

REGISTRO FOTOGRÁFICO PARA O MONITORAMENTO DE FEIÇÕES GEOESTRUTURAIS E GEOESPELEOLÓGICAS EM CAVIDADES NA SERRA DA BOCAINA, SUDESTE DO PARÁ

*PHOTOGRAPHIC RECORD FOR MONITORING GEOSTRUCTURAL AND GEOSPELEOLOGICAL
FEATURES IN CAVES AT SERRA DA BOCAINA, SOUTHEAST PARÁ*

**Cláudio Renato Carnevalli Dias, Georgete Dutra, Leandro Luzzi, Rogério Dell'Antônio &
Iuri Viana Brandi**

Departamento de Planejamento de Ferrosos (DIPF), Gerência de Espeleologia e Tecnologia (GAEAF), Vale
S. A.

Contatos: claudio.dias@vale.com.

Resumo

O monitoramento fotográfico de estruturas e feições geológicas-geotécnicas e geoespeleológicas são medidas de controle adotadas para o monitoramento das condições de integridade física de cavidades naturais subterrâneas situadas em áreas de influência direta de empreendimentos. A comparação entre imagens fotográficas obtidas em estações fixas de forma sistemática em diferentes momentos a partir de enquadramentos definidos pela altura da máquina, inclinação e azimute permite o acompanhamento de alterações morfológicas em cavidades ao longo do tempo. Este trabalho tem por objetivo apresentar os procedimentos adotados para o registro fotográfico inicial das condições geoestruturais e geoespeleológicas de uma cavidade na área de influência direta do ramal ferroviário do Sudeste do Pará. Especificamente são apresentados os trabalhos para a caracterização da cavidade GEM-1442.

Palavras-Chave: Monitoramento fotográfico; integridade física; cavidades.

Abstract

The photographic monitoring of structures and geological-geotechnical and geospeleological features are control measures adopted for monitoring physical integrity of natural underground cavities located in areas of direct influence of ventures. The comparison between photographic images obtained at a fixed station in a systematic manner at different times from the time frames defined by the machine, slope and azimuth allows tracking of morphological changes in cavities over time. This work aims to present the procedures adopted for the initial photographic record of geostructural and geospeleological conditions of a cavity in the area of direct influence of the Southeast of Pará railway. In special, the work of characterization of the cavity GEM-1442 is presented herein.

Key-words: *Photographic monitoring; physical integrity; cavities.*

1. INTRODUÇÃO

O monitoramento fotográfico de estruturas e feições geológico-geotécnicas e geoespeleológicas têm sido propostos como medida de controle para o acompanhamento das condições de integridade física das cavidades naturais subterrâneas situadas em áreas de influência direta de empreendimentos (PEREZ, 1997).

O controle das condições da integridade física de cavidades através do monitoramento fotográfico terá por base um banco de imagens tomadas em estações fixas que podem ser repetidas de forma acurada ao longo do tempo (HILDRETH-WERKER, 2006).

A definição das feições registradas fotograficamente foram a partir do mapeamento geotécnico das estruturas geológicas e geoespeleológicas que serão objeto de monitoramento periódico através da repetição de registros fotográficos a partir de estações fixas.

A cavidade GEM-1442 está na área de influência direta do ramal ferroviário do Sudeste do Pará (Figura 1). O monitoramento contínuo das condições da integridade física desta cavidade, durante as fases de implantação e operação tem por objetivo a adoção de medidas mitigadoras que atenuem ou eliminem os impactos ambientais gerados pelo empreendimento.

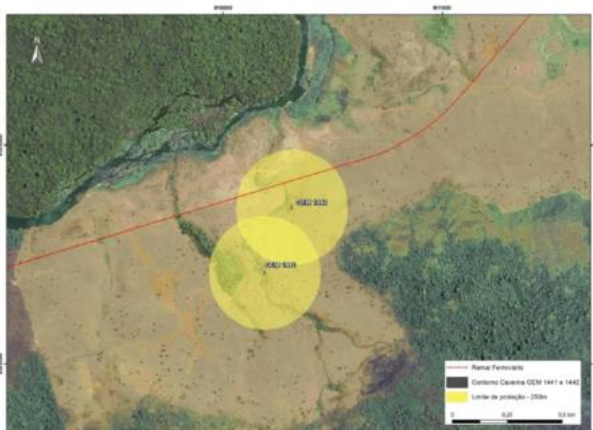


Figura 1 – Localização da cavidade fotografada.

2. METODOLOGIA

2.1 Mapeamento geoestrutural

O mapeamento geoestrutural da cavidade consistiu no levantamento de feições e zonas de maior fragilidade (Figura 2). Como as paredes e o

teto da cavidade não apresentaram magnetismo foi utilizada bússola modelo “Brunton” para as medidas. Após a identificação, as estruturas foram plotadas no mapa.

2.2 Registro fotográfico

O registro fotográfico foi realizado com tripé centralizado em piquetes instalados no piso da cavidade. Para cada foto foi realizada a medição de altura da máquina, inclinação e azimute do enquadramento (Figura 3). A câmera utilizada foi a CANON-G12. Iluminação adicional foi obtida com servo-flash marca / modelo “Kyocera - Yashica CS-220 auto”, além de lanternas de mão com potência de 100 lumens ou mais. As medidas de distância foram realizadas com trena laser marca / modelo “Leica Disto D8”. Os pontos fotográficos foram plotados em mapa e os parâmetros registrados em um álbum fotográfico.



Figura 2 – Identificação de estruturas e mapeamento geológico-geotécnico.



Figura 3 – Registro fotográfico de feições e estruturas geológicas.

3. DISCUSSÃO E RESULTADOS

A cavidade GEM-1442 localiza-se a meia altura na vertente, a cerca de 8 m de altura de um córrego. A cavidade GEM-1442 é rasa, com teto de aproximadamente 3 m de espessura. Sua morfologia é linear com pelo menos duas entradas. O piso é de sedimentos inconsolidados com vestígios de pesquisa arqueológica.

Os únicos espeleotemas observados são pequenas protuberâncias tipo couve-flor, localizados nas paredes, com alguns milímetros de tamanho. Não há drenagens atuais na cavidade ou vestígios de passagem recente de água.

3.1 Mapeamento geoestrutural

Topograficamente, acima da cavidade GEM-1442, ocorre um afloramento de conglomerado com matriz ferruginosa e fragmentos milimétricos a centimétricos de litologias diversas (Figura 4). Os fragmentos são compostos por jaspilito, hematita, rocha básica e quartzo. Fragmentos de jaspilito e hematita são mais comuns, com tamanho variando de 1 mm a 15 cm, subangulosos a arredondados, mostrando acamamento, superficialmente mostram-se erodidos, cor variando de cinza escuro a bonina. Fragmentos de rocha básica aparecem subordinadamente, possuem tamanho de 1 mm a cerca de 10 cm e estão subangulosos a arredondados, apresentam-se intemperizados, cor variando de violácea a ocre. Fragmentos de quartzo são escassos, possuem tamanho de 1 mm a 10 cm, arredondados, cataclásados no interior, cor variando em cinza, branco, leitoso.

Não foram observadas estruturas, a distribuição dos fragmentos mostra-se caótica, com

grãos pequenos misturados a grandes. Pela presença de diversos fragmentos subarredondados infere-se relativamente pouco transporte; no caso do quartzo ocorreu grande transporte. Este conglomerado aparentemente é um depósito de tálus com contribuição de drenagem (que forneceu o quartzo). Infere-se que o córrego que atualmente percorre a base cerca de 20 m abaixo já percorreu estas altitudes.

A litologia no interior da cavidade é composta por canga química de coloração ocre avermelhada (Figura 5 – esquerda) e aspecto esponjoso. Possui alvéolos milimétricos redondos a elípticos formando pequenos buracos. O aspecto da rocha lembra uma esponja, com alvéolos intercomunicando-se.

Há um nível, nas paredes, de quartzo branco a leitoso, subarredondados, tamanho centimétrico geralmente entre 2 a 3 cm, suportados pela matriz, com cimento ferruginoso (Figura 5 – direita). Este nível, devido à homogeneidade, indica que ocorreu deposição em seu interior por uma drenagem com algum poder de transporte. Os fragmentos não mostram orientação.

A cavidade mostra diversas estruturas, principalmente fraturamentos, provavelmente oriundos de alívio. A fratura 1 na Figura 6 corresponde ao principal lineamento condicionando o eixo de maior desenvolvimento da cavidade. As fraturas 2 e 3 são praticamente ortogonais a fratura 1 e condicionam protuberâncias e reentrâncias nas paredes. A fratura 3 condiciona também uma pequena saída triangular. As fraturas 4, 5 e 6 condicionam paredes, reentrâncias e protuberâncias. Estas fraturas podem ser observadas nas fotos de monitoramento



Figura 4 – Esquerda: conglomerado acima da cavidade, na vertente. Direita: aspecto da canga no teto da cavidade.



Figura 5 – Aspectos da rocha na cavidade GEM-1442.

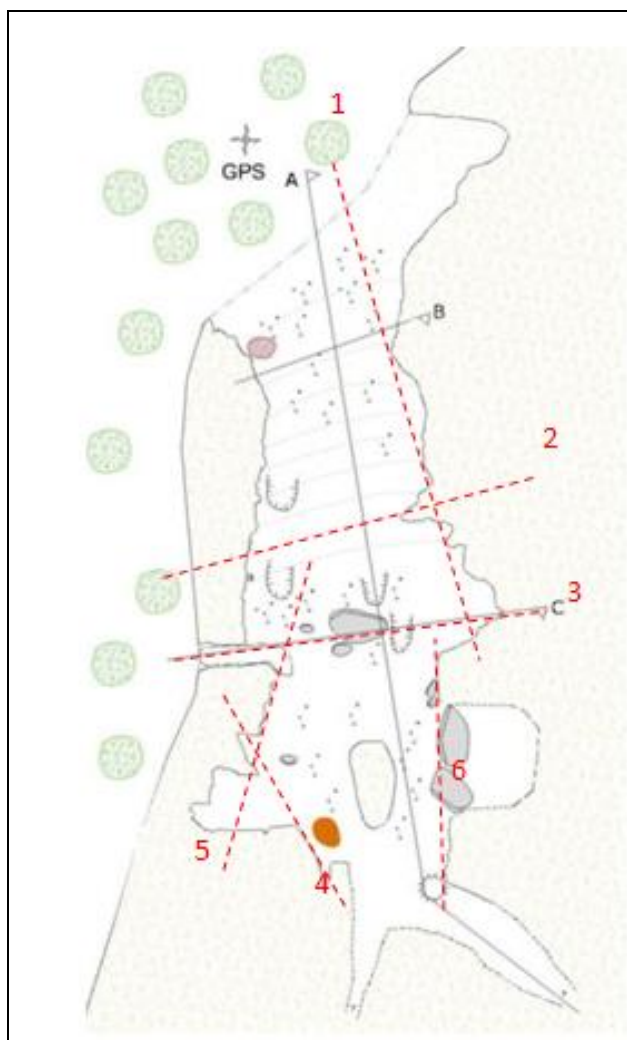


Figura 6 – Mapa da cavidade GEM-1442 mostrando principais fraturamentos.

3.2 Registro fotográfico

Foi realizado o monitoramento fotográfico em 4 pontos na cavidade, conforme pode ser observado na Figura 7. Os triângulos em amarelo nas figuras a

seguir correspondem ao campo de visão da máquina fotográfica naquele ponto e visada.

No ponto 1 evidencia-se uma fratura no teto da cavidade. A Foto 1.1 na Figura 8 foi realizada com tripé na altura 91 cm, direção 175° , inclinação $+15^\circ$. Ao fundo, flash Kyocera com célula fotoelétrica, iluminando a porção distal sul da cavidade. A foto foi tirada no manual com abertura de 5.6 e velocidade do obturador de $2''$. A Foto 1.2 foi tirada no automático na mesma posição que a anterior e mudança de lugar do espeleólogo.

No ponto 2 evidencia-se mais fraturas no teto da cavidade. As fotos da Figura 9 foram realizadas com tripé na altura 60 cm, inclinação 0° e direções variadas. Notar o espeleólogo mostrando as fraturas no teto. A Foto 2.1 apresenta uma vista do interior para fora com direção 155° . A Foto 2.2, apresenta uma fratura na parede continuação da que ocorre no teto, direção da foto 65° . A Foto 2.3, apresenta uma fratura ortogonal à anterior, no teto, direção da foto 65° . A Foto 2.4 mostra fraturas no teto e escavação no piso, além de evidenciar a existência de blocos métricos dispersos no piso.

No ponto 3 a altura do tripé foi de 52 cm e a inclinação da máquina foi de $+5^\circ$. A Figura 10 apresenta as Fotos 3.1 a 3.4. As Fotos 3.1 e 3.2 foram em direção 240° evidenciando uma fratura na mesma direção 240° /subvertical e bloco no piso. As Fotos 3.3 e 3.4 possuem direção 170° evidenciando blocos individualizados por fraturas.

Para o ponto 4 a altura do tripé foi de 53 cm com inclinação da máquina de $+15^\circ$. A direção da Foto foi 230° . A Figura 11 apresenta as Fotos 4.1 e 4.2. A Foto 4.1 mostra inicialmente o espeleólogo e as fraturas e a Foto 4.2 mostra o mesmo local sem o espeleólogo. Observar a fratura preenchida ao fundo.

Para as fotos registradas na Figura 12 a altura do tripé foi de 53 cm com inclinação da máquina de +15°. Observa-se o detalhe da parede e da outra

entrada. O espeleólogo mostra pequenas protuberâncias na parede tipo “couve-flor”.

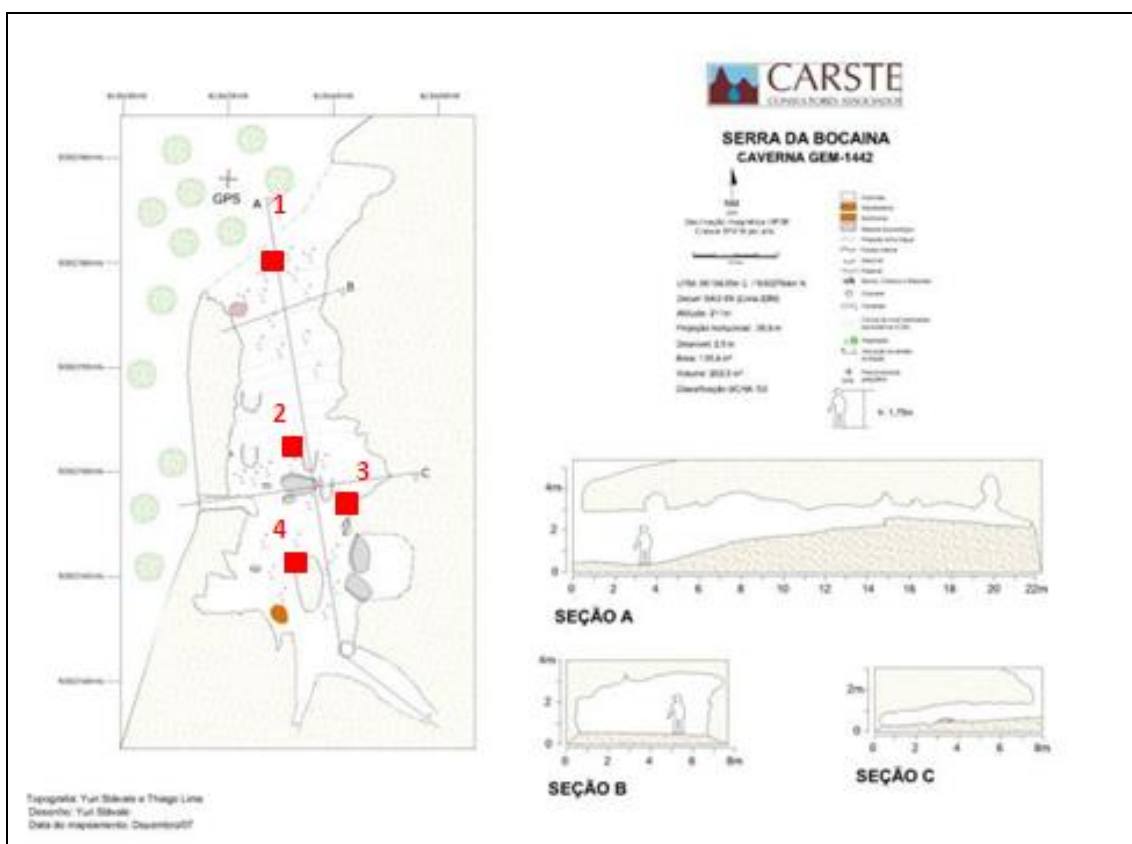


Figura 7 – Pontos de monitoramento fotográfico na cavidade GEM-1442.

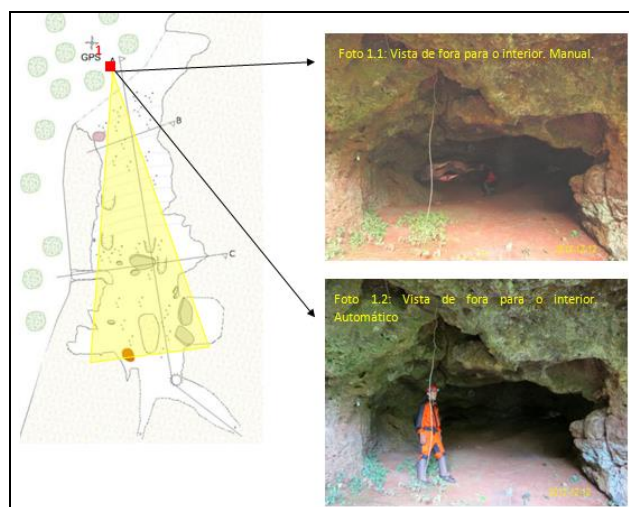


Figura 8 – Registro fotográfico a partir da base 1.

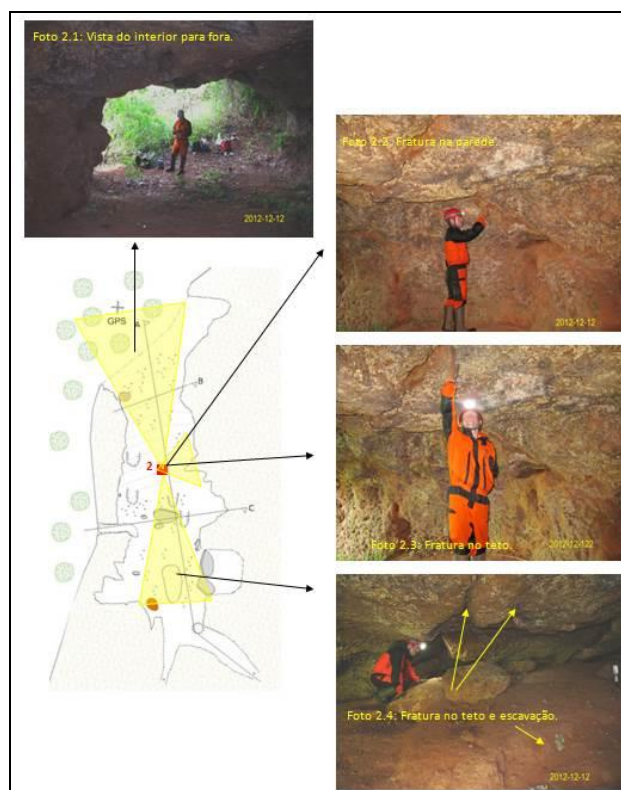


Figura 9 – Registro fotográfico a partir da base 2.

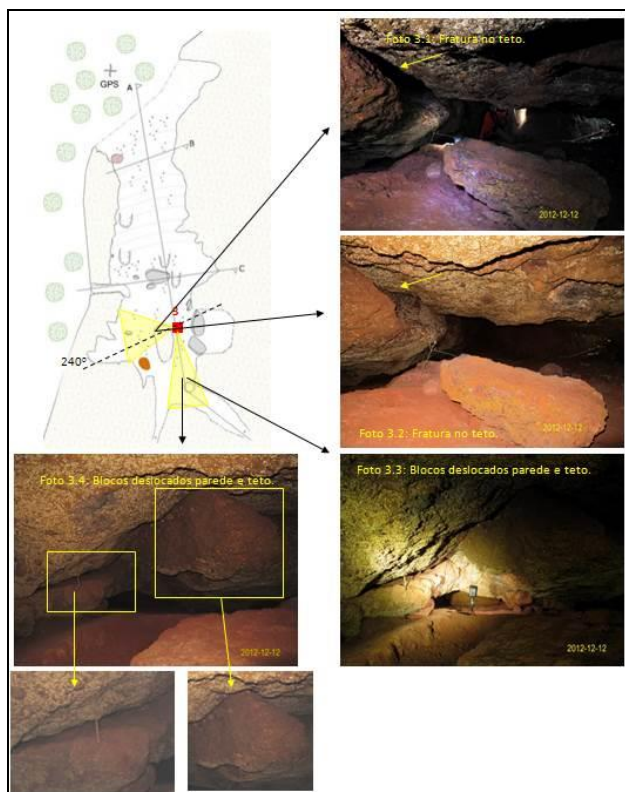


Figura 10 – Registro fotográfico a partir da base 3.

aplicada em alguns casos específicos para o controle de alterações morfológicas. O levantamento topográfico a laser é mais preciso e permite até mesmo fazer comparações volumétricas; no entanto, apresenta uma série de inconvenientes como o alto custo, a necessidade de um sistema de iluminação auxiliar mais complexo e a mobilidade restrita (o equipamento não acessa todos os condutos).

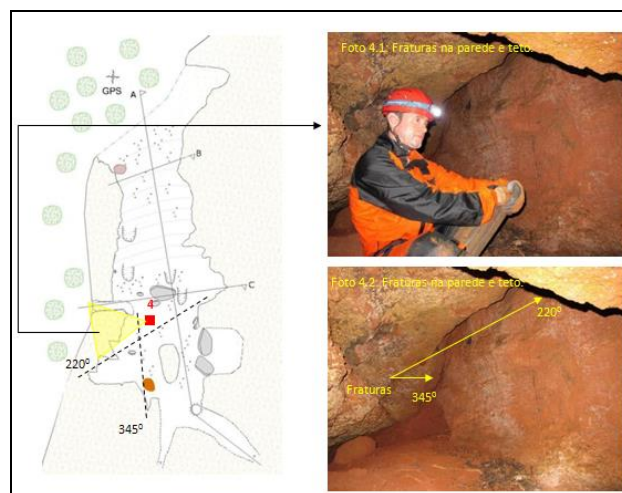


Figura 11 – Registro fotográfico a partir da base 4.

4. CONCLUSÕES

Desde que aplicada a partir de critérios bem definidos, que permitam a fiel reprodução fotográfica das feições geológicas e geoespeleológicas, a combinação das técnicas de mapeamento geoestrutural e registro fotográfico pode ser uma eficiente ferramenta para o monitoramento das condições de integridade de cavidades.

Atualmente as fotografias digitais permitem maior facilidade para tomada das fotos. Com os pontos marcados em mapa e a impressão das fotografias anteriores ou mesmo inserindo as fotos em um “tablet” é possível realizar um monitoramento contínuo com fotos fielmente reproduzidas.

O levantamento topográfico a laser de cavidades é uma outra metodologia que vem sendo

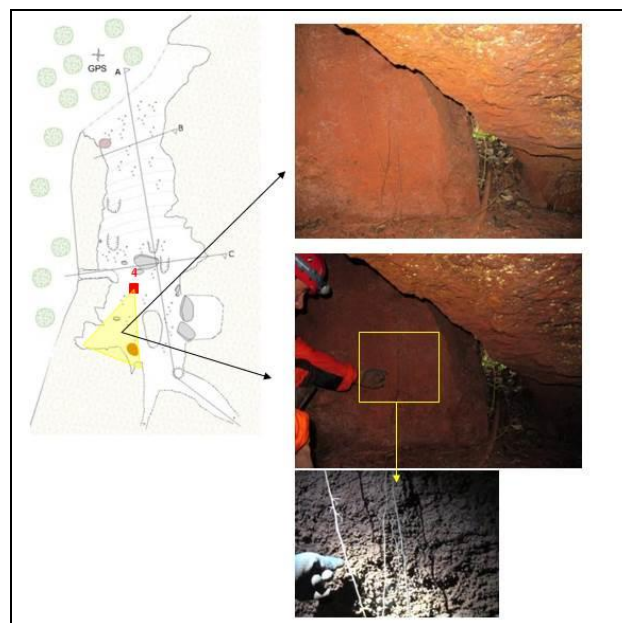


Figura 12 – Registro fotográfico a partir da base 4.

BIBLIOGRAFIA

HILDRETH-WERKER, V. Photographs as Cave Management Tools. In: **Cave Conservation and Restoration**. Huntsville: National Speleological Society, Inc., p. 203-214, 2006.

PEREZ, R.C. Documentação fotográfica aplicada à caracterização geoespeleológica em áreas ambientalmente comprometidas: um estudo de caso. In: XXIV CBE, Ouro Preto, MG, **Anais XXIV CBE**, Ouro Preto, p. 87-96, 1997.