

**CARSTE**  
CONSULTORES ASSOCIADOS

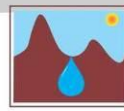
Diagnóstico e  
Análise de  
Relevância

# Espeleologia

## EIA GLOBAL - Serra Norte (N4/N5)



**VALE**



# **EIA - Global Serra Norte**

## **GEOESPELEOLOGIA E ANÁLISE DE RELEVÂNCIA**

**Me. Ataliba Coelho**

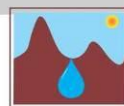
**Augusto Auler PhD**

**Dr. Luis B. Piló**

## **BIOESPELEOLOGIA E ANÁLISE DE RELEVÂNCIA**

**Dra. Flávia Pellegatti Franco**

**Belo Horizonte, novembro de 2013**



**EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO**

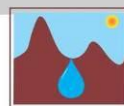
Razão social:	Carste Consultores Associados Ltda	http:	www.carste.com.br
CNPJ:	08.000.418/0001-00	Telefone:	(31) 2552-9976
Endereço:	Rua Brasópolis, 139. Floresta Belo Horizonte, MG CEP 30150-170		

**EMPRESA RESPONSÁVEL PELO EMPREENDIMENTO**

Razão social	VALE /S.A.	Telefone:	31) 3215-3174
CNPJ	33.592.510/0037-65		(31) 9801-6330
Endereço	Avenida de Ligação 3580, MAC, Prédio 1, CEP: 34.000-000 Nova Lima – MG	Contato:	Iuri Viana Brandi
Site	www.vale.com	E-mail:	Iuri.brandi@vale.com

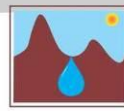
**RESPONSÁVEIS TÉCNICOS PELO RELATÓRIO EM SUAS RESPECTIVAS ÁREAS**

<b>TÉCNICO</b>	<b>FORMAÇÃO / REGISTRO PROFISSIONAL</b>	<b>CADASTRO TÉCNICO FEDERAL - CTF</b>	<b>RESPONSABILIDADE</b>
Luis B. Piló	Geógrafo, Doutor CREA MG 58950	493409	Coordenação geral Geoespeleologia
Flávia Pellegatti Franco	Bióloga, Doutora CRBio 56138/01D	2391369	Coordenação geral Biospeleologia
Ataliba Coelho	Geógrafo, Mestre	5189997	Geoespeleologia
Augusto Auler	Geólogo, PhD CREA 72076	1982773	Geoespeleologia

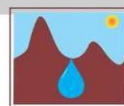


## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	6
<b>2. MÉTODOS E TÉCNICAS</b> .....	7
2.1. Levantamento bibliográfico .....	7
2.2. Prospecção e inventário das cavernas .....	8
2.3. Levantamento topográfico das cavernas .....	8
2.4. Estudos geoespeleológicos .....	11
2.4.1. Análise litológica e estrutural .....	11
2.4.2. Análise morfológica .....	12
2.4.3. Hidrologia .....	12
2.4.4. Depósitos clásticos, orgânicos e químicos .....	12
2.5. Estudos bioespeleológicos .....	13
2.5.1. Atividades de campo .....	13
2.5.2. Atividades de laboratório .....	14
2.5.3. Análises .....	15
2.5.4. Reavaliação de duas cavernas de N5S Morro1 .....	16
<b>3. ESTUDOS ANTERIORES E ESPELEOLOGIA REGIONAL</b> .....	16
<b>4. INSERÇÃO DAS CAVERNAS NO CONTEXTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO</b> .....	22
4.1. Geologia .....	22
4.1.1. Tectônica .....	27
4.2. Geomorfologia .....	27
<b>5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS</b> .....	29
5.1. Prospecção Espeleológica .....	29
5.1.1. Breve histórico das alterações dos dados das cavernas e pendências existentes .....	31
5.2. Geoespeleologia .....	35
5.2.1. Inserção na paisagem .....	44
5.2.2. Litologia e estrutura .....	50
5.2.3. Espeleometria .....	59
5.2.4. Morfologia das cavernas .....	64
5.2.5. Hidrologia das cavernas .....	76
5.2.6. Sedimentos clásticos .....	81
5.2.7. Depósitos químicos .....	86
5.2.8. Gênese .....	101
5.2.9. Estado de conservação .....	109
5.3. Estudos bioespeleológicos .....	117
5.3.1. Caracterização das cavidades .....	117
5.3.2. Considerações sobre a fauna inventariada .....	125
5.3.3. Análises .....	148
<b>6. ANÁLISE DE RELEVÂNCIA</b> .....	153
6.1. Introdução .....	153
6.2. Metodologia .....	153
6.2.1. Discriminação litológica .....	154
6.2.2. As escalas de análise .....	154
6.2.3. Os graus de relevância .....	155
6.3. Análise de relevância das cavernas estudadas .....	157
6.3.1. Discriminação litológica .....	157



6.3.2. Definição das escalas local e regional para análise espeleométrica e amostra dos estudos biológicos .....	157
6.3.3. Escalas de relevância das cavidades.....	162
6.3.4. Considerações finais sobre a relevância das cavidades .....	257
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>284</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>



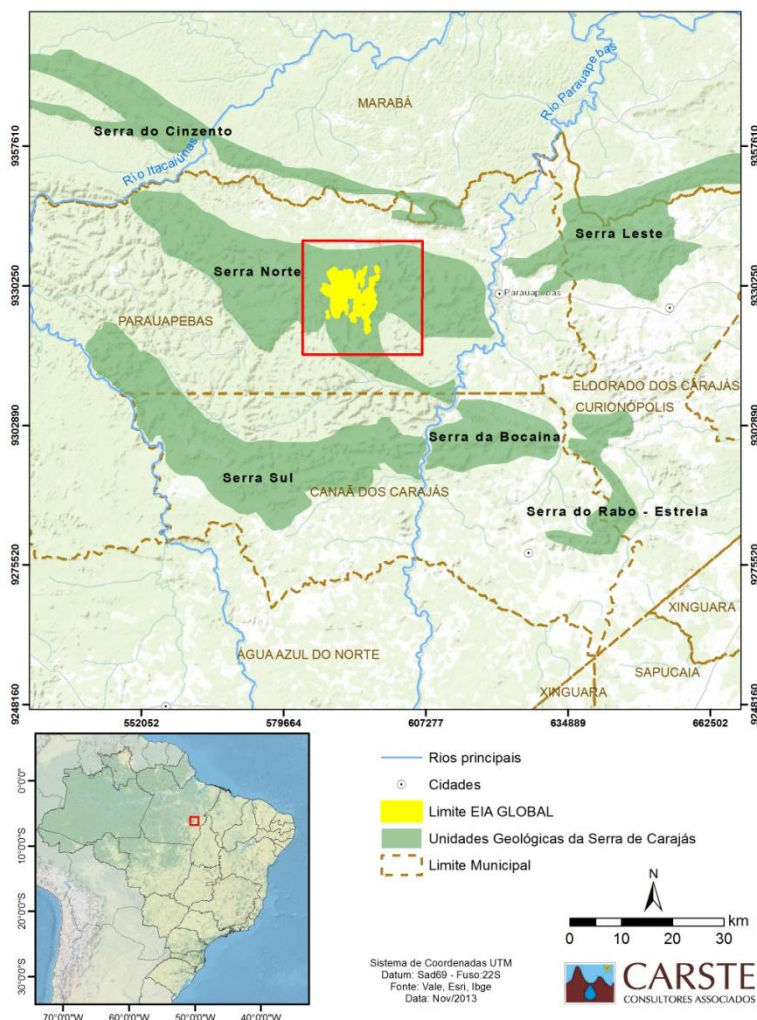
## 1. INTRODUÇÃO

O objetivo geral deste documento é apresentar os resultados dos estudos espeleológicos de 305 cavernas localizadas nos platôs N4 e N5, inserida no interior da Floresta Nacional de Carajás, no sudeste do Pará (Figura 1.1).

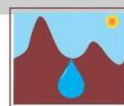
Este relatório integra o Estudo de Impacto Ambiental de Serra Norte, denominado EIA Global Serra Norte, que visa a ampliação da exploração de minério de ferro já existente na referida serra.

Neste relatório não estão incorporadas as cavidades de Morro II, que apesar de fazer parte da ADA (Área Diretamente Afetada) do EIA Global Serra Norte, estão com seus estudos em andamento

**Localização EIA Global Serra Norte**



**Figura 1.1. Localização da área de estudo no sudeste do Pará.**



Especificamente, pretende-se:

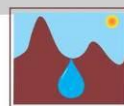
- analisar os aspectos físicos das cavernas, incluindo sua morfologia e seus aspectos espeleométricos; a litologia e suas estruturas; seus aspectos hidrológicos e os depósitos clásticos e químicos;
- analisar aspectos sócio-econômicos e culturais relativos às cavernas;
- efetuar o inventário da fauna cavernícola; buscar informações do ambiente cavernícola, como zonação, tipos e características dos substratos orgânicos, umidade dos substratos e presença de água; caracterizar o ambiente e a fauna subterrânea;
- avaliar o estado de conservação das cavernas e de seus entornos de 250 m;
- efetuar análise de relevância das cavidades, conforme determina o Decreto Federal N.6.640 e a Instrução Normativa N.2, do Ministério do Meio Ambiente - MMA.

O presente relatório obedece à seguinte estruturação. Inicialmente são apresentados os procedimentos utilizados nos trabalhos de geoespeleologia e bioespeleologia. Em seguida, foi elaborado um referencial sobre o tema, incluindo trabalhos anteriores além de referências sobre a espeleologia regional, resultante de levantamento bibliográfico. No item seguinte foi realizado o diagnóstico físico e biológico das cavernas. O relatório é finalizado com a análise de relevância das 305 cavidades.

## **2. MÉTODOS E TÉCNICAS**

### **2.1. Levantamento bibliográfico**

Foi realizado um levantamento bibliográfico sobre os estudos espeleológicos em cavernas em formação ferrífera e canga no Brasil, com destaque para a região de Carajás.



## **2.2. Prospecção e inventário das cavernas**

O inventário de cavidades na área de Serra Norte foi realizado em diversas etapas. Nas etapas iniciais, que envolveram o ano de 2004/2005, as áreas de N5E, N5S (parcialmente) e N4E (parcialmente) foram prospectadas por funcionários da própria Vale, sob a coordenação do geólogo Clóvis Maurity. Logo em seguida, já em 2006 e 2007, os trabalhos de prospecção ficaram a cargo da Fundação Casa de Cultura de Marábá - FCCM e o Grupo de Espeleologia de Marabá – GEM.

O caminhamento foi registrado em *GPS's eTrex ou Garmin V* inicialmente com pontos, passando posteriormente a linhas contínuas, em função da disponibilidade de programas específicos. As equipes foram compostas por dois ou três espeleólogos que percorreram as áreas através de caminhamentos paralelos, distanciados cerca de 15 ou 20 m entre si. Naquele momento, não era dada muita importância ao registro do caminhamento. Os equipamentos de posicionamento global também apresentavam baixa precisão.

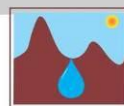
Em N4WS as prospecções também foram realizadas pela FCCM/GEM entre 2006 e 2009. Os caminhamentos foram realizados em linhas paralelas com equidistância de 15 a 40 m, registradas em GPS. Ao final da jornada de trabalho os dados eram descarregados através do software *TrackMaker* e plotados em mapa preliminar. Ao longo do caminhamento eram colocadas fitas sinalizadoras para indicar as trilhas e também junto às entradas das cavidades.

As prospecções nas áreas das Pilhas Sudeste e Super Leste (PESE e PESL) foram também realizadas pelo GEM. Ao longo das prospecções foram preenchidas fichas com informações básicas sobre atributos físicos, bioespeleológicos e arqueológicos das cavidades. Também foram elaborados croquis em grau 2C BCRA. Grande parte das cavidades recebeu plaquetas de identificação, contendo o número de cadastro GEM.

## **2.3. Levantamento topográfico das cavernas**

A topografia das cavernas foi realizada em diferentes etapas, tendo se iniciado em 2006 com o mapeamento de cerca de 50 cavernas nas áreas de



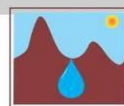


N4E e N4WS. No ano de 2007 cerca de 80 cavidades foram mapeadas nas áreas de N4WS e N5S. A partir de 2008, após um curso ministrado pela Carste, o GEM iniciou o mapeamento de cavidades na região de Carajás, particularmente nas áreas de N4E, N4WS, N5SM1, N1, dentre outras.

Os instrumentos utilizados nos primeiros levantamentos foram trenas de nylon, bússola e clinômetro, estes últimos da marca *Suunto*. Posteriormente, a trena de nylon foi substituída por trena a laser, comumente da marca *Leica*.

A técnica de topografia subterrânea utilizada pelas diferentes equipes variou pouco, e sempre em função das interferências magnética, frequente em rochas ferríferas. Algumas equipes substituíram a bússola por transferidores, que eram utilizados com a ajuda de fios de nylon (ou barbantes) para a marcação das bases topográficas. Medidas de controle da interferência magnética foram necessárias para as equipes que utilizavam bússola nos levantamentos topográficos. O método de controle mais comum foi o da visada contrária, que consiste na realização de visadas inversas para todas as mudanças de base. Uma vez que o nível de interferência não é o mesmo em todos os pontos da cavidade, este método possibilitou conhecer a variação local na leitura da bússola, permitindo sua correção através de cálculos relativamente simples. É necessário, no entanto, certos cuidados como o distanciamento de superfícies rochosas e blocos. A bússola também deveria ser utilizada com o mínimo de variação de posicionamento (altura), pois dependendo do nível de interferência a que estará sujeita alguns poucos centímetros são capazes de gerar alterações na leitura. A medição de seções transversais e perfis foi realizada com trena de nylon (20 ou 30 m) esticada no piso e trena de fita ou telêmetro para a tomada das alturas de teto.

Os dados de planta baixa foram tratados nos *softwares OnStation* ou *Survex*. Estes programas são responsáveis por gerar as linhas de trena e bases topográficas em plataforma tridimensional, que foram posteriormente transportadas para o programa *AutoCad*, onde foi finalizada a cartografia. O grau de precisão da grande maioria dos mapas foi 5D, com base no sistema *British Cave Research – BCRA*. Para algumas cavidades a superfície de piso foi representada através da interpolação de curvas de nível com equidistância de 20 cm, tendo como ponto zero a coordenada (coletada por GPS) da entrada da cavidade.



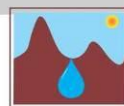
Para o cálculo da projeção horizontal foi utilizado o princípio da descontinuidade (vide Rubbioli & Moura, 2005), que desconsidera a largura dos condutos no cálculo final. Deste modo, a soma do comprimento de um conduto foi feita em seu eixo central. No cruzamento entre dois condutos esta medição foi interrompida de modo a não incluir o comprimento lateral do novo conduto (Figura 2.1).



**Figura 2.1. Medição da projeção horizontal de acordo com o método da descontinuidade.**

Já o desnível foi calculado pela diferença altimétrica das bases topográficas. É importante, no entanto, que na etapa de campo as bases visadas acima do nível do piso tenham sua altura registrada, para que posteriormente esta medida seja subtraída no momento da construção das curvas de nível. Em casos de patamar, paleopiso ou nível superior, sua altura é considerada no cálculo do desnível.

O cálculo da área foi feito no *software* AUTOCAD. Deve-se desenhar um polígono em torno da área total da cavidade e a partir deste foi calculada a área. Em caso de ocorrência de pilar, sua área foi calculada individualmente e subtraída do total. Em planta baixa, o nível superior foi apenas indicado, sendo



seu detalhamento e cálculo espeleométrico feito separadamente. O resultado foi então somado ao do nível inferior.

O volume estimado foi realizado através da multiplicação da área total da cavidade e a altura média total de seus condutos. Para a obtenção desta última foi necessária a realização de seções em pontos representativos da cavidade. Na maioria dos casos, os condutos possuem seções irregulares, com diferentes alturas de teto. Para que se consiga um valor mais próximo da realidade são feitas seções longitudinais sempre no eixo central do conduto das várias seções transversais. O passo seguinte foi a obtenção da altura média de cada seção, que foi obtida pela divisão de sua área pelo seu comprimento. A altura média total foi a soma da altura de todas as seções dividida pelo total de seções consideradas:

» altura média da seção =  $\text{área}/\text{comprimento}$

» altura média total =  $\text{soma das alturas médias das seções}/\text{número de seções}$

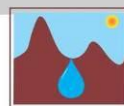
Deste modo, quanto mais seções forem consideradas maior será a precisão no cálculo do volume.

## **2.4. Estudos geoespeleológicos**

Os estudos geoespeleológicos foram realizados desde 2005, o que gerou uma certa heterogeneidade da informação, tendo em vista que foram utilizados pelo menos três tipos de fichas para coleta de dados geoespeleológicos. No entanto, a informação essencial para qualificação das cavernas não foi comprometida. Salienta-se ainda que nas áreas de N5E e N5S (N5S-0001 a N5S-0021), estudadas em 2005/2006, não foram utilizadas fichas de geoespeleologia. A descrição das cavernas encontra-se no corpo do relatório (ver Anexo IX e X).

### **2.4.1. Análise litológica e estrutural**

A análise da litologia consistiu na caracterização dos diferentes litotipos observados no levantamento de campo.



As estruturas, representadas principalmente por juntas, falhas e pelas superfícies do bandamento composicional da formação ferrífera, são descontinuidades de grande importância no desenvolvimento de cavernas em minério de ferro e canga. Estas estruturas condicionam a circulação da água no interior da rocha, além de contribuírem para a atuação de processos de abatimentos de blocos do teto e paredes. A tomada de medidas das estruturas foi efetuada utilizando-se bússola *Brunton* ou *Clar*. O tratamento das medidas estruturais foi realizado através do *software* EstereoNet.

#### **2.4.2. Análise morfológica**

Os estudos morfológicos consistiram na definição do padrão planimétrico das cavidades, tendo como base a planta baixa. A análise da morfologia, juntamente com a integração dos dados estruturais e litológicos, forneceu os dados sobre aspectos genéticos das cavidades.

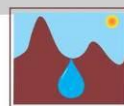
#### **2.4.3. Hidrologia**

Foi avaliada a presença de corpos hídricos (fluxos concentrados e acumulações) no interior das cavidades. Também foi registrada a presença de águas de percolação, normalmente sob forma de gotejamentos. Condensação, representada em geral por gotículas aderidas às paredes e teto, foi também identificada..

#### **2.4.4. Depósitos clásticos, orgânicos e químicos**

Depósitos sedimentares clásticos foram registrados em função de sua constituição e granulometria. Depósitos orgânicos, quando presentes, foram objeto de registro.

Os depósitos químicos (espeleotemas) foram identificados e analisados em função de sua morfologia, diversidade e abundância. A recorrência desses depósitos também foi avaliada, de modo a verificar a presença de espeleotemas raros.



## **2.5. Estudos bioespeleológicos**

### **2.5.1. Atividades de campo**

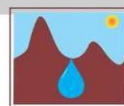
Para caracterização das variáveis ambientais relevantes para fauna cavernícola foram registradas qualitativamente as condições de luminosidade, umidade dos substratos e recursos tróficos disponíveis. Para a luminosidade foi registrada a incidência de luz direta (E – zona de entrada), de luz indireta/área 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 (piso rochoso, sedimento fino, cascalho, matacão, guano 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). As características de cada setor bem como a fauna presente podem ser observadas nas fichas de campo no Anexo III (para N4WS (maioria), N5S (parte), N4E, PESE e PESL foram utilizadas as fichas disponibilizadas pela Vale).

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, 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

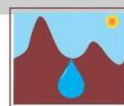


máximo de 3 m de comprimento). O tempo de duração do procedimento variou, sendo ele condicionado a captura das diferentes espécies de morcegos visualizados. Algumas etapas antes do início das seções de capturas foram seguidas: localização dos morcegos e suas colônias dentro das cavernas; espera até que 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. Alguns animais foram coletados devido à impossibilidade de identificação do exemplar em campo.

### **2.5.2. Atividades de laboratório**

Todo o material coletado foi triado em laboratório com o uso de estereomicroscópio e microscópio, sendo posteriormente agrupado por morfoespécies e identificado com o auxílio de chaves para características morfológicas. O refinamento de identificações, correlações, morfotipagem e análise de troglomorfismos foram efetuadas preferencialmente através de indivíduos adultos, já que jovens são pouco focados em estudos taxonômicos; muitas vezes identificações são efetuadas levando-se em conta as genitálias de machos e fêmeas (ex. Arachnida). Quando possível e necessário, táxons foram enviados a especialista para refinamento das identificações e análise morfológica. Para muitos grupos taxonômicos, exemplares troglomórficos foram comparados morfológicamente com exemplares coletados em cavidades de outras áreas na região de Carajás. Os locais de depósito de material biológico são: Museu de Zoologia da USP (São Paulo), Instituto Butantan (parte de Arachnida) e museu de referência da Faculdade de Saúde Pública da USP (Diptera Phlebotominea).

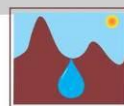


### 2.5.3. Análises

Os valores de riqueza absoluta de espécies das cavidades foram utilizados como valor de riqueza para comparação. A presença de um táxon jovem (sem identificação) foi contabilizada apenas se não ocorreu na mesma cavidade a presença de adulto com identificação mais precisa, para não superestimar o resultado. Por isso, o número de espécies indicado é considerado um número mínimo.

Curvas de acumulação do tipo Mao tau foram construídas considerando cada cavidade como uma amostra da fauna subterrânea local. A curva de acumulação de espécies foi obtida através do programa PAST versão 2.02 (Hammer *et al.*, 2001).

A abundância relativa foi obtida considerando espécies de vertebrados e de invertebrados com adultos de tamanho corporal maior ou igual a 1 cm, 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; 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 relevância baixa para a espécie em questão, o intervalo com maiores valores confere relevância alta, e o intervalo com valores intermediários confere relevância média para cada espécie avaliada; a terceira etapa consiste na determinação da proporção de espécies com alta abundância relativa para cada cavidade, seguindo a Instrução Normativa N.2 – IN 2, publicada no dia 20 de agosto de 2009 pelo Ministério do Meio Ambiente - MMA, que determina que cavidades com 30% ou mais de espécies abundantes seja considerada de alta relevância,



cavidades com 10% a 20% seja considerada de média relevância, e cavidades com menos que 10% de espécies abundantes seja considerada de baixa relevância 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. Os valores de abundância foram obtidos separadamente para cada época para evitar que um mesmo indivíduo entre duas vezes no mesmo cálculo. Para configurar o atributo foi utilizado o maior valor entre épocas de coleta.

As cavidades N4E-0001 até N4E-0038, N4E-0040, N4E-0041, N4E-0061, N4WS-0011 até N4WS-0015, N4WS-0017 e N5S-0001 até N5S-0022 tiveram sua primeira amostragem realizada antes da publicação da Instrução Normativa (IN 2), portanto estas cavidades foram classificadas com grau de relevância alto para este atributo.

#### **2.5.4. Reavaliação de duas cavernas de N5S Morro1**

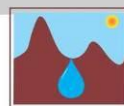
Para a reavaliação das cavidades N5SM1-0005 e N5SM1-0030 (informações referentes à bioespeleologia das cavidades de N5S Morro 1 estão apresentadas no Relatório CARSTE (2012 – Anexo X) foram utilizadas as informações obtidas no Relatório Complementar CARSTE (2013) e Ecossistema (2013 – Anexo XI).

### **3. ESTUDOS ANTERIORES E ESPELEOLOGIA REGIONAL**

O Brasil apresenta um grande potencial espeleológico em cavidades ferríferas. De fato, as duas maiores áreas de exploração de minério de ferro no país (Quadrilátero Ferrífero e Carajás) têm revelado uma série de cavernas em rochas ferríferas. Porém, outras regiões do país possuem reservas de ferro com algum potencial espeleológico, como Mato Grosso do Sul (Corumbá) e na Bahia (Caetité). Uma introdução às ocorrências espeleológicas em minério de ferro e canga é apresentada por Auler & Piló (2005).

As cavernas têm merecido alguma atenção na literatura especializada, sendo a maior parte das referências provindas do Quadrilátero Ferrífero (MG) e



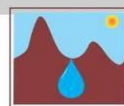


Serra dos Carajás e arredores (PA). Provavelmente a primeira menção a cavidades em minério de ferro no Brasil seja devida ao francês Noël Aimé Pissis que, em 1842, descreveu cavidades e estalactites no itabirito do Quadrilátero Ferrífero (Pissis, 1842). Em 1871 o mineralogista inglês William Jory Henwood (1871) descreveu a existência de estreitas fendas em itabirito na região de Água Quente, Quadrilátero Ferrífero. Após essas referências pioneiras, importantes descrições de cavernas foram feitas no Quadrilátero Ferrífero, dentre as quais: Tassini (1947), Guild (1957), Simmons (1963) e Dorr (1969).

Recentemente houve uma retomada dos estudos espeleológicos nas cavernas em minério de ferro e canga do Quadrilátero Ferrífero. Piló & Auler (2005) apresentaram uma revisão sobre o tema, com ênfase nas cavidades da Mina de Capão Xavier. Novamente Piló & Auler (2006) elaboraram uma pesquisa em quatro áreas do Quadrilátero ferrífero: Mina do Pico, Parque Estadual Serra do Rola Moça, Capão Xavier e Serra da Moeda.

Na região da Serra dos Carajás (PA), a primeira referência a cavernas deve-se a Tolbert *et al.* (1971), que comenta sobre as grandes cavernas encontradas sob o manto de canga. Os estudos espeleológicos na Serra dos Carajás tiveram um grande avanço a partir dos trabalhos de elementos ligados ao Grupo Espeleológico Paraense - GEP, notadamente Clóvis W. Maurity e Roberto Vizeu L. Pinheiro. Em seu primeiro relatório Pinheiro *et al.* (1985) detalharam quatro cavernas, além de discorrerem sobre as feições encontradas e sua possível gênese. Este trabalho foi detalhado em Pinheiro & Maurity (1988), no qual a interpretação espeleogenética foi aprimorada. Maurity & Kotschoubey (1995) posteriormente produziram um detalhado estudo não só sobre a gênese das cavidades, como também sua mineralogia, trabalho este reproduzido mais recentemente (Maurity & Kotschoubey, 2005). Nos arredores da Serra dos Carajás, Atzingen & Crescêncio (1999) apresentaram uma descrição com mapas de algumas cavernas na região de Serra Pelada (Serra Leste).

Piló & Auler (2009) apresentaram uma caracterização das cavernas de minério de ferro e canga da região de Carajás. Segundo os autores, essas cavernas já foram identificadas nas serras Norte, Sul, Leste, Tarzan e Bocaina (Figura 3.1).



Essas cavernas encontram-se inseridas na base de pequenas escarpas rochosas posicionadas, predominantemente, no terço superior/médio das vertentes inclinadas, morfologia que faz a conexão entre o topo dos planaltos dissecados, localmente denominados de platôs, e as planícies aluviais.

A maioria das cavernas já registradas na região de Carajás, até o momento, é constituída por dois litotipos: a formação ferrífera (minério de ferro) e a canga detrítica. Mas já foram registradas cavernas inseridas exclusivamente na formação ferrífera, como também só na canga detrítica.

Essas ocorrências ferríferas foram denominadas de Formação Carajás, unidade intermediária do Grupo Grão Pará (Beisiegel et al. 1973). Sua idade mínima é determinada, de acordo com Trendall *et al.* (1998), por um sill máfico que corta a referida formação, datado de  $2.740 \pm 8$  MA.

Já a canga detrítica, produto secundário da formação ferrífera, tem sido posicionada cronologicamente no final do Cretáceo/início do Terciário, segundo Pinheiro *et al.* (1985) e Pinheiro & Maurity (1988).

As superfícies do bandamento da formação ferrífera, muitas vezes, controlam o desenvolvimento da direção preferencial de cavernas. As fraturas também respondem como estruturas de controle na direção preferencial de condutos. Flexuras do tipo *kink bands* também foram registradas nas cavernas, mas não foi constatado nenhum tipo de controle na morfologia ocasionado por essas estruturas.

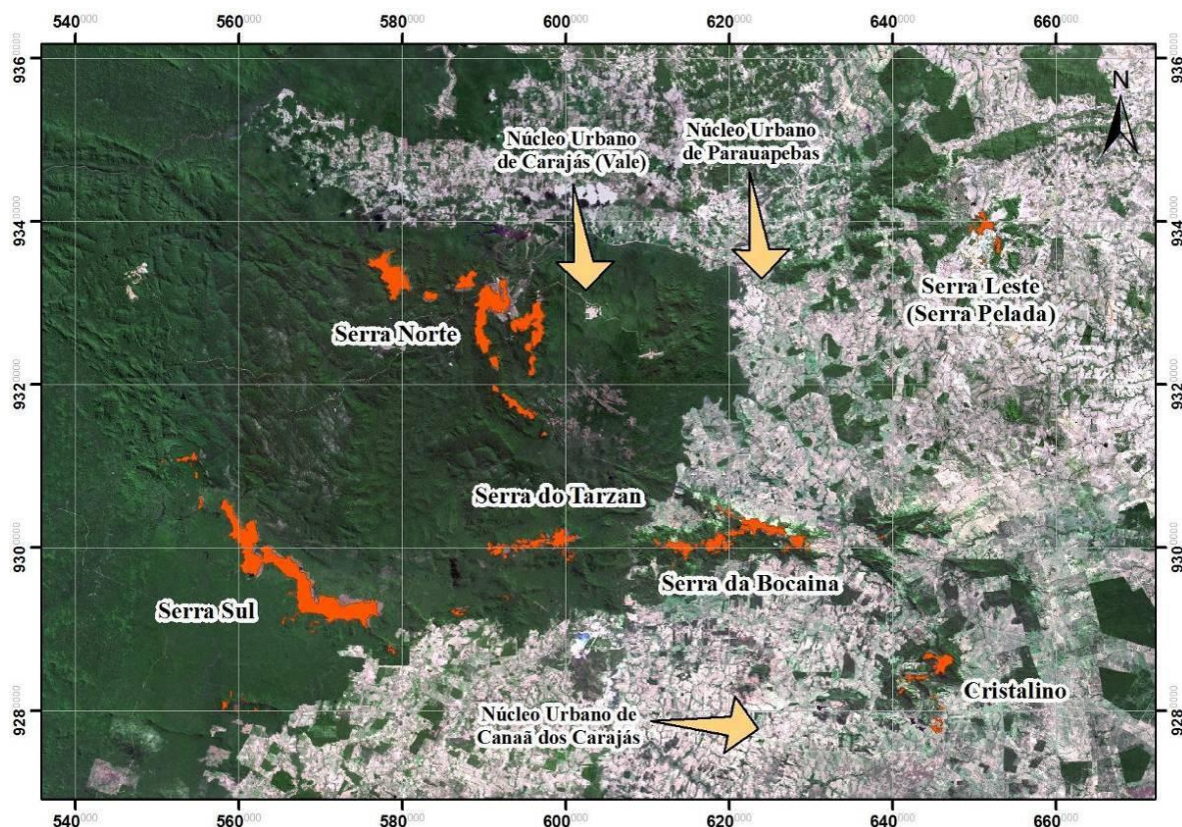
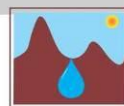


Figura 3.1. Principais serras da região de Carajás, onde ocorrem as cavernas.

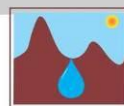
Fraturas atectônicas, de alívio de pressão, foram registradas na grande maioria das cavernas, tanto na canga como no minério de ferro, influenciando localmente a ocorrência de movimentos de massa do tipo abatimentos. Importantes frentes de alteração da rocha também são guiadas por essas juntas.

O padrão planimétrico das cavernas de Carajás pode ser dividido preliminarmente em três grupos, ou seja, *cavernas espongiiformes*, *cavernas retilíneas* e *cavernas mistas*.

As cavernas espongiiformes se caracterizam por condutos de tamanho variado que se interconectam de forma irregular (globular), como os poros de uma esponja. Normalmente a conexão entre câmaras maiores é feita por meio de condutos estreitos.

As cavernas retilíneas são formadas por condutos simples, seguindo uma direção preferencial, condicionada por junta ou pela superfície inclinada do bandamento da rocha ferrífera.

As cavernas de minério de ferro e canga são em geral de pequenas dimensões. A grande maioria é inferior a 30 m. Cavernas com projeções



horizontais superiores a 100 m são menos freqüentes. A maior caverna de minério constatada na região, localizada na Serra Norte, possui 372 m de projeção horizontal.

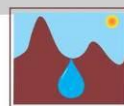
A grande maioria das cavernas estudadas na região de Carajás é seca. Ou seja, os processos hidrológicos associados a cursos d'água perenes são muito restritos no interior das mesmas, só ocorrendo em poucas cavernas localizadas nas proximidades de igarapés. Surgências e canais de drenagem temporários podem ocorrer, gerados pela concentração do gotejamento ou percolação de águas infiltradas via canalículos ou juntas. A atividade hidrológica mais freqüente nas cavernas, portanto, consiste em gotejamentos devido a águas de percolação que se infiltram até a caverna e gotas de condensação nas paredes.

Os depósitos clásticos das cavernas de Carajás podem ser divididos em dois tipos. Depósitos formados por sedimentos predominantemente de caráter autogênico, gerados a partir de material do próprio substrato encaixante (formação ferrífera e/ou canga); depósitos formados por sedimentos mistos: autogênicos e alogênicos, ou seja, gerados tanto no interior da caverna como vindos de fora.

Os depósitos predominantemente autogênicos são constituídos por clastos de hematita originados do minério de ferro, da canga e, por vezes, de rochas máficas. Esses clastos são originados principalmente de processos gravitacionais do tipo abatimentos de porções do teto e das paredes. Diante disso, os depósitos apresentam uma estreita relação com os constituintes do substrato sobrejacente.

Os depósitos mistos também são muito freqüentes nas cavernas. Os depósitos alogênicos são originados principalmente dos canalículos e juntas alargadas existentes na grande maioria das cavernas, como também de clarabóia e cones sedimentares de entrada.

Depósitos formados por sedimentos orgânicos também já foram identificados. Destaca-se, nesse contexto, a serrapilheira, que ocorre principalmente nas entradas e sob as clarabóias. Raízes também pendem do teto de diversas cavernas, como também podem aflorar frequentemente no piso. Poças de guano também foram identificadas, além de fezes de mamíferos.



Os depósitos químicos (espeleotemas) podem ser identificados em praticamente todas as cavernas da região de Carajás. Os mais freqüentes são os depósitos de cobertura (crostas) de blocos abatidos, pisos e paredes. Os coralóides, também são freqüentes nas cavernas, constituindo depósitos de exudação de grande diversidade nas cavernas de Carajás. Microtravertinos, escorrimentos, pingentes e cortinas também já foram identificados.

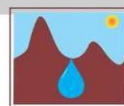
Dados já obtidos de Difração de Raios X – DRX (Maurity & Kotschoubey, 2005; Piló & Andrade, 2006) evidenciaram uma grande diversidade de minerais, bem superior daquela encontrada nas cavernas carbonáticas. O óxido de ferro do tipo hematita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) é o mineral mais abundante nos espeleotemas analisados, juntamente com a goethita ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ), sendo também freqüentes em cavernas ao redor do mundo (Hill & Forti, 1997). Em função da estabilidade termodinâmica similar, os minerais goethita e hematita frequentemente ocorrem juntos. Já a gibbsita ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) foi identificada em um número menor de amostras até o momento.

Quanto aos fosfatos, a leucofosfita ( $\text{KFe}_2(\text{PO}_4)_2\text{OH}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) já foi identificada em vários espeleotemas de cavernas da Serra Norte. Esse mineral também foi identificado por Maurity & Kotschoubey (1995) na Serra dos Carajás.

A estrengita ( $\text{Fe,Al}(\text{PO}_4)_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), mineral fosfático de ferro e alumínio, foi detectado em algumas cavernas, tendo sido também identificado por Maurity & Kotschoubey (1995) como revestimentos de pisos, blocos, bem como cimento de paleopavimentos em cavernas da serra Norte.

Três sulfatos já foram registrados: a gipsita ( $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), a alunita ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) e a basaluminita ( $\text{Al}_2\text{SO}_4(\text{OH})_{10}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ).

Poucos estudos faunísticos foram realizados em cavidades subterrâneas naturais presentes em minério de ferro e canga no mundo como um todo, em grande parte devido à sua pequena dimensão, não despertando a atenção de pesquisadores. No Brasil, a maioria dos estudos bioespeleológicos foi conduzida em cavernas carbonáticas, e, em menor quantidade, em rochas areníticas e quartzíticas (Pinto-da-Rocha, 1995). Levantamentos faunísticos em cavidades presentes em minério de ferro foram efetuados inicialmente no Pará (Moreira & Paiva, 1988; Paiva & Moreira, 1988; Pinheiro *et al.*, 2001), entretanto, com pouco refinamento nas identificações e sem menção aos aspectos ecológico-evolutivos dos organismos registrados.



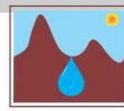
Levantamentos mais recentes, efetuados em cavidades de canga e minério de ferro na região do Quadrilátero Ferrífero (MG) (Ferreira, 2005) e Serra dos Carajás (PA) (Andrade, 2007), têm revelado uma fauna diversificada e interessante, inclusive com organismos troglomórficos. Mais recentemente um número importante de artigos têm mostrado a importância da fauna cavernícola da região de Carajás, dentre os quais Pinto-da-Rocha & Bonaldo (2007), Silva *et al.* (2010), Campos Filho & Araújo (2011) e Pellegrini & Ferreira (2011).

#### **4. INSERÇÃO DAS CAVERNAS NO CONTEXTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO**

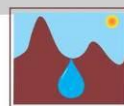
##### **4.1. Geologia**

A Serra dos Carajás está localizada na porção oriental do Escudo Brasil Central, limitada a leste pelo Cinturão Araguaia, a oeste pelo rio Xingu, a norte pela Serra do Bacajá e a sul pela Serra dos Gradaús (DOCEGEO 1988). A área constitui uma província mineral, devido à abundância em depósitos de ferro, cobre, manganês e níquel, tida como uma bacia neoarqueana sobreposta a um embasamento mesoarqueano a neoarqueano, contendo rochas de complexos ígneos e metamórficos (Tassinari *et al.* 2000). Sua litologia compreende rochas metavulcano-sedimentares do Grupo Grão Pará (Beisiegel *et al.* 1973) de idade neoarqueana, composto por metavulcânicas máficas a félsicas, tendo como unidade intermediária a Formação Carajás, composta pela Formação Ferrífera Bandada (FFB) sobre e subjacentes a rochas vulcânicas. Alguns autores enquadram as rochas metavulcânicas superiores à FFB do Grupo Grão Pará como uma unidade independente denominada Formação Igarapé Cigarra (Macambira *et al.* 1990). Na base do grupo ocorre a Formação Parauapebas, constituída de rochas metavulcânicas (basaltos e riolitos).

Sotoposto às sequências metavulcano-sedimentares ocorre o Complexo Xingu, constituído por gnaisses graníticos, granodioríticos e tonalíticos, migmatitos, anfibolitos, rochas máficas e ultramáficas, que compõem o embasamento cristalino. A Tabela 4.1. apresenta a coluna estratigráfica proposta por Macambira *et al.* (1990) para a Serra Norte.



A Figura 4.1 apresenta o mapa geológico simplificado da Província Mineral de Carajás.



**Tabela 4.1. Coluna cronolitoestratigráfica de parte da Serra Norte, modificada de Macambira et al. (1990)**

EON	ERA	UNIDADE	DESCRIÇÃO
FANEROZOICO	PALEOZOICO	CORPOS MÁFICOS INTRUSIVOS	Diques e soleiras de diabásios
PROTEROZOICO	INFERIOR	GRANITO SERRA DOS CARAJÁS	Granitos a anfibólios e/ou biotita
		GABRO SANTA INÊS	Gabro grosseiro hidrotermalizado
		FORMAÇÃO IGARAPÉ AZUL	Arenitos com níveis conglomeráticos e siltitos intercalados
ARQUEANO	GRUPO GRÃO PARÁ	Formação Igarapé Boa sorte	Siltitos e folhelhos carbonáticos, com arenitos subordinados
		Formação Igarapé Cigarra	Basaltos, tufos, BIF, chert, quartzo wacke e quartzo arenito
		Formação Carajás	BIFs com soleiras de basalto
		Formação Parauapebas	Basaltos e riolitos
	GRUPO POJUÇA	Formação Gameleira	Meta-Wackes e meta-siltitos
		Formação Corpo 4	BIFs (sulfeto) e xistos
		Formação Bueno	Anfibolitos e BIFs (óxido)
		COMPLEXO XINGU	Gnaisses granodioríticos a tonalíticos, anfibolitos e trondhjemitos



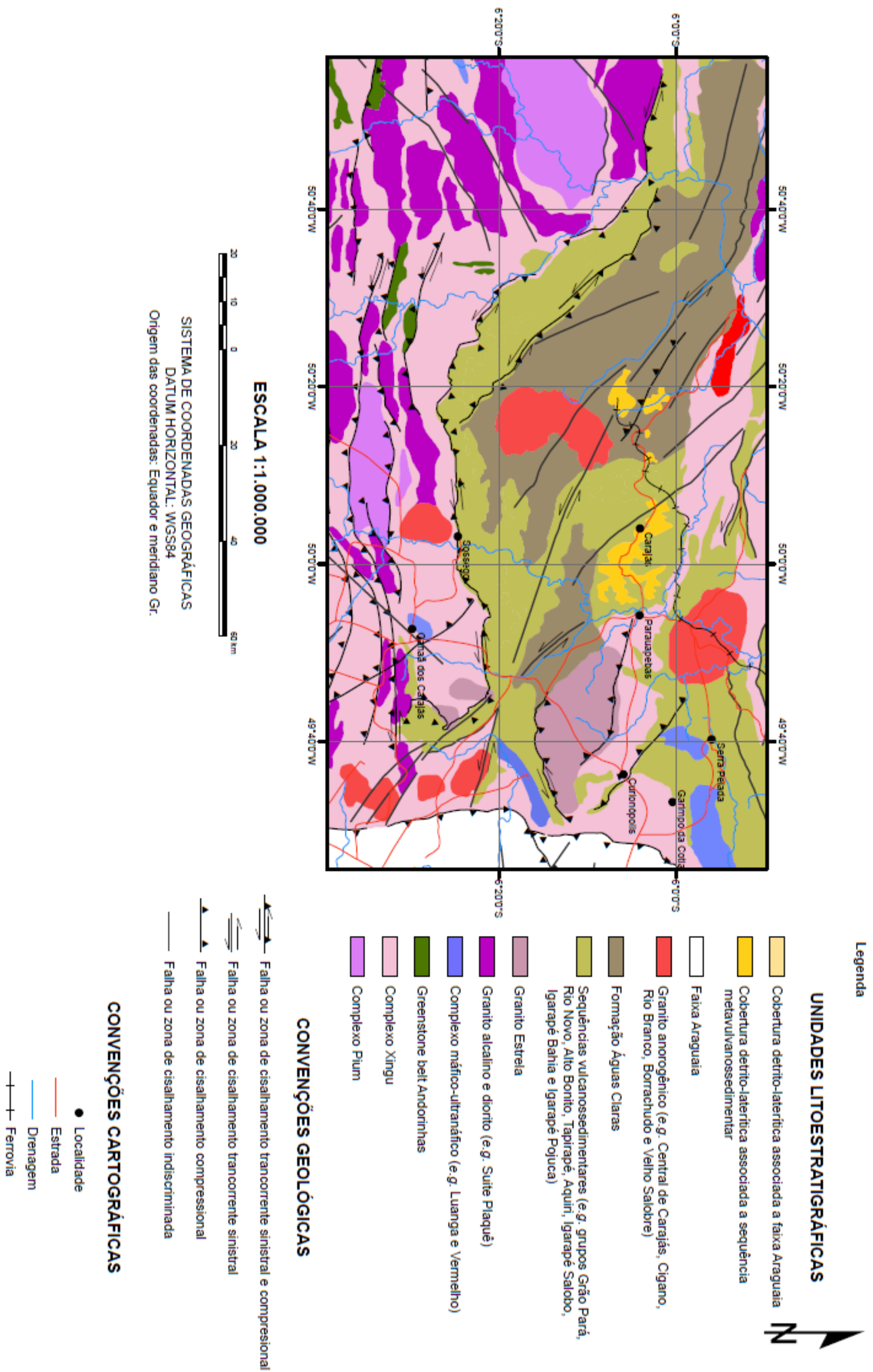
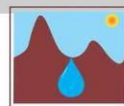
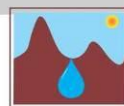


Figura 4.1. Mapa geológico simplificado da Província Mineral de Carajás, modificado de Costa (2007).



A Formação Carajás é constituída predominantemente por formação ferrífera bandada do tipo jaspilito, podendo atingir entre 250 e 300 m de espessura, com possivelmente alguns quilômetros de extensão. O protominério (jaspilito) está quase totalmente transformado em minério de ferro hematítico. Sua exposição na área de estudo forma um polígono que ocupa o topo dos platôs de N1 a N5, com um a três quilômetros de largura. São comuns *sills* de rocha máfica (diabásio) centimétricos intercalados ao acamamento da formação ferrífera. Uma camada de *chert* bandado (branco/preto) intercalado com a rocha máfica intemperizada, observado na Mina de N4E representa o contato com a Formação Igarapé Cigarra.

Os litotipos presentes na área das minas são classificados por geólogos da companhia Vale como: (CQ) Canga química, ocorre em superfície como produto de intemperismo recobrando rochas máficas. O cimento é goethita com estruturas coliformes e abundantes poros e cavidades. Baixo teor de Fe e alto teor de alumina e fósforo; (CM) Canga de minério, ocorre em superfície recobrando o minério de ferro, com espessura de até 20 m. É formada por blocos de hematita cimentados por óxidos hidratados de ferro. Possui teor de Fe maior que a canga química e menor teor de alumina; (Jp) Jaspilito, rocha bandada composta por camadas de jaspe e opacos, com teor entre 20 e 40% de Fe e 38 a 60% de sílica; (HM) Hematita mole (macia), constitui o minério friável podendo ser pulverulento e de fácil desagregação em fragmentos placóides. Teor de Fe em torno de 66% e fracamente magnético; (HML) Hematita mole laterítica, constitui minério friável a pulverulento laterítico; (HMSi) Hematita mole silicosa, minério friável a pulverulento com sílica; (HMMn) Hematita mole manganésífera, com teor de Fe maior que 60% e Mn maior que 1%; (HMAI) Hematita mole aluminosa, com teor de Fe superior a 60% e Al maior que 1%; (HD) Hematita dura, constitui minério de ferro compacto com teor de Fe entre 65 e 69%; (MBT) Minério de baixo teor, composto por minério de ferro com teor entre 50 e 60% e contaminantes (Si<1%, P<0,07%, Al<1,2%, Mn<1%), (MD) Máfica decomposta, rocha máfica intemperizada, de cor clara, geralmente amarela, bastante argilosa, mole e aluminosa. Tem grande espessura podendo formar diques e soleiras; (MS) Máfica São, rocha máfica pouco intemperizada e hidrotermalizada de cor verde



escura, cloritizada, com estruturas vulcânicas típicas como amígdalas de quartzo;.

Os corpos de minério denominados **HD** têm forma tabular lenticular com espessura de até 50 m, constitui-se de material hematítico contaminado na base por manganês e no topo por alumina e fósforo, ambos no contato com a rocha máfica. Têm cor azulada e brilho metálico, com baixa porosidade. Apresenta bandamento herdado do protominério (jaspilito), caracterizado por variação na porosidade, podendo localmente apresentar-se maciço, destituído de sua trama original.

Os minérios de tipo **HM** podem atingir cerca de 350 m de espessura, composto por hematita friável e contaminação por alumínio, manganês e fósforo. Têm coloração cinza e brilho metálico e porosidade elevada. São bandados e apresentam localmente planos de laminação primária.

Em superfície se estende uma crosta laterítica sobre as diferentes formações, formando a canga química e uma canga denominada canga do minério. A espessura média deste material oscila entre 2,0 e 5,0 m. Trata-se de um material muito permeável, por apresentar grande volume de vazios.

#### **4.1.1. Tectônica**

A serra dos Carajás está compartimentada por uma série de estruturas antigas, cuja atividade termo-tectônica ao longo do tempo condicionou a evolução geológica da região, caracterizando uma tectônica recorrente do Arqueano ao Cenozóico.

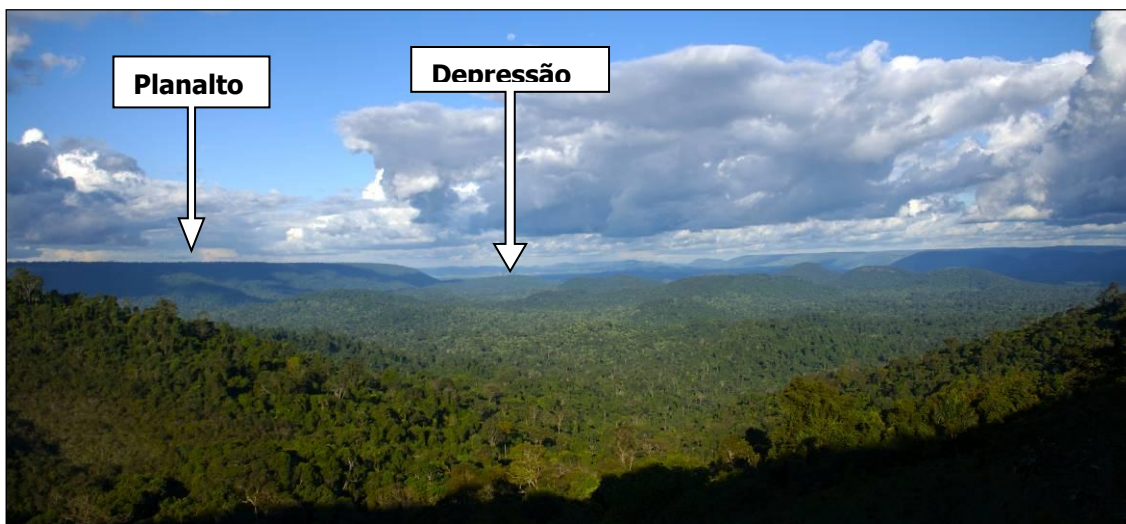
A estruturação fundamental da região foi gerada no Arqueano e Proterozóico. Compreende essencialmente zonas de cisalhamento com direções NW-SE, NE-SW, ENE-WSW e WNW-ESE, que foram reativadas a partir do Terciário Superior (Mioceno Plioceno), desenvolvendo falhas transcorrentes dextrais E-W, falhas inversas NE-SW e falhas normais NW-SE e NNW-SSE.

#### **4.2. Geomorfologia**

Na classificação dos *Grandes Domínios Paisagísticos Brasileiros*, proposta por Ab'Sáber (1973), a região da serra dos Carajás encontra-se inserida no Domínio das Terras Baixas Florestadas da Amazônia, já nas proximidades da faixa de transição para o Domínio dos Cerrados, posicionado mais ao sul.

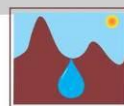
Segundo Ab'Sáber (1986), a geomorfologia da área oriental da Amazônia, onde se desenvolve o Projeto Carajás, é toda ela constituída por grandes extensões de terras baixas colinosas – tabuleiros, baixos platôs, relevos cuestiformes, colinas ligeiramente mamelonares situadas em terrenos antigos – até 600-800 km para o interior, onde a serra dos Carajás quebra a monotonia relativa das terras baixas, salientando-se na paisagem como restos de antigos divisores dissecados, situados entre os vales do Araguaia e o Xingu.

Segundo a compartimentação proposta pelo RADAMBRASIL (1974), o espaço de inserção da Província Mineral de Carajás, na região sudeste do Pará, é constituído por duas unidades geomorfológicas de expressão regional: o *Planalto do Sul do Pará* e a *Depressão Periférica do Sul do Pará* (Figura 4.2).



**Figura 4.2. Planalto do Sul do Pará e a Depressão Periférica.**

Os planaltos dissecados, localmente denominados de platôs, podem ser divididos em duas unidades morfológicas: o *topo residual* do platô, ou melhor, testemunhos de uma provável superfície pretérita posicionada a aproximadamente 750 m de altitude; e as vertentes inclinadas que entalham, de forma muito irregular, o topo do platô.



O contato das duas unidades é feito por uma ruptura de declive, ocasionada muitas vezes pela quebra da cobertura de canga ou pelo afloramento da formação ferrífera. Após a ruptura a topografia torna-se mais acidentada, sendo constituída por um conjunto de vertentes inclinadas, que fazem a conexão morfológica entre o topo do planalto dissecado e as planícies aluviais ou áreas rebaixadas marginais. Grande parte das cavernas estudadas encontra-se inserida na base de paredões e pequenas escarpas de ruptura da canga ou da formação ferrífera. Esses afloramentos podem ocorrer em diversos pontos das vertentes inclinadas, ou seja, no terço superior, médio ou inferior.

## **5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS**

### **5.1. Prospecção Espeleológica**

Como já relatado, o inventário de cavidades na área de Serra Norte foi realizado em diversas etapas, desde 2005. Nas etapas iniciais, foram utilizados equipamentos de posicionamento global de baixa precisão. Na época também não havia a preocupação de se registrar o caminhamento como um documento de validação da prospecção. Diante disso, os registros dos caminhamentos das equipes da FCCM/GEM transparecem essas etapas, ou seja, em N5E, parte de N5S e parte de N4E o registro apresenta a malha mais aberta, até mesmo com a utilização de 'nuvens de pontos'. Nas outras áreas, onde os estudos são mais recentes (N4WS, N5SM1, PESE e PESL), o registro do caminhamento é sistemático, apresentando uma malha mais fechada, como pode ser observado na Figura 5.1.

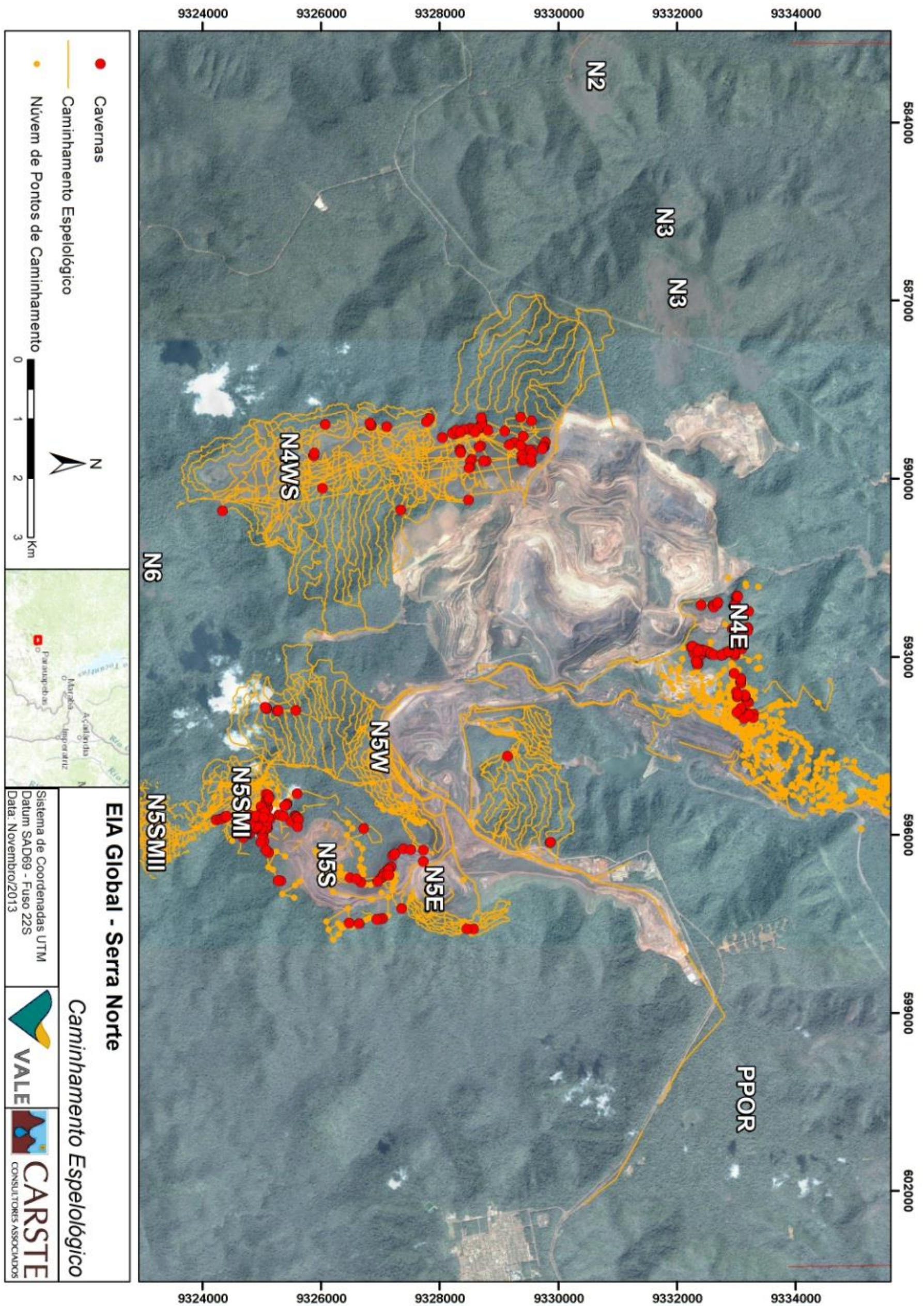


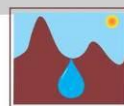
Figura 5.1. Mapa de caminhamento espeleológico na Serra Norte e localização das cavernas.

### 5.1.1. Breve histórico das alterações dos dados das cavernas e pendências existentes

Neste item será apresentado, na forma de tabela (Tabela 5.1), as modificações ocorridas nos dados das cavernas de Serra Norte, que incluem: cavernas que não entraram nos estudos; cavernas que se uniram na topografia; cavernas que tiveram seus dados espeleométricos refeitos; cavernas com estudos duplicados etc.

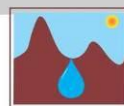
**Tabela 5.1. Informações sobre alterações das cavernas de Serra Norte (EIA-Global).**

Informações sobre as alterações nos dados das cavernas de Serra Norte	
<b>Caverna</b>	<u>Alterações gerais:</u> Correção das coordenadas e altitudes das cavernas de N4E, N4WS e N5S a partir de validação de campo (ocorrido entre outubro e novembro de 2013), utilizando Datum SAD'69 (Fuso 22M). A validação de campo em Morro 1 foi realizada por amostragem, onde se priorizou a fronteira entre N5S e Morro 1. Mapas e fichas foram readequados às novas coordenadas e altitudes. Também foram revisadas informações referentes à litologia e à espeleometria, de modo a garantir a compatibilidade e confiabilidade entre as informações contidas nas fichas e nos mapas.
<b>GEM - 1122</b>	Numeração não incluída nos estudos por se tratar de duplicação de dados. A GEM-1122 corresponde à atual N4WS-0001
<b>GEM - 1126</b>	Numeração não incluída nos estudos por se tratar de duplicação de dados. A GEM-1126 corresponde à atual N4WS-0020
<b>N4E-0017</b>	Retirada da amostra por se tratar de duplicação dos estudos: a cavidade N4E-17 corresponde à N4E-0086. Estas cavidades foram topografadas e estudadas por equipes diferentes. Foi mantida a N4E-0086.
<b>N4E-0026</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi recalculada a espeleometria: PH, área e volume por dois topógrafos diferentes.
<b>N4E-0055</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4E-0057</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4E-0059</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4E-0060</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4E-0070</b>	Foi recalculada a espeleometria: área e volume; no mapa repedia estes dois parâmetros com a N4E-0089; cálculos refeitos pelo GEM
<b>N4E-0089</b>	Foi recalculada a espeleometria: área e volume; cálculos refeitos pelo GEM

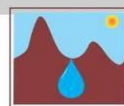


<b>N4WS-0001</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0002</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0003</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0004</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0005</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0006</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0007</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0008</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0009</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0016</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0018/0048</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0019</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0020</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0021</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0022</b>	Cavidade com abatimentos de blocos na entrada, impossibilitando o estudo.
<b>N4WS-0023</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0024</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0025</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0026</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0027</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0028</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0029</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0030</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.

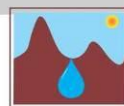




<b>N4WS-0031</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0032</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0033</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0034</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0036</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0037</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0038</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0039</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0040</b>	Cavidade alagada naturalmente, impossibilitando os estudos.
<b>N4WS-0041</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0042</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0043</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0044</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0045</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0046</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0047</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0049</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0050/0051</b>	Identificadas incongruências nos cálculos espeleométricos. Foi ajustada a escala do mapa e recalculada a espeleometria: PH, área e volume.
<b>N4WS-0051</b>	Uniu-se à N4WS-0050 pela topografia: nome atual N4WS-0050/0051
<b>N4WS-0071</b>	Problemas na compilação dos dados da prospecção: trata-se da cavidade N4WS-0068
<b>N4WS-0081</b>	Problemas na compilação dos dados da prospecção: trata-se da cavidade N5S-0044/0046
<b>N4WS-0082</b>	Problemas na compilação dos dados da prospecção: trata-se da cavidade N5S-0052/0053



<b>N4WS-0083</b>	Problemas na compilação dos dados da prospecção: trata-se da cavidade N5S-0063/0064/0065
<b>N5E-0006</b>	Cavernas impactadas pela frente de lavra
<b>N5E-0007</b>	Cavernas impactadas pela frente de lavra
<b>N5E-0008</b>	Cavernas impactadas pela frente de lavra
<b>N5E-0009</b>	Cavernas impactadas pela frente de lavra
<b>N5S-0027</b>	Uniu-se à N5S-0021 pela topografia: nome atual N5S-0021/0027
<b>N5S-0045</b>	Retirada por se tratar de duplicação dos estudos: a cavidade N5S-45 corresponde à N5M1-0012. Estas cavidades foram topografadas e estudadas por equipes diferentes. Foi mantida como N5M1-0012 por estar no limite da área denominada Morro 1 (M1).
<b>N5S-0046</b>	Uniu-se à N5S-44 pela topografia: nome atual N5S-0044/0046
<b>N5S-0047</b>	Retirada por se tratar de duplicação dos estudos: a cavidade N5S-47 corresponde à N5M1-0010. Estas cavidades foram topografadas e estudadas por equipes diferentes. Foi mantida como N5M1-0010 por estar no limite da área denominada Morro 1.
<b>N5S-0048</b>	Retirada por se tratar de duplicação dos estudos: a cavidade N5S-48 corresponde à N5M1-0011. Estas cavidades foram topografadas e estudadas por equipes diferentes. Foi mantida como N5M1-0011 por estar no limite da área denominada Morro 1.
<b>N5S-0050</b>	Retirada por se tratar de duplicação dos estudos: a cavidade N5S-50 corresponde à N5M1-0009. Estas cavidades foram topografadas e estudadas por equipes diferentes. Foi mantida como N5M1-0009 por estar no limite da área denominada Morro 1.
<b>N5S-0053</b>	Uniu-se à N5S-52 pela topografia, nome atual: N5S-0052/0053
<b>N5S-0064</b>	Uniu-se às cavidades N5S-63 e N5S-65 pela topografia, nome atual: N5S-0063/0064/0065
<b>N5S-0065</b>	Uniu-se às cavidades N5S-64 e N5S-65 pela topografia, nome atual: N5S-0063/0064/0065
<b>N5S-0085</b>	Espeleometria recalculada: PH, área e volume
<b>N5W-0001</b>	Estudos em andamento
<b>N5W-0002</b>	Estudos em andamento
<b>N5W-0003</b>	Estudos em andamento
<b>N5W-0004</b>	Estudos em andamento
<b>N5W-0005</b>	Estudos em andamento



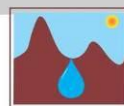
<b>N5W-0006</b>	Estudos em andamento
<b>N5W-0007</b>	Estudos em andamento
<b>N5W-0008</b>	Estudos em andamento
<b>N5W-0009</b>	Estudos em andamento
<b>N5W-0010</b>	Estudos em andamento
<b>N5W-0011</b>	Estudos em andamento
<b>PESL-0001</b>	Cavidade inicialmente denominada Sup_L-1866
<b>PESL-0002</b>	Cavidade inicialmente denominada Sup_L-1869
<b>PESL-0003</b>	Cavidade inicialmente denominada Sup_L-1870

## 5.2. Geoespeleologia

A seguir serão apresentados os resultados dos estudos geoespeleológicos realizados nas 305 cavernas validadas nas áreas de N4E, N4WS, N5S, N5SM1, PESE e PESL. A Tabela 5.2 apresenta as coordenadas UTM, a altitude, os dados espeleométricos das cavidades. As fichas de campo encontram-se no Anexo I, ao passo que os mapas topográficos das cavidades são apresentados no Anexo II.

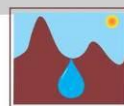
As cavidades estudadas estão distribuídas da seguinte forma:

- 95 cavidades no platô de N4E;
- 73 cavidades no platô de N4WS;
- 09 cavidades em N5E;
- 75 cavidades em N5S;
- 44 cavidades em N5SMI;
- 06 cavidades na Pilha Sudeste (PESE);
- 03 cavidades na Pilha Super Leste (PESL).

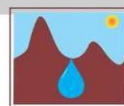


**Tabela 5.2. Coordenadas e espeleometria das cavidades estudadas sob o ponto de vista geoespeleológico.**

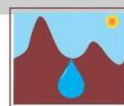
CAVIDADE	Coordenada E	Coordenada N	Altitude	PH (m)	Desnível (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
N4E_0001	592854	9332272	662	56	7,2	238	297
N4E_0002	592879	9332271	663	40	5,8	173	605
N4E_0003	592893	9332269	660	29	2	84	192
N4E_0004	592853	9332250	662	42	10	182	510
N4E_0005	592921	9332357	642	41	6	166	554
N4E_0006	592957	9332376	622	27	5,6	100	176
N4E_0007	592967	9332391	626	15	7	32	51
N4E_0008	592967	9332399	643	120	9,6	672	2050
N4E_0009	592946	9332381	649	21	1,8	82	159
N4E_0010	592889	9332420	650	75	5,6	348	590
N4E_0011	592894	9332429	671	51	6	195	325
N4E_0012	592925	9332536	669	24	6	54	70
N4E_0013	592907	9332497	681	88	2,4	290	498
N4E_0014	592921	9332505	660	102	11	277	522
N4E_0015	592979	9332740	662	65	6	238	576
N4E_0016	592926	9332863	660	30	3,2	102	139
N4E_0018	592922	9332899	638	25	3	54	55
N4E_0019	592920	9332920	657	44	2,8	180	429
N4E_0020	592977	9332976	609	43	12,2	110	138
N4E_0021	592943	9332978	614	41	6,6	164	330
N4E_0022	592099	9332983	586	175	12,4	715	1550
N4E_0023	592000	9332998	541	65	5,6	216	493
N4E_0024	592006	9333008	574	37	3,2	64	77
N4E_0025	591980	9333004	576	8,8	1	16,9	15
N4E_0026	592136	9332602	614	162	18	556,8	923
N4E_0027	592139	933607	614	14	3,5	22	35,2
N4E_0028	592169	9332616	636	25	2,5	81	113,4
N4E_0029	592843	9332238	654	6	1	9	7,2
N4E_0030	592860	9332306	666	26,2	10	223	758,2
N4E_0031	592853	9332286	647	12	5,7	40	180
N4E_0032	592870	9332333	655	8	5,7	34	50
N4E_0033	592951	9332279	638	120,4	33	728,1	2184,5
N4E_0034	592924	9332336	643	9,3	1,9	14,6	15,8
N4E_0035	592903	9332468	668	24,9	3,7	57,4	100,4
N4E_0036	592974	9332776	646	11	0,8	12,8	18,6
N4E_0037	592936	9332818	656	11,2	1,2	15,4	20
N4E_0038	592921	9332897	641	14,2	1,4	35,6	87,5
N4E_0039	592874	9333090	655	30,6	3,6	82,1	90
N4E_0040	592734	9333054	646	10,3	3	13,4	26,4
N4E_0041	592780	9333078	653	13,1	2,1	29	52,5
N4E_0042	592539	9333036	668	9,6	2,1	26,1	62,3



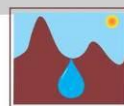
N4E_0043	592515	9333191	611	14	1,6	16,3	15,4
N4E_0044	592528	9333198	612	23,1	1,1	39,7	44,1
N4E_0045	592828	9332257	659	15	3	106	218
N4E_0046	592949	9332556	675	10	2,5	14	17
N4E_0047	592956	9332566	665	16	0,75	19	22
N4E_0048	592941	9332566	671	14	1,8	23	21
N4E_0049	592968	9332614	674	11	1,2	9,8	7
N4E_0050	592973	9332752	652	14	1,7	9,4	8
N4E_0051	592895	9332354	652	12	1,6	33	66
N4E_0052	592941	9332963	626	6,05	2,6	15	17
N4E_0053	592151	9332950	613	7,4	0,7	15	10
N4E_0054	591984	9333021	577	6,6	2,9	18	18
N4E_0055	592242	9333206	577	10	3,2	26,4	27
N4E_0056	592799	9333104	648	17	2	45	108
N4E_0057	592563	9333188	611	15	6,1	71,2	97
N4E_0058	592535	9332932	656	3,24	5,8	15	35
N4E_0059	592116	9332675	605	16,4	5,1	33,7	37
N4E_0060	592086	9332684	592	12,5	7	95	300
N4E_0061	592130	9332403	630	35	1	112	196
N4E_0062	593683	9333015	440	41	3,5	156,5	247,5
N4E_0063	593599	9333000	429	12,5	4	59	105
N4E_0064	593955	9333185	378	20	3	69	165
N4E_0065	593927	9333101	398	11,5	1,3	41	45,5
N4E_0066	593970	9333286	379	10	10,7	102	362
N4E_0067	593992	9333190	382	29,5	6,5	145,5	195,5
N4E_0068	593989	9333214	361	78	4	662	1496
N4E_0069	593771	9333206	383	11	1,5	99	120
N4E_0070	593747	9333173	401	33	9,5	547,5	1124,5
N4E_0071	593683	9333148	430	9	6	93,5	110
N4E_0072	593667	9333152	428	114,5	7,5	561	831
N4E_0073	593652	9333141	436	50	6,5	207	358
N4E_0074	593428	9333068	451	94	2	347	400
N4E_0075	594029	9333276	364	30	2,5	82	131
N4E_0076	593975	9333062	403	13	3	132	149
N4E_0077	593973	9333108	412	21,5	4,1	120,5	163
N4E_0078	593936	9333102	397	10	4	43,5	36,5
N4E_0079	593912	9333080	400	46,5	3,5	212	257
N4E_0080	593933	9333088	392	13	3,5	53,5	59,5
N4E_0081	593452	9333075	443	31	3,7	172,5	319
N4E_0082	593410	9333072	450	21	1,3	36	33
N4E_0083	593378	9333076	462	17,5	2,5	57	66
N4E_0084	593661	9333018	441	10	2	32	28
N4E_0085	593281	9332956	482	36,5	2,8	85,5	130
N4E_0086	592917	9332868	662	15,5	1,7	41	65
N4E_0087	594048	9333126	379	7,5	1,5	15,5	14



N4E_0088	593984	9333212	373	21,5	3,5	87,5	104
N4E_0089	593871	9333074	402	32	3,5	130	145
N4E_0090	593941	9333005	419	11	2,5	48	66
N4E_0091	593625	9333017	425	14	7	44	37
N4E_0092	593110	9332346	588	66	4,5	500	1375
N4E_0093	593117	9332356	575	45,5	3,5	150	247
N4E_0094	593129	9332337	587	5,5	0,9	20	19
N4E_0095	593084	9332318	585	81,5	7,6	363	534
N4WS_0001	589390	9329778	641	13	4,4	73,7	76
N4WS_0002	589138	9328691	523	22	6,4	108,8	340
N4WS_0003	589103	9328702	499	24,9	6,3	100,4	112
N4WS_0004	589051	9328710	452	58,4	7	199,9	265
N4WS_0005	589149	9328521	559	14	2,1	21,2	21
N4WS_0006	589250	9328250	599	34	8	352,8	779
N4WS_0007	589105	9326839	680	18,2	5,3	79,6	174
N4WS_0008	589109	9326847	682	79	9,2	454,1	1004
N4WS_0009	589094	9326838	675	44,2	7,9	202,6	404
N4WS_0010	589070	9326822	667	62	10,8	451	817
N4WS_0011	589207	9329092	548	31,65	3,4	122	283
N4WS_0012	588967	9329357	530	24,8	3,2	44,2	77
N4WS_0013	589661	9329386	681	63	4,4	194	397
N4WS_0014	589734	9329546	705	27	1,6	59	53
N4WS_0015	589697	9329382	688	372	20,2	1420	2315
N4WS_0016	589229	9328265	589	15,75	6,7	64,4	90
N4WS_0017	589032	9329546	608	82	2,2	227	704
N4WS_0018/48	589210	9328297	568	35,4	7,2	122,4	199
N4WS_0019	589239	9328267	585	33,4	8,8	152	437
N4WS_0020	590364	9328480	723	10	4	120	197
N4WS_0021	589642	9329380	678	13,1	8,9	102,3	175
N4WS_0023	589461	9329764	675	41,5	2,1	74,5	39
N4WS_0024	589467	9329752	675	13,8	7,8	32,8	35
N4WS_0025	589493	9329404	608	16,4	7,7	39,4	73
N4WS_0026	589569	9329520	622	23,2	3,5	37,1	55
N4WS_0027	589520	9329526	605	23,4	2,8	18,9	41
N4WS_0028	589474	9329733	667	17,2	3,4	69,7	280
N4WS_0029	589500	9329728	646	57,9	7,9	324,6	983
N4WS_0030	589574	9329558	641	32,3	7,8	63	107
N4WS_0031	589609	9329382	641	8,3	4,5	13,2	18
N4WS_0032	589392	9329253	612	32,8	1,4	78,5	71
N4WS_0033	589673	9329410	680	6,3	1,7	15,3	19
N4WS_0034	589661	9329526	665	24,5	4,2	70,7	88
N4WS_0035	590530	9327342	616	6,4	2,8	13,6	23
N4WS_0036	590163	9326020	707	11,9	2	25,5	19
N4WS_0037	590549	9324340	693	9	2	19,5	27
N4WS_0038	589430	9329168	637	16,7	6,6	37,6	60

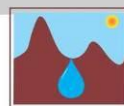


N4WS_0039	589291	9329404	589	21,9	4,8	40,8	42
N4WS_0041	589130	9328664	541	8	6,8	32,4	51
N4WS_0042	589144	9328676	516	11,3	2,6	36	22
N4WS_0043	589137	9328683	523	8,3	2,2	29,1	24
N4WS_0044	589094	9328706	482	14,2	2,1	12,6	13
N4WS_0045	589093	9328712	493	19,4	2,5	77	60
N4WS_0046	589174	9328489	594	9	1,9	34,6	33
N4WS_0047	589177	9328407	579	16,5	6,2	41,9	50
N4WS_0049	589232	9328206	583	25	9,9	92,9	140
N4WS_0050/0051	589314	9328038	620	20,5	4,8	122,2	179
N4WS_0054	589129	9327106	694	10	0,91	14	13
N4WS_0055	588994	9327825	609	77	5,98	291,5	565
N4WS_0056	589509	9328340	644	25,5	0,9	68	61,5
N4WS_0057	589522	9328341	633	24	3,23	58	94,5
N4WS_0058	589166	9328625	559	26,5	2,34	67	84
N4WS_0059	589608	9325869	707	16	3,16	57,5	107,5
N4WS_0060	589615	9325876	698	12,5	1,69	23	16,5
N4WS_0061	589190	9328279	592	13,5	2,36	40	80
N4WS_0062	589222	9328350	586	13,5	4,17	58	59,5
N4WS_0063	588977	9328694	476	52	4,76	262	486
N4WS_0064	589045	9327771	638	27	12,3	78	129
N4WS_0065	589573	9325881	704	13,5	1,8	17	15,5
N4WS_0066	589442	9329364	618	15	1,89	33,5	48,5
N4WS_0067	589452	9328690	584	216	12,14	707,5	1698
N4WS_0068	589475	9328661	580	11	1,1	12	21,5
N4WS_0069	589189	9328810	555	14	1	20,7	22,6
N4WS_0070	589093	9326070	675	10,6	1,3	16,7	9,2
N4WS_0072	589675	9328540	616	126	16,86	432,5	878
N4WS_0073	589219	9328590	585	89	3,21	293	580
N4WS_0074	589709	9328784	689	24,5	2,13	98,5	69
N4WS_0075	589709	9328517	631	31,5	1,67	102,5	132
N4WS_0076	589807	9328507	669	24,5	3,16	63	92
N4WS_0077	589822	9328493	672	8	1,16	23,5	28
N4WS_0078	589707	9328736	683	23	2	117	118
N4WS_0079	589544	9328352	642	18,7	3,21	42	31,4
N4WS_0080	589562	9328344	657	12,5	1,52	32	23,5
N5E_0001	597593	9328571	712	13	1	27	42,24
N5E_0002	597594	9328450	715	100	6	289	690,82
N5E_0003	597245	9327356	680	12,5	0,2	20	36,94
N5E_0004	596354	9327199	666	15,5	0,3	28	39,99
N5E_0005	596329	9327242	667	126	13	643	913
N5E_0006	596244	9327386	690	60	4	230	525,39
N5E_0007	596254	9327511	697	77	9	157	277,13
N5E_0008	596262	9327719	712	80	11	307	502
N5E_0009	596456	9327719	680	81	7	362	502,4

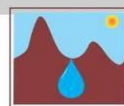


N5S_0001	596803	9326669	684	16	3	27	31,84
N5S_0002	596731	9326488	650	18	3	55	73,19
N5S_0003	595762	9325106	587	27	1,2	67	122,87
N5S_0004	595824	9325056	578	56	1,3	95	128,71
N5S_0005	595870	9325014	583	34	12	143	320,35
N5S_0006	595894	9325051	598	36	8	181	393,95
N5S_0007	595919	9325040	590	44	1	155	227,89
N5S_0008	596003	9325022	622	58	7	254	487,03
N5S_0009	596120	9325003	640	62	1	297	552,93
N5S_0010	596113	9325034	648	79	2	191	332,33
N5S_0011	596301	9325116	713	104	11	452	1104,9
N5S_0012	596785	9325318	680	98	8	540	1373,08
N5S_0013	595847	9325077	591	36	0,8	68	108,22
N5S_0014	595869	9325069	615	53	8	241	427,74
N5S_0015	595882	9325099	610	32	2,9	113	250,28
N5S_0016	595904	9325061	619	11	2,4	41	59,99
N5S_0017	597412	9327038	687	76	6	490	1605,26
N5S_0018	596546	9327177	702	43	5	63	95,53
N5S_0019	596607	9327111	670	26	2	49	67,84
N5S_0020	596656	9327057	655	64	3	246	443,14
N5S_0021	596716	9327033	663	285	30	655	1119,42
N5S_0022	596732	9327014	646	33	11	169	500,37
N5S_0023	596742	9326596	655	26,5	2,93	32	19
N5S_0024	596707	9327046	680	13	2,32	46,5	100,5
N5S_0025	596575	9327142	683	15	4,69	25	34
N5S_0026	596589	9327138	673	68	7,41	184,5	353,5
N5S_0028	596793	9326952	669	13	4,26	38	53
N5S_0029	597424	9326990	669	9	1,47	42	50
N5S_0030	597428	9326935	681	233	12,93	1198	2995
N5S_0031	597496	9326638	632	15	2,21	28	69
N5S_0032	597492	9326471	680	26	1,92	98	210
N5S_0033	596778	9325275	675	26	2,6	52	110
N5S_0034	595749	9325134	587	28,5	5,81	44,5	55
N5S_0035	596266	9325066	654	14,5	1,07	24,5	14,5
N5S_0036	596129	9324981	657	11	1	14	9
N5S_0037	595987	9325000	602	224	16	884	1779
N5S_0038	595921	9324990	574	11	1,4	19	10
N5S_0039	595886	9325050	598	17	3,4	25	29
N5S_0040	595886	9325084	602	26	0,6	63	82
N5S_0041	595855	9325082	603	26	3	38	36
N5S_0042	595829	9325016	556	18	0,5	42	52
N5S_0043	595887	9325002	565	5,6	0,4	43	67
N5S_0044/0046	595864	9324921	581	40	2,2	155	133
N5S_0049	595905	9324877	527	20	1,2	60	92
N5S_0051	595903	9324848	525	21	1,6	55	62





N5S_0052/0053	595943	9324801	533	90	2	435	730
N5S_0054	595928	9324818	483	7,6	1,4	18	12
N5S_0055	595988	9324787	515	61	7	183	418
N5S_0056	595984	9324801	531	15	1	22	18
N5S_0057	595985	9324723	531	30	1	192	565
N5S_0058	595981	9324759	524	8	1,4	6,3	7
N5S_0059	595990	9324765	552	33	2	87	175
N5S_0060	596052	9324687	528	19	1,6	23	20
N5S_0061	595780	9325086	599	15	0,6	23	23
N5S_0062	595711	9325116	562	18	2,2	32	16
N5S_0063/0064/0065	595672	9325284	596	221	13,6	666	1007
N5S_0066	595670	9325311	602	21	1,6	32	28
N5S_0067	595691	9325365	601	9	6	76	284
N5S_0068	595682	9325557	638	12	1,4	27	22
N5S_0069	595692	9325570	653	6	0,5	18	15
N5S_0070	595782	9325498	649	48	0,4	113	156
N5S_0071	595699	9325585	668	8,3	1,6	19	22
N5S_0072	595717	9325584	650	25	2	72	72
N5S_0073	595744	9325620	632	20	0,6	40	36
N5S_0074	595748	9325614	628	44	2,2	148	101
N5S_0075	595870	9325601	676	32	3	88	88
N5S_0076	595901	9326718	615	11	0,6	26	64
N5S_0077	595315	9325596	588	4	0,3	21	60
N5S_0078	595482	9325427	583	25	6	99	192
N5S_0079	595503	9325411	578	38	1,4	57	65
N5S_0080	595494	9325417	580	10	0,2	18	14
N5S_0081	595505	9325411	560	10	0,2	30	39
N5S_0082	595519	9325380	578	6	0,6	22	24
N5S_0083	595546	9325099	548	11	2,6	29	34
N5S_0084	596674	9327100	694	10,2	1,8	32	38,4
N5S_0085	596684	9327144	716	99,9	7,8	484,6	1030
N5SM1_0001	595751	9324232	623	19,5	3,04	42	60
N5SM1_0002	595737	9324296	620	5	1,5	10,5	8,5
N5SM1_0003	595729	9324334	629	12,5	1,24	20	14,5
N5SM1_0004	595701	9324378	642	7,5	3,82	9	16
N5SM1_0005	595693	9324402	656	34	7,79	149	332
N5SM1_0006	595985	9324570	523	23,5	6,25	64	62
N5SM1_0007	595926	9324758	516	13,5	2,92	38	62
N5SM1_0008	595829	9324724	661	137	7,02	483	846,6
N5SM1_0009	595888	9324882	518	27	2,01	80	132
N5SM1_0010	595878	9324896	562	10,5	4,17	16	14
N5SM1_0011	595872	9324898	530	26,5	3,4	87,5	110,5
N5SM1_0012	595843	9324934	542	25	3,67	58,5	61,5
N5SM1_0013	595722	9324980	594	31,5	8,99	89,5	176
N5SM1_0014	595705	9324898	593	18,5	2,85	37	30



N5SM1_0015	595693	9324988	588	12	2,7	21	17
N5SM1_0016	595700	9325012	587	12	0,88	26	20
N5SM1_0017	595696	9324976	574	14	3,15	40,5	74
N5SM1_0018	595447	9325088	570	20,5	3,51	26,5	22,5
N5SM1_0019	595446	9325072	600	21	3,54	43	70
N5SM1_0020	595676	9325032	553	28	12,94	141	169,5
N5SM1_0021	595413	9325070	606	134	24,77	738	2044
N5SM1_0022	595797	9324666	693	19,5	4,82	30	47
N5SM1_0023	595513	9325033	614	20	3,12	43,5	77
N5SM1_0024	595826	9324805	571	10,5	1,71	22,5	62
N5SM1_0025	595721	9324600	594	10,5	1,82	23,5	13,5
N5SM1_0026	595568	9325049	587	54,5	4,57	213,5	358,5
N5SM1_0027	595723	9324648	589	59,5	2,42	207	354
N5SM1_0028	595745	9324716	597	106,5	12,64	469	797,5
N5SM1_0029	595677	9324800	626	7,5	1,15	21	20
N5SM1_0030	595319	9325066	623	18,5	2,9	81	71
N5SM1_0031	595375	9325106	599	131,5	14,81	706	1617
N5SM1_0032	595374	9325125	583	37	5,54	190,5	263
N5SM1_0033	595337	9325107	599	11	2,96	35,5	27,5
N5SM1_0034	595390	9325121	612	22	3,77	57,5	103
N5SM1_0035	595585	9325001	610	22	5,74	75	100,5
N5SM1_0036	595529	9325007	617	108	11,2	500,5	731
N5SM1_0037	595630	9325004	571	29	4,85	111	110
N5SM1_0038	595530	9324988	609	15	3,16	47	79,5
N5SM1_0039	595656	9324999	574	16	1,13	38	36
N5SM1_0040	595654	9325028	566	10,5	3,67	33,5	26
N5SM1_0041	595625	9325046	563	10,5	2,12	27	45,5
N5SM1_0042	595706	9324870	618	25	2,07	76,5	118,5
N5SM1_0043	595683	9324905	632	10	1,05	22,5	15,5
N5SM1_0044	595707	9325028	564	16	2,35	37	24
PESE_0001	593915	9325260	457	6	0,93	29	19
PESE_0002	593909	9325276	476	29,5	1,63	62,1	81,5
PESE_0003	593876	9325083	477	11,7	2,91	54	79
PESE_0004	593871	9325077	473	9,5	6,57	38,5	46,5
PESE_0005	593858	9325050	488	41,2	6,8	121	478
PESE_0006	593906	9325572	482	23	1,08	90	84,5
PESL_0001	594682	9329142	426	5,5	5,67	103,5	360
PESL_0002	596133	9329856	678	11	0,73	33,5	69,5
PESL_0003	596127	9329866	681	12,5	2,42	45	81,5

A Figura 5.2 apresenta a distribuição das cavidades estudadas nas áreas de N4E, N5E, N4WS, N5S, PESE e PESL.

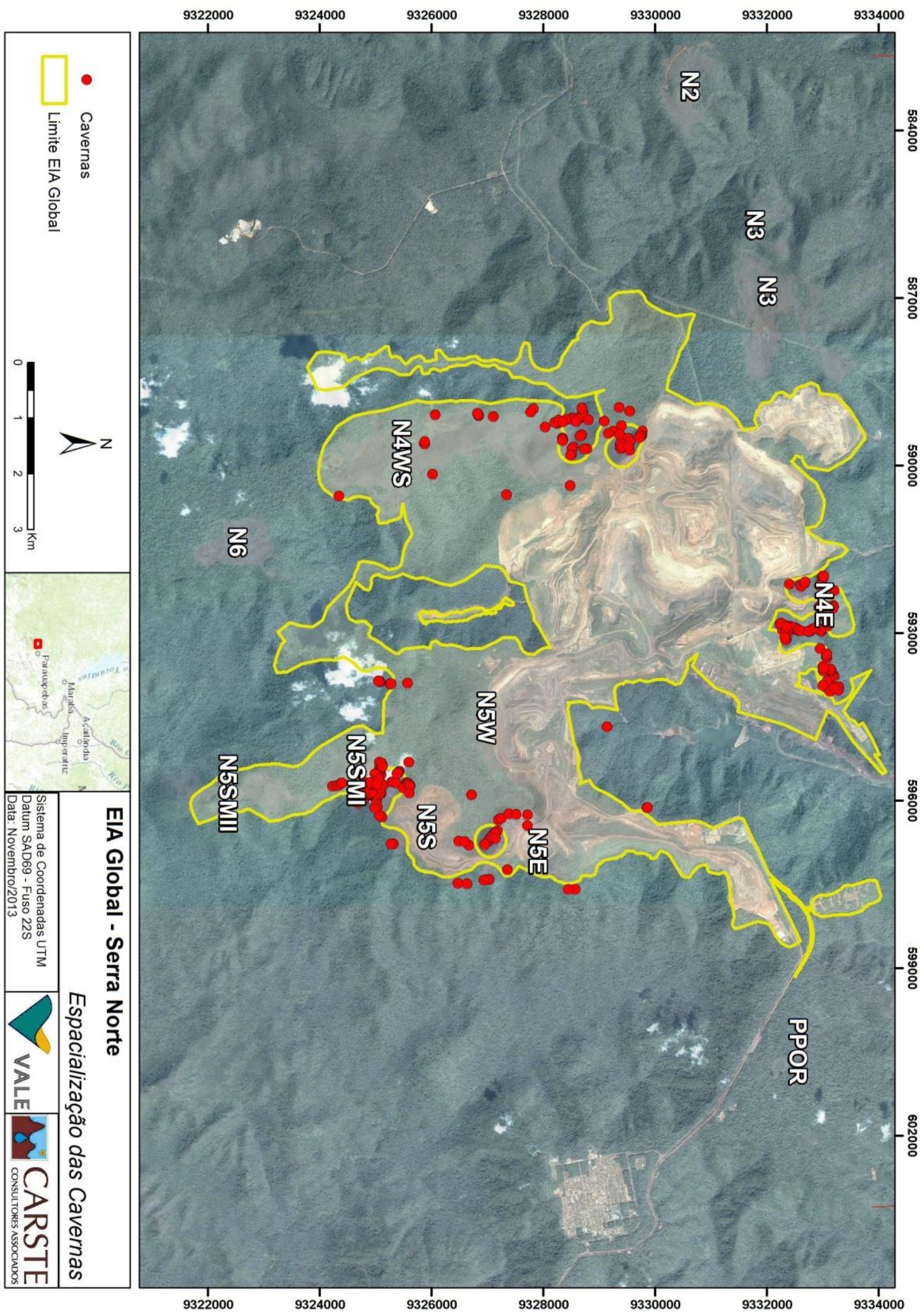


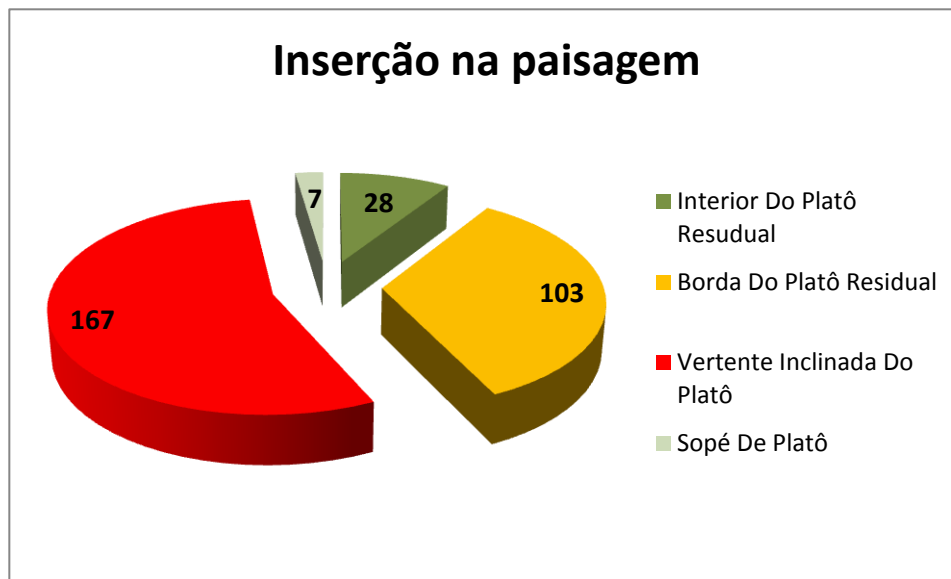
Figura 5.2. Distribuição das cavidades estudadas em N5E, N4E, N4WS, N5S, N5M1, PESE e PESL (ver mapa detalhado no Anexo XII).

### 5.2.1. Inserção na paisagem

As cavernas estudadas na serra Norte estão inseridas na base de paredões e escarpas rochosas posicionadas em vários pontos da unidade do relevo denominada de *vertentes inclinadas*, as quais fazem a conexão entre o topo do platô e as planícies aluviais. Bordas de escarpa, áreas onde haja quebra de relevo, ou encostas íngremes são locais em que o gradiente hidráulico do lençol freático será mais pronunciado, resultando em maior velocidade da água subterrânea e concomitante maior capacidade erosiva. Estes locais são favoráveis para que o processo erosivo seja acelerado e cavernas sejam geradas. Cento e sessenta e sete (55,7%) cavidades estão posicionadas nas vertentes inclinadas dos platôs (Figura 5.3), dentre as quais N4E-0055, N4WS-0030, N5E-0005, N5S-0051 e N5SM1-0005. Nas bordas dos platôs o número de cavernas também é expressivo, totalizando 103 cavernas, a exemplo das cavernas N4E-0010, N4WS-0005, N5S-0030 e N5SM1-0005.

Cavernas inseridas no interior do platô, como N4WS-0067 e N4WS-0075, representaram 9,2% da amostra, ou seja, 28 cavidades. Um conjunto de cavernas no interior do platô também foi registrado na Serra Sul.

No sopé dos platôs, foram registradas somente sete cavernas, as quais se localizam em áreas projetadas para instalação de pilhas de estéril, a exemplo das cavernas PESL-0001 e PESE-0002. É importante salientar que as áreas rebaixadas não foram objeto de prospecção sistemática em Serra Norte, pois estão distantes dos corpos minerais. Na serra da Bocaina, onde houve uma prospecção melhor distribuída em todos os compartimentos, foram registradas 50 cavernas no sopé da referida serra.

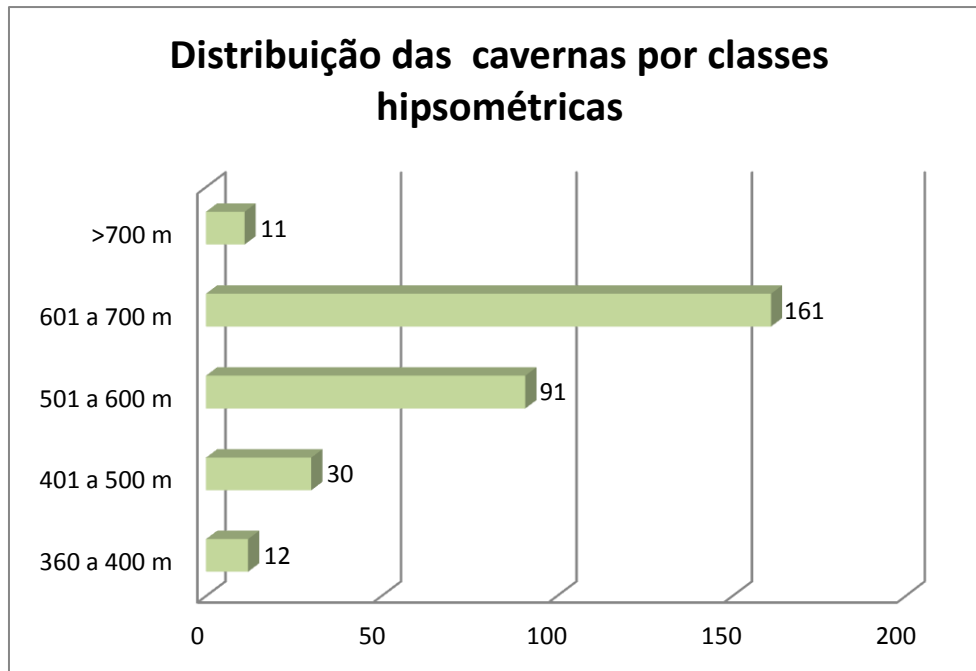


**Figura 5.3. Distribuição das cavernas nas principais unidades morfológicas da paisagem local.**

Com relação ao posicionamento altimétrico, a caverna N4WS-0020 se mostrou a mais elevada (723 m) na paisagem e, a caverna N4E-0067, a mais baixa (360 m). A amplitude altimétrica foi de 363 m.

Pinheiro *et al.* (1985), analisando o posicionamento altimétrico de algumas cavernas da serra dos Carajás, colocou o intervalo 600-650 m, posicionado nas vertentes inclinadas, como o mais marcante para a ocorrência de cavernas.

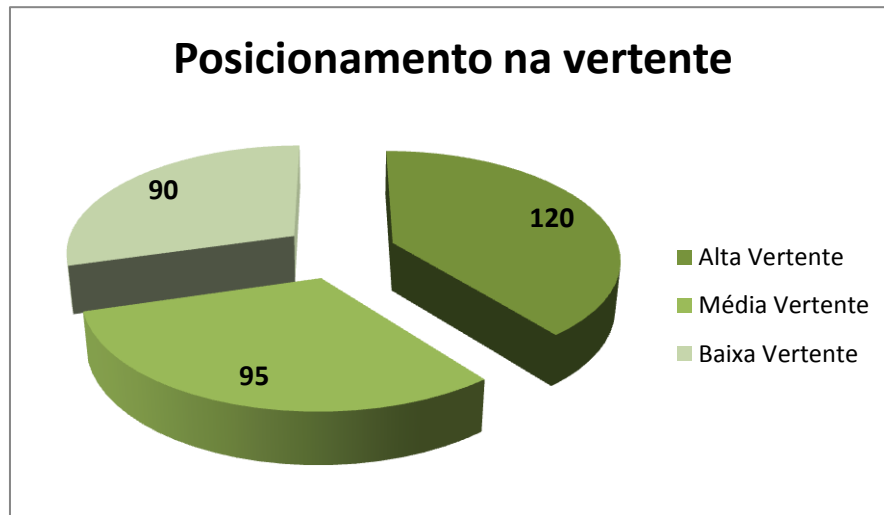
Esta tendência também é observada nas cavernas estudadas na área do EIA Global de Serra Norte (Figura 5.4). O intervalo 601 a 700 m foi o de maior ocorrência de cavernas, totalizando 161 cavernas (52,7%).



**Figura 5.4. Frequência de cavernas (n=305) nas classes hipsométricas na área de estudo.**

Como já exposto, as prospeções espeleológicas na Serra da Bocaina atingiram, de forma mais equilibrada, todas as unidades da paisagem. Diante disso, foi possível registrar que a maioria (40 – 29,6%) das cavernas está inserida na classe 600-700 m de altitude. No entanto, a classe 200-300 m também registrou um número importante de cavernas, ou seja, 37, representando 27,4% da amostra. Nas classes intermediárias foi registrada uma diminuição da ocorrência de cavernas. Isso demonstra que muito provavelmente, há um viés nas amostras das serras Sul e Norte, em função da prospeção ter sido direcionada para áreas mineralizadas, posicionadas nas partes mais elevadas da paisagem.

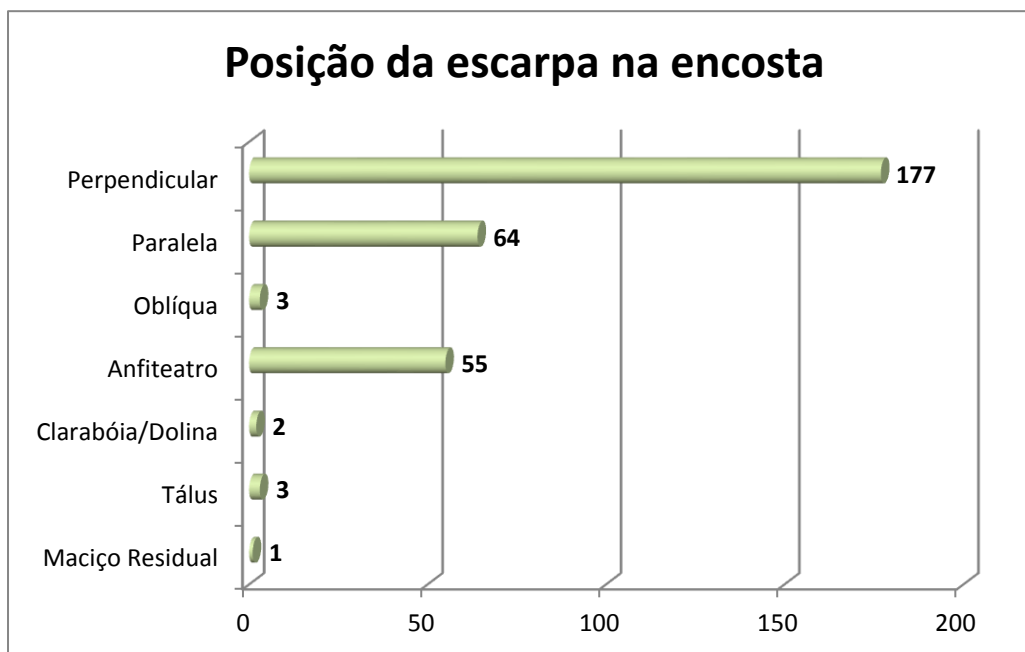
As cavidades estudadas estão inseridas, principalmente, na alta vertente (em relação ao nível de base local), ou seja, 39,4% (120) das cavernas estão nessa posição da vertente. Na média vertente também foi registrado um número importante de cavernas: 95, representando 31% da amostra (Figura 5.5). Na baixa vertente foram identificadas 90 cavernas (29,5%).



**Figura 5.5. Distribuição das cavernas em função do posicionamento na vertente.**

As escarpas rochosas onde se inserem as cavidades estão distribuídas de forma escalonada ao longo da vertente inclinada ou mesmo no interior do platô. Essas escarpas são na maioria das vezes representadas por afloramentos da formação ferrífera bandada encimados por uma cobertura de canga. A altura média destes paredões na amostra estudada é de 5 m, com altura máxima de 15 m (PESE-0004, N5SM1-0008 e N4E-0024) e mínima de 0,8 m, na cavidade N4WS-0070.

Em 177 cavidades (58%) a posição da escarpa na zona de entrada é perpendicular ao maior gradiente da vertente (N4E-0062, N4WS-0042, N5S-0038, N5SM1-0007) (Figura 5.6). Escarpas paralelas ao maior gradiente foram registradas em 64 cavidades (21%), dentre as quais N4E-0020, N4WS-0025, N5S-0074 e N5SM1-0018. Em três cavidades (1%), o posicionamento das escarpas é oblíquo em relação ao maior gradiente da vertente, a exemplo da caverna N4WS-0061. Escarpas na forma de anfiteatros ocorrem em 55 cavernas (18%), entre elas as cavernas N4E-0013, N4WS-0077 e N5SM1-0034. Duas cavernas têm entrada a partir de dolinas (N5S-0068; N5S-0063/0064/0065) e três (N4WS-0022, N4WS-0036 e N4WS-0039) estão associadas a depósitos de tálus, representando menos de 1% das cavernas estudadas. É importante mencionar que a cavidade N4E-0028, apesar de ter sua entrada associada a um depósito de tálus, tem a maior parte do seu desenvolvimento no maciço rochoso.

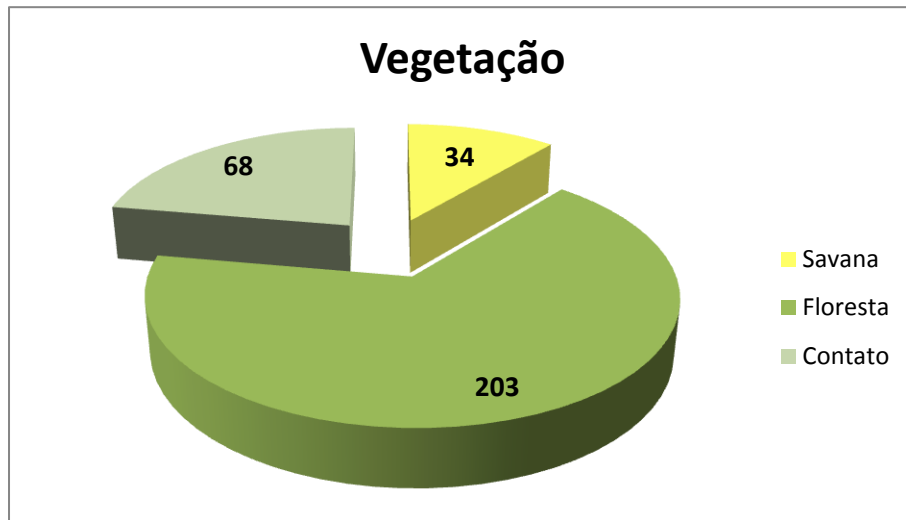


**Figura 5.6. Distribuição das cavernas diante do posicionamento das escarpas e outras formas de inserção na vertente.**

Nas altas vertentes e no topo do platô predomina a savana arbustiva. Essa vegetação, de caráter xerófilo, representa um ecossistema singular preferencialmente vinculado aos domínios das rochas ferríferas.

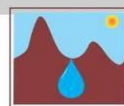
Neste ambiente predominam as formas savânicas arbustivas com variada densidade de plantas, podendo atingir uma altura maior que 3 m. Em alguns locais, a vegetação pode se apresentar mais baixa. Quando a crosta maciça de canga aflora, predominam as canelas-de-emas. À medida que a canga vai sendo desmantelada, o solo vermelho cascalhento torna-se mais espesso, aumentando o porte da vegetação, que passa a ser arbustivo-arbóreo. Trinta e quatro cavernas (11%) têm seu entorno imediato ocupado por este tipo de vegetação (Figura 5.7).





**Figura 5.7. Distribuição das cavernas em função da vegetação do entorno das cavernas.**

Nas vertentes inclinadas, a vegetação predominante é a floresta Ombrófila Aberta Submontana, constituída por uma formação de floresta aberta com abundância de cipó. Apresenta poucas árvores emergentes, um estrato dominante de aproximadamente 10 a 15 m de altura, onde se destaca a presença expressiva de cipó e bambu no sub-bosque. Em áreas pouco estáveis, a probabilidade de queda de árvores é maior, ocasionando a abertura de clareiras. Em 203 cavernas o entorno está ocupado por florestas, representando 66,5% da amostra (Figura 5.8). Sessenta e oito cavidades (22,3%) estão posicionadas em áreas de contato entre a savana e a floresta.



**Figura 5.8. A caverna N4WS-0011, posicionada na vertente inclinada do platô de N4, está inserida em área de Floresta Ombrófila Aberta.**

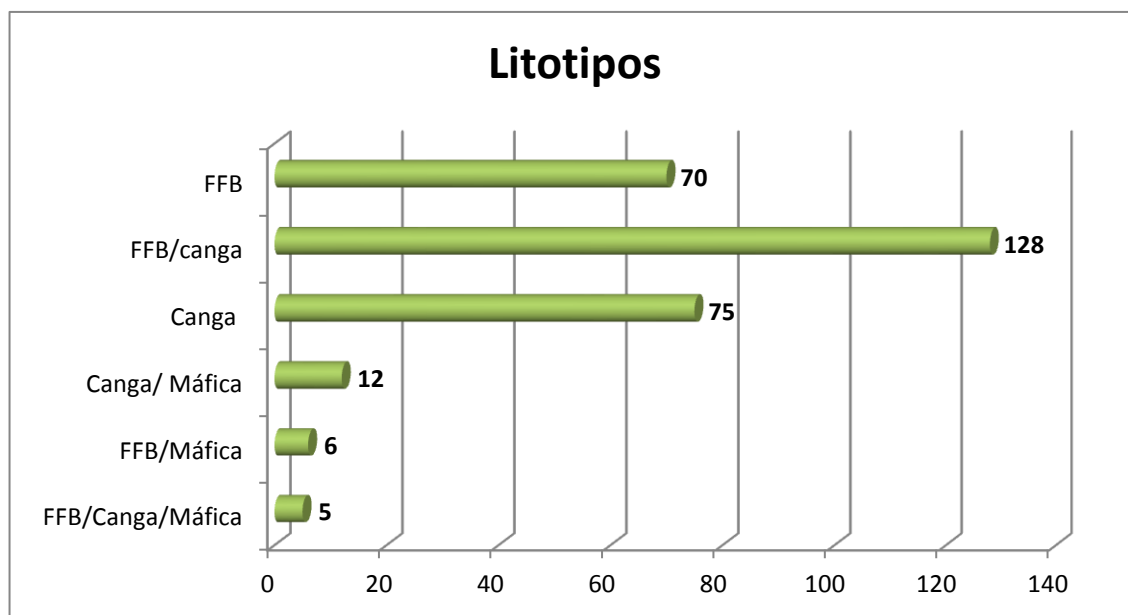
### **5.2.2. Litologia e estrutura**

Os tipos litológicos observados nas cavernas da área de estudo em Serra Norte podem ser divididos em três grupos principais:

- Formação ferrífera;
- Cangas;
- Metabasaltos.

A maior parte das cavidades estudadas (128) é constituída pelos dois litotipos principais, ou seja: a formação ferrífera bandada – FFB e a canga, representando 42% da amostra (Figura 5.9). Setenta e cinco cavernas estão inseridas exclusivamente na canga, compreendendo 24,6% da amostra. Cavernas inseridas exclusivamente na FFB perfizeram um total de 23% (70 cavernas). A rocha máfica está presente em associação com a canga e o minério de ferro em cinco cavidades, englobando 1,6% das cavernas estudadas. Outras seis cavidades estão no contato entre a FFB e a rocha máfica (2%). Cavernas de canga com clastos de rocha máfica ou em contato com a rocha máfica somaram 3,9% da amostra (12 cavidades) e nove

cavernas estão inseridas exclusivamente em rocha máfica, representando 2,9% do total estudado (Figura 5.9).



**Figura 5.9. Distribuição das cavernas estudadas em função dos litotipos.**

A formação ferrífera da região de Carajás insere-se na sequência metavulcanossedimentar arqueana do Grupo Grão Pará. Jaspilitos e minérios de alto teor compõem a denominada Formação Carajás, sobreposta e sotoposta por rochas máficas. A presença de feições sedimentares preservadas atesta para condições de baixo grau metamórfico (Lobato *et al.*, 2005).

Os jaspilitos apresentam a clássica intercalação de bandas claras e escuras de espessura milimétrica a centimétrica de óxido de ferro e sílica microcristalina (jaspe e chert). As mesobandas escuras são constituídas principalmente por hematita e magnetita de forma subordinada.

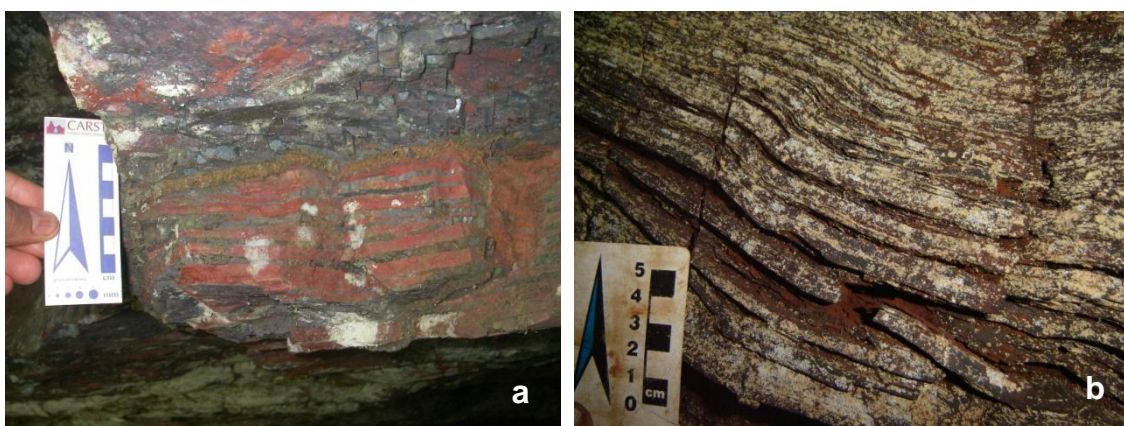
O jaspilito fresco, com a banda silicosa ainda preservada, foi registrado em algumas cavidades, dentre as quais: N5S-0031, N5S-0078, N5S-0079, N5S-0080 e N5S-0081. A Figura 5.10 apresenta exposições do jaspilito e do minério de ferro, onde se destaca o claro aumento da porosidade.

Macambira & Schrank (2002), através da análise de 62 amostras de jaspilito na Serra Norte, revelaram teores médios de  $Fe_2O_3T = 53,65\%$ ;  $SiO_2 = 44,60\%$ ;  $Al_2O_3 = 0,63\%$ ;  $FeO = 1,31\%$ ;  $MnO = 0,06\%$ ;  $MgO = 0,1\%$ ;  $CaO = 0,04\%$ ;  $Na_2O = 0,04\%$ ;  $K_2O = 0,02\%$ ;  $P_2O_5 = 0,01\%$  e  $PF = 0,73\%$ . Os mesmos autores

efetuaram análises específicas nas bandas do jaspilito e concluíram que há muito mais silício na banda clara do que ferro na banda escura, ou seja, a rocha é, de fato, chert (ou jaspe) intercalado com camadas de óxidos de ferro.

Encaixado na camada de jaspilito, ocorrem corpos de minério de ferro de alto teor, gerados por enriquecimento da rocha ferrífera, através de reações e processos químicos, envolvendo fluidos hidrotermais (Lobato *et al.*, 2005).

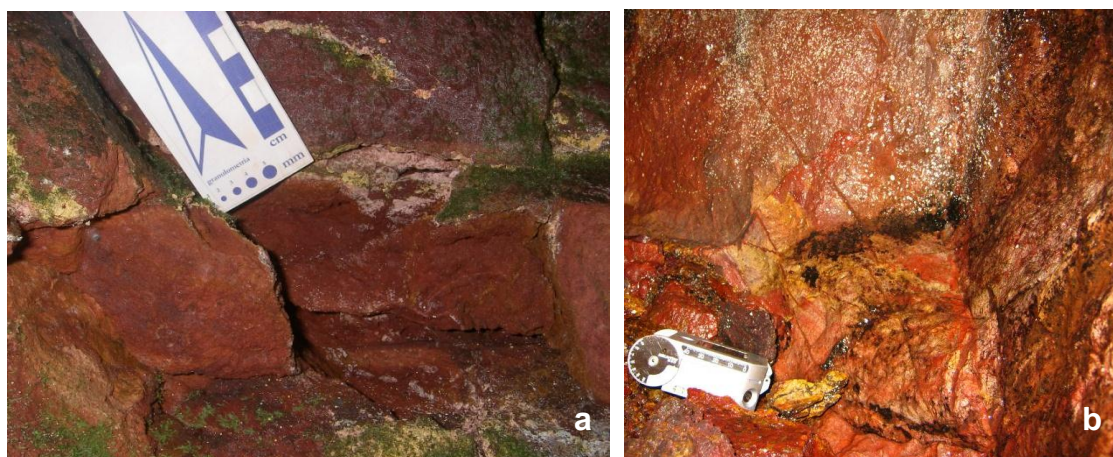
Figueiredo e Silva (2009), estudando a gênese e evolução do minério de ferro em Serra Norte (N5S e N5E), efetuaram a química global de 26 amostras, revelando valores médios de  $\text{Fe}_2\text{O}_3=96,7$ ;  $\text{SiO}_2=2,46$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3=0,67$ ;  $\text{MgO}=1,0$ ;  $\text{CaO}=0,44$ . Várias cavernas estão inseridas nesses corpos enriquecidos, a exemplo das cavernas N5E-0006, N5E-0004, N4WS-0047, N4E-0086 e N4E-0001, dentre outras. O grau de intemperismo é bastante variável nessas rochas, ou seja, é possível registrar desde a rocha sã até afloramentos com alto grau de intemperismo, como registrado na caverna PESE-0006.



**Figura 5.10. (a) Jaspilito com bandas alternadas de sílica (jaspe) de coloração avermelhada e hematita na caverna N5S-0078. (b) Minério de ferro bandado com porosidade gerada pela lixiviação das bandas silicosas (N4E-0001).**

As formações ferríferas estão comumente em contato com rochas máficas. A espessura destes corpos pode variar de poucos metros a dezenas de metros. O estado de intenso intemperismo em que se encontram confere à rocha um aspecto saprolítico, onde predomina a coloração vermelha a localmente amarelada. De um modo geral, este litotipo, apesar de intensamente intemperizado, se diferencia das cangas e da formação ferrífera bandada pela ausência de clastos ou relictos de bandamento. Por outro lado,

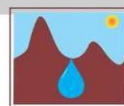
em algumas cavidades, a exemplo da N5S-0076, é possível observar planos de fraturamento bem definidos (Figura 5.11). A textura argilosa também é bastante expressiva no saprolito das rochas máficas. As cavidades N4E-0040, N4E-0082, N4WS-0009, N4WS-0010, N4WS-0035, N4WS-0043, N4WS-0045, N5S-0076 e N5S-0077 estão inseridas integralmente neste litotipo. Enquanto que nas cavernas N4E-0010, N4E-0045, N4E-0051, N4E-0054, N4E-0056, N4E-0057, N4E-0058, N4E-0059, N4E-0060, N4E-0068, N4WS-0002, N4WS-0004, N4WS-0008, N4WS-0012, N4WS-0017, N4WS-0020, N4WS-0037, N4WS-0063, N5S-0067, N5S-0072, N5S-0074, N5S-0082 e PESE-0005 a rocha máfica ocorre de modo pontual associada à rocha ferrífera (Figura 5.11). Essas cavernas foram incluídas nas cavernas ferríferas (FFB e cangas).



**Figura 5.11. (a) Rocha máfica alterada com aspecto saprolítico na caverna N5S-76, é possível observar planos de fraturamento ainda preservados. (b) Dique de rocha máfica alterada na caverna PESE-0005.**

Na superfície do platô da Serra Norte ocorrem amplas coberturas de canga, que em face de sua resistência à erosão funcionam como elemento de sustentação do topo do planalto residual, denominado localmente de platôs. As cangas ferríferas são produtos de alteração intempérica de rochas ricas em ferro ou mesmo rochas máficas, sendo constituídas por fragmentos de tamanhos variados (em geral de 1 a 10 cm) das rochas subjacentes, cimentados por matriz limonítica/goethítica. Geralmente, trata-se de material muito hidratado, com teores mais elevados de fósforo e alumina. Na grande maioria das vezes essas rochas sofreram pouco transporte.

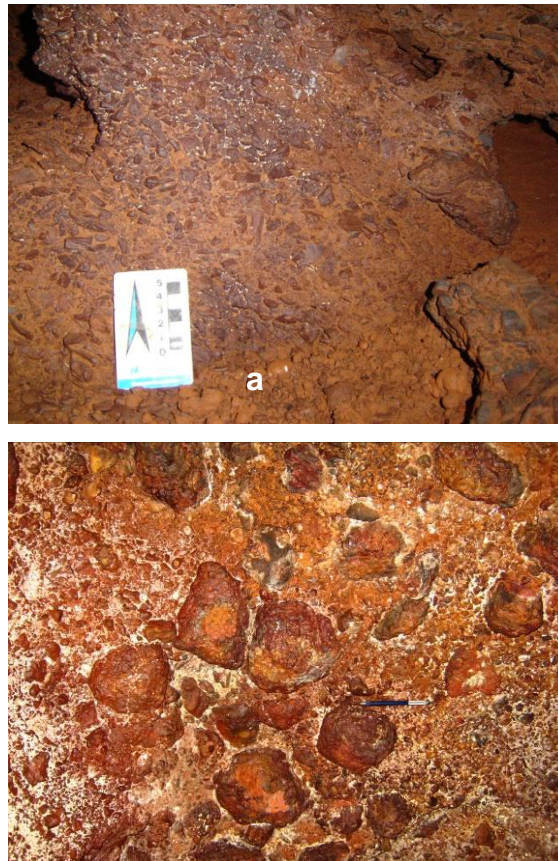
Dorr (1969) classificou as cangas do Quadrilátero Ferrífero como: (i) canga normal, contendo entre 20 – 80% de fragmentos detríticos de hematita ou



itabirito ocorrendo em encostas com inclinação de até 20% sobre itabiritos; (ii) canga rica, consistindo em um aglomerado de hematita composto por fragmentos angulares ou arredondados de granulometria variando desde seixo até grandes blocos, no qual o cimento preenche interstícios ou está presente em quantidade bastante apenas para manter os fragmentos coesos e (iii) canga química contendo muito pouco, por volta de 5 – 10% de material detrítico comportando fragmentos em geral menores do que 1 cm e muita limonita, ocorrendo comumente em locais afastados da Formação Cauê.

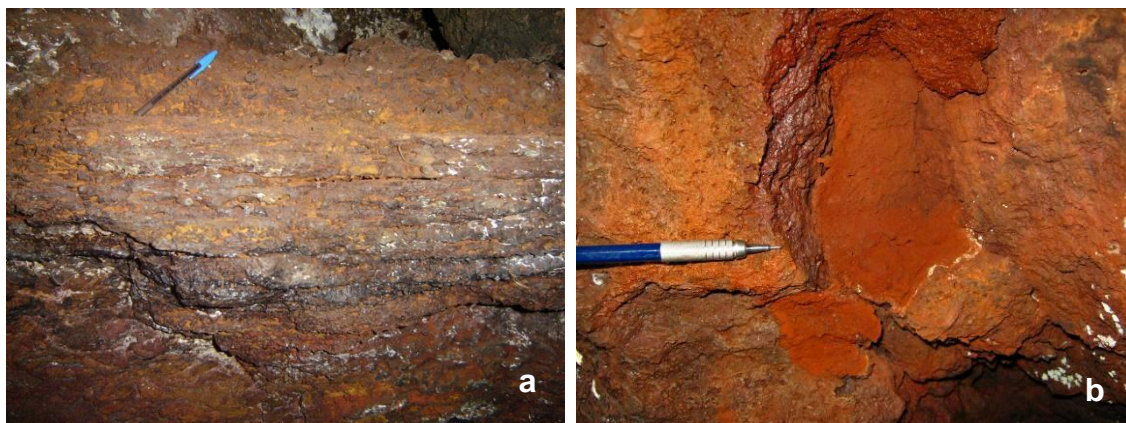
Cangas com características similares ao tipo II foram descritas por Maurity & Kotschoubey (1995) no platô N1 em Carajás. Os autores a denominaram de hematítica brechóide, sendo originária da alteração das formações ferríferas. Esses depósitos clásticos litificados indicam transporte, apesar da proximidade da fonte.

Este tipo de canga também foi observado, de forma generalizada, nas cavernas estudadas nas áreas de Serra Norte. Entre essas se destaca a caverna N4WS-0055, cuja canga é constituída por clastos mal selecionados de canga, hematita e rocha máfica, sendo possível observar clastos com dimensão superior a 1,5 m. Sua composição indica que houve retrabalhamento de uma antiga cobertura de canga, antes da formação da cobertura atual (Figura 5.12).



**Figura 5.12. (a) A tipologia mais comum de canga, com clastos de hematita de granulometria entre seixo e calhaus observada na caverna N4E-0007. (b) Canga composta por clastos mal selecionados de hematita, rocha máfica e canga, observada na caverna N4WS-0055.**

Canga química, ou terrígena, com pouco ou nenhum fragmento detrítico foi observada em algumas das cavernas estudadas, entre elas podemos citar: N4E-0011; N4E-0021; N4E-0024; N4WS-0057; N4WS-0066; N4WS-0069; N4WS-0070; N5S-0024 e N5S-0030 (Figura 5.13). Também foram observadas cavernas inseridas na canga com clastos de rocha máfica, sendo bons exemplos as cavernas N5E-0055, N4WS-0002 e N4WS-0012. Também foram observadas cavernas onde ocorre o contato entre a rocha máfica e a canga, dentre as quais N4WS-0037 e N4WS-0063.

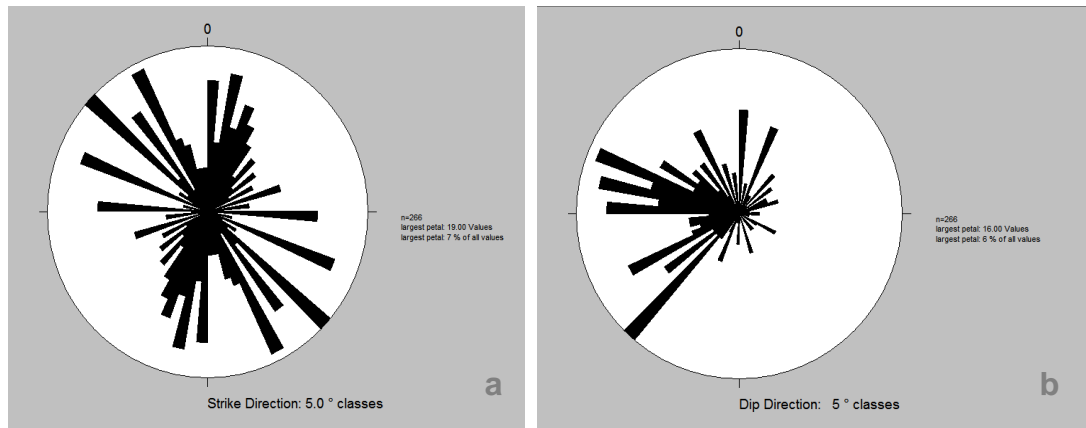


**Figura 5.13. (a) Canga química com marcas de deposição na caverna N4E-0011; (b) Canga química sem estruturas na caverna N4WS-0066.**

As principais estruturas observadas nas cavidades estudadas foram: bandamento, juntas de alívio, fraturas e dobras. A atitude do bandamento foi registrada em 190 cavernas, correspondendo a 62,3% da amostra. Com base em 266 medidas, observou-se que a direção predominante foi a NE-SW, seguida da N-S. A direção predominante do mergulho das camadas aponta para o quadrante SW, E e NE, com mergulhos variando de 5° a subvertical, predominando ângulos entre 30 e 70° (Figura 5.14). Em 24 cavernas foi registrado um claro controle dos planos do bandamento no direcionamento de condutos (N4E-0016, N4E-0036, N4WS-0008, N4WS-0075).

Juntas de alívio foram registradas em 195 cavernas (64%). Constituem juntas de alinhamento em geral irregular, geradas pelo alívio de carga decorrente de processos erosivos sobre o maciço rochoso. Estão presentes em paredes e teto das cavidades, com dimensões que variam de poucos centímetros a alguns metros de comprimento e espessura centimétrica. Bons exemplos dessas juntas podem ser registradas nas cavernas N5SM1-0020, N5SM1-0044, N5S-0067, N5S-0030, N4WS-0095, N5E-0005, dentre outras. Em 17 cavernas foi observado algum controle dessas estruturas no direcionamento dos condutos.

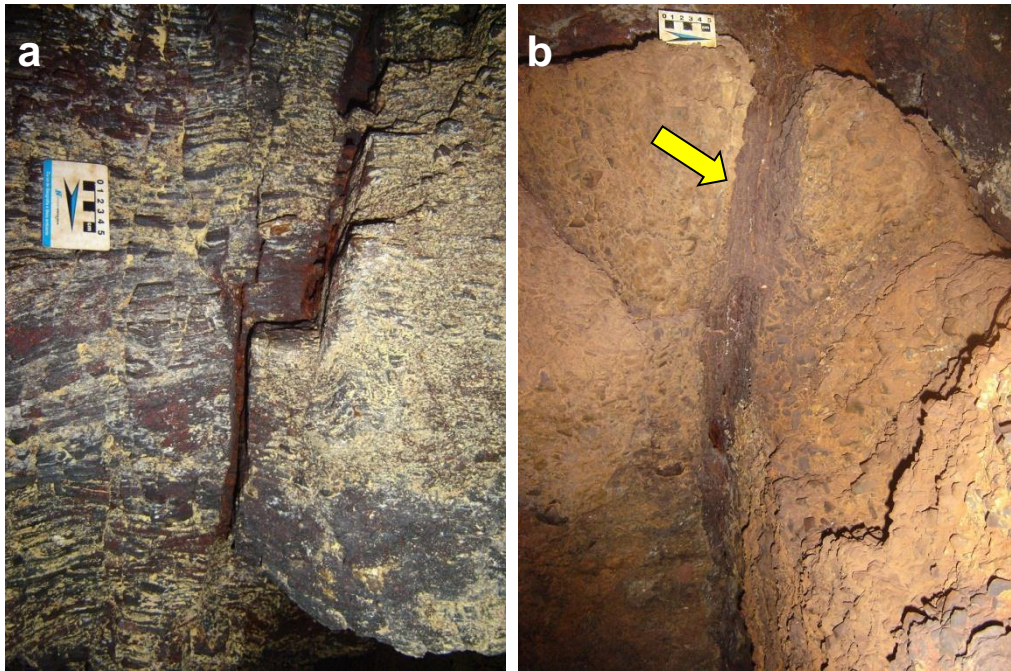




**Figura 5.14. Gráficos de roseta da atitude do bandamento (n=266): (a) direção dos planos do bandamento; (b) direção do mergulho.**

Fraturas foram observadas em 98 cavernas (32%). São estruturas mais regulares e penetrativas que as juntas de alívio, e mais recorrentes na formação ferrífera bandada, mas também de ocorrência na canga (Figura 5.15)

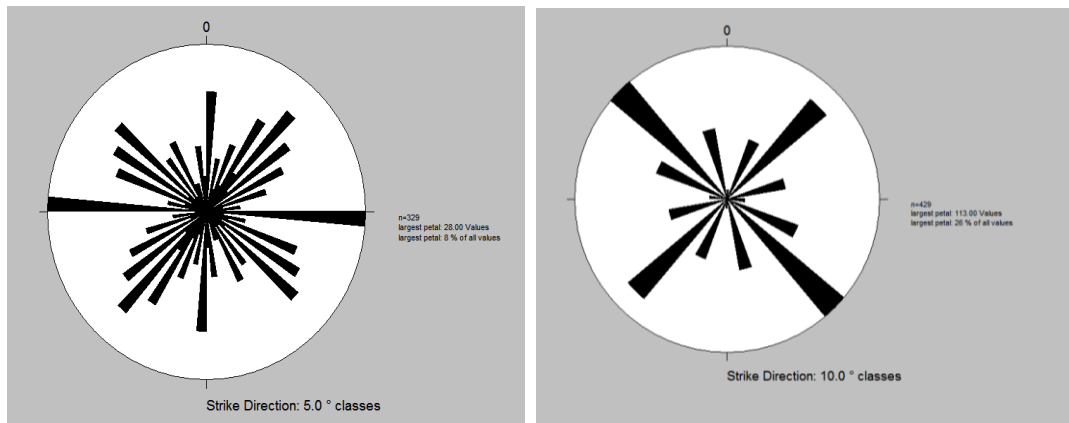
Medidas de fraturas somaram 329 diferentes pontos nas cavidades estudadas, indicando predominância dos alinhamentos E-W, além das direções NE-SW, N-S e NW-SE de forma subordinada (Figura 5.16), com mergulhos entre 5° e subvertical, predominando ângulos superiores a 60°. Em 22 cavernas foi registrado um controle das fraturas no alinhamento de condutos, como nas cavernas N4E-0024, N4WS-0079, N5S-0070 e N5SM1-0010. Mereceu destaque a caverna de canga N4E-30, onde foi registrada uma fratura preenchida por material ferruginoso (Figura 5.15). Não é comum essas estruturas ocorrerem na canga detrítica.



**Figura 5.15. a) Fratura aberta na caverna N4E-0008; b) fratura preenchida na cavidade de canga N4E-0030.**

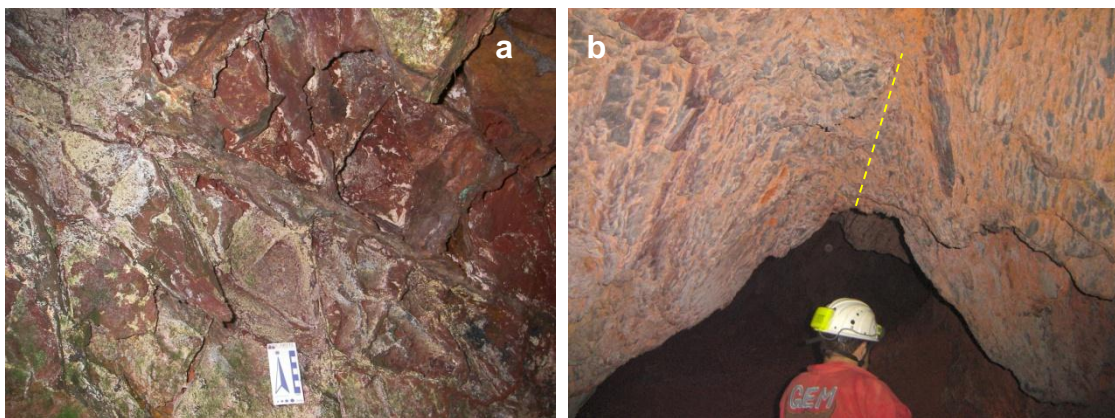
A análise da planta baixa de 305 cavidades das áreas N4, N5, PESE e PESL indicou a predominância de condutos com direção NW-SE e secundariamente NE-SW, como mostra a Figura 5.16. Essa análise foi feita com base no alinhamento de 429 condutos, a partir dos mapas disponíveis (Anexo II). Nota-se que o predomínio de alinhamentos no quadrante NW é concordante com a direção principal dos planos do bandamento.

Estruturas reticuladas do tipo boxwork apresentam-se como feições reliquias de antigos preenchimentos de fraturas existentes na rocha por óxidos/hidróxidos (Figura 5.17). Tais estruturas são evidenciadas após a desagregação por intemperismo da rocha encaixante, a exemplo das cavernas N4E-0004, N4E-0022, N4E-0023, N4E-0054, N4E-0075, N4WS-0012, N5S-0048, N5S-0079, PESE-006 e N5S-0076.



**Figura 5.16. (a) Gráfico de roseta da direção de fraturas (n=329); (b) direção dos principais condutos das cavernas estudadas (n=429 medidas).**

Dobras na formação ferrífera foram observadas em 91 cavernas (29,8%). Constituem, principalmente, flexuras do tipo *kink-bands*, mas podem ocorrer estruturas mais amplas que, em alguns casos, condicionam a morfologia de salões e condutos, como observado nas cavernas N4E-13 (Figura 5.17), N4WS-0016, N4WS-0028, N4WS-0054, N4WS-0056, N5S-0055, N5S-0066 e N5S-0070.

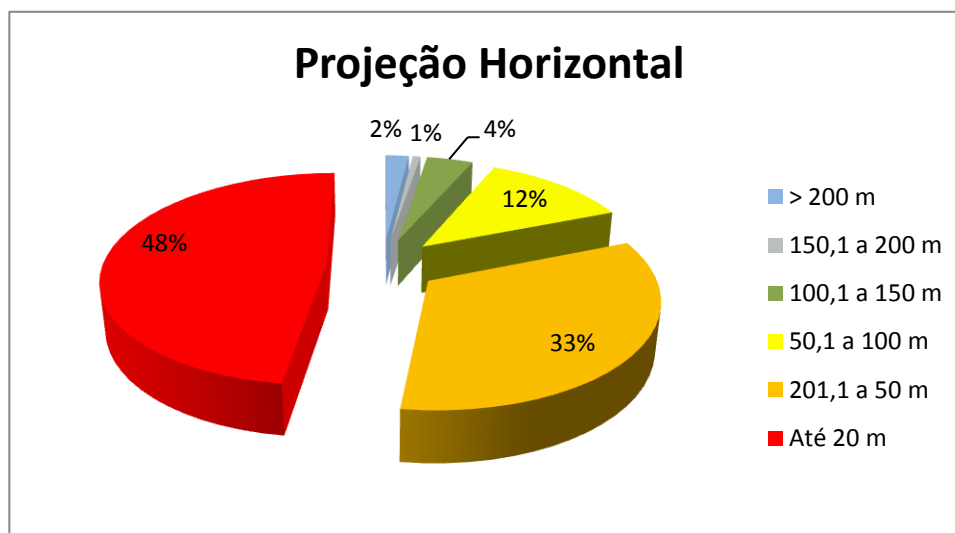


**Figura 5.17. (a) Boxwork na caverna N5S-0076; (b) Eixo de dobra controlando conduto na caverna N4E-0013.**

### 5.2.3. Espeleometria

A projeção horizontal (PH), que representa a soma dos condutos em planta baixa, foi calculada segundo o método da descontinuidade. Para as cavernas da formação ferrífera e canga (n=296) a média da projeção horizontal - PH foi de 35,7 m, com valor máximo e mínimo de 372 M (N4WS-15) e 3,24 m (N4E-0058), respectivamente. A maioria das cavernas (47%) apresentou projeção

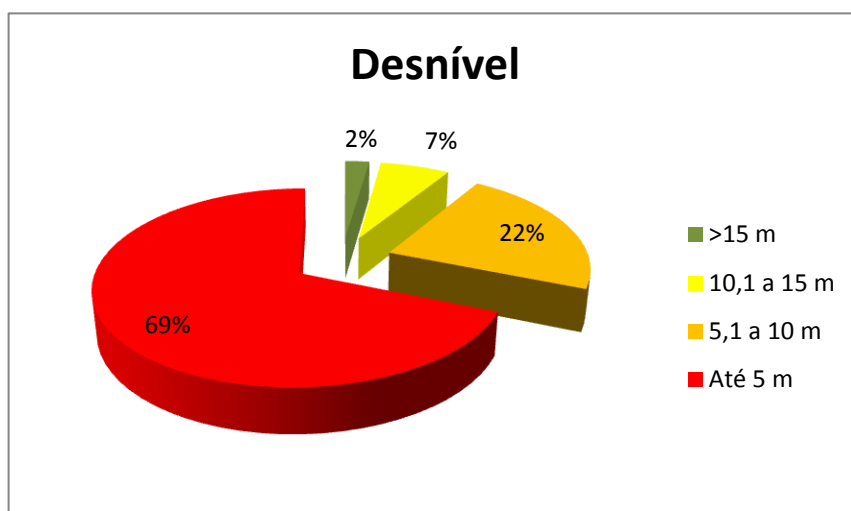
horizontal inferior a 20 m (Figura 5.18). No intervalo entre 20,1 e 50 m foram registradas 99 cavernas, representando 33% da amostra. Cavernas com PH entre 50,1 e 100 m representaram 13% da amostra e, entre 100,1 e 150 m, 4%. Entre 150 e 200 m foram registradas somente duas cavernas (1%). Seis cavernas (2%) apresentaram PH acima de 200 m (N4WS-0067, N5S-0063/0064/0065, N5S-0037, N4WS-0015, N5S-0021/0027, N5S-0030).



**Figura 5.18. Distribuição das cavernas em classes de projeção horizontal – rochas ferríferas.**

Entre as cavernas inseridas exclusivamente em rochas máficas a média de projeção horizontal foi de 20,7 m, com valor máximo e mínimo de 62 m e 4 m, respectivamente. Como na formação ferrífera, a maioria das cavernas em rocha máfica apresentou PH inferior a 20 m (67%). Entre 20,1 e 50 m ocorrem apenas duas cavernas (22%). Acima de 50,1 m há apenas uma cavidade (11%), a N4WS-0010 com 62 m.

O desnível médio das cavernas da formação ferrífera foi de 3,4 m, com valor mínimo de 0,2 m (N4E-0003, N5S-0080 e N5S-0081) e máximo de 33 m (N4E-0033). Sessenta e nove por cento, correspondendo a 203 cavidades, têm desnível inferior a 5 m (Figura 5.19). Vinte e três por cento têm desnível entre 5,1 e 10 m. Desníveis entre 10,1 e 15 m ocorrem em 6% da amostra. Sete cavernas (N5S-0037, N4WS-0072, N4E-0026, N4WS-0015, N5SM1-0021, N5S-0021/0027 e N4E-0033), representando 2% da amostra, apresentaram desníveis acima de 15 m (Figura 5.19).

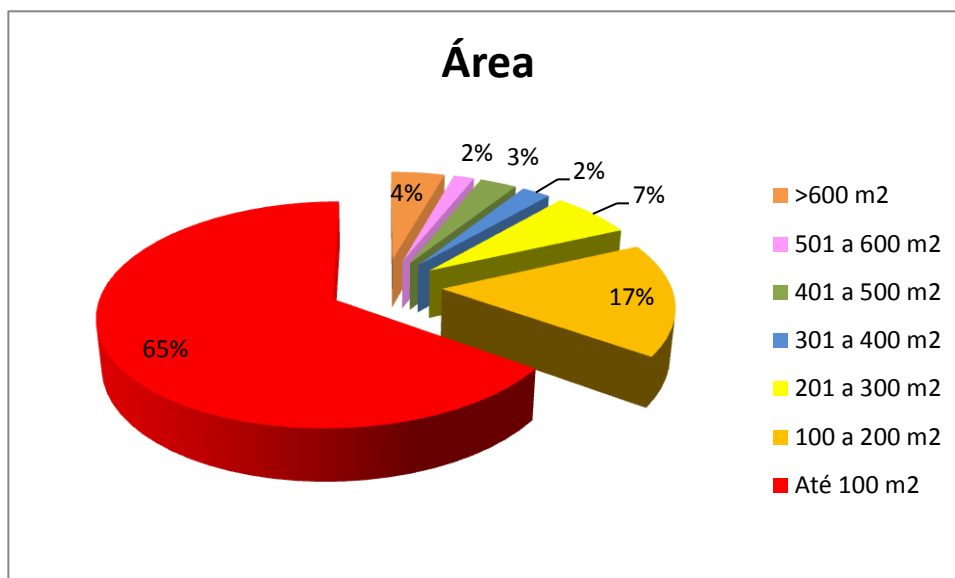


**Figura 5.19. Distribuição das cavernas em classes de desnível – rochas ferríferas.**

Entre as cavernas em rocha máfica, o valor médio de desnível foi de 3,5 m, com valor mínimo de 0,3 m (N5S-0077) e máximo de 10,8 m (N4WS-0010). Assim como nas cavidades da formação ferrífera, a grande maioria (78%) das cavernas em rochas máficas apresenta desníveis inferiores a 5 m.

O valor médio de área entre as cavernas ferríferas foi de 134,4 m<sup>2</sup>. O valor mínimo foi de 6,3 m<sup>2</sup>, referente à caverna N5S-58. O valor máximo foi observado na caverna N4WS-15 (1.420 m<sup>2</sup>). A maior parte das cavernas tem área inferior a 100 m<sup>2</sup> (65%) (Figura 5.20). Cavernas com áreas entre 100 e 200 m<sup>2</sup> corresponderam a 17% da amostra. Entre 200,1 e 300 m<sup>2</sup>, foram registradas 20 cavernas, representando 7% da amostra. Cavernas com áreas entre 300,1 e 600 m<sup>2</sup> corresponderam a 7% da amostra. Acima de 600 m<sup>2</sup>, foram registradas 13 cavernas, merecendo destaque as caverna com valores acima de 1.000 m<sup>2</sup>: N4WS-0015, com 1420 m<sup>2</sup> e, a N5S-30, com 1.198 m<sup>2</sup>.

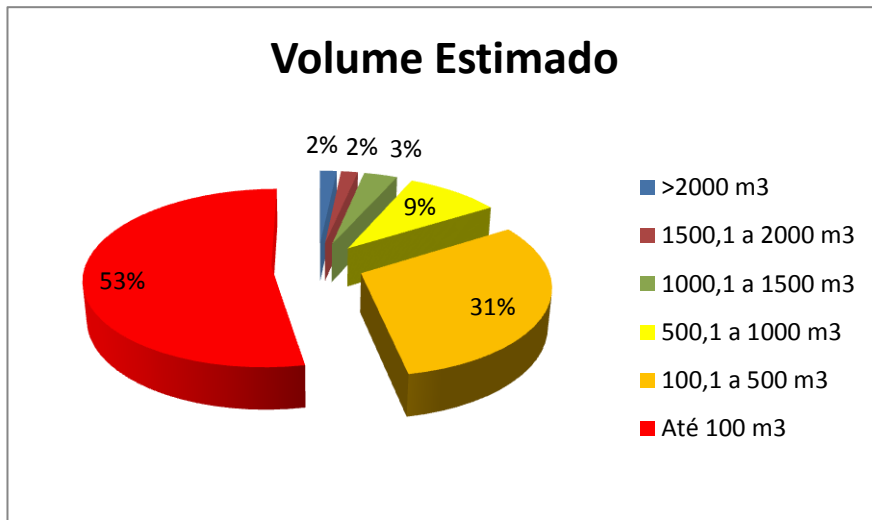
Para cavernas em rocha máfica, o valor médio de área foi igual a 96,6 m<sup>2</sup>, com valor mínimo de 13,4 m<sup>2</sup> (N4E-0040) e máximo de 451 m<sup>2</sup> (N4WS-0009). A maior parte das cavernas (78%) tem área inferior a 100 m<sup>2</sup>. Uma cavidade apresentou valor entre 201 a 300 m<sup>2</sup> (N4WS-0009). Apenas uma caverna (N4WS-0010) tem área superior a 400 m<sup>2</sup>.



**Figura 5.20. Distribuição das cavernas em classes de área – rochas ferríferas.**

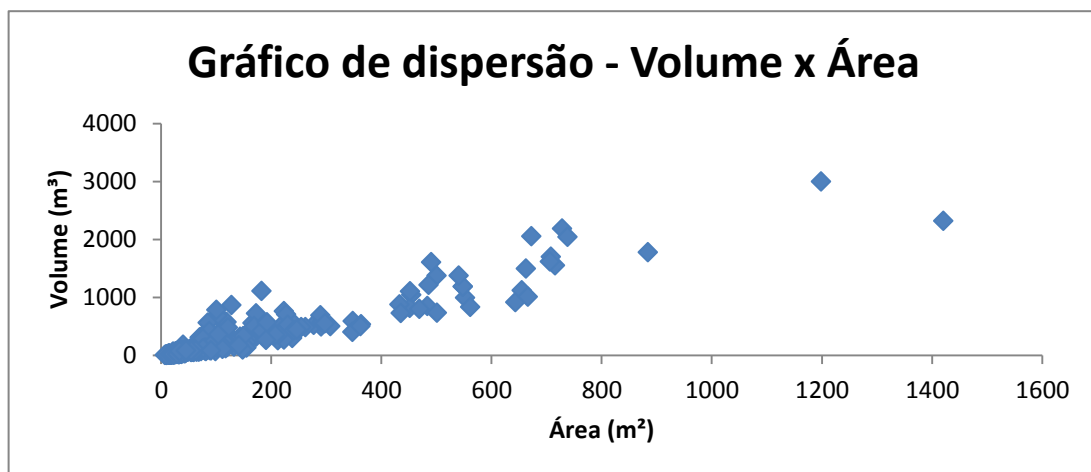
O volume estimado médio para cavernas em rocha ferrífera foi de 258,2 m<sup>3</sup>, sendo o valor mínimo igual a 7 m<sup>3</sup> (N4E-49 e N5S-58) e o máximo 2.995 m<sup>3</sup> (N5S-0030). Cavernas com volume até 100 m<sup>3</sup> representaram 53% da amostra analisada (Figura 5.21). Cavernas com volume entre 100,1 e 500 m<sup>3</sup> representam 31%. O intervalo entre 500,1 e 1.000 m<sup>3</sup> representa 9% da amostra e, entre 1.000,1 e 1.500 m<sup>3</sup>, 3%. Entre 1.500,1 e 2.000 m<sup>3</sup>, foram registradas cinco cavernas, representando 2% da amostra. Acima de 2.000 m<sup>3</sup> também foram registradas cinco cavernas: N5SM1-0021, N4E-0008, N4E-0033, N4WS-0015 e N5S-0030.

Entre as cavidades em rocha máfica, o volume médio foi de 167,9 m<sup>3</sup>. O valor mínimo foi de 23 m<sup>3</sup> (N4WS-0035) e o máximo de 817 m<sup>3</sup> (N4WS-0010). Setenta e oito por cento das cavernas tem volume inferior a 100 m<sup>3</sup>. Uma cavidade têm volume entre 100,1 e 500 m<sup>3</sup> (N4WS-0009). A N4WS-0010, com 817 m<sup>3</sup>, foi a única com volume superior a 500,1 m<sup>3</sup>.



**Figura 5.21. Distribuição das cavernas em classes de volume estimado – rochas ferríferas.**

O gráfico de dispersão é uma ferramenta que indica a existência, ou não, de relações entre variáveis de um processo e sua intensidade, representando duas ou mais variáveis uma em função da outra. Visando testar essas correlações foram efetuados gráficos das variáveis espeleométricas. Foi observada correlação positiva entre Área X PH das cavernas, ou seja, com o aumento do PH, há um aumento da área. Essa correlação também foi observada entre as variáveis Volume x Área (Figura 5.22) e PH x Volume.



**Figura 5.22. Gráfico de dispersão entre as variáveis Volume X Área das cavernas.**

Não foi observada correlação clara entre as variáveis espeleométricas relacionadas com a altitude, a exemplo das variáveis Área X Altitude (Figura 5.23).

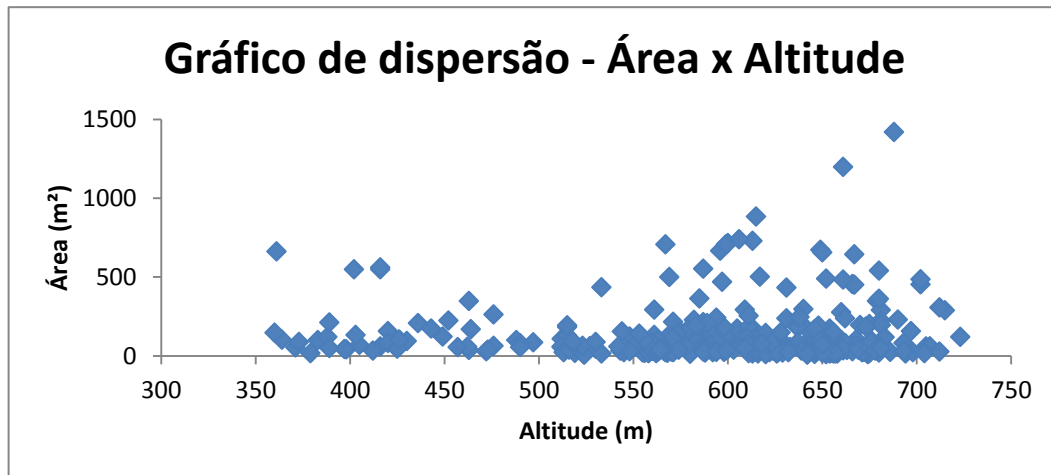


Figura 5.23. Gráfico de dispersão entre as variáveis Altitude X Área das cavernas.

#### 5.2.4. Morfologia das cavernas

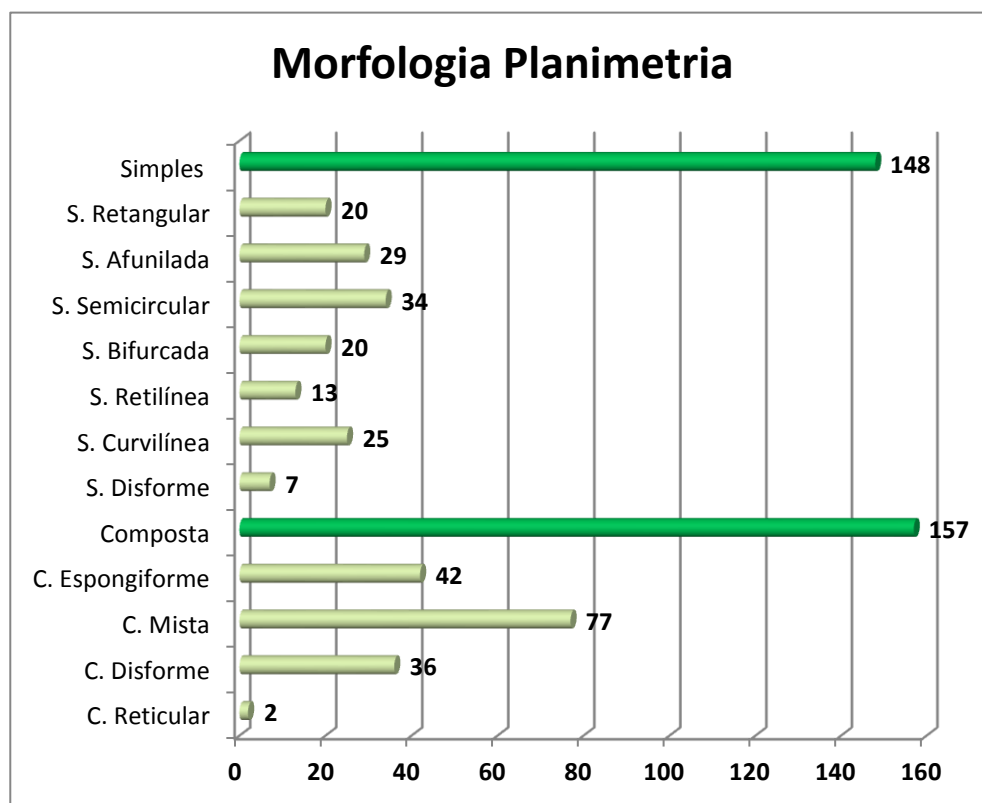
Nas cavernas carbonáticas, as diversas formas de recarga da água, a estrutura da rocha, a direção de escoamento da água subterrânea irão influenciar fortemente o padrão planimétrico das cavernas. Nesses tipos de cavernas, após o levantamento topográfico, é possível observar que a configuração espacial das cavernas segue determinados padrões, tais como dentrítico, reticulado, ramiforme etc. (Palmer, 1991).

No caso das cavernas ferríferas, essas são geralmente de pequenas dimensões, o que dificulta uma melhor avaliação dos possíveis padrões planimétricos das cavernas. Por outro lado, não é possível aplicar de forma direta a consagrada proposta de Palmer (1991), desenvolvida especificamente para rochas carbonáticas. Essa análise, na busca de padrões em cavernas de pequenas dimensões, como nas ferríferas, encontra-se em fase inicial de aplicação e tem um caráter, eminentemente, morfológico. Ainda é necessário avançar muito sobre o tema, o qual está acoplado a própria compreensão da gênese dessas cavernas. Nesses exercícios iniciais, há ainda subjetividade na classificação das planimetrias.

Foram analisadas 305 plantas-baixa de cavernas em gabinete, que possibilitaram a identificação de dois tipos de câmaras: câmaras simples (148; 48,5%), formadas por compartimento único e, câmaras compostas (157; 51,5%), constituídas por mais de um compartimento (Figura 5.24). Exemplos

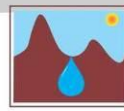


de planimetria das cavidades podem ser observados na Figura 5.25.



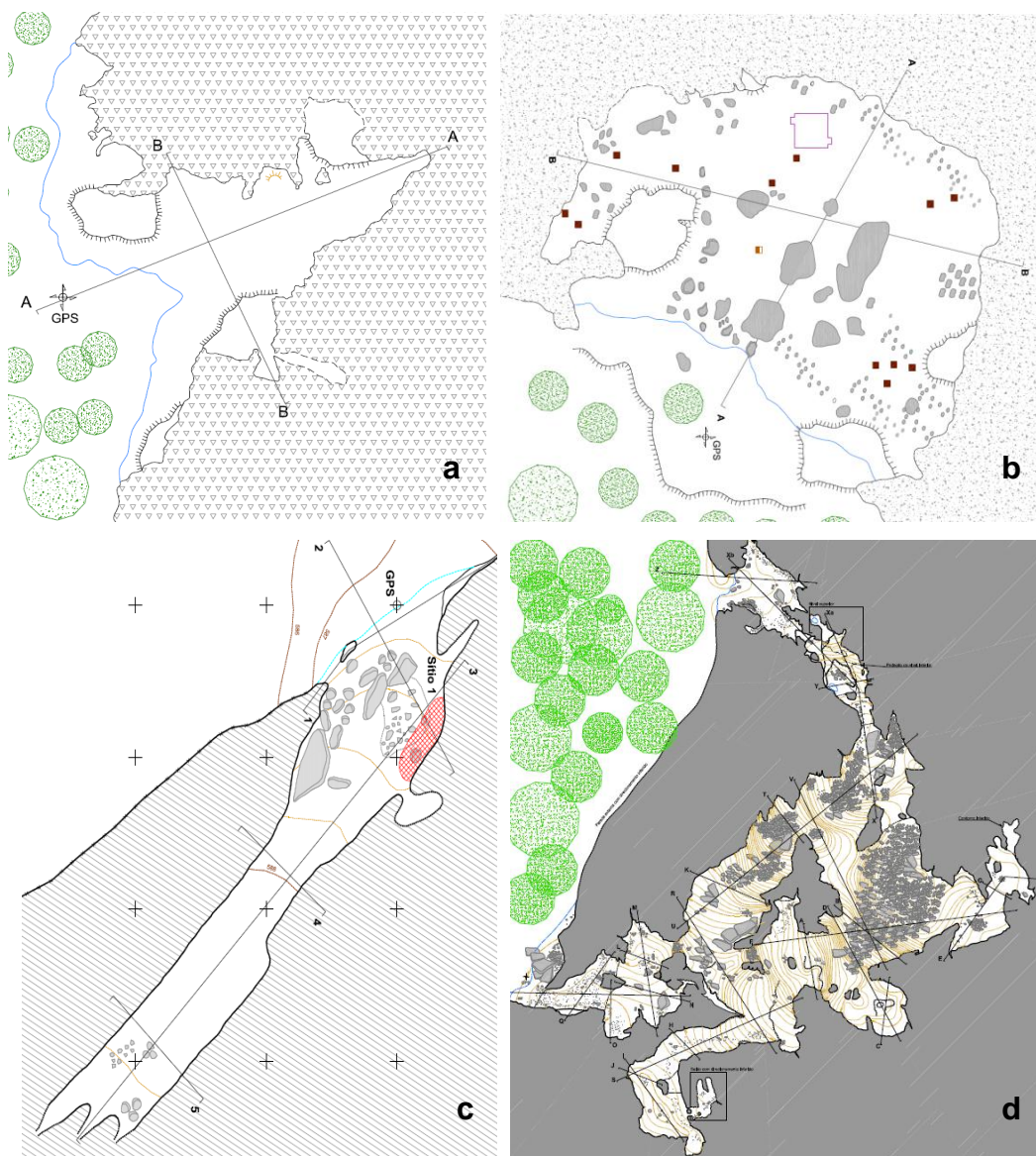
**Figura 5.24. Distribuição das cavernas em função da morfologia planimétrica.**

- *Retangular* é formado por compartimento que apresenta ângulos aproximadamente retos, geralmente controlados por fraturas ou outra estrutura presente. Foram registradas 20 cavernas com essas características morfológicas, representando 6,6%, a exemplo da caverna N4WS-0077, dentre outras.
- *Afunilada* é constituída por compartimento que se estreita na direção distal e adquire a forma de funil. Geralmente essas cavidades estão associadas com surgências ou paleosurgências. Foram identificadas 29 cavidades com este padrão, representando 9,6%; exemplos desse padrão: N4E-0064, N4E-0084 e N4WS-0007.



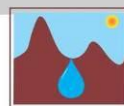
- *Semicircular* é constituído por um compartimento que se apresenta aproximadamente na forma semicircular. Trinta e quatro cavernas (11%) apresentaram essas características, a exemplo da caverna N4E-0066.
- *Retilíneo*; constituído por conduto simples, seguindo uma única direção, geralmente condicionada por fratura, junta ou pelo plano inclinado do bandamento da rocha. Esse tipo de padrão morfológico foi observado em 13 cavernas (4,3%), a exemplo das cavidades N5S-0003 e N4WS-0023.
- *Curvilíneo* é constituído por um conduto que apresenta curvatura em seu eixo de desenvolvimento. Essa curvatura pode estar condicionada ao encontro entre diferentes planos de fraturas ou juntas, ou mesmo pelo contato entre o plano de fratura e o plano de bandamento. Vinte cinco cavernas (8,2%) foram registradas com essas características. Dentre as cavernas curvilíneas está a N4E-0057.
- *Bifurcado* é composto por um compartimento que se divide em dois ramos ou braços, normalmente associados a canalículos. Dentro desse padrão foram registradas 20 cavernas, dentre as quais: N4E-0083 e N4E-0093.
- *Espongiforme* se caracteriza por apresentar condutos de tamanho variado, que se interconectam normalmente por passagens mais estreitas, como os poros de uma esponja. É mais identificável em cavernas desenvolvidas, no entanto, cavidades menores também podem apresentar feições típicas desse tipo de padrão morfológico. Trata-se de um padrão bastante freqüente nas maiores cavernas do Quadrilátero Ferrífero e Carajás. Foram identificadas 42 cavernas (13,7%) com essas características, dentre as quais: N4E-0022, N4E-0026, N4WS-0067 e N5S-0021/27.
- *Mista* é composto pela mistura de mais de uma morfologia. Esse padrão foi registrado em 79 cavernas (26%), dentre as quais: N5S-0014, N5S-0016 e N5SM1-0023.

Em sete cavernas de câmaras simples e 36 de câmaras compostas não foi possível identificar uma morfologia planimétrica. Essas cavernas foram denominadas disforme.



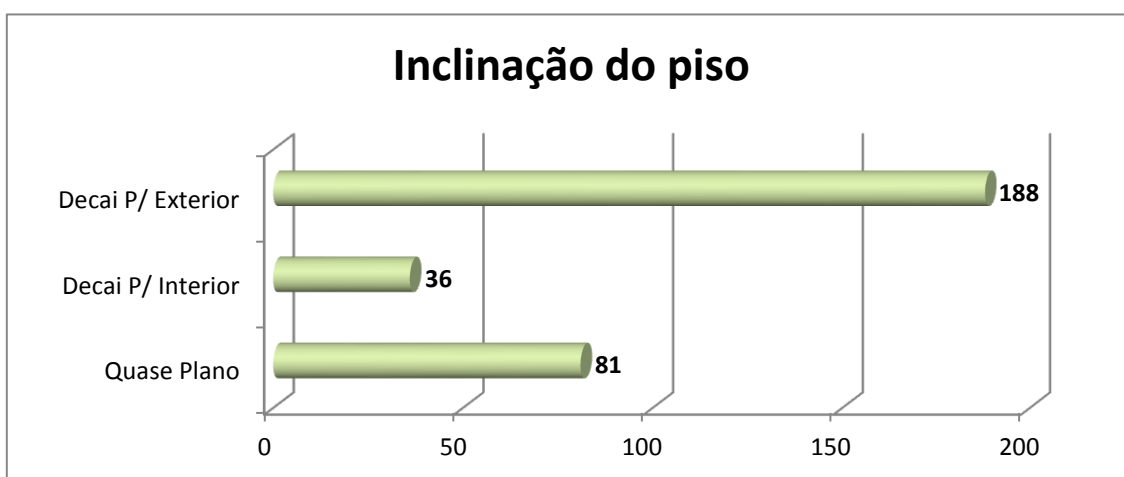
**Figura 5.25. Exemplos de planimetrias das cavernas de Serra Norte: a) câmara simples afunilada; b) câmara simples semicircular; c) câmara simples retilínea; d) câmara composta espongiforme.**

Essas morfologias planimétricas representam os pisos das cavernas que podem se diferenciar em relação à inclinação do piso. Por exemplo, 188 cavernas (61,6%) apresentaram piso ascendente a partir da entrada,



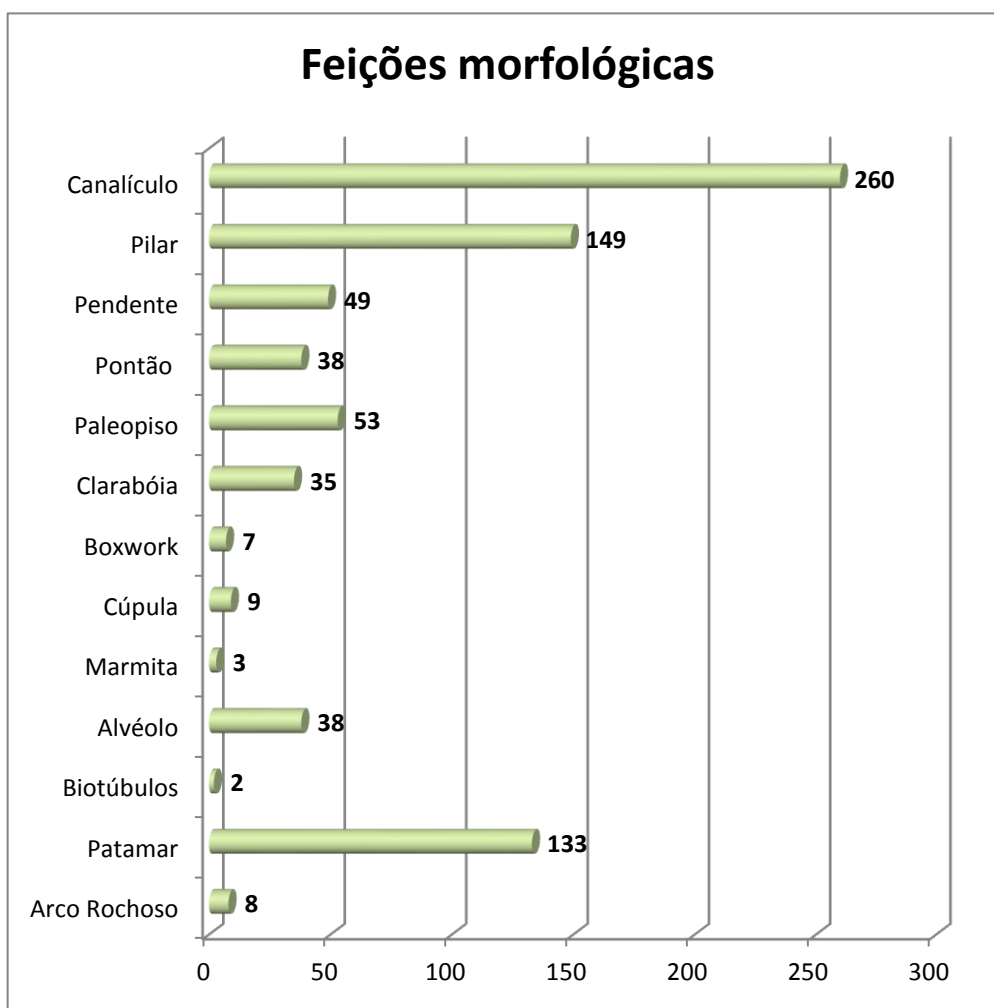
posicionado de modo concordante ao gradiente da vertente externo. O teto acompanha de maneira aproximada essa inclinação, gerando condutos mais alargados na entrada, com perceptível estreitamento em direção ao interior. Esse padrão está associado à erosão decorrente do escoamento pluvial que atinge o interior da cavidade por meio das discontinuidades da rocha. É comum nestes casos a existência de sedimento de granulometria fina depositado ao longo do piso.

Por outro lado, 36 cavernas apresentaram inclinação geral para o interior da caverna (Figura 5.26). Isso ocorre normalmente quando ocorrem abatimentos na entrada, criando inclinações para o interior através de cones de blocos ou sedimentos. Em 81 cavernas, representando 26,5%, a inclinação do piso das cavernas apresentou-se relativamente plana.



**Figura 5.26. Distribuição das cavernas em função da inclinação do piso.**

Com relação as feições morfológicas, foram observadas as seguintes feições: canalículos; pilares; pendentes; pontões estruturais; paleopisos; clarabóias; cúpulas; marmitas; alvéolos e biotúbulos, dentre outras (Figura 5.27).



**Figura 5.27. Distribuição das cavernas por tipo de feição morfológica.**

**Clarabóias** foram observadas em 35 cavernas (11,5%). Tais feições estão associadas a abatimentos de parte do teto, em cavidades relativamente rasas, onde a cobertura rochosa é pouco espessa. As escarpas em que se inserem raramente ultrapassam 5 m de altura. Exemplos de cavernas com claraboias: N5E-0002, N4E-0093 e N4WS-0070. Simmons (1963) fez as primeiras menções a clarabóias como feições peculiares nas cavernas em minério de ferro do Quadrilátero Ferrífero. Maurity & Kotschoubey (1995) também descrevem clarabóias em cavernas na Serra dos Carajás.

**Canalículos** constituem pequenos canais comumente posicionados nas partes mais baixas das paredes da cavidade, próximos ao piso. Podem ocorrer também em partes mais elevadas das paredes e no teto. Apresentam diâmetro milimétrico a centimétrico. O comprimento varia de poucos centímetros a um ou dois metros. Foram registrados em 260 das cavidades estudadas (85,2%).

Estudos realizados por Piló & Auler (2005) em cavernas do Quadrilátero Ferrífero demonstram que o número de canalículos é proporcional ao perímetro da cavidade. Muitas vezes canalículos evoluem para novos condutos ou extensões de condutos preexistentes, podendo individualizar feições tipo pilar ou pendente.

A ocorrência de canalículos em posição subvertical no teto pode gerar feições aqui denominadas cúpulas (Figura 5.28), com base alargada e topo mais estreito. **Cúpulas** foram registradas em nove cavernas, dentre as quais: N4WS-0055, N4WS-0063, N4WS-0072, N5S-0030 e N5S-0072, correspondendo 2,9% da amostra. O comprimento e o diâmetro podem variar de centimétrico a métrico. A evolução dessas cúpulas pode originar clarabóias (Figura 5.28).



**Figura 5.28. (a) Um pequeno canalículo em posição vertical; (b) uma cúpula, ambos na caverna N4WS-0055. (c) clarabóia na caverna N4WS-0072.**

Nas paredes rochosas de algumas cavernas foram observados pequenos buracos e furos centimétricos a decimétricos, configurando um aspecto alveolar à rocha. É muito provável que essas cavidades, denominadas de **alvéolos**, se formaram na primeira fase espeleogenética (ambiente freático) da caverna, pois esses *wallpockets* apresentam uma morfologia circular, elíptica, típica de dissolução em zonas de baixa densidade. Essas cavidades são formadas,

preferencialmente, nas superfícies do bandamento, mas também podem se instalar de forma aparentemente fortuita. Foram observados alvéolos em 38 cavernas (12,5%). As cavernas N4E-0007 e N4E-0023 apresentam bons exemplos dessas microformas (Figura 5.29).



Figura 5.29. (a) Alvéolos na caverna N4E-0023 e (b) na N4E-0007.

Em 38 cavidades da formação ferrífera bandada (12,5%) foram observados **pontões estruturais** (Figura 5.30). Essa morfologia é caracterizada por pontas retangulares (dissimétricas), sub-retangulares, que se projetam do teto de forma escalonada. Ocorrem mais claramente quando a formação ferrífera apresenta mergulho concordante com o maior prolongamento do conduto. Bons exemplos dessas feições podem ser registrados nas cavernas N4WS-0073 e N4E-0001 (Figura 5.30).

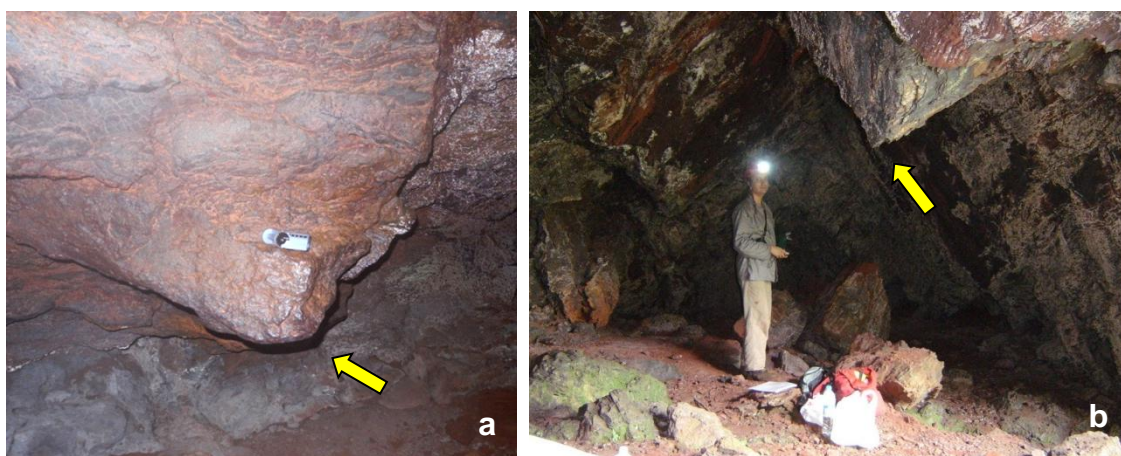
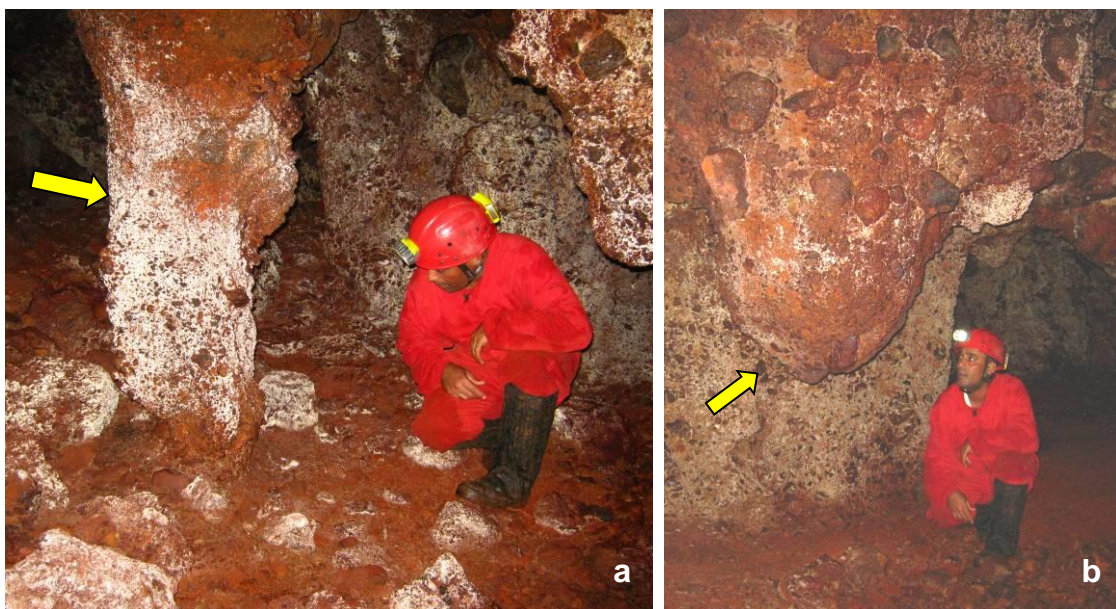


Figura 5.30. (a) Pontão estrutural na caverna N4WS-0073 e (b) na N4E-0001.

**Pilares** foram observados em 149 cavidades (48,9%), sendo algumas dessas em rocha máfica. Pilares constituem feições residuais verticalizadas, associadas à preservação de zonas mais resistentes de minério de ferro ou a estruturas reliquias de canga. Bons exemplos de pilares podem ser observados nas cavernas N4E-0013, N4E-0022, N4E-0082, N4WS-0015, N4WS-0055, N5S-0037 e N5S-0063/0064/0065, essa última em rocha máfica. A erosão basal de pilares pode resultar em feições denominadas pendentes.

**Pendentes** são feições reliquias de formato aproximadamente cônico, que se projetam do teto em direção ao piso. Apresentam comprimento centimétrico, podendo atingir em alguns casos um ou dois metros; o diâmetro também pode chegar a escala métrica. Sua ocorrência é mais pronunciada em cavernas em canga, conferindo grande irregularidade ao teto. É possível que sua gênese esteja associada ao solapamento basal de antigos pilares. Foram observados em 49 cavernas (16%). Bons exemplares de pendentes foram observados na caverna N4WS-0055; alguns chegam a atingir comprimento superior a 2 m. Também nesta cavidade é possível verificar pilares com base solapada, em franca evolução para pendente (Figura 5.31).

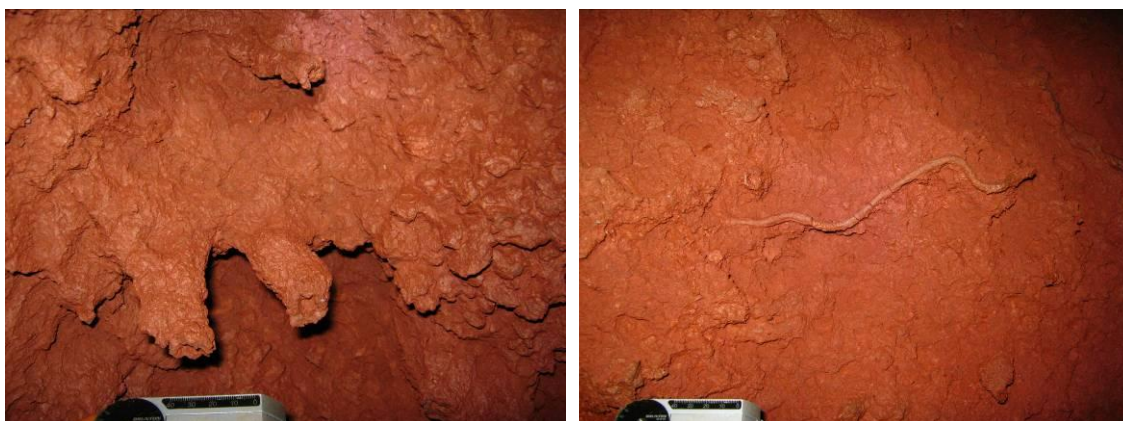


**Figura 5.31. (a) Pilar com a base estreitada por solapamento; (b) pendente, ambos na caverna N4WS-0055.**

Localmente ocorrem feições reliquias que se projetam na parede ou teto, na forma de tubos de comprimento centimétrico (Figura 5.32). A sustentação



desses tubos se deve à presença de uma delgada camada de crosta ferruginosa, localmente alterada para goethita, que lhes reveste as paredes. É possível que a origem desses poros seja biológica, ou seja, gerados por invertebrados. Este tipo de feição, denominada **biotúbulo**, já foi descrito em cavidades de Serra Sul, Serra da Bocaina e Níquel do Vermelho, na região de Carajás; na área de estudo só foram observadas nas cavidades N5S-0030 e N5E-0030 (Figura 5.32).



**Figura 5.32. Biotúbulos registrados na caverna N5S-0030.**

Oito cavernas apresentaram **arcos rochosos**, a exemplo das cavernas N4WS-0010, N4WS-0018/0048, N4WS-0047 e N5SM1-0036 (Figura 5.33). Trata-se de uma feição residual originada pela erosão diferencial no interior do pacote rochoso. A formação de arcos rochosos nas cavernas estudadas está geralmente associada ao abatimento de paredes e/ou teto, próximo à zona de entrada, ou mesmo, no cruzamento entre canalículos e condutos.



Figura 5.33. a) Arcos rochosos nas cavernas N5SM1-0036 e b) N4WS-0047.

**Paleopisos** foram observados em 53 cavernas (17,4%). Esse tipo de feição é caracterizado por um piso suspenso em relação ao nível de base da caverna. Sua individualização está associada muitas vezes ao capeamento da crosta que o recobre, protegendo-o da erosão. É comum estarem sobrepostos a canalículos, ou a pontos da parede onde tenha ocorrido solapamento. Em algumas cavernas, como N5S-0021 e N4WS-0058, paleopisos constituem importantes testemunhos do rebaixamento do nível de base (Figura 5.34). Também na cavidade N4WS-0067 foram observados importantes paleopisos perfurados por marmitas de corrosão.

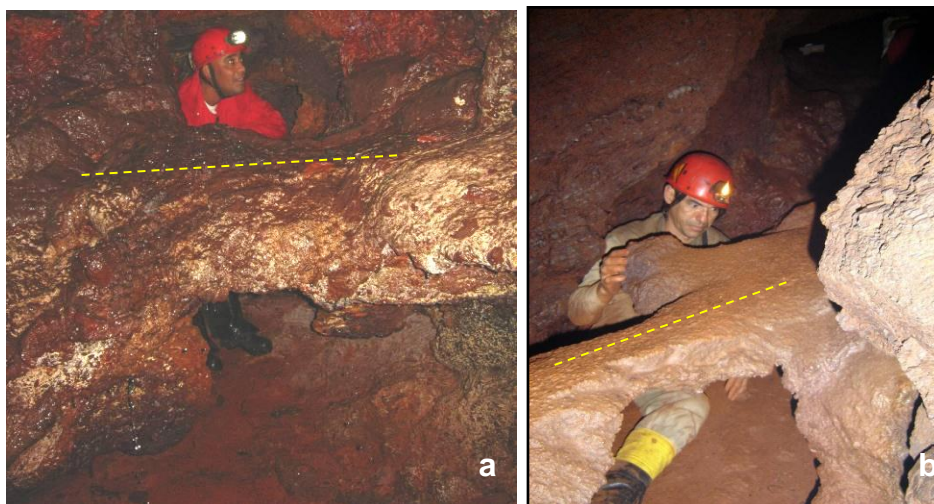


Figura 5.34. a) Paleopiso na caverna N4WS-0058; b) paleopiso na caverna N5S-0021; essas feições testemunham o rebaixamento do piso das cavernas.

**Marmitas** são cavidades circulares ou semicirculares, de forma cônica ou cilíndrica, com diâmetro e profundidade decimétrica a métrica. Em geral estão associadas a processos de abrasão de fragmentos de rocha sobre o leito rochoso de uma drenagem, podendo também ocorrer em terrenos cársticos por processos de corrosão. Na área de estudo foram identificadas marmitas em três cavidades (1%): N4WS-0023, N4WS-0067 e N4WS-0072 (Figura 5.35). Na primeira, que está inserida na calha de drenagem, há uma marmita na porção central do conduto que captura o escoamento nos períodos de menor vazão. Na cavidade N4WS-0067, o piso e diversos matacões foram perfurados, de modo a formar um grande paleopiso suspenso, que abrange praticamente toda a zona afótica da caverna. Em alguns pontos este piso suspenso e intensamente perfurado se posiciona a aproximadamente de 2,5 m de altura em relação ao nível de base atual. Na caverna N4WS-0072, as marmitas ocorrem de modo mais discreto se comparadas à N4WS-0067, estando limitadas à parte mais central da cavidade.



**Figura 5.35. Marmitas no piso da caverna N4WS-0067.**

Feições deste tipo já foram observadas em outras cavernas na região de Carajás (S11D-0054 e S11D-0084), sendo comum entre elas, a elevada temperatura e umidade, a desconexão com o leito da drenagem, ou mesmo a inexistência desta, além da presença abundante de guano no ambiente. A gênese das marmitas observadas nestas cavidades não parece associada a processos de abrasão, sendo mais provável que resultem de ataque químico em pontos de gotejamento de elevada acidez.

### 5.2.5. Hidrologia das cavernas

Drenagens com escoamento perene foram identificadas em 15 cavernas: N4E-0088; N4WS-0023; N4WS-0067; N5S-0044/0046; N5S-0051; N5S-0069; N5S-0073; N5S-0081; N5SM1-0011; N5SM1-0012; PESE-0002; PESE-0003; PESE-0005; PESE-0006 e PESL-0001. Essas drenagens constituem em geral corpos d'água de fluxo reduzido, que nem sempre surgem no interior dessas cavidades. Na cavidade N4E-0088 o escoamento externo é capturado na entrada e flui em direção a um sumidouro posicionado na parte distal do salão. Na caverna N4WS-0023, o escoamento proveniente da parte distal é capturado por uma marmitta no piso, ainda no interior da cavidade. A drenagem observada na caverna N4WS-0067 aflora na parte distal e escoar até a parte externa. É provável que o fluxo se reduza significativamente no período seco, de modo a não atingir o exterior. Nesta caverna, a influência da drenagem na morfologia é bastante acentuada, uma vez que nas porções de médio curso (do trecho subterrâneo da drenagem) o piso encontra-se profundamente ravinado, onde o rebaixamento pode atingir até 2,5 m de profundidade (Figura 5.36).

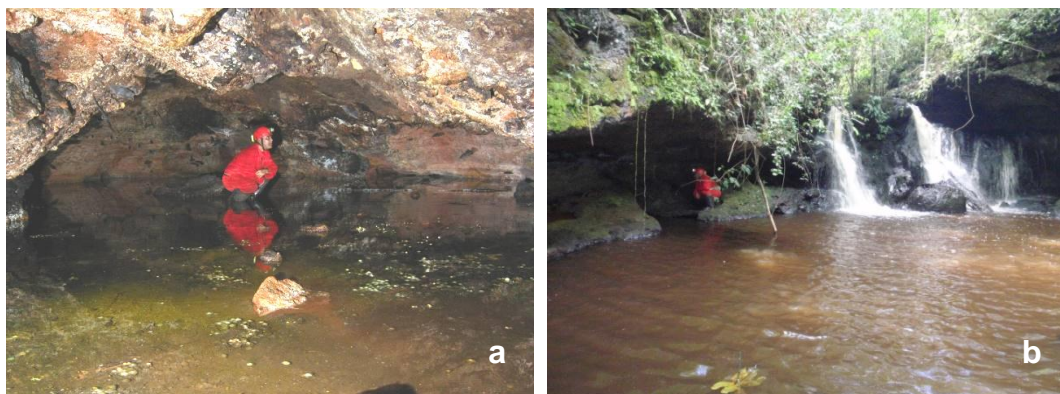


**Figura 5.36. Ravinamento no piso da caverna N4WS-0067.**

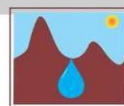
As cavidades N5S-0051, N5S-0069 e N5S-0081 são parcialmente invadidas pela drenagem externa. Na caverna N5S-0073, o escoamento surge na lateral sul, por um canalículo e flui em direção à entrada, sendo neste ponto capturada para ressurgir cerca de 5 m abaixo no exterior da caverna. Na caverna PESE-0003, o fluxo se dá a partir de um canalículo na extremidade

nordeste, atingindo rapidamente o exterior. Neste ponto observa-se a formação de depósitos químicos constituídos por óxido-hidróxido de ferro. Na caverna PESE-0006 é possível que a surgência esteja associada ao afloramento do nível freático, assim como na parte sudeste da caverna PESE-0003. Nestes dois locais não se observa fluxo. Na cavidade PESE-0002 a surgência se posiciona na parte distal, sendo o fluxo capturado ainda no interior da caverna. As cavernas PESE-0005 e PESL-0001 são interceptadas nas entradas por drenagens superficiais. Na primeira o fluxo é capturado por uma clarabóia posicionada próxima à linha d'água, formando uma pequena cachoeira, escoando em direção ao exterior. Na PESL-0001 a drenagem flui por sobre a escarpa, na lateral sul da entrada e por uma pequena clarabóia na extremidade norte, escoando pela área abrigada em direção ao exterior. Na N5SM-0011, a cavidade abrange ambas margens de igarapé, sendo banhada por lago formado por este em seus limites. Na N5SM1-0012, O igarapé atravessa toda a porção inferior da cavidade, inclusive formando cachoeira em uma das entradas.

Na caverna N4WS-0063, abatimentos próximos à entrada represam parcialmente o fluxo d'água, gerando uma pequena lagoa no interior (Figura 5.37). Na caverna N5S-44/46, que está na margem esquerda de uma drenagem, uma pequena ressurgência foi registrada na extremidade norte.



**Figura 5.37. (a) Lagoa formada pelo represamento da água na caverna N4WS-0063; (b) drenagem adentrando lateralmente na cavidade N5SM1-0011.**



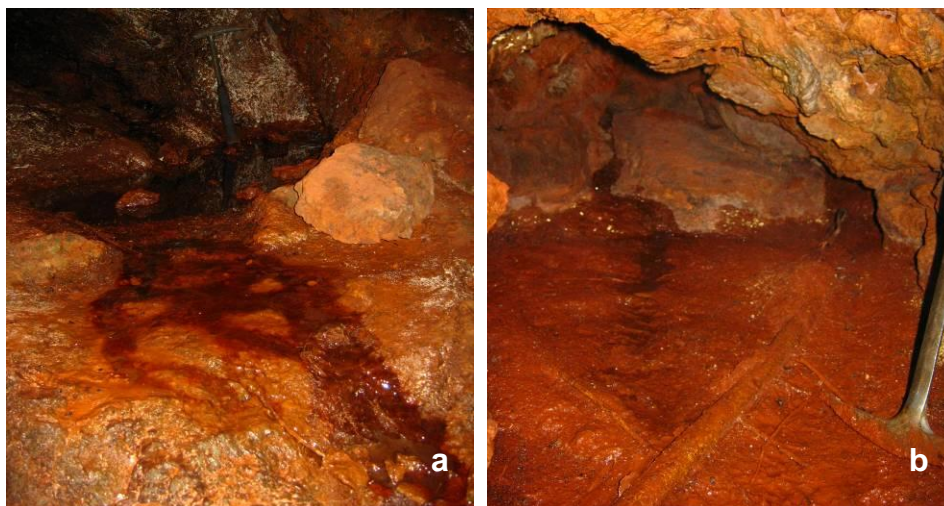
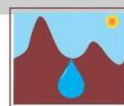
A caverna N5E-0073 é uma surgência perene que contribui para formação de um pequeno lago no fundo da caverna, após surgir de um canalículo na parede sul. Em seguida o corpo d'água flui na direção da entrada da caverna, onde penetra em um pequeno duto, ressurgindo 5 m após a saída da caverna.

A interpretação acerca da perenidade dos corpos d'água se baseia na presença destes nos mapas topográficos das cavidades, que foram elaborados no período seco do ano. Para a análise de relevância, os dados foram cruzados com as campanhas de biologia.

Drenagens com escoamento temporário foram registradas em 35 cavernas (11,5%): N4E-0018, N4E-0030, N4E-0032, N4E-0043, N4E-0044, N4E-0052, N4E-0064, N4E-0068, N4E-0071, N4E-0072, N4E-0090, N4WS-0044, N4WS-0050/0051, N4WS-0056, N5E-0005, N5E-0006, N5S-0001, N5S-0008, N5S-0012, N5S-0016, N5S-0017, N5S-0023, N5S-0034, N5S-0057, N5S-0062, N5S-0071, N5S-0072, N5S-0074, N5S-0079, N5S-0080, N5S-0083, N5SM1-0009, N5SM1-0036, N5SM1-0038, PESE-0005.

Vinte e seis destas surgem no interior das cavidades e constituem em geral corpos d'água com pouca vazão, associados ao aumento da infiltração em episódios de chuva. As únicas exceções foram registradas nas cavernas N4E-0064 e N4E-0072. Nestas duas cavidades e também nas cavernas N4E-0068, N4E-0071, N5S-0074 e N5S-0083 os cursos d'água temporários não atingem o exterior, sendo capturados por sumidouros ou represados em depressões fechadas no piso (N5S-55)

Nas cavernas N4WS-0056 e N5S-0034 nota-se a formação de crostas de óxido-hidróxido onde fluxo se dá sobre a superfície rochosa (Figura 5.38).



**Figura 5.38. Surgências temporárias nas cavernas N4WS-0056 (a) e N5S-0023 (b). Na primeira é possível observar crostas de óxido-hidróxido na superfície rochosa.**

Percolação nas paredes e gotejamento foram observados em 237 cavernas (77,7%). Entre elas se destacam as cavernas N4E-0033 (onde foi observado escoamento intenso nas extremidades laterais da caverna durante uma precipitação) e PESL-0001 onde se formou um pingente de aproximadamente 10 cm no ponto de maior gotejamento. Na caverna PESE-0005 uma estalagmite e um pingente, se formaram abaixo de um gotejamento (Figura 5.39).



**Figura 5.39. (a) Pingente se formando abaixo de um ponto de gotejamento na caverna PESL-0001. (b) Estalagmite e pingente ainda ativos associados a gotejamento (caverna PESE-0005).**

Gotejamentos ou percolação com influencia na deposição química também foram registrados nas cavernas N4WS-0058, N4WS-0062, N4WS-0067, N4WS-0072, N4WS-0075, N5S-0026, N5S-0028, N5S-0030, N5S-0031 e PESE-0004.

Em 68 cavidades (22,3%) foram registrados empoçamentos, entre elas as cavernas N4WS-0056, N4WS-0067, N4WS-0068, N4WS-0072, N4WS-0077, N5S-0055, PESE-0003 e PESE-0006. Em geral estão associadas ao represamento de águas de gotejamento, percolação ou mesmo drenagens em pequenas bacias (em geral centimétricas a métricas) cuja base foi capeada por crostas ou colmatada por material argiloso. É o caso das cavernas N4WS-0067 e N5S-0055, onde observam-se bons exemplos de represamentos gerados pelo capeamento do piso por crostas de óxido-hidróxido (Figura 5.40).





**Figura 5.40. (a) Represas geradas pelo capeamento do piso por crostas de óxido-hidróxido nas cavernas N4WS-0067 e (b) N5S-0055.**

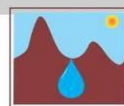
Condensação foi registrada em 24 cavernas (7,8%), entre elas destacam-se as cavernas N4WS-0067, N4WS-0072, N4WS-0073 e N5S-0030.

#### **5.2.6. Sedimentos clásticos**

Os sedimentos clásticos compreendem todo o detrito orgânico e inorgânico transportado e depositado no interior das cavidades, independentemente de sua granulometria. A origem desse material pode ser autogênica, ou seja, gerada a partir da desagregação do próprio substrato encaixante ou alogênica, provinda de fora da caverna. O mais frequente é uma sedimentação mista, constituída por material autóctone e alóctone. A análise desses registros é importante para a compreensão da história deposicional das cavernas e sua evolução.

Em cavernas na formação ferrífera os depósitos autogênicos são predominantes. Predominam principalmente clastos de hematita originados dos processos de abatimento da rocha bandada ou da canga. Os sedimentos das cavernas ferríferas têm uma relação próxima com o substrato rochoso, tendo em vista a baixa energia de transporte sedimentar.

Nas cavidades em rocha máfica, nota-se o predomínio de siltes e argilas resultantes da desagregação do saprolito. Nas cavernas da formação ferrífera a granulometria é mais variada que nas cavernas em rochas máficas. É



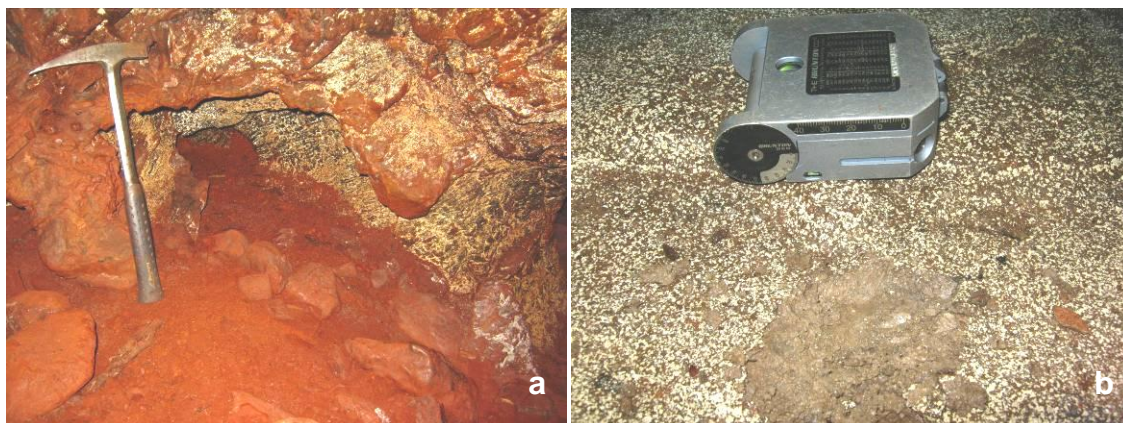
possível registrar nas ferríferas desde argilas até matacões, com predomínio dos seixos e calhaus, constituídos principalmente de hematita.

A rocha alterada, por sua vez, irá gerar sedimento predominantemente lamoso, podendo conter clastos líticos, comumente seixos de hematita.

Em 294 cavernas (96,4%) foram observados depósitos cascalhentos de material originado da formação ferrífera e da canga. O sedimento mais fino, areno-argiloso, foi registrado em 285 cavernas (93,4%). Os dois sedimentos estão sempre presentes nas cavernas, mas o cascalhento é típico dessa tipologia de cavernas.

É comum através de alguns canalículos, o aporte de sedimento de granulometria fina para o interior da caverna. Esse processo forma na saída dos canalículos, pequenos leques sedimentares (Figura 5.41). Leques sedimentares de cascalho também são gerados em abatimentos nas entradas e no interior dos salões. Leques sedimentares foram registrados em 48 cavernas (15,7%), merecendo destaque as cavernas N5S-0035, N5S-0085, N4WS-0062 e N5E-0058.

Material argiloso de coloração marrom clara foi identificado ao longo da drenagem na caverna N4WS-0067. Trata-se um sedimento cuja origem está possivelmente associada à mistura de material de filiação mineral e orgânica, neste caso o guano.

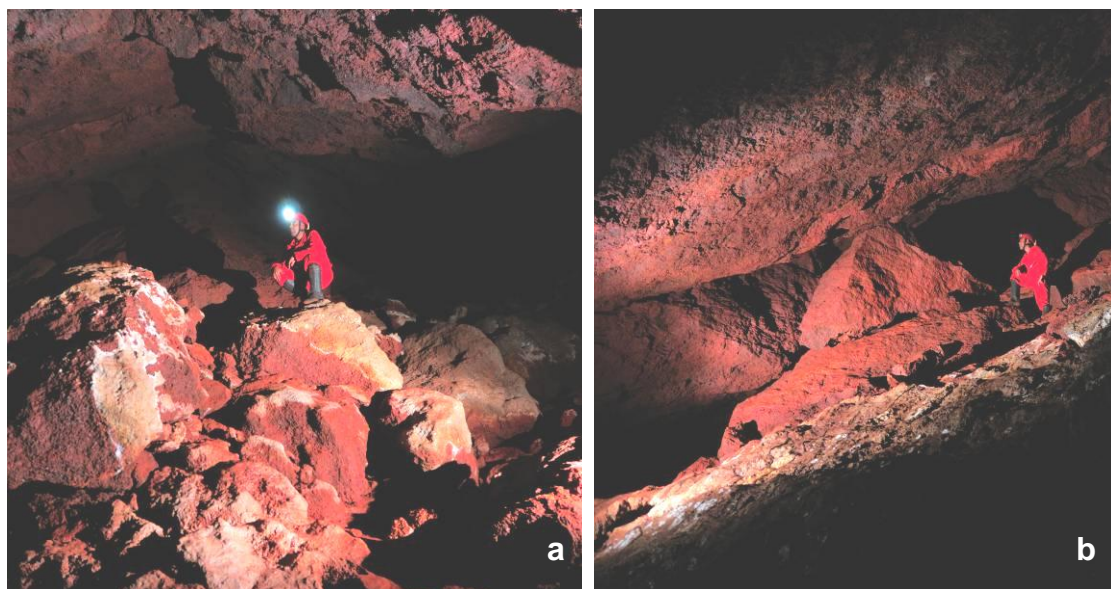


**Figura 5.41. (a) Leque de sedimento lamoso com cascalho na saída de um canalículo na caverna N5S-0035. (b) Sedimento argiloso de coloração marrom clara de origem possivelmente mista (N4WS-0067).**

Concentrações de blocos abatidos são frequentes nas entradas e nas proximidades de claraboias, áreas mais instáveis em decorrência da maior intensidade do intemperismo e dos processos geomorfológicos.

Os abatimentos nas áreas de entradas têm origem na própria evolução da paisagem, sendo resultantes do recuo do escarpamento por erosão remontante. Ocorrem também em salões amplos, onde a sustentação do pacote rochoso é dificultada pela distância entre as paredes. Neste caso, o adelgaçamento do teto poderá dar origem a clarabóias.

Estruturas como fraturas e bandamento também auxiliam e controlam processos de abatimento no interior de cavidades. Concentrações de blocos foram registradas em mais de 50 cavernas, dentre as quais N4E-0008, N4WS-0015, N4WS-0067, N4WS-0073 e N5S-0030. Na caverna N5S-0030, os abatimentos se concentram no salão principal da caverna, com matacões de dimensões superiores a 10 m de diâmetro. A regularidade das superfícies (do teto e do matacão abatido) sugere que o abatimento tenha se originado em uma fratura (Figura 5.42). O desnível gerado também é bastante significativo, possivelmente superior a 10 m.

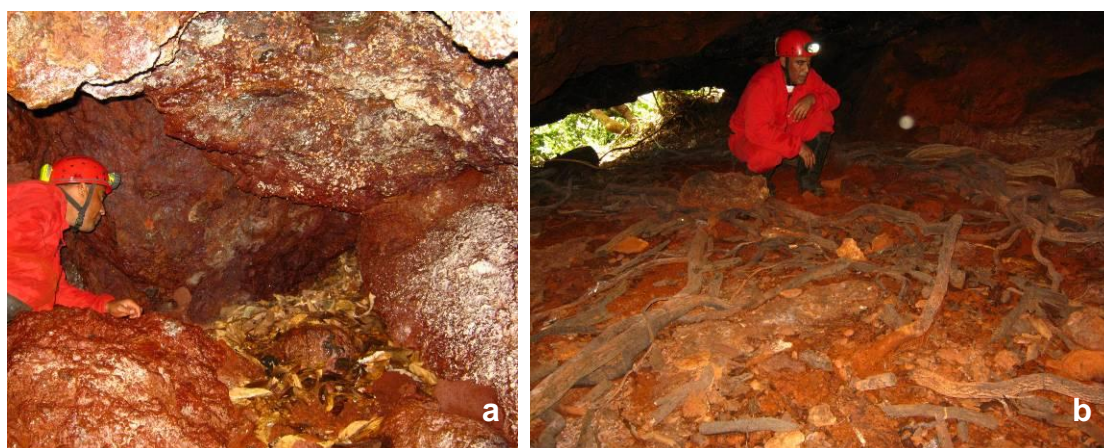


**Figura 5.42. (a) Blocos abatidos no interior da caverna N5S-0030. (b) O piso inclinado no primeiro plano é formado por um grande matacão abatido.**

Sedimento orgânico foi registrado em praticamente todas as cavernas. Os mais recorrentes são os restos vegetais, incluindo folhiço, raízes, troncos e galhos (Figura 5.43). É comum a ocorrência desse tipo de depósito na entrada das cavidades ou abaixo de clarabóias. Esses sedimentos estão bem representados em 209 cavernas, abrangendo mais de 68,5% da amostra, a exemplo das cavernas PESE-0001, PESE-0006, N5SM1-0007 e N5S-0067.

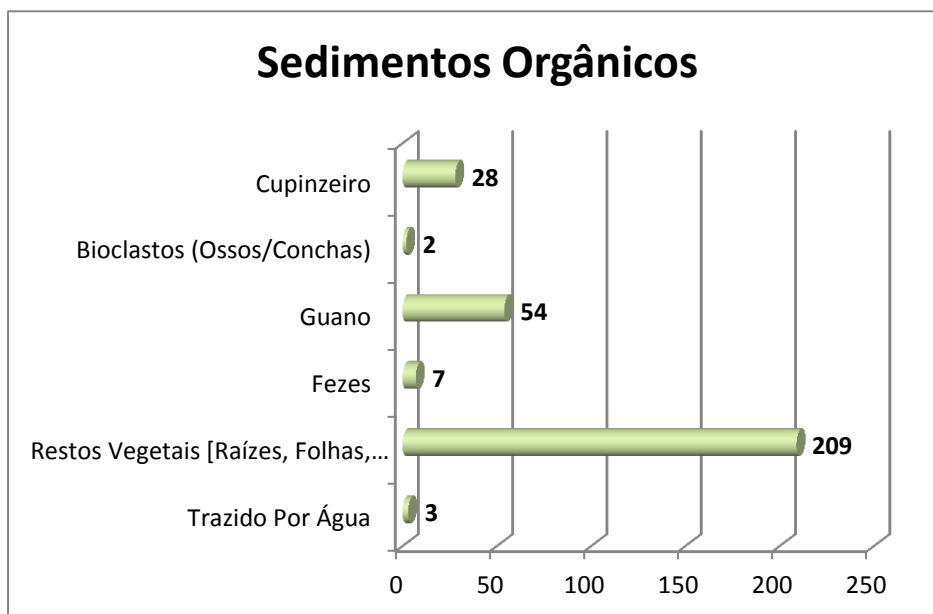
Raízes também são bastante comuns no piso das cavernas, podendo ocorrer no interior ou em zonas mais próximas à entrada. Na caverna N4WS-0075 raízes ocorrem em abundância.

Fezes de animais, particularmente de pequenos mamíferos, foram identificadas em sete cavernas: N4E-0046, N4WS-0001, N4WS-0013, N4WS-0036, N4WS-0066, N4WS-0076 e N5S-0067. Fragmentos de ossos foram registrados em duas cavernas e cupinzeiros em 28 cavernas.

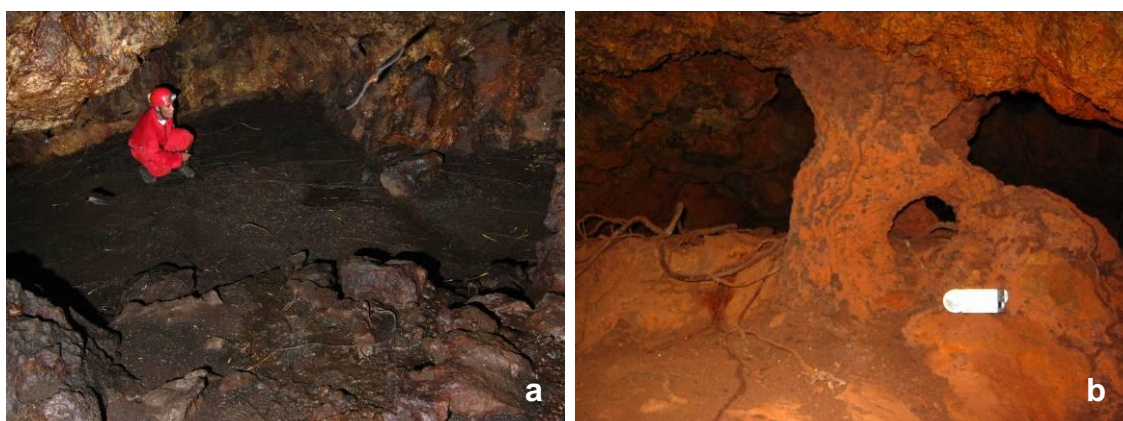


**Figura 5.43. (a) Entrada de material orgânico pela clarabóia na caverna N4WS-0064 e (b) raízes no piso da caverna N4WS-0075.**

Guano foi observado em 54 cavernas (17,7%) (Figura 5.44). Compreendem depósitos de dimensões variadas, podendo ser constituídos por manchas esparsas no piso, como foi observado na caverna N4WS-0032, ou constituir depósitos espessos como nas cavernas N4WS-0050/0051, N4WS-0067, N4WS-0072 e N5S-0063/0064/0065. Na caverna N4WS-72 a profundidade do depósito é superior a um metro (Figura 5.45). Cupinzeiros foram registrados em 28 cavernas (Figura 5.45).

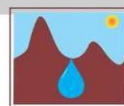


**Figura 5.44. Distribuição das cavernas por tipo de sedimento orgânico.**



**Figura 5.45. (a) Depósito de guano na caverna N4WS-0072 e (b) cupinzeiro na caverna N4WS-0074.**

Restos líticos ou cerâmicos de origem antrópica foram identificados em 27 cavidades, dentre as quais N4E-0004, N4E-0005, N4E-0008, N4E-0009, N4E-0066; N4E-0070, N4E-0072, N4E-0076, N4WS-0010, N4WS-0011, N4WS-0012, N4WS-0017, N4WS-0020, N5E-0001, N5E-0002, N5S-0006, N5S-0011, N5S-0013, N5S-0017, N5S-0043, N5S-0052/0053, N5S-0063/0064/0065, N5S-0067, N5S-0077, N5SM1-0001, N5SM1-0036 e PESL-0002. É importante salientar que não foi objetivo dos estudos espeleológicos registrar testemunhos superficiais de valor arqueológico, os quais devem ser conduzidos por profissionais especializados.



### **5.2.7. Depósitos químicos**

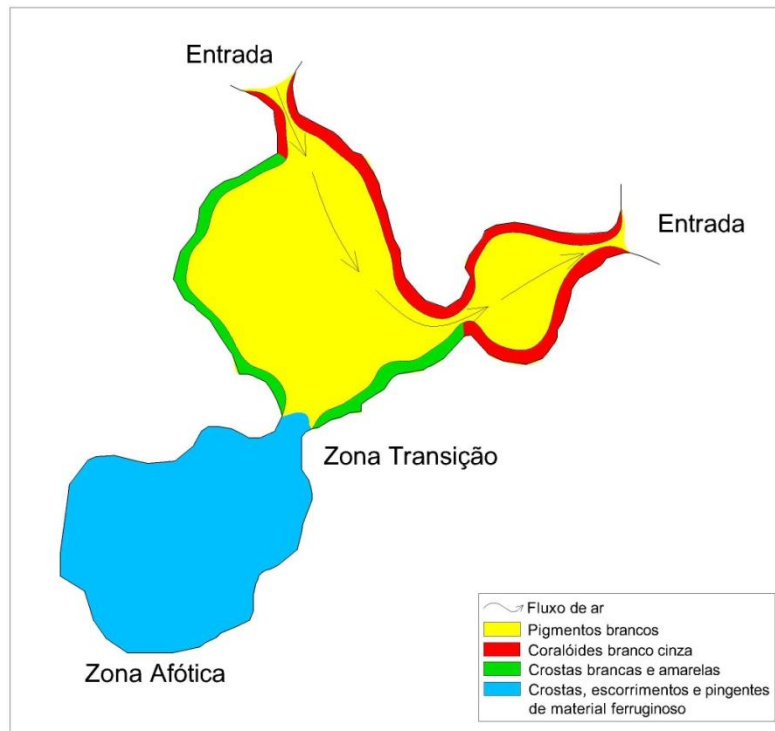
Espeleotemas foram registrados em praticamente todas as cavernas. Nas cavernas ferríferas, os depósitos químicos compreendem em geral feições de pequeno porte e com mineralogia diversificada, envolvendo óxidos/hidróxidos de ferro, sulfatos, fosfatos e silicatos (Piló & Auler, 2009).

A variedade tipológica não é extensa, se comparada com os espeleotemas de cavernas carbonáticas. Essa deposição química se limita a alguns poucos tipos corriqueiros.

No geral, um zoneamento típico de uma caverna em minério de ferro apresenta, na zona de entrada, muito material orgânico (líquens, bactérias, fungos, vegetação em geral), inibindo a deposição química. Pigmentos brancos são muito abrangentes, compreendendo material microbiológico (bactérias). O clima na zona de entrada reflete o clima externo, não havendo condições meteorológicas para o desenvolvimento de depósitos químicos secundários típicos.

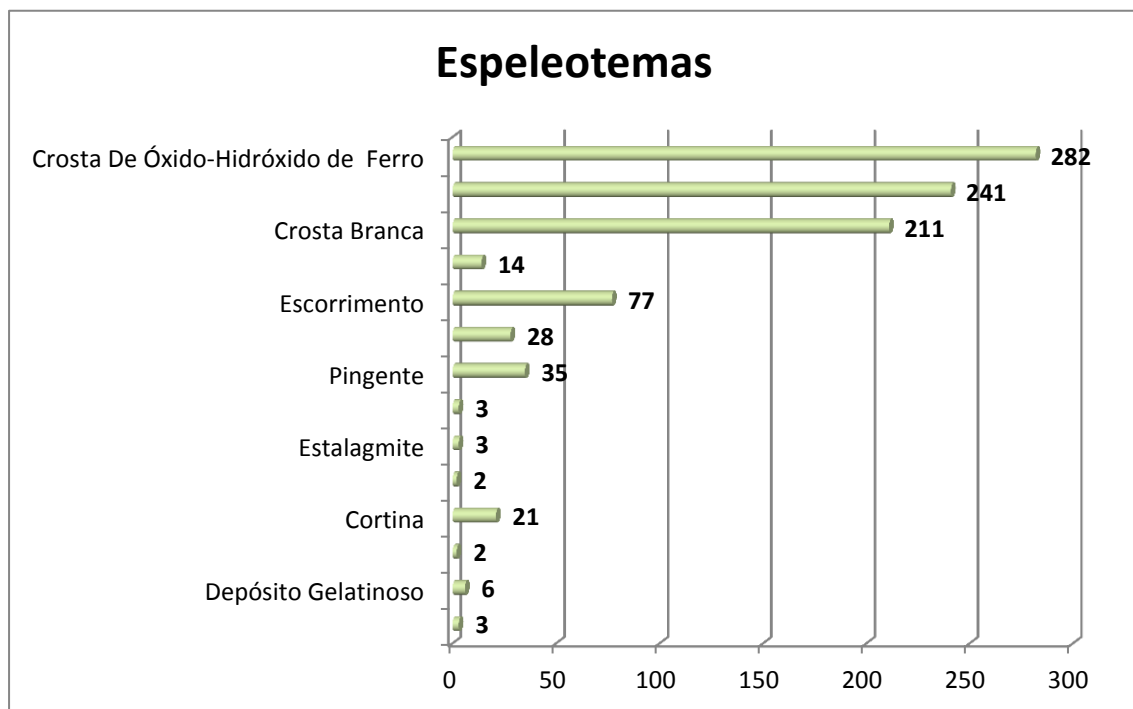
Na transição entre a zona externa e a zona interna ainda há incidência indireta de luz. Neste local, se há fluxo de ar, coralóides se fazem presentes, abrangendo notadamente as variedades de coloração acinzentada ou branca, pontiagudas ou de morfologia do tipo “couve-flor”. Crostas brancas ou alaranjadas são comuns neste setor da caverna. À medida que o ambiente se torna mais escuro, escasseiam os pigmentos brancos e a tipologia de coralóide acima descrita.

Na zona afótica irão ocorrer espeleotemas formados por material ferruginoso (hematita, goethita, etc.), como escorrimentos, pingentes e principalmente coralóides de material ferruginoso, marrons com extremidade achatada. Crostas de material ferruginoso e fosfático tendem a recobrir pisos, blocos e paredes. Esta setorização esquemática é ilustrada na Figura 5.46, embora haja cavernas e situações que representem exceções.



**Figura 5.46. Setorização hipotética dos espeleotemas em cavernas ferríferas.**

A Figura 5.47 apresenta a distribuição das cavernas por tipo de espeleotemas nas cavernas estudadas em Serra Norte.



**Figura 5.47. Distribuição das cavernas por tipo de espeleotema.**

Pigmentos brancos (Figura 5.48) representam delgados recobrimentos, manchas ou mesmo pontos de coloração branca opaca ou por vezes brilhante. São extremamente comuns, ocorrendo em praticamente todas as cavernas. São mais frequentes em zonas de entrada ou zonas que recebem alguma luminosidade, demonstrando fotodependência. Análises químicas (difração de raios X) demonstraram não se tratar de material de afiliação química, mas sim orgânica, sugerindo ação microbiológica. Trata-se de colônias bacterianas que provavelmente se mantém devido ao aporte energético gerado pelas reações de oxidação/redução inerentes ao ambiente ferruginoso. A influência de fatores biológicos em relação a espeleotemas é nítida na zona de entrada.



**Figura 5.48. Pigmentos brancos comuns nas cavernas da área de estudo, estando provavelmente associados a colônias de microorganismos.**

Pequenos ninhos de larva de marimbondos (Figura 5.49) foram construídos a partir de material terrígeno que posteriormente sofreu endurecimento, resultando em depósito químico. Foram identificados em várias cavernas, como N4E-0002, N4E-0010 (de coloração branca), N4E-0011 e N4E-0052. Trilhas de térmitas (cupins) são frequentes, e também sofreram endurecimento (Figura 5.49). Este tipo de espeleotema foi denominado “cupimtemas” durante estudos nas grutas de Capão Xavier (Piló & Auler, 2005). Na área de estudo foram identificados nas cavernas N4E-0020, N4E-0043 e N4WS-0017.



O tipo de espeleotema mais frequente na área de estudo é a crosta. Sob este nome genérico temos uma variedade morfológica e mineralógica considerável. Podemos distinguir, grosso modo, três tipos de crostas: as crostas ferruginosas, geralmente de coloração amarela ou vermelha; as crostas brancas, geralmente de sulfatos e as crostas esverdeadas, em função da presença de fosfatos originados do guano.

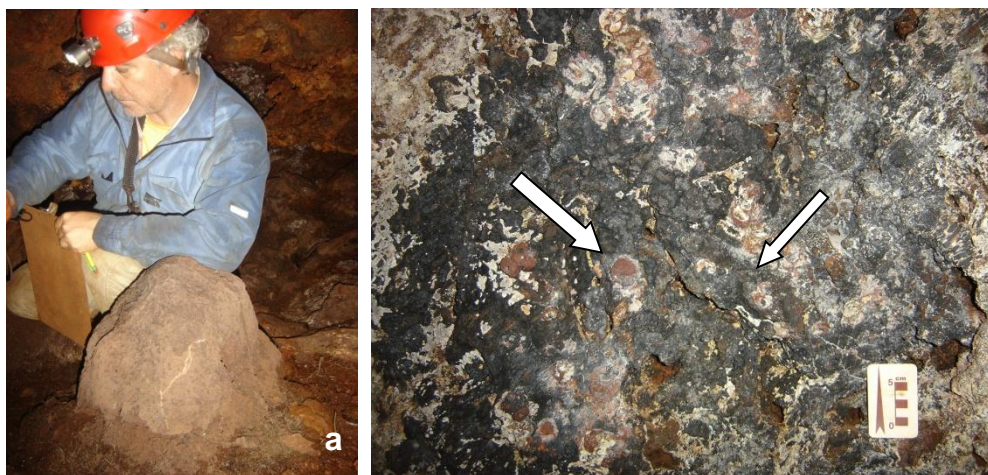


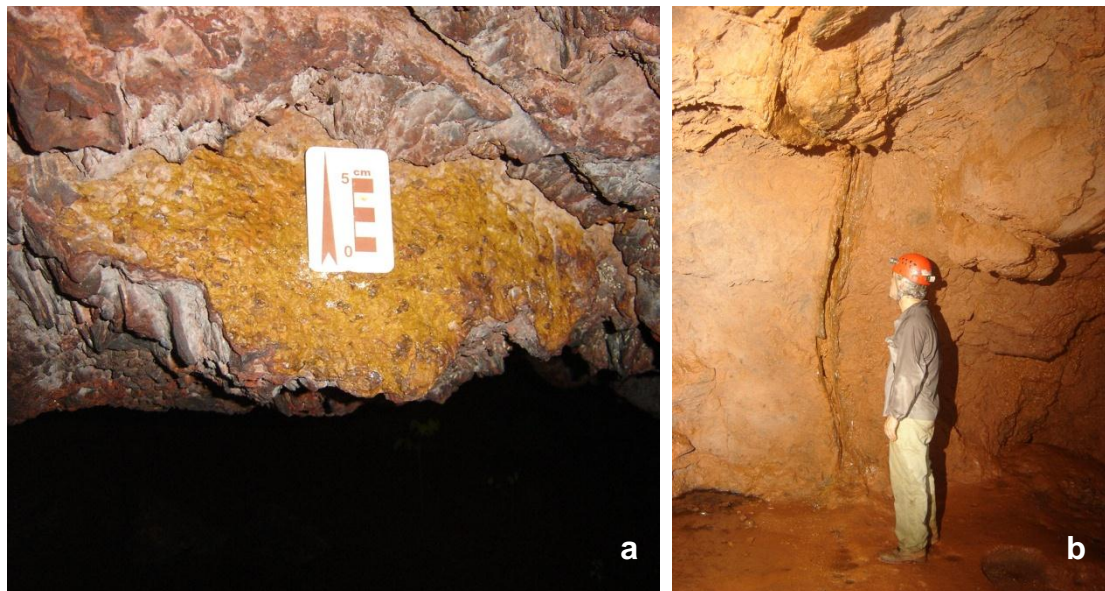
Figura 5.49. a) Cupinzeiro solidificado na gruta N4E-0043; b) Ninhos de marimbondos (setas) solidificados na caverna N4E-0002.

**Crostas ferruginosas** (hematita, goethita, etc) são muito frequentes nas cavernas ferríferas. Em serra Norte, foram registradas em 282 cavernas, totalizando 92,5% da amostra. Ao contrário das crostas brancas e alaranjadas, ocorrem preferencialmente nos setores mais confinados e úmidos das cavernas. As vezes, conferem um lustro metálico às superfícies recobertas. Sua deposição parece envolver colóides contidos na atmosfera saturada da caverna, já que não há relação com gotejamentos ou escorrimentos. Assim como no caso das crostas brancas/alaranjadas, também servem de suporte para coralóides marrons, bojudos, com topo arredondado.

Em algumas situações, como na gruta N4E-0013, a crosta foi observada se originando a partir de fratura, tendo sido exposta devido ao deslocamento de uma das faces. Na gruta N4E-0033, por sua vez, a crosta de material ferruginoso está preenchendo fratura verticalizada (Figura 5.50).

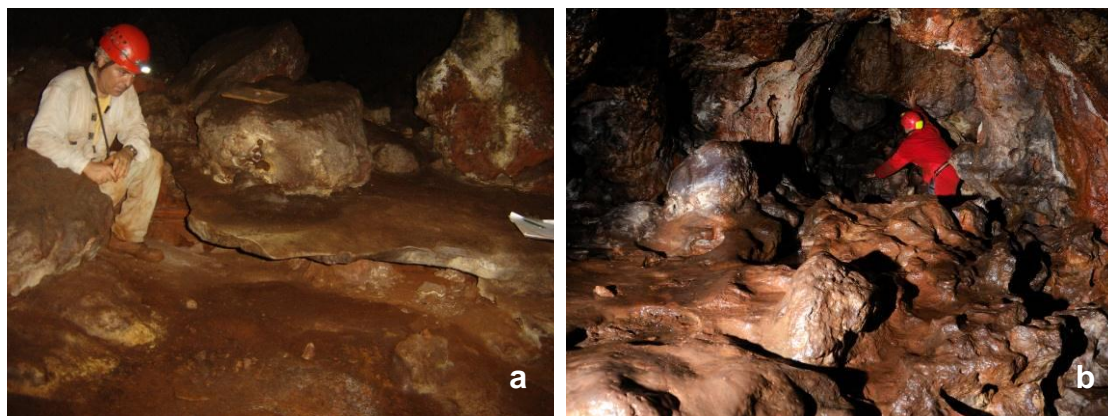
É importante salientar que essas crostas podem não ser espeleotemas, já que podem ser anteriores à caverna propriamente dita, muito embora precisem

de um espaço para se precipitarem. Podem ser uma deposição em pequenas fissuras. É possível que tenham continuidade no interior da massa rochosa, havendo a possibilidade de só terem sido interceptadas pela caverna.



**Figura 5.50. (a) Crosta de material ferruginoso na cavidade N4E-0013 originada a partir de fratura. A crosta foi exposta devido ao deslocamento da face superior da fratura. (b) Crosta de material ferruginoso preenchendo fratura subvertical na caverna N4E-0033.**

Na caverna N4E-0087, as crostas ferruginosas chegam a atingir 4 cm de espessura e, na gruta N4WS-0015, atingem 12 cm. Depósitos abundantes ocorrem nas cavernas N4E-0022, N4E-0087, N4WS-0015, N4WS-0067, N4WS-0072 e N4WS-0073. Em muitas situações este tipo de crosta cimenta o piso, conferindo-lhe maior resistência. Processos erosivos podem remover o piso por debaixo da crosta, deixando-a suspensa, formando um paleopiso, como observado nas cavernas N5S-0021, N4E-0022 e N4WS-0067 (Figura 5.51).



**Figura 5.51. (a) Paleopisos sustentados por crostas de material ferruginoso nas cavernas N4E-0022 e (b) N4WS-0067.**

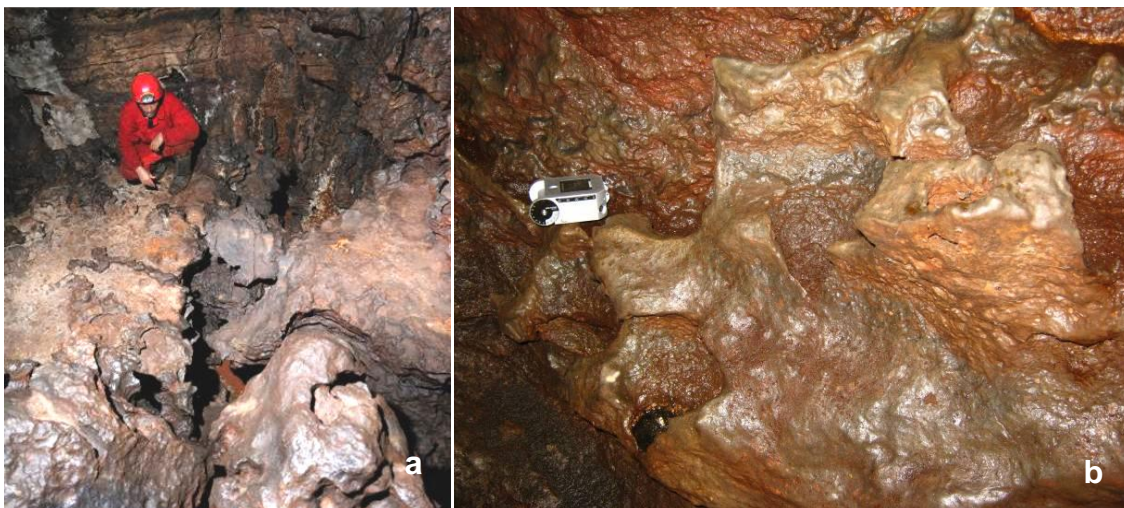
**Crostas brancas** foram registradas em 211 cavidades (69,2%); sua mineralogia, conforme análises realizadas em outras cavernas, compreende minerais do grupo dos sulfatos e fosfatos (Piló & Auler, 2011). Estas crostas muitas vezes servem de suporte a coralóides de coloração acinzentada normalmente de aspecto pontiagudo (variedade denominada “pinheirinhos” e “couve-flor”).

Em algumas situações essas crostas preenchem locais de baixo relevo nas paredes e teto. Dentre todas as grutas estudadas, vale destacar as crostas da cavidade N4E-0022 e principalmente as crostas brancas da caverna N4WS-0015, muito alvas, formando depósito que chega a atingir 3 cm de espessura (Figura 5.52). Depósitos significativos desse tipo de espeleotema também ocorrem nas cavidades N4WS-0067, N4WS-0072, N5S-0030 e PESE-0005 (Figura 5.52).



**Figura 5.52. (a) Crostas brancas nas cavernas N4WS-0015 e (b) PESE-0005.**

**Crostas cinza-esverdeadas**, predominantemente de minerais fosfáticos, foram observadas em 14 das cavidades estudadas, representando 4,6% da amostra. As mais expressivas encontram-se nas cavernas N4WS-0067 e N4WS-0072. Nessas cavidades, setores de paredes, piso, além de blocos abatidos estão recobertos por essas crostas, que frequentemente estão associadas a depósitos de guano (Figura 5.53).



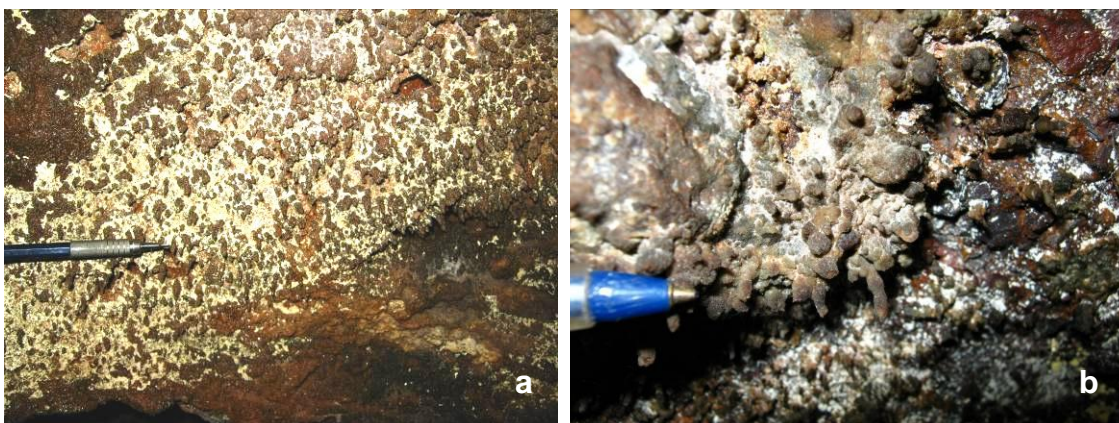
**Figura 5.53. (a) Crostas fosfáticas nas cavernas N4WS-0067 (em primeiro plano) e (b) N4WS-0072.**

Algumas crostas de coloração pouco usual foram também observadas. Por exemplo, na gruta N4E-0008 têm-se crostas enegrecidas, cuja mineralogia é ainda desconhecida (Figura 5.54).



**Figura 5.54. Crostas enegrecidas com textura microtravertínica na caverna N4E-0008.**

O segundo tipo mais freqüente de espeleotema são os **coralóides**. Ocorrem em 241 das cavernas estudadas, o que corresponde a 79% da amostra. Conforme mencionado, estão comumente associados a crostas, sugerindo uma afiliação genética. Os coralóides pontiagudos de coloração cinza são normalmente encontrados em zonas em que há circulação de ar, o que favorece a evaporação da solução aquosa e catalisa a precipitação do mineral. Bons exemplos deste tipo de espeleotema foram observados na gruta N4WS-0063 com coralóides do tipo agulha com até 1,5 cm de comprimento (Figura 5.55).



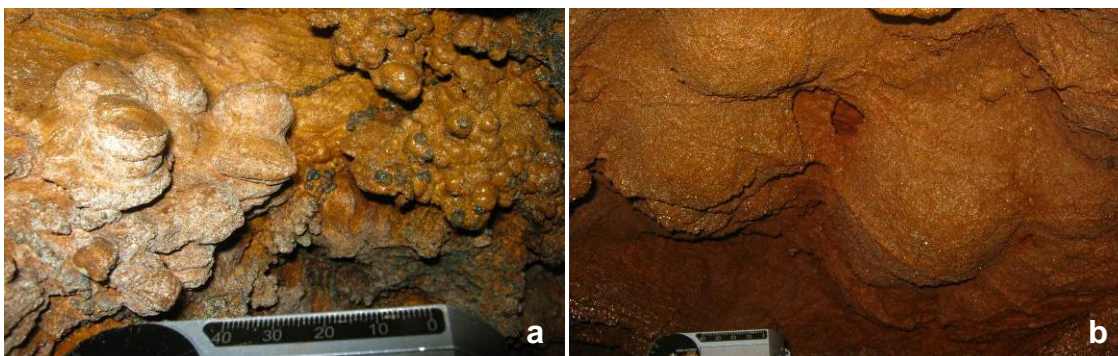
**Figura 5.55. (a) Coralóides tipo agulha na caverna N4WS-0063 e (b) na caverna N5S-0024.**

Coralóides de material ferruginoso ocorrem em áreas mais confinadas. Na gruta PESE-005, coralóides de forma arredondada chegam a atingir 5 cm de comprimento e coralóides do tipo agulha e topos achatados atingem cerca de 2 cm. Exemplos de até 3 cm foram observados na caverna N4WS-0063 (Figura 5.56).



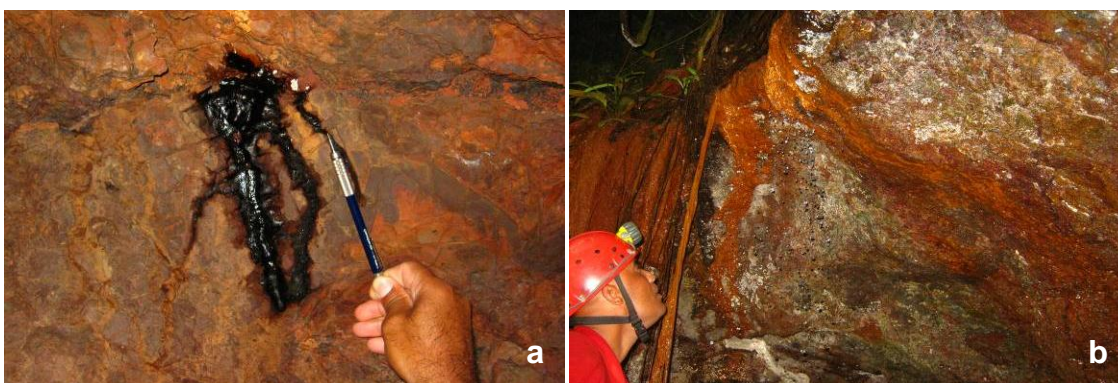
**Figura 5.56. (a) Coralóides arredondados e (b) tipo agulha com topo achatado, ambos na caverna PESE-0005.**

Nas cavernas PESE-0005 e PESE-0006 foram observadas formas pouco comuns de dimensões entre 5 e 10 cm formadas em crostas sobre a rocha saprolítica. Na PESE-0005 a forma se assemelha bastante à de coralóides, no entanto são formados por uma delgada crosta que recobre a rocha alterada. Na caverna PESE-0006, as formas arredondadas não se assemelham em nada com coralóides, elas pendem do teto, sustentadas por uma fina camada de crosta (Figura 5.57).



**Figura 5.57. (a) formas parecidas com coralóides na caverna PESE-0005 (em primeiro plano). (b) Formas arredondadas que pendem do teto da caverna PESE-0006 são formadas em crostas que recobrem a rocha saprolítica.**

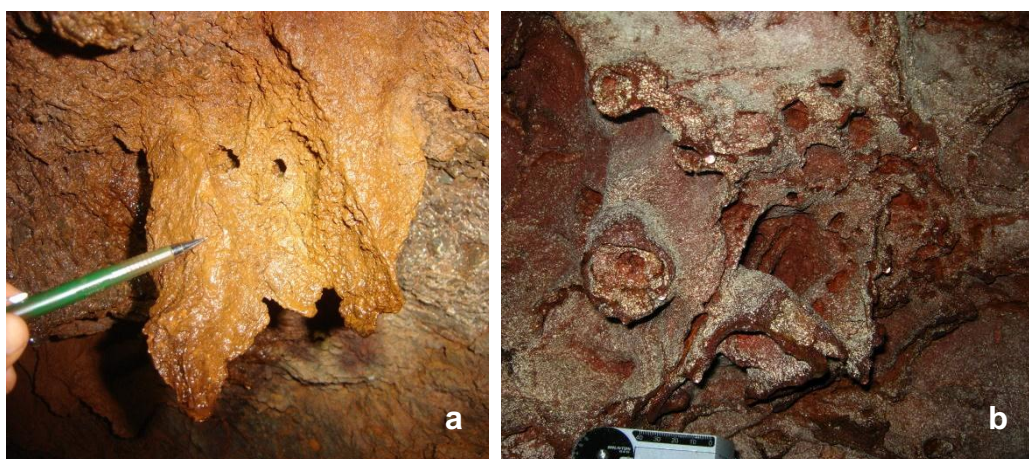
Setenta e sete cavernas (25,2%) na área de estudo apresentam **escorrimentos**, em geral de material ferruginoso. Em muitas situações esses escorrimentos apresentam textura microtravertínica. Na cavidade N4WS-0059, o escorrimento adquire uma coloração enegrecida. Escorrimentos muitas vezes apresentam uma fase formativa inicial que se caracteriza por soluções coloidais de aspecto gelatinoso (*snottite*). Na caverna PESE-0003, escorrimentos provenientes da drenagem que flui por sobre a linha d'água têm cor marrom amarelada e estão sob forma coloidal, chegando a atingir 2 m de comprimento (Figura 5.58).



**Figura 5.58. (a) Escorrimento de coloração enegrecida na caverna N4WS-0059. (b) Escorrimento marrom amarelado associado a uma drenagem na entrada da caverna PESE-0003.**

Os primeiros **pingentes** foram identificados nas grutas de Capão Xavier e, posteriormente, em várias cavernas do Quadrilátero Ferrífero, onde são mais comuns que na Serra dos Carajás. Na área de estudo, os pingentes foram identificados em 35 cavernas, representando 11,5% da amostra.

Pingentes significativos (em função da dimensão) foram observados nas cavernas N4E-0092, onde atingem 20 cm de comprimento; N4WS-0008 onde estão associados a escorrimentos e chegam a atingir 15 cm de comprimento; N5S-0062, onde exemplares de até 15 cm foram também observados e N4E-0039, onde foram registrados cerca de 10 exemplares ativos, os maiores com cerca de 12 cm de comprimento (Figura 5.59), dimensões reduzidas se comparadas à de alguns pingentes registrados em cavernas do Quadrilátero Ferrífero, que chegam a atingir 45 cm de comprimento. Pingentes foram também registrados em várias outras cavernas, como N4E-0003, N4E-0072, N4E-0082, N4E-0085, N4E-0089, N4E-0095, N4WS-0015, N4WS-0047, N4WS-0063 (parcialmente erodidos), N4WS-0075, N5S-0048, N5S-0049, N5S-0063/0064/0065, N5S-0066, N5S-0069, N5S-0070, N5S-0072, N5S-0073, N5S-0083, N5SM1-0013, PESE-0005 e PESL-0001.



**Figura 5.59. (a) Pingentes em formação na caverna N4E-0039 e (b) parcialmente erodidos na caverna N4WS-0063.**

Um tipo de espeleotema até então desconhecido, aqui denominado “**bateia**”, foi observado nas grutas N4E-0023 e N5S-0055 (Figura 5.60). É formado no piso por material ferruginoso. Compreende uma feição circular cujo interior é preenchido por argila. Dois exemplares completos foram observados na gruta N4E-0023. São claramente relacionados a gotejamentos. O maior dos exemplares, de borda assimétrica, possui entre 48 e 53 cm de diâmetro em sua parte superior e altura em torno de 4 cm. Na caverna N5S-0055 alguns exemplares estão fixados nas paredes e encontram-se suspensos, a cerca de

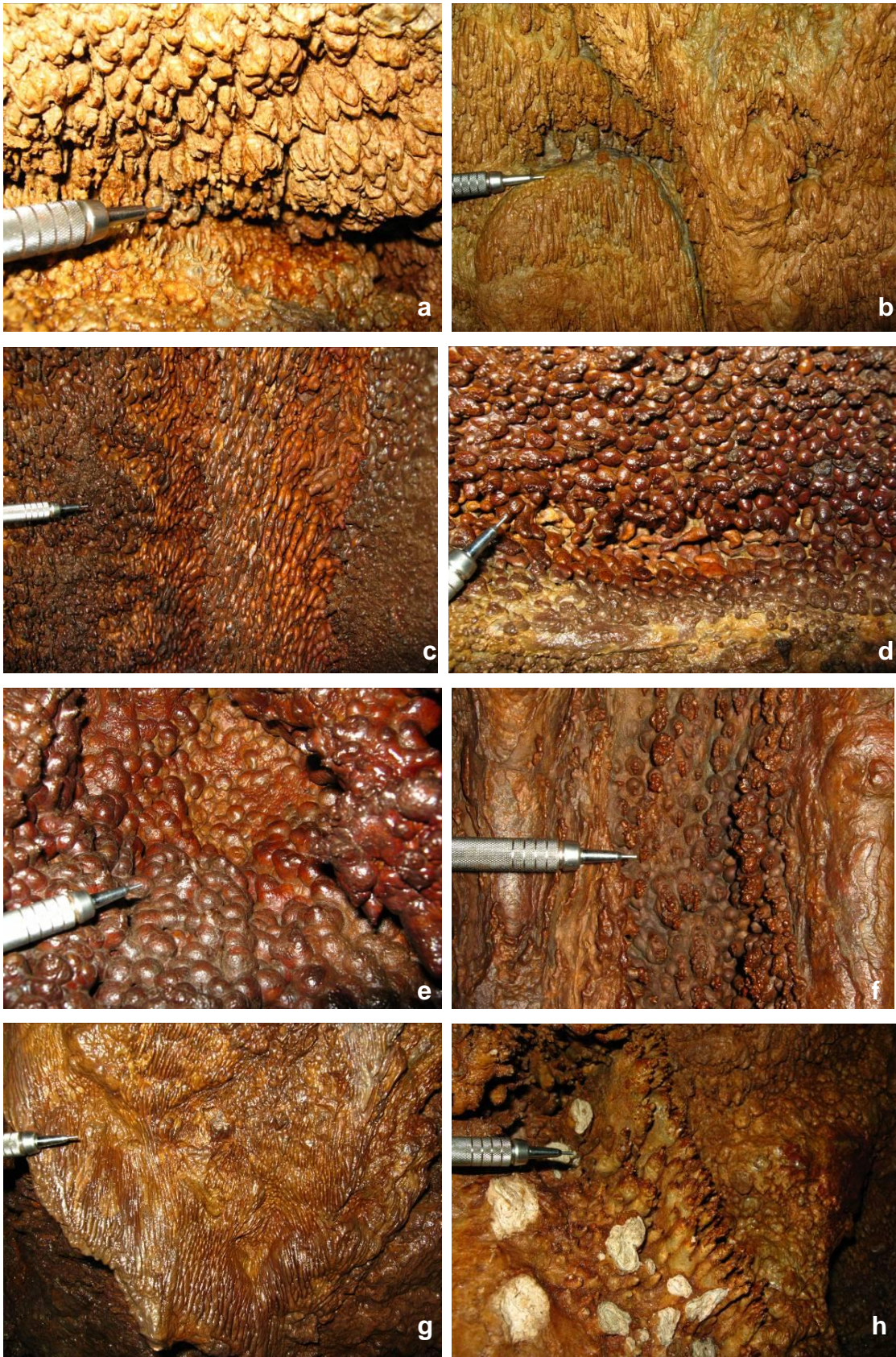


um metro acima do nível atual do piso (Figura 5.60). Sua gênese ainda não foi esclarecida.

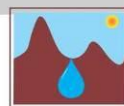


**Figura 5.60. (a) Conjunto de duas bateias observado na caverna N4E-0023 e (b) na caverna N5S-0055, onde o espeleotema se encontra suspenso, preso à parede.**

Duas cavernas merecem destaque por apresentar grande diversidade e abundância de espeleotemas: N4WS-0067 e N4WS-0072. As formas e tipos observados nestas duas cavidades só se comparam à caverna S11D-0083, localizada na Serra Sul, também em Carajás. Na serra da Bocaina também já foi registrada uma caverna semelhante, a GEM-1481, mas com ocorrências de menor monta. Na caverna N4WS-0067 foram identificadas diversas formas raras milimétricas a centimétricas (Figura 5.61), algumas das quais já observadas em S11D-0083.



**Figura 5.61. Formas milimétricas a centimétricas observadas na caverna N4WS-0067: a) micro pingentes com morfologia anelar (similares aos observados na S11D-0083); b) micro cortinas com micro pingentes de morfologia anelar incipiente; c) micro pingentes; d) formas botrioidais de coralóides individualizados; e) coralóides de morfologia botrioidal semi-individualizados (também similares aos observados na S11D-**

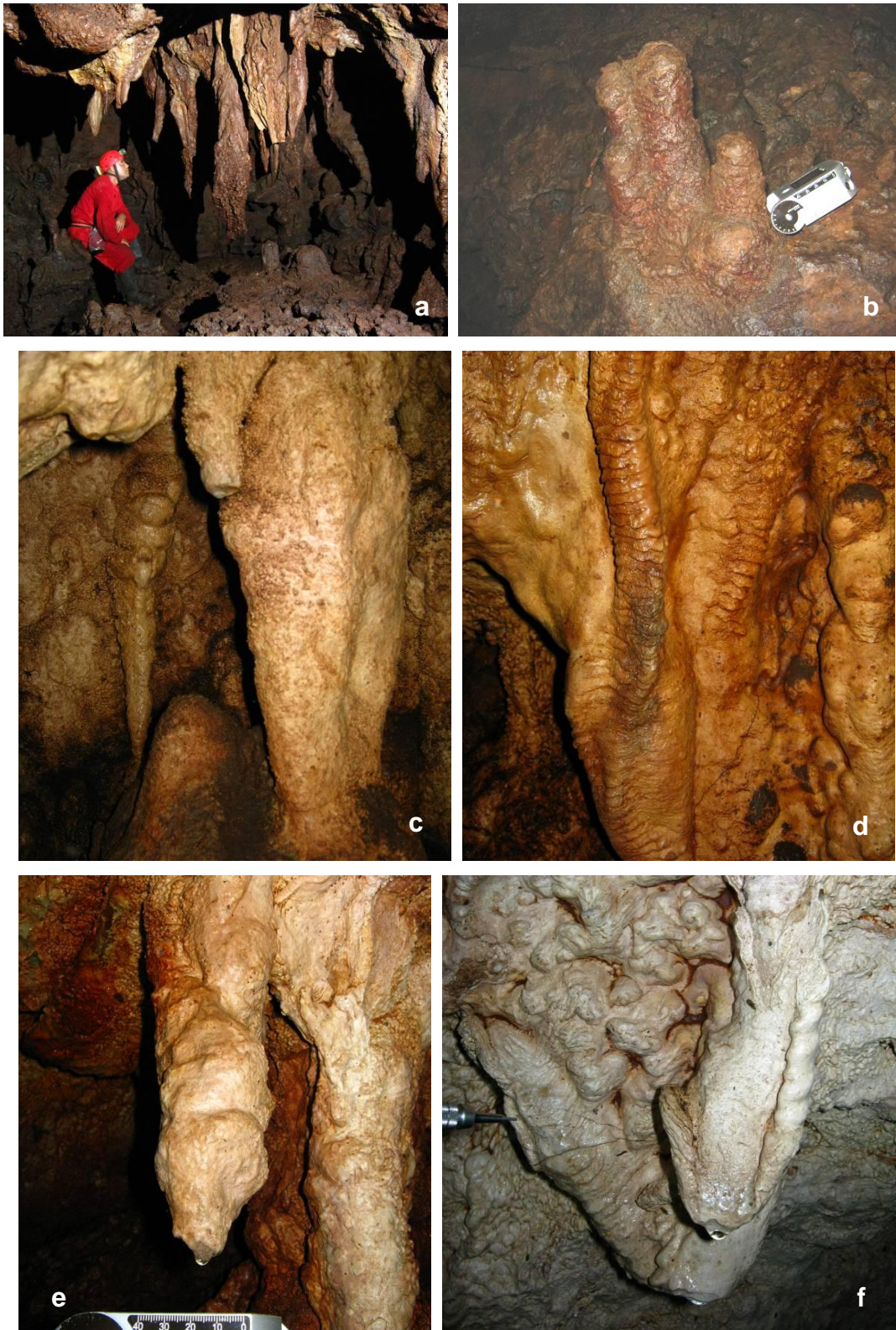


**0083); f) coralóides de morfologia botrioidal semi-individualizados desenvolvendo no topo microcoralóides tipo agulha; g) micro formas intermediárias entre cortinas e pingentes, pouco individualizadas e; h) coralóides centimétricos alongados com microcoralóides pontudos no topo.**

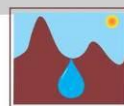
Entre as macro formas observadas nas cavernas N4WS-0067 e N4WS-0072 destacam-se raros **estalactites**, uma na caverna N4WS-0067 tem comprimento superior a 2 m (a maior registrada na formação ferrífera), **estalagmites**, além de algumas **colunas** (Figura 5.62). Também foi registrada uma estalagmite na caverna PESE-0005, de coloração escura; possivelmente está associada a um escoamento e se posiciona abaixo de um pequeno pingente (Figura 5.62).

**Cortinas** também são bastante recorrentes nas cavernas N4WS-0067 e N4WS-0072. São formadas por minerais sulfáticos e fosfáticos de coloração marrom ou esbranquiçada. As dimensões observadas variam de centimétricas a decacentimétricas (Figura 5.62).

Nestas duas cavidades, assim como nas cavernas N4WS-0058, N4WS-0062, N5S-0026, N5S-0028, N5S-0030, N5S-0031 e PESE-0004, são recorrentes os espeleotemas hidrologicamente ativos, ou seja, associados à atividade hidrológica atual (Figura 5.62).



**Figura 5.62. a) Estalactites e b) estalagmites (caverna N4WS-0067); c) coluna e d) cortina, ambas na caverna N4WS-0072 e; e) / f) espeleotemas hidrológicamente ativos (caverna N4WS-0072).**



### **5.2.8. Gênese**

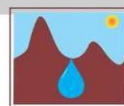
A gênese das cavernas em minério de ferro guarda relação com uma série de fatores, como litotipo, posição na vertente, relação hidrológica e idade. Informações importantes podem ser obtidas através da análise da planta baixa da caverna, muito embora observações detalhadas no interior da cavidade sejam também essenciais. Cavernas muito pequenas representam a maior parte das cavernas estudadas. Nestas cavernas torna-se difícil obter informações sobre a espeleogênese, pois elas tendem a não possuir desenvolvimento suficiente para permitir a manifestação de feições ou padrões diagnósticos. São as grutas maiores que permitem uma análise mais substancial e conclusiva em relação aos mecanismos atuantes.

Em linhas gerais, a gênese de cavernas em minério de ferro pode ser dividida em dois grandes ambientes: endógeno e exógeno. Por gênese endógena entende-se processos atuantes a partir do interior do maciço rochoso, sem relação direta com o intemperismo externo. Grande parte das cavernas estudadas apresentam evidências de gênese endógena. É o caso de algumas cavernas oclusas que, posteriormente, sofreram abertura de entrada. Cavernas que evoluem através da expansão de canalículos também se encaixam nesta categoria.

Já cavernas exógenas apresentam processos intempéricos externos como agente modelador. As cavernas que sofrem ação de processos fluviais, deslocamentos devido a alterações térmicas, ação biológica (em parte) se encaixam nesta categoria. É bastante comum as cavernas apresentarem elementos tanto exógenos como endógenos. Processos tardios, como sedimentação e principalmente queda de blocos contribuem para alterar a morfologia original da caverna.

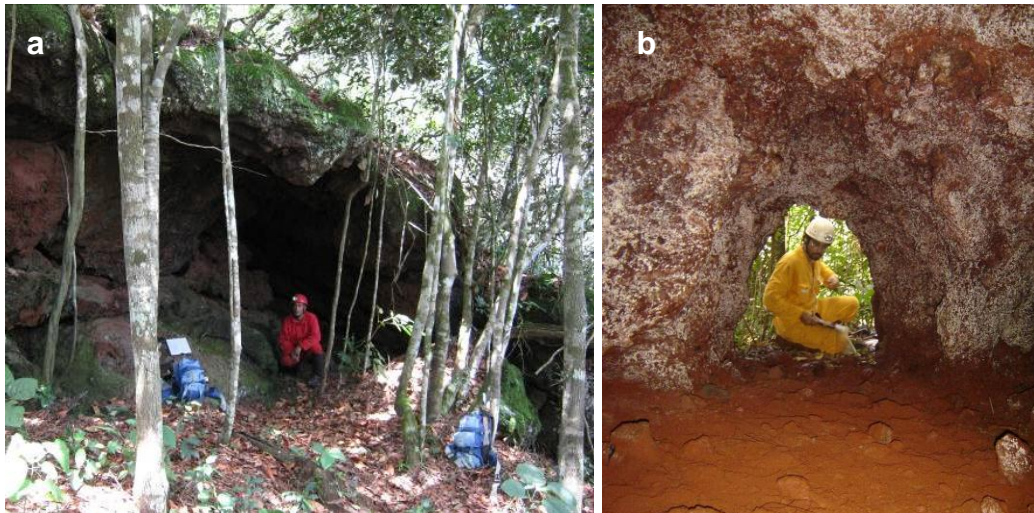
Não só o processo gerador, mas também elementos que controlam o direcionamento do desenvolvimento da cavidade devem ser considerados. As cavernas podem apresentar controle por fraturamentos (ou juntas), bandamento, contato litológico, gradiente da vertente, dentre outros.

Algumas cavernas podem ser mais bem descritas como grandes abrigos, visto possuírem entrada ampla e iluminada e pouca profundidade (Figura 5.63). Neste caso a evolução se dá por uma série de processos, normalmente



relacionados a mecanismos exógenos. Recuo erosivo de escarpa é um dos mais frequentes, provocando abatimentos e, por vezes, a formação de um anfiteatro. Termoclastia pode também ocorrer, assim como ação erosiva devido a agentes biológicos (raízes, animais diversos) e pluviais. As cavernas N4E-0001, N4E-0031 N4WS-0059, N4WS-0077, N5S-0024, N5S-0029, N5S-0034 e N5S-0082 são exemplos de cavernas que certamente tiveram a ação de processos exógenos. Um processo genético peculiar foi observado na caverna N4E-0058, que se originou a partir de um deslizamento que removeu grandes camadas de sedimento que preenchiem a cavidade.

Contato entre litotipos constitui um horizonte muitas vezes explorado pela inepção espeleogenética. Algumas cavernas, como a gruta N4E-0051, apresentam nítidos contatos litológicos. O mais comum se dá entre a canga (normalmente de caráter detrítico) e o minério de ferro bandado. No entanto, algumas cavernas também estão inseridas no contato entre rochas máficas e canga/minério de ferro. Vale ressaltar que a rocha máfica é muito mais suscetível à alteração e por consequência erosão do que o minério de ferro, por ser muito mais porosa, constituindo um horizonte favorável ao cavernamento. Quando em contato com minério de ferro ou canga, estes litotipos mais resistentes podem agir como capas protetoras, isolando as litologias máficas. As cavernas N4E-0040 e N4E-0055 constituem bons exemplos de cavidades inseridas em litologias máficas (Figura 5.63).



**Figura 5.63. (a) Morfologia do tipo abrigo na caverna N4WS-0059. (b) Aspecto da galeria da caverna N4E-0055, notando-se sedimentos oriundos de alteração de rocha máfica.**

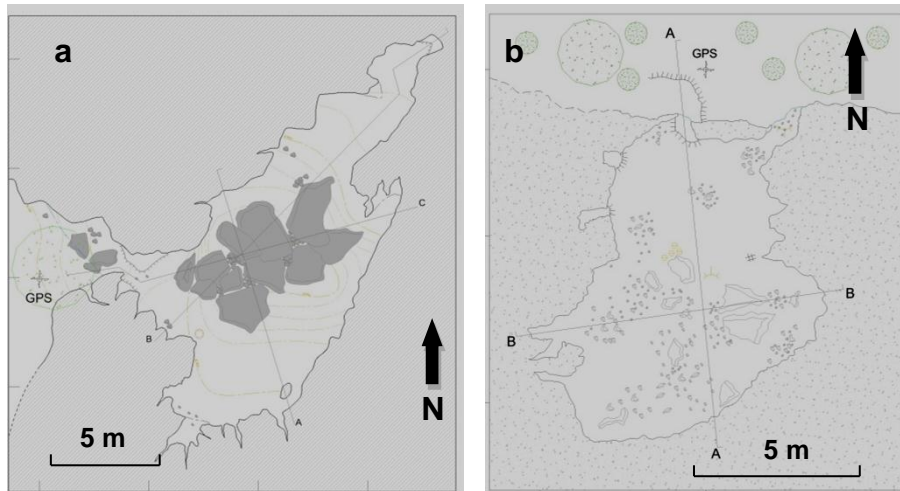
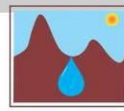
Algumas cavidades estão posicionadas próximas a calhas de drenagem, apresentando evidências de ação fluvial (Figura 5.64). Estas cavernas são comuns em N5S, ocorrendo também nas outras áreas. A erosão fluvial tende a solapar a base da caverna no caso de cavernas situadas nas margens de igarapés. Cavidades como N4E-0064, N4E-0069, N4E-0070, N4E-0071, N4WS-0044, N4WS-0045, N4WS-0063, PESE-0001, PESE-0002, PESSE-0003, PESE-0006 e PESL-0001 são, ao menos parcialmente, geradas por erosão fluvial. Em N5S várias cavernas, dentre elas N5S-0049, N5S-0050, N5S-0069 e N5S-0076, apresentam este tipo de gênese.



**Figura 5.64. Caverna N5S-69 mostrando curso d'água erodindo porção basal da caverna.**

A gênese endógena é evidenciada, em alguns casos, pelo padrão das cavernas, como nas grutas N4E-0061 e N4E-0080 (Figura 5.65). Este padrão, denominado globular ou espongiforme, denota que estas cavernas evoluíram, inicialmente, no interior do maciço rochoso, sem uma conexão com o exterior. A gênese envolve processos dissolutivos, possivelmente intermediados por ação bacteriana. Morfologicamente estas cavernas se caracterizam por uma série de câmaras arredondadas (ou globulares) interligadas por galerias mais estreitas. As cavernas N4E-0061 e N4E-0080 desenvolveram-se como “bolhas” no interior do maciço, posteriormente sendo conectadas à superfície através de aberturas estreitas.



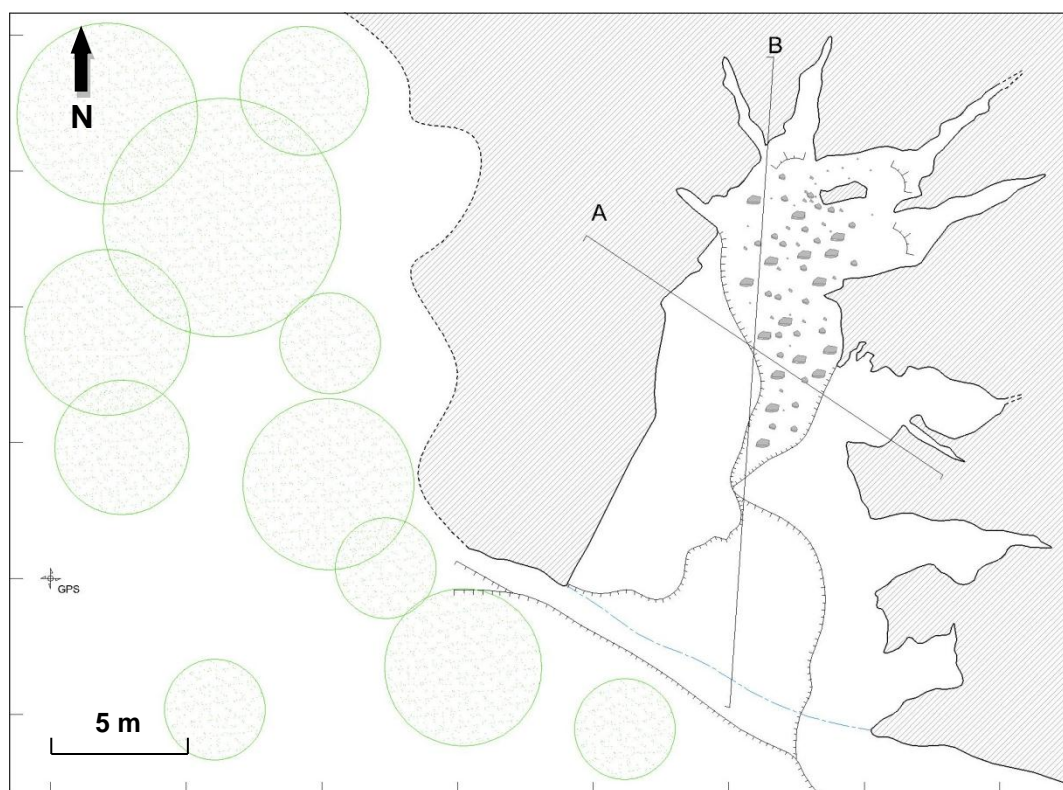


**Figura 5.65. (a) Planta baixa das cavernas N4E-61 e N4E-80 (b), mostrando câmara interna globular conectada ao exterior por estreita abertura.**

Cavernas mais evoluídas e mais extensas apresentam uma série de câmaras, conforme visualizado na planta baixa da caverna N4WS-0015 (Figura 5.66). Após a conexão com o exterior passa a haver a possibilidade de remoção física de constituintes, favorecendo uma expansão mais rápida das galerias. As cavernas N4E-0003, N4E-0022, N4E-0023, N4E-0028 N4WS-0065, N4WS-0067, N4WS-0072, N4WS-0073, N4WS-0075, N5S-0030, N5S-0063/0064/0065 e PESE-0002 são exemplos de cavernas que evoluíram sob forma endógena, através da conexão de câmaras globulares independentes.

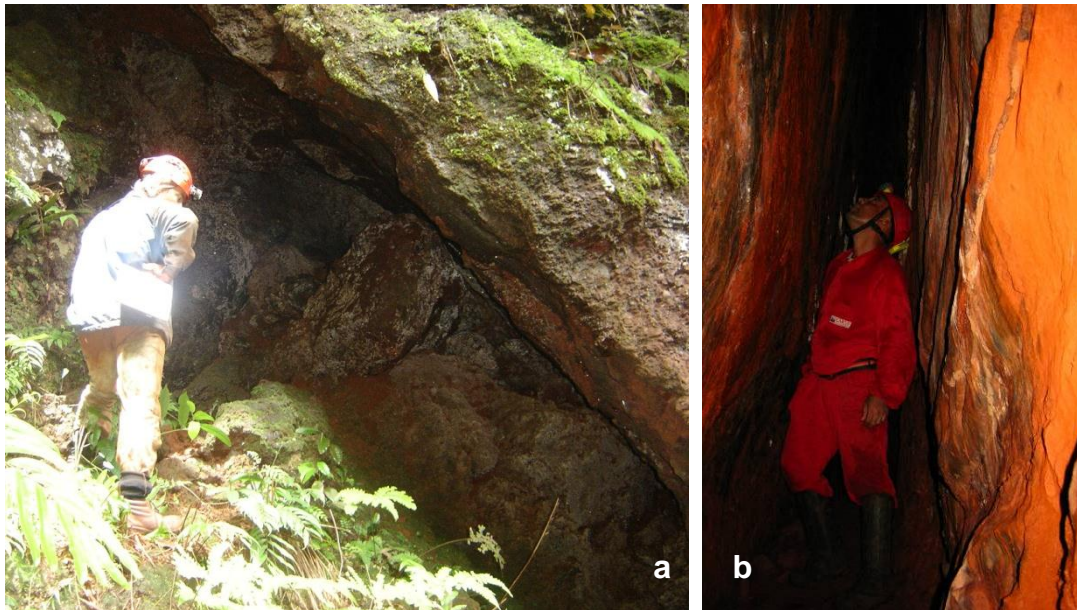


0076, N4WS-0080, N5S-0032, N5S-0036, PESE-0004, PESE-0005, PESL-0002 e PESL-0003 apresentam este tipo de gênese.



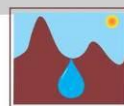
**Figura 5.67. Planta baixa da caverna N4WS-0044 mostrando vários apêndices que representam canalículos confluindo para um duto principal.**

Bandamento representa uma feição estrutural que controla o direcionamento de galerias em várias cavernas, como N4E-0006, N4E-0094, N4WS-0008, N4WS-0011, N4EWS-0058, N4WS-0073, N4WS-0075 e N5S-0070. Fraturas também condicionam o desenvolvimento de diversas cavernas, como no caso da N4E-0054 e N5S-0031 (Figura 5.68). Como demonstrado anteriormente, estas estruturas constituem os principais fatores controladores do direcionamento dos condutos das cavidades estudadas.



**Figura 5.68. (a) Entrada da caverna N4E-0054, sendo possível observar fratura oblíqua que controla a morfologia e direcionamento da galeria. (b) Conduto principal da caverna N5S-31 que se desenvolve ao longo de uma fratura subvertical.**

Mais recentemente, Parker *et al.* 2003 tem investigado a participação das comunidades microbianas na gênese das cavernas de Carajás. Segundo os autores, foi identificada intensa atividade microbiana e biofilmes pendentes (snottites) no interior das cavernas, que incluiu reconhecidas espécies nos processos de oxidação e redução do ferro. As condições observadas e as comunidades microbianas identificadas, sugerem que o ciclismo do ferro por microrganismos poderia converter Fe insolúvel (III) em Fe solúvel (II) aquoso, o que levaria à mobilização de ferro. Com a redução do ferro, o fluxo de águas subterrâneas poderia remover massa de Fe (II) aquoso, permitindo o alargamento de vazios e formação de cavernas na região de Carajás.



### 5.2.9. Estado de conservação

O estado de conservação das cavernas da área de estudo é variável. Algumas cavernas se apresentavam intactas quando do início dos trabalhos. Outras já haviam sido sujeitas a algum tipo de alteração antrópica. Cabe lembrar que o registro que se segue refere-se à situação da caverna quando das visitas. Considerando que algumas das cavernas foram estudadas em 2006/2007, é possível que a situação atual seja diferente da apresentada neste diagnóstico. No entanto, as frentes de lavras nos arredores das cavernas foram paralisadas naquele momento. Os principais impactos nas cavernas da área de estudo são (Tabela 5.3):

(i). Supressão total ou parcial da caverna. Três cavernas foram impactadas de forma irreversível, alterando a morfologia interna e ocasionando a destruição parcial do ambiente subterrâneo. São elas as cavernas N4E-0015 (Figura 5.69), onde se tem um ambiente de muita instabilidade estrutural, a gruta N4E-0035 onde há um cone de abatimento, além da N5E-0006, onde também há muita instabilidade no salão inicial.



**Figura 5.69. Caverna N4E-0015, apresentando galeria totalmente modificada por abatimentos de blocos devido a vibrações oriundas de detonações.**

Três cavernas (N5E-0007, N5E-0008 e N5E-0009) foram suprimidas em decorrência da expansão da mina de N5E.

(ii). Marcas de detonação (Figura 5.70). Devido à proximidade com as frentes de lavra algumas cavernas apresentam cicatrizes nas paredes e teto, denotando locais onde ocorrem quedas de blocos (movimentos de massa). Este é o caso das cavernas N4E-0001, N4E-0002, N4E-0004, N4E-0008, N4E-0014, N4E-0021, N4E-0023, N4E-0025, N4E-0026, N4E-0029, N4E-0030, N4E-0031 e N4E-0033 (Tabela 5.3).



**Figura 5.70. a) Cicatrizes de detonação na caverna N4E-02; b) cicatriz de abatimento na caverna N4E-31, gerando cone de blocos.**

(iii). Entupimento parcial por sedimentos (Figura 5.71 e Figura 5.72). A caverna N4E-56 apresentou piso alterado devido a aporte de sedimento, assim como as cavernas N4E-0058, N4WS-0023 e N4WS-0024. A caverna PESL-0001 apresentou impactos significativos devido ao aporte de sedimento proveniente da descarga de rejeito na drenagem que escoia sobre a entrada da caverna.

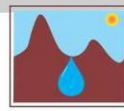


**Figura 5.71. Entrada da caverna N4E-0056 apresenta pilhas de sedimento de origem antrópica.**



**Figura 5.72. (a) Descarga de rejeito sobre a entrada da caverna PESL-0001. Parte do material sólido se deposita no piso, no interior do abrigo (b), gerando assoreamento.**

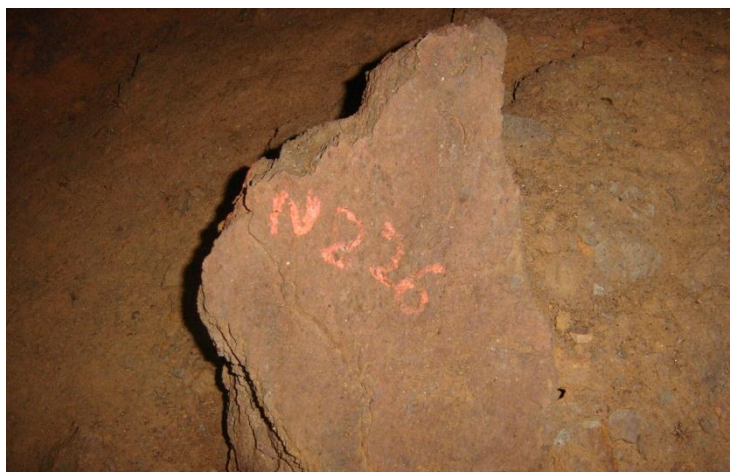
(iv). Sondagens e escavações arqueológicas (Figura 5.73). Os trabalhos de escavação arqueológica possuem o potencial de alterar significativamente o piso da caverna, visto que removem, de forma considerável, os sedimentos. Algumas cavernas em N4WS apresentam este tipo de interferência. As sondagens arqueológicas geram, por sua vez, impactos mais localizados e em geral limitados à escavação de uma quadra com dimensão de um metro quadrado e profundidade comumente inferior a um metro. Estas sondagens, necessárias à avaliação prévia do potencial arqueológico das cavidades são frequentes e exigidas pela legislação vigente, para fins de licenciamento.



**Figura 5.73. Trabalhos de escavação arqueológica em caverna em N4WS.**

(v). Alterações devido a trabalhos espeleológicos (Figura 5.74). Em algumas cavernas, como na gruta N4WS-0015 foram observadas marcações em tinta, denotando trabalhos preliminares de mapeamento espeleológico. Presença de pequenos galhos para marcar bases topográficas e marcas de pisoteamento também são observadas.



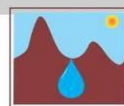


**Figura 5.74. Marca de tinta utilizada por equipes que realizaram alguns mapeamentos espeleológicos preliminares na gruta N4E-0023.**

Algumas poucas cavernas apresentavam lixo em seu interior, muito embora em pequena escala, a exemplo da caverna N4E-0040.

**Tabela 5.3. Impactos no interior das cavernas**

<b>Cavidades</b>	<b>Impactos no interior da cavidade</b>
N4E-0001	abatimentos localizados
N4E-0002	abatimentos localizados
N4E-0003	abatimentos localizados
N4E-0004	abatimentos localizados
N4E-0005	abatimentos localizados
N4E-0008	abatimentos localizados/tinta de serviço de topografia
N4E-0014	abatimentos localizados
N4E-0015	abatimentos expressivos
N4E-0021	abatimentos localizados
N4E-0022	Tinta de topografia espeleológica
N4E-0023	abatimentos localizados/ tinta de serviço de topografia
N4E-0025	abatimentos localizados
N4E-0026	abatimentos localizados
N4E-0029	abatimentos localizados
N4E-0030	abatimentos localizados
N4E-0031	abatimentos localizados
N4E-0033	abatimentos localizados
N4E-0035	abatimentos expressivos
N4E-0040	Lixo em pequena quantidade



N4E-0056	Entupimento parcial por sedimentos
N4E-0058	Entupimento parcial por sedimentos
N4WS-0002	Sondagem arqueológica
N4WS-0003	Sondagem arqueológica
N4WS-0006	Sondagem arqueológica
N4WS-0007	Sondagem arqueológica
N4WS-0008	Sondagem arqueológica
N4WS-0012	Sondagem arqueológica
N4WS-0019	Sondagem arqueológica
N4WS-0021	Sondagem arqueológica
N4WS-0023	Assoreamento
N4WS-0046	Sondagem arqueológica
N5E-0005	Abatimentos localizados
N5E-0006	Abatimentos expressivos
N5E-0007	Suprimida
N5E-0008	Suprimida
N5E-0009	Suprimida
N5S-0085	Abatimentos localizados
PESL-0001	Assoreamento

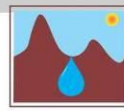
Além da caverna em si, o entorno de 250 m das cavernas estudadas comumente apresentava-se alterado. A vegetação de entorno tende a ser impactada devido à construção de estradas, estruturas de mina, sondagens, linha de transmissão, ou seja, estruturas inerentes à atividade minerária.

As cavernas de N5E, N4E e PESL apresentam os maiores níveis de impacto ambiental. Em N4WS o principal agente de impacto são as atividades arqueológicas. Já as cavidades de N5S, PESE e N5SM1 apresentam-se, via de regra, em bom estado de preservação.

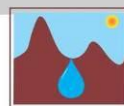
A Tabela 5.4 apresenta uma listagem das cavernas que já sofreram alterações no perímetro de 250 m em decorrência do avanço da mina. Essa listagem foi produzida através da Imagem do *Google Earth* de julho de 2013.

**Tabela 5.4. Cavernas com alterações no perímetro de 250 m em decorrência do avanço da mina.**

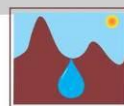
<b>Cavernas com interferência no perímetro de 250 m em decorrência do avanço da mina</b>
PESL-0002



PESL-0003
N5S-0012
N5S-0073
N5S-0074
N5S-0075
N5S-0084
N5S-0085
N5S-0029
N5S-0030
N5S-0031
N5S-0032
N5S-0001
N5S-0002
N5S-0011
N5S-0017
N5S-0019
N5S-0018
N5S-0020
N5S-0021/0027
N5S-0022
N5S-0023
N5S-0024
N5S-0025
N5S-0026
N5S-0028
N5E-0008
N5E-0009
N5E-0001
N5E-0002
N5E-0003
N5E-0004
N5E-0005
N5E-0006
N5E-0007
N4WS-0029
N4WS-0028
N4WS-0030
N4WS-0033
N4WS-0034
N4WS-0001
N4WS-0026
N4WS-0024
N4WS-0013
N4WS-0020



N4WS-0021
N4WS-0023
N4WS-0074
N4WS-0015
N4WS-0014
N4E-0022
N4E-0023
N4E-0024
N4E-0025
N4E-0028
N4E-0030
N4E-0031
N4E-0035
N4E-0029
N4E-0001
N4E-0002
N4E-0003
N4E-0004
N4E-0006
N4E-0007
N4E-0008
N4E-0010
N4E-0011
N4E-0012
N4E-0013
N4E-0014
N4E-0015
N4E-0045
N4E-0046
N4E-0047
N4E-0048
N4E-0050
N4E-0053
N4E-0054
N4E-0058
N4E-0061
N4E-0067
N4E-0076
N4E-0077
N4E-0087
N4E-0090
N4E-0092
N4E-0093
N4E-0094



N4E-0095
N4E-0059
N4E-0060
N4E-0049
N4E-0027
N4E-0026

### **5.3. Estudos bioespeleológicos**

São apresentados os resultados para 252 cavidades estudadas, das quais 94 estão localizadas no platô N4E, 73 estão localizadas no platô N4WS, 76 no platô N5S e 09 em Pilhas de Estéril (PESE e PESL). Cada cavidade foi visitada em duas ocasiões, em períodos sazonais distintos.

Os resultados de 44 cavidades de N5S Morro 1 e 9 cavidades de N5E, que compõe o total das 305 cavidades do EIA – Global de N4 e N5, estão nos anexos X e XII respectivamente.

#### **5.3.1. Caracterização das cavidades**

De modo geral, as cavidades localizadas na área de Serra Norte, Carajás, são pequenas, pouco profundas e apresentam abertura ampla em relação à área interna, com pouco sombreamento na região de entrada.

A superficialidade de tais cavidades é evidente, ocorrendo forte influência de fatores climáticos do meio epígeo. Foi comum a ocorrência, em regiões iluminadas próximas às entradas, de vegetação de pequeno porte, constituída na sua maioria por musgos, pteridófitas e ocasionalmente pequenos brotos de plantas vasculares. Algumas cavernas possuem grande parte de sua área recoberta por vegetação (Figura 5.75). Líquens, fungos e outros microorganismos também podem ser encontrados sobre a rocha das paredes e teto nas regiões iluminadas, podendo se estender até regiões mais sombreadas, ou mesmo em locais onde não foi detectada luz (afótica) (Figura 5.76).

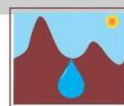


**Figura 5.75. a) Caverna N4E-0060, com vegetação recobrindo grande parte de sua área; b) caverna N5S-0046, rasa e aberta.**



**Figura 5.76. Parede da caverna N4WS-0004 recobertos por microorganismos.**

Em 85 cavernas (33%) foi registrada apenas região com incidência direta de luz (zona de entrada). Cavernas com presença de zona afótica correspondem a 20%, embora regiões com luminosidade reduzida (penumbra escura) tenham sido registradas em uma proporção maior de cavernas (39%). Destaque para as cavernas com maiores áreas e inseridas em profundidade maior na rocha, com extensas regiões afóticas ou luminosidade reduzida, como N4E-0008, N4E-0010, N4E-0014, N4E-0022, N4E-0026, N4E-0033, N4E-0068, N4WS-0004, N4WS-0008, N4WS-0009, N4WS-0010, N4WS-0015, N4WS-0067, N4WS-0072, N4WS-0073, N4WS-0075, N4WS-0078, N5S-0010, N5S-0021, N5S-0026, N5S-0030, N5S-0037, N5S-0063/0064/0065, N5S-0074, N5S-0085, PESE-0002 e PESE-0006.

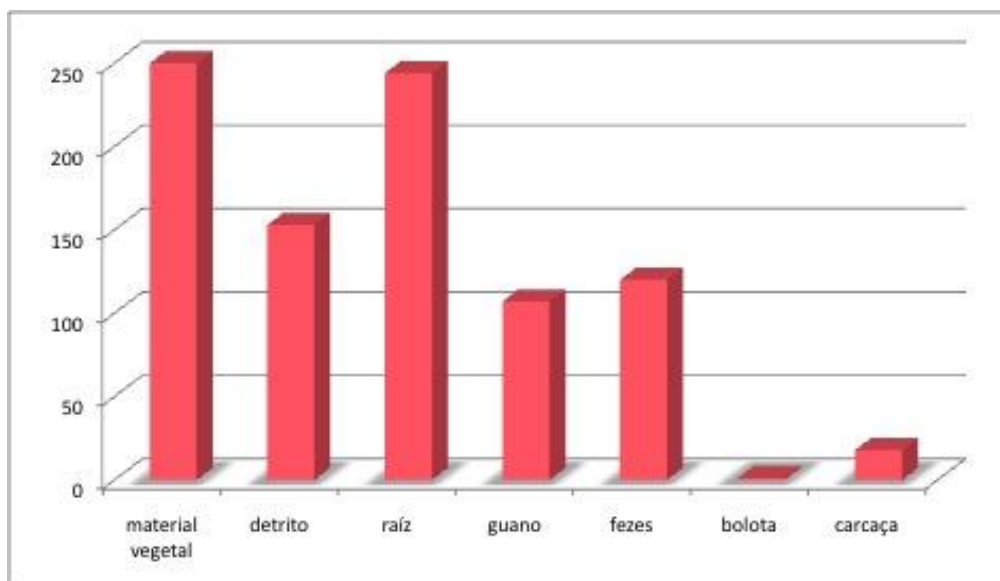


Com relação à umidade, as cavidades apresentaram substrato geralmente úmido. Para 40% das cavidades foi detectado um aumento na umidade para o período úmido em relação ao seco, para 51% das cavidades não foi detectada variação marcante entre as campanhas e, para 9%, aumento de umidade na campanha realizada 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 (Figura 5.77), muitas vezes com matéria orgânica e fauna associada. Em 5% das cavidades, foi encontrado corpo d'água apenas no período seco, em 20%, apenas no período úmido, 35% em ambas as campanhas e em 40% não ocorreram corpos d'água. A presença e quantidade desses corpos d'água, que podem servir de microhabitat para a fauna, podem variar em função do regime de chuvas na superfície.



**Figura 5.77. Piso com água na cavidade N4E-0092.**

A ocorrência dos diferentes substratos orgânicos em cada cavidade, considerando os sete tipos contemplados na Instrução Normativa (IN) nº 2 de 20/08/09, está indicada na tabela do Anexo IV e sintetizada na Figura 5.78.



**Figura 5.78. Número de cavidades com presença dos diferentes tipos de substratos orgânicos.**

O mais frequente, registrado em praticamente todas as cavidades, foi material vegetal, constituído pela vegetação de pequeno porte já mencionada e folhiço (99% das cavidades), seguido de raízes (97%). Com menor frequência foram observados detritos (61%), fezes de vertebrados não voadores (48%), guano (42%) e carcaças (7% das cavidades). Bolotas de regurgitação foram observadas apenas na cavidade N4E-0013. 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 poucas cavidades (Figura 5.79).



**Figura 5.79. a) Material vegetal e b) detrito. Ambos observados na cavidade N4WS-0004.**



Na sua maioria, raízes 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 horizontais e verticais (Figura 5.80). Sistemas radiculares superficiais abundantes, incluindo a formação de redes anastomosadas e rizotemas (crescimento de raízes em locais com gotejamento; Figura 5.81), foram registrados em 24% e 18% das cavidades, respectivamente.

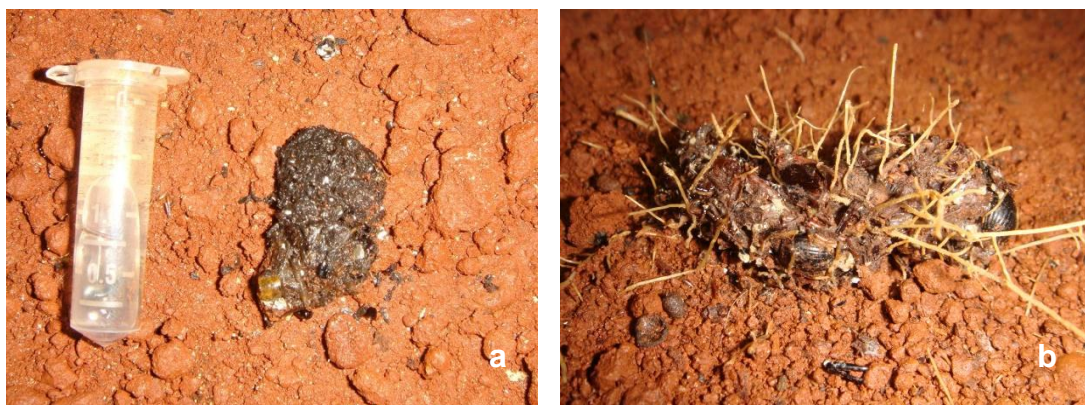


**Figura 5.80. Presença de raízes: a) verticais na cavidade N4E-0041; b) raiz de calibre grosso na cavidade N4WS-0075.**



**Figura 5.81. Presença de rizotemas nas cavidades: a) N4WS-0047 e b) N4WS-0055.**

Fezes de vertebrados não voadores foram registradas em 48% das cavidades estudadas, em diferentes setores internos, em focos esparsos, sem ocorrência de acúmulos ou locais com abundância desse recurso; constituem na sua maioria fezes de insetívoros (Figura 5.82), originada de anfíbios que se abrigam nas cavidades.

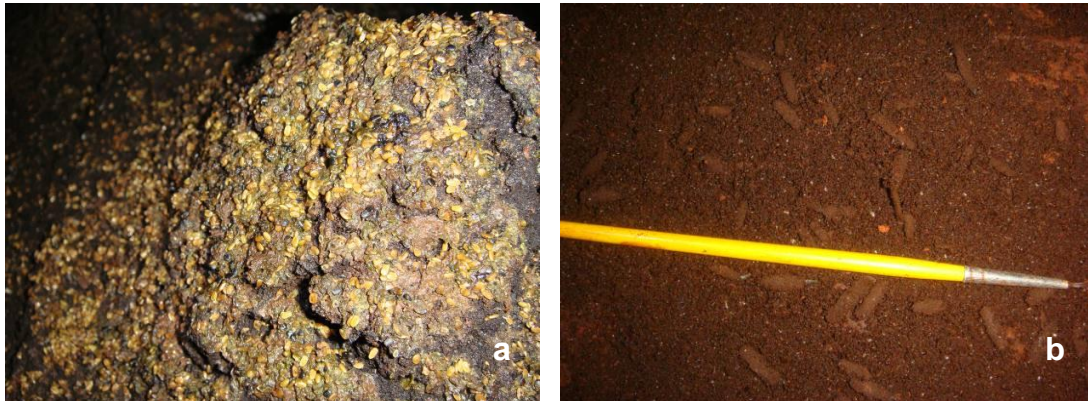


**Figura 5.82. Fezes de vertebrado com restos de inseto não digeridos na cavidade N4WS-0020 e permeado por micro-raízes na cavidade N4E-0039.**

Guano de morcegos foi registrado em 42% 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, poucos de hematófago, geralmente representados por pontos esparsos (Figura 5.83), sem grandes acúmulos. Acúmulos maiores ocupando áreas relativamente grandes foram observados nas cavidades N4E-0022, N4E-0026, N4E-0074, N4E-0077, N4WS-0008, N4WS-0072, N5S-0017, N5S-0052, N5S-0063/0064/0065, N5S-0074 e PESE-0006 (Figura 5.84). 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.



**Figura 5.83. Ponto de guano de morcego hematófago na cavidade N4WS-0008.**



**Figura 5.84. Guano de morcego: a) frugívoro na cavidade N5S-0063/0064/0065 e b) insetívoro com casulos de micro-lepidópteros na cavidade N4WS-0008.**

Em 7% das cavidades foram observadas carcaças de animais vertebrados ou invertebrados (Figura 5.85). Animais mortos também são fontes ocasionais de alimento para organismos no meio cavernícola.



**Figura 5.85. Carcaça: a) de formiga na cavidade N4WS-0020 e b) de morcego em N4WS-0008.**

Considerando a ocorrência de fauna junto aos substratos orgânicos detectados, geralmente são encontrados junto a raízes ninfas de homópteros Cixiidae (Figura 5.86), opiliões Escadabiidae, isópodos Scleropactidae e moluscos *Happia* sp. Organismos encontrados em guano compreendem dípteros Drosophilidae e Psychodidae, micro-lepidópteros Tineidae, heterópteros Cydnidae, besouros Staphylinidae, Pselaphinae sp.35, Histeridae, Hydrophilidae sp.10, Ptiliidae e Leiodidae, colêmbolos Cyphoderidae e Paronellidae, formigas *Solenopsis* sp. e *Pachycondyla* sp., Thysanura Nicoletiidae, Isopoda Dubioniscidae, cupins *Nasutitermes* sp, grilos *Phalangopsis* sp., baratas Blaberidae e Blattelidae, ácaros Mesostigmata, Ixodida *Ornithodoros* sp., Oribatida, Trombidiforme Rhagidiidae e Trombiculidae sp39, Schizomida *Rowlandius* sp., pseudo-escorpião *Spelaeochnes* sp.1, Pyrgodesmidae, larvas em geral, além de outros organismos atraídos pela presença de recurso trófico.

Alguns organismos inventariados foram coletados nas poças e outros corpos d'água, entre eles: larvas de díptera, como Culicidae, heterópteros da família Gerridae (*Brachymetra* sp.), Naucoridae, Notonectidae e Veliidae (*Microvelia*, *Pangaeus*, *Paravelia* e *Rhagovelia*), besouros aquáticos (Dytiscidae e Hydrophilidae), isópodos Calabozoidea, aranhas Pisauridae e Oligochaeta (Figura 5.87).



Figura 5.86. Ninfa de Cixiidae em raiz na cavidade N4WS-0079.

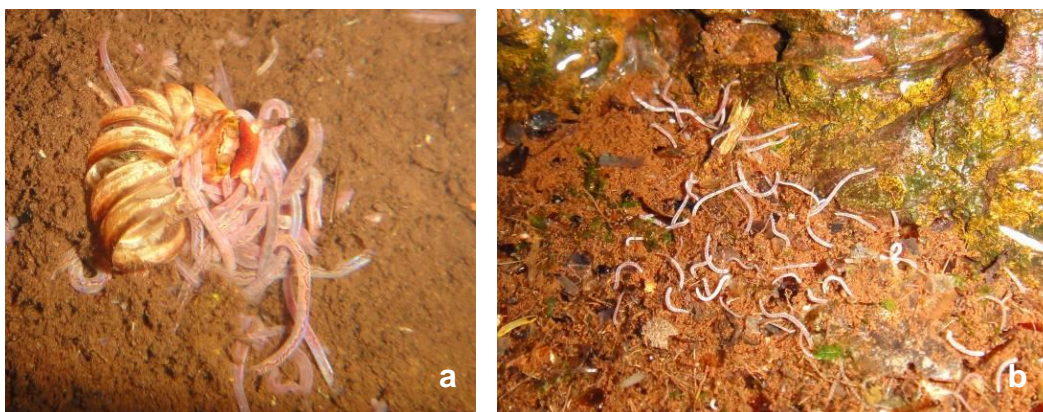
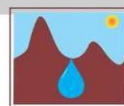


Figura 5.87. Oligochaeta aquática: a) na cavidade N4WS-0008 e b) na cavidade N4WS-0044.

### 5.3.2. Considerações sobre a fauna inventariada

Foram registradas ao menos 1208 espécies no inventário do estudo. A ocorrência de táxons está disposta no Anexo V. Alguns grupos foram melhor refinados quanto à sua identificação, como as aranhas (Dr. Antonio Brescovit, Instituto Butantan), ácaros (MSc. Leopoldo F. O. Bernardi, UFLA), isópodos (Dra Paula Araujo, UFRGS), pseudoescorpiões (Dra Renata Andrade), amblipígeos (Dr. A. P. L. Giupponi, UFRJ). 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.

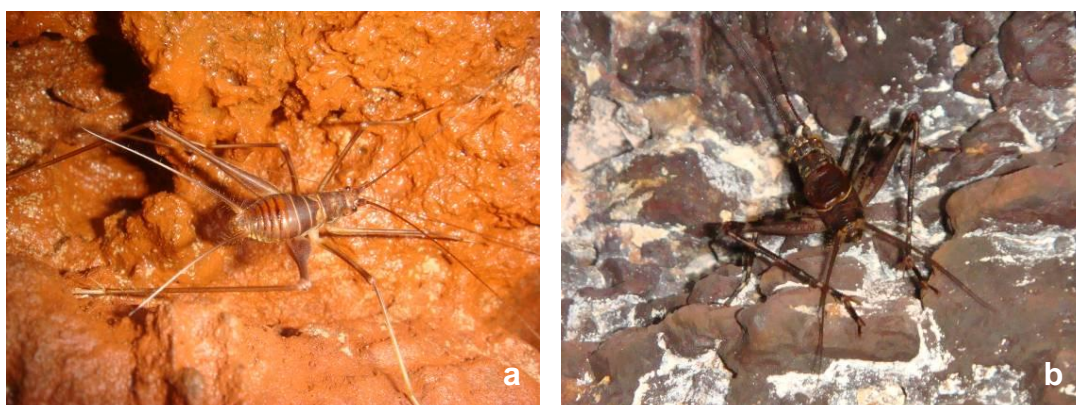
A ausência de especialistas é um fato recorrente no estudo de comunidades cavernícolas, atestado em trabalhos científicos com listas de táxons registrados no meio subterrâneo, contendo na sua maioria identificações generalizadas (níveis taxonômicos supra-específicos). Aliado a isso, muitos táxons são 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.

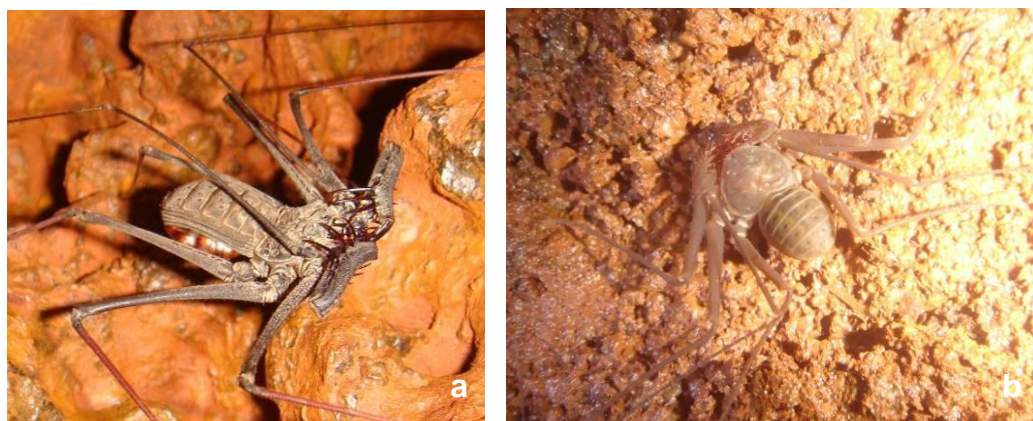
Entretanto, não é possível afirmar que todos os organismos encontrados em regiões afóticas, mais isoladas, especialmente de cavidades em minério de ferro, são cavernícolas, dado a superficialidade dessas cavidades, pela pequena extensão e presença de canalículos, aumentando a probabilidade de ocorrência de organismos acidentais, mesmo em regiões mais afastadas.

Geralmente categorizações ecológico-evolutivas são feitas após estudos populacionais específicos. 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.

Dentre os macro-invertebrados, os mais comuns foram grilos (onívoros) pertencentes à família Phalangopsidae (Figura 5.88): *Phalangopsis* sp., com indivíduos encontrados nas regiões mais distantes da entrada das cavidades, em zona afótica e penumbra, inventariado em 201 cavidades, e *Paraclodes* sp., cujos indivíduos utilizam a zona de entrada das cavidades, observado em 185 cavidades. Considerando os macro-invertebrados predadores, ambliptígio da família Phrynidae (*Heterophrynus* sp.) e Charinidae (*Charinus* sp.) foram registrados com frequência (177 e 81 cavidades, respectivamente), ocupando diferentes profundidades das cavidades, inclusive foram observadas fêmeas em período reprodutivo para a primeira espécie (Figura 5.89). Outro macro-invertebrado predador registrado com frequência nas cavidades dos platôs N4E e N5S compreende o quilópodo *Sphendononema guildingii*, com registro em 57 cavidades (Figura 5.90).



**Figura 5.88. Grilos Phalangopsidae: a) *Phalangopsis* sp. na cavidade N4WS-0018; b) *Paraclodes* sp. na cavidade e N4WS-0047.**



**Figura 5.89. Ambliptígio: a) *Heterophrynus* sp. ovada na cavidade N5S-0074; b) *Charinus* sp. na cavidade N4WS-0008.**

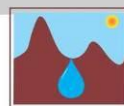


**Figura 5.90. Quilópodo *Sphendononema guildingii* na cavidade N5S-0008.**

Considerando Acari, os mais freqüentes foram *Diplothyrsus schubarti*, *Amblyomma* sp., Laelapidae sp., Veigaiidae sp., Oribatida sp., *Erythracarus* sp., Cunaxidae sp., Rhagidiidae sp., Eupodidae sp., *Parasitengonina* sp., Trombiculidae sp. e Ixodida jovem, a maioria registrada em menos de 12% das cavidades do estudo.

Dentre as aranhas, pode-se citar a ocorrência das famílias Araneidae (*Alpaida* spp. em 53 cavidades); Caponiidae (maioria jovens, registradas em 60 cavidades); Barychelidae (maioria jovens em 30 cavidades); Corinnidae (jovens registrados em 92 cavidades, com identificação da espécie *Creugas* sp.1, com adultos encontrados em 16 cavidades); Ctenidae (jovens registrados em 145 cavidades, com nove diferentes espécies identificadas no estudo - Figura 5.91); Drymusidae (maioria jovens, registrados em 84 cavidades, representada pela espécie *Drymusa spelunca* com adultos registrados em 36 cavidades); Mysmenidae, com registro em 60 cavidades, (representada principalmente por *Microdipoena* sp.1 registrada em 36 cavidades); Filistatidae com registro em 79 cavidades; Ochyroceratidae é uma família bem frequente, com exemplares registrados em 179 cavidades, sendo mais comuns as espécies *Speocera* sp.1, e *Ochyrocera* sp.1 (Figura 5.92), observadas em 87 e 64 cavidades, respectivamente; Oonopidae foi observada em 79 cavidades, representada

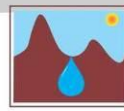




principalmente por aff. *Xyccarph* spp., registrados em 25 cavidades (aff. = não são do gênero *Xyccarph* mas semelhantes. O grupo está sendo revisado pelo Prof. Dr. Antonio Brescovit); Pholcidae com nove espécies registradas em 242 cavidades, sendo *Mesabolivar* sp.1 (Figura 5.93), *Leptopholcus* sp.1 e *Mesabolivar eberhard* as mais freqüentes, registradas em 109, 78 e 55 cavidades, respectivamente; Scytodidae com seis espécies registradas em 126 cavidades, sendo *Scytodes eleonora* registrada em 32 cavidades; Theraphosidae foi registrada em 73 cavidades, representada por aff. *Holothele* sp.1 com registro em 28 cavidades; Theridiidae foi observada em 162 cavidades, representada por 26 espécies, sendo freqüentes *Theridion* sp.1 e *Achaeearaneae* sp.1, encontradas em 53 e 25 cavidades, respectivamente; Theridiosomatidae foi registrada em 224 cavidades e foi representada principalmente por exemplares de *Plato* sp.1 - Figura 5.94 encontrado em 196 cavidades (foi a aranha mais freqüente nas cavidades estudadas).



**Figura 5.91. *Enoploctenus* sp.1 na cavidade N4WS-0055.**



**Figura 5.92. *Ochyrocera* sp.1 na cavidade N4E-0085.**



**Figura 5.93. *Mesabolivar* sp.1 com ooteca na cavidade N4E-0054.**



Figura 5.94. Aranha *Plato* sp.1 com ooteca na cavidade N4WS-0008.

Dentre os opiliões, pode-se citar *Prionostema* sp.1 (Sclerosomatidae - Figura 5.95) registrado em regiões de entrada de 72 cavidades. Escadabiidae sp.1 e sp.2 (Figura 5.96), são pequenos opiliões troglófilos, comuns em regiões afóticas, e foram registrados em 32 e 62 cavidades respectivamente. Também foram registrados com frequência exemplares do gênero *Protimesius* (Stygnidae - Figura 5.95), com três morfoespécies distribuídas em 76 cavidades, (a mais comum *P. gracilis* com registro em 64 cavidades) e a espécie *Roquettea singularis* (Cosmetidae), com registro em 35 cavidades.

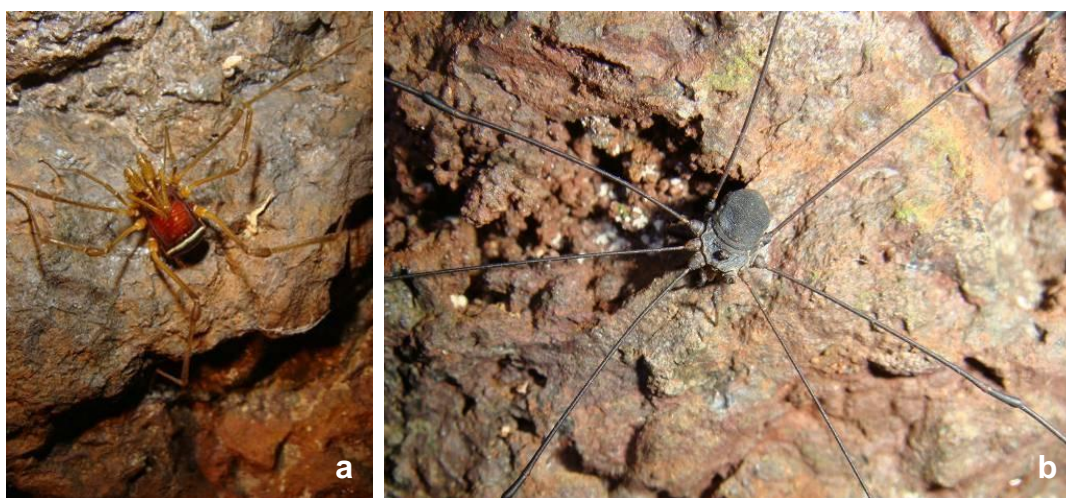


Figura 5.95. a) Opilião *Protimesius* sp. na cavidade N4E-0088 e b) *Prionostema* sp.1 na cavidade N5S-0046.



**Figura 5.96. Opilião Escadabiidae na cavidade N5S-0030.**

Considerando pseudo-escorpiões, foram registradas 14 espécies, com destaque para os táxons *Spelaeochernes* sp.1 (Chernetidae) e *Pseudochthonius* sp.1 (Chthoniidae), com maior frequência de ocorrência, registrados em 99 e 93 cavidades respectivamente; os dois gêneros englobam cavernícolas comuns em diferentes regiões do país (Mahnert, 2001). Também foram registrados exemplares das famílias Bochicidae (49 cavidades), Cheiridiidae (duas cavidades), Cheliferoidea (cinco cavidades), e Olpiidae (28 cavidades).

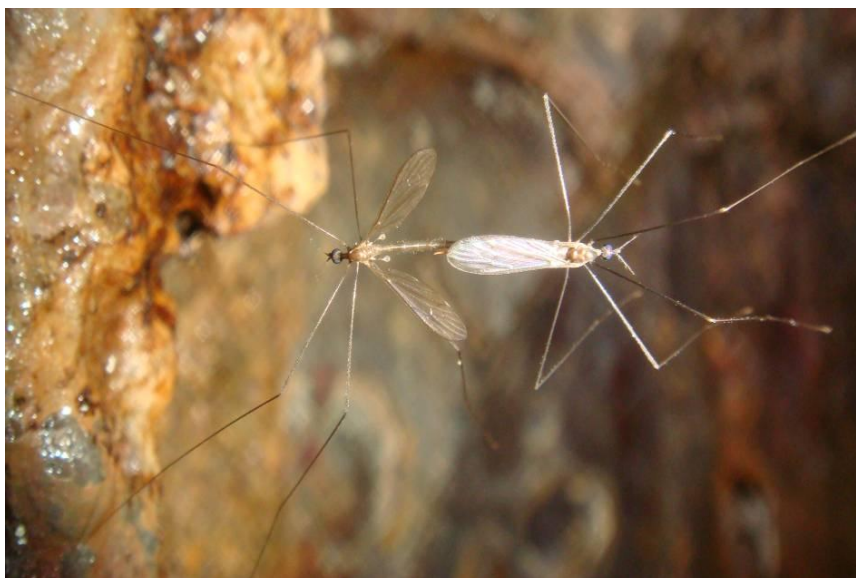
Dos miriápodos, além de *S. guildingii* já citado, os mais frequentes correspondem a quilópodos Geophilidae spp. (27 cavidades), *Newportia* spp. (35 cavidades), *Tidops* spp. (27 cavidades), e diplópodos Pyrgodesmidae spp. (118 cavidades; Figura 5.97), Fuhrmannodesmidae spp. (63 cavidades), Chelodesmidae spp. (76 cavidades), e *Pseudonannolene* sp. (jovens e adultos registrados em 58 cavidades).



**Figura 5.97. Diplopoda Pyrgodesmidae na cavidade N4E-0095.**

Considerando os insetos, colêmbolos foram comuns, sendo os mais frequentes Paronellidae sp.1 (171 cavidades) e sp.4 (97 cavidades). Também foram encontrados representantes da família Cyphoderidae em 51 cavidades, Entomobryidae sp.1 em 41 cavidades, Isotomidae sp.1 (83 cavidades) e Sminthuroidea sp.2 em 54 cavidades. Dipluros Campodeidae sp.1 foram comuns (151 cavidades), seguidos de Projapygidae sp.1 e Japygidae sp.1 em 34 e 25 cavidades, respectivamente. Thysanuros Nicoletiidae ocorreram em 95 cavidades e Ateluridae em 16 cavidades. Baratas foram comuns e registradas principalmente a partir de jovens em 203 cavidades. Entre os adultos, os mais comuns foram Blattellidae encontradas em 32 cavidades, seguido de Polyphagidae e Blattidae (registradas em 26 e 22 cavidades, respectivamente), e os menos frequentes foram Blaberidae, registrados em 26 cavidades (exemplares adultos em 11 cavidades). Coleoptera foi um grupo diversificado no inventário, podendo destacar-se a família Staphylinidae, com cerca de 115 morfoespécies identificadas, sendo 42 pertencentes à sub-família Pselaphinae; pouco frequentes, muitos correspondem a epígeos encontrados ocasionalmente nas cavidades. Em Diptera, destacam-se mosquitos palha (Phlebotominae), registrados em 203 cavidades, representados principalmente por *Sciopemyia sordelli*, ectoparasitas de sapos e lagartos, encontradas em 89 cavidades. A família Tipiludae (Figura 5.98) também foi muito representativa, observada em região de entrada de 178 cavidades. Entre os hemípteros

(Figura 5.99) destacam-se Cixiidae (ninfas em 173 cavidades e adultos de Cixiidae sp.3 em 37 cavidades); Reduviinae (registrados em 119 cavidades, principalmente na forma juvenil); Emesinae (99 cavidades); e Cydnidae, registrado em 63 cavidades, representado principalmente por *Pangaeus* sp., com ocorrência registrada em 11 cavidades. Formigas (Figura 5.100) foram um grupo diversificado, sendo as espécies mais comuns *Camponotus* sp.1 e sp.2 (102 e 64 cavidades, respectivamente), *Pachycondyla* sp.2 (89 cavidades), *Solenopsis* sp.1 (82 cavidades) e *Paratrechina* sp1, registrada em 63 cavidades. Cupins do gênero *Nasutitermes* sp. foram frequentes e inventariados em 147 cavidades, sendo que em algumas ocasiões foram registrados cupinzeiros (Figura 5.101). Mariposas Noctuoidea foram comuns nas cavidades, sendo freqüentes Noctuoidea sp.1, sp.2 e sp.5 (51, 29 e 62 cavidades, respectivamente – Figura 5.102). Tineoidea também foi um grupo frequente nas cavidades amostradas, representado principalmente por Tineoidea sp.1 e sp.3, observados em 39 e 31 cavidades, respectivamente. Psocópteros das famílias Epipsocidae e Psyllipsocidae foram frequentes, observados em 77 e 76 cavidades, respectivamente, sendo a maioria das ocorrências registradas a partir de exemplares jovens. Os adultos mais comuns foram *Epipsocus* sp.2 e *Psyllipsocus* sp.1, observados em 51 e 24 cavidades, respectivamente.



**Figura 5.98. Cópula de Tipulidae na entrada da cavidade N4WS-0004.**



Figura 5.99. a) Derbidae sp.1 na N4WS-0030; b) Cixiidae sp.3 na cavidade N4E-0052.



Figura 5.100. Formigas: a) *Pachycondyla* sp.1 na cavidade N4WS-0034; b) *Camponotus atriceps* na cavidade e N4WS-0016.



**Figura 5.101. Cupinzeiro na cavidade N4E-0055.**



**Figura 5.102. a) Noctuoidea sp.12 na cavidade N5S-0026: b) Noctuoidea sp.8 na cavidade N5S-0031.**



Exemplares de Onychophora (*Epiperipatus* sp.1) foram encontrados em apenas seis cavidades de N5S. Exemplares da espécie provavelmente são acidentais, tendo sido registrados em regiões iluminadas próximas de entradas.

Entre os crustáceos, foram frequentes isópodos Armadillidae sp.1 (76 cavidades), Philosciidae sp.1 (59 cavidades) e *Circoniscus buckupi* (58 cavidades). Moluscos Gastropoda Systrophiidae (*Happia* sp. em 104 cavidades) e Bulimulidae (*Naesiotus* sp. em 43 cavidades) também apresentaram frequência alta nas cavidades estudadas e foram encontrados em locais de maior umidade.

Considerando os vertebrados, foram comuns anfíbios *Pristimantis* cf. *fenestratus* (Figura 5.103), que utilizam a cavidade como abrigo e podem se alimentar de grilos Phalangopsidae que colonizam as cavidades; foram registrados no interior de pelo menos 153 cavidades. Outro anfíbio registrado, observado em pelo menos 21 cavidades, compreende *Leptodactylus* cf. *vastus* (Figura 5.103), geralmente encontrados em cavidades úmidas. Outros anfíbios foram encontrados com menor frequência, como *Epipedobates* sp. observado em seis cavidades e *Rhinella* sp. em quatro cavidades, *Eleutherodactylus* cf. *fenestratus* em duas cavidades e *Pipa* sp. encontrado apenas na cavidade N4E-0095. Lagartos Gekkonidae *Thecadactylus* sp. foram registrados em 21 cavidades (Figura 5.104), e aff. *Neusticurus* sp. em três cavidades. Cobras foram observadas em seis cavidades e um jabuti foi encontrado na cavidade N4WS-0062 (Figura 5.105).



**Figura 5.103. a) *Pristimantis* cf. *fenestratus*, com díptero flebotomíneo no dorso, na cavidade N4WS-0029; b) *Leptodactylus* cf. *vastus* na cavidade N4WS-0008.**



Figura 5.104. *Thecadactylus* sp. (Gekkonidae) na cavidade N4WS-0010.

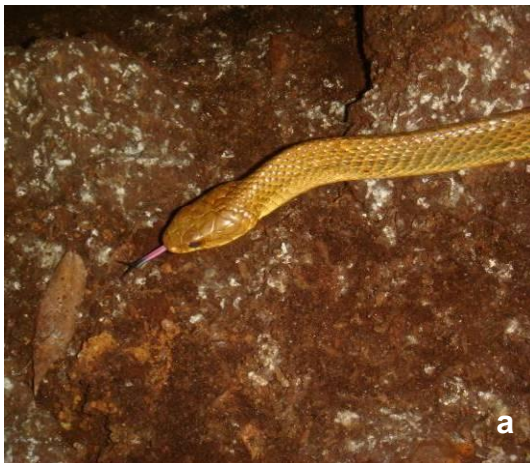


Figura 5.105. a) Cobra *Pseustes* cf. *sulphureus* na cavidade N4WS-0072; b) *Chelonoidis* sp. na cavidade N4WS-0062.

Roedores foram registrados em 42 cavidades, representados principalmente por *Rhipidomys* sp. Usam o meio subterrâneo para abrigo e reprodução; vestígios de ninhos de roedores foram registrados em ao menos 63 cavidades (Figura 5.106).



Figura 5.106. a) *Rhipidomys* sp. na cavidade N4WS-0054; b) vestígio de ninho de roedor na cavidade N4WS-0059.

Aves foram observadas em três cavidades, incluindo a presença de um curiango *Nyctidromus albicollis* na entrada da cavidade N4WS-0033 e dois ninhos com filhotes não identificados, um na cavidade N4WS-0009 na campanha úmida e outro na cavidade N4WS-0006, na campanha seca (Figura 5.107).

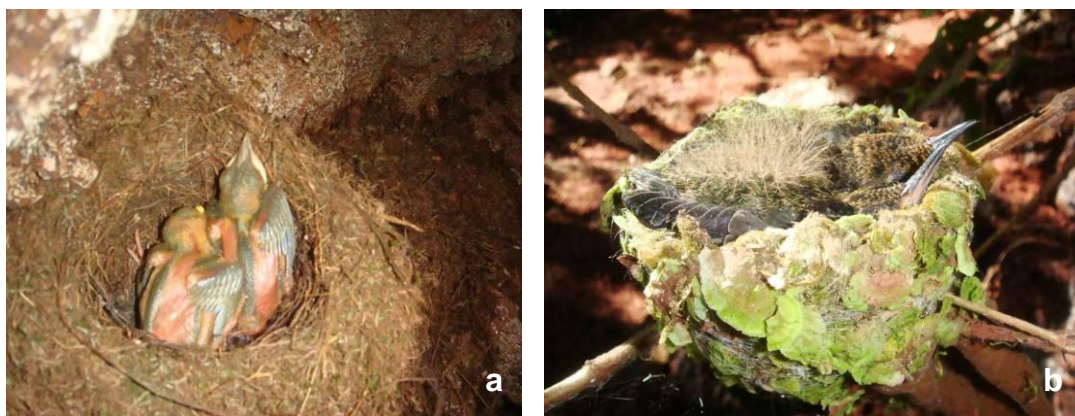


Figura 5.107. Ninhos de ave com filhotes não identificados, encontrado: a) na cavidade N4WS-0009 e b) N4WS-0006.

Dentre os vertebrados registrados, os mais frequentes correspondem a morcegos. Foram registradas pelo menos 17 espécies, sendo a mais frequente *Peropteryx* sp., de dieta insetívora, observados ao menos em uma campanha de campo em pelo menos 150 cavidades; não formam grandes colônias e são encontrados próximos às entradas (Figura 5.108).



**Figura 5.108. Morcego insetívoro *Peropteryx* na cavidade N4WS-0076.**

Outras espécies com registro frequente correspondem à *Carollia perspicillata*, de dieta frugívora, registrada em 58 cavidades em ao menos uma ocasião de coleta, apresentando população elevada da espécie nas cavidades N4WS-0015, N4WS-0072 e N5S-0063/0064/0065, e *Furipterus horrens*, registrada em 54 cavidades, apresentando população elevada nas cavidades N4WS-0015 e N5S-0030, com aproximadamente 170 e 150 indivíduos, respectivamente. Considerando os hematófagos, *Desmodus rotundus* foi observado em duas cavidades e *Diphylla ecaudata* em nove cavidades, ambos pouco abundantes.

Dentre os Glossophaginae, nectarívoros, os mais comuns foram *Glossophaga soricina*, registrada em 14 cavidades ao menos em uma campanha de campo. Outros representantes do táxon inventariados nas cavidades compreendem *Anoura geoffroyi*, *A. caudifer*, *Lonchophylla thomasi*, ocorrendo em menos de três cavidades, embora *Anoura geoffroyi* tenha apresentado população elevada em uma ocasião de coleta nas cavidades N4E-0026 e N4E-0092.

Outras espécies registradas em baixa frequência e abundância correspondem a *Lamproncycteris brachyotis*, *Lonchorrhina aurita*, *Micronycteris microtis* (de dieta predominante insetívora), *Phyllostomus latifolius* (onívoro),

*Trachops cirrhosus* (carnívoro) e *Natalus* sp. (Figura 5.109), este último encontrado apenas na cavidade N4WS-0067.

Morcegos *Pteronotus* sp. foram registrados apenas nas cavidades N4WS-0072 e N5S-0017, nas duas ocasiões de coleta, e apresentavam população de tamanho elevada.

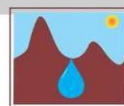
Destacam-se as cavidades N4E-0026 (oito espécies), N5S-0063/0064/0065 (sete espécies) e N4WS-0008 (seis espécies) pela diversidade de morcegos registrados.



**Figura 5.109. Morcego *Natalus* sp. na cavidade N4WS-0067.**

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 macro-invertebrados, como os grilos e amblipídeos), 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 troglomorfose, tais como redução de olhos e pigmento. Para relacionar reduções morfológicas a

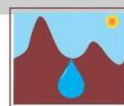


especializações subterrâneas é necessário conhecer a posição taxonômica das espécies cavernícolas, que não é disponível em muitos casos (Gnaspini & Trajano, 1994). Alguns organismos possuem reduções morfológicas comuns ou mesmo inerentes ao grupo taxonômico que os inclui, ocorrendo em parentes filogenéticos epígeos que geralmente ocupam locais com características similares no meio superficial, muito 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. Muitos desses organismos foram encontrados também em zona de entrada, onde as variações climáticas são mais acentuadas.

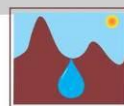
As morfoespécies troglomórficas com indicativo de restrição ao meio subterrâneo (potenciais troglóbios) estão listadas na Tabela 5.5.

**Tabela 5.5. Táxons troglomórficos em N4, N5, PESE e PESL e respectivas cavidades de registro no presente estudo. Estão indicados ao lado dos táxons os troglomorfismos detectados (1) redução/ausência ocular; (2) redução pigmentação; (3) alongamento de apêndices; (4) alongamento de cerdas sensoriais.**

Táxon		Cavidades
Acari	Sphaerolichidae sp.1 <sup>1,4</sup>	N4E-0080
		N5S-0037, N5S-0063/0064/0065, N5S-0070
Amblypygi	<i>Charinus</i> sp.1 <sup>1,2</sup>	N4E-0001, N4E-0002, N4E-0010, N4E-0012, N4E-0013, N4E-0014, N4E-0015, N4E-0016, N4E-0021, N4E-0022, N4E-0028, N4E-0033, N4E-0038, N4E-0044, N4E-0048, N4E-0052, N4E-0057, N4E-0061, N4E-0062, N4E-0063, N4E-0067, N4E-0068, N4E-0070, N4E-0071, N4E-0072, N4E-0073, N4E-0074, N4E-0075, N4E-0077, N4E-0078, N4E-0079, N4E-0080, N4E-0082, N4E-0083, N4E-0085, N4E-0087, N4E-0088, N4E-0089, N4E-0092, N4E-0095 N4WS-0004, N4WS-0006, N4WS-0008, N4WS-0011, N4WS-0012, N4WS-0013, N4WS-0015, N4WS-0026, N4WS-0029, N4WS-0030, N4WS-0031, N4WS-0032, N4WS-0034, N4WS-0060, N4WS-0062, N4WS-0064, N4WS-0067, N4WS-0070, N4WS-0073, N4WS-0075, N4WS-0079 N5S-0001, N5S-0003, N5S-0004, N5S-0008, N5S-0009, N5S-0010, N5S-0014, N5S-0021, N5S-0022, N5S-0025, N5S-0034, N5S-0037, N5S-0057, N5S-0060, N5S-0062, N5S-0063/0064/0065, N5S-0070, N5S-0074, N5S-0075, N5S-0085
Araneae	Caponiidae Gen.n.sp.1 <sup>1,2</sup>	N4E-0008, N4E-0015, N4E-0018, N4E-0022, N4E-0026, N4E-0031, N4E-0033, N4E-0039, N4E-0062, N4E-0065, N4E-0068, N4E-0073, N4E-0074, N4E-0077, N4E-0080, N4E-0082, N4E-0084, N4E-0086 N4WS-0004, N4WS-0015, N4WS-0018, N4WS-0047, N4WS-0067, N4WS-0073 N5S-0003, N5S-0004, N5S-0007, N5S-0008, N5S-0009, N5S-0010, N5S-0011, N5S-0013, N5S-0014, N5S-0018, N5S-0020, N5S-0021, N5S-0022, N5S-0026, N5S-0030, N5S-0031, N5S-0037, N5S-0038, N5S-0042, N5S-0043, N5S-0052, N5S-0054, N5S-0055, N5S-0056, N5S-0062, N5S-0063/0064/0065, N5S-0066, N5S-0070, N5S-0074, N5S-0075, N5S-0079, N5S-0085
	Ochyroceratidae sp.n.1 <sup>1,2</sup>	N4WS-0067, N4WS-0073



	Oonopidae <sup>1,2</sup>	N4WS-0027, N4WS-0067, N4WS-0069
	aff. <i>Xyccarph</i> sp.1 <sup>1,2</sup>	N4E-0006, N4E-0015, N4E-0022, N4E-0061, N4E-0080 N5S-0004, N5S-0007, N5S-0085
	<i>Matta</i> sp.1 <sup>1,2</sup>	N4WS-0015 N5S-0021, N5S-0035, N5S-0075, N5S-0078
Pseudoscorpiones	<i>Pseudochthonius</i> sp.2 <sup>1,2,3</sup>	N5S-0007, N5S-0008, N5S-0009, N5S-0018, N5S-0019, N5S-0020, N5S-0021, N5S-0022, N5S-0025, N5S-0030, N5S-0037, N5S-0085
	<i>Pseudochthonius</i> sp.3 <sup>1,2,3</sup>	N4E-0015, N4E-0022, N4E-0061 N4WS-0004, N4WS-0067, N4WS-0073
Opiliones	Escadabiidae sp.4 <sup>1,2</sup>	PESE-0004
Coleoptera	Dytiscidae sp.7 <sup>1,2</sup>	N4E-0073, N4E-0089 N5S-0011, N5S-0036, N5S-0063/0064/0065, N5S-0068
	<i>Copelatus cessaima</i> <sup>1,2</sup>	N4E-0010, N4E-0022 N4WS-0013, N4WS-0067
	Dytiscidae sp.11B <sup>1,2</sup>	N4E-0052 N4WS-0008, N4WS-0032, N4WS-0056
	Dytiscidae sp.11C <sup>1,2</sup>	N5S-0009, N5S-0015, N5S-0037
	Dytiscidae sp.12A <sup>1,2</sup>	N4E-0052, N4E-0073 N4WS-0034, N4WS-0056, N4WS-0062 N5S-0008, N5S-0037
	Dytiscidae sp.12B <sup>1,2</sup>	N5S-0010, N5S-0063/0064/0065, N5S-0068, N5S-0074
	Dytiscidae sp.20 <sup>1,2</sup>	N5S-0040
	Histeridae sp.2 <sup>1,2</sup>	N4WS-0072
	<i>Coarazuphium</i> sp.n.1 <sup>1,2,3,4</sup>	N4E-0008, N4E-0010, N4E-0021, N4E-0033, N4E-0039 N5S-0009, N5S-0019, N5S-0021, N5S-0030, N5S-0070, N5S-0085
	<i>Coarazuphium</i> sp.n.2 <sup>1,2,3,4</sup>	N4E-0008, N4E-0010 N5E-0005 N5S-0008, N5S-0011, N5S-0037
	Carabidae sp.17 <sup>1,2,3</sup>	N4E-0007, N4E-0021, N4E-0043 N4WS-0073 N5S-0021, N5S-0023
	Pselaphinae sp.12 <sup>1,2,3,4</sup>	N4E-0010, N4E-0021, N4E-0052, N4E-0068 N5S-0008, N5S-0009, N5S-0010, N5S-0014, N5S-0018, N5S-0020, N5S-0085
	Staphylinidae sp.10 <sup>1</sup>	N5S-0021, N5S-0063/0064/0065
	Staphylinidae sp.34 <sup>1</sup>	N4E-0022, N4E-0033
	Staphylinidae sp.76 <sup>1,2</sup>	N4E-0011, N4E-0033
Collembola	Cyphoderidae sp.1 <sup>1,2,3</sup>	N4E-0010, N4E-0014, N4E-0015, N4E-0021, N4E-0033, N4E-0043, N4E-0045, N4E-0046, N4E-0052, N4E-0054, N4E-0057, N4E-0061, N4E-0062, N4E-0074, N4E-0079, N4E-0080, N4E-0085, N4E-0089, N4E-0092, N4E-0095 N4WS-0004, N4WS-0008, N4WS-0010, N4WS-0013, N4WS-0015, N4WS-0031, N4WS-0035, N4WS-0056, N4WS-0072, N4WS-0073, N4WS-0075, N4WS-0076, N4WS-0079 N5S-0006, N5S-0008, N5S-0010, N5S-0012, N5S-0014, N5S-0018, N5S-0021, N5S-0037, N5S-0051, N5S-0062, N5S-0063/0064/0065, N5S-0069, N5S-0073, N5S-0074, N5S-0076, N5S-0079, N5S-0083 PESE-0002
	Entomobryidae sp.4 <sup>1,2</sup>	N4E-0009, N4E-0013, N4E-0018, N4E-0045, N4E-0061, N4E-0074, N4E-0092



		N4WS-0020, N4WS-0064 N5S-0007, N5S-0009, N5S-0021, N5S-0055, N5S-0074, N5S-0077, N5S-0082
	Paronellidae sp.4 <sup>1,2</sup>	N4E-0001, N4E-0002, N4E-0003, N4E-0006, N4E-0008, N4E-0010, N4E-0011, N4E-0013, N4E-0018, N4E-0021, N4E-0022, N4E-0023, N4E-0026, N4E-0028, N4E-0033, N4E-0039, N4E-0043, N4E-0044, N4E-0045, N4E-0048, N4E-0051, N4E-0053, N4E-0055, N4E-0057, N4E-0061, N4E-0062, N4E-0064, N4E-0067, N4E-0068, N4E-0070, N4E-0072, N4E-0073, N4E-0074, N4E-0076, N4E-0077, N4E-0079, N4E-0080, N4E-0082, N4E-0085, N4E-0086, N4E-0087, N4E-0089, N4E-0092, N4E-0093, N4E-0095 N4WS-0002, N4WS-0003, N4WS-0004, N4WS-0006, N4WS-0013, N4WS-0015, N4WS-0016, N4WS-0018, N4WS-0024, N4WS-0031, N4WS-0032, N4WS-0034, N4WS-0037, N4WS-0047, N4WS-0050, N4WS-0054, N4WS-0056, N4WS-0057, N4WS-0058, N4WS-0062, N4WS-0067, N4WS-0068, N4WS-0069, N4WS-0072, N4WS-0073, N4WS-0075, N4WS-0079 N5S-0006, N5S-0007, N5S-0008, N5S-0009, N5S-0010, N5S-0011, N5S-0012, N5S-0018, N5S-0019, N5S-0020, N5S-0021, N5S-0025, N5S-0026, N5S-0028, N5S-0032, N5S-0035, N5S-0037, N5S-0044, N5S-0056, N5S-0057, N5S-0061, N5S-0069, N5S-0085 PESE-0002, PESE-0005
	Sminthuroidea sp.1 <sup>1,2,3</sup>	N4WS-0015, N4WS-0049 N5S-0021, N5S-0026, N5S-0037, N5S-0074, N5S-0085 PESE-0005, PESE-0006
Isopoda	<i>Circoniscus buckupi</i> <sup>1,2,4</sup>	N4E-0003, N4E-0007, N4E-0008, N4E-0010, N4E-0011, N4E-0013, N4E-0014, N4E-0015, N4E-0019, N4E-0020, N4E-0022, N4E-0026, N4E-0028, N4E-0033, N4E-0034, N4E-0039, N4E-0051, N4E-0057, N4E-0061, N4E-0062, N4E-0072, N4E-0073, N4E-0074, N4E-0082, N4E-0085, N4E-0089 N4WS-0003, N4WS-0004, N4WS-0013, N4WS-0014, N4WS-0015, N4WS-0037, N4WS-0055, N4WS-0057, N4WS-0067, N4WS-0068, N4WS-0073, N4WS-0076 N5E-0008 N5S-0007, N5S-0008, N5S-0009, N5S-0010, N5S-0011, N5S-0014, N5S-0018, N5S-0019, N5S-0020, N5S-0021, N5S-0022, N5S-0025, N5S-0026, N5S-0030, N5S-0037, N5S-0052, N5S-0063/0064/0065, N5S-0074, N5S-0075, N5S-0085
	Calabozoidea sp.1 <sup>1,2</sup>	N4E-0089 N5S-0052, N5S-0057
Chilopoda	<i>Cryptops</i> sp.3 <sup>2,3</sup>	N4E-0004

A maioria dos táxons relacionados apresenta parentes filogenéticos registrados para o meio subterrâneo de outras regiões do país, como é o caso de *Coarazuphium* (e.g. Alvares & Ferreira, 2002; Figura 5.110), no presente estudo registrados em cavidades com regiões mais abrigadas, com intensidade luminosa reduzida e umidade alta. Futuras revisões por especialistas e ampliação do conhecimento sobre sua distribuição geográfica podem elucidar algumas questões sobre seu endemismo ao meio subterrâneo.





**Figura 5.110. a) *Coarazuphium* sp.1 na cavidade N5S-0030; b) exemplar em álcool observado a partir de esteromicroscópio.**

Considerando os aracnídeos, cinco aranhas troglomórficas com possibilidades de endemismo foram registradas: Caponiidae sp.1 (Figura 5.111), Ochyroceratidae sp.1 (Figura 5.112), aff. *Xyccarph* sp.1, *Matta* sp.1 e Oonopidae (três exemplares jovens). Há a possibilidade dos Oonopidae serem a mesma espécie de aff. *Xyccarph* sp.1, entretanto, como a espécie não foi registrada na área de N4WS, optou-se por separar em duas espécies pelo princípio da precaução. Seriam necessárias novas visitas às cavidades com ocorrência dos exemplares jovens para confirmação a partir de exemplares adultos; duas morfoespécies de pseudo-escorpiões: *Pseudochthonius* sp.2 e sp.3, gênero comum em meio subterrâneo no país (Mahnert, 2001). Ácaros Sphaerolichidae apresentam características troglomórficas; ainda é um grupo complexo, com grande incerteza quanto sua posição filogenética; sua ocorrência não está restrita à área de estudo, sendo encontrados em outras cavidades da Serra dos Carajás (com. pess. Leopoldo Bernardi, UFLA). Amblypygi *Charinus* sp.1 (Figura 5.89) apresentou uma distribuição ampla em cavidades da região. Um único exemplar de opilião troglomórfico (Escadabiidae sp.4) foi observado, encontrado na cavidade PESE-0004. Com relação aos miriápodos, um exemplar de *Cryptops* dentre os coletados apresentou características troglomórficas (cavidade N4E-0004).



**Figura 5.111. Aranha Caponiidae sp.1 na cavidade N5S-0026.**



**Figura 5.112. Ochyroceratidae sp.1 com ovos na quelícera - cavidade N4WS-0067.**

Foram registrados dois grupos taxonômicos com representantes troglomórficos no meio aquático, encontrados em poças e corpos d'água no interior da caverna. Um deles corresponde a besouros Dytiscidae (Figura 5.113), com sete morfoespécies troglomórficas registradas no estudo; dentre elas sobressai-se *Copelatus cessima*, com exemplares com tamanho corporal maior, coletados nas duas campanhas de campo em três das quatro cavidades relacionadas. O segundo grupo corresponde a isópodos Calabozoidea, uma morfoespécie registrada em três cavidades.



**Figura 5.113. Besouros Dytiscidae sp.7 da cavidade N5S-0063/0064/0065.**

O isópodo terrestre troglomórfico (*Circoniscus buckupi*) apresenta ampla distribuição na área de estudo (Figura 5.114).



**Figura 5.114. Scleropactidae *Circoniscus buckupi* da cavidade N5S-0009.**

Considerando os besouros, além dos Dytiscidae aquáticos foram registradas mais oito espécies troglomórficas. Podem ser citadas quatro morfoespécies de Staphylinidae, sendo que representantes de Pselaphinae sp.12 possuem características troglomórficas marcantes, com apêndices bem alongados, além da ausência de olhos. Foram também registrados exemplares

troglobíicos de Histeridae e Carabidae (Figura 5.115). Este último representado pelas duas espécies novas citadas anteriormente (*Coarazuphium*) e Carabidae sp.17. Exemplos de *Coarazuphium* sp.n.1 foram registrados em Serra Leste e Serra Sul, e *Coarazuphium* sp.n.2 foi registrado em Serra Sul e Serra da Bocaina.



Figura 5.115. Besouros: a) Pselaphinae sp.12 da cavidade N5S-0085; b) Carabidae sp.17 da cavidade N5S-0021.

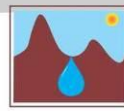
Adicionalmente, foram considerados colêmbolos troglobíicos, pertencentes aos táxons Cyphoderidae, Entomobryidae, Paronellidae e Sminthuroidea.

Um estudo comparativo entre espécies troglobíicas de cavidades de outras regiões de Carajás está em andamento, com intuito de melhorar o conhecimento da distribuição dessas espécies.

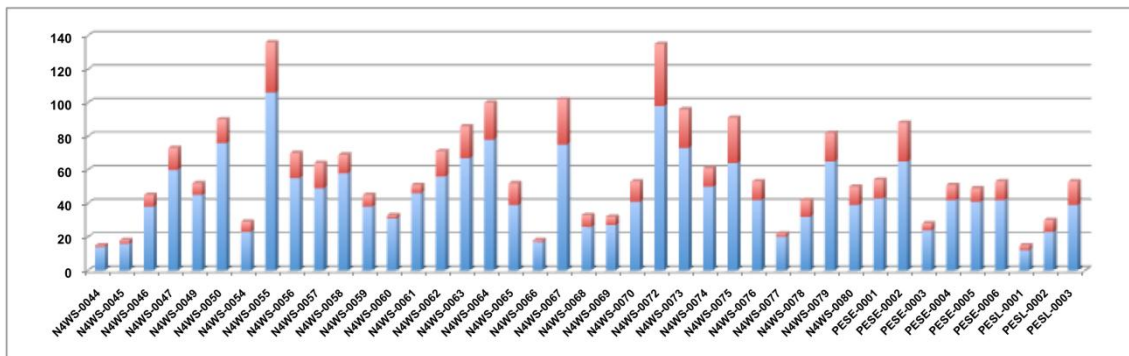
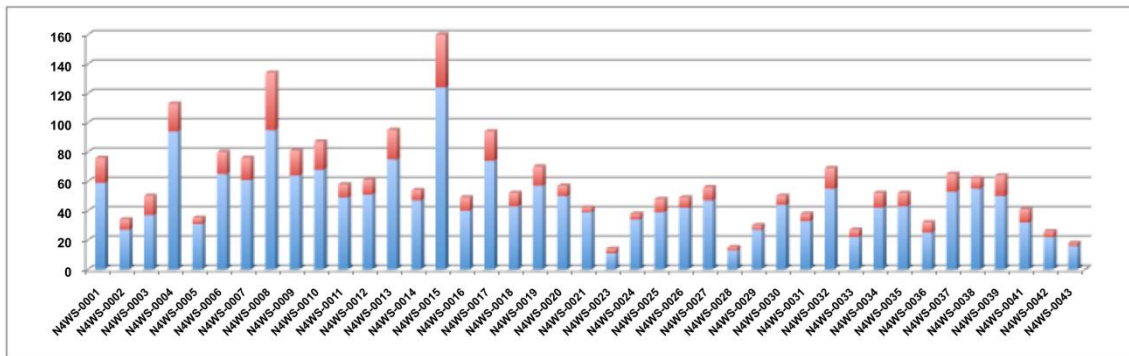
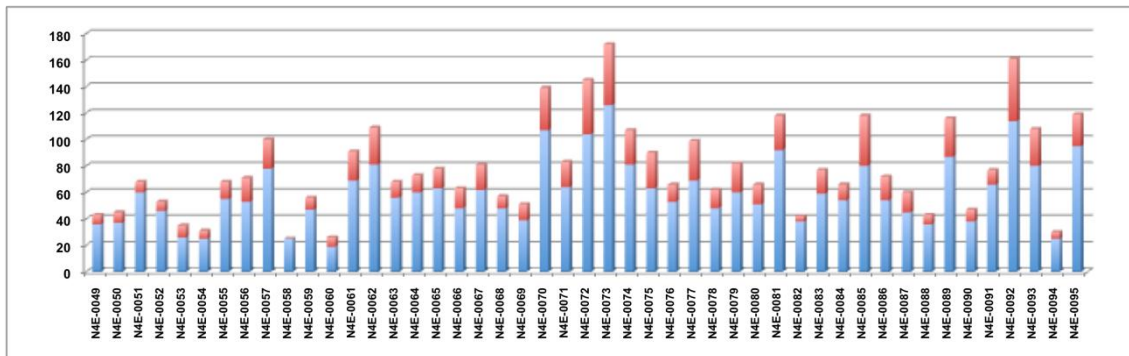
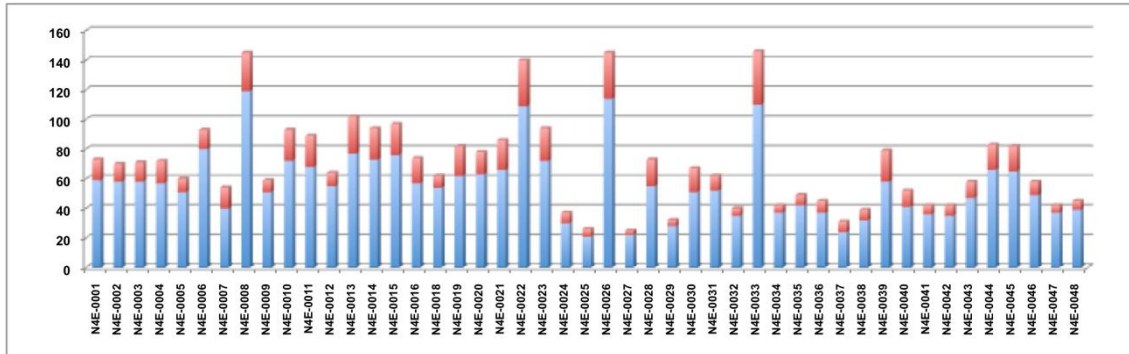
### 5.3.3. Análises

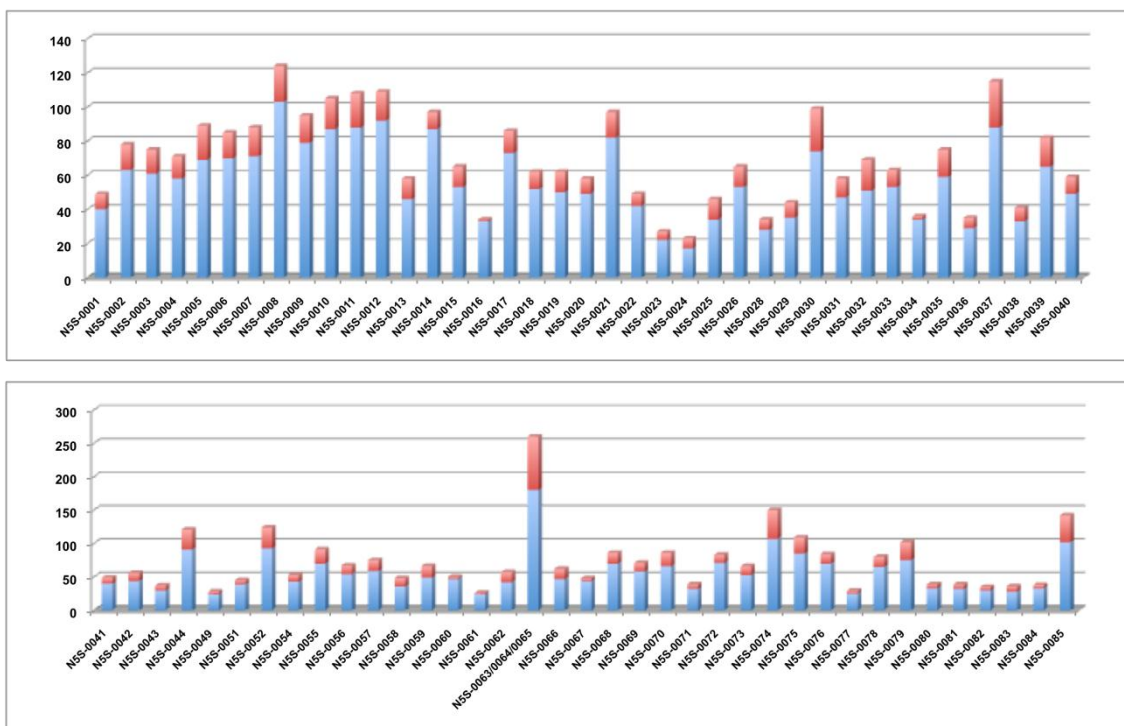
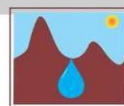
#### 5.3.3.1. Riqueza

Foram inventariadas ao menos 1208 espécies no presente estudo. 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 Anexo VI e na Figura 5.116, que exibe o



número total de táxons coletados para cada cavidade e a quantidade de táxons comuns às duas campanhas de coleta.

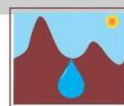




**Figura 5.116. Número de morfoespécies registrado para cada cavidade (azul + vermelho) com indicação dos táxons recorrentes em ambos os inventários (vermelho).**

A riqueza média encontrada considerando ambas as campanhas foi de  $54 \pm 25$  espécies. Não ocorreu diferença significativa comparando-se inventários efetuados em diferentes períodos sazonais, a média para a campanha seca foi de  $35 \pm 19$  e para a campanha úmida de  $33 \pm 18$  espécies. Já a proporção de táxons recorrentes (coletados em ambas as campanhas de campo em uma mesma cavidade) foi baixa (média de  $24 \pm 8\%$ ). Tal resultado indica uma variação na composição faunística de cada cavidade, que pode estar relacionada com a ocorrência de organismos acidentais em regiões de ecótono.

A cavidade com maior riqueza corresponde à cavidade N5S-0063/0064/0065, com 183 morfoespécies registradas. Essa cavidade possui grande extensão, sendo encontrada uma gradação de diferentes intensidades luminosas e ausência de luz, e também grande variedade de microhabitats no seu interior, com diferentes tipos de recursos tróficos, incluindo guano de morcego abundante, raízes, detrito no seu interior, carcaça além de poças, habitat adicional para a fauna. Destacam-se ainda as cavidades N4E-0008, N4E-0022, N4E-0026, N4E-0033, N4E-0070, N4E-0072, N4E-0073, N4E-0092, N4WS-0015, N4WS-0055, N5S-0008, N5S-0063/0064/0065, N5S-0074 e N5S-



0085, a maioria cavernas com grandes dimensões, todas com mais de 100 morfoespécies registradas. A maior parte dessas cavidades também apresenta uma proporção maior de táxons recorrentes em ambas as campanhas de campo.

### 5.3.3.2. Curva de acumulação de espécies coletadas

As curvas de acumulação de espécies coletadas considerando a totalidade de amostras (duas campanhas por cavidades) podem ser observadas na Figura 5.117. 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.

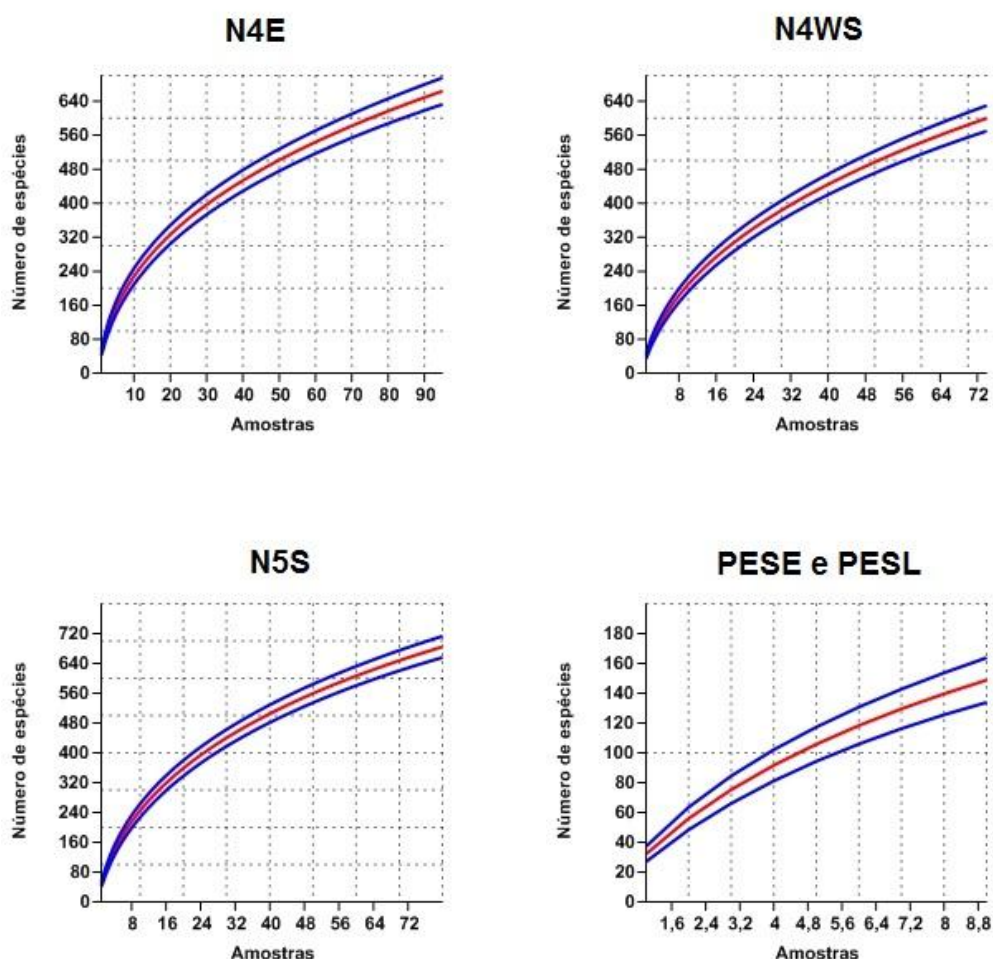
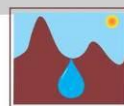


Figura 5.117. Curva de acumulação de espécies considerando duas campanhas de campo para a totalidade das cavidades estudadas em Serra Norte, Carajás: n=188 (N4E); n=146 (N4WS); n=152 (N5S); n=18 (PESE e PESL).



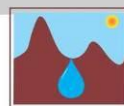
Um dos principais fatores a serem levados em consideração para a não estabilização das curvas é a ocorrência de uma grande variação na composição faunística de cada cavidade, que inclui também organismos acidentais encontrados principalmente em regiões próximas às entradas maiores e organismos subterrâneos encontrados principalmente nas micro e meso cavidades, que ocasionalmente são encontrados nas macro-cavidades. 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.

#### **5.3.3.3. Abundância**

A abundância relativa para organismos maiores de 1 cm e de identificação mais precisa em campo estão registrados no Anexo VI, com indicação das seguintes cavidades com mais de 30% de espécies com abundância relativa alta: N4E-0001 até N4E-0016, N4E-0018 até N4E-0038, N4E-0040, N4E-0041, N4E-0045, N4E-0047, N4E-0050, N4E-0053, N4E-0055, N4E-0059, N4E-0061, N4E-0064, N4E-0068, N4E-0071, N4E-0073, N4E-0075, N4E-0076, N4E-0078, N4E-0079, N4E-0082, N4E-0087, N4E-0088, N4E-0091, N4E-0092, N4E-0093, N4E-0095, N4WS-0004, N4WS-0006, N4WS-0008, N4WS-0010 até N4WS-





0015, N4WS-0017, N4WS-0018, N4WS-0021, N4WS-0023, N4WS-0025, N4WS-0026, N4WS-0028, N4WS-0045, N4WS-0046, N4WS-0050, N4WS-0055, N4WS-0057, N4WS-0063, N4WS-0070, N4WS-0072, N4WS-0073, N4WS-0074, N4WS-0078, N5S-0001 até N5S-0023, N5S-0028 até N5S-0032, N5S-0035, N5S-0039, N5S-0043, N5S-0052, N5S-0061, N5S-0063/0064/0065, N5S-0067, N5S-0069, N5S-0073, N5S-0074, N5S-0076, N5S-0077, N5S-0083, N5S-0084, N5S-0085, PESE-0001, PESE-0002, PESE-0005 e PESL-0001. Entretanto deve ser levado 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.

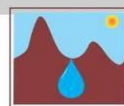
Tendo em vista que as cavidades inventariadas apresentam pequeno número de espécies com tamanho corporal maior ou igual a 1 cm, torna-se impreciso o método para indicar cavidades com populações abundantes. Pode ser observado que cavidades com maiores números de espécies apresentam proporções melhor distribuídas de abundância relativa.

## **6. ANÁLISE DE RELEVÂNCIA**

### **6.1. Introdução**

Em 07 de novembro de 2008 foi publicado o Decreto Federal N. 6640, que alterou significativamente o status jurídico referente à proteção das cavernas brasileiras. Esse decreto prevê a classificação das cavernas segundo quatro graus de relevância: máximo, alto, médio e baixo. A determinação das cavernas de relevância máxima é realizada através de parâmetros definidos pelo referido decreto. Os demais graus de relevância foram apenas esboçados, estando remetidos à Instrução Normativa que só seria publicada no dia 20 de agosto de 2009.

### **6.2. Metodologia**



Diferentemente do anterior (N.99.556), o Decreto Federal N. 6.640 prevê, no seu Art. 2º, que as cavidades naturais subterrâneas serão classificadas de acordo com seu grau de relevância em máximo, alto, médio ou baixo, determinado pela análise de atributos ecológicos, biológicos, geológicos, hidrológicos, paleontológicos, cênicos, histórico-culturais e socioeconômicos. Somente as cavernas com alguma importância merecerão conservação ou compensação ambiental.

A análise de relevância das cavernas estudadas foi efetuada através dos parâmetros e metodologias definidas no Decreto N. 6.640 de 07/11/08, assim como na Instrução Normativa N°2, de 21/08/09, do Ministério do Meio Ambiente - MMA.

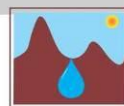
### **6.2.1. Discriminação litológica**

De acordo com o Decreto 6640 em seu Artigo 1o, §o, “*A análise dos atributos geológicos, para a determinação do grau de relevância, deverá ser realizada comparando cavernas da mesma litologia*”. O primeiro passo seria, então, a discriminação das litologias das cavernas.

### **6.2.2. As escalas de análise**

Os atributos estabelecidos pelo novo instrumento jurídico deverão ser avaliados sob os enfoques regional e local. O enfoque local foi definido como uma unidade espacial que engloba a cavidade e sua área de influência e, por enfoque regional, a unidade espacial que engloba no mínimo um grupo ou formação geológica e suas relações com o ambiente no qual se insere.

A IN. 2, no seu Art. 14, § 1o, define para o enfoque local uma unidade geomorfológica que apresenta 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. Sem dúvida, a definição da escala local da IN. 2 é mais clara, abrangendo também a definição exposta no Decreto 6640. Acreditamos que o mais importante do



enfoque local é abranger a área de entorno das cavidades que estarão sendo analisadas.

Também na IN. 2 foi dada uma nova definição para o enfoque regional, ou seja, uma 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. Essa área homogênea foi definida como unidade espeleológica.

### **6.2.3. Os graus de relevância**

As cavidades com grau de relevância máximo mereceram conservação integral na nova legislação, ou seja, não podem ser objeto de impactos negativos. A utilização de uma caverna 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.

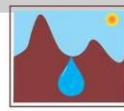
Já as cavernas classificadas como de relevância alta, média e baixa poderão ser objeto de impactos irreversíveis, através do processo de licenciamento ambiental (Art. 4 do Decreto 6640).

Impactos irreversíveis em cavidades de relevância alta, no entanto, deverão ser compensados pelo empreendedor através da preservação de duas cavernas com o mesmo grau de relevância, de mesma litologia e com atributos similares à que sofreu o impacto, que serão consideradas cavidades testemunho, ou seja, de preservação permanente. A cavidade natural subterrânea com grau de **relevância alto** é aquela cuja importância de seus atributos seja considerada:

**I** - acentuada sob enfoque local e regional; ou

**II** - acentuada sob enfoque local e significativa sob enfoque regional.

As cavernas 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:

- I - acentuada sob enfoque local e baixa sob enfoque regional; ou
- II - significativa sob enfoque local e regional.

Impactos irreversíveis em cavernas classificadas como de relevância baixa não merecerão ações de compensação pelo empreendedor. Entende-se por cavidade natural subterrânea com grau de **relevância baixo** aquela cuja importância de seus atributos seja considerada:

- I - significativa sob enfoque local e baixa sob enfoque regional; ou
- II - baixa sob enfoque local e regional.

Para a obtenção do grau de relevância de uma caverna foram definidos diversos parâmetros físicos, biológicos e culturais, que juntamente com as escalas de análise definirão se a cavidade representa relevância alta, média ou baixa. Esses parâmetros serão apresentados quando da análise das cavernas abordadas nesta análise. A Figura 6.1 apresenta o fluxograma para a classificação do grau de relevância.

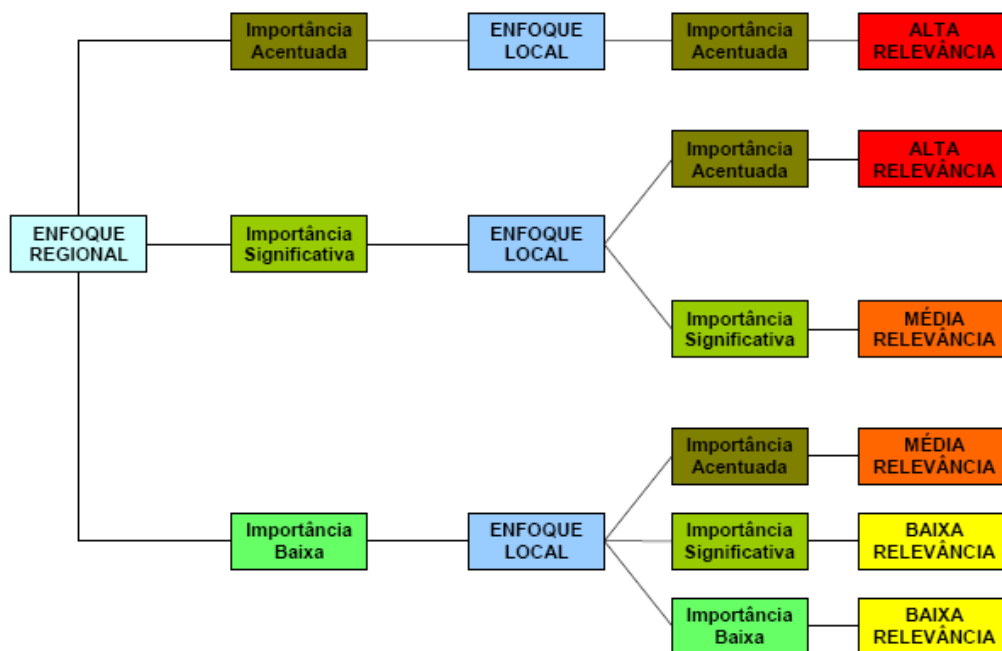
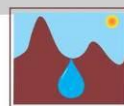


Figura 6.1. Fluxograma de classificação do grau de relevância de cavidades naturais subterrâneas, segundo a Instrução Normativa N. 2, do MMA.

### 6.3. Análise de relevância das cavernas estudadas

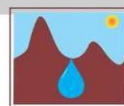
#### 6.3.1. Discriminação litológica

Nas cavernas estudadas em N4, N5, PESE e PESL foram discriminados litotipos associados à formação ferrífera e rocha máfica alterada:

- Cavernas em jaspilito, minério de ferro e canga, incluindo as possíveis variações oriundas do grau de alteração dos referidos litotipos.
- Cavernas em rocha máfica alterada.

#### 6.3.2. Definição das escalas local e regional para análise espeleométrica e amostra dos estudos biológicos

A escala local de análise foi definida pela Unidade Geomorfológica Serra Norte, que incluiu 587 cavernas na formação ferrífera (Tabela 6.1) e 11 em máfica (Tabela 6.2). As tabelas com os dados espeleométricos das cavidades que compõem ambas as amostras são apresentadas no Anexo VII.

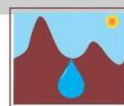


A Unidade Geomorfológica Serra Norte foi definida por Valentim & Olivito (2011). Segundo os autores, essa unidade localiza-se na porção centro-leste da unidade espeleológica Carajás, mais especificadamente na porção norte da serra homônima (Figura 6.2). Engloba os depósitos de ferro de N1 a N9. É conformada por relevo de serra alinhada com topo plano com orientação predominante WNW-ESE. Apresentam altitudes que variam de 400 a 600 m, podendo alcançar altitudes de 700 a 800 m. Estas serras são sustentadas pelos tipos litológicos do Grupo Grão Pará, onde predominam expressivos depósitos de ferro. As encostas dessas serras possuem declividades médias (20 a 40 %) a íngremes (45 a 100 %). O limite leste desta unidade é a planície aluvial do Rio Parauapebas, enquanto o oeste é o Rio Itacaiunas. Possui cerca de 76 Km de extensão, correspondendo a 1157 km<sup>2</sup> de área.

A escala regional, para a formação ferrífera, é composta por 1.034 cavidades, incluindo Serra Norte, Serra da Bocaina, Serra Sul, Serra da Bocaina e Serra do Rabo. Para cavernas em rochas máficas foram incluídas 22 cavernas. A Unidade Espeleológica Carajás, também definida por Valentim & Olivito (2011), apresenta os seguintes limites: a sul a depressão de Rio Maria; a norte a depressão de Bacajá; a leste a depressão Goiana-Paraense; e a oeste pela depressão do Xingu.

**Tabela 6.1. Composição das amostras local (Serra Norte) e regional para cálculos espeleométricos de cavernas ferríferas.**

Área	N. de cavernas ferríferas
EIA Global (Serra Norte)	296
N1 (Serra Norte)	43
N5SM2 (Serra Norte)	100
N2 (Serra Norte)	26
N3 (Serra Norte)	80
N6 (Serra Norte)	4
N8 (Serra Norte)	38
CAV (Serra Sul)	22
S11 (Serra Sul)	21



S11D (Serra Sul)	90
SL (Serra Leste)	205
Jaguar	19
CRIS (Cristalino)	14
GEM (Serra da Bocaina)	66
SB (Serra da Bocaina)	10
<b>TOTAL</b>	<b>1.034</b>

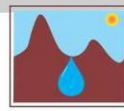
**Tabela 6.2. Composição das amostras local (Serra Norte) e regional para cálculos espeleométricos de cavernas em rochas máficas.**

Área	N. de cavernas ferríferas
EIA Global (Serra Norte)	9
N1 (Serra Norte)	2
S11 (Serra Sul)	2
GEM (Serra da Bocaina)	7
Níquel do Vermelho	2
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>

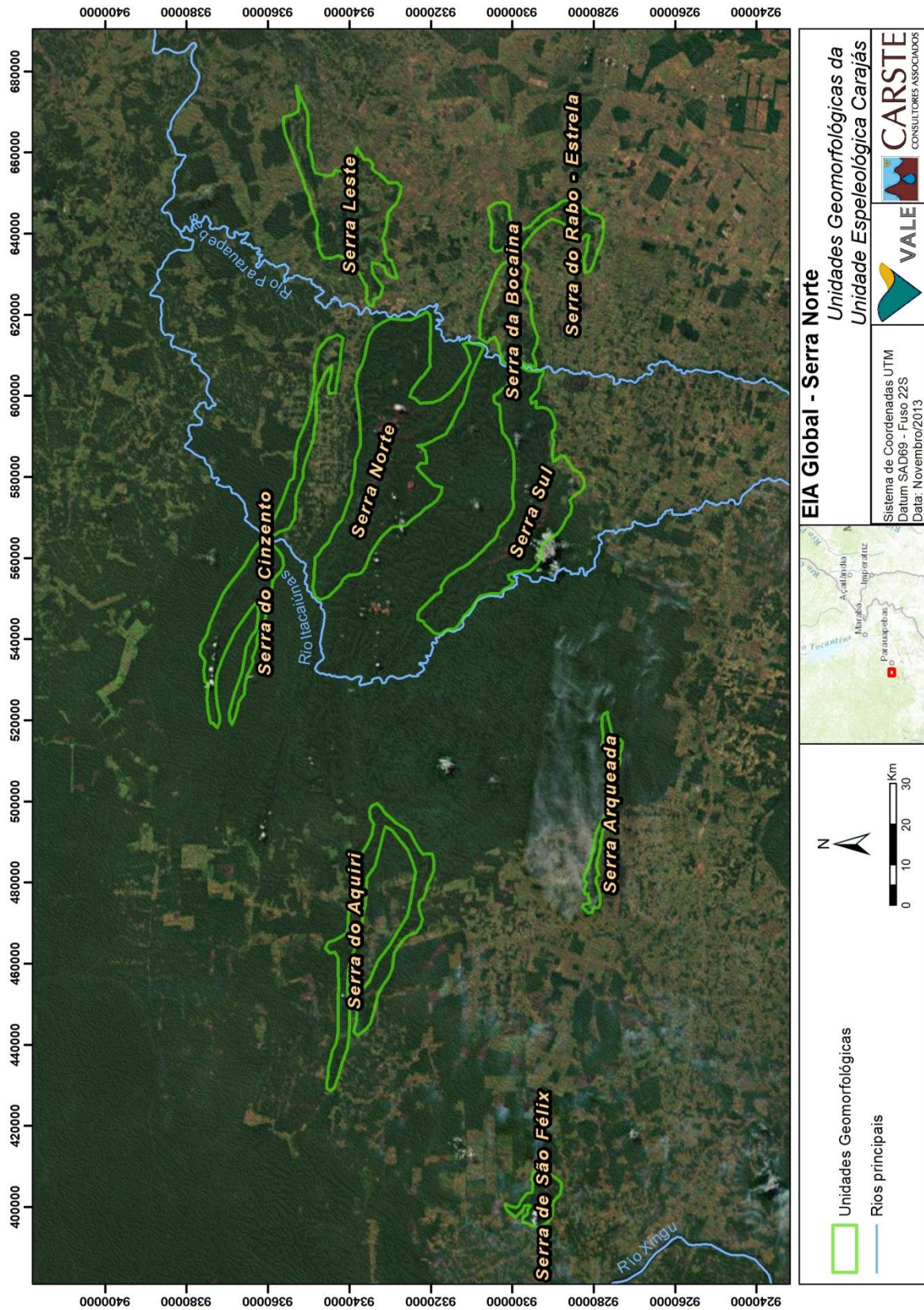
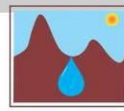
Com base em atributos biológicos foram analisadas 94 cavidades no platô de N4E, 73 no platô de N4WS, 09 no platô de N5E, 76 no platô de N5S e 09 em PESE e PESL, com total de 261 cavidades, das quais 78 não foram avaliadas com relação ao atributo “Abundância Relativa de Espécies”, uma vez que o estudo nestas cavidades ocorreu antes da publicação dos referidos Decreto N. 6.640 e Instrução Normativa N°2. Para estas cavidades atribuiu-se grau de relevância alto para o atributo, pelo princípio da precaução.

As nove cavidades localizadas no platô de N5E foram estudadas em apenas uma campanha de campo, portanto, além de receber alta relevância para o atributo “Abundância Relativa de Espécies”, recebeu alta relevância também para o atributo “Riqueza de Espécies”.

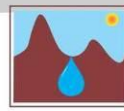
Adicionalmente foram incluídas, na tabela de relevância final, as cavernas de N5SM1, estudadas por outro grupo de bioespeleólogos. Nessa área foram reavaliadas duas cavidades, cujo relatório completo encontra-se no Anexo VIII.







**Figura 6.2. Mapa com a localização da Unidade Geomorfológica Serra Norte, inserida dentro da Unidade Espeleológica Carajás.**



### **6.3.3. Escalas de relevância das cavidades**

#### **6.3.3.1. Relevância Máxima**

##### **Análise dos atributos físicos e histórico-cultural de relevância máxima**

A seguir é apresentada a análise de relevância das 305 cavernas nas áreas de N4, N5, N5SM1, PESE e PESL, que compõem a área do EIA Global de Serra Norte.

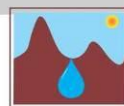
Nas cavidades analisadas em ambos os litotipos não foi observada nenhuma particularidade quanto aos seus processos genéticos ou evolutivos.

As morfologias das cavidades, com exceção da caverna N4WS-0067, não apresentaram características excepcionais, ou seja, não foram observados padrões planimétricos diferenciados daqueles já identificados em Carajás ou no Quadrilátero Ferrífero.

Quanto aos espeleotemas, quatro cavernas da formação ferrífera apresentaram a ocorrência de depósitos químicos raros, só registrados, até o momento, em pouquíssimas cavidades. Trata-se, inicialmente, de crostas circulares suspensas (pelo menos cinco) no piso das cavernas N4E-0023 e N5S-0055, lembrando a forma de bacia (bacia de garimpo). Esses espeleotemas podem atingir até 53 cm de diâmetro. A gênese dessas feições ainda é uma incógnita, mas muito provavelmente está relacionada a zona de gotejamento (efeito *splash?*).

As cavernas N4WS-67 e N4WS-72 apresentaram a ocorrência de depósitos químicos raros, só registrados, até o momento, nestas duas cavidades e em mais três: S11D-83, em Serra Sul, uma caverna na Serra da Bocaina (GEM-1481) e outra em S11B. Trata-se de espeleotemas com formas bastante diversificadas, raras em cavernas da formação ferrífera. Constituem estalactites, estalagmites, cortinas, além das variadas micro formas anteriormente descritas.

Em termos espeleométricos, foram adotados os valores de corte de 165, 46 m (projeção horizontal - PH), 626,57 m<sup>2</sup> (área) e 1.182,52 m<sup>3</sup> (volume). Estas dimensões foram definidas com base na amostra regional utilizada (Banco de



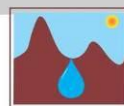
dados Vale) para comparação com as cavernas analisadas. Esses valores correspondem à média das respectivas dimensões multiplicada por cinco.

Salienta-se que a legislação adota o termo “notável” o que, dimensionalmente, é bastante subjetivo. No entanto, interpretamos um valor numérico que seja cinco vezes maior do que a média como um valor apropriado, visto que permite a conservação de cavernas de grandes dimensões em relação ao conjunto regional amostrado em uma determinada litologia. Dezesesseis cavidades da formação ferrífera atingiram relevância máxima com base em atributos espeleométricos, representando 5,4% do total estudado (Tabela 6.3).

Os seguintes valores de corte foram adotados para cavidades em rocha máfica: 129,27 m (PH); 766,14 m<sup>2</sup> (área) e 1.755,09 m<sup>3</sup> (volume estimado). Essas dimensões foram definidas com base na amostra regional utilizada para comparação com as cavernas analisadas. Esses valores correspondem à média das respectivas dimensões multiplicada por cinco. Nenhuma caverna em rocha máfica atingiu máxima relevância.

**Tabela 6.3. Classificação de relevância máxima nas áreas de N4, N5, PESE e PESL - atributos físicos / histórico-cultural.**

<b>Relevância Máxima</b>	<b>Presente</b>
II. morfologia única;	<b>N4WS-0067</b>
III. dimensões notáveis em extensão, área ou volume;	<b>N4E-0008</b> <b>N4E-0022</b> <b>N4E-0033</b> <b>N4E-0068</b> <b>N4E-0092</b> <b>N4WS-0015</b> <b>N4WS-0067</b> <b>N5E-0005</b> <b>N5S-0012</b> <b>N5S-0017</b> <b>N5S-0021/0027</b> <b>N5S-0030</b> <b>N5S-0037</b> <b>N5S-0063/0064/0065</b> <b>N5SM1-0021</b> <b>N5SM1-0031</b>
IV. espeleotemas únicos;	<b>N4E-0023</b> <b>N4WS-0067</b> <b>N4WS-0072</b> <b>N5S-0055</b>



## **Análise dos atributos biológicos de relevância máxima**

Abaixo seguem comentários sobre os atributos listados no Decreto 6640 para fim de classificação do grau de relevância máximo das cavidades naturais subterrâneas estudadas em N4, N5, PESE e PESL, levando em conta os resultados obtidos com os estudos bioespeleológicos. A análise detalhada da relevância biológica de N5SM1 encontra-se no Anexo XI.

### ***Abrigo essencial para preservação de populações geneticamente viáveis de espécies animais em risco de extinção, constantes de listas oficiais***

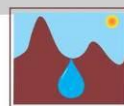
Entre os espécimes coletados, não foram encontradas espécies constantes de lista oficial de espécies brasileiras ameaçadas de extinção (MMA, 2008) nas cavidades inventariadas.

### ***Hábitat de troglóbio raro***

Como troglóbios raros foram considerados os táxons troglomórficos registrados com baixa frequência de registro (neste estudo foram considerados aqueles encontrados em até três cavidades) (Tabela 6.4).

As seguintes cavidades foram determinadas para esse atributo: N4E-0004, N4E-0011, N4E-0022, N4E-0033, N4E-0089, N4WS-0027, N4WS-0067, N4WS-0069, N4WS-0072, N4WS-0073, N5E-0004, N5S-0009, N5S-0015, N5S-0021, N5S-0037, N5S-0040, N5S-0052, N5S-0057, N5S-0063/0064/0065 e PESE-0004.

A fim de garantir a proteção da espécie Dytiscidae sp.11B (Coleoptera aquático), presente em 4 cavidades e por isso não considerado como troglóbio raro pelos critérios adotados no presente relatório, sugere-se a preservação das cavidades **N4WS-0032** e **N4WS-0056**. A escolha das duas cavidades (entre as quatro com ocorrência da espécie) foi baseada na localização destas cavernas dentro do complexo de cavidades. Além disso, a cavidade N4WS-0032 abriga mais duas espécies troglomórficas, além da espécie de coleóptero citada, e a cavidade N4WS-0056 abriga mais três morfoespécies com troglomorfismos, sendo consideradas cavidades bem representativas dentro do



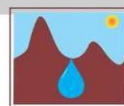
complexo de cavidades estudadas. A manutenção dessas cavidades como de alta relevância (passível de supressão) pode levar ao risco de extinção da espécie em questão. Por isso, optou-se por sugerir a preservação de duas entre as quatro cavidades onde a espécie se encontra, garantindo a preservação de todas as espécies com troglomorismos encontradas no presente estudo. Estudos de área de influência deverão definir o entorno de conservação para essas cavidades, juntamente com outras cavidades de máxima relevância existente no setor.

Comparações entre espécies troglomórficas de outras regiões na Serra de Carajás estão previstas para ocorrer, de forma que será possível conhecer melhor a área de distribuição de algumas espécies troglomórficas consideradas raras neste estudo.

**Tabela 6.4. Táxons troglomórficos considerados raros em N4, N5, PESE e PESL e respectivas cavidades de registro no presente estudo.**

Táxon		Cavidades
Araneae	Ochyroceratidae sp.n.1	N4WS-0067, N4WS-0073
	Oonopidae	N4WS-0027, N4WS-0067, N4WS-0069
Opiliones	Escadabiidae sp.4	PESE-0004
Coleoptera	Copelatinae sp.	N5E-0004
	Dytiscidae sp.11C	N5S-0009, N5S-0015, N5S-0037
	Dytiscidae sp.20	N5S-0040
	Histeridae sp.2	N4WS-0072
	Staphylinidae sp.10 <sup>1</sup>	N5S-0021, N5S-0063/0064/0065
	Staphylinidae sp.34 <sup>1</sup>	N4E-0022, N4E-0033
	Staphylinidae sp.76 <sup>1,2</sup>	N4E-0011, N4E-0033
Isopoda	Calabozoidea sp.1	N4E-0089
		N5S-0052, N5S-0057
Chilopoda	<i>Cryptops</i> sp.3	N4E-0004

***Hábitat para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies de troglóbios endêmicos ou relictos***



Recebem esse atributo as mesmas cavidades citadas acima, por fazerem parte da área de distribuição dos troglóbios raros.

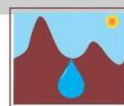
### ***Interações ecológicas únicas***

Não foram encontradas interações ecológicas únicas durante os inventários realizados.

A Tabela 6.5 apresenta uma síntese dos atributos biológicos detalhados anteriormente. Conforme se observa, 20 cavidades apresentaram atributos para a atribuição do grau de relevância máximo.

**Tabela 6.5. Classificação de relevância máxima nas áreas de N4, N5, PESE e PESL. Atributos biológicos.**

<b>Relevância máxima</b>	<b>Presente</b>
<b>VII – Hábitat para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies de troglóbios endêmicos ou relictos</b>	<b>N4E-0004 N4E-0011 N4E-0022 N4E-0033 N4E-0089 N4WS-0027 N4WS-0067 N4WS-0069 N4WS-0072 N4WS-0073 N5E-0004 N5S-0009 N5S-0015 N5S-0021 N5S-0037 N5S-0040 N5S-0052 N5S-0057 N5S-0063/0064/0065 PESE-0004</b>
<b>VIII – Hábitat de troglóbio raro</b>	<b>N4E-0004 N4E-0011 N4E-0022 N4E-0033 N4E-0089 N4WS-0027 N4WS-0067 N4WS-0069 N4WS-0072 N4WS-0073</b>



	<b>N5E-0004</b> <b>N5S-0009</b> <b>N5S-0015</b> <b>N5S-0021</b> <b>N5S-0037</b> <b>N5S-0040</b> <b>N5S-0052</b> <b>N5S-0057</b> <b>N5S-0063/0064/0065</b> <b>PESE-0004</b>
--	---

### 6.3.3.2. Os graus de importância das cavidades para classificação das relevâncias alto, médio e baixo

#### Os graus de importância das cavidades para classificação das relevâncias alto, médio e baixo - Atributos Físicos e Histórico-Culturais

#### Importância acentuada sob enfoque local e regional

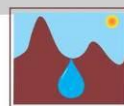
As Tabelas 6.6. e 6.7 apresentam os parâmetros espeleométricos sob o enfoque regional e local, os quais definiram as cavernas de **alta projeção horizontal, alta área e alto volume estimado**. As cavernas selecionadas para esses parâmetro encontram-se na Tabela 6.8.

**Tabela 6.6. Parâmetros espeleométricos da projeção horizontal sob enfoque regional (formação ferrífera).**

No. cavernas:	1034	PH	Desnível	Área	Volume
Máxima ( $5*\mu$ )		165,46		626,57	1.182,52
Média		33,09	4,19	125,31	236,50
Desvio Padrão		41,65		189,73	418,92
Alto ( $> \mu + \sigma$ )		74,74	> 4,19	315,05	655,42
Médio - Intervalo entre ( $\mu - \sigma$ ) e ( $\mu + \sigma$ )		-8,55 e 74,74		-64,42 e 315,05	-236,50 e 655,42
Baixo ( $< \mu - \sigma$ )		-8,55	< 4,19	-64,42	-236,50

**Tabela 6.7. Parâmetros espeleométricos da projeção horizontal sob enfoque regional (rocha máfica).**

No. cavernas:	22	PH	Desnível	Área	Volume
Máxima ( $5*\mu$ )		129,27		766,14	1.755,09
Média		25,85	3,98	153,23	351,02
Desvio Padrão		35,83		340,27	943,58
Alto ( $> \mu + \sigma$ )		61,68	> 3,98	493,49	1294,60
Médio - Intervalo entre ( $\mu - \sigma$ ) e ( $\mu + \sigma$ )		-9,97 e 61,68		-187,04 e 493,49	-351,02 e 1294,60



Baixo ( $< \mu - \sigma$ )	-9,97	< 3,98	-187,04	-351,02
----------------------------	-------	--------	---------	---------

### **Estruturas espeleogenéticas raras**

Segundo a IN. N2, este atributo se refere as estruturas na rocha herdadas do processo de formação da cavidade (ex. scallops, bell holes, marmitas, meandros de teto, anastomoses pendentes, meios tubos, *boxwork* e assemelhados), padrões morfológicos ou seções geométricas, sob enfoque regional. Foram registradas, para este parâmetro, todas as cavernas com *boxwork*, apesar dessa feição não estar relacionada com a gênese das cavernas. Em síntese, não há uma inter-relação entre *boxwork* e espelegênese.

### **Lago ou drenagem subterrânea perene**

Lago ou drenagem subterrânea perene com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos do artigo 7º.

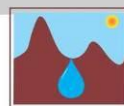
Para a análise de relevância da questão hidrológica, os atributos biológicos considerados diante dos artigos 7, 8, 9 e 10 da IN N°2 foram: riqueza, abundância, população com função ecológica importante/população de quirópteros; presença de troglóbios/troglomórficos, composição singular da fauna e singularidades faunísticas quando da ocorrência do táxon associado a corpo d'água.

Os atributos geoespeleológicos e culturais considerados diante dos artigos 7, 8, 9 e 10 da IN N°2 foram: diversidade da sedimentação química, configuração notável de espeleotemas, reconhecimento cênico, sedimentação clástica e química com valor científico, poucos tipos de espeleotemas; lago ou drenagem perene e lago ou drenagem intermitente.

As cavernas selecionadas para este parâmetro, particularmente elecanda no artigo 7º, encontram-se na Tabela 6.8.

### **Diversidade da sedimentação química com muitos tipos de espeleotemas e processos de deposição**





Segundo a IN. N2, este atributo se refere a complexidade da deposição secundária de minerais presentes em solução em relação aos tipos de espeleotemas (diversidade genética, morfológica e mineral) e processos (água estagnada, circulante ou de exsudação, etc.). Cavernas com mais de três tipos de espeleotemas também foram consideradas para este atributo. As cavernas selecionadas para este parâmetro encontram-se na Tabela 6.8.

### **Configuração notável de espeleotemas**

Segundo a IN N.2, este parâmetro diz respeito ao aspecto, maturidade ou abundância dos depósitos minerais secundários. Aspecto e abundância foram os parâmetros utilizados, lembrando que a IN N.2 apresenta somente duas opções: “Notável” ou “Pouco Significativo”. As cavernas selecionadas para este parâmetro encontram-se na Tabela 6.8.

### **Alta influência da cavidade sobre o sistema cárstico**

As cavernas estudadas apresentam-se como elementos isolados do relevo. Na realidade não ocorre um sistema cárstico como nos terrenos carbonáticos bem desenvolvidos. Estudos estão sendo realizados nas vertentes ferríferas visando revelar um possível sistema de comunicação hídrica (pluvial) subsuperficial (*throughflow*) entre cavernas.

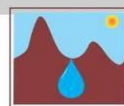
### **Inter-relação da cavidade com caverna de relevância máxima**

Segundo a IN. N2, este parâmetro diz respeito a sobreposição de áreas de influência, ou seja, todas as cavernas incluídas no perímetro de 250 m de cavernas de relevância máxima foram consideradas. As cavernas selecionadas para este parâmetro encontram-se na Tabela 6.8.

### **Reconhecimento mundial ou nacional do valor estético ou cênico**

As cavernas estudadas não apresentaram esse tipo de reconhecimento.

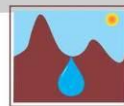
### **Visitação pública sistemática**



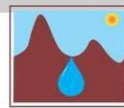
Nenhuma das cavernas estudadas apresentou visitação pública sistemática. As cavernas encontram-se em área de mineração (mina), com acesso restrito e controlado de pessoas.

**Tabela 6.8. Síntese da classificação em termos de importância acentuada sob enfoque local e regional. Atributos físicos e histórico-culturais.**

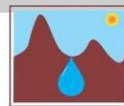
<b>Importância acentuada sob enfoque local e regional</b>	<b>Presente</b>
<b>XII</b> - Alta projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa;	N4E-0008 N4E-0010 N4E-0013 N4E-0014 N4E-0026 N4E-0033 N4E-0068 N4E-0072 N4E-0074 N4E-0095 N4WS-0008 N4WS-0017 N4WS-0043 N4WS-0055 N4WS-0072 N4WS-0073 N5E-0002 N5E-0005 N5E-0007 N5E-0008 N5E-0009 N5S-0010 N5S-0011 N5S-0012 N5S-0017 N5S-0052/0053 N5S-0085 N5SM1-0008 N5SM1-0021 N5SM1-0028 N5SM1-0031 N5SM1-0036
<b>XIII</b> - 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;	N4E-0010 N4E-0026 N4E-0070 N4E-0072 N4E-0074 N4E-0092 N4E-0095 N4WS-0006 N4WS-0008 N4WS-0029 N4WS-0072 N5E-0009 N5S-0011 N5S-0012 N5S-0017 N5S-0052/0053 N5S-0085 N5SM1-0008



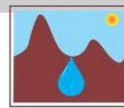
	<b>N5SM1-0028</b> <b>N5SM1-0036</b>
<b>XIV</b> - Alto volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa;	<b>N4E-0026</b> <b>N4E-0030</b> <b>N4E-0070</b> <b>N4E-0072</b> <b>N4WS-0006</b> <b>N4WS-0008</b> <b>N4WS-0017</b> <b>N4WS-0029</b> <b>N4WS-0072</b> <b>N5E-0002</b> <b>N5E-0005</b> <b>N5S-0011</b> <b>N5S-0021/0027</b> <b>N5S-0052/0053</b> <b>N5S-0063/0064/0065</b> <b>N5S-0085</b> <b>N5SM1-0008</b> <b>N5SM1-0028</b> <b>N5SM1-0036</b>
<b>XV</b> - Presença significativa de estruturas espeleogenéticas raras;	<b>N4E-0022</b> <b>N4E-0023</b> <b>N4E-0054</b> <b>N4WS-0012</b> <b>N5S-0076</b> <b>N5S-0079</b> <b>PESE-0006</b> <b>N5SM1-0011</b>
<b>XVI</b> - Lago ou drenagem subterrânea perene com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo;	<b>N4E-0088</b> <b>N4WS-0023</b> <b>N4WS-0063</b> <b>N4WS-0067</b> <b>N5S-0044/0046</b> <b>N5S-0069</b> <b>N5S-0073</b> <b>N5S-0081</b> <b>PESE-0002</b> <b>PESE-0005</b> <b>PESL-0001</b>
<b>XVII</b> - Diversidade da sedimentação química com muitos tipos de espeleotemas e processos de deposição;	<b>N4E-0001</b> <b>N4E-0002</b> <b>N4E-0003</b> <b>N4E-0004</b> <b>N4E-0008</b> <b>N4E-0015</b> <b>N4E-0020</b> <b>N4E-0021</b> <b>N4E-0022</b> <b>N4E-0023</b> <b>N4E-0030</b> <b>N4E-0033</b> <b>N4E-0039</b> <b>N4E-0043</b> <b>N4E-0046</b> <b>N4E-0062</b> <b>N4E-0067</b> <b>N4E-0068</b> <b>N4E-0072</b>



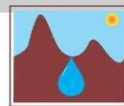
N4E-0075  
N4E-0081  
N4E-0085  
N4E-0089  
N4E-0092  
N4E-0093  
N4E-0094  
N4E-0095  
N4WS-0003  
N4WS-0007  
N4WS-0008  
N4WS-0010  
N4WS-0013  
N4WS-0015  
N4WS-0017  
N4WS-0025  
N4WS-0028  
N4WS-0032  
N4WS-0034  
N4WS-0047  
N4WS-0049  
N4WS-0050/0051  
N4WS-0056  
N4WS-0063  
N4WS-0067  
N4WS-0072  
N4WS-0073  
N4WS-0075  
N5E-0002  
N5E-0005  
N5E-0007  
N5S-0004  
N5S-0011  
N5S-0012  
N5S-0014  
N5S-0016  
N5S-0017  
N5S-0021/0027  
N5S-0026  
N5S-0030  
N5S-0042  
N5S-0052/0053  
N5S-0055  
N5S-0059  
N5S-0063/0064/0065  
N5S-0066  
N5S-0067  
N5S-0070  
N5S-0071  
N5S-0072  
N5S-0073  
N5S-0074  
N5S-0079  
N5S-0080  
N5S-0081  
N5S-0083  
N5S-0085  
PESE-0005  
N5SM1-0008  
N5SM1-0013



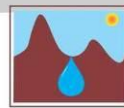
	<b>N5SM1-0019</b> <b>N5SM1-0020</b> <b>N5SM1-0026</b>
	<b>N4E-0008</b> <b>N4E-0022</b> <b>N4E-0026</b> <b>N4E-0039</b> <b>N4E-0054</b> <b>N4E-0056</b> <b>N4E-0062</b> <b>N4E-0066</b> <b>N4E-0067</b> <b>N4E-0070</b> <b>N4E-0072</b> <b>N4E-0073</b> <b>N4E-0074</b> <b>N4E-0079</b> <b>N4E-0080</b> <b>N4E-0081</b> <b>N4E-0085</b> <b>N4E-0089</b> <b>N4E-0092</b> <b>N4WS-0015</b> <b>N4WS-0034</b> <b>N4WS-0049</b> <b>N4WS-0054</b> <b>N4WS-0056</b> <b>N4WS-0057</b> <b>N4WS-0058</b> <b>N4WS-0059</b> <b>N4WS-0060</b> <b>N4WS-0063</b> <b>N4WS-0066</b> <b>N4WS-0067</b> <b>N4WS-0068</b> <b>N4WS-0069</b> <b>N4WS-0072</b> <b>N4WS-0073</b> <b>N4WS-0078</b> <b>N4WS-0080</b> <b>N5E-0006</b> <b>N5E-0007</b> <b>N5E-0009</b> <b>N5S-0023</b> <b>N5S-0030</b> <b>N5S-0031</b> <b>N5S-0059</b> <b>N5S-0063/0064/0065</b> <b>N5S-0074</b> <b>N5S-0078</b> <b>N5SM1-0008</b> <b>N5SM1-0020</b> <b>N5SM1-0021</b> <b>N5SM1-0027</b> <b>N5SM1-0028</b> <b>N5SM1-0031</b> <b>N5SM1-0035</b> <b>N5SM1-0043</b>
<b>XVIII</b> - Configuração notável dos espeleotemas;	
<b>XX</b> - Presença de inter-relação da cavidade com alguma de relevância máxima;	<b>N4E-0001</b> <b>N4E-0002</b>



N4E-0003  
N4E-0005  
N4E-0006  
N4E-0007  
N4E-0009  
N4E-0010  
N4E-0012  
N4E-0013  
N4E-0014  
N4E-0024  
N4E-0025  
N4E-0029  
N4E-0030  
N4E-0031  
N4E-0032  
N4E-0034  
N4E-0035  
N4E-0045  
N4E-0046  
N4E-0047  
N4E-0048  
N4E-0049  
N4E-0051  
N4E-0053  
N4E-0054  
N4E-0055  
N4E-0062  
N4E-0064  
N4E-0065  
N4E-0066  
N4E-0067  
N4E-0069  
N4E-0070  
N4E-0071  
N4E-0072  
N4E-0073  
N4E-0075  
N4E-0076  
N4E-0077  
N4E-0078  
N4E-0079  
N4E-0080  
N4E-0084  
N4E-0087  
N4E-0088  
N4E-0090  
N4E-0091  
N4E-0093  
N4E-0094  
N4E-0095  
N4WS-0002  
N4WS-0003  
N4WS-0004  
N4WS-0005  
N4WS-0013  
N4WS-0014  
N4WS-0021  
N4WS-0023  
N4WS-0024  
N4WS-0025

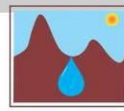


N4WS-0026  
N4WS-0028  
N4WS-0029  
N4WS-0030  
N4WS-0031  
N4WS-0033  
N4WS-0034  
N4WS-0041  
N4WS-0042  
N4WS-0043  
N4WS-0044  
N4WS-0045  
N4WS-0046  
N4WS-0047  
N4WS-0056  
N4WS-0057  
N4WS-0058  
N4WS-0062  
N4WS-0063  
N4WS-0066  
N4WS-0068  
N4WS-0074  
N4WS-0075  
N4WS-0076  
N4WS-0077  
N4WS-0078  
N4WS-0079  
N4WS-0080  
N5E-0006  
N5E-0007  
N5S-0003  
N5S-0004  
N5S-0005  
N5S-0006  
N5S-0007  
N5S-0008  
N5S-0010  
N5S-0011  
N5S-0013  
N5S-0014  
N5S-0016  
N5S-0018  
N5S-0019  
N5S-0020  
N5S-0022  
N5S-0024  
N5S-0025  
N5S-0026  
N5S-0028  
N5S-0029  
N5S-0033  
N5S-0034  
N5S-0035  
N5S-0036  
N5S-0038  
N5S-0039  
N5S-0041  
N5S-0042  
N5S-0043  
N5S-0044/0046



N5S-0049  
N5S-0051  
N5S-0054  
N5S-0056  
N5S-0058  
N5S-0059  
N5S-0060  
N5S-0061  
N5S-0062  
N5S-0066  
N5S-0067  
N5S-0068  
N5S-0070  
N5S-0078  
N5S-0079  
N5S-0080  
N5S-0081  
N5S-0082  
N5S-0083  
N5S-0084  
N5S-0085  
PESE-0001  
PESE-0002  
PESE-0003  
PESE-0005  
N5SM1-0006  
N5SM1-0007  
N5SM1-0008  
N5SM1-0009  
N5SM1-0010  
N5SM1-0011  
N5SM1-0012  
N5SM1-0013  
N5SM1-0014  
N5SM1-0015  
N5SM1-0016  
N5SM1-0017  
N5SM1-0018  
N5SM1-0019  
N5SM1-0020  
N5SM1-0022  
N5SM1-0022  
N5SM1-0023  
N5SM1-0024  
N5SM1-0026  
N5SM1-0028  
N5SM1-0030  
N5SM1-0032  
N5SM1-0033  
N5SM1-0034  
N5SM1-0035  
N5SM1-0036  
N5SM1-0037  
N5SM1-0038  
N5SM1-0039  
N5SM1-0040  
N5SM1-0041  
N5SM1-0042  
N5SM1-0044





## **Importância acentuada sob enfoque local**

### **Estrutura geológica de interesse científico**

Segundo a IN. N2, este parâmetro diz respeito as estruturas na rocha matriz de importância científica (ex. contatos geológicos, dobramentos importantes para a espeleogênese, cisalhamentos). As cavernas selecionadas para este parâmetro encontram-se na Tabela 6.9.

### **Registros paleontológicos**

Segundo a IN. N2, este parâmetro diz respeito aos fósseis de animais e vegetais (vestígios). Não foram registrados vestígios paleontológicos sobre os pisos das cavernas analisadas. Material paleontológico ainda não foi identificado em cavernas de minério de ferro e canga. Lembrando que já foram identificadas mais de 1.000 cavernas na região de Carajás.

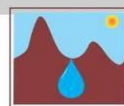
Dois aspectos podem ser determinantes para a ausência, até o momento, de material paleontológico. Os processos sedimentares são muito lentos nessas cavernas (baixa energia), ocasionando um longo tempo de exposição do material biológico às intempéries. Em importantes jazidas paleontológicas, o rápido soterramento de carcaças ou material ósseo é condição fundamental para a conservação dos vestígios paleontológicos. As cavidades de minério de ferro e canga são muito úmidas (proximidade com a superfície - dinâmica pluvial), ocasionando a degradação muito rápida do material biológico.

### **Reconhecimento local do valor estético/cênico**

Não há reconhecimento local do valor estético/cênico das cavidades estudadas.

### **Visitação pública sistemática na cavidade, com abrangência local**

Não foram registrados, nas cavernas, vestígios de visitação pública esporádica ou sistemática. Não foram identificadas, em publicações consultadas, registros de cavernas com visitação pública na área de Serra



Norte. Atualmente, essas cavernas estão localizadas em área de mineração, com circulação restrita e controlada.

### **Água de percolação ou condensação**

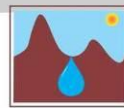
Presença de água de percolação ou condensação com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos do artigo 8. As cavernas selecionadas para este parâmetro encontram-se na Tabela 6.9.

### **Lago ou drenagem intermitente**

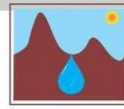
Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos do artigo 8. As cavernas selecionadas para este parâmetro encontram-se na Tabela 6.9.

**Tabela 6.9. Classificação dos atributos que conferem importância acentuada sob enfoque local.**

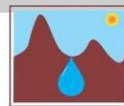
<b>Importância acentuada sob enfoque local</b>	<b>Presente</b>
<b>VIII - Presença de estrutura geológica de interesse científico;</b>	<b>N4E-0008 N4E-0010 N4E-0013 N4E-0030 N4E-0033 N4E-0045 N4E-0051 N4E-0054 N4E-0055 N4E-0060 N4E-0093 N4WS-0002 N4WS-0017 N4WS-0055 N5E-0005 N5S-0059 N5S-0070 N5SM1-0011</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>N4E-0001 N4E-0002 N4E-0004 N4E-0007 N4E-0010 N4E-0012 N4E-0013 N4E-0014</b>



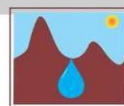
N4E-0015  
N4E-0016  
N4E-0018  
N4E-0020  
N4E-0021  
N4E-0022  
N4E-0023  
N4E-0026  
N4E-0028  
N4E-0030  
N4E-0031  
N4E-0032  
N4E-0034  
N4E-0035  
N4E-0038  
N4E-0039  
N4E-0040  
N4E-0041  
N4E-0042  
N4E-0043  
N4E-0044  
N4E-0045  
N4E-0046  
N4E-0048  
N4E-0049  
N4E-0050  
N4E-0051  
N4E-0052  
N4E-0055  
N4E-0057  
N4E-0058  
N4E-0059  
N4E-0060  
N4E-0061  
N4E-0062  
N4E-0063  
N4E-0064  
N4E-0065  
N4E-0067  
N4E-0068  
N4E-0069  
N4E-0070  
N4E-0071  
N4E-0074  
N4E-0076  
N4E-0077  
N4E-0078  
N4E-0079  
N4E-0080  
N4E-0081  
N4E-0082  
N4E-0083  
N4E-0085  
N4E-0086  
N4E-0087  
N4E-0088  
N4E-0089  
N4E-0090  
N4E-0091  
N4E-0092



N4WS-0002  
N4WS-0003  
N4WS-0007  
N4WS-0008  
N4WS-0009  
N4WS-0010  
N4WS-0011  
N4WS-0012  
N4WS-0013  
N4WS-0014  
N4WS-0015  
N4WS-0018/0048  
N4WS-0025  
N4WS-0027  
N4WS-0030  
N4WS-0034  
N4WS-0049  
N4WS-0050/0051  
N4WS-0054  
N4WS-0056  
N4WS-0057  
N4WS-0058  
N4WS-0059  
N4WS-0060  
N4WS-0061  
N4WS-0062  
N4WS-0063  
N4WS-0064  
N4WS-0065  
N4WS-0066  
N4WS-0067  
N4WS-0070  
N4WS-0072  
N4WS-0073  
N4WS-0074  
N4WS-0075  
N4WS-0076  
N4WS-0078  
N4WS-0079  
N4WS-0080  
N5S-0001  
N5S-0002  
N5S-0003  
N5S-0005  
N5S-0006  
N5S-0007  
N5S-0008  
N5S-0009  
N5S-0010  
N5S-0013  
N5S-0015  
N5S-0016  
N5S-0017  
N5S-0018  
N5S-0019  
N5S-0020  
N5S-0022  
N5S-0024  
N5S-0025  
N5S-0026



N5S-0029  
N5S-0030  
N5S-0031  
N5S-0032  
N5S-0033  
N5S-0034  
N5S-0035  
N5S-0036  
N5S-0037  
N5S-0038  
N5S-0044/0046  
N5S-0051  
N5S-0055  
N5S-0057  
N5S-0059  
N5S-0060  
N5S-0062  
N5S-  
0063/0064/0065  
N5S-0067  
N5S-0068  
N5S-0070  
N5S-0071  
N5S-0072  
N5S-0073  
N5S-0074  
N5S-0075  
N5S-0076  
N5S-0078  
N5S-0079  
N5S-0080  
N5S-0081  
N5S-0082  
N5S-0083  
N5S-0084  
PESE-0001  
PESE-0002  
PESE-0004  
PESE-0005  
PESE-0006  
PESE-0003  
N5SM1-0005  
N5SM1-0006  
N5SM1-0008  
N5SM1-0009  
N5SM1-0010  
N5SM1-0011  
N5SM1-0013  
N5SM1-0015  
N5SM1-0016  
N5SM1-0019  
N5SM1-0020  
N5SM1-0024  
N5SM1-0026  
N5SM1-0027  
N5SM1-0028  
N5SM1-0029  
N5SM1-0030  
N5SM1-0031  
N5SM1-0032



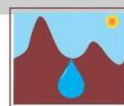
	<b>N5SM1-0034</b> <b>N5SM1-0036</b> <b>N5SM1-0038</b> <b>N5SM1-0040</b> <b>N5SM1-0042</b> <b>N5SM1-0044</b>
<b>XIII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo.</b>	<b>N4E-0018</b> <b>N4E-0030</b> <b>N4E-0032</b> <b>N4E-0043</b> <b>N4E-0044</b> <b>N4E-0052</b> <b>N4E-0064</b> <b>N4E-0068</b> <b>N4E-0071</b> <b>N4E-0090</b> <b>N4WS-0050/0051</b> <b>N4WS-0056</b> <b>N5S-0001</b> <b>N5S-0008</b> <b>N5S-0016</b> <b>N5S-0017</b> <b>N5S-0034</b> <b>N5S-0055</b> <b>N5S-0057</b> <b>N5S-0062</b> <b>N5S-0071</b> <b>N5S-0072</b> <b>N5S-0074</b> <b>N5S-0079</b> <b>N5S-0080</b> <b>PESE-0005</b> <b>N5SM1-0009</b> <b>N5SM1-0036</b> <b>N5SM1-0038</b> <b>N5SM1-0042</b>

### Importância significativa sob enfoque local e regional

As Tabelas 6.10 e 6.11 apresentam os parâmetros espeleométricos sob o enfoque regional e local, os quais definiram as cavernas **de média projeção horizontal, média área, alto desnível e médio volume estimado**. As cavernas selecionadas para esses parâmetro encontram-se na Tabela 6.12.

**Tabela 6.10. Parâmetros espeleométricos sob enfoque local e regional (formação ferrífera).**

No. cavernas:	1034	PH	Desnível	Área	Volume
Média		33,09	4,19	125,31	236,50
Desvio Padrão		41,65		189,73	418,92
Alto (> $\mu + \sigma$ )		74,74	> 4,19	315,05	655,42



Médio - Intervalo entre ( $\mu - \sigma$ ) e ( $\mu + \sigma$ )	-8,55 e 74,74		-64,42 e 315,05	-236,50 e 655,42
Baixo ( $< \mu - \sigma$ )	-8,55	< 4,19	-64,42	-236,50

**Tabela 6.11. Parâmetros espeleométricos sob enfoque local e regional (rocha máfica).**

No. cavernas:	22	PH	Desnível	Área	Volume
Média		25,85	3,98	153,23	351,02
Desvio Padrão		35,83		340,27	943,58
Alto ( $> \mu + \sigma$ )		61,68	> 3,98	493,49	1294,60
Médio - Intervalo entre ( $\mu - \sigma$ ) e ( $\mu + \sigma$ )		-9,97 e 61,68		-187,04 e 493,49	-351,02 e 1294,60
Baixo ( $< \mu - \sigma$ )		-9,97	< 3,98	-187,04	-351,02

### Estruturas espeleogenéticas raras

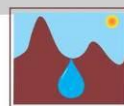
Segundo a IN. N2, este atributo se refere estruturas na rocha herdadas do processo de formação da cavidade (ex. *scallops*, *bell holes*, marmitas, meandros de teto, anastomoses pendentes, meios tubos, *boxwork* e assemelhados), padrões morfológicos ou seções geométricas, sob enfoque local. Foram registradas, para este parâmetro, todas as cavernas com *boxwork*, apesar dessa feição não estar relacionada com a gênese de cavernas, como descreve a IN. N.2.

### Lago ou drenagem intermitente

Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência significativa sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo. As cavernas selecionadas para este parâmetro encontram-se na Tabela 6.12.

### Diversidade da sedimentação química

Segundo a IN. N2, este atributo se refere a complexidade da deposição secundária de minerais presentes em solução em relação aos tipos de espeleotemas (diversidade genética, morfológica e mineral) e processos (água estagnada, circulante ou de exsudação, etc.). Cavernas com mais de três tipos



de espeleotemas também foram consideradas para este atributo. As cavernas selecionadas para este parâmetro encontram-se na Tabela 6.12.

### **Sedimentação clástica ou química com valor científico**

Segundo a IN. N2, este atributo diz respeito ao Interesse/importância científica ou didática (biológica, climática, paleoclimática, antropológica, paleontologia) da deposição de fragmentos desagregados de rochas, solos e outros acúmulos sedimentares, inclusive orgânicos, de tamanhos diversos, associada à dinâmica hidrológica, morfológica, ou da deposição secundária de minerais presentes em solução.

### **Reconhecimento regional do valor estético e cênico**

As cavidades estudadas não apresentam reconhecimento estético/cênico nacional ou mundial.

### **Uso constante para fins educacionais, recreativos e esportivos**

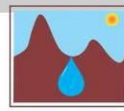
Não foram registrados vestígios de uso constante, periódico ou sistemático para fins educacionais, recreativos ou esportivos. Atualmente, as cavidades se encontram em área de mineração, com circulação restrita.

Os atributos que definem importância significativa sob enfoque local e regional encontram-se listados na Tabela 6.12.

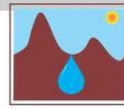
**Tabela 6.12. Atributos físicos que conferem importância significativa sob enfoque local e regional.**

<b>Importância significativa sob enfoque local e regional</b>	<b>Presente</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;	N4E-0001
	N4E-0002
	N4E-0003
	N4E-0004
	N4E-0005
	N4E-0006
	N4E-0007
	N4E-0009
	N4E-0011
	N4E-0012
	N4E-0015

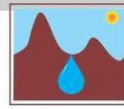




N4E-0016  
N4E-0018  
N4E-0019  
N4E-0020  
N4E-0021  
N4E-0023  
N4E-0024  
N4E-0025  
N4E-0027  
N4E-0028  
N4E-0029  
N4E-0030  
N4E-0031  
N4E-0032  
N4E-0034  
N4E-0035  
N4E-0036  
N4E-0037  
N4E-0038  
N4E-0039  
N4E-0040  
N4E-0041  
N4E-0042  
N4E-0043  
N4E-0044  
N4E-0045  
N4E-0046  
N4E-0047  
N4E-0048  
N4E-0049  
N4E-0050  
N4E-0051  
N4E-0052  
N4E-0053  
N4E-0054  
N4E-0055  
N4E-0056  
N4E-0057  
N4E-0058  
N4E-0059  
N4E-0060  
N4E-0061  
N4E-0062  
N4E-0063  
N4E-0064  
N4E-0065  
N4E-0066  
N4E-0067  
N4E-0069  
N4E-0070  
N4E-0071  
N4E-0073  
N4E-0075  
N4E-0076  
N4E-0077  
N4E-0078  
N4E-0079  
N4E-0080  
N4E-0081  
N4E-0082

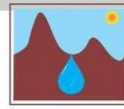


N4E-0083  
N4E-0084  
N4E-0085  
N4E-0086  
N4E-0087  
N4E-0088  
N4E-0088  
N4E-0089  
N4E-0090  
N4E-0091  
N4E-0092  
N4E-0093  
N4E-0094  
N4WS-0001  
N4WS-0002  
N4WS-0003  
N4WS-0004  
N4WS-0005  
N4WS-0006  
N4WS-0007  
N4WS-0009  
N4WS-0011  
N4WS-0012  
N4WS-0013  
N4WS-0014  
N4WS-0016  
N4WS-0018/0048  
N4WS-0019  
N4WS-0020  
N4WS-0021  
N4WS-0023  
N4WS-0024  
N4WS-0025  
N4WS-0026  
N4WS-0027  
N4WS-0028  
N4WS-0029  
N4WS-0030  
N4WS-0031  
N4WS-0032  
N4WS-0033  
N4WS-0034  
N4WS-0036  
N4WS-0037  
N4WS-0038  
N4WS-0039  
N4WS-0041  
N4WS-0042  
N4WS-0043  
N4WS-0044  
N4WS-0045  
N4WS-0046  
N4WS-0047  
N4WS-0049  
N4WS-0050/0051  
N4WS-0054  
N4WS-0056  
N4WS-0057  
N4WS-0058  
N4WS-0059  
N4WS-0060

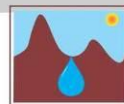


N4WS-0061  
N4WS-0062  
N4WS-0063  
N4WS-0064  
N4WS-0065  
N4WS-0066  
N4WS-0068  
N4WS-0069  
N4WS-0070  
N4WS-0074  
N4WS-0075  
N4WS-0076  
N4WS-0077  
N4WS-0078  
N4WS-0079  
N4WS-0080

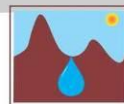
N5E-0001  
N5E-0003  
N5E-0004  
N5E-0006  
N5S-0001  
N5S-0002  
N5S-0003  
N5S-0004  
N5S-0005  
N5S-0006  
N5S-0007  
N5S-0008  
N5S-0009  
N5S-0013  
N5S-0014  
N5S-0015  
N5S-0016  
N5S-0018  
N5S-0019  
N5S-0020  
N5S-0022  
N5S-0023  
N5S-0024  
N5S-0025  
N5S-0026  
N5S-0028  
N5S-0029  
N5S-0031  
N5S-0032  
N5S-0033  
N5S-0034  
N5S-0035  
N5S-0036  
N5S-0038  
N5S-0039  
N5S-0040  
N5S-0041  
N5S-0042  
N5S-0043  
N5S-0044/0046  
N5S-0049  
N5S-0051  
N5S-0054  
N5S-0055



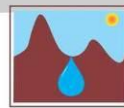
N5S-0056  
N5S-0057  
N5S-0058  
N5S-0059  
N5S-0060  
N5S-0061  
N5S-0062  
N5S-0062  
N5S-0066  
N5S-0067  
N5S-0068  
N5S-0069  
N5S-0070  
N5S-0071  
N5S-0072  
N5S-0073  
N5S-0074  
N5S-0075  
N5S-0076  
N5S-0078  
N5S-0079  
N5S-0080  
N5S-0081  
N5S-0082  
N5S-0083  
N5S-0084  
PESE-0001  
PESE-0002  
PESE-0003  
PESE-0004  
PESE-0005  
PESE-0006  
PESL-0001  
PESL-0002  
PESL-0003  
N5SM1-0001  
N5SM1-0002  
N5SM1-0003  
N5SM1-0004  
N5SM1-0005  
N5SM1-0006  
N5SM1-0007  
N5SM1-0009  
N5SM1-0010  
N5SM1-0011  
N5SM1-0012  
N5SM1-0013  
N5SM1-0014  
N5SM1-0015  
N5SM1-0016  
N5SM1-0017  
N5SM1-0018  
N5SM1-0019  
N5SM1-0020  
N5SM1-0022  
N5SM1-0023  
N5SM1-0024  
N5SM1-0025  
N5SM1-0026  
N5SM1-0027  
N5SM1-0029



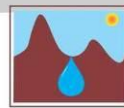
	<b>N5SM1-0030 N5SM1-0032 N5SM1-0033 N5SM1-0034 N5SM1-0035 N5SM1-0037 N5SM1-0038 N5SM1-0039 N5SM1-0040 N5SM1-0041 N5SM1-0042 N5SM1-0043 N5SM1-0044</b>
<b>III - Média área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3º do art. 14, desta Instrução Normativa;</b>	<b>N4E-0001 N4E-0002 N4E-0003 N4WS-0017 N4E-0004 N5E-0002 N4E-0005 N4E-0006 N4E-0007 N4E-0009 N4E-0011 N4E-0012 N4E-0015 N4E-0016 N4E-0018 N4E-0019 N4E-0013 N4E-0014 N4E-0020 N4E-0021 N4E-0023 N4E-0024 N4E-0025 N4E-0027 N4E-0028 N4E-0029 N4E-0030 N4E-0031 N4E-0032 N4E-0034 N4E-0035 N4E-0036 N4E-0037 N4E-0038 N4E-0039 N4E-0040 N4E-0041 N4E-0042 N4E-0043 N4E-0044 N4E-0045 N4E-0046 N4E-0047 N4E-0048 N4E-0049 N4E-0050 N4E-0051</b>



	<b>N4E-0052</b>
	<b>N4E-0053</b>
	<b>N4E-0054</b>
	<b>N4E-0055</b>
	<b>N4E-0056</b>
	<b>N4E-0057</b>
	<b>N4E-0058</b>
	<b>N4E-0059</b>
	<b>N4E-0060</b>
	<b>N4E-0061</b>
	<b>N4E-0062</b>
	<b>N4E-0063</b>
	<b>N4E-0064</b>
	<b>N4E-0065</b>
	<b>N4E-0066</b>
	<b>N4E-0067</b>
	<b>N4E-0069</b>
	<b>N4E-0071</b>
	<b>N4E-0073</b>
	<b>N4E-0075</b>
	<b>N4E-0076</b>
	<b>N4E-0077</b>
	<b>N4E-0078</b>
	<b>N4E-0079</b>
	<b>N4E-0080</b>
	<b>N4E-0081</b>
	<b>N4E-0082</b>
	<b>N4E-0083</b>
	<b>N4E-0084</b>
	<b>N4E-0085</b>
	<b>N4E-0086</b>
	<b>N4E-0087</b>
	<b>N4E-0088</b>
	<b>N4E-0089</b>
	<b>N4E-0090</b>
	<b>N4E-0091</b>
	<b>N4E-0093</b>
	<b>N4E-0094</b>
	<b>N4WS-0001</b>
	<b>N4WS-0002</b>
	<b>N4WS-0003</b>
	<b>N4WS-0004</b>
	<b>N4WS-0005</b>
	<b>N4WS-0006</b>
	<b>N4WS-0007</b>
	<b>N4WS-0009</b>
	<b>N4WS-0010</b>
	<b>N4WS-0011</b>
	<b>N4WS-0012</b>
	<b>N4WS-0013</b>
	<b>N4WS-0014</b>
	<b>N4WS-0016</b>
	<b>N4WS-0018/0048</b>
	<b>N4WS-0019</b>
	<b>N4WS-0020</b>
	<b>N4WS-0021</b>
	<b>N4WS-0023</b>
	<b>N4WS-0024</b>
	<b>N4WS-0025</b>
	<b>N4WS-0026</b>

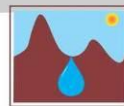


N4WS-0027  
N4WS-0028  
N4WS-0030  
N4WS-0031  
N4WS-0032  
N4WS-0033  
N4WS-0034  
N4WS-0035  
N4WS-0036  
N4WS-0037  
N4WS-0038  
N4WS-0039  
N4WS-0041  
N4WS-0042  
N4WS-0043  
N4WS-0044  
N4WS-0045  
N4WS-0046  
N4WS-0047  
N4WS-0049  
N4WS-0050/0051  
N4WS-0054  
N4WS-0055  
N4WS-0056  
N4WS-0057  
N4WS-0058  
N4WS-0059  
N4WS-0060  
N4WS-0061  
N4WS-0062  
N4WS-0063  
N4WS-0064  
N4WS-0065  
N4WS-0066  
N4WS-0068  
N4WS-0069  
N4WS-0070  
N4WS-0073  
N4WS-0074  
N4WS-0075  
N4WS-0076  
N4WS-0077  
N4WS-0078  
N4WS-0079  
N4WS-0080  
N5E-0001  
N5E-0003  
N5E-0004  
N5E-0006  
N5E-0007  
N5E-0008  
N5S-0001  
N5S-0002  
N5S-0003  
N5S-0004  
N5S-0005  
N5S-0006  
N5S-0007  
N5S-0008  
N5S-0009

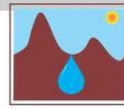


	<b>N5S-0010</b>
	<b>N5S-0013</b>
	<b>N5S-0014</b>
	<b>N5S-0015</b>
	<b>N5S-0016</b>
	<b>N5S-0018</b>
	<b>N5S-0019</b>
	<b>N5S-0020</b>
	<b>N5S-0022</b>
	<b>N5S-0023</b>
	<b>N5S-0024</b>
	<b>N5S-0025</b>
	<b>N5S-0026</b>
	<b>N5S-0028</b>
	<b>N5S-0029</b>
	<b>N5S-0031</b>
	<b>N5S-0032</b>
	<b>N5S-0033</b>
	<b>N5S-0034</b>
	<b>N5S-0035</b>
	<b>N5S-0036</b>
	<b>N5S-0038</b>
	<b>N5S-0039</b>
	<b>N5S-0040</b>
	<b>N5S-0041</b>
	<b>N5S-0042</b>
	<b>N5S-0043</b>
	<b>N5S-0044/0046</b>
	<b>N5S-0049</b>
	<b>N5S-0051</b>
	<b>N5S-0054</b>
	<b>N5S-0055</b>
	<b>N5S-0056</b>
	<b>N5S-0057</b>
	<b>N5S-0058</b>
	<b>N5S-0059</b>
	<b>N5S-0060</b>
	<b>N5S-0061</b>
	<b>N5S-0062</b>
	<b>N5S-0066</b>
	<b>N5S-0067</b>
	<b>N5S-0068</b>
	<b>N5S-0069</b>
	<b>N5S-0070</b>
	<b>N5S-0071</b>
	<b>N5S-0072</b>
	<b>N5S-0073</b>
	<b>N5S-0074</b>
	<b>N5S-0075</b>
	<b>N5S-0076</b>
	<b>N5S-0078</b>
	<b>N5S-0079</b>
	<b>N5S-0080</b>
	<b>N5S-0081</b>
	<b>N5S-0082</b>
	<b>N5S-0083</b>
	<b>N5S-0084</b>
	<b>PESE-0001</b>
	<b>PESE-0002</b>
	<b>PESE-0003</b>

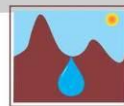




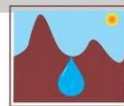
	<p>PESE-0004 PESE-0005 PESE-0006 PESL-0001 PESL-0002 PESL-0003 N5SM1-0001 N5SM1-0002 N5SM1-0003 N5SM1-0004 N5SM1-0005 N5SM1-0006 N5SM1-0007 N5SM1-0009 N5SM1-0010 N5SM1-0011 N5SM1-0012 N5SM1-0013 N5SM1-0014 N5SM1-0015 N5SM1-0016 N5SM1-0017 N5SM1-0018 N5SM1-0019 N5SM1-0020 N5SM1-0022 N5SM1-0023 N5SM1-0024 N5SM1-0025 N5SM1-0026 N5SM1-0027 N5SM1-0029 N5SM1-0030 N5SM1-0032 N5SM1-0033 N5SM1-0034 N5SM1-0035 N5SM1-0037 N5SM1-0038 N5SM1-0039 N5SM1-0040 N5SM1-0041 N5SM1-0042 N5SM1-0043 N5SM1-0044</p>
<p><b>IV</b> - 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;</p>	<p>N4E-0001 N4E-0002 N4E-0004 N4E-0005 N4E-0006 N4E-0007 N4E-0008 N4E-0010 N4E-0011 N4E-0012 N4E-0014 N4E-0015 N4E-0020 N4E-0021 N4E-0022</p>



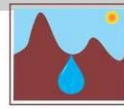
N4E-0023  
N4E-0026  
N4E-0030  
N4E-0031  
N4E-0032  
N4E-0033  
N4E-0057  
N4E-0058  
N4E-0059  
N4E-0060  
N4E-0066  
N4E-0067  
N4E-0070  
N4E-0071  
N4E-0072  
N4E-0073  
N4E-0091  
N4E-0092  
N4E-0095  
N4WS-0001  
N4WS-0002  
N4WS-0003  
N4WS-0004  
N4WS-0006  
N4WS-0007  
N4WS-0008  
N4WS-0009  
N4WS-0010  
N4WS-0013  
N4WS-0015  
N4WS-0016  
N4WS-0018/0048  
N4WS-0019  
N4WS-0021  
N4WS-0024  
N4WS-0025  
N4WS-0029  
N4WS-0030  
N4WS-0031  
N4WS-0034  
N4WS-0038  
N4WS-0039  
N4WS-0041  
N4WS-0047  
N4WS-0049  
N4WS-0050/0051  
N4WS-0055  
N4WS-0063  
N4WS-0064  
N4WS-0067  
N4WS-0072  
N5E-0002  
N5E-0005  
N5E-0007  
N5E-0008  
N5E-0009  
N5S-0005  
N5S-0006  
N5S-0008  
N5S-0011



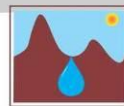
	<p>N5S-0012 N5S-0014 N5S-0017 N5S-0018 N5S-0021/0027 N5S-0022 N5S-0025 N5S-0026 N5S-0028 N5S-0030 N5S-0034 N5S-0037 N5S-0055 N5S- 0063/0064/0065 N5S-0067 N5S-0078 N5S-0085 PESE-0004 PESE-0005 PESL-0001 N5SM1-0005 N5SM1-0006 N5SM1-0008 N5SM1-0013 N5SM1-0020 N5SM1-0021 N5SM1-0022 N5SM1-0026 N5SM1-0028 N5SM1-0031 N5SM1-0032 N5SM1-0035 N5SM1-0036 N5SM1-0037</p>
<p><b>V</b> - 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;</p>	<p>N4E-0001 N4E-0002 N4E-0003 N4E-0004 N4E-0005 N4E-0006 N4E-0007 N4E-0009 N4E-0010 N4E-0011 N4E-0012 N4E-0013 N4E-0014 N4E-0015 N4E-0016 N4E-0018 N4E-0019 N4E-0020 N4E-0021 N4E-0023 N4E-0024 N4E-0025 N4E-0027 N4E-0028 N4E-0029</p>



N4E-0031  
N4E-0032  
N4E-0034  
N4E-0035  
N4E-0036  
N4E-0037  
N4E-0038  
N4E-0039  
N4E-0040  
N4E-0041  
N4E-0042  
N4E-0043  
N4E-0044  
N4E-0045  
N4E-0046  
N4E-0047  
N4E-0048  
N4E-0049  
N4E-0050  
N4E-0051  
N4E-0052  
N4E-0053  
N4E-0054  
N4E-0055  
N4E-0056  
N4E-0057  
N4E-0058  
N4E-0059  
N4E-0060  
N4E-0061  
N4E-0062  
N4E-0063  
N4E-0064  
N4E-0065  
N4E-0066  
N4E-0067  
N4E-0069  
N4E-0071  
N4E-0073  
N4E-0074  
N4E-0075  
N4E-0076  
N4E-0077  
N4E-0078  
N4E-0079  
N4E-0080  
N4E-0081  
N4E-0082  
N4E-0083  
N4E-0084  
N4E-0085  
N4E-0086  
N4E-0087  
N4E-0088  
N4E-0089  
N4E-0090  
N4E-0091  
N4E-0093  
N4E-0094  
N4E-0095



N4WS-0001  
N4WS-0002  
N4WS-0003  
N4WS-0004  
N4WS-0005  
N4WS-0006  
N4WS-0007  
N4WS-0009  
N4WS-0010  
N4WS-0011  
N4WS-0012  
N4WS-0013  
N4WS-0014  
N4WS-0016  
N4WS-0018/0048  
N4WS-0019  
N4WS-0020  
N4WS-0021  
N4WS-0023  
N4WS-0024  
N4WS-0025  
N4WS-0026  
N4WS-0027  
N4WS-0028  
N4WS-0030  
N4WS-0031  
N4WS-0032  
N4WS-0033  
N4WS-0034  
N4WS-0035  
N4WS-0036  
N4WS-0037  
N4WS-0038  
N4WS-0039  
N4WS-0041  
N4WS-0042  
N4WS-0043  
N4WS-0044  
N4WS-0045  
N4WS-0046  
N4WS-0047  
N4WS-0049  
N4WS-0050/0051  
N4WS-0054  
N4WS-0055  
N4WS-0056  
N4WS-0057  
N4WS-0058  
N4WS-0059  
N4WS-0060  
N4WS-0061  
N4WS-0062  
N4WS-0063  
N4WS-0064  
N4WS-0065  
N4WS-0066  
N4WS-0068  
N4WS-0069  
N4WS-0070  
N4WS-0073



N4WS-0074

N4WS-0075

N4WS-0076

N4WS-0077

N4WS-0078

N4WS-0079

N4WS-0080

N5E-0001

N5E-0003

N5E-0004

N5E-0006

N5E-0007

N5E-0008

N5E-0009

N5S-0001

N5S-0002

N5S-0003

N5S-0004

N5S-0005

N5S-0006

N5S-0007

N5S-0008

N5S-0009

N5S-0010

N5S-0013

N5S-0014

N5S-0015

N5S-0016

N5S-0018

N5S-0019

N5S-0020

N5S-0022

N5S-0023

N5S-0024

N5S-0025

N5S-0026

N5S-0028

N5S-0029

N5S-0031

N5S-0032

N5S-0033

N5S-0034

N5S-0035

N5S-0036

N5S-0038

N5S-0039

N5S-0040

N5S-0041

N5S-0042

N5S-0043

N5S-0044/0046

N5S-0049

N5S-0051

N5S-0054

N5S-0055

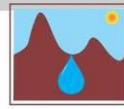
N5S-0056

N5S-0057

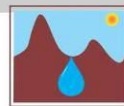
N5S-0058

N5S-0059

N5S-0060

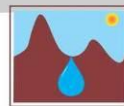


N5S-0061  
N5S-0062  
N5S-0066  
N5S-0067  
N5S-0068  
N5S-0069  
N5S-0070  
N5S-0071  
N5S-0072  
N5S-0073  
N5S-0074  
N5S-0075  
N5S-0076  
N5S-0078  
N5S-0079  
N5S-0080  
N5S-0081  
N5S-0082  
N5S-0083  
N5S-0084  
PESE-0001  
PESE-0002  
PESE-0003  
PESE-0004  
PESE-0005  
PESE-0006  
PESL-0001  
PESL-0002  
PESL-0003  
N5SM1-0001  
N5SM1-0002  
N5SM1-0003  
N5SM1-0004  
N5SM1-0005  
N5SM1-0006  
N5SM1-0007  
N5SM1-0009  
N5SM1-0010  
N5SM1-0011  
N5SM1-0012  
N5SM1-0013  
N5SM1-0014  
N5SM1-0015  
N5SM1-0016  
N5SM1-0017  
N5SM1-0018  
N5SM1-0019  
N5SM1-0020  
N5SM1-0022  
N5SM1-0023  
N5SM1-0024  
N5SM1-0025  
N5SM1-0026  
N5SM1-0027  
N5SM1-0029  
N5SM1-0030  
N5SM1-0032  
N5SM1-0033  
N5SM1-0034  
N5SM1-0035



	<b>N5SM1-0037 N5SM1-0038 N5SM1-0039 N5SM1-0040 N5SM1-0041 N5SM1-0042 N5SM1-0043 N5SM1-0044</b>
<b>VI - Presença de estruturas espeleogenéticas raras;</b>	<b>N4E-0022 N4E-0023 N4E-0054 N4WS-0012 N5S-0079 PESE-0006 N5SM1-0011</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>N5S-0008 N5S-0057 N5S-0074 N5SM1-0036</b>
<b>VIII - Diversidade da sedimentação química com muitos tipos de espeleotemas ou processos de deposição;</b>	<b>N4E-0001 N4E-0002 N4E-0003 N4E-0004 N4E-0008 N4E-0015 N4E-0020 N4E-0021 N4E-0022 N4E-0023 N4E-0030 N4E-0033 N4E-0039 N4E-0043 N4E-0046 N4E-0062 N4E-0067 N4E-0068 N4E-0072 N4E-0075 N4E-0081 N4E-0085 N4E-0089 N4E-0092 N4E-0093 N4E-0094 N4E-0095 N4WS-0003 N4WS-0007 N4WS-0008 N4WS-0013 N4WS-0015 N4WS-0017 N4WS-0025 N4WS-0028 N4WS-0032 N4WS-0034 N4WS-0047 N4WS-0049 N4WS-0050/0051 N4WS-0056</b>

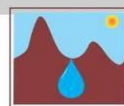




	<p>N4WS-0063 N4WS-0067 N4WS-0072 N4WS-0073 N4WS-0075 N5E-0002 N5E-0005 N5E-0007 N5S-0004 N5S-0011 N5S-0012 N5S-0014 N5S-0016 N5S-0017 N5S-0021/0027 N5S-0026 N5S-0030 N5S-0042 N5S-0052/0053 N5S-0055 N5S-0059 N5S- 0063/0064/0065 N5S-0066 N5S-0067 N5S-0070 N5S-0071 N5S-0072 N5S-0073 N5S-0074 N5S-0079 N5S-0080 N5S-0081 N5S-0083 N5S-0085 PESE-0005 N5SM1-0008 N5SM1-0013 N5SM1-0019 N5SM1-0020 N5SM1-0026</p>
<p>IX - Sedimentação clástica ou química com valor científico;</p>	<p>N4E-0022 N4E-0023 N4E-0054 N4WS-0012 N5S-0076 N5S-0079 PESE-0006 N5SM1-0011</p>

### Importância significativa sob enfoque local

As Tabelas 6.13 e 6.14 apresentam os parâmetros espeleométricos do enfoque local (Unidade Geomorfológica), os quais definiram as cavernas de **média projeção horizontal, média área, alto desnível e alto volume**



**estimado.** As cavernas selecionadas para este parâmetro encontram-se na Tabela 6.15.

**Tabela 6.13. Parâmetros espeleométricos na escala local (formação ferrífera).**

No. cavernas:	587	PH	Desnível	Área	Volume
Média		38,74	4,96	146,94	285,25
Desvio Padrão		46,10		207,78	469,61
Alto ( $> \mu + \sigma$ )		84,84	> 4,96	354,72	754,86
Médio - Intervalo entre ( $\mu - \sigma$ ) e ( $\mu + \sigma$ )		-7,35 e 84,84		-60,84 e 354,72	-285,25 e 754,86
Baixo ( $< \mu - \sigma$ )		-7,35	< 4,96	-60,84	-285,25

**Tabela 6.14. Parâmetros espeleométricos na escala local (rocha máfica).**

No. cavernas:	11	PH	Desnível	Área	Volume
Média		31,87	5,99	226,34	551,31
Desvio Padrão		45,77		463,88	1294,53
Alto ( $> \mu + \sigma$ )		77,64	> 5,99	690,21	1845,84
Médio - Intervalo entre ( $\mu - \sigma$ ) e ( $\mu + \sigma$ )		-13,89 e 77,64		-237,54 e 690,21	-551,31 e 1845,84
Baixo ( $< \mu - \sigma$ )		-13,89	< 5,99	-237,54	-551,31

### Poucos tipos de espeleotemas

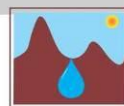
Todas as cavernas que não apresentaram diversidade de espeleotemas foram incluídas neste atributo. As cavernas selecionadas para este parâmetro encontram-se na Tabela 6.15.

### Uso ou visitação esporádica ou casual

Não foi registrado nenhum vestígio de uso ou visitação esporádica/casual nas cavernas estudadas.

### Água de percolação ou condensação

Presença de água de percolação ou condensação com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos



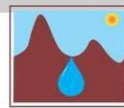
do artigo 10. As cavernas selecionadas para este parâmetro encontram-se na Tabela 6.15.

### **Lago ou drenagem intermitente**

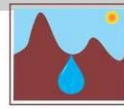
Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos do artigo 10. As cavernas selecionadas para este parâmetro encontram-se na Tabela 6.15.

**Tabela 6.15. Atributos físicos adicionais que conferem importância significativa sob enfoque local.**

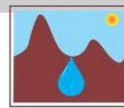
<b>Importância significativa sob enfoque local</b>	<b>Presente</b>
<b>V</b> - Média projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa;	N4E-0001
	N4E-0002
	N4E-0003
	N4E-0004
	N4E-0005
	N4E-0006
	N4E-0007
	N4E-0009
	N4E-0010
	N4E-0011
	N4E-0012
	N4E-0015
	N4E-0016
	N4E-0018
	N4E-0019
	N4E-0020
	N4E-0021
	N4E-0023
	N4E-0024
	N4E-0025
	N4E-0027
	N4E-0028
	N4E-0029
	N4E-0030
	N4E-0031
	N4E-0032
	N4E-0034
	N4E-0035
	N4E-0036
	N4E-0037
	N4E-0038
	N4E-0039
	N4E-0040
	N4E-0041
	N4E-0042
	N4E-0043
	N4E-0044
	N4E-0045



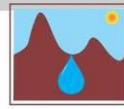
N4E-0046  
N4E-0047  
N4E-0048  
N4E-0049  
N4E-0050  
N4E-0051  
N4E-0052  
N4E-0053  
N4E-0054  
N4E-0055  
N4E-0056  
N4E-0057  
N4E-0058  
N4E-0059  
N4E-0060  
N4E-0061  
N4E-0062  
N4E-0063  
N4E-0064  
N4E-0065  
N4E-0066  
N4E-0067  
N4E-0068  
N4E-0069  
N4E-0070  
N4E-0071  
N4E-0073  
N4E-0075  
N4E-0076  
N4E-0077  
N4E-0078  
N4E-0079  
N4E-0080  
N4E-0081  
N4E-0082  
N4E-0083  
N4E-0084  
N4E-0085  
N4E-0086  
N4E-0087  
N4E-0088  
N4E-0089  
N4E-0090  
N4E-0091  
N4E-0092  
N4E-0093  
N4E-0094  
N4E-0095  
N4WS-0001  
N4WS-0002  
N4WS-0003  
N4WS-0004  
N4WS-0005  
N4WS-0006  
N4WS-0007  
N4WS-0008  
N4WS-0009  
N4WS-0010  
N4WS-0011  
N4WS-0012



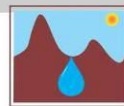
	<b>N4WS-0013</b>
	<b>N4WS-0014</b>
	<b>N4WS-0016</b>
	<b>N4WS-0017</b>
	<b>N4WS-0018/0048</b>
	<b>N4WS-0019</b>
	<b>N4WS-0020</b>
	<b>N4WS-0021</b>
	<b>N4WS-0023</b>
	<b>N4WS-0024</b>
	<b>N4WS-0025</b>
	<b>N4WS-0026</b>
	<b>N4WS-0027</b>
	<b>N4WS-0028</b>
	<b>N4WS-0029</b>
	<b>N4WS-0030</b>
	<b>N4WS-0031</b>
	<b>N4WS-0032</b>
	<b>N4WS-0033</b>
	<b>N4WS-0034</b>
	<b>N4WS-0035</b>
	<b>N4WS-0036</b>
	<b>N4WS-0037</b>
	<b>N4WS-0038</b>
	<b>N4WS-0039</b>
	<b>N4WS-0041</b>
	<b>N4WS-0042</b>
	<b>N4WS-0043</b>
	<b>N4WS-0044</b>
	<b>N4WS-0045</b>
	<b>N4WS-0046</b>
	<b>N4WS-0047</b>
	<b>N4WS-0049</b>
	<b>N4WS-0050/0051</b>
	<b>N4WS-0054</b>
	<b>N4WS-0055</b>
	<b>N4WS-0056</b>
	<b>N4WS-0057</b>
	<b>N4WS-0058</b>
	<b>N4WS-0059</b>
	<b>N4WS-0060</b>
	<b>N4WS-0061</b>
	<b>N4WS-0062</b>
	<b>N4WS-0063</b>
	<b>N4WS-0064</b>
	<b>N4WS-0065</b>
	<b>N4WS-0066</b>
	<b>N4WS-0068</b>
	<b>N4WS-0069</b>
	<b>N4WS-0070</b>
	<b>N4WS-0074</b>
	<b>N4WS-0075</b>
	<b>N4WS-0076</b>
	<b>N4WS-0077</b>
	<b>N4WS-0078</b>
	<b>N4WS-0079</b>
	<b>N4WS-0080</b>
	<b>N5E-0001</b>
	<b>N5E-0003</b>
	<b>N5E-0004</b>



N5E-0006  
N5E-0007  
N5E-0008  
N5E-0009  
N5S-0001  
N5S-0002  
N5S-0003  
N5S-0004  
N5S-0005  
N5S-0006  
N5S-0007  
N5S-0008  
N5S-0009  
N5S-0010  
N5S-0013  
N5S-0014  
N5S-0015  
N5S-0016  
N5S-0017  
N5S-0018  
N5S-0019  
N5S-0020  
N5S-0022  
N5S-0023  
N5S-0024  
N5S-0025  
N5S-0026  
N5S-0028  
N5S-0029  
N5S-0031  
N5S-0032  
N5S-0033  
N5S-0034  
N5S-0035  
N5S-0036  
N5S-0038  
N5S-0039  
N5S-0040  
N5S-0041  
N5S-0042  
N5S-0043  
N5S-0044/0046  
N5S-0049  
N5S-0051  
N5S-0054  
N5S-0055  
N5S-0056  
N5S-0057  
N5S-0058  
N5S-0059  
N5S-0060  
N5S-0061  
N5S-0062  
N5S-0066  
N5S-0067  
N5S-0068  
N5S-0069  
N5S-0070  
N5S-0071  
N5S-0072



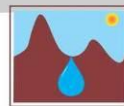
**N5S-0073  
N5S-0074  
N5S-0075  
N5S-0076  
N5S-0077  
N5S-0078  
N5S-0079  
N5S-0080  
N5S-0081  
N5S-0082  
N5S-0083  
N5S-0084  
PESE-0001  
PESE-0002  
PESE-0003  
PESE-0004  
PESE-0005  
PESE-0006  
PESL-0001  
PESL-0002  
PESL-0003  
N5SM1-0001  
N5SM1-0002  
N5SM1-0003  
N5SM1-0004  
N5SM1-0005  
N5SM1-0006  
N5SM1-0007  
N5SM1-0009  
N5SM1-0010  
N5SM1-0011  
N5SM1-0012  
N5SM1-0013  
N5SM1-0014  
N5SM1-0015  
N5SM1-0016  
N5SM1-0017  
N5SM1-0018  
N5SM1-0019  
N5SM1-0020  
N5SM1-0022  
N5SM1-0023  
N5SM1-0024  
N5SM1-0025  
N5SM1-0026  
N5SM1-0027  
N5SM1-0029  
N5SM1-0030  
N5SM1-0032  
N5SM1-0033  
N5SM1-0034  
N5SM1-0035  
N5SM1-0037  
N5SM1-0038  
N5SM1-0039  
N5SM1-0040  
N5SM1-0041  
N5SM1-0042  
N5SM1-0043  
N5SM1-0044**



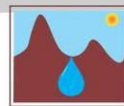
**VI** - Média área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa;

N4E-0001  
N4E-0002  
N4E-0003  
N4E-0004  
N4E-0005  
N4E-0006  
N4E-0007  
N4E-0009  
N4E-0010  
N4E-0011  
N4E-0012  
N4E-0013  
N4E-0014  
N4E-0015  
N4E-0016  
N4E-0018  
N4E-0019  
N4E-0020  
N4E-0021  
N4E-0023  
N4E-0024  
N4E-0025  
N4E-0027  
N4E-0028  
N4E-0029  
N4E-0030  
N4E-0031  
N4E-0032  
N4E-0034  
N4E-0035  
N4E-0036  
N4E-0037  
N4E-0038  
N4E-0039  
N4E-0040  
N4E-0041  
N4E-0042  
N4E-0043  
N4E-0044  
N4E-0045  
N4E-0046  
N4E-0047  
N4E-0048  
N4E-0049  
N4E-0050  
N4E-0051  
N4E-0052  
N4E-0053  
N4E-0054  
N4E-0055  
N4E-0056  
N4E-0057  
N4E-0058  
N4E-0059  
N4E-0060  
N4E-0061  
N4E-0062  
N4E-0063  
N4E-0064  
N4E-0065

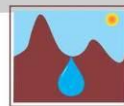




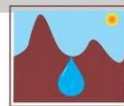
N4E-0066  
N4E-0067  
N4E-0069  
N4E-0071  
N4E-0073  
N4E-0074  
N4E-0075  
N4E-0076  
N4E-0077  
N4E-0078  
N4E-0079  
N4E-0080  
N4E-0081  
N4E-0082  
N4E-0083  
N4E-0084  
N4E-0085  
N4E-0086  
N4E-0087  
N4E-0088  
N4E-0089  
N4E-0090  
N4E-0091  
N4E-0093  
N4E-0094  
N4WS-0001  
N4WS-0002  
N4WS-0003  
N4WS-0004  
N4WS-0005  
N4WS-0006  
N4WS-0007  
N4WS-0009  
N4WS-0010  
N4WS-0011  
N4WS-0012  
N4WS-0013  
N4WS-0014  
N4WS-0016  
N4WS-0017  
N4WS-0018/0048  
N4WS-0019  
N4WS-0020  
N4WS-0021  
N4WS-0023  
N4WS-0024  
N4WS-0025  
N4WS-0026  
N4WS-0027  
N4WS-0028  
N4WS-0029  
N4WS-0030  
N4WS-0031  
N4WS-0032  
N4WS-0033  
N4WS-0034  
N4WS-0035  
N4WS-0036  
N4WS-0037  
N4WS-0038



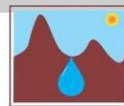
N4WS-0039  
N4WS-0041  
N4WS-0042  
N4WS-0043  
N4WS-0044  
N4WS-0045  
N4WS-0046  
N4WS-0047  
N4WS-0049  
N4WS-0050/0051  
N4WS-0054  
N4WS-0055  
N4WS-0056  
N4WS-0057  
N4WS-0058  
N4WS-0059  
N4WS-0060  
N4WS-0061  
N4WS-0062  
N4WS-0063  
N4WS-0064  
N4WS-0065  
N4WS-0066  
N4WS-0068  
N4WS-0069  
N4WS-0070  
N4WS-0073  
N4WS-0074  
N4WS-0075  
N4WS-0076  
N4WS-0077  
N4WS-0078  
N4WS-0079  
N4WS-0080  
N5E-0001  
N5E-0002  
N5E-0003  
N5E-0004  
N5E-0006  
N5E-0007  
N5E-0008  
N5S-0001  
N5S-0002  
N5S-0003  
N5S-0004  
N5S-0005  
N5S-0006  
N5S-0007  
N5S-0008  
N5S-0009  
N5S-0010  
N5S-0013  
N5S-0014  
N5S-0015  
N5S-0016  
N5S-0018  
N5S-0019  
N5S-0020  
N5S-0022  
N5S-0023



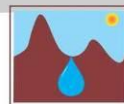
N5S-0024  
N5S-0025  
N5S-0026  
N5S-0028  
N5S-0029  
N5S-0031  
N5S-0032  
N5S-0033  
N5S-0034  
N5S-0035  
N5S-0036  
N5S-0038  
N5S-0039  
N5S-0040  
N5S-0041  
N5S-0042  
N5S-0043  
N5S-0044/0046  
N5S-0049  
N5S-0051  
N5S-0054  
N5S-0055  
N5S-0056  
N5S-0057  
N5S-0058  
N5S-0059  
N5S-0060  
N5S-0061  
N5S-0062  
N5S-0066  
N5S-0067  
N5S-0068  
N5S-0069  
N5S-0070  
N5S-0071  
N5S-0072  
N5S-0073  
N5S-0074  
N5S-0075  
N5S-0076  
N5S-0077  
N5S-0078  
N5S-0079  
N5S-0080  
N5S-0081  
N5S-0082  
N5S-0083  
N5S-0084  
PESE-0001  
PESE-0002  
PESE-0003  
PESE-0004  
PESE-0005  
PESE-0006  
PESL-0001  
PESL-0002  
PESL-0003  
N5SM1-0001  
N5SM1-0002  
N5SM1-0003



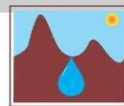
	<p>N5SM1-0004 N5SM1-0005 N5SM1-0006 N5SM1-0007 N5SM1-0009 N5SM1-0010 N5SM1-0011 N5SM1-0012 N5SM1-0013 N5SM1-0014 N5SM1-0015 N5SM1-0016 N5SM1-0017 N5SM1-0018 N5SM1-0019 N5SM1-0020 N5SM1-0022 N5SM1-0023 N5SM1-0024 N5SM1-0025 N5SM1-0026 N5SM1-0027 N5SM1-0029 N5SM1-0030 N5SM1-0032 N5SM1-0033 N5SM1-0034 N5SM1-0035 N5SM1-0037 N5SM1-0038 N5SM1-0039 N5SM1-0040 N5SM1-0041 N5SM1-0042 N5SM1-0043 N5SM1-0044</p>
<p><b>VII</b> - 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;</p>	<p>N4E-0001 N4E-0002 N4E-0004 N4E-0005 N4E-0006 N4E-0007 N4E-0008 N4E-0010 N4E-0011 N4E-0012 N4E-0014 N4E-0015 N4E-0020 N4E-0021 N4E-0022 N4E-0023 N4E-0026 N4E-0030 N4E-0031 N4E-0032 N4E-0033 N4E-0040 N4E-0057 N4E-0058</p>



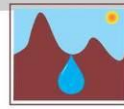
N4E-0059  
N4E-0060  
N4E-0066  
N4E-0067  
N4E-0070  
N4E-0071  
N4E-0072  
N4E-0073  
N4E-0082  
N4E-0091  
N4E-0095  
N4WS-0002  
N4WS-0003  
N4WS-0004  
N4WS-0006  
N4WS-0007  
N4WS-0008  
N4WS-0015  
N4WS-0016  
N4WS-0018/0048  
N4WS-0019  
N4WS-0021  
N4WS-0024  
N4WS-0025  
N4WS-0029  
N4WS-0030  
N4WS-0035  
N4WS-0038  
N4WS-0041  
N4WS-0043  
N4WS-0045  
N4WS-0047  
N4WS-0049  
N4WS-0055  
N4WS-0064  
N4WS-0067  
N4WS-0072  
N5E-0002  
N5E-0005  
N5E-0007  
N5E-0008  
N5E-0009  
N5S-0005  
N5S-0006  
N5S-0008  
N5S-0011  
N5S-0012  
N5S-0014  
N5S-0017  
N5S-0018  
N5S-0021/0027  
N5S-0022  
N5S-0026  
N5S-0030  
N5S-0034  
N5S-0037  
N5S-0055  
N5S-  
0063/0064/0065  
N5S-0067



	<p>N5S-0076 N5S-0077 N5S-0078 N5S-0085 PESE-0004 PESE-0005 PESL-0001 N5SM1-0005 N5SM1-0006 N5SM1-0008 N5SM1-0013 N5SM1-0020 N5SM1-0021 N5SM1-0028 N5SM1-0031 N5SM1-0032 N5SM1-0035 N5SM1-0036</p>
<p><b>VIII</b> - 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;</p>	<p>N4E-0001 N4E-0002 N4E-0003 N4E-0004 N4E-0005 N4E-0006 N4E-0007 N4E-0009 N4E-0010 N4E-0011 N4E-0012 N4E-0013 N4E-0014 N4E-0015 N4E-0016 N4E-0018 N4E-0019 N4E-0020 N4E-0021 N4E-0023 N4E-0024 N4E-0025 N4E-0027 N4E-0028 N4E-0029 N4E-0031 N4E-0032 N4E-0034 N4E-0035 N4E-0036 N4E-0037 N4E-0038 N4E-0039 N4E-0040 N4E-0041 N4E-0042 N4E-0043 N4E-0044 N4E-0045 N4E-0046 N4E-0047 N4E-0048</p>

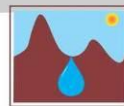


N4E-0049  
N4E-0050  
N4E-0051  
N4E-0052  
N4E-0053  
N4E-0054  
N4E-0055  
N4E-0056  
N4E-0057  
N4E-0058  
N4E-0059  
N4E-0060  
N4E-0061  
N4E-0062  
N4E-0063  
N4E-0064  
N4E-0065  
N4E-0066  
N4E-0067  
N4E-0069  
N4E-0071  
N4E-0073  
N4E-0074  
N4E-0075  
N4E-0076  
N4E-0077  
N4E-0078  
N4E-0079  
N4E-0080  
N4E-0081  
N4E-0083  
N4E-0082  
N4E-0084  
N4E-0085  
N4E-0086  
N4E-0087  
N4E-0088  
N4E-0089  
N4E-0090  
N4E-0091  
N4E-0093  
N4E-0094  
N4E-0095  
N4WS-0001  
N4WS-0002  
N4WS-0003  
N4WS-0004  
N4WS-0005  
N4WS-0007  
N4WS-0009  
N4WS-0010  
N4WS-0011  
N4WS-0012  
N4WS-0013  
N4WS-0014  
N4WS-0016  
N4WS-0017  
N4WS-0018/0048  
N4WS-0019  
N4WS-0020

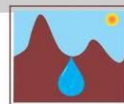


N4WS-0021  
N4WS-0023  
N4WS-0024  
N4WS-0025  
N4WS-0026  
N4WS-0027  
N4WS-0028  
N4WS-0030  
N4WS-0031  
N4WS-0032  
N4WS-0033  
N4WS-0034  
N4WS-0035  
N4WS-0036  
N4WS-0037  
N4WS-0038  
N4WS-0039  
N4WS-0041  
N4WS-0042  
N4WS-0043  
N4WS-0044  
N4WS-0045  
N4WS-0046  
N4WS-0047  
N4WS-0049  
N4WS-0050/0051  
N4WS-0054  
N4WS-0055  
N4WS-0056  
N4WS-0057  
N4WS-0058  
N4WS-0059  
N4WS-0060  
N4WS-0061  
N4WS-0062  
N4WS-0063  
N4WS-0064  
N4WS-0065  
N4WS-0066  
N4WS-0068  
N4WS-0069  
N4WS-0070  
N4WS-0073  
N4WS-0074  
N4WS-0075  
N4WS-0076  
N4WS-0077  
N4WS-0078  
N4WS-0079  
N4WS-0080  
N5E-0001  
N5E-0002  
N5E-0003  
N5E-0004  
N5E-0006  
N5E-0007  
N5E-0008  
N5E-0009  
N5S-0001  
N5S-0002





N5S-0003  
N5S-0004  
N5S-0005  
N5S-0006  
N5S-0007  
N5S-0008  
N5S-0009  
N5S-0010  
N5S-0013  
N5S-0014  
N5S-0015  
N5S-0016  
N5S-0018  
N5S-0019  
N5S-0020  
N5S-0022  
N5S-0023  
N5S-0024  
N5S-0025  
N5S-0026  
N5S-0028  
N5S-0029  
N5S-0031  
N5S-0032  
N5S-0033  
N5S-0034  
N5S-0035  
N5S-0036  
N5S-0038  
N5S-0039  
N5S-0040  
N5S-0041  
N5S-0042  
N5S-0043  
N5S-0044/0046  
N5S-0049  
N5S-0051  
N5S-0052/0053  
N5S-0054  
N5S-0055  
N5S-0056  
N5S-0057  
N5S-0058  
N5S-0059  
N5S-0060  
N5S-0061  
N5S-0062  
N5S-0066  
N5S-0067  
N5S-0068  
N5S-0069  
N5S-0070  
N5S-0071  
N5S-0072  
N5S-0073  
N5S-0074  
N5S-0075  
N5S-0076  
N5S-0077  
N5S-0078



**N5S-0079**

**N5S-0080**

**N5S-0081**

**N5S-0082**

**N5S-0083**

**N5S-0084**

**PESE-0001**

**PESE-0002**

**PESE-0003**

**PESE-0004**

**PESE-0005**

**PESE-0006**

**PESL-0001**

**PESL-0002**

**PESL-0003**

**N5SM1-0001**

**N5SM1-0002**

**N5SM1-0003**

**N5SM1-0004**

**N5SM1-0005**

**N5SM1-0006**

**N5SM1-0007**

**N5SM1-0009**

**N5SM1-0010**

**N5SM1-0011**

**N5SM1-0012**

**N5SM1-0013**

**N5SM1-0014**

**N5SM1-0015**

**N5SM1-0016**

**N5SM1-0017**

**N5SM1-0018**

**N5SM1-0019**

**N5SM1-0020**

**N5SM1-0022**

**N5SM1-0023**

**N5SM1-0024**

**N5SM1-0025**

**N5SM1-0026**

**N5SM1-0027**

**N5SM1-0029**

**N5SM1-0030**

**N5SM1-0032**

**N5SM1-0033**

**N5SM1-0034**

**N5SM1-0035**

**N5SM1-0036**

**N5SM1-0037**

**N5SM1-0038**

**N5SM1-0039**

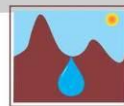
**N5SM1-0040**

**N5SM1-0041**

**N5SM1-0042**

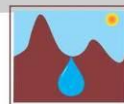
**N5SM1-0043**

**N5SM1-0044**

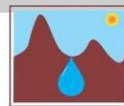


**IX** - Poucos tipos de espeleotemas e processos de deposição em termos de diversidade de sedimentação química;

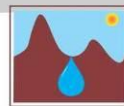
N4E-0005  
N4E-0006  
N4E-0007  
N4E-0009  
N4E-0010  
N4E-0011  
N4E-0012  
N4E-0013  
N4E-0014  
N4E-0016  
N4E-0018  
N4E-0019  
N4E-0024  
N4E-0025  
N4E-0026  
N4E-0027  
N4E-0028  
N4E-0029  
N4E-0031  
N4E-0032  
N4E-0034  
N4E-0035  
N4E-0036  
N4E-0037  
N4E-0038  
N4E-0041  
N4E-0042  
N4E-0044  
N4E-0045  
N4E-0047  
N4E-0048  
N4E-0049  
N4E-0050  
N4E-0051  
N4E-0052  
N4E-0053  
N4E-0054  
N4E-0055  
N4E-0056  
N4E-0057  
N4E-0058  
N4E-0059  
N4E-0060  
N4E-0061  
N4E-0063  
N4E-0064  
N4E-0065  
N4E-0066  
N4E-0069  
N4E-0070  
N4E-0071  
N4E-0073  
N4E-0074  
N4E-0076  
N4E-0077  
N4E-0078  
N4E-0079  
N4E-0080  
N4E-0083  
N4E-0084



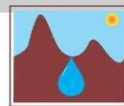
N4E-0086  
N4E-0087  
N4E-0088  
N4E-0090  
N4E-0091  
N4WS-0001  
N4WS-0002  
N4WS-0004  
N4WS-0005  
N4WS-0006  
N4WS-0011  
N4WS-0012  
N4WS-0014  
N4WS-0016  
N4WS-0018/0048  
N4WS-0019  
N4WS-0020  
N4WS-0021  
N4WS-0023  
N4WS-0024  
N4WS-0026  
N4WS-0027  
N4WS-0029  
N4WS-0030  
N4WS-0031  
N4WS-0033  
N4WS-0036  
N4WS-0037  
N4WS-0038  
N4WS-0039  
N4WS-0041  
N4WS-0042  
N4WS-0044  
N4WS-0046  
N4WS-0054  
N4WS-0055  
N4WS-0057  
N4WS-0058  
N4WS-0059  
N4WS-0060  
N4WS-0061  
N4WS-0062  
N4WS-0064  
N4WS-0065  
N4WS-0066  
N4WS-0068  
N4WS-0069  
N4WS-0070  
N4WS-0074  
N4WS-0076  
N4WS-0077  
N4WS-0078  
N4WS-0079  
N4WS-0080  
N5E-0001  
N5E-0003  
N5E-0004  
N5E-0006  
N5E-0008  
N5E-0009



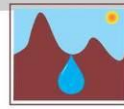
N5S-0001  
N5S-0002  
N5S-0003  
N5S-0005  
N5S-0006  
N5S-0007  
N5S-0008  
N5S-0009  
N5S-0010  
N5S-0013  
N5S-0015  
N5S-0018  
N5S-0019  
N5S-0020  
N5S-0022  
N5S-0023  
N5S-0024  
N5S-0025  
N5S-0028  
N5S-0029  
N5S-0031  
N5S-0032  
N5S-0033  
N5S-0034  
N5S-0035  
N5S-0036  
N5S-0037  
N5S-0038  
N5S-0039  
N5S-0040  
N5S-0041  
N5S-0043  
N5S-0044/0046  
N5S-0049  
N5S-0051  
N5S-0054  
N5S-0056  
N5S-0057  
N5S-0058  
N5S-0060  
N5S-0061  
N5S-0062  
N5S-0068  
N5S-0069  
N5S-0075  
N5S-0078  
N5S-0082  
N5S-0084  
PESE-0001  
PESE-0002  
PESE-0003  
PESE-0004  
PESE-0006  
PESL-0001  
PESL-0002  
PESL-0003  
N5SM1-0001  
N5SM1-0002  
N5SM1-0003  
N5SM1-0004



	<p>N5SM1-0005 N5SM1-0006 N5SM1-0007 N5SM1-0009 N5SM1-0010 N5SM1-0011 N5SM1-0012 N5SM1-0014 N5SM1-0015 N5SM1-0016 N5SM1-0017 N5SM1-0018 N5SM1-0021 N5SM1-0022 N5SM1-0023 N5SM1-0024 N5SM1-0025 N5SM1-0027 N5SM1-0028 N5SM1-0029 N5SM1-0030 N5SM1-0031 N5SM1-0032 N5SM1-0033 N5SM1-0034 N5SM1-0035 N5SM1-0036 N5SM1-0037 N5SM1-0038 N5SM1-0039 N5SM1-0040 N5SM1-0041 N5SM1-0042 N5SM1-0043 N5SM1-0044</p>
<p><b>XII</b> - Presença de água de percolação ou condensação com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo; e</p>	<p>N4E-0007 N4E-0010 N4E-0012 N4E-0013 N4E-0014 N4E-0016 N4E-0018 N4E-0022 N4E-0026 N4E-0027 N4E-0028 N4E-0029 N4E-0031 N4E-0032 N4E-0034 N4E-0035 N4E-0038 N4E-0041 N4E-0042 N4E-0044 N4E-0045 N4E-0048 N4E-0049 N4E-0050 N4E-0051</p>

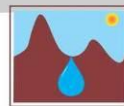


N4E-0052  
N4E-0054  
N4E-0055  
N4E-0057  
N4E-0058  
N4E-0059  
N4E-0060  
N4E-0061  
N4E-0063  
N4E-0064  
N4E-0065  
N4E-0069  
N4E-0070  
N4E-0071  
N4E-0072  
N4E-0073  
N4E-0074  
N4E-0076  
N4E-0077  
N4E-0078  
N4E-0079  
N4E-0080  
N4E-0083  
N4E-0086  
N4E-0087  
N4E-0088  
N4E-0089  
N4E-0090  
N4E-0091  
N4WS-0002  
N4WS-0004  
N4WS-0006  
N4WS-0011  
N4WS-0012  
N4WS-0014  
N4WS-0018/0048  
N4WS-0027  
N4WS-0030  
N4WS-0034  
N4WS-0044  
N4WS-0054  
N4WS-0055  
N4WS-0056  
N4WS-0057  
N4WS-0058  
N4WS-0059  
N4WS-0060  
N4WS-0061  
N4WS-0062  
N4WS-0064  
N4WS-0065  
N4WS-0066  
N4WS-0067  
N4WS-0068  
N4WS-0069  
N4WS-0070  
N4WS-0074  
N4WS-0076  
N4WS-0077  
N4WS-0078

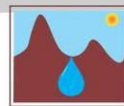


N4WS-0079  
N4WS-0080  
N5E-0001  
N5E-0003  
N5E-0004  
N5E-0006  
N5E-0008  
N5E-0009  
N5S-0001  
N5S-0002  
N5S-0003  
N5S-0005  
N5S-0006  
N5S-0007  
N5S-0008  
N5S-0009  
N5S-0010  
N5S-0013  
N5S-0015  
N5S-0018  
N5S-0019  
N5S-0020  
N5S-0022  
N5S-0023  
N5S-0024  
N5S-0025  
N5S-0028  
N5S-0029  
N5S-0031  
N5S-0032  
N5S-0033  
N5S-0034  
N5S-0035  
N5S-0036  
N5S-0037  
N5S-0038  
N5S-0044/0046  
N5S-0049  
N5S-0051  
N5S-0057  
N5S-0060  
N5S-0061  
N5S-0062  
N5S-  
0063/0064/0065  
N5S-0068  
N5S-0071  
N5S-0074  
N5S-0075  
N5S-0078  
N5S-0082  
N5S-0083  
N5S-0084  
PESE-0001  
PESE-0002  
PESE-0004  
PESE-0006  
PESL-0001  
PESL-0003  
N5SM1-0001





	<p>N5SM1-0003 N5SM1-0004 N5SM1-0005 N5SM1-0006 N5SM1-0007 N5SM1-0008 N5SM1-0009 N5SM1-0010 N5SM1-0011 N5SM1-0012 N5SM1-0013 N5SM1-0014 N5SM1-0015 N5SM1-0016 N5SM1-0017 N5SM1-0018 N5SM1-0019 N5SM1-0020 N5SM1-0021 N5SM1-0022 N5SM1-0023 N5SM1-0024 N5SM1-0025 N5SM1-0026 N5SM1-0027 N5SM1-0028 N5SM1-0029 N5SM1-0030 N5SM1-0031 N5SM1-0032 N5SM1-0033 N5SM1-0034 N5SM1-0035 N5SM1-0036 N5SM1-0037 N5SM1-0038 N5SM1-0039 N5SM1-0040 N5SM1-0041 N5SM1-0042 N5SM1-0043 N5SM1-0044</p>
<p><b>XIII</b> - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo.</p>	<p>N4E-0018 N4E-0030 N4E-0032 N4E-0043 N4E-0044 N4E-0052 N4E-0064 N4E-0068 N4E-0071 N4E-0072 N4E-0090 N4WS-0044 N4WS-0050/0051 N4WS-0056 N5E-0005 N5E-0006 N5S-0001 N5S-0008</p>



	<p>N5S-0012 N5S-0016 N5S-0017 N5S-0023 N5S-0034 N5S-0055 N5S-0057 N5S-0062 N5S-0071 N5S-0072 N5S-0074 N5S-0079 N5S-0080 N5S-0083 PESE-0005 N5SM1-0009 N5SM1-0036 N5SM1-0038 N5SM1-0042</p>
--	--

### **Os graus de importância das cavidades para classificação das relevâncias alto, médio e baixo - Atributos Biológicos**

Os próximos itens contêm comentários a respeito dos atributos biológicos para fins de classificação dos graus de relevância alto, médio e baixo de cavidades previstos na IN n. 2 de 20/08/2009.

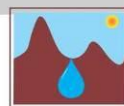
#### **Importância acentuada sob enfoque local e regional**

##### **Localidade-tipo**

A cavidade N4E-0073 é localidade-tipo de *Circoniscus buckupi* (Campos-Filho & Araujo, 2011), N4WS-0013 de *Copelatus cassaima* (Caetano *et al.*, 2013), N5S-0007 de *Cryptocellus tarsilae* (Pinto-da-Rocha & Bonaldo, 2007) e N5S-0020 de *Drymusa spelunca* (Bonaldo *et al.*, 2006).

##### **Espécie com função ecológica importante**

Para este atributo foram considerados os morcegos, troglóxenos importantes e frequentes nas cavidades. Cavidades com presença de populações com indicativo de serem estabelecidas, devido ao tamanho, e recorrência de morcegos em ambas as campanhas correspondem à N4WS-0008, N4WS-0015, N4WS-0072, N5S-0017 e N5S-0063/0064/0065 (consideradas cavidades com estimativa de mais de 100 morcegos com

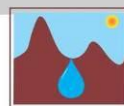


ocorrência em ambas as campanhas). Adicionalmente, foram consideradas cavidades em que foram registradas populações maiores de 100 indivíduos em uma campanha, considerando que pode haver variação sazonal relacionada com o uso de recursos e habitats do entorno (N4E-0026 e N4E-0092) e a cavidade N4WS-0067, a única com registro de *Natalus* sp. (ocorrência em ambas as campanhas), táxon associado a abrigos e cavidades (Reis *et al*, 2007).

### Táxons novos

Até o momento táxons novos confirmados por especialistas a partir de estudos comparativos e em andamento, incluindo sua descrição, incluem:

- aff. *Rowlandius* sp. (Schizomida), em fase de descrição pelo Prof. Dr. Ricardo Pinto da Rocha (local de depósito: Museu de Zoologia da USP), com ocorrência nas cavidades N4E-0003, N4E-0021, N4E-0043, N4E-0044, N4E-0056, N4E-0062, N4E-0070, N4E-0072, N4E-0074, N4E-0077, N4E-0079, N4E-0080, N4E-0081, N4E-0083, N4E-0085, N4E-0089, N4E-0092, N4E-0093, N4WS-0001, N4WS-0003, N4WS-0004, N4WS-0008, N4WS-0009, N4WS-0011, N4WS-0012, N4WS-0016, N4WS-0019, N4WS-0032, N4WS-0038, N4WS-0039, N4WS-0055, N4WS-0067, N4WS-0072, N4WS-0073, N4WS-0075 e N5S-0012;
- Araneae Ochyroceratidae *Gen.n.sp.1*, com ocorrência nas cavidades N5E-0006, N5E-0007, N5S-0001 e N5S-0004 e Ochyroceratidae sp.n.1, troglomórfica, com ocorrência nas cavidades N4WS-0067 e N4WS-0073, ambas com Prof. Dr. Antonio D. Brescovit (local de depósito: Instituto Butantan);
- Opiliones, com Prof. Dr. Ricardo Pinto da Rocha (local de depósito: Museu de Zoologia da USP), correspondem a Stignidae *Gen.n sp.* (cavidade N5E-0007) e Escadabiidae sp.n.1 e sp.n.2 nas cavidades N5E-0006 (sp.n.1) e N5E-0001, N5E-0005, N5E-0006, N5E-0007, N5E-0008 e N5E-0009 (sp.n.2);
- Coleoptera *Coarazuphium* sp.n.1 e sp.n.2, com Prof. Dr. Sérgio Antonio Vanin (local de depósito: Museu de Zoologia da USP), em fase de descrição do gênero, localizados nas cavidades N4E-0008, N4E-0010, N4E-0021, N4E-0033, N4E-0039, N5S-0009, N5S-0019, N5S-0021, N5S-0030, N5S-0070 e



N5S-0085 (sp.n.1) e N4E-0008, N4E-0010, N5S-0005, N5S-0008, N5S-0011 e N5S-0037 (sp.n.2); Carabidae *Gen.n.sp.17*, com MSc Daniela de C. Bená (local de depósito: Museu de Zoologia da USP), localizado nas cavidades N4E-0007, N4E-0021, N4E-0043, N4WS-0073, N5S-0021 e N5S-0023;

- Calabozoidea (Isopoda) pelo Prof. Dr. Rodrigo Lopes Ferreira (local de depósito: UFLA), para as cavidades N4E-89, N5S-52/53 e N5S-57.

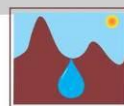
### **Alta riqueza de espécies**

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 ( $54 \pm 25$  espécies) foram utilizados 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 79 espécies), observada para 34 cavidades. Também foram consideradas como relevância alta aquelas com apenas uma campanha de campo (as nove cavidades de N5E), portanto atribuiu-se relevância alta para as 43 cavidades destacadas em vermelho no Anexo VI.

Deve-se ressaltar que para a correta determinação da riqueza de cada cavidade deveriam ser levados em consideração organismos cavernícolas, sendo descartados os organismos acidentais e os epígeos que ocorrem nas regiões de ecótono (entrada e proximidades). Tal tarefa é dificultada pelo tamanho reduzido das grutas e grande interação com o meio epígeo, e pelo conhecimento ainda incipiente sobre a biologia e relações ecológicas que essas populações mantêm no meio subterrâneo. Dessa forma, optou-se por incluir a totalidade dos organismos na análise.

### **Alta abundância relativa de espécies**

Os resultados de abundância relativa considerando espécies maiores de 1 cm indicaram relevância alta (30% ou mais de espécies abundantes; Anexo VI) para 67 cavidades. Deve-se ressaltar, entretanto, que o atributo foi analisado apenas em cavidades com duas amostras de campo, contemplando sazonalidade (188 cavidades avaliadas). As demais 77 cavidades foram



classificadas com grau de relevância alto pelo princípio da precaução, uma vez que o atributo foi avaliado em apenas uma das campanhas de campo. Dessa forma, foram classificadas no total 144 cavidades com grau de relevância alto para o atributo.

### **Presença de composição singular da fauna**

Não foram detectadas populações estabelecidas de espécies de grupos pouco comuns ao ambiente cavernícola.

### **Presença de troglóbios que não sejam considerados raros, endêmicos ou relictos**

Neste atributo foram enquadradas as cavidades com presença dos organismos troglomórficos listados na Tabela 5.5 e que não foram considerados no item relevância máxima.

### **Presença de espécies troglomórficas**

Neste atributo foram enquadradas as cavidades com presença dos organismos troglomórficos, listados na Tabela 5.5.

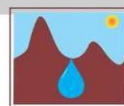
### **Presença de troglóxeno obrigatório**

Não foram encontradas populações com indícios de obrigatoriedade de utilização das cavidades para completar seu ciclo de vida, a partir das observações e inventários efetuados.

### **Presença de população excepcional em tamanho**

Não foram registradas populações com densidade elevada de forma excepcional nas cavidades.

### **Espécie rara**

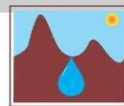


Pode ser citado o morcego *Natalus* sp. Embora o grupo esteja associado com cavernas e abrigos, no estudo foi coletado em ambas as campanhas apenas na cavidade N4WS-67.

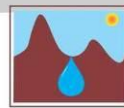
Uma síntese dos atributos encontra-se na Tabela 6.16.

**Tabela 6.16. Síntese da classificação em termos de importância acentuada sob enfoque local e regional. Atributos biológicos.**

<b>Importância acentuada sob enfoque local e regional</b>	<b>Presente</b>
<b>I – Localidade-tipo</b>	N4E-0073 N4WS-0013 N5S-0007 N5S-0020
<b>II – Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante</b>	N4E-0026 N4E-0092 N4WS-0008 N4WS-0015 N4WS-0067 N4WS-0072 N5S-0017 N5S-0063/0064/0065
<b>III – Presença de táxons novos</b>	N4E-0003 N4E-0007 N4E-0008 N4E-0010 N4E-0021 N4E-0033 N4E-0039 N4E-0043 N4E-0044 N4E-0056 N4E-0062 N4E-0070 N4E-0072 N4E-0074 N4E-0077 N4E-0079 N4E-0080 N4E-0081 N4E-0083 N4E-0085 N4E-0089 N4E-0092 N4E-0093 N4WS-0001 N4WS-0003 N4WS-0004 N4WS-0008 N4WS-0009 N4WS-0011 N4WS-0012 N4WS-0016 N4WS-0019

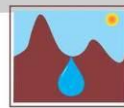


	<p>N4WS-0032 N4WS-0038 N4WS-0039 N4WS-0055 N4WS-0067 N4WS-0072 N4WS-0073 N4WS-0075 N5E-0001 N5E-0005 N5E-0006 N5E-0007 N5E-0008 N5E-0009 N5S-0001 N5S-0004 N5S-0008 N5S-0009 N5S-0011 N5S-0012 N5S-0019 N5S-0021 N5S-0023 N5S-0030 N5S-0037 N5S-0052 N5S-0057 N5S-0070 N5S-0085</p>
<p><b>IV – Alta riqueza de espécies</b></p>	<p>N4E-0006 N4E-0008 N4E-0022 N4E-0026 N4E-0033 N4E-0062 N4E-0070 N4E-0072 N4E-0073 N4E-0074 N4E-0081 N4E-0085 N4E-0089 N4E-0092 N4E-0093 N4E-0095 N4WS-0004 N4WS-0008 N4WS-0015 N4WS-0055 N4WS-0072 N5E-0001 N5E-0002 N5E-0003 N5E-0004 N5E-0005 N5E-0006 N5E-0007 N5E-0008 N5E-0009 N5S-0008</p>

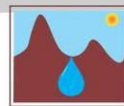


	<p>N5S-0010 N5S-0011 N5S-0012 N5S-0014 N5S-0021 N5S-0037 N5S-0044 N5S-0052 N5S-0063/0064/0065 N5S-0074 N5S-0075 N5S-0085</p>
<p>V – Alta abundância relativa de espécies</p>	<p>N4E-0001 N4E-0002 N4E-0003 N4E-0004 N4E-0005 N4E-0006 N4E-0007 N4E-0008 N4E-0009 N4E-0010 N4E-0011 N4E-0012 N4E-0013 N4E-0014 N4E-0015 N4E-0016 N4E-0018 N4E-0019 N4E-0020 N4E-0021 N4E-0022 N4E-0023 N4E-0024 N4E-0025 N4E-0026 N4E-0027 N4E-0028 N4E-0029 N4E-0030 N4E-0031 N4E-0032 N4E-0033 N4E-0034 N4E-0035 N4E-0036 N4E-0037 N4E-0038 N4E-0040 N4E-0041 N4E-0045 N4E-0047 N4E-0050 N4E-0053 N4E-0055 N4E-0059 N4E-0061 N4E-0064 N4E-0068</p>

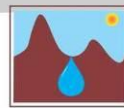




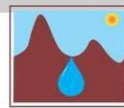
N4E-0071  
N4E-0073  
N4E-0075  
N4E-0076  
N4E-0078  
N4E-0079  
N4E-0082  
N4E-0087  
N4E-0088  
N4E-0091  
N4E-0092  
N4E-0093  
N4E-0095  
N4WS-0004  
N4WS-0006  
N4WS-0008  
N4WS-0010  
N4WS-0011  
N4WS-0012  
N4WS-0013  
N4WS-0014  
N4WS-0015  
N4WS-0017  
N4WS-0018  
N4WS-0021  
N4WS-0023  
N4WS-0025  
N4WS-0026  
N4WS-0028  
N4WS-0045  
N4WS-0046  
N4WS-0050  
N4WS-0055  
N4WS-0057  
N4WS-0063  
N4WS-0070  
N4WS-0072  
N4WS-0073  
N4WS-0074  
N4WS-0078  
N5E-0001  
N5E-0002  
N5E-0003  
N5E-0004  
N5E-0005  
N5E-0006  
N5E-0007  
N5E-0008  
N5E-0009  
N5S-0001  
N5S-0002  
N5S-0003  
N5S-0004  
N5S-0005  
N5S-0006  
N5S-0007  
N5S-0008  
N5S-0009  
N5S-0010  
N5S-0011



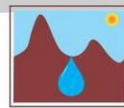
	<p>N5S-0012 N5S-0013 N5S-0014 N5S-0015 N5S-0016 N5S-0017 N5S-0018 N5S-0019 N5S-0020 N5S-0021 N5S-0022 N5S-0023 N5S-0028 N5S-0029 N5S-0030 N5S-0031 N5S-0032 N5S-0035 N5S-0039 N5S-0043 N5S-0052 N5S-0061 N5S-0063/0064/0065 N5S-0067 N5S-0069 N5S-0073 N5S-0074 N5S-0076 N5S-0077 N5S-0083 N5S-0084 N5S-0085 PESE-0001 PESE-0002 PESE-0005 PESL-0001</p>
<p><b>VII – Presença de troglóbios que não sejam considerados raros, endêmicos ou relictos.</b></p>	<p>N4E-0001 N4E-0002 N4E-0003 N4E-0004 N4E-0006 N4E-0007 N4E-0008 N4E-0009 N4E-0010 N4E-0011 N4E-0012 N4E-0013 N4E-0014 N4E-0015 N4E-0016 N4E-0018 N4E-0019 N4E-0020 N4E-0021 N4E-0022 N4E-0023 N4E-0026 N4E-0028 N4E-0031</p>



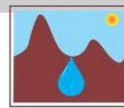
N4E-0033  
N4E-0034  
N4E-0038  
N4E-0039  
N4E-0043  
N4E-0044  
N4E-0045  
N4E-0046  
N4E-0048  
N4E-0051  
N4E-0052  
N4E-0053  
N4E-0054  
N4E-0055  
N4E-0057  
N4E-0061  
N4E-0062  
N4E-0063  
N4E-0064  
N4E-0065  
N4E-0067  
N4E-0068  
N4E-0070  
N4E-0071  
N4E-0072  
N4E-0073  
N4E-0074  
N4E-0075  
N4E-0076  
N4E-0077  
N4E-0078  
N4E-0079  
N4E-0080  
N4E-0082  
N4E-0083  
N4E-0084  
N4E-0085  
N4E-0086  
N4E-0087  
N4E-0088  
N4E-0089  
N4E-0092  
N4E-0093  
N4E-0095  
N4WS-0002  
N4WS-0003  
N4WS-0004  
N4WS-0006  
N4WS-0008  
N4WS-0010  
N4WS-0011  
N4WS-0012  
N4WS-0013  
N4WS-0014  
N4WS-0015  
N4WS-0016  
N4WS-0018  
N4WS-0020  
N4WS-0024  
N4WS-0026



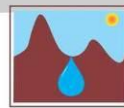
N4WS-0027  
N4WS-0029  
N4WS-0030  
N4WS-0031  
N4WS-0032  
N4WS-0034  
N4WS-0035  
N4WS-0037  
N4WS-0047  
N4WS-0049  
N4WS-0050  
N4WS-0054  
N4WS-0055  
N4WS-0056  
N4WS-0057  
N4WS-0058  
N4WS-0060  
N4WS-0062  
N4WS-0064  
N4WS-0067  
N4WS-0068  
N4WS-0069  
N4WS-0070  
N4WS-0072  
N4WS-0073  
N4WS-0075  
N4WS-0076  
N4WS-0079  
N5E-0005  
N5E-0008  
N5S-0001  
N5S-0003  
N5S-0004  
N5S-0006  
N5S-0007  
N5S-0008  
N5S-0009  
N5S-0010  
N5S-0011  
N5S-0012  
N5S-0013  
N5S-0014  
N5S-0015  
N5S-0018  
N5S-0019  
N5S-0020  
N5S-0021  
N5S-0022  
N5S-0023  
N5S-0025  
N5S-0026  
N5S-0028  
N5S-0030  
N5S-0031  
N5S-0032  
N5S-0034  
N5S-0035  
N5S-0036  
N5S-0037  
N5S-0040



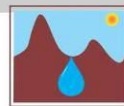
	<b>N5S-0042</b>
	<b>N5S-0043</b>
	<b>N5S-0044</b>
	<b>N5S-0051</b>
	<b>N5S-0052</b>
	<b>N5S-0054</b>
	<b>N5S-0055</b>
	<b>N5S-0056</b>
	<b>N5S-0057</b>
	<b>N5S-0060</b>
	<b>N5S-0061</b>
	<b>N5S-0062</b>
	<b>N5S-0063/0064/0065</b>
	<b>N5S-0066</b>
	<b>N5S-0068</b>
	<b>N5S-0069</b>
	<b>N5S-0070</b>
	<b>N5S-0073</b>
	<b>N5S-0074</b>
	<b>N5S-0075</b>
	<b>N5S-0076</b>
	<b>N5S-0077</b>
	<b>N5S-0078</b>
	<b>N5S-0079</b>
	<b>N5S-0082</b>
	<b>N5S-0083</b>
	<b>N5S-0085</b>
	<b>PESE-0002</b>
	<b>PESE-0004</b>
	<b>PESE-0005</b>
	<b>PESE-0006</b>



<p>VIII – Presença de espécies troglomórficas</p>	<p>N4E-0001 N4E-0002 N4E-0003 N4E-0004 N4E-0006 N4E-0007 N4E-0008 N4E-0009 N4E-0010 N4E-0011 N4E-0012 N4E-0013 N4E-0014 N4E-0015 N4E-0016 N4E-0018 N4E-0019 N4E-0020 N4E-0021 N4E-0022 N4E-0023 N4E-0026 N4E-0028 N4E-0031 N4E-0033 N4E-0034 N4E-0038 N4E-0039 N4E-0043 N4E-0044 N4E-0045 N4E-0046 N4E-0048 N4E-0051 N4E-0052 N4E-0053 N4E-0054 N4E-0055 N4E-0057 N4E-0061 N4E-0062 N4E-0063 N4E-0064 N4E-0065 N4E-0067 N4E-0068 N4E-0070 N4E-0071 N4E-0072 N4E-0073 N4E-0074 N4E-0075 N4E-0076 N4E-0077 N4E-0078 N4E-0079 N4E-0080 N4E-0082 N4E-0083 N4E-0084</p>
---	--

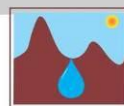


N4E-0085  
N4E-0086  
N4E-0087  
N4E-0088  
N4E-0089  
N4E-0092  
N4E-0093  
N4E-0095  
N4WS-0002  
N4WS-0003  
N4WS-0004  
N4WS-0006  
N4WS-0008  
N4WS-0010  
N4WS-0011  
N4WS-0012  
N4WS-0013  
N4WS-0014  
N4WS-0015  
N4WS-0016  
N4WS-0018  
N4WS-0020  
N4WS-0024  
N4WS-0026  
N4WS-0027  
N4WS-0029  
N4WS-0030  
N4WS-0031  
N4WS-0032  
N4WS-0034  
N4WS-0035  
N4WS-0037  
N4WS-0047  
N4WS-0049  
N4WS-0050  
N4WS-0054  
N4WS-0055  
N4WS-0056  
N4WS-0057  
N4WS-0058  
N4WS-0060  
N4WS-0062  
N4WS-0064  
N4WS-0067  
N4WS-0068  
N4WS-0069  
N4WS-0070  
N4WS-0072  
N4WS-0073  
N4WS-0075  
N4WS-0076  
N4WS-0079  
N5E-0004  
N5E-0005  
N5E-0008  
N5S-0001  
N5S-0003  
N5S-0004  
N5S-0006  
N5S-0007



	<p>N5S-0008 N5S-0009 N5S-0010 N5S-0011 N5S-0012 N5S-0013 N5S-0014 N5S-0015 N5S-0018 N5S-0019 N5S-0020 N5S-0021 N5S-0022 N5S-0023 N5S-0025 N5S-0026 N5S-0028 N5S-0030 N5S-0031 N5S-0032 N5S-0034 N5S-0035 N5S-0036 N5S-0037 N5S-0040 N5S-0042 N5S-0043 N5S-0044 N5S-0051 N5S-0052 N5S-0054 N5S-0055 N5S-0056 N5S-0057 N5S-0060 N5S-0061 N5S-0062 N5S-0063/0064/0065 N5S-0066 N5S-0068 N5S-0069 N5S-0070 N5S-0073 N5S-0074 N5S-0075 N5S-0076 N5S-0077 N5S-0078 N5S-0079 N5S-0082 N5S-0083 N5S-0085 PESE-0002 PESE-0004 PESE-0005 PESE-0006</p>
<b>XI – Presença de espécie rara</b>	<b>N4WS-0067</b>





## **Importância acentuada sob enfoque local**

### **População residente de quirópteros**

Cavidades com presença de populações com indicativo de serem estabelecidas, devido ao tamanho, e recorrência de morcegos em ambas as campanhas correspondem à N4WS-08, N4WS-15, N5S-17 e N5S-63/64/65 (consideradas cavidades com estimativa de mais de 100 morcegos com ocorrência em ambas as campanhas). Adicionalmente, foram consideradas cavidades em que foram registradas populações maiores de 100 indivíduos em uma campanha, considerando que pode haver variação sazonal relacionada com o uso de recursos e habitats do entorno, sendo indicadas as cavidades N4E-26, N4E-92 e N4WS-72 e a cavidade N4WS-67, com ocorrência de *Natalus* sp. em ambas as campanhas.

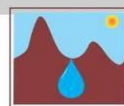
### **Constatação de uso da cavidade por aves silvestres como local de nidificação**

Ninhos vazios de aves foram encontrados nas cavidades N4E-09, N4E-45, N4E-79, N4E-92, N4WS-14, N4WS-25, N4WS-29 e N4WS-59; um filhote de urubu foi observado na cavidade N4E-37 e filhotes não identificados nas cavidades N4WS-06 e N4WS-09. 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.

### **Alta diversidade de substratos orgânicos**

Para este atributo, foram consideradas as cavidades com quatro ou mais recursos orgânicos (Anexo IV), totalizando 126 cavidades.

### **Média riqueza de espécies**



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 ( $54 \pm 25$  espécies) foram utilizados 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 29 e 79 espécies), observada para as 184 cavidades destacadas em cor laranja no Anexo VI.

### **Média abundância relativa de espécies**

Os resultados de abundância relativa considerando espécies maiores de 1 cm indicaram relevância média (de 10 a 20% de espécies com abundância alta; Anexo VI) para 89 cavidades.

### **Constatação de uso da cavidade por espécies migratórias**

A utilização das cavidades por espécies migratórias não foi constatada de acordo com as observações e resultados obtidos.

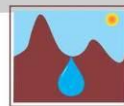
### **Presença de singularidade dos elementos faunísticos da cavidade sob enfoque local**

Serão adicionados os elementos considerados no item de relevância máxima. Além disso, a cavidade N5S-0063/0064/0065 destaca-se pela riqueza alta e presença de táxons ocupando diferentes microhabitats. Pode-se citar também as cavidades N5S-0008, N5S-0010, N5S-0021, N5S-0037, N5S-0074 e N5S-0085, com registro de ao menos dez espécies troglomórficas cada.

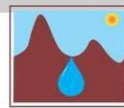
Uma síntese dos atributos mencionados encontra-se na Tabela 6.17.

**Tabela 6.17. Síntese da classificação em termos de importância acentuada sob enfoque local. Atributos biológicos.**

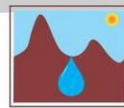
<b>Importância acentuada sob enfoque local</b>	<b>Presente</b>
I – População residente de quirópteros	<b>N4E-0026</b> <b>N4E-0092</b> <b>N4WS-0008</b>



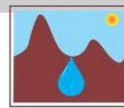
	<b>N4WS-0015 N4WS-0067 N4WS-0072 N5S-0017 N5S-0063/0064/0065</b>
<b>II – Constatação de uso da cavidade por aves silvestres como local de nidificação</b>	<b>N4E-0009 N4E-0037 N4E-0045 N4E-0079 N4E-0092 N4WS-0006 N4WS-0009 N4WS-0014 N4WS-0025 N4WS-0029 N4WS-0059</b>
<b>III – Alta diversidade de substratos orgânicos</b>	<b>N4E-0001 N4E-0002 N4E-0003 N4E-0004 N4E-0005 N4E-0006 N4E-0008 N4E-0010 N4E-0011 N4E-0013 N4E-0014 N4E-0015 N4E-0019 N4E-0020 N4E-0021 N4E-0022 N4E-0023 N4E-0024 N4E-0026 N4E-0028 N4E-0029 N4E-0030 N4E-0033 N4E-0035 N4E-0037 N4E-0039 N4E-0044 N4E-0045 N4E-0046 N4E-0047 N4E-0048 N4E-0051 N4E-0052 N4E-0055 N4E-0057 N4E-0059 N4E-0060 N4E-0061 N4E-0062 N4E-0067 N4E-0070 N4E-0071 N4E-0072 N4E-0073</b>



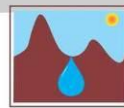
N4E-0074  
N4E-0075  
N4E-0076  
N4E-0077  
N4E-0079  
N4E-0080  
N4E-0081  
N4E-0088  
N4E-0090  
N4E-0092  
N4E-0093  
N4E-0095  
N4WS-0004  
N4WS-0006  
N4WS-0007  
N4WS-0008  
N4WS-0009  
N4WS-0010  
N4WS-0011  
N4WS-0012  
N4WS-0013  
N4WS-0014  
N4WS-0015  
N4WS-0017  
N4WS-0025  
N4WS-0030  
N4WS-0031  
N4WS-0032  
N4WS-0038  
N4WS-0049  
N4WS-0050  
N4WS-0055  
N4WS-0063  
N4WS-0064  
N4WS-0067  
N4WS-0070  
N4WS-0072  
N4WS-0073  
N4WS-0074  
N4WS-0075  
N4WS-0076  
N4WS-0078  
N4WS-0079  
N5S-0002  
N5S-0003  
N5S-0005  
N5S-0006  
N5S-0007  
N5S-0008  
N5S-0009  
N5S-0010  
N5S-0011  
N5S-0012  
N5S-0015  
N5S-0017  
N5S-0018  
N5S-0020  
N5S-0021  
N5S-0022  
N5S-0026



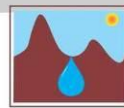
	<p>N5S-0030 N5S-0031 N5S-0032 N5S-0033 N5S-0037 N5S-0039 N5S-0041 N5S-0044 N5S-0052 N5S-0055 N5S-0057 N5S-0063/0064/0065 N5S-0070 N5S-0073 N5S-0074 N5S-0078 N5S-0079 N5S-0081 N5S-0083 N5S-0084 N5S-0085 PESE-0005</p>
<p>IV – Média riqueza de espécies</p>	<p>N4E-0001 N4E-0002 N4E-0003 N4E-0004 N4E-0005 N4E-0007 N4E-0009 N4E-0010 N4E-0011 N4E-0012 N4E-0013 N4E-0014 N4E-0015 N4E-0016 N4E-0018 N4E-0019 N4E-0020 N4E-0021 N4E-0023 N4E-0024 N4E-0028 N4E-0030 N4E-0031 N4E-0032 N4E-0034 N4E-0035 N4E-0036 N4E-0038 N4E-0039 N4E-0040 N4E-0041 N4E-0042 N4E-0043 N4E-0044 N4E-0045 N4E-0046 N4E-0047 N4E-0048</p>



N4E-0049  
N4E-0050  
N4E-0051  
N4E-0052  
N4E-0055  
N4E-0056  
N4E-0057  
N4E-0059  
N4E-0061  
N4E-0063  
N4E-0064  
N4E-0065  
N4E-0066  
N4E-0067  
N4E-0068  
N4E-0069  
N4E-0071  
N4E-0075  
N4E-0076  
N4E-0077  
N4E-0078  
N4E-0079  
N4E-0080  
N4E-0082  
N4E-0083  
N4E-0084  
N4E-0086  
N4E-0087  
N4E-0088  
N4E-0090  
N4E-0091  
N4WS-0001  
N4WS-0003  
N4WS-0005  
N4WS-0006  
N4WS-0007  
N4WS-0009  
N4WS-0010  
N4WS-0011  
N4WS-0012  
N4WS-0013  
N4WS-0014  
N4WS-0016  
N4WS-0017  
N4WS-0018  
N4WS-0019  
N4WS-0020  
N4WS-0021  
N4WS-0024  
N4WS-0025  
N4WS-0026  
N4WS-0027  
N4WS-0030  
N4WS-0031  
N4WS-0032  
N4WS-0034  
N4WS-0035  
N4WS-0037  
N4WS-0038  
N4WS-0039

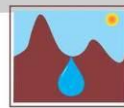


N4WS-0041  
N4WS-0046  
N4WS-0047  
N4WS-0049  
N4WS-0050  
N4WS-0056  
N4WS-0057  
N4WS-0058  
N4WS-0059  
N4WS-0060  
N4WS-0061  
N4WS-0062  
N4WS-0063  
N4WS-0064  
N4WS-0065  
N4WS-0067  
N4WS-0070  
N4WS-0073  
N4WS-0074  
N4WS-0075  
N4WS-0076  
N4WS-0078  
N4WS-0079  
N4WS-0080  
N5S-0001  
N5S-0002  
N5S-0003  
N5S-0004  
N5S-0005  
N5S-0006  
N5S-0007  
N5S-0009  
N5S-0013  
N5S-0015  
N5S-0016  
N5S-0017  
N5S-0018  
N5S-0019  
N5S-0020  
N5S-0022  
N5S-0025  
N5S-0026  
N5S-0029  
N5S-0030  
N5S-0031  
N5S-0032  
N5S-0033  
N5S-0034  
N5S-0035  
N5S-0036  
N5S-0038  
N5S-0039  
N5S-0040  
N5S-0041  
N5S-0042  
N5S-0043  
N5S-0051  
N5S-0054  
N5S-0055  
N5S-0056

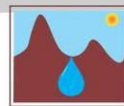


	<p>N5S-0057 N5S-0058 N5S-0059 N5S-0060 N5S-0062 N5S-0066 N5S-0067 N5S-0068 N5S-0069 N5S-0070 N5S-0071 N5S-0072 N5S-0073 N5S-0076 N5S-0078 N5S-0079 N5S-0080 N5S-0081 N5S-0082 N5S-0084 PESE-0001 PESE-0002 PESE-0004 PESE-0005 PESE-0006 PESL-0003</p>
<p>V – Média abundância relativa de espécies</p>	<p>N4E-0039 N4E-0042 N4E-0043 N4E-0044 N4E-0046 N4E-0048 N4E-0049 N4E-0051 N4E-0056 N4E-0057 N4E-0058 N4E-0060 N4E-0062 N4E-0063 N4E-0065 N4E-0066 N4E-0067 N4E-0069 N4E-0070 N4E-0074 N4E-0076 N4E-0077 N4E-0080 N4E-0081 N4E-0084 N4E-0085 N4E-0086 N4E-0089 N4WS-0001 N4WS-0002 N4WS-0003 N4WS-0007 N4WS-0009 N4WS-0016</p>





N4WS-0019  
N4WS-0020  
N4WS-0027  
N4WS-0030  
N4WS-0031  
N4WS-0032  
N4WS-0033  
N4WS-0035  
N4WS-0037  
N4WS-0038  
N4WS-0039  
N4WS-0041  
N4WS-0042  
N4WS-0047  
N4WS-0049  
N4WS-0054  
N4WS-0058  
N4WS-0059  
N4WS-0060  
N4WS-0061  
N4WS-0062  
N4WS-0064  
N4WS-0065  
N4WS-0066  
N4WS-0067  
N4WS-0075  
N4WS-0079  
N4WS-0080  
N5S-0024  
N5S-0026  
N5S-0033  
N5S-0037  
N5S-0040  
N5S-0041  
N5S-0042  
N5S-0044  
N5S-0054  
N5S-0055  
N5S-0056  
N5S-0057  
N5S-0058  
N5S-0059  
N5S-0060  
N5S-0066  
N5S-0068  
N5S-0070  
N5S-0072  
N5S-0075  
N5S-0078  
N5S-0079  
N5S-0080  
N5S-0081  
N5S-0083  
PESE-0006  
PESL-0002  
PESL-0003



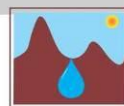
<p><b>VII – Presença de singularidade dos elementos faunísticos da cavidade sob enfoque local</b></p>	<p><b>N4E-0004</b> <b>N4E-0011</b> <b>N4E-0022</b> <b>N4E-0033</b> <b>N4E-0089</b> <b>N4WS-0027</b> <b>N4WS-0067</b> <b>N4WS-0069</b> <b>N4WS-0072</b> <b>N4WS-0073</b> <b>N5E-0004</b> <b>N5S-0008</b> <b>N5S-0009</b> <b>N5S-0010</b> <b>N5S-0015</b> <b>N5S-0021</b> <b>N5S-0037</b> <b>N5S-0040</b> <b>N5S-0052</b> <b>N5S-0057</b> <b>N5S-0063/0064/0065</b> <b>N5S-0074</b> <b>N5S-0085</b> <b>PESE-0004</b></p>
---	--

### **Importância significativa sob enfoque local e regional**

### **Presença de singularidade dos elementos faunísticos da cavidade sob enfoque regional**

Serão adicionados os elementos considerados no item de relevância máxima. Além disso, a cavidade N5S-0063/0064/0065 destaca-se pela riqueza alta e presença de táxons ocupando diferentes microhabitats. Pode-se citar também as cavidades N5S-0008, N5S-0010, N5S-0021, N5S-0037, N5S-0074 e N5S-0085, com registro de ao menos dez espécies troglomórficas cada.

Uma síntese do atributo mencionado encontra-se na Tabela 6.18.



**Tabela 6.18. Síntese da classificação em termos de importância significativa sob enfoque local e regional. Atributos biológicos.**

<b>Importância significativa sob enfoque local e regional</b>	<b>Presente</b>
I – Presença de singularidade dos elementos faunísticos da cavidade sob enfoque regional	N4E-0004
	N4E-0011
	N4E-0022
	N4E-0033
	N4E-0089
	N4WS-0027
	N4WS-0067
	N4WS-0069
	N4WS-0072
	N4WS-0073
	N5E-0004
	N5S-0008
	N5S-0009
	N5S-0010
	N5S-0015
	N5S-0021
	N5S-0037
	N5S-0040
	N5S-0052
	N5S-0057
N5S-0063/0064/0065	
N5S-0074	
N5S-0085	
PESE-0004	

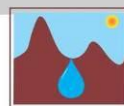
### **Importância significativa sob enfoque local**

#### **Baixa diversidade de substratos orgânicos**

Para este atributo, foram consideradas as cavidades com menos de quatro recursos orgânicos (Anexo IV), totalizando 135 cavidades.

#### **Baixa riqueza de espécies**

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 ( $54 \pm 25$  espécies) 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 29 espécies), observada para as 34 cavidades destacadas em cor amarelo no Anexo VI.



### **Baixa abundância relativa de espécies**

Os resultados de abundância relativa considerando espécies maiores de 1 cm indicaram relevância baixa (menos de 10%; Anexo VI) para 28 cavidades.

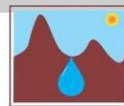
### **Presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque local**

Serão adicionados os elementos considerados no item de relevância máxima. Além disso, a cavidade N5S-0063/0064/0065 destaca-se pela riqueza alta e presença de táxons ocupando diferentes microhabitats. Pode-se citar também as cavidades N5S-0008, N5S-0010, N5S-0021, N5S-0037, N5S-0074 e N5S-0085, com registro de ao menos dez espécies troglomórficas cada.

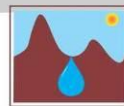
Uma síntese dos atributos mencionados encontra-se na Tabela 6.19.

**Tabela 6.19. Síntese da classificação em termos de importância significativa sob enfoque local. Atributos biológicos.**

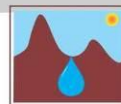
<b>Importância significativa sob enfoque local</b>	<b>Presente</b>
<b>I – Baixa diversidade de substratos orgânicos</b>	<b>N4E-0007</b>
	<b>N4E-0009</b>
	<b>N4E-0012</b>
	<b>N4E-0016</b>
	<b>N4E-0018</b>
	<b>N4E-0025</b>
	<b>N4E-0027</b>
	<b>N4E-0031</b>
	<b>N4E-0032</b>
	<b>N4E-0034</b>
	<b>N4E-0036</b>
	<b>N4E-0038</b>
	<b>N4E-0040</b>
	<b>N4E-0041</b>
	<b>N4E-0042</b>
	<b>N4E-0043</b>
	<b>N4E-0049</b>
	<b>N4E-0050</b>
	<b>N4E-0053</b>
	<b>N4E-0054</b>
	<b>N4E-0056</b>
	<b>N4E-0058</b>
	<b>N4E-0063</b>
	<b>N4E-0064</b>
	<b>N4E-0065</b>
	<b>N4E-0066</b>
	<b>N4E-0068</b>
	<b>N4E-0069</b>



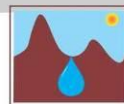
N4E-0078  
N4E-0082  
N4E-0083  
N4E-0084  
N4E-0085  
N4E-0086  
N4E-0087  
N4E-0089  
N4E-0091  
N4E-0094  
N4WS-0001  
N4WS-0002  
N4WS-0003  
N4WS-0005  
N4WS-0016  
N4WS-0018  
N4WS-0019  
N4WS-0020  
N4WS-0021  
N4WS-0023  
N4WS-0024  
N4WS-0026  
N4WS-0027  
N4WS-0028  
N4WS-0029  
N4WS-0033  
N4WS-0034  
N4WS-0035  
N4WS-0036  
N4WS-0037  
N4WS-0039  
N4WS-0041  
N4WS-0042  
N4WS-0043  
N4WS-0044  
N4WS-0045  
N4WS-0046  
N4WS-0047  
N4WS-0054  
N4WS-0056  
N4WS-0057  
N4WS-0058  
N4WS-0059  
N4WS-0060  
N4WS-0061  
N4WS-0062  
N4WS-0065  
N4WS-0066  
N4WS-0068  
N4WS-0069  
N4WS-0077  
N4WS-0080  
N5E-0001  
N5E-0002  
N5E-0003  
N5E-0004  
N5E-0005  
N5E-0006  
N5E-0007  
N5E-0008



	<p>N5E-0009 N5S-0001 N5S-0004 N5S-0013 N5S-0014 N5S-0016 N5S-0019 N5S-0023 N5S-0024 N5S-0025 N5S-0028 N5S-0029 N5S-0034 N5S-0035 N5S-0036 N5S-0038 N5S-0040 N5S-0042 N5S-0043 N5S-0049 N5S-0051 N5S-0054 N5S-0056 N5S-0058 N5S-0059 N5S-0060 N5S-0061 N5S-0062 N5S-0066 N5S-0067 N5S-0068 N5S-0069 N5S-0071 N5S-0072 N5S-0075 N5S-0076 N5S-0077 N5S-0080 N5S-0082 PESE-001 PESE-002 PESE-003 PESE-004 PESE-006 PESL-001 PESL-002 PESL-003</p>
<p><b>II – Baixa riqueza de espécies</b></p>	<p>N4E-0025 N4E-0027 N4E-0029 N4E-0037 N4E-0053 N4E-0054 N4E-0058 N4E-0060 N4E-0094 N4WS-0002 N4WS-0023 N4WS-0028 N4WS-0029</p>



	<p>N4WS-0033 N4WS-0036 N4WS-0042 N4WS-0043 N4WS-0044 N4WS-0045 N4WS-0054 N4WS-0066 N4WS-0068 N4WS-0069 N4WS-0077 N5S-0023 N5S-0024 N5S-0028 N5S-0049 N5S-0061 N5S-0077 N5S-0083 PESE-003 PESL-001 PESL-002</p>
<p>III – Baixa abundância relativa de espécies</p>	<p>N4E-0052 N4E-0054 N4E-0072 N4E-0083 N4E-0090 N4E-0094 N4WS-0005 N4WS-0024 N4WS -0029 N4WS -0034 N4WS -0036 N4WS -0043 N4WS-0044 N4WS-0056 N4WS-0068 N4WS-0069 N4WS-0076 N4WS-0077 N5S-0025 N5S-0034 N5S-0038 N5S-0049 N5S-0051 N5S-0062 N5S-0071 N5S-0082 PESE-0003 PESE-0004</p>



**IV** – Presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque local

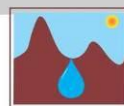
N4E-0004  
N4E-0011  
N4E-0022  
N4E-0033  
N4E-0089  
N4WS-0027  
N4WS-0067  
N4WS-0069  
N4WS-0072  
N4WS-0073  
N5E-0004  
N5S-0008  
N5S-0009  
N5S-0010  
N5S-0015  
N5S-0021  
N5S-0037  
N5S-0040  
N5S-0052  
N5S-0057  
N5S-  
0063/0064/0065  
N5S-0074  
N5S-0085  
PESE-0004

### **Reavaliação de duas cavidades de N5S Morro 1**

Em setembro de 2011 foi elaborado o relatório de relevância para 44 cavidades em N5S Morro 1 (Relatório CARSTE com coordenação de bioespeleologia do Dr. Rodrigo Lopes Ferreira – Anexo XI), quando foram propostas cinco cavidades com relevância máxima, das quais quatro foram assim classificadas por aspectos biológicos (N5SM1-005, N5SM1-027, N5SM1-030 e N5SM1-031).

Em setembro de 2013 foi realizado um estudo pela Ecosystema Consultoria Ambiental (com a coordenação de bioespeleologia do Dr. Rodrigo Lopes Ferreira), denominado “Reavaliação das Espécies Troglomórficas de Serra Leste 1, N5S Morro 1 e 2 a partir do Levantamento de Comunidades Epígeas de Serra Leste 1 e Morro 2” (Anexo VIII), quando houve refinamento das identificações das espécies consideradas como troglóbios raros na primeira etapa dos estudos, além de comparações com espécimes de outras áreas da Serra dos Carajás, com fim de melhor avaliação da distribuição geográfica





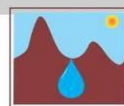
dessas espécies, importante para a determinação do grau de raridade das mesmas. O referido estudo concluiu que:

- 1) “Ptiliidae sp.5 (N5SM1-0005) - após análise foi considerada não troglóbia, pois havia população estabelecida no meio epígeo. As demais características morfológicas utilizadas para considerá-la troglóbia podem ser encontradas nas espécies epígeas. Foram encontrados 157 exemplares em 52 amostras diferentes de um morfotipo igual a Ptiliidae sp.5 (Figura 16 – Anexo VIII), encontrado dentro das cavidades de Morro 1 e Serra Leste. Dessa forma, esta espécie foi retirada da lista de espécies troglóbias”;
- 2) “Staphylinidae sp.25 (N5SM1-0030) - foi identificada como *Geomitopsis* sp. (Figura 31 – Anexo VIII), sendo não troglóbia (Asenjo 2013). Na região Neotropical existem três espécies conhecidas (Newton *et al.* 2005), não existindo nenhum registro para a bacia do rio Amazonas (Asenjo *et al.* 20013). O gênero foi considerado troglóbio por ser anoftálmico, áptero e com abdômen alongado. Contudo, como o gênero é composto por espécies de solo, essas características são especializações ao ambiente endógeo, comuns a todas as espécies do gênero (NAVARRETE *et al.* 2002), não representando troglomorismos”.

A relevância das 44 cavidades de N5S Morro 1 foi reapresentada na tabela síntese de relevância final do presente relatório (Tabela 6.20) com alteração das cavidades N5SM1-0005 (Ptiliidae sp.5) e N5SM1-0030 (Staphylinidae sp.25). Entretanto, bom salientar que esta inclusão é totalmente embasada no referido estudo realizado pela Ecosystema Consultoria Ambiental, sendo que as informações acima (itens 1 e 2) foram retirados integralmente do relatório disposto no Anexo VIII.

#### **6.3.4. Considerações finais sobre a relevância das cavidades**

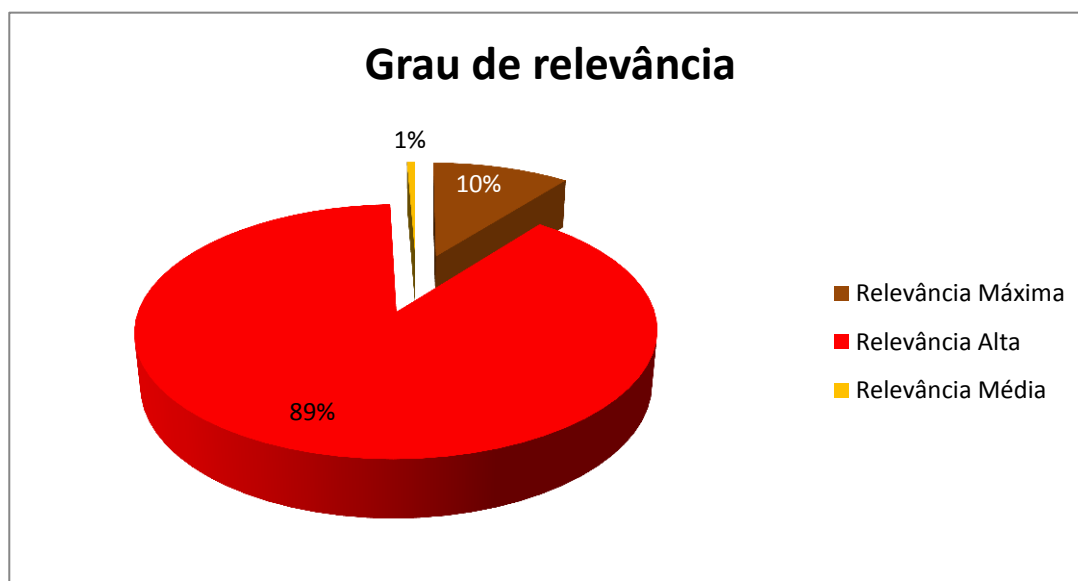
Diante dos parâmetros físicos, 19 cavernas, representando 6,2% da amostra, foram classificadas como de relevância máxima, em função de atributos dimensionais, morfologia única ou espeleotemas raros. Duzentas e



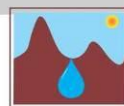
sessenta e uma foram classificadas com de relevância alta, representando 85,6% do total. Somente 25 cavernas foram classificadas como de relevância média, totalizando 8,2% da amostra.

Diante dos atributos biológicos, 22 cavernas (7,2%) foram classificadas como de máxima relevância, 275 cavernas (90,2%) receberam o grau de relevância alto e oito cavernas (2,6%) foram consideradas como de média relevância; não houve cavidades classificadas com o grau de relevância baixo (Tabela 6.20).

Na classificação final de relevância (atributos físicos e biológicos), 33 cavidades atingiram grau de relevância máximo (10,8%), 270 cavernas foram classificadas com grau de relevância alto (88,5%) e duas com grau médio (0,70%). A Figura 6.3 apresenta a distribuição das cavernas em função do grau de relevância. A Tabela 6.20 apresenta a síntese da classificação da relevância. No Anexo XII é apresentado o mapa das cavernas com a relevância e o entorno de 250 m.

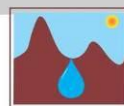


**Figura 6.3. Distribuição percentual das cavernas em função do grau de relevância.**

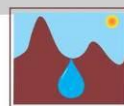


**Tabela 6.20. Síntese da classificação da relevância das cavernas da área do EIA Global Serra Norte com base nos atributos físicos e biológicos.**

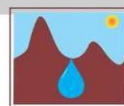
CAVERNA	Grau de Relevância e Atributos Físicos	Grau de Relevância e Atributos Biológicos	Grau de Relevância
N4E-0001	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
N4E-0002	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
N4E-0003	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Táxons novos; alta abundância; troglomórfico	ALTA
N4E-0004	Diversidade sed. química	Habitat de troglóbio raro	MÁXIMA
N4E-0005	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
N4E-0006	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta riqueza; alta abundância; troglomórfico	ALTA
N4E-0007	Inter-relação com cavidade de máxima	Táxons novos; alta abundância; troglomórfico	ALTA
N4E-0008	Dimensões notáveis	Táxons novos; alta riqueza; alta abundância; troglomórfico	MÁXIMA
N4E-0009	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
N4E-0010	Alta PH; alta área; inter-relação com cavidade de máxima	Táxons novos; alta abundância; troglomórfico	ALTA
N4E-0011	Média PH; média área; alto desnível; médio volume	Habitat de troglóbio raro	MÁXIMA



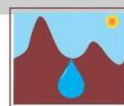
<b>N4E-0012</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0013</b>	Alta PH; inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0014</b>	Alta PH; inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0015</b>	Diversidade sed. química	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0016</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0018</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º; lago/drenagem interm. com infl. acentuada sobre outros atrib. do art. 8º	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0019</b>	Média PH; média área; médio volume	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0020</b>	Diversidade sed. química	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0021</b>	Diversidade sed. química	Táxons novos; alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0022</b>	Dimensões notáveis	Habitat de troglóbrio raro	MÁXIMA
<b>N4E-0023</b>	Espeleotemas únicos	Alta abundância; troglomórfico	MÁXIMA



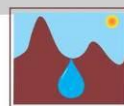
<b>N4E-0024</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
<b>N4E-0025</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
<b>N4E-0026</b>	Alta PH; alta área; alto volume; conf. notável dos espeleotemas	População com função ecológica importante; alta riqueza; alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0027</b>	Média PH; média área; médio volume	Alta abundância	ALTA
<b>N4E-0028</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0029</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
<b>N4E-0030</b>	Alto volume; diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
<b>N4E-0031</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0032</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
<b>N4E-0033</b>	Dimensões notáveis	Habitat de troglóbio raro	MÁXIMA
<b>N4E-0034</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA



<b>N4E-0035</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
<b>N4E-0036</b>	Média PH; média área; médio volume	Alta abundância	ALTA
<b>N4E-0037</b>	Média PH; média área; médio volume	Alta abundância	ALTA
<b>N4E-0038</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0039</b>	Diversidade sed. química; conf. notável de espeleotemas	Táxons novos; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0040</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Alta abundância	ALTO
<b>N4E-0041</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Alta abundância	ALTA
<b>N4E-0042</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Média riqueza; média abundância	ALTA
<b>N4E-0043</b>	Diversidade sed. química	Táxons novos; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0044</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º; lago/drenagem interm. com infl. acentuada sobre outros atrib. do art. 8º	Táxons novos; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0045</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0046</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0047</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA

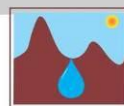


<b>N4E-0048</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0049</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Média riqueza; média abundância	ALTA
<b>N4E-0050</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Alta abundância	ALTA
<b>N4E-0051</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0052</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º; lago/drenagem interm. com infl. acentuada sobre outros atrib. do art. 8º	Troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0053</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0054</b>	Estrut. espeleogenética rara; config. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0055</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0056</b>	Config. notável de espeleotemas	Táxons novos	ALTA
<b>N4E-0057</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0058</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Média abundância	ALTA
<b>N4E-0059</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Alta abundância	ALTA

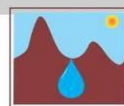


<b>N4E-0060</b>	Estrut. geológica de interesse científico; água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Alta diversidade de substratos orgânicos; média abundância	ALTA
<b>N4E-0061</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0062</b>	Diversidade sed. química; config. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Táxons novos; alta riqueza; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0063</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0064</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0065</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0066</b>	Config. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Média riqueza; média abundância	ALTA
<b>N4E-0067</b>	Diversidade sed. química; config. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0068</b>	Dimensões notáveis	Alta abundância; troglomórfico	MÁXIMA
<b>N4E-0069</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Média riqueza; média abundância	ALTA
<b>N4E-0070</b>	Alta área; alto volume; config. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Táxons novos; alta riqueza; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0071</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA

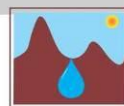




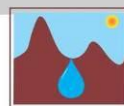
<b>N4E-0072</b>	Alta PH; alta área; alto volume; diversidade sed. química; config. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Táxons novos; alta riqueza; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0073</b>	Config. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Localidade-tipo; alta riqueza; alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0074</b>	Alta PH; alta área; config. notável de espeleotemas	Táxons novos; alta riqueza; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0075</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0076</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0077</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Táxons novos; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0078</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0079</b>	Config. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Táxons novos; alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0080</b>	Config. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Táxons novos; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0081</b>	Diversidade sed. química; config. notável de espeleotemas	Táxons novos; alta riqueza	ALTA
<b>N4E-0082</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Alta abundância; troglomórfico	ALTO
<b>N4E-0083</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Táxons novos; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0084</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0085</b>	Diversidade sed. química; config. notável de espeleotemas	Táxons novos; alta riqueza; troglomórfico	ALTA



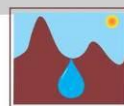
<b>N4E-0086</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Troglofórfico	ALTA
<b>N4E-0087</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0088</b>	Lago/drenagem perene com infl. acentuada sobre outros atrib. do art. 7º; inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0089</b>	Diversidade sed. química; config. notável de espeleotemas	Habitat de troglóbrio raro	MÁXIMA
<b>N4E-0090</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta diversidade de substratos orgânicos; média riqueza	ALTA
<b>N4E-0091</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
<b>N4E-0092</b>	Dimensões notáveis	População com função ecológica importante; táxons novos; alta riqueza; alta abundância; troglomórfico	MÁXIMA
<b>N4E-0093</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Táxons novos; alta riqueza; alta abundância troglomórfico	ALTA
<b>N4E-0094</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Baixa diversidade de substratos orgânicos	ALTA
<b>N4E-0095</b>	Alta PH; alta área; diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Alta riqueza; alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0001</b>	Média PH; média área; alto desnível; médio volume	Táxons novos	ALTA
<b>N4WS-0002</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Troglofórfico	ALTA
<b>N4WS-0003</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Táxons novos; troglomórfico	ALTA



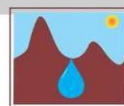
<b>N4WS-0004</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Táxons novos; alta riqueza; alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0005</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Média riqueza	ALTA
<b>N4WS-0006</b>	Alta área; alto volume	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0007</b>	Diversidade sed. química	Alta diversidade de substratos orgânicos; média riqueza; média abundância	ALTA
<b>N4WS-0008</b>	Alta PH; alta área; alto volume; diversidade sed. Química	População com função ecológica importante; táxons novos; alta riqueza; alta abundância; troglomórfico	ALTA
N4WS-0009	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Táxons novos	ALTO
N4WS-0010	Alta PH; diversidade sed. química	Alta abundância; troglomórfico	ALTO
<b>N4WS-0011</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Táxons novos; alta abundância troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0012</b>	Estrut. espeleogenética rara	Táxons novos; alta abundância troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0013</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Localidade-tipo; alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0014</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0015</b>	Dimensões notáveis	População com função ecológica importante; alta riqueza; alta abundância; troglomórfico	MÁXIMA
<b>N4WS-0016</b>	Média PH; média área; alto desnível; médio volume	Táxons novos; troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0017</b>	Alta PH; alto volume; diversidade sed. Química	Alta abundância	ALTA



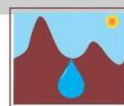
<b>N4WS-0018/0048</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0019</b>	Média PH; média área; alto desnível; médio volume	Táxons novos	ALTA
<b>N4WS-0020</b>	Média PH; média área; médio volume	Troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0021</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
<b>N4WS-0023</b>	Lago/drenagem perene com infl. acentuada sobre outros atrib. do art. 7º; inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
<b>N4WS-0024</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0025</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
<b>N4WS-0026</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0027</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Habitat de troglóbio raro	MÁXIMA
<b>N4WS-0028</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
<b>N4WS-0029</b>	Alta área; alto volume; inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0030</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0031</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0032</b>	Diversidade sed. Química	Táxons novos; troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0033</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Média abundância	ALTA
<b>N4WS-0034</b>	Diversidade sed. química; config. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0035</b>	Média PH; média área; médio volume	Troglomórfico	ALTO



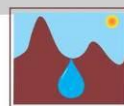
<b>N4WS-0036</b>	Média PH; média área; médio volume	Baixa diversidade de substratos orgânicos	MÉDIA
<b>N4WS-0037</b>	Média PH; média área; médio volume	Troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0038</b>	Média PH; média área; alto desnível; médio volume	Táxons novos	ALTA
<b>N4WS-0039</b>	Média PH; média área; alto desnível; médio volume	Táxons novos	ALTA
<b>N4WS-0041</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Média riqueza; média abundância	ALTA
<b>N4WS-0042</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Média abundância	ALTA
<b>N4WS-0043</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Baixa diversidade de substratos orgânicos	ALTO
<b>N4WS-0044</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Baixa diversidade de substratos orgânicos	ALTA
<b>N4WS-0045</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTO
<b>N4WS-0046</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
<b>N4WS-0047</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0049</b>	Diversidade sed. química; conf. notável de espeleotemas	Troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0050</b>	Diversidade sed. química	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0054</b>	Config. notável de espeleotemas	Troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0055</b>	Alta PH	Táxons novos; alta riqueza; alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0056</b>	Diversidade sed. química; conf. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0057</b>	Conf. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0058</b>	Conf. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA



<b>N4WS-0059</b>	Conf. notável de espeleotemas	Nidificação; média riqueza; média abundância	ALTA
<b>N4WS-0060</b>	Conf. notável de espeleotemas	Troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0061</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Média riqueza; média abundância	ALTA
<b>N4WS-0062</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0063</b>	Lago/drenagem perene com infl. acentuada sobre outros atrib. do art. 7º; diversidade sed. química; conf. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
<b>N4WS-0064</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0065</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Média riqueza; média abundância	ALTA
<b>N4WS-0066</b>	Conf. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Média abundância	ALTA
<b>N4WS-0067</b>	Morfologia única; dimensões notáveis; espeleotemas únicos	Habitat de troglóbio raro	MÁXIMA
<b>N4WS-0068</b>	Conf. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0069</b>	Conf. notável de espeleotemas	Habitat de troglóbio raro	MÁXIMA
<b>N4WS-0070</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0072</b>	Espeleotemas únicos	Habitat de troglóbio raro	MÁXIMA

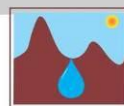


<b>N4WS-0073</b>	Alta PH; diversidade sed. química; conf. notável de espeleotemas	Habitat de troglóbio raro	MÁXIMA
<b>N4WS-0074</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
<b>N4WS-0075</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Táxons novos; troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0076</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0077</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Baixa diversidade de substratos orgânicos	ALTA
<b>N4WS-0078</b>	Conf. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
<b>N4WS-0079</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N4WS-0080</b>	Conf. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Média riqueza; média abundância	ALTA
<b>N5E-0001</b>	Média PH; média área; médio volume	Táxons novos; alta riqueza; alta abundância	ALTA
<b>N5E-0002</b>	Alta PH; alto volume; diversidade sed. Química	Alta riqueza; alta abundância	ALTA
<b>N5E-0003</b>	Média PH; média área; médio volume	Alta riqueza; alta abundância	ALTA
<b>N5E-0004</b>	Média PH; média área; médio volume	Habitat de troglóbio raro	MÁXIMA
<b>N5E-0005</b>	Dimensões notáveis	Táxons novos; alta riqueza; alta abundância; troglomórfico	MÁXIMA
<b>N5E-0006</b>	Conf. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Táxons novos; alta riqueza; alta abundância	ALTA
<b>N5E-0007</b>	Alta PH; diversidade sed. química; conf. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Táxons novos; alta riqueza; alta abundância	ALTA
<b>N5E-0008</b>	Alta PH	Táxons novos; alta riqueza; alta abundância; troglomórfico	ALTA

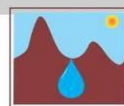


<b>N5E-0009</b>	Alta PH; alta área; config. notável de espeleotemas	Táxons novos; alta riqueza; alta abundância	ALTA
<b>N5S-0001</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º; lago/drenagem interm. com infl. acentuada sobre outros atrib. do art. 8º	Táxons novos; alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0002</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Alta abundância	ALTA
<b>N5S-0003</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0004</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Táxons novos; alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0005</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
<b>N5S-0006</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0007</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Localidade-tipo; alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0008</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Táxons novos; alta riqueza; alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0009</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Habitat de troglóbio raro	MÁXIMA
<b>N5S-0010</b>	Alta PH; inter-relação com cavidade de máxima	Alta riqueza; alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0011</b>	Alta PH; alta área, alto volume; diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Táxons novos; alta riqueza; alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0012</b>	Dimensões notáveis	Táxons novos; alta riqueza; alta abundância; troglomórfico	MÁXIMA
<b>N5S-0013</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA

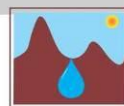




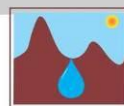
<b>N5S-0014</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Alta riqueza; alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0015</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Habitat de troglóbio raro	MÁXIMA
<b>N5S-0016</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
<b>N5S-0017</b>	Dimensões notáveis	População com função ecológica importante; alta abundância	MÁXIMA
<b>N5S-0018</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0019</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Táxons novos; alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0020</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Localidade-tipo; alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0021</b>	Dimensões notáveis	Habitat de troglóbio raro	MÁXIMA
<b>N5S-0022</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0023</b>	Conf. notável de espeleotemas	Táxons novos; alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0024</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Média abundância	ALTA
<b>N5S-0025</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0026</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0028</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0029</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
<b>N5S-0030</b>	Dimensões notáveis	Táxons novos; alta abundância; troglomórfico	MÁXIMA
<b>N5S-0031</b>	Conf. notável de espeleotemas	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0032</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Alta abundância; troglomórfico	ALTA



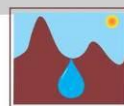
N5S-0033	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta diversidade de substratos orgânicos; média riqueza; média abundância	ALTA
N5S-0034	Inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
N5S-0035	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
N5S-0036	Inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
N5S-0037	Dimensões notáveis	Habitat de troglóbio raro	MÁXIMA
N5S-0038	Inter-relação com cavidade de máxima	Média riqueza; média abundância	ALTA
N5S-0039	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
N5S-0040	Média PH; média área; médio volume	Habitat de troglóbio raro	MÁXIMA
N5S-0041	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta diversidade de substratos orgânicos; média riqueza; média abundância	ALTA
N5S-0042	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
N5S-0043	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
N5S-0044/0046	Lago/drenagem perene com infl. acentuada sobre outros atrib. do art. 7º; inter-relação com cavidade de máxima	Alta riqueza; troglomórfico	ALTA
N5S-0049	Inter-relação com cavidade de máxima	Baixa diversidade de substratos orgânicos	ALTA
N5S-0051	Inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
N5S-0052	Alta PH; alta área; alto volume; diversidade sed. Química	Habitat de troglóbio raro	MÁXIMA
N5S-0054	Inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
N5S-0055	Espeleotemas únicos	Troglomórfico	MÁXIMA
N5S-0056	Inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA



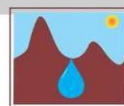
<b>N5S-0057</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º; lago/drenagem interm. com infl. acentuada sobre outros atrib. do art. 8º	Habitat de troglóbio raro	MÁXIMA
<b>N5S-0058</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Média riqueza; média abundância	ALTA
<b>N5S-0059</b>	Diversidade sed. química; config. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Média riqueza; média abundância	ALTA
<b>N5S-0060</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0061</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0062</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0063/0064/0065</b>	Dimensões notáveis	Habitat de troglóbio raro	MÁXIMA
<b>N5S-0066</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0067</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
<b>N5S-0068</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0069</b>	Lago/drenagem perene com infl. acentuada sobre outros atrib. do art. 7º	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0070</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Táxons novos; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0071</b>	Diversidade sed. Química	Média riqueza	ALTA
<b>N5S-0072</b>	Diversidade sed. Química	Média riqueza; média abundância	ALTA
<b>N5S-0073</b>	Lago/drenagem perene com infl. acentuada sobre outros atrib. do art. 7º; diversidade sed. química	Alta abundância; troglomórfico	ALTA



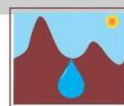
<b>N5S-0074</b>	Diversidade sed. Química; config. Notável de espeleotemas	Alta riqueza; alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0075</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Alta riqueza; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0076</b>	Estrut. Espeleogenética rara	Alta abundância; troglomórfico	ALTO
<b>N5S-0077</b>	Média PH; média área; médio volume	Alta abundância; troglomórfico	ALTO
<b>N5S-0078</b>	Config. Notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0079</b>	Estrut. Espeleogenéticas raras; diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0080</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Média riqueza; média abundância	ALTA
<b>N5S-0081</b>	Lago/drenagem perene com infl. acentuada sobre outros atrib. do art. 7º; diversidade sed. Química; inter-relação com cavidade de máxima	Alta diversidade de substratos orgânicos; média riqueza; média abundância	ALTA
<b>N5S-0082</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0083</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>N5S-0084</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
<b>N5S-0085</b>	Alta PH; alta área, alto volume; diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Táxons novos; alta riqueza; alta abundância; troglomórfico	ALTA



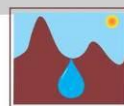
<b>N5SM1-0001</b>	Média PH; média área; médio volume	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0002</b>	Média PH; média área; médio volume	Média riqueza de espécies e presença de populações com média abundância relativa de espécies.	ALTA
<b>N5SM1-0003</b>	Média PH; média área; médio volume	Baixa diversidade de substratos orgânicos	MÉDIA
<b>N5SM1-0004</b>	Média PH; média área; médio volume	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0005</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0006</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0007</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0008</b>	Alta PH; alta área; alto volume; diversidade sed. química; config. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0009</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA



<b>N5SM1-0010</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0011</b>	Estrut. espeleogenética rara; inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0012</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0013</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0014</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0015</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0016</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0017</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA

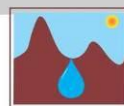


<b>N5SM1-0018</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0019</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0020</b>	Diversidade sed. química; Config. Notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0021</b>	Dimensões notáveis	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas, espécie rara, singularidade dos elementos faunísticos da cavidade	MÁXIMA
<b>N5SM1-0022</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0023</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0024</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA

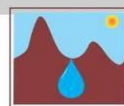


<b>N5SM1-0025</b>	Média PH; média área; médio volume	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas, espécie rara, singularidade dos elementos faunísticos da cavidade	ALTA
<b>N5SM1-0026</b>	Diversidade sed. química; inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0027</b>	Conf. notável de espeleotemas	Habitat de troglóbio raro	MÁXIMA
<b>N5SM1-0028</b>	Alta PH; alta área; alto volume; config. notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0029</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0030</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0031</b>	Dimensões notáveis	Habitat de troglóbio raro	MÁXIMA
<b>N5SM1-0032</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas, espécie rara, singularidade dos elementos faunísticos da cavidade	ALTA

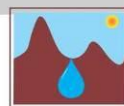




<b>N5SM1-0033</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0034</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas, espécie rara, singularidade dos elementos faunísticos da cavidade	ALTA
<b>N5SM1-0035</b>	Config. Notável de espeleotemas; inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas, espécie rara, singularidade dos elementos faunísticos da cavidade	ALTA
<b>N5SM1-0036</b>	Alta PH; alta área; alto volume; inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0037</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0038</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0039</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0040</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA





<b>N5SM1-0041</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0042</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0043</b>	Conf. notável de espeleotemas	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>N5SM1-0044</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Presença de Troglóbios, não raros endêmicos ou relictos, espécies troglomórficas.	ALTA
<b>PESE-0001</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância	ALTA
<b>PESE-0002</b>	Lago/drenagem perene com infl. acentuada sobre outros atrib. do art. 7º; inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>PESE-0003</b>	Inter-relação com cavidade de máxima	Baixa diversidade de substratos orgânicos	ALTA
<b>PESE-0004</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Habitat de troglóbio raro	MÁXIMA
<b>PESE-0005</b>	Lago/drenagem perene com infl. acentuada sobre outros atrib. do art. 7º; diversidade sed. Química; inter-relação com cavidade de máxima	Alta abundância; troglomórfico	ALTA
<b>PESE-0006</b>	Estrut. espeleogenética rara	Troglomórfico	ALTA
<b>PESL-0001</b>	Lago/drenagem perene com infl. acentuada sobre outros atrib. do art. 7º	Alta abundância	ALTA
<b>PESL-0002</b>	Média PH; média área; médio volume	Média abundância	ALTA



<b>PESL-0003</b>	Água de percolação/condensação com infl. acentuada sobre outros atributos do art. 8º	Média riqueza; média abundância	ALTA
------------------	--	---------------------------------	------

#### LEGENDA

	<b>MÁXIMA RELEVÂNCIA</b>
	<b>ALTA RELEVÂNCIA</b>
	<b>MÉDIA RELEVÂNCIA</b>

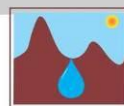
#### Medidas compensatórias

As cavernas classificadas como de relevância máxima não podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis, sendo que sua utilização deve fazer-se somente dentro de condições que assegurem sua integridade física e a manutenção do seu equilíbrio ecológico (Art. 3º do Decreto Federal N. 6.640, de 07/11/09).

As demais cavernas poderão sofrer impactos adversos. No caso de empreendimento que ocasione impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea com grau de relevância alto, o empreendedor deverá compensar com 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 ([Art. 4º](#), § 1º do Decreto 6.640). Ou, conforme previsto no art.4º §, “não havendo, na área do empreendimento, outras cavidades representativas que possam ser preservadas sob a forma de cavidades testemunho, o Instituto Chico Mendes poderá definir, de comum acordo com o empreendedor, outras formas de compensação”.

No caso das cavidades de média relevância, o empreendedor deverá adotar medidas e financiar ações que contribuam para a conservação e o uso adequado do patrimônio espeleológico brasileiro, segundo o Art. 4, § 4o do mesmo Decreto.

As propostas compensatórias estão sendo elaboradas pela Vale.



## **O resgate de componentes físicos, biológicos e histórico cultural**

De acordo com o Art. 19 da IN. 2, qualquer impacto negativo irreversível nas cavidades deverá ser precedido de registro e armazenamento cartográfico e fotográfico, bem como de inventário e coleta de espeleotemas e elementos geológicos e biológicos representativos do ecossistema cavernícola, compreendendo o resgate, transporte adequado e a destinação a coleções científicas institucionais. Isso será realizado na etapa de implantação do projeto.

## **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AB'SABER, A. N. 1973. A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. *Geomorfologia*, São Paulo, n.41, p.1-39.

AB'SABER, A. N. 1986 . *Geomorfologia da região Corredor Carajás-São Luiz. In Carajás. Desafio Político, Ecologia e Desenvolvimento. CNPq, São Paulo. p. 88 - 123*

ALVARES, E. S. S. & R. L. FERREIRA. 2002. *Coarazuphium pains*, a new species of troglobitic beetle from Brazil (Coleoptera: Carabidae: Zuphiini). *Lundiana*, 3: 41-43.

ANDRADE, R. 2007. *Fauna cavernícola da FLONA Carajás, Pará. p.106. II Encontro Brasileiro de Estudos do Carste. Resumos.*

AULER, A.S., 2005. O legado espeleológico de George Simmons. *O Carste* 17(3): 73-77.

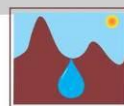
AULER, A.S; PILÓ, L.B. 2005. Introdução às cavernas em minério de ferro e canga. *O Carste* 17(3): 70-72.

ATZINGEN, V. N.; CRESCÊNCIO, G. 1999. *Estudos espeleológicos em Serra Pelada, Curionópolis – PA. Boletim Informativo da Fundação Casa da Cultura de Marabá, 1: 63-72.*

BEISIEGEL, V.R.; BERNARDELLI, A.L.; DRUMMOND, N.F.; RUFF, A.W.; TREMAINE, J.W. 1973. *Geologia e recursos minerais da Serra dos Carajás. Revista Brasileira de Geociências, 3 (4):215- 242.*

BONALDO, A. B.; RHEIMS, A. A.; BRESCOVIT, A. D. 2006. Four new species of *Drymusa* from Brazilian Oriental Amazonia. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(2): 455-459.

CAMPOS-FILHO, I. S.; ARAUJO, P. B. 2011. Two new troglobitic species of Scleropactidae (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) from Pará, Brazil. *Nauplius*, 19(1): 27-39.



COSTA, L.P.; ROSIÈRE, C.A.; LOBATO, L.M. 2007. Caracterização das Seqüências Metavulcanossedimentares da Porção Leste da Província Mineral Carajás (PA). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG.

CULVER, D. C. & H. WILKENS. 2000. Critical review of the relevant theories of the evolution of subterranean animals. Pp. 381-398. In: Wilkens, H, D.C. Culver & W.F. Humphreys (Eds.), *Ecosystems of the world - subterranean biota*. Elsevier, Amsterdam. 791 p.

DASILVA, M.B., R. PINTO-DA-ROCHA & G. GIRIBET. 2010. *Canga renatae*, a new genus and species of Cyphophthalmi from Brazilian Amazon caves (Opiliones: Neogoveidae). *Zootaxa*, 2508:45-55.

DOCEGEO (Rio Doce Mineração S. A.). Revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás. Anexos XXX. Belém: Congresso Brasileiro de Geologia, 1988. 11-54p.

DORR, J.N. 1969. Physiographic, Stratigraphic and Structural Development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. United States Geological Survey Professional Paper 641-A, 110p.

FERREIRA, R.L. 2005. A vida subterrânea nos campos ferruginosos. *O Carste*, 17(3).

FIGUEIREDO E SILVA, R.C. 2009. Evolução e gênese do minério de ferro hidrotermal nos depósitos da serra norte, Província Mineral Carajás. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em geologia. Belo Horizonte. 193p.

GNASPINI, P. & E. TRAJANO. 1994. Brazilian cave invertebrates, with a checklist of troglomorphic taxa. *Revista Brasileira da Entomologia*, 38 (3/4): 549 - 584.

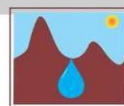
GUILD, P.W. 1957. Geology and Mineral Resources of the Congonhas District. United States Geological Survey Professional Paper 290, 90 p.

GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA. 2009. Estudo área mínima de canga. Tema: espeleologia. Documento RT-005\_089-515-5023\_00-J. Documento Inédito. 114 p.

HENWOOD, W.J. 1871. On the gold mines of Minas Geraes. – in: *Observations on metalliferous deposits*. Transactions of the Royal Geological Society of Cornwall 8: 168-370.

HOLDSWORTH R.E., PINHEIRO R.V.L. 2000. The anatomy of shallow-crustal transpressional structures: insights from the Archaean Carajás fault zone, Amazon, Brazil. *Journal of Structural Geology*, 22: 1105-1123.

HOLSINGER, J. R. & D. C. CULVER. 1988. The invertebrate cave fauna of Virginia and a part of Eastern Tennessee: Zoogeography and ecology. *Brimleyana*, 14: 1 - 162.



JUBERTHIE, C. 2000. The diversity of the karstic and pseudokarstic hypogean habitats in the world. Pp. 17-40. In: Wilkens, H, D.C. Culver & W.F. Humphreys (Eds.), *Ecosystems of the world - subterranean biota*. Elsevier, Amsterdam. 791 p.

LOBATO, L. M.; ROSIÈRE, C. A.; FIGUEIREDO-SILVA, R. C.; ZUCCHETTI, M.; BAARS, F. J.; SEOANE, J. C. S.; RIOS, F. J.; PIMENTEL, M.; MENDES, M.; MONTEIRO, A. M. 2005. A Mineralização hidrotermal de ferro da Provincial Mineral de Carajás – controle estrutural e context na evolução metalogenética da provincial. *In: MARINI et al.* (Ed.). *Caracterização de Depósitos Minerais em Distritos Mineiros da Amazônia*. Brasília: DNPM – CT/MINERAL – ADIMB, 2005. 782p.

MACAMBIRA, M.J.B.; Ramos, J.F.F.; Assis, J.F.P.; Figueiras, A.J.M. 1990. Projeto Serra Norte e Projeto Pojuca. Convênio SEPLAN/DOCEGEO/UFGA/DNPM. Relatório final. 150 p.

MACAMBIRA, J.B & SCHRANK, A. 2002. Químico-estratigrafia e evolução dos jaspilitos da Formação Carajás (PA). *Revista Brasileira de Geociências*, 32(4):567-578.

MAURITY, C.W. & KOTSCHOUBEY, B. 1995. 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* 7: 331-362.

MAURITY, C.W.; KOTSCHOUBEY, B. 2005. Evolução recente da cobertura de alteração no Platô N1 – Serra dos Carajás-PA. Degradação, pseudocarstificação, espeleotemas. *O Carste* 17(3): 78-91.

MOREIRA, J.R.A. & R.S. PAIVA. 1988. Levantamento bioespeleológico preliminar da Serra dos Carajás – Pará – Brasil. *Anais Congresso de Espeleologia da América do Sul e Caribe*: 142-150.

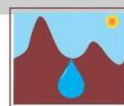
PAIVA, R.S. & J.R.A. MOREIRA. 1988. Levantamento bioespeleológico preliminar das Grutas do Piriá – Pará – Brasil. *Anais Congresso de Espeleologia da América do Sul e Caribe*: 132-141.

PELLEGRINI, T.G. & R.L. FERREIRA. 2011. *Coarazuphium tapiaguassu* (Coleoptera: Carabidae: Zuphiini), a new Brazilian troglobitic beetle, with ultrastructural analysis and ecological considerations. *Zootaxa*, 3116: 47-58.

PILÓ, L.B; ANDRADE, R. 2006. Estudos espeleológicos na área da Mina N5S, Serra dos Carajás. CVRD/PRCZ. 170p. (inédito).

PILÓ, L. B. & AULER, 2005. Cavernas de minério de ferro e canga de Capão Xavier, Quadrilátero Ferrífero, MG. *O Carste* 17(3): 92-105.

PILÓ, L.B; AULER, A.S. 2007. Mineralogia de espeleotemas das grutas de minério de ferro de Capão Xavier, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. II



Encontro Brasileiro de Estudos do Carste – 26 a 28 de julho de 2007 – Instituto de Geociências, IG-USP. *Caderno de Resumos*, pagina 32.

PILÓ, L.B. & AULER, A.S. 2009. Geoespeleologia das cavernas em rochas ferríferas da região de Carajás, PA. *XXX Congresso Brasileiro de Espeleologia. Montes Claros. Anais*. Montes Claros: SBE, 2009. p. 181-186.

PILÓ, L.B. & AULER, A.S. 2011. *Mineralogia de Espeleotemas em rochas ferríferas da Região de Carajás, Pará*. Instituto do Carste. Belo Horizonte. 60p. (Inédito).

PINHEIRO, R.V.L.; HENRIQUES, A.L.; SILVEIRA, L.T.; MAURITY, C.W. 1985. Considerações Preliminares sobre a Espeleologia da Serra dos Carajás (PA). Grupo Espeleológico Paraense. Relatório inédito, 38p.

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

PINHEIRO, R.V.L.; C.W. MAURITY; A.L. HENRIQUES; L.T. Silveira; J.R.A. Moreira; P.R.C. Lopes; O.T. Silveira; R.S. Paiva; A.L.F.A. Lins; C.U.V. Veríssimo; S.H.S. Arcanjo; D.C. Kern; E.A. Krause; M.F. Lima-Filho; J.B.Rocha; W. Santos. 2001. As grutas bauxíticas da Serra do Piriá – PA. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, série Ciências da Terra*, 13: 65-97.

PINTO-DA-ROCHA, R. 1995. Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907-1994). *Papéis Avulsos de Zoologia*, 39 (6): 61 - 173.

PINTO-DA-ROCHA, R. & BONALDO, A. B. 2007. A new species of *Cryptocellus* (Arachnida, Ricinulei) from Oriental Amazonia. *Zootaxa*, 1386: 47-51.

PISSIS, N.A. 1842. Mémoire sur la position géologique des terrains de la partie australe du Brésil et sur lês soulèvements qui, à diverses époques, ont changé le relief de cette contrée. *Memoire de L' Institute de France* 10: 353-413.

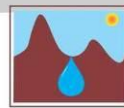
POULSON, T. L. & K. H. Lavoie. 2000. The trophic basis of subsurface ecosystems. Pp. 231-250. In: Wilkens, H, D.C. Culver & W.F. Humphreys (Eds.), *Ecosystems of the world - subterranean biota*. Elsevier, Amsterdam. 791 p.

RADAMBRASIL, 1974. Levantamento de recursos naturais. Vol. 4. Folha SB.22 - Araguaia. Ministério das Minas e Energia. Dpto Nacional da Produção Mineral. Rio de Janeiro, RJ.

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

SIMMONS, G.C. 1964. Leucophosphite, a new occurrence in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *The American Mineralogist* 49: 377-386.

SOUZA, L.A., A. V. BEZERRA & J. P. ARAÚJO. 2006. The first troglobitic species of Scleropactidae from Brazil (Crustacea, Isopoda, Oniscidea). *Subterranean Biology*, 4:37-43.



TASSINARI, C.C.G.; BETTENCOURT, J.S.; GERALDES, M.C.; MACAMBIRA, M.J.C.; LAFON, J.M. 2000. The Amazonian Craton. In: U. G. Cordani, E. J. Milani, A. Thomaz-Filho, D. A. Campos(ed), Tectonic Evolution of South America. Rio de Janeiro, IGC Brazil 2000, 41-99.

TASSINI, R. 1947. Verdades Históricas e Pré-históricas de Belo Horizonte. Belo Horizonte, editora do autor.

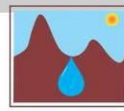
TRAJANO, E. & M. E. BICHUETTE. 2006. Biologia subterrânea: introdução. Redespeleo. São Paulo. 92pp.

TOLBERT, G.E.; TREMAINE, J.W.; MELCHER, G.C.; GOMES, C.B. 1971. The recently discovered Serra dos Carajás iron deposits, northern Brazil. Economic Geology 66: 985-994.

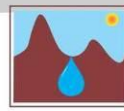
VALENTIN, R.; OLIVITO, J.P. 2011. Unidade Espeleológica Carajás: delimitação dos enfoques regional e local, conforme metodologia da IN-02/2009 MMA. Espeletema. V.22, N.1:41-60.

VANN, J.H. 1963. Developmental processes in laterite terrain in Amapa. Geographical Review 53: 406-417.

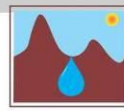




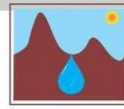
## ANEXO I – FICHAS DE GEOESPELEOLOGIA



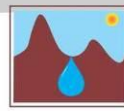
## ANEXO II – MAPAS TOPOGRÁFICOS



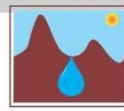
## ANEXO III – FICHAS DE BIOESPELEOLOGIA



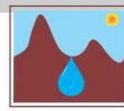
## ANEXO IV – SUBSTRATOS ORGÂNICOS



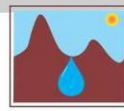
## ANEXO V – LISTA DE ESPÉCIES



## ANEXO VI – RIQUEZA E ABUNDÂNCIA

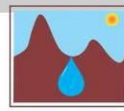


## ANEXO VII – AMOSTRA ESPELEOMÉTRICA

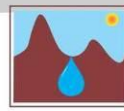


## ANEXO VIII – RELATÓRIO DE REAVALIAÇÃO DAS ESPÉCIES TROGLOMÓRFICAS - ECOSSISTEMA

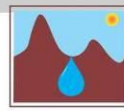




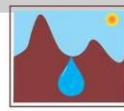
## ANEXO IX – N5E



## ANEXO X – N5S



## ANEXO XI – N5SM1



## XII – MAPA GERAL COM AS CAVERNAS E SUAS RESPECTIVAS RELEVÂNCIAS