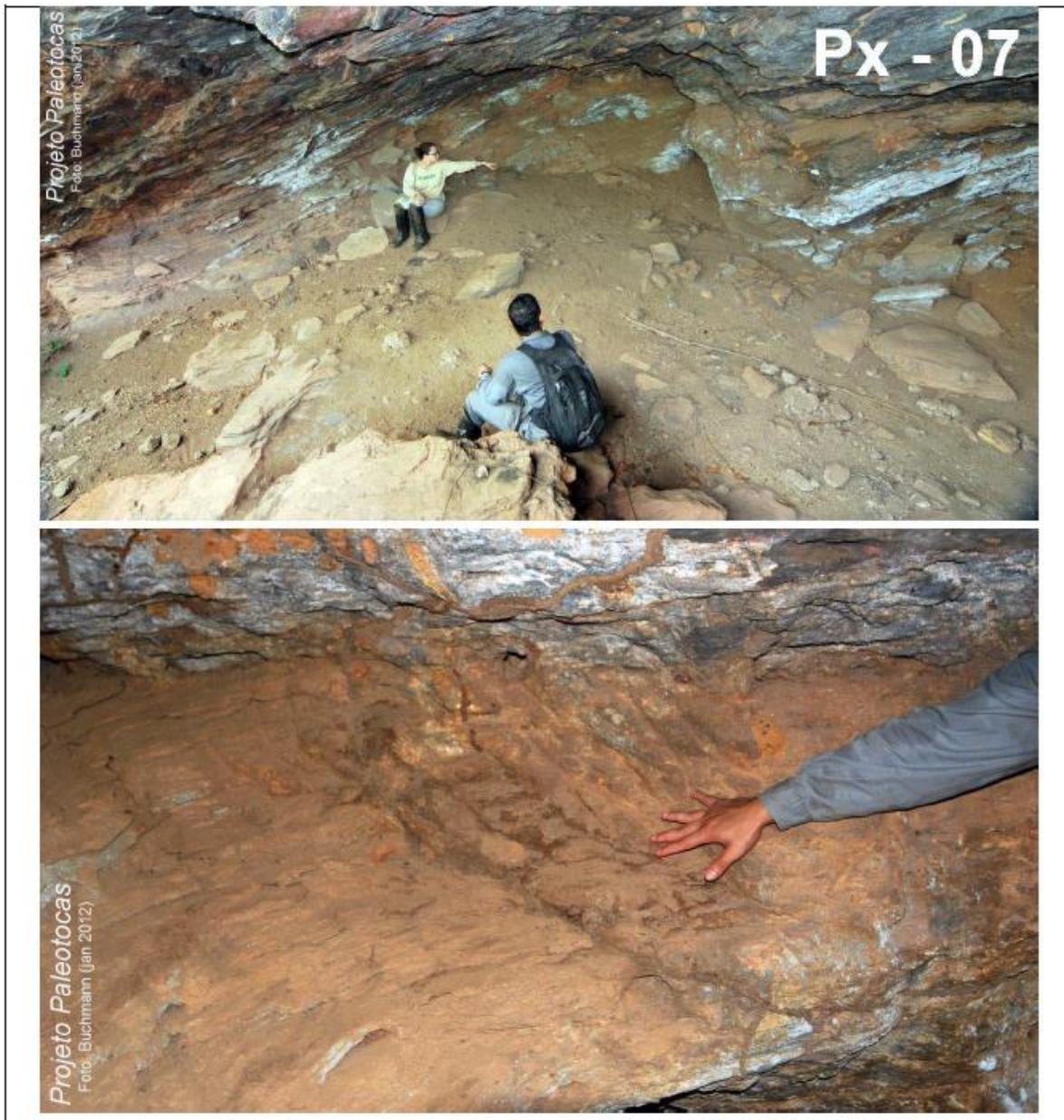
Caverna com 33 metros de desenvolvimento. No salão havia icnofósseis (marcas de garras). Alguns setores com marcas paralelas, outros com marcas entrelaçadas. Os icnofósseis (marcas de garras) foram atribuídos a escavação de uma toca pela megafauna de mamíferos extintos (figura 13). Identificamos marcas duplas sugerindo um milodontídeo cavador (preguiça-gigante de 2 dedos).



**Figura 13** – Caverna Px-05 com icnofósseis (marcas de garras) atribuídos a megafauna de mamíferos extintos.

#### 4.6 Caverna Px-07

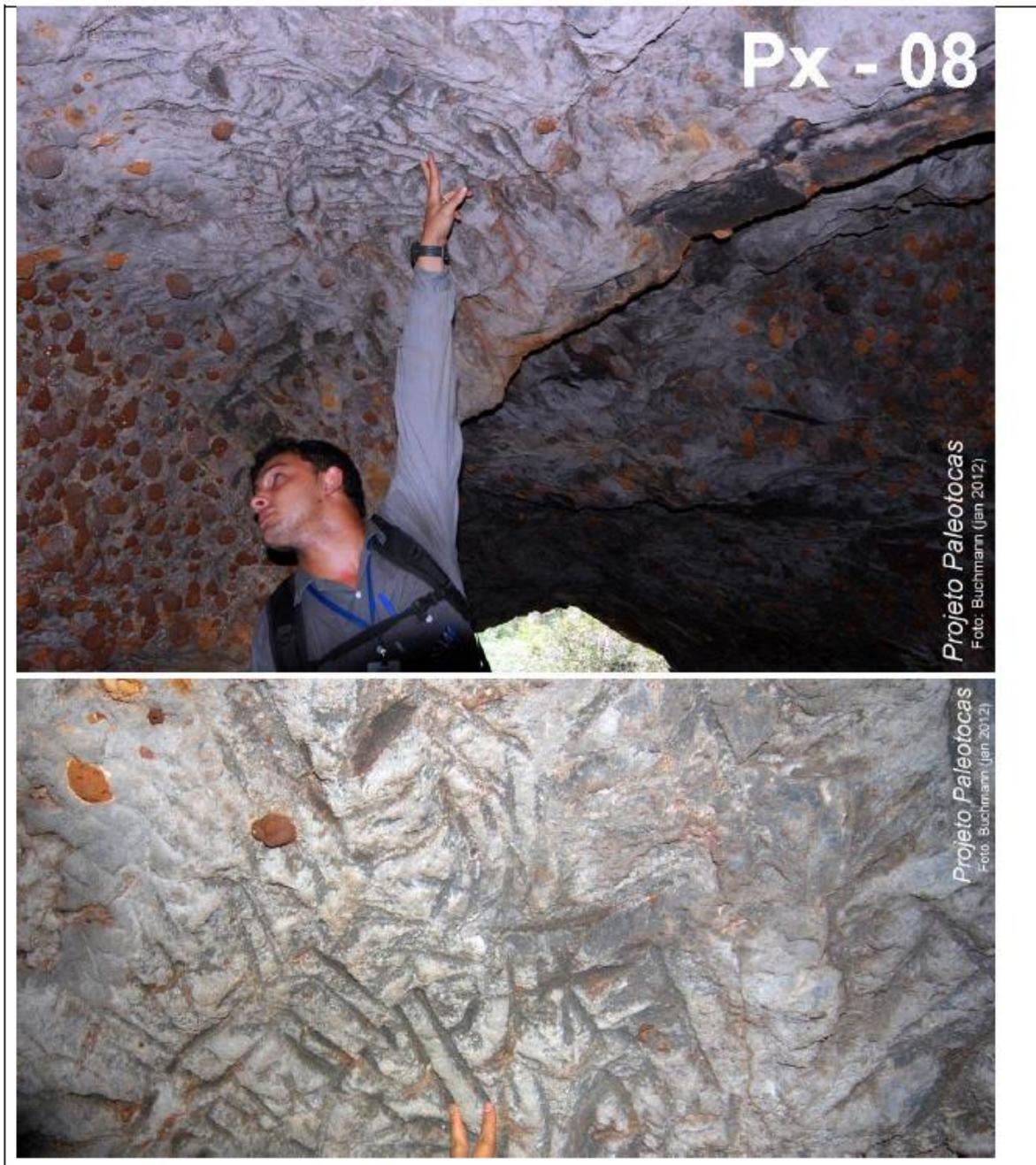
Caverna com 10 metros de desenvolvimento. No salão havia icnofósseis (marcas de garras). Alguns setores com marcas paralelas, outros com marcas entrelaçadas. Os icnofósseis (marcas de garras) foram atribuídos a escavação de uma toca pela megafauna de mamíferos extintos (figura 14). Não identificamos marcas duplas descartando uma preguiça-gigante de 2 dedos (milodontídeo). As dimensões da galeria (diâmetro constante) sugerem que um dasipodídeo de grande tamanho (tatu-gigante) foi responsável pela escavação.



**Figura 14** – Caverna Px-07 com icnofósseis (marcas de garras) atribuídos a megafauna de mamíferos extintos.

#### 4.7 Caverna Px-08

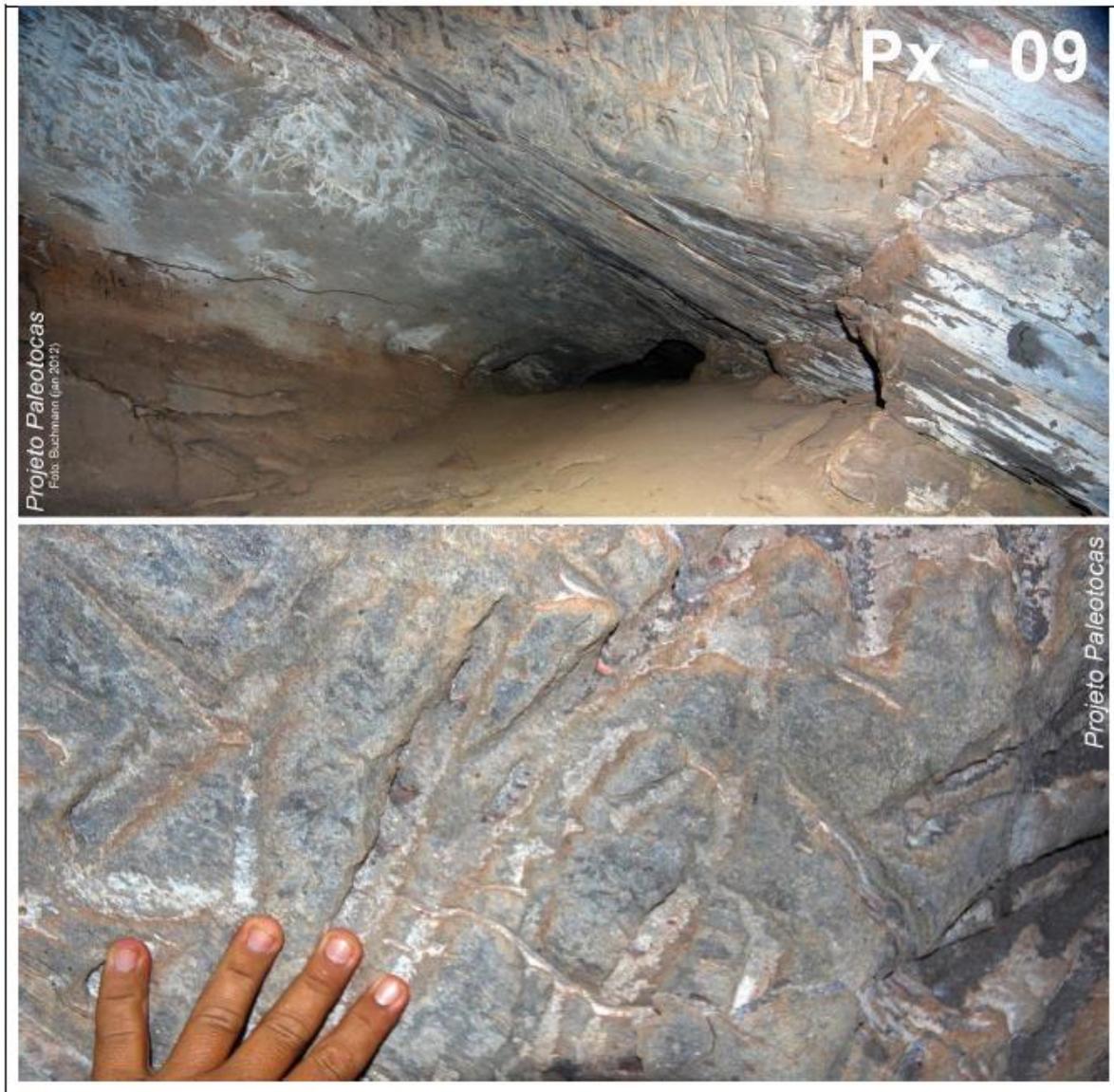
Caverna com 18 metros de desenvolvimento. No salão havia excelentes icnofósseis (marcas de garras). Alguns setores com marcas paralelas, outros com marcas entrelaçadas. Os icnofósseis (marcas de garras) foram atribuídos a escavação de uma toca pela megafauna de mamíferos extintos (figura 15). Identificamos marcas duplas sugerindo um milodontídeo cavador (preguiça-gigante de 2 dedos).



**Figura 15** – Caverna Px-08 com icnofósseis (marcas de garras) atribuídos a megafauna de mamíferos extintos.

#### 4.8 Caverna Px-09

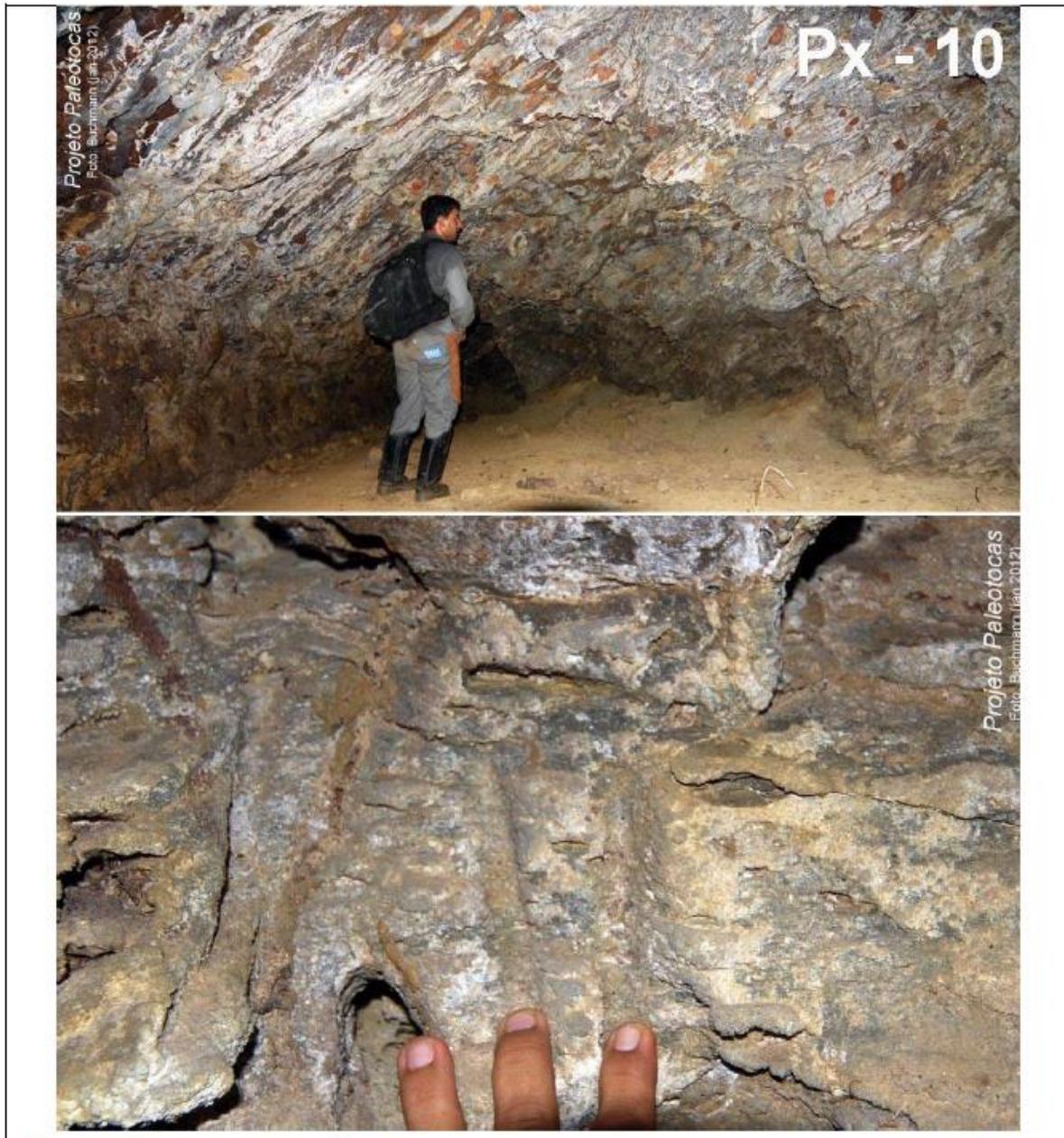
Caverna com 22 metros de desenvolvimento. No salão havia excelentes icnofósseis (marcas de garras). Alguns setores com marcas paralelas, outros com marcas entrelaçadas. Os icnofósseis (marcas de garras) foram atribuídos a escavação de uma toca pela megafauna de mamíferos extintos (figura 16). Identificamos marcas duplas sugerindo um milodontídeo cavador (preguiça-gigante de 2 dedos).



**Figura 16** – Caverna Px-09 com icnofósseis (marcas de garras) atribuídos a megafauna de mamíferos extintos.

#### 4.9 Caverna Px-10

Caverna com 12 metros de desenvolvimento. No salão havia registros de icnofósseis (marcas de garras). Alguns setores com marcas paralelas, outros com marcas entrelaçadas. Os icnofósseis (marcas de garras) foram atribuídos a escavação de uma toca pela megafauna de mamíferos extintos (figura 17). Identificamos marcas duplas sugerindo um milodontídeo cavador (preguiça-gigante de 2 dedos).



**Figura 17** – Caverna Px-10 com icnofósseis (marcas de garras) atribuídos a megafauna de mamíferos extintos.

## 5. CONCLUSÕES

Foram identificadas 09 paleotocas atribuídas a megafauna de mamíferos extintos, sendo 08 atribuídas a milodontídeos (preguiças-gigantes de 2 dedos), e 01 atribuída a dasipodídeos (tatus-gigantes) (tabela 4).

As cavidades 072, Mocoiororô, Maracanã, Px-03, Px-05, Px-8, Px-09, Px-10 são salões escavados na rocha friável. Apresentam em suas paredes muitos icnofósseis (marcas de garras). Identificamos marcas duplas atribuídas a escavação de uma toca pela megafauna de mamíferos extintos, sugerindo que um **milodontídeo cavador** (*preguiça-gigante de 2 dedos*) foi responsável pela escavação e/ou ampliação da cavidade.

A cavidade Px-07 é um túnel escavado na rocha friável. Apresenta em sua parede icnofósseis (marcas de garras). Devido o formato tubular e as dimensões da galeria sugerem que um **dasipodídeo de grande tamanho** (*tatu-gigante*) foi responsável pela escavação e/ou ampliação da cavidade.

A análise preliminar indica que as cavidades Mocoiororô, Maracanã e Px-8 apresentam excelente preservação das marcas. As cavidades Px-05 e Px-09 apresentam boa preservação das marcas. As cavidades 072, Px-03, Px-7 e Px-10 apresentam poucas marcas mal preservadas.

Sugerimos estudos detalhados em todas as cavidades.

Tabela 4 – Paleotocas atribuídas a megafauna de mamíferos extintos.

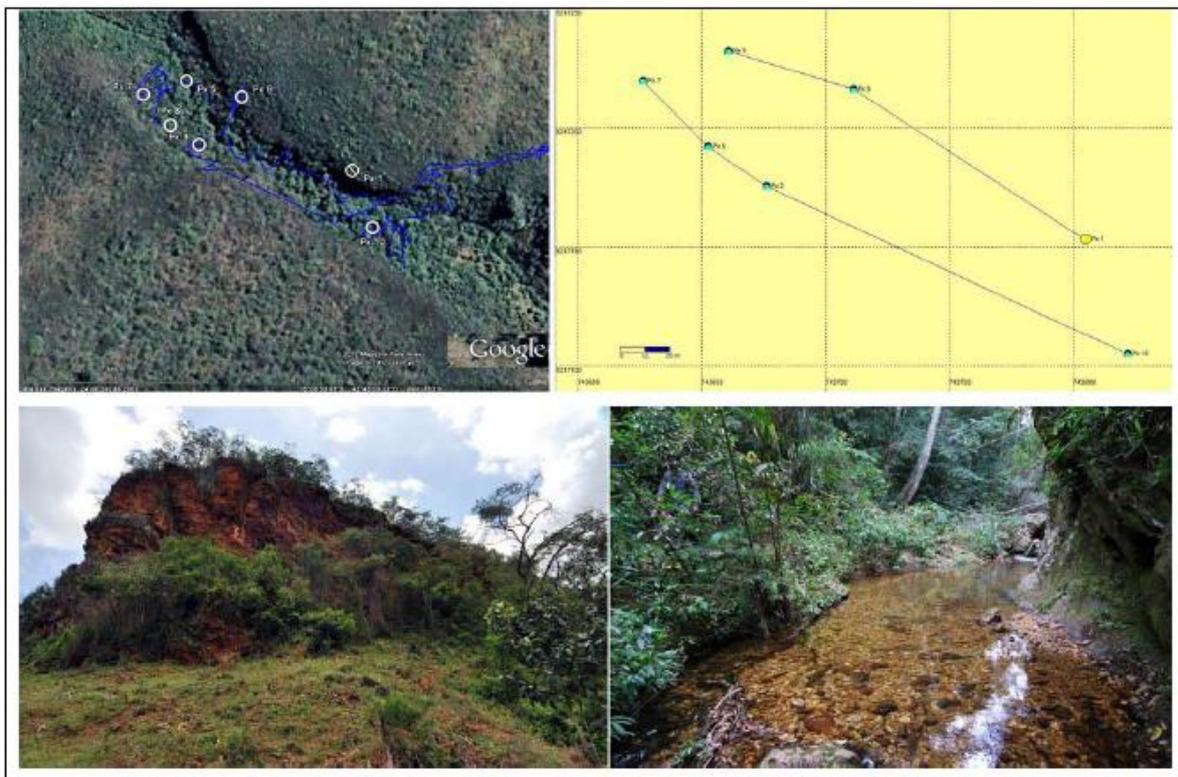
	UTM E	UTM N	Projeção (m)	Elevação (m)
<b>072</b>	742071	8200970	36,55	852
<b>Mocoiororô</b>	745721	8228605	110,00	929
<b>Maracanã</b>	755934	8156029	26,50	709
<b>Px - 03</b>	743744	8217248	9,90	740
<b>Px - 05</b>	743717	8217285	33,30	756
<b>Px - 07</b>	743661	8217252	9,10	741
<b>Px - 08</b>	743732	8217240	18,30	740
<b>Px - 09</b>	743709	8217204	22,90	749
<b>Px - 10</b>	743860	8217133	12,80	731

## 6. CONSIDERAÇÕES FUTURAS

A supressão de cavidades exige a preservação de outras cavidades de igual relevância. O *Vale dos Gigantes* esta associado a drenagem do rio Esmeril, que por sua vez é afluente do rio Peixe Bravo (figura 18). As cavidades identificadas neste relatório foram escavadas pela megafauna de mamíferos extintos na encosta íngreme composta por metadiamicrito. As cavidades estão dispostas três de um lado do rio, e quatro do outro lado do rio. O lugar realmente sugere o nome “*Vale dos Gigantes*”.

As cavidades no *Vale dos Gigantes*, em especial a cavidade Px-08 (figura 15) exibem os melhores registros de icnofósseis dentre as cavidades analisadas neste relatório. Nos seus salões se preservou excelentes registros de icnofósseis (marcas de garras). Identificamos marcas duplas sugerindo um milodontídeo cavador (preguiças-gigantes de 2 dedos), além de um dasipodídeo de grande tamanho (*tatu-gigante*). Existe a possibilidade de encontrarmos ossos fossilizados no interior das cavidades.

Sugerimos transformar o “*Vale dos Gigantes*” numa Unidade de Conservação.



**Figura 18** – Mapa de localização do “*Vale dos Gigantes*” com destaque na distribuição das paleotocas no vale do rio Esmeril, afluente do rio Peixe Bravo.

## BIBLIOGRAFIA

- Alkmim, F.F & Martins-Neto M.A. 2001. A bacia intracratônica do São Francisco: Arcabouço estrutural e cenários evolutivos. *In*: Pinto, C.P.; Martins-Neto, M.A. (eds.) **Bacia do São Francisco: geologia e recursos naturais**. Belo Horizonte, SBG-MG, p.9-30.
- Ameghino, F. 1908 Las formaciones sedimentarias de la región litoral de Mar del Plata y Chapadmalal. **Museo de Historia Natural de Buenos Aires**, 7(3): 343-428.
- Babinski, M.; Gradim, R.J.; Pedrosa-Soares, A.C.; Alkmin, F.F.; Noce, C.M. & Liu, D. 2005. Geocronologia U-Pb (SHRIMP) e Sm-Nd de xistos verdes basálticos do Orógeno Araçá: Implicações para a idade do grupo Macaúbas. **Revista Brasileira de Geociências**, 35(4-suplemento): 77-81.
- Becker, M. & Dalponte, J.C. 1999. **Rastros de mamíferos silvestres brasileiros**. Ed. UnB; Ed. IBAMA, 180p.
- Bergqvist, L.P. & Maciel, L. 1994 Icnofósseis de mamíferos (crotovinas) na planície costeira do Rio Grande do Sul. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 66(2): 189-197.
- Buchmann, F.S.C.; Caron, F.; Lopes, R.P. & Tomazelli, L.J. 2003. Traços fósseis (paleotocas e crotovinas) da megafauna extinta no Rio Grande do Sul, Brasil. 9<sup>o</sup> Congresso da ABEQUA Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Recife, PE, **Anais ...** CD-ROOM.
- Buchmann, F.S.C.; Caron, F. & Lopes, R.P. 2005. Novas paleotocas de tatus gigantes extintos identificadas no Estado de São Paulo: Comparação com o Rio Grande do Sul e a Argentina. Reunião Regional de Paleontologia - Paleo 2005, Porto Alegre. **Resumos**.
- Buchmann, F.S.C.; Farias, D.S.E. & Fornari, M. 2008<sup>a</sup>. Ocupação das paleotocas de tatus gigantes extintos por índios do grupo Jê no sul de Santa Catarina, Brasil. VI Encontro SAB Sul, Tubarão, SC. **Resumos**, p.35.
- Buchmann, F.S.C.; Lopes, R.P. & Caron, F. 2008b. Paleotocas de mamíferos extintos no sudeste e sul do Brasil. VI Simpósio Brasileiro de Paleontologia de Vertebrados, Ribeirão Preto, SP, **Boletim de resumos**, 56-57.
- Buchmann, F.S.; Lopes, R.P., Caron, F. 2009. Icnofósseis (Paleotocas e Crotovinas) atribuídos a mamíferos extintos no Sudeste e Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, 12(3): 247-256.
- Buchmann, F.S.; Frank, H.T.; Lima, L.G.; Caron, F.; Fornari, M. & Lopes, R.P. 2011 10 anos do Projeto Paleotocas: Estado da arte. *In*: 13 Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - ABEQUA, 13, Armação dos Búzios, RJ, Brasil. **Anais...** 1 CD-ROM.
- Carmo, F.F.; Carmo, F.F.; Salgado, A.A.S. & Jacobi, C.M. 2011a. Novo sítio espeleológico em sistemas ferruginosos, no vale do rio Peixe Bravo, norte de Minas Gerais, Brasil. **Espeleo-Tema** 22(1): 25-39.
- Carmo, F.F.; Carmo, F.F.; Buchmann, F.S.C.; Frank, H.T. & Jacobi, C.M. 2011b. Primeiros registros de paleotocas desenvolvidas em formações ferríferas, Minas

- Gerais, Brasil. **Anais** do 31º Congresso Brasileiro de Espeleologia, Ponta Grossa, PR, pp. 531-540.
- Carvalho, I.S. & Fernandes, A.C.S. 2000. Icnofósseis. *In*: Carvalho, I.S. (ed.) Paleontologia. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 628p.
- Caxito, F.A.; Santos, Y.L.O.P.; Uhlein, A.; Pedreira, A.J. & Faulstich, F.R.L. 2008. A geologia entre Macaúbas e Canatiba (Bahia) e a evolução do Supergrupo Espinhaço no Brasil Oriental. **Geonomos**, **16**(1): 11-20.
- Dondas, A.; Isla, F.I. & Carbalido, J.L. 2009. Paleocaves exhumed from Miramar Formation (Ensenadense Stage-age, Pleistocene), Mar del Plata, Argentina. **Quaternary International**, **210**: 44–50.
- Edmond, G. 1985a. The fossil giant armadillos of North America (Pampatheriinae, Xenarthra = Edentata). *In*: Montgomery, G. G. (ed) **The evolution and ecology of armadillos, sloths, and vermilinguas**. Smithsonian Institution Press, 83-93.
- Edmond, G. 1985b. The armor of fossil giant armadillos (Pampatheriinae, Xenarthra = Edentata). Number 40, **Pearce-Sellards series**, Texas Memorial Museum, University of Texas, 1-40.
- Frank, H.T.; Buchmann, F.S.C.; Ribeiro, A.M.; Lopes, R.P.; Caron, F. & Lima, L.G. 2008a. New palaeoburrows (ichnofossils) in the state of Rio Grande do Sul, Brazil (Southeastern edge of the Paraná basin, South America). Reunião Regional de Paleontologia - Paleo 2005, Porto Alegre. **Resumos**, p.27.
- Frank, H. T.; Buchmann, F. S. C.; Ribeiro, A. M.; Lopes, R. P.; Caron, F. & Lima, L. G. (2008b). Crotovine (filled palaeoburrows) patterns on the southeast limit of the Paraná basin (Rio Grande do Sul, Brazil). Reunião Regional de Paleontologia - Paleo 2005, Porto Alegre. **Resumos**, p.26.
- Frank, H. T. 2009. Paleotocas na região metropolitana de Porto Alegre. **Boletim eletrônico da Sociedade de Espeleologia Brasileira - SBE**, ano 4, nº114, [www.sbe.com.br/sbenoticias/SBENoticias\\_114.pdf](http://www.sbe.com.br/sbenoticias/SBENoticias_114.pdf)
- Frank, H.T.; Caron, F.; Lima, L.G.; Lopes, R.P.; Fornari, M. & Buchmann, F.S.C. 2010a. Public understanding of science as a key factor in vertebrate paleontology research. *In*: VII Simpósio Brasileiro de Paleontologia de Vertebrados, Rio de Janeiro, **Anais**, 1 CD-ROM.
- Frank, H.T.; Caron, F.; Lima, L.G.; Lopes, R.P.; Fornari, M. & Buchmann, F.S.C 2010b. The occurrence pattern of large Cenozoic palaeoburrows in a pilot area in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *In*: VII Simpósio Brasileiro de Paleontologia de Vertebrados, Rio de Janeiro, **Anais**, 1 CD-ROM.
- Frank, H.T.; Caron, F.; Lima, L.G.; Lopes, R.P.; Fornari, M. & Buchmann, F.S.C 2010c. Uma caverna formada por processos biofísicos e geológicos: A Paleotoca do Arroio da Bica (Nova Hartz, Rio Grande do Sul, Brasil). *In*: II Simpósio Sul-Brasileiro de Espeleologia. Ponta Grossa (PR), Julho de 2010. **Anais**, 1 CD-ROM.
- Frank, H.T.; Caron, F.; Lima, L.G.; Lopes, R.P.; Azevedo, L.W.; Fornari, M. & Buchmann, F.C.S. 2010d. Paleotocas e o Cadastro Nacional de Cavernas Brasileiras - Uma Discussão. *In*: II Simpósio Sul-Brasileiro de Espeleologia. Ponta Grossa (PR), Julho de 2010. **Anais**, 1 CD-ROM.
- Frank, H.T., Lima, L.G., Caron, F., Buchmann, F.C.S., Fornari, M. & Lopes, R.P., 2010e. The megatunnels of the South American Pleistocene megafauna. *In*:

Simpósio Latinoamericano de Icnologia, São Leopoldo, Brasil, Novembro 2010. **Resúmenes/Abstracts**, p. 39.

- Frank, H.T., Lima, L.G., Caron, F., Buchmann, F.C.S., Fornari, M. & Lopes, R.P., 2010f. Palaeovertebrate tunnels from the granitic area of Porto Alegre and Viamão (Rio Grande do Sul, Brazil). In: Simposio Latinoamericano de Icnologia, São Leopoldo, Brasil, Novembro 2010. **Resúmenes/Abstracts**, p. 40.
- Frank, H.T., Lima, L.G., Caron, F., Lopes, R.P., Buchmann, F.C.S. & Fornari, M., 2010g. Phealth and life risks in large palaeovertebrate Tunnel Research. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Paleontologia - PALEO 2010, Seção RS, 9-10 de Dezembro de 2010, Porto Alegre, RS, Brasil. **Resumos...** 1 CD-ROM.
- Frank, H.T., Lima, L.G., Caron, F., Lopes, R.P., Buchmann, F.C.S. & Fornari, M., 2010h. Discovery Strategies of Large Palaeovertebrate Tunnels in Southernmost Brazil. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Paleontologia - PALEO 2010, Seção RS, 9-10 de Dezembro de 2010, Porto Alegre, RS, Brasil. **Resumos...** 1 CD-ROM.
- Frank, H.T., Buchmann, F.C.S., Lima, L.G., Lopes, R.P., Fornari, M. & Caron, F., 2011a. Interdisciplinaridade Aplicada a Paleotocas. In: Congresso Brasileiro de Espeleologia, 31, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Resumos...**, 1 CD-ROM.
- Frank, H.T., Buchmann, F.C.S., Lima, L.G., Caron, F., Lopes, R.P. & Fornari, M., 2011b. Karstic Features Generated from Large Palaeovertebrate Tunnels in Southern Brazil. **Espeleo-Tema**, **22**(1): 139-143, SBE, Campinas, SP.
- Frank, H.T., Lima, L.G., Buchmann, F.C.S., Fornari, M., Caron, F. & Lopes, R.P., 2011c. Paleotocas em Terrenos Graníticos no Rio Grande do Sul, Brasil. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Paleontologia - PALEO 2011, Seção RJ/ES, 7-10 de Dezembro de 2011, Alegre, MG, Brasil. **Resumos...** 1 CD-ROM.
- Gradim, R.J.; Alkmin, F.F.; Pedrosa-Soares, A.C.; Babinski, M.; & Noce, C.M. 2005. Xistos verdes do Alto Araçai, Minas Gerais: Vulcanismo básico do rifte Neoproterozóico Macaúbas. **Revista Brasileira de Geociências**, **35**(4-suplemento): 59-69.
- Kraglievich, J. 1952. El perfil geológico de Chapadmalal y Miramar, Prov. de Buenos Aires. **Revista del Museo de Ciencias Naturales y Tradicionales**, Mar del Plata, **1**(1): 8-37.
- Lima, L.G., Frank, H.T., Caron, F., Lopes, R.P., Buchmann, F.C.S. & Fornari, M., 2010. A New Pattern of Digging Marks in Large Palaeovertebrate Tunnels. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Paleontologia - PALEO 2010, Seção RS, 9-10 de Dezembro de 2010, Porto Alegre, RS, Brasil. **Resumos...** 1 CD-ROM.
- Lima, L.G., Frank, H.T., Buchmann, F.C.S., Fornari, M., Caron, F. & Lopes, R.P., 2011. Archaeology versus Paleontology: The Question of the South American Palaeovertebrate Tunnels. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - ABEQUA, 13, Armação dos Búzios, RJ, Brasil. **Anais...** 1 CD-ROM.
- Machado, N.; Schrank, A.; Abreu, F.R.; Knauer, L.G. & Almeida-Abreu, P.A. 1989. Resultados preliminares da geocronologia U-Pb na serra do Espinhaço Meridional. **Boletim do Núcleo Minas Gerais – Sociedade Brasileira de Geologia**, **10**: 171-174.

- Martins, M.S.; Karfunkel, J.; Noce, C.M.; Babinski, M.; Pedrosa-Soares, A.C.; Sial, A.N. & Lyu, D. 2008. A sequencia pré-glacial do Grupo Macaúbas na área-tipo e o registro da abertura do rifte Araçuaí. **Revista Brasileira de Geociências**, 38: 768-779.
- Noce, C.M.; Pedrosa-Soares, A.C.; Grossi-Sad, J.H.; Baars, F.J.; Guimarães, M.L.V.; Mourão, M.A.A.; Oliveira, M.J.R. & Roque, N.C. 1997. Nova divisão estratigráfica regional do Grupo Macaúbas na faixa de Araçuaí: Registro de uma bacia Neoproterozóica. **Boletim do Núcleo Minas Gerais – Sociedade Brasileira de Geologia**, 14: 29-31.
- Noce, C.M.; Pedrosa-Soares, A.C.; Grossi-Sad, J.H.; Baars, F.J.; Guimarães, M.V.; Mourão, M.A.A.; Oliveira, M.J.R. & Roque, N.C. 1997. Nova subdivisão Estratigráfica regional do Grupo Macaúbas na Faixa Araçuaí: O Registro de uma bacia Neoproterozóica. **Boletim do Núcleo Minas Gerais-Sociedade Brasileira de Geologia**, 14: 29-31.
- Ogando, R., Frank, H.T., Buchmann, F.C.S., Fornari, M., Caron, F., Lima, L.G. & Lopes, R.P., 2011. Características cársticas generadas en terrenos graníticos a partir de túneles de paleovertebrados de la Megafauna de América del Sur. In: Encuentro Uruguayo de Espeleología, 3. Montevideo, Uruguay, Octubre 2011. **Anais...**
- Ogando, R., Frank, H.T., Lima, L.G., Caron, F., Buchmann, F.C.S., Fornari, M. & Lopes, R.P., 2010. Paleocuevas en la región de la Formación Tacuarembó (Cuenca del Paraná), Uruguay. In: II Encuentro Uruguayo de Espeleología, Montevideo, Uruguay, Setiembre 2010. **Anais.**
- Paula-Couto, C. 1973. Edentados fósseis de São Paulo. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 45(2): 261-275.
- Paula-Couto, C. 1980a. Um tatu gigante do Pleistoceno de Santa Catarina. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 52(3): 527-531.
- Paula-Couto, C. 1980b. *Propraopus punctatus* (Lund, 1840) no Pleistoceno de Cerca Grande, Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 52(2): 323-325.
- Paula-Couto, C. 1982. Pleistocene armadillo from Cantagalo, State Rio de Janeiro. **Iheringia**, série geológica, Porto Alegre, 7: 65-68.
- Pedrosa-Soares, A.C.; Noce, C.M.; Vidal, P.H.; Monteiro, R.L.B.P. & Leonardos, O.H. 1992. Towards a new tectonic model for the Late Proterozoic Araçuaí (SE-Brazil)-West Congolian (SW African) belt. **Journal of South American Earth Sciences**, 6(1/2): 33-47.
- Pedrosa-Soares, A.C.; Noce, C.M.; Alkmin, F.F.; Silva, L.C.; Babinski, M.; Cordani, U. & Castaneda, C. 2007. Orógeno Araçuaí: Síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977. **Geonomos**, 15(1): 1-16.
- Quintana, C. A. 1992. Estructura interna de una paleocueva, posiblemente de un Dasypodidae (Mammalia, Edentata) del Pleistoceno de Mar del Plata (provincia de Buenos Aires, Argentina). **Ameghiniana**, 29(1): 87-91.
- Silva, L.C.; Pedrosa-Soares, A.C. & Teixeira, L.R. 2008. Tonian rift-related, A-type continental plutonism in the Araçuaí orogeny, Eastern Brazil: New evidences for the

- breakup stage of the Sao Francisco-Congo paleocontinent. **Gondwana Research**, **13**: 527-537.
- Stevaux, R., Frank, H.T., Lima, L.G., Caron, F., Buchmann, F.C.S., Fornari, M. & Lopes, R.P. 2010. Palaeovertebrate tunnel pattern in granitic terrains: an example from Viamão (state of Rio Grande do Sul, Brazil). In: Simposio Latinoamericano de Icnologia, São Leopoldo, Brasil, Novembro 2010. **Resúmenes/Abstracts**, p. 60.
- Uhlein, A.; Trompette, R.R. & Egydio-Silva, M. 1998. Proterozoic rifting and closure, SE border of the São Francisco Craton, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, **11**(2): 191-203.
- Uhlein, A.; Trompette, R.R.; Egydio-Silva, M. & Vauchez, A. 2007. A Glaciação Sturtiana (750 MA), a Estrutura do Rife Macaúbas-Santo Onofre e a Estratigrafia do Grupo Macaúbas, Faixa Araçuai. **Geonomos**, **15**(1): 45-60.
- Vilela, O.V.; Pena, C.A.; Barsotti, T.M. & Jorge, A.S. 1978. **Prospecção das jazidas de minério de ferro dos municípios de Porteirinha, Rio Pardo de Minas, Riacho dos Machados e Grão-Mogol, norte de Minas Gerais**. Congresso Brasileiro de Geologia. 20, Recife. **Anais**. Recife: p.1914-1921.
- Vilela, O.V. 1986. **As jazidas de minério de ferro dos municípios de Porteirinha, Rio Pardo de Minas, Riacho dos Machados e Grão-Mogol, norte de Minas Gerais**. In: Schobbenhaus C. & Coelho C.E.S. Principais Depósitos Mineraiis do Brasil: Ferro e Metais da Indústria do Aço, **2**: 111-120.
- Vilela, F. T. 2010. **Caracterização de metadiamicctitos ferruginosos da Formação Nova Aurora (Grupo Macaúbas, Orógeno Araçuai) a oeste de Salinas, MG**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais, 135p.
- Vizcaíno, S. F., Zárate, M., Bargo, M. S., & Dondas, A. 2001. Pleistocene burrows in the Mar del Plata area (Argentina) and their probable builders. **Acta Palaeontologica Polonica**, **46**: 157–169.
- Viveiros, J.F.M.; Sá, E.L.; Vilela, O.V.; Santos, O.M. & Moreira, J.M.P. 1979. Geologia dos vales dos Rios Peixe Bravo e Alto Vacaria. Norte de Minas Gerais. **Atas 1º Simpósio Geologia de Minas Gerais**. SBG – Núcleo MG, **Boletim 1**: 75-87.
- Zárate, M. A. & Fasano, J. L. 1989. The Plio-Pleistocene Record of the central eastern Pampas, Buenos Aires province, Argentina: The Chapadmalal case study. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, **72**: 27-52.
- Zárate, M. A.; Bargo, M. S.; Vizcaíno, S. F.; Dondas, A. & Scaglia, O. 1998. Estructuras biogénicas en el Cenozoico tardío de Mar del Plata (Argentina) atribuibles a grandes mamíferos. **Revista AAS - Associação Argentina de Sedimentología**, **5**(2): 95-103.



## **Anexo 12: Cartas de Aceite do Material Bioespeleológico**

---

Rua Eclipse, 133 . Santa Lúcia  
CEP 30360.540 . Belo Horizonte . MG  
+55 31 3296 8544

[www.ICAMBIENTAL.com.br](http://www.ICAMBIENTAL.com.br)





COORDENADORIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E  
INSUMOS ESTRATÉGICOS DE SAÚDE  
INSTITUTO BUTANTAN  
LABORATÓRIO DE ARTRÓPODES

DECLARAÇÃO

Declaro que a coleção de Aracnídeos e Miriápodes do Laboratório de Artrópodes do Instituto Butantan se disponibiliza a receber material zoológico (Arachnida - Arthropoda) coletado em cavidades naturais subterrâneas dos municípios de Gran Mogol e Salinas, estado de Minas Gerais, Brasil, no projeto Vale do Rio Pardo.

O material será coletado durante as atividades de campo necessárias aos estudos bioespeleológicos subterrâneos em diamictito na área do projeto referente a empresa Sul América Metais. O estudo está sob responsabilidade das biólogas Flávia Pellegatti Franco, Renata Andrade e Regina Bessi Pascoaloto.

Após preparação, os espécimes serão integrados à referida coleção e estarão disponíveis para consulta por pesquisadores interessados, mediante solicitação por escrito. Coloco-me à disposição para quaisquer outros esclarecimentos que se façam necessária.

  
PqC Irene Knysak  
Curador de Arachnida e Myriapoda  
Laboratório de Artrópodes  
Instituto Butantan

Dr. Ivo Leão  
Diretor da Divisão  
Desenvolvimento Científico  
Instituto Butantan

São Paulo, 05 de abril de 2011.

Av. Vital Brazil, 1500 – CEP 05503-900 - São Paulo, SP – Brasil – TEL.: (011) 3726-7222



**Museu de Zoologia**  
Universidade de São Paulo

## DECLARAÇÃO

O Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, instituição credenciada pelo Conselho de Gestão do Patrimônio Genético, por meio de Deliberação nº 1 de 8 de julho de 2002, como fiel depositária de componentes do patrimônio genético (Diário Oficial da União de 26.07.2002), declara aceitar o depósito do material zoológico a ser coletado no âmbito do Projeto “Estudo bioespeleológico no Projeto do Vale do Rio Pardo” nos municípios de Gran Mongol de Salinas, estado de Minas Gerais, sob responsabilidade das biólogas Flávia Pellegatti Franco, Regina Bessi Pascoalato e Renata de Andrade.

O Museu compromete-se a conservar adequadamente o material e dar acesso a pesquisadores interessados em seu estudo, desde que concordem com os procedimentos técnicos adotados pelo Museu.

São Paulo, 13 de abril de 2011

Hussam Zaher  
Diretor

Avenida Nazaré, 481 Ipiranga CEP 04263-000 São Paulo SP Brasil  
ou Caixa Postal 42494 CEP 04218-970 São Paulo SP Brasil  
Tel: (55 11) 2065-8100 Fax: (55 11) 2065-8113 www.mz.usp.br



## **Anexo 13: Dados Brutos Bioespeleologia**

(Arquivos em mídia digital, em formato Microsoft Excel)



## **Anexo 14: Mapa de Localização das Cavernas**

---

Rua Eclipse, 133 . Santa Lúcia  
CEP 30360.540 . Belo Horizonte . MG  
+55 31 3296 8544

[www.ICAMBIENTAL.com.br](http://www.ICAMBIENTAL.com.br)





PROJETO:

**Compilação dos estudos espeleológicos - SAM**

MAPA:

**Grau de Relevância Espeleológica  
das Cavidades do  
Complexo Minerário e Vale dos Gigantes**



DATA:

**NOV/2015**

ESCALA:

**INDICADA**

FORMATO:

**A1**

ELABORAÇÃO:

**Lucas H. Rosa**

REGISTRO PROFISSIONAL:

**CREA RS124559**

REVISÃO:

**Lucas H. Rosa**

REGISTRO PROFISSIONAL:

**CREA RS124559**

CÓDIGO

**PRJ-2015-1001-S01-FI-CAVVA-A1-R02**

ANEXO N°



## **Anexo 15: Parecer Jurídico Compensação Ambiental de Cavidades**

## PARECER JURÍDICO

### Projeto Vale do Rio Pardo

### Compensação Ambiental de Cavidades

#### CONSULTA

**SUL AMERICANA DE METAIS – SAM** consulta sobre a possibilidade jurídica de se efetivar a compensação ambiental de cavidades naturais subterrâneas, localizadas na área de influência direta do empreendimento, objeto do Processo de Licenciamento Ambiental nº 02001.000959/2010-41, junto ao IBAMA, notadamente em razão dos seguintes aspectos que foram suscitados:

1. Foram localizadas na área de influência do Projeto um conjunto de cavidades, de diferentes graus de relevância entre si e para as quais, seguindo-se a legislação de regência, faz-se necessário definir as medidas e ações necessárias.
2. Tais cavidades foram agrupadas em três grupos: (i) não impactadas e que serão protegidas; (ii) impactadas irreversivelmente e que necessitam da adoção de medidas de compensação; (iii) cavidades que não serão suprimidas mas que sofrerão interferência por se localizarem a uma distância inferior a 250 metros das estruturas que compõem o empreendimento.
3. Dentre as cavidades que serão impactadas irreversivelmente se encontra uma única classificada como grau de relevância médio e como tal, conforme definido no art. 4º, §4º do Decreto 6640/08, caberá ao empreendedor adotar medidas e financiar ações, nos termos definidos pelo órgão ambiental competente, que contribuam para a conservação e o uso adequado do patrimônio espeleológico brasileiro, especialmente das cavidades naturais subterrâneas com grau de relevância máximo e alto.

Consulta, portanto, o empreendedor, se é juridicamente possível que a proposta de compensação para essa única cavidade de grau de relevância médio a ser suprimida, seja a preservação de uma cavidade de relevância alta, situada dentre aquelas que não serão suprimidas mas que sofrerão interferência, mediante a adoção de medidas diversas de monitoramento e definição de estratégias para as atividades de mineração, com vistas a que seja garantida a realização harmônica entre a mineração e a manutenção da integridade física e equilíbrio ecológico do patrimônio espeleológico envolvido.

#### PARECER

01. O alvo central da consulta subsume-se na melhor interpretação a ser lançada sobre as disposições legais que tratam do tema da compensação ambiental de



cavidades naturais subterrâneas, de grau de relevância médio, afetadas pelo empreendimento em licenciamento.

02. A regra geral, no âmbito federal, está determinada no Decreto nº 6640/08 que alterou a redação do Decreto nº 99.556/90 e que assim dispõe:

“Art. 4º A cavidade natural subterrânea classificada com grau de relevância alto, médio ou baixo poderá ser objeto de impactos negativos irreversíveis, mediante licenciamento ambiental.

(...)

§ 4º No caso de empreendimento que ocasione impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea com grau de relevância médio, o empreendedor deverá adotar medidas e financiar ações, nos termos definidos pelo órgão ambiental competente, que contribuam para a conservação e o uso adequado do patrimônio espeleológico brasileiro, especialmente das cavidades naturais subterrâneas com grau de relevância máximo e alto.

03. Como visto, a norma estabelece um critério genérico – adotar medidas e financiar ações que contribuam para a conservação e o uso adequado de cavidades, preferencialmente de grau de relevância máximo e alto.

04. De fato, é certo que a norma estabeleceu uma compensação ambiental visando equilibrar um impacto irreversível com a proteção incontestada entre patrimônios espeleológicos.

05. Nesse sentido, importante destacar que a compensação ambiental é instituto criado no ordenamento jurídico nacional, que recebe diversos matizes, a depender do recurso natural afetado (floresta suprimida com floresta plantada, implantação de empreendimento de significativo impacto com criação de unidade de conservação, etc) que, como gênero, designa obrigação atribuída ao empreendedor de adotar medidas e ações como forma de fazer face a afetação de recursos naturais decorrentes da implantação de empreendimentos efetivamente capazes de causar degradação ambiental.

06. O que inspira a compensação ambiental é a verificação de que a implantação de empreendimentos com significativo potencial de impacto ambiental implica na afetação de recursos naturais, em razão de interferências nos meios físico e biótico, gerando, como consequência, restrição de habitats para o desenvolvimento pleno de espécimes da flora e fauna e do patrimônio natural.

07. Desta forma, a compensação foi idealizada no contexto da seguinte lógica: as perdas de recursos naturais, em razão da implantação e operação de empreendimentos, devem ser compensadas por meio de ações e medidas e efetivas que visem garantir a preservação, a longo prazo, de amostras significativas do ecossistema afetado.

08. Essa lógica segue a razão de que a afetação de recursos naturais não é proibida pelo ordenamento jurídico nacional, que, de outra sorte, nos termos art. 225 da Constituição Federal, determinação a manutenção do equilíbrio ecológico. Sendo assim, as perdas de recursos naturais são permitidas desde que seja assegurado que o patrimônio

*D. D. D.*

natural não seja extinto ou perdido definitivamente. Daí porque a preservação de amostras significativas mostra-se como uma estratégia eficaz para a garantia de perpetuação de espécies e dinâmicas naturais.

09. De fato, definida a natureza jurídica compensatória do instituto, como o próprio nome está a dizer, define-se uma forma de equilibrar os efeitos dos impactos negativos e certos gerados sobre o meio ambiente, sem comprometer em definitivo os recursos afetados, garantindo que esses recursos sejam de fato preservados.

10. Assim, se de um lado os empreendimentos provocam impactos aos recursos naturais, de outro lado, devem custear a preservação desses mesmos recursos existentes. Forças opostas que se equilibram em prol do meio ambiente, de tal forma a que o empreendimento proporcione a integração do uso dos recursos dos recursos naturais com a sua conservação.

11. Ocorre que, o tamanho das medidas a serem adotadas, ou seja, o quantum da compensação ambiental tem se afigura no ordenamento nacional como um grande desafio. Isto porque não existe metodologia definida para a mensuração dos impactos causados que pudessem ser traduzidos numa fórmula justa para o meio ambiente. De fato, embora existam estudos avançados sobre a valoração dos bens ambientais é fato que esse tema ainda não está amadurecido e integrado nas políticas ambientais.

12. Logo, vincular a compensação ambiental pelo quantum dos impactos traria uma impossibilidade inerente ao atual estado da técnica, já que não foi possível estabelecer uma medição para a supressão de cavernas, de florestas, a redução de habitats ou os transtornos para os ambientes aquáticos, por exemplo. Afinal, quanto vale a supressão de uma caverna de grau médio ou de 100 hectares de floresta nativa, para o estabelecimento de um empreendimento?

13. As normas, portanto, inteligentemente, deixaram a definição da compensação ambiental para serem determinadas a partir da aferição dos impactos ambientais e sua repercussão, caso a caso, empreendimento a empreendimento.

14. Nesse sentido que o Decreto 6640/08 ao determinar a compensação de cavidades naturais de grau médio estabeleceu que cabe ao empreendedor **adotar medidas e financiar ações que contribuam para a conservação e o uso adequado** do patrimônio espeleológico.

15. O comando é genérico, amplo e aberto as mais largas possibilidades.

16. Assim, a fixação da obrigação, a partir da lógica do que significa a compensação ambiental – reservar amostras e protegê-las – exige o estabelecimento de medidas e ações voltadas à conservação e ao uso adequado de cavidades naturais. Nada mais é exigido. Não há fórmula nem limites que circunscrevem as ações. Em torno desse objeto, qualquer ação é admissível desde que haja, é claro, um objetivo específico que possa ser atendido.

17. Desta forma, respondendo à consulta da interessada, conclui-se que é perfeitamente possível que seja estabelecida a compensação de uma cavidade de grau médio de relevância, que será suprimida, por meio de adoção de ações voltadas à conservação de uma cavidade de grau alto, ainda que situada na área de abrangência do empreendimento.

18. Não há, objetivamente, nenhum critério que limite ou impeça a ação pretendida, ora sob consulta.

19. Por ademais, por “adoção de medidas e financiamento de ações” quer a norma dizer que não basta que uma cavidade existente seja simplesmente isolada da ação antrópica. Faz-se necessário que, de fato, sejam executadas medidas, o que inclui a realização de investimentos e custeios de programas e ações, voltados à conservação ou desenvolvimento de estudos e pesquisas que contribuam para a conservação e uso adequado de um conjunto espeleológico.

20. É exatamente o que está sendo proposto pelo empreendedor no âmbito do Capítulo 9 do Estudo denominado CONSOLIDAÇÃO DOS ESTUDOS ESPELEOLÓGICOS - ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DO PROJETO VALE DO RIO PARDO, elaborado por IC Ambiental (2015). Há ações e medidas específicas que se propõe adotar para cavidades de grau de relevância alto, dentre aquelas cavidades do chamado 3º Grupo, ou seja, aquelas cavidades que não serão suprimidas mas que sofrerão influência direta do empreendimento, dada a sua proximidade.

21. Observa-se, no âmbito dos estudos apresentados, que o empreendedor está propondo medidas efetivas de conservação e mais, desenvolvimento de pesquisas e técnicas que identifiquem como realizar a mineração nas adjacências, sem o patrimônio espeleológico seja afetado negativamente. Propõem-se medidas efetivas visando garantir a integridade física e manutenção do equilíbrio ecológico, por meio da manutenção de suas dinâmicas hídrica, evolutiva e biológica. Apresentam-se como objetivos dessas medidas: (i) monitorar aspectos físicos suficientes para a compreensão da condição de estabilidade geotécnica das cavidades; (ii) monitorar os aspectos biológicos que garantam a manutenção da dinâmica biológica destas cavidades e (iii) fornecer ferramentas para a gestão dos riscos à estabilidade das cavidades, viabilizando um planejamento estratégico das atividades minerárias do entorno.

22. Consigne-se, ainda que conforme a proposta do Estudo, *“a metodologia proposta para o monitoramento desenvolvida possui como diretriz principal o caráter preventivo, precavido e antecipatório em relação aos riscos que representam potencialidades de iminência de impactos nas cavidades monitoradas. Ou seja, o escopo metodológico do monitoramento proposto não é apenas para prevenir o impacto, mas, antes disto, e também, promover a gestão preventiva dos riscos que potencializam a iminência do impacto, de maneira a garantir com maior segurança que este não ocorra. A importância desta abordagem está no fato de viabilizar ações preventivas, por parte da atividade minerária, que sejam mais assertivas e eficientes no sentido da manutenção da integridade física das cavidades”*.

23. Assim, verifica-se que do ponto de vista jurídico normativo, a proposta de compensação da cavidade de grau de médio de relevância que será suprimida, por meio das ações propostas para o conjunto de cavidades de grau de relevância alto, nas proximidades da mina, é perfeitamente viável e factível e até incentivado pela norma, quando intencionalmente determina que as ações devam ser preferencialmente dirigidas a proteção de cavidades de grau de relevância máximo e alto.

24. A propósito, não se diga que essas ações para as cavidades nas adjacências já deveriam ser adotadas de qualquer forma, como argumento para afastar a possibilidade de que tal compensação seja admitida.

25. Ora, se essas cavidades serão mantidas, ainda que sob influência da mineração, bastaria ao empreendedor fixar o compromisso de manter a sua integridade. Não necessitaria desenvolver ações para sua proteção, conservação e desenvolvimento de suas dinâmicas ecológicas naturais. Isso porque, acaso houvesse risco de sua afetação ou caso isso se confirme, necessariamente ele terá que adotar medidas para sua compensação na forma de proteção de outras cavidades chamadas de testemunho, na proporção de 2 para 1.

26. É dizer: o empreendedor poderia inclusive prever a destruição dessas cavidades. Não o fez, preferiu propor medidas para sua conservação.

27. Assim, se vai realizar ações efetivas, justo que tais ações entrem na conta da compensação ambiental das cavidades suprimidas, até porque, efetivamente, são ações que se inserem no comando legal: **adotar medidas e financiar ações que contribuam para a conservação e o uso adequado** do patrimônio espeleológico.

28. É o parecer.

Brasília, 09 de novembro de 2015.

  
DIEGO MERÇON VIEIRA MONTEIRO  
OAB/DF 40.498



## **Anexo 16: Anotação de Responsabilidade Técnica**

---

Rua Eclipse, 133 . Santa Lúcia  
CEP 30360.540 . Belo Horizonte . MG  
+55 31 3296 8544

[www.ICAMBIENTAL.com.br](http://www.ICAMBIENTAL.com.br)





**Serviço Público Federal**  
**CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA -**  
**4ª REGIÃO**

<b>ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART</b>		Nº: 2015/08980	
<b>CONTRATADO</b>			
Nome: RENE HENRIQUE CARDOSO RENAULT		Registro CRBio: 057588/04-D	
CPF: 42909350606		Tel:	
E-mail: renauld_rene@yahoo.com.br			
Endereço: RUA PEDRA CLARA, 203			
Cidade: CAETE		Bairro: PEDRA BRANCA	
CEP: 34800-000		UF: MG	
<b>CONTRATANTE</b>			
Nome: : IC AMBIENTAL LTDA			
Registro profissional:		CPF/CGC/CNPJ: 07.798.642/0001-27	
Endereço: RUA ECLIPSE n.º 133 CASA			
Cidade: BELO HORIZONTE		Bairro: SANTA LUCIA	
CEP: 30360-540		UF: MG	
Site:			
<b>DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL</b>			
Natureza: Prestação de Serviços - 1.8			
Identificação: Direção Técnica da Consolidação Estudos espeleológicos da SAM			
Município do trabalho: Grão Mogol e Padre Carvalho		UF: MG	Município da sede: Grão Mogol
UF: MG		UF: MG	
Forma de participação: Equipe		Perfil da equipe: multidisciplinar	
Área do conhecimento: Ecologia		Campo de atuação: Meio ambiente	
Descrição sumária da atividade: DIREÇÃO TÉCNICA DA CONSOLIDAÇÃO DOS ESTUDOS ESPELEOLÓGICOS DA SUL AMERICANA DE METAIS S.A - SAM, PARA O CUMPRIMENTO DO PARECER 02015.000092/2015-89 NLA/MG/IBAMA E DO PARECER 0287/2013 NLA/MG/IBAMA PARA O PROJETO VALE DO RIO PARDO EM GRÃO MOGOL E PADRE CARVALHO			
Valor: R\$ 6000,00		Total de horas: 100	
Início: 16/09/2015		Término:	
<b>ASSINATURAS</b>			
Declaro serem verdadeiras as informações acima			Para verificar a autenticidade desta ART acesse o <b>CRBio-04 Online</b> em nosso site e depois o serviço <b>Conferência de ART</b>
Data: 11/11/15 Assinatura do profissional		Data: 10/11/15 Assinatura e carimbo do contratante	
<b>Solicitação de baixa por distrato</b>		<b>Solicitação de baixa por conclusão</b>	
Data: / /		Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.	
Assinatura do profissional		Nº do protocolo: <b>5196/NET</b>	
Data: / /		Data: / / Assinatura do profissional	
Assinatura e carimbo do contratante		Data: / / Assinatura e carimbo do contratante	

[Imprimir ART](#)



## **Anexo 17: Cadastro Técnico Federal**

---

Rua Eclipse, 133 . Santa Lúcia  
CEP 30360.540 . Belo Horizonte . MG  
+55 31 3296 8544

[www.ICAMBIENTAL.com.br](http://www.ICAMBIENTAL.com.br)





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>
5385366	13/08/2015	13/08/2015	13/11/2015

**Dados básicos:**

CNPJ : 07.798.642/0001-27  
Razão Social : IC AMBIENTAL LTDA  
Nome fantasia : IC AMBIENTAL  
Data de abertura : 02/01/2006

**Endereço:**

logradouro: RUA ECLIPSE  
N.º: 133  
Bairro: SANTA LÚCIA  
CEP: 30340-560  
Complemento:  
Município: BELO HORIZONTE  
UF: MG

**Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras  
e Utilizadoras de Recursos Ambientais – CTF/APP**

<b>Código</b>	<b>Descrição</b>
23-15	outras atividades sujeitas a licenciamento não especificadas anteriormente

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, por meio do CTF/APP.

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

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/APP não habilita o transporte e produtos e subprodutos florestais e faunísticos.

<b>Chave de autenticação</b>	USIJAXA22KX8PMQ
------------------------------	-----------------



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>
4947410	10/11/2015	10/11/2015	10/02/2016

**Dados básicos:**

CPF: 429.093.506-06

Nome: RENE HENRIQUE CARDOSO RENAULT

**Endereço:**

logradouro: RUA ECLIPSE

N.º: 133 Complemento:

Bairro: SANTA LÚCIA Município: BELO HORIZONTE

CEP: 30360-540 UF: MG

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

<b>Código CBO</b>	<b>Ocupação</b>	<b>Área de Atividade</b>
2521-05	Administrador	Prestar consultoria às organizações e pessoas

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	54ZY31LZ9QYU4DL5
------------------------------	------------------



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>
293511	17/08/2015	17/08/2015	17/11/2015

**Dados básicos:**

CPF: 122.855.872-87

Nome: FRANCISCA MARIA RIBEIRO PRINTES

**Endereço:**

logradouro: RUA SANTA CATARINA

N.º: 1558 Complemento: APTO 202

Bairro: LOURDES Município: BELO HORIZONTE

CEP: 30170-081 UF: MG

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

<b>Código CBO</b>	<b>Ocupação</b>
2134-05	Geólogo
2134-05	Geólogo
2134-05	Geólogo

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	ZLZ6LCQ6N573Y9Y2
------------------------------	------------------



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>
1565891	07/08/2015	07/08/2015	07/11/2015

**Dados básicos:**

CPF: 044.673.166-80

Nome: ALESSANDRO ARAÚJO FERREIRA DORNELAS

**Endereço:**

logradouro: RUA BOAVENTURA

N.º: 1168 Complemento: APTO 301

Bairro: LIBERDADE Município: BELO HORIZONTE

CEP: 30210-570 UF: MG

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

<b>Código CBO</b>	<b>Ocupação</b>
2211-05	Biólogo

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	AASTSJAKA5NWM4NS
------------------------------	------------------



**CADASTRO TÉCNICO FEDERAL DE ATIVIDADES E  
INSTRUMENTOS DE DEFESA AMBIENTAL**

**COMPROVANTE DE INSCRIÇÃO**

Data de última atualização:	15/06/2015	Data de validade:	06/10/2017
CPF: 972.042.180-00			
NOME: LUCAS HALBERSTADT DA ROSA			
LOGRADOURO: RUA ALESSANDRA SALUM CADAR			
N.º: 920	COMPLEMENTO: 63		
MUNICÍPIO: BELO HORIZONTE		UF: MINAS GERAIS	
<b>Ocupações e áreas de atividades declaradas:</b>			
Engenheiro Civil			
Prestar consultoria, assistência e assessoria			
01/06/2015			

**TERMOS DA INSCRIÇÃO NO CTF/AIDA**

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

A inscrição no CTF/AIDA não desobriga a pessoa física da obtenção de:

- i) licenças, autorizações, permissões, concessões, ou alvarás;
- ii) documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional;
- iii) demais documentos exigíveis por órgãos e entidades federais, distritais, estaduais e municipais para o exercício de suas atividades; e
- iv) do Comprovante de Inscrição e do Certificado de Regularidade emitidos pelo Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais - CTF/APP, quando esses também forem exigíveis.

O Comprovante de Inscrição no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.



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>
5510900	14/08/2015	14/08/2015	14/11/2015

**Dados básicos:**

CPF: 083.839.666-60

Nome: FELIPE BELLINI CALDAS SOARES

**Endereço:**

logradouro: RUA HELIANTO

N.º: 134

Complemento: APTO 101

Bairro: NOVA SUISSA

Município: BELO HORIZONTE

CEP: 30421-194

UF: MG

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

<b>Código CBO</b>	<b>Ocupação</b>
2521-05	Administrador

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	A1K9UBBB1J9GVE4X
------------------------------	------------------