

CAVERNA DA CHAMINÉ, PONTA GROSSA, PR, BRASIL: POTENCIAL ESPELEOLÓGICO, RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS E RISCOS GEOAMBIENTAIS

CHAMINÉ (CHIMNEY) CAVE, PONTA GROSSA CITY, SOUTHERN BRAZIL: SPELEOLOGICAL POTENTIAL, GROUNDWATER RESOURCES AND GEOLOGICAL HAZARD

Henrique Simão Pontes(1) & Mário Sérgio de Melo(2)

(1) Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas - GUPE, Ponta Grossa-PR.

(2) Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, Ponta Grossa-PR.

Contatos: henrique071289@yahoo.com.br; msmelo@uepg.br

Resumo

A Caverna da Chaminé é uma notável feição do relevo da Formação Furnas, situada no Canyon do Rio São Jorge, na porção centro-norte do Município de Ponta Grossa. Considerada, atualmente, uma das maiores cavidades areníticas do sul do Brasil, apresentando 307 metros de desenvolvimento linear, tem sua gênese relacionada a estruturas tectônicas ligadas ao arqueamento crustal regional, denominado Arco de Ponta Grossa, e a fenômenos intempéricos subsequentes. A cavidade apresenta elevado número de pequenos espeleotemas (até cerca de 10 cm) com formatos variados, indicando que, a par do controle estrutural, ocorre significativa dissolução da rocha. Além dos componentes abióticos a caverna abriga expressiva fauna, que também participa da erosão biológica do arenito. Os pequenos filetes de água que ocorrem em seu interior, alguns perenes, alimentados por nascentes que escoam para dentro da caverna, outros temporários, formados nos períodos de elevados índices pluviométricos, controlam diretamente o microclima da cavidade. A Caverna da Chaminé é um exemplo da diversidade abiótica e biótica presente nas cavidades subterrâneas da região. Estudos espeleológicos desenvolvidos nestes ambientes deverão apoiar alternativas sustentáveis de uso visando a conservação do patrimônio espeleológico regional, a proteção de mananciais subterrâneos e a prevenção de fenômenos geológicos de risco.

Palavras-Chave: Caverna da Chaminé; carste em arenito; recursos hídricos subterrâneos; riscos geoambientais; Formação Furnas.

Abstract

The Chaminé (Chimney) Cave is a remarkable landform in the Furnas Formation, placed in the Canyon of the São Jorge River, situated in the center-north of the Municipality of Ponta Grossa. It has 307 meters in linear development and is currently considered as one of the largest sandstone cavities in southern Brazil. Its genesis is related to tectonic structures linked to the crustal upwarping named Ponta Grossa Arch, with subsequent weathering phenomena. The cave shows a high number of small speleothems (up to about 10 cm) with varied formats, indicating that, in addition to the structural control, rock dissolution is a significant process. The cave's fauna also participates in the erosion of the sandstone. Small water streams in the cave, some of them perennial and others seasonal, control the cavernicolous microclimate. The Chaminé Cave is an example of abiotic and biotic diversity found in the cavities of the region. Speleological studies in these environments should support sustainable alternatives of land use for the conservation of the regional geological heritage, protection of underground water and prevention of geological hazard.

Key-Words: Chaminé Cave; sandstone karst; groundwater resources; geological hazard; Furnas Formation.

1. INTRODUÇÃO

A Caverna da Chaminé é um notável sítio que apresenta forte controle de estruturas tectônicas, mas com significativa ação erosiva das águas subterrâneas, fluviais e pluviais em sua gênese. Situada na porção nordeste de Ponta Grossa – PR no Canyon do rio São Jorge, a cavidade possui belas

feições formadas a partir da dissolução dos arenitos da Formação Furnas.

Esta unidade geológica da Bacia Sedimentar do Paraná apresenta formas erosivas singulares: as furnas (poços de abatimento, cavernas verticais), que ocorrem principalmente na região do Parque Estadual de Vila Velha e proximidades; sumidouros e ressurgências; lagoas; depressões úmidas e secas;

túneis; caneluras e *lapiés* (MAACK 1956, MELO et al. 2007). Também nesta rocha, ocorrem cavernas de desenvolvimento horizontal e semi-vertical, com gênese relacionada aos processos tectônicos, estruturas sedimentares e processos erosivos.

Os arenitos da Formação Furnas são submetidos não somente à erosão mecânica, mas também erosão química, decorrente, sobretudo da dissolução do cimento caulinitico e consequente arenização das rochas sedimentares (MELO e GIANNINI, 2007). Os espeleotemas, constituídos predominantemente de caulinita e sílica, mostram que a dissolução e reprecipitação dos minerais do arenito são significativas (PONTES e MELO, 2009). Portanto, ocorre nos arenitos notável dissolução do cimento caulinitico e também do quartzo. Wray (1997) apresenta que relevos cársticos são aqueles em que, em sua gênese, têm participação significativa os processos de dissolução. Isto implica em considerar como cársticas as feições dos arenitos da Formação Furnas.

Há tempos atrás se iniciaram os estudos em rochas carbonáticas na Europa. Os termos da ciência do carste foram restritamente utilizados para rochas carbonáticas, tratando como pseudocársticos os relevos em rochas silicosas, não ocorrendo estudos aprofundados sobre os relevos de dissolução nestas rochas. Pelo fato da dissolução da sílica ser um processo lento, muitos autores negaram a possibilidade de formas cársticas nas rochas quartzosas, consideradas “inertes” (WRAY, 1997).

Alguns autores, como Bigarella et al. (2007), advogam o uso do termo pseudocarste para as feições da Formação Furnas (MELO e GIANNINI, 2007). Muitos autores restringem o uso do termo “carste” para rochas não carbonáticas tratando de pseudocársticos os relevos de rochas siliciclásticas, relacionando a ocorrência de carste restritamente às rochas carbonáticas (WRAY, 1997).

Carste está relacionado com eficiente dissolução da rocha e drenagem subterrânea, mesmo que este processo de dissolução seja mais lento e menor em relação a rochas carbonáticas. Evidências de dissolução do cimento caulinitico e do quartzo e a presença de espeleotemas, relevos ruíniformes, furnas, bacias e cúpulas de dissolução e outras feições do relevo, principalmente a presença de drenagens criptorreicas em arenitos da Formação Furnas, tornam evidente a carstificação nesta rocha.

É notável que os processos de dissolução dos arenitos da Formação Furnas concentram-se em estruturas tectônicas, em parte atribuídas aos processos do Arco de Ponta Grossa. Estas estruturas

rúpteis possibilitam a existência descontinuidades que auxiliam no processo de infiltração da água pluvial e fluvial no corpo rochoso provocando a dissolução da caulinita e do quartzo, escavando cavidades subterrâneas e possibilitando a precipitação dos minerais em solução em ambientes favoráveis no interior das cavidades.

Há poucas pesquisas sobre as cavernas em arenitos da Formação Furnas, principalmente por serem cavidades que não apresentam os mesmos portes de ornamentações e de desenvolvimento horizontal se comparadas com as cavernas desenvolvidas em rochas carbonáticas, principalmente os metacalcários e dolomitos do Grupo Itaiacoca localizados no Primeiro Planalto Paranaense. Os principais trabalhos espeleológicos na Formação Furnas dão ênfase às furnas (cavernas verticais), não abordando as cavernas horizontais e semi-verticais.

O presente trabalho apresenta um estudo do potencial espeleológico da Caverna da Chaminé, incluindo fatores abióticos e bióticos. Procura relacionar a gênese e evolução da caverna com o potencial hídrico subterrâneo da região e com os riscos geoambientais passíveis de ocorrência. O objetivo principal tange a reunir os fatores que indicam a existência de um endocarste e exocarste na região, contribuindo nos estudos espeleológicos em rochas siliciclásticas e na confirmação da existência do sistema cárstico da Formação Furnas nos Campos Gerais do Paraná.

2. LOCALIZAÇÃO

A Caverna da Chaminé está localizada no *Canyon* do Rio São Jorge, margem direita do rio, nas coordenadas UTM 595.225,43 E – 7.231.183,96 N, porção centro norte do Município de Ponta Grossa - Paraná, a cerca de 18 km a nordeste do centro urbano (Figura 1). A caverna se encontra nas proximidades do Reservatório de Alagados, no reverso imediato da Escarpa Devoniana, degrau topográfico que marca a transição do Primeiro para o Segundo Planalto do Estado do Paraná.

Próximo à Caverna da Chaminé uma bela cachoeira precipita através de uma fenda NE-SW, transversal à direção do *canyon*. A área do Salto Santa Bárbara do Rio São Jorge foi instituída como Parque Municipal desde 1992, está dentro dos limites da APA (Área de Proteção Ambiental) da Escarpa Devoniana, também criada em 1992, e do recém-criado Parque Nacional dos Campos Gerais (2006), ainda não implantado (MASSUQUETO et al., 2009).

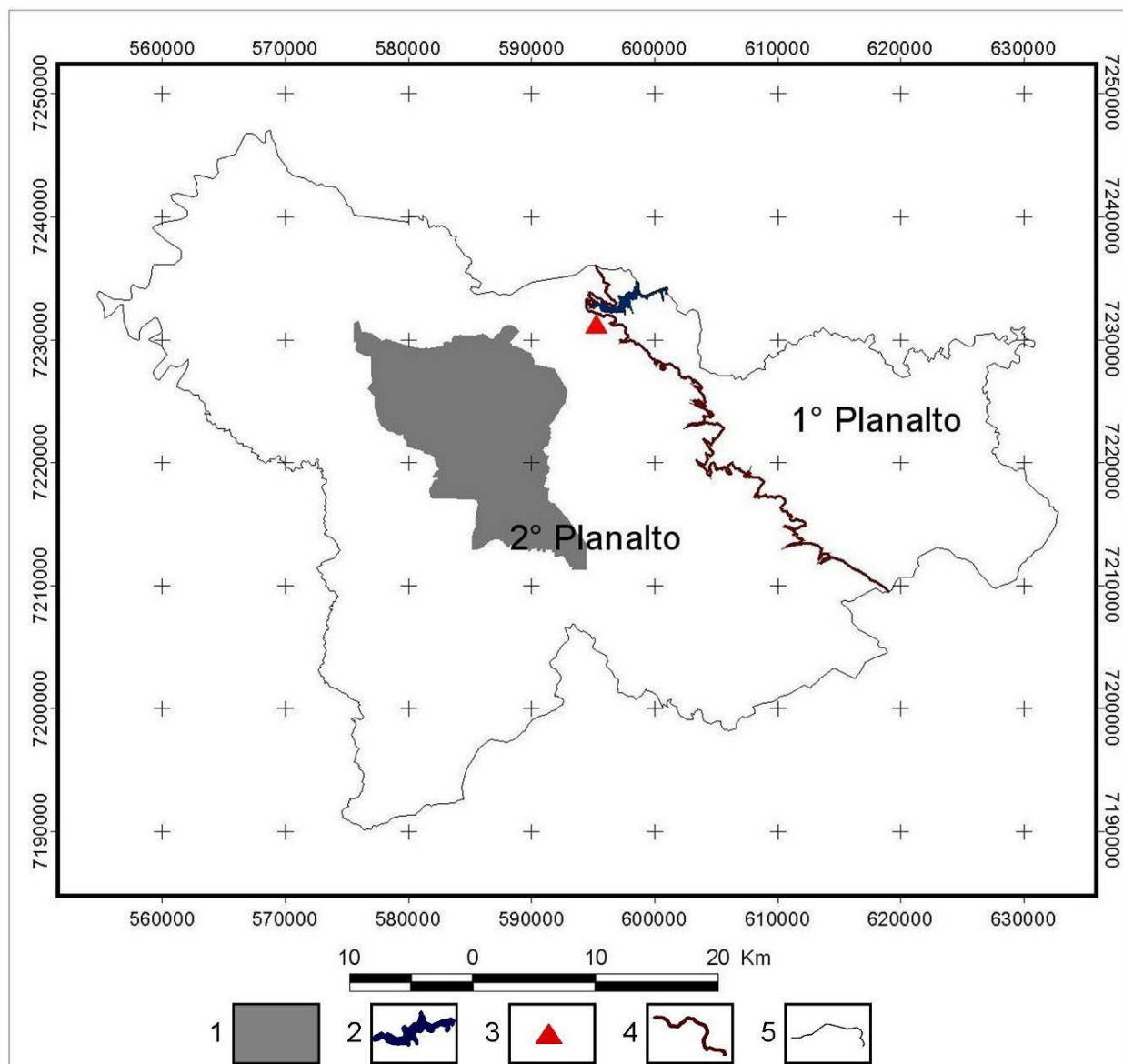


Figura 1: localização do Canyon do Rio São Jorge, situado no reverso imediato da Escarpa Devoniana, Segundo Planalto Paranaense. Legenda: 1: perímetro urbano de Ponta Grossa; 2: Represa de Alagados; 3: Caverna da Chaminé; 4: Escarpa Devoniana e 5: perímetro do Município de Ponta Grossa.

O principal acesso ao *canyon* é realizado, a partir do centro de Ponta Grossa, pela Avenida General Carlos Cavalcanti. Após a rotatória localizada em frente ao Campus Uvaranas da Universidade Estadual de Ponta Grossa, segue-se a Rua Valério Rouchi em direção ao Jardim Residencial San Martin. Em seguida o curso se faz através da Estrada Arichernes Carlos Gobbo. Antes de chegar ao Reservatório de Alagados é possível observar uma placa sinalizando a outra estrada que dá acesso ao *Canyon* do Rio São Jorge. No *canyon* o acesso até a Caverna da Chaminé é realizado através de trilhas em campo aberto e pela mata.

3. MÉTODOS E TÉCNICAS

Os estudos realizados na Caverna da Chaminé visaram detalhar o levantamento da cavidade

subterrânea para esclarecer sua gênese e evolução, e relacioná-las com o patrimônio natural, os mananciais subterrâneos e os riscos geoambientais. Para alcançar tais objetivos, a metodologia se baseou na seguinte estrutura:

- Revisão bibliográfica sobre os temas;
- Trabalho de campo para levantamento de dados espeleológicos da Caverna da Chaminé e feições cársticas superficiais
- Levantamento topográfico da cavidade;
- Produção de um histograma de rosáceas, baseado no trabalho de Karmann (1986), para compreensão da frequência e tendência de direções de estruturas tectônicas (fendas e fraturas) presentes na caverna;
- Mapas desenvolvidos em ambiente SIG.

A técnica para levantamento da topografia da caverna teve como base bibliográfica o trabalho de Dematteis (1975). Algumas ferramentas utilizadas durante este trabalho foram: aparelho receptor GPS, modelo GARMIN II PLUS; trena métrica de 20 metros; bússola geológica tipo Brunton; Programa de uso livre *OCAD PRO 8* para a digitalização dos dados topográficos; Software *Arc View 3.2a*, utilizado no laboratório de Geoprocessamento da Universidade Estadual de Ponta Grossa; Ortoimagem SPOT 5 cedida pelo SEDU/PARANACIDADE.

4. ASPECTOS FÍSICOS DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 Geologia

Nas proximidades do Salto Santa Bárbara do *Canyon* do Rio São Jorge é possível observar o contato de três unidades rochosas: Formação Furnas, Formação Iapó (ASSINE et al., 1998) e o Complexo Granítico Cunhaporanga (embasamento Proterozóico) segundo Guimarães (2000) apud Massuqueto (2003); Massuqueto et al. (2009). São raros os locais que fornecem esta peculiaridade geológica, principalmente pelos diamictitos da Formação Iapó, pois são poucos os afloramentos desta rocha em todo o flanco sudeste da Bacia do Paraná. Este contato de três unidades geológicas eleva a importância do local, tornando-o palco de pesquisas de cientistas de todo o Brasil e ponto de muitos trabalhos de campo principalmente alunos de geologia e geografia.

O *Canyon* do Rio São Jorge está localizado no reverso imediato da Escarpa Devoniana, por isso a unidade geológica predominante na área de estudo é a Formação Furnas, composta predominantemente por arenitos quartzosos de variada granulometria caracterizados por camadas tabulares cuja espessura total na área aflorante atinge até 250 metros, valor registrado no *canyon* do Iapó no Guartelá, Município de Tibagi por Assine (1996).

A deposição dos arenitos da Formação Furnas ocorreu desde o final do Siluriano até o início do Devoniano, entre 395 e 421 milhões de anos (GUIMARÃES et al., 2007). Esta unidade geológica da borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná é constituída predominantemente de arenitos quartzosos possuindo cimento caulínico. Os arenitos estão dispostos em *sets* de espessuras de 0,5 a 5 metros com geometria tabular, lenticular e cuneiforme, exibindo marcante estratificação cruzada planar, tangencial na base ou acanalada (ASSINE, 1996).

Na região dos Campos Gerais a Formação Furnas pode ser dividida em três unidades distintas, unidade inferior, média e superior (ASSINE, 1996). Na área do *Canyon* do Rio São Jorge, aparecem as unidades inferior e média da Formação Furnas, destacando-se os níveis conglomeráticos da unidade inferior presentes na base do paredão rochoso próximo à cachoeira.

4.2 Geomorfologia

A Escarpa Devoniana é uma notável feição do relevo sustentada pelos arenitos da Formação Furnas que se estende em toda porção oriental do Estado do Paraná e sul do Estado de São Paulo. A Caverna da Chaminé localiza-se no reverso imediato deste degrau topográfico que marca o limite entre o Primeiro e Segundo Planalto Paranaense e apresenta uma linha irregular devido a recortes decorrentes de falhas e fraturas originando *canyons* e anfiteatros (SOUZA e SOUZA, 2004).

O *Canyon* do Rio São Jorge, localizado na porção centro norte do Município de Ponta Grossa, é um dos principais pontos turísticos da cidade. Possui uma extensão aproximada de 1,5 quilômetros e desníveis que ultrapassam 100 metros. Estando encaixado em uma estrutura de direção NW-SE, relacionada com o Arco de Ponta Grossa, o *canyon* está situado no reverso imediato da Escarpa Devoniana, próximo à Represa de Alagados. Além do interesse turístico, apresenta grande potencial científico envolvendo principalmente seus aspectos geomorfológicos, espeleológicos, geológicos, biológicos e arqueológicos. Como apresenta Massuqueto et al. (2009) as feições geomorfológicas de maior destaque no rio São Jorge, além da cachoeira, são as escarpas, *canyons*, cavernas e fendas (Figura 2).



Figura 2: vista da Cachoeira de Santa Bárbara no *Canyon* do Rio São Jorge a partir do mirante próximo da Caverna da Chaminé. Foto: F.M. Schamne.

O Município de Ponta Grossa e outros da região, localizados próximos à borda do Segundo Planalto Paranaense, possuem características peculiares devido às grandes fraturas e falhas existente nos arenitos da Formação Furnas. Zalán et al. (1990) ressaltam que estas estruturas na rocha são resultado de um processo de soerguimento da crosta, denominado Arco de Ponta Grossa, ativado durante todo o Paleozóico, mas palco de intensos processos durante o Mesozóico.

O Arco de Ponta Grossa é um eixo de quebra abortado, relacionado com a tríplice partição do

grande continente Gondwana, durante a separação dos continentes Sul-Americano com o Africano. Este eixo de quebra ocasionou grandes falhas distribuídas paralelamente e com direção predominante NW-SE, estas falhas são denominadas de Zona de falha Curitiba-Maringá (ZALÁN et al., 1990). A área de estudo apresenta acentuada influência deste tectonismo que afetou a região durante o Mesozóico, sendo possível notar diversos lineamentos estruturais marcantes no relevo (figura 3).

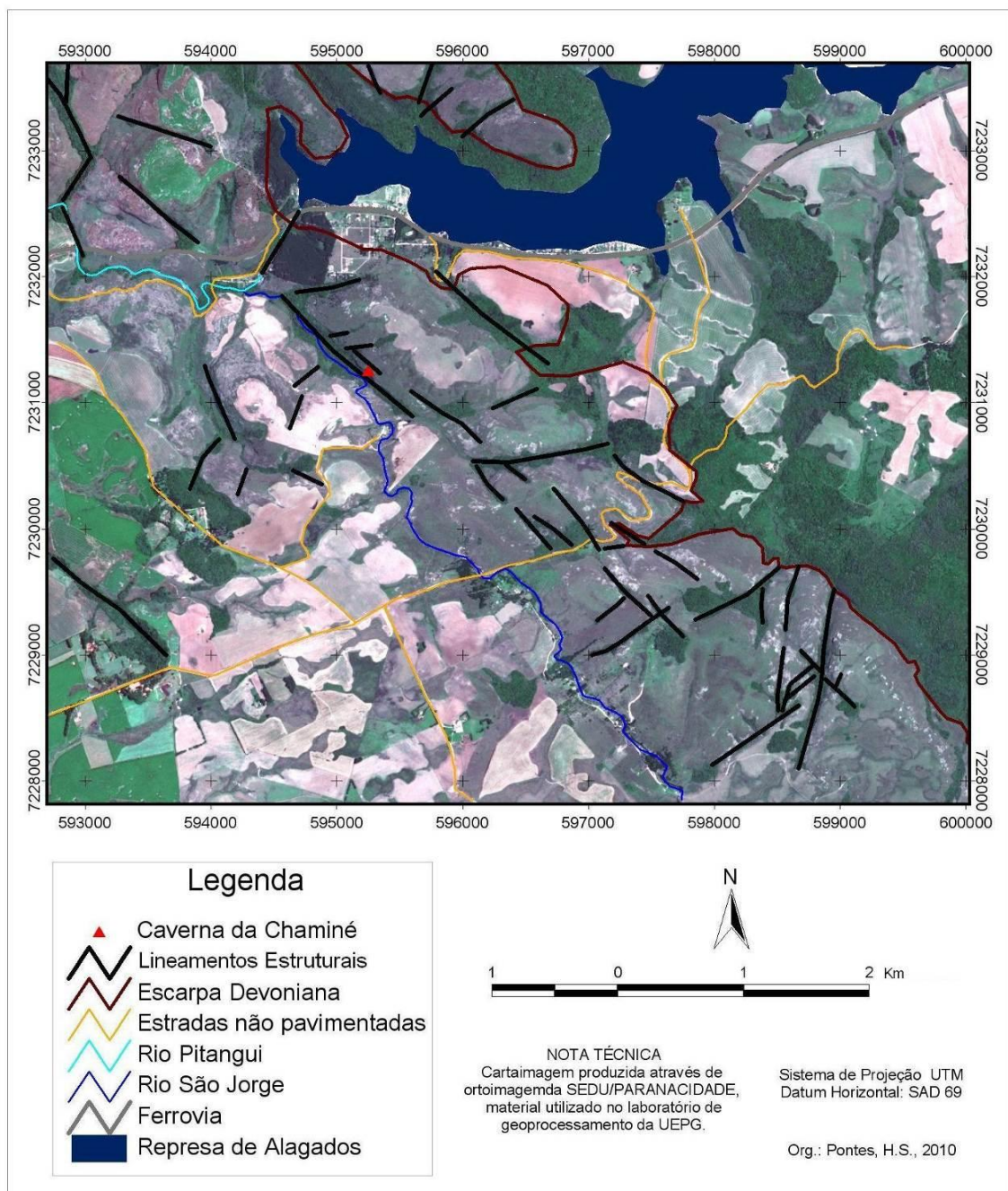


Figura 3: concentração de *canyons* e fendas relacionados com lineamentos estruturais que se iniciam na porção sudeste e prolongam-se para a porção noroeste da carta, com aproximadamente 7 km de extensão. A direção NW-SE indica que são estruturas tectônicas relacionadas com o Arco de Ponta Grossa.

4.3 Hidrografia

O Rio São Jorge em seu curso inferior, próximo à área de estudo, corre sobre lajeados apresentando algumas corredeiras e pequenos saltos. Ao adentrar o *canyon* por meio de fenda de direção NE-SW, transversal à direção do Arco de Ponta Grossa, o rio precipita formando uma queda denominada Salto (ou Cachoeira) Santa Bárbara de aproximadamente 20 metros, sendo este o principal atrativo do local, muito procurado por visitantes de várias regiões. Após a queda, o Rio São Jorge segue dentro do *canyon* encaixado em meio a densa vegetação com araucária.

Em toda a área do *canyon* e principalmente nas proximidades da Caverna da Chaminé, existem diversos canais de água, oriundos de nascentes, algumas temporárias, alimentadas por períodos de intensas chuvas, outras perenes. Estes pequenos corpos hídricos permitem a existência de campos úmidos, presentes nas baixadas e em encostas íngremes.

4.4 Clima

A área de estudo está localizada em uma região onde o clima, dentro da classificação de Köppen, é conhecido como Cfb, correspondendo ao clima temperado propriamente dito, com temperatura média no mês mais frio abaixo de 18° (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22° e sem estação seca definida (IAPAR, 2000 apud Cruz 2007).

Segundo Maack (2002) apud Cruz (2007) a Escarpa Devoniana funciona como uma barreira orográfica, possibilitando o aumento de chuvas nas áreas de seu entorno, podendo atingir de 100 a 300 mm anuais a mais do que no Primeiro Planalto e na região urbana de Ponta Grossa. A elevada disponibilidade de água na área da pesquisa é fator crucial para o desenvolvimento das feições de dissolução da rocha, tanto em superfície quanto no interior da cavidade.

5. POTENCIAL ESPELEOLÓGICO DA CAVERNA DA CHAMINÉ

5.1 Descrição Geral

A Caverna da Chaminé é totalmente desenvolvida em arenitos da Formação Furnas, próximo da transição entre a Unidade Inferior e a Unidade Média, conforme descreve Assine (1996).

Esta transição é observada pela presença de níveis de arenito conglomerático, característicos da Unidade Inferior, já a Unidade Média da Formação Furnas é identificada na caverna pela presença de níveis silto-argilosos e de icnofósseis. Outro fator que indica a localização da cavidade na transição entre as duas unidades é o desnível em relação ao contato com o embasamento.

A cavidade está situada a aproximadamente 300 metros do Salto Santa Bárbara do Rio São Jorge, na margem direita do *canyon* do Rio São Jorge. Não há nenhum controle na visita ao local, resultando em diversos impactos ambientais. Apesar da caverna estar localizada em ponto distante da porção mais visitada, a mesma já possui alguns danos causados pela ação antrópica, tais como o abandono de resíduos sólidos e a quebra de espeleotemas. Os ambientes mais conservados da cavidade constituem aqueles onde o acesso é dificultado por fatores diversos, como fraturas apertadas, galerias com presença de blocos empilhados formando “quebra-corpos” e locais onde o acesso só é possível com equipamentos e aplicação de técnicas verticais.

Apresentando 307 metros de desenvolvimento linear e 35 metros de desnível, conforme apresentam Pontes e Massuqueto (2010) e sendo umas das maiores cavernas do Sul do Brasil desenvolvida em arenito, a Caverna da Chaminé (figuras 4 e 5), além de possuir trechos predominantemente horizontais, semi-verticais e verticais, é predominantemente seca, possui apenas dois pequenos canais de água em um de seus compartimentos. A cavidade apresenta notável beleza cênica e se revela um impressionante ambiente para estudos diversos, envolvendo diferentes áreas do conhecimento. Trata-se de um bom local para observar os processos e feições diversas, os quais evidenciam a ocorrência de significativo processo de dissolução do arenito.

Morfologicamente a caverna pode ser dividida em três compartimentos de acordo com características distintas. Para facilitar na descrição e identificação dos compartimentos, foram adicionados nomes para cada um, sendo eles: Compartimento Zé do Caixão, Compartimento Chaminé e Compartimento Fenda Nova (figuras 6 e 7). Estes trechos possuem tipos de desenvolvimento diferenciados entre si (vertical, semi-vertical, horizontal), além de apresentarem diferentes tipos de galerias, estruturas, feições e formatos.



Figuras 4 e 5: aspecto geral da Caverna da Chaminé. (Figura 5 - Foto: F.M. Schamne)

Caverna da Chaminé

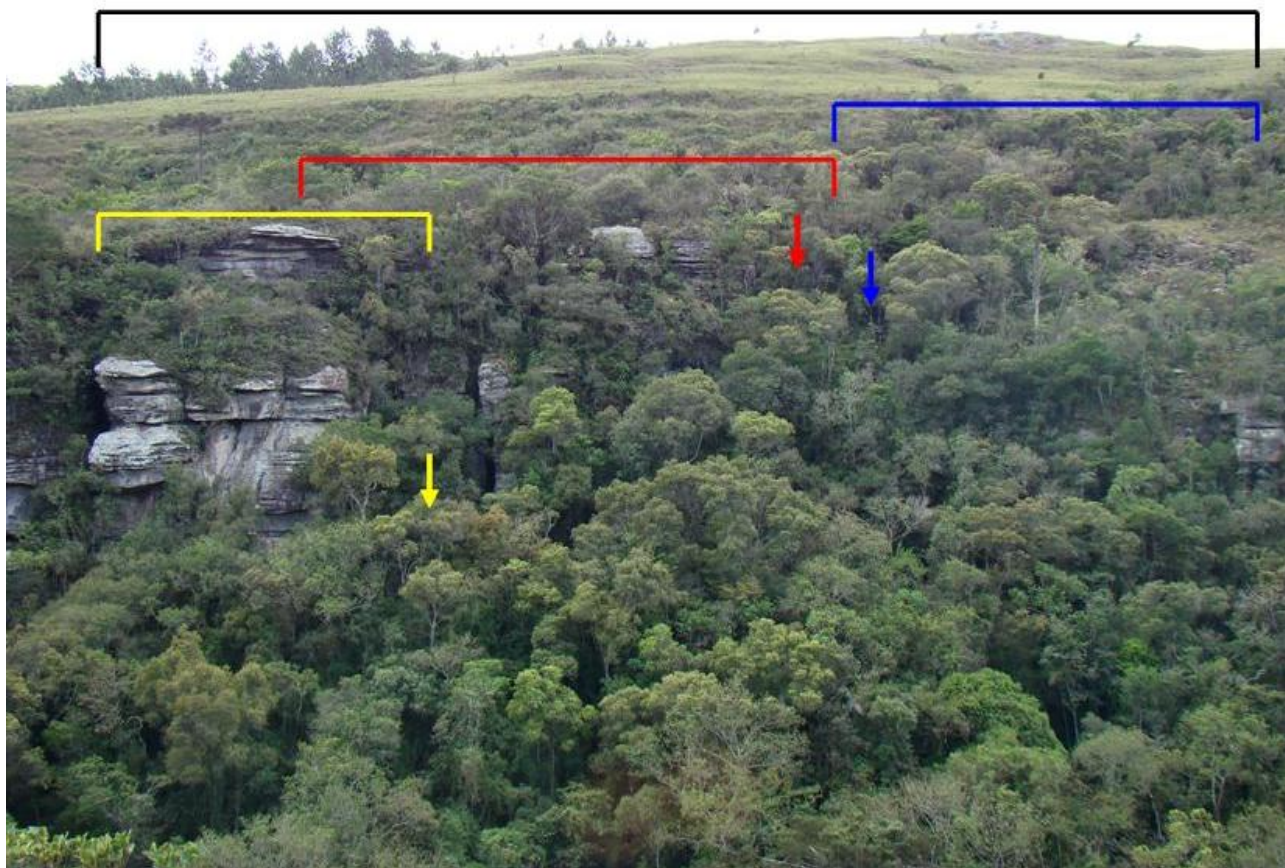


Figura 6: margem direita do Canyon do Rio São Jorge, localização da Caverna da Chaminé.
Em amarelo: Compartimento Zé do Caixão; vermelho: Compartimento Chaminé;
azul: Compartimento Fenda Nova. As setas indicam os acessos aos compartimentos.

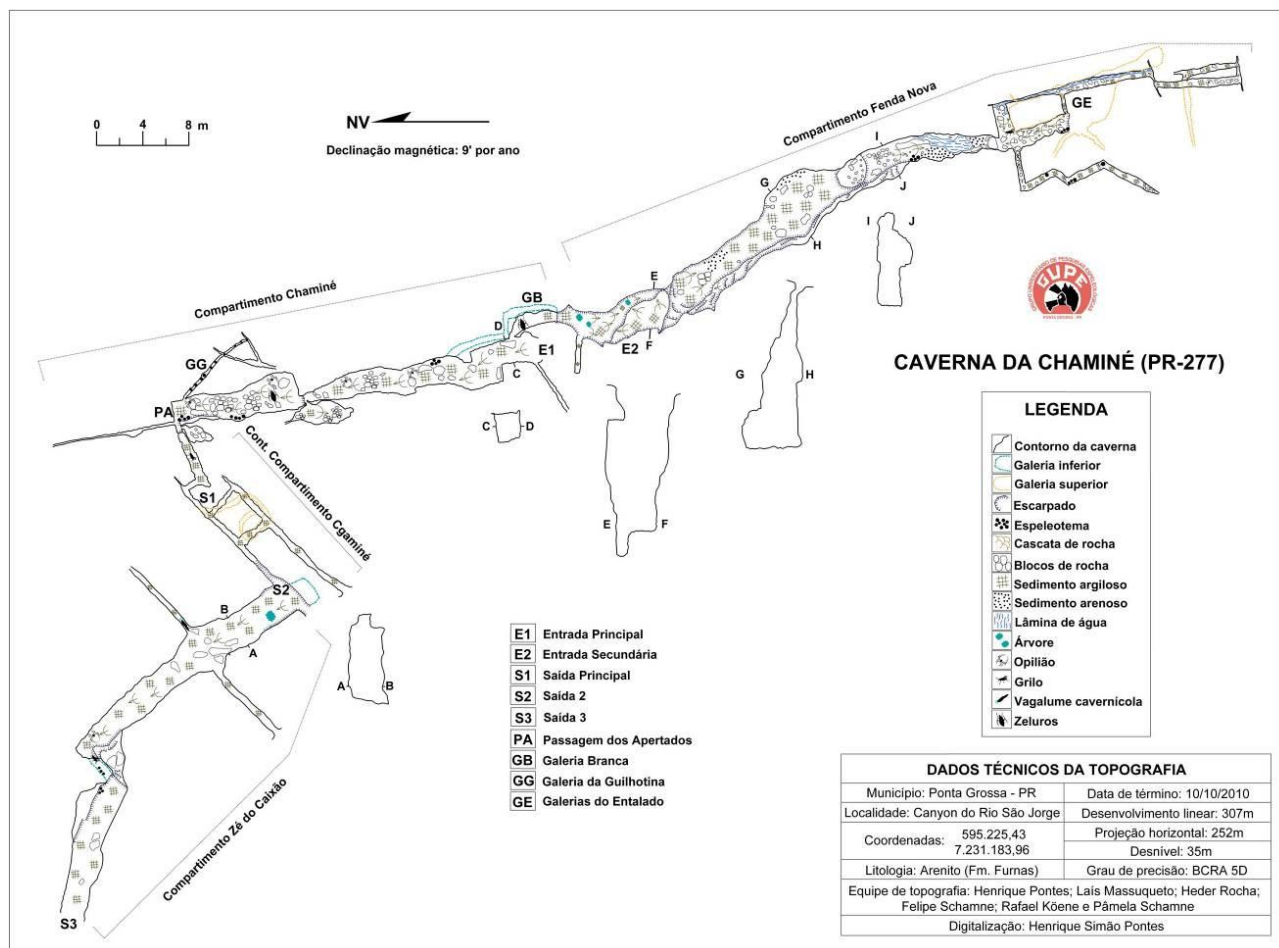


Figura 7: levantamento topográfico da Caverna da Chaminé.

5.2 Estruturas Tectônicas

Na Caverna da Chaminé se destacam duas direções principais: N10°W e N35°W. Estas duas estruturas são marcantes, além de serem as maiores, notavelmente, controlam a formação da cavidade. Estas estruturas são formadas pela influência de um feixe de falhas presente na região de direção predominante N45°W (ver figura 3) na qual está encaixado o *Canyon do Rio São Jorge*.

Além das duas estruturas principais outras ramificações foram encontradas, passagens apertadas foram formadas por estruturas de quebra do corpo rochoso e quedas de blocos. Estas ramificações estão espalhadas pela cavidade subterrânea, sendo controladas por várias direções, estas diferentes da estrutura principal. Nota-se que a caverna é um sistema de fendas, possuindo uma estrutura principal e várias ramificações (PONTES, 2009).

O histograma de rosácea apresenta 35 medidas realizadas no interior da caverna, mostrando as estruturas e suas direções (figura 8). O resultado aponta que as duas principais estruturas da caverna estão nas direções N10°W e N35°W, apresentando um total de sete medidas para cada

uma destas. Uma terceira tendência de direção aponta para N45°E, com um total de seis medidas, indica a presença significativa de estruturas transversais ao Arco de Ponta Grossa. Estas fendas e fraturas de direção NE-SW são bastante comuns na área, sua gênese pode ser relacionada com a influência de estruturas presentes em rochas subjacentes e suas reativações, indicando que tais estruturas são refletidas nos arenitos da Formação Furnas e possivelmente em outras rochas sobrepostas ao embasamento.

Outras 15 fraturas foram medidas mostrando as seguintes direções: N75°E; N60°E; N30°E; N15°E; N60°W; N75°W e N85°W. Estas estruturas apresentam menor expressão em largura, altura e comprimento, são visíveis no interior da caverna não sendo possível identificá-las em superfície.

A identificação e medição de 35 fendas e fraturas, estas distribuídas em toda a caverna e encaixadas em dez direções diferentes, mostra tratar-se de um corpo rochoso fortemente fraturado. Este fraturamento forma o intrincado sistema de passagens subterrâneas com controle estrutural observado na Caverna da Chaminé. Em uma escala de maior detalhe, ressalta ainda a existência de micro-fraturas e fissuras de escala microscópica

espalhadas pela rocha. Esta característica indica alta permeabilidade de fratura, fácil entrada de água no corpo rochoso, presença de escoamento subterrâneo de águas pluviais e fluviais, formação de cavidades, dissolução da rocha, abatimentos e colapsos, além de influenciar na modelagem do relevo em superfície.

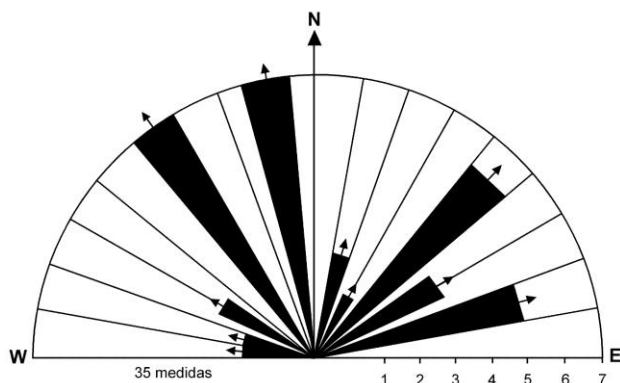


Figura 8: histograma de rosácea indicando fraturas presentes na Caverna da Chaminé.

5.3 ESPELEOTEMAS

Vários espeleotemas foram encontrados na caverna, apesar de pequenos são bastante significativos, principalmente por sua ocorrência nos arenitos da Formação Furnas (Figuras 9 e 10). A precipitação de minerais através do processo de infiltração, dissolução e deposição é difícil de ser encontrada nesta rocha, mas em locais onde a umidade é preservada, notam-se espeleotemas milimétricos a centimétricos no interior de cavernas ou até mesmo em planos de estratificação do arenito em exposições na superfície (PONTES, 2009).

Melo et al. (2007), afirmam que algumas feições de relevo típicas da região dos Campos Gerais do Paraná indicam significativos processos de dissolução de minerais constituintes da rocha, a par da erosão mecânica dos grãos: sumidouros, furnas, depressões e cavernas seriam alguns exemplos destas feições. Os espeleotemas encontrados na Caverna da Chaminé evidenciam a dissolução principalmente do cimento caulínítico e do quartzo, fazendo com que o termo carste não seja restritamente relacionado ao tipo de rocha, mas sim com a presença da dissolução, fato evidente nos arenitos da Formação Furnas.

A presença de espeleotemas compostos sobretudo de caulinita e sílica indica que ocorre carstificação nos arenitos da Formação Furnas, sendo um dos melhores exemplos de feições típicas de carste não carbonático. A Caverna da Chaminé é o exemplo mais notável de presença de espeleotemas não só pela quantidade deles ali existente, mas

também pela variedade, no que se refere à forma destas precipitações minerais.

A formação dos espeleotemas está relacionada com diversos fatores. O agente principal da formação destas feições é a água levemente acidificada, contendo ácido carbônico e também ácidos orgânicos. Queixo e Moinho (1991) e Ganor e Lasaga (2005) apud Melo e Giannini (2007) apresentam que a dissolução do cimento caulínítico aumenta com a presença de ácidos orgânicos, principalmente ácido oxálico ($H_2C_2O_4$), provenientes de atividade microbiana e/ou decomposição de matéria orgânica. Já para a dissolução do quartzo, Wray (1997), ressalta que o pH da água é um fator condicionante, pois ocorre a dissolução da sílica em condições hiperácidas. Vale ressaltar que diversos estudos apresentam que a dissolução da sílica ocorre em condições alcalinas e não ácidas, contrapondo-se ao estudo apresentado por Wray (1997).



Figura 9: espeleotema coralóide comum de ser encontrado na Caverna da Chaminé – Galeria principal Compartimento Chaminé



Figura 10: espeleotema coralóide comum de ser encontrado na Caverna da Chaminé – Galeria principal Compartimento Chaminé.

Ainda não há estudos detalhados sobre a ação química das águas nos arenitos da Formação Furnas, sendo de grande necessidade a execução de mais estudos para compreender os fatores envolvidos no processo de formação dos espeleotemas. O que foi realizado nesta pesquisa trata-se de análises de trabalhos clássicos sobre a dissolução de minerais, principalmente o quartzo, este considerado como um dos minerais ultraestáveis.

Melo (2010) relata que além da natureza dos arenitos, ou seja, sua composição mineral, as estruturas rúpteis também têm um papel controlador no desenvolvimento dos processos erosivos superficiais e subterrâneos. As descontinuidades presentes na Caverna da Chaminé permitem a infiltração concentrada da água nestes locais, possibilitando marcante dissolução do arenito e quantidade expressiva de espeleotemas. Nota-se que em certos locais os espeleotemas se dispõem alinhados e orientados paralelamente de acordo com a estratificação dos arenitos, indicando que os planos de estratificação e de acamamento contribuem significativamente para a infiltração da água e consequente dissolução da rocha e precipitação de minerais.

Além destas características, o microclima do ambiente cavernícola influencia na formação destas feições, pois correntes de ar podem impedir que as gotas de água fiquem pendentes no teto, impedindo assim, o processo de precipitação do mineral em solução. A temperatura da cavidade também é um fator essencial para a formação dos espeleotemas. Tal fato evidencia a importância de estudos de impacto em ambientes cavernícolas, pois é comum ocorrer a condensação da umidade do ar em cavernas abertas à visitação, principalmente quando da presença de grupos com números de pessoas acima do suportável, sendo que estes episódios podem modificar significativamente na formação de espeleotemas, bem como gerar outros impactos negativos.

5.4 Espeleogênese

A Chaminé, apesar de apresentar significativa dissolução em sua formação, é considerada uma caverna estrutural, ou seja, suas galerias mostram forte controle pelas estruturas tectônicas que fraturaram todo o corpo rochoso. A cavidade está encaixada em duas direções principais N10°W e N35°W, onde um afastamento dos blocos rochosos resultou em uma grande fenda que posteriormente sofreu alargamento erosivo e quedas de bloco do topo e paredes, proporcionando a formação da caverna.

Conforme aponta o trabalho de Pontes e Massuqueto (2010) a caverna da Chaminé, como outras cavidades estruturais da Formação Furnas, enquadra-se na proposta de classificação de cavernas não carbonáticas de Finlayson apresentada no trabalho de Esch (1991) apud Hardt (2003). Esta classe considera cavernas em juntas, dividida em juntas abertas e juntas fechadas, conforme apresentada em Hardt (2003):

“As grutas formadas em juntas abertas seriam formadas em juntas com o topo aberto para o exterior e este estaria preenchido por detritos. No caso de juntas fechadas, a cavidade estaria totalmente inserida entre juntas, eventualmente com algum acesso ao exterior devido a uma falha ou fratura que interceptasse o conduto da gruta” (HARDT 2003, p. 53).

A Caverna da Chaminé é composta por juntas abertas e fechadas e sua gênese está relacionada principalmente à sua localização geográfica. A proximidade da Escarpa Devoniana – resalto topográfico que marca a transição do Primeiro para o Segundo Planalto Paranaense – possibilita a existência de *canyons*. Devido ao fato do *Canyon* do Rio São Jorge estar situado em falha geológica NW-SE, diversas fendas e fraturas, transversais e paralelas à estrutura principal de falha, retalham o corpo rochoso, possibilitando a existência de inúmeras cavidades subterrâneas.

É notável a presença de carstificação na rocha, alargando as aberturas, que se soma ao importante controle estrutural na gênese da cavidade. As ornamentações presentes nas cavernas (espeleotemas diversos) também comprovam a ação, mais recente, da água no corpo rochoso por meio de fraturas e micro fissuras, realizando a dissolução do arenito, principalmente da caulinita e também do quartzo. Além dos espeleotemas, pequenos canais de água que percorrem parte da caverna realizam constantemente o alargamento de fendas e fraturas. Esta alta densidade de fraturas facilita a entrada de água no corpo rochoso, que por sua vez possibilita a dissolução do cimento e arenização da rocha por águas acidificadas, causando a desagregação e instabilidade do maciço e criando a possibilidade de ocorrência de desmoronamentos.

Ao verificar as características presentes na caverna, são sugeridas cinco fases para a formação da mesma:

1º - Soerguimento regional: o Arco de Ponta Grossa soergueu toda a região gerando grandes falhas, fraturas e diques, possibilitando alta permeabilidade por fraturas nos arenitos da

Formação Furnas. Estas estruturas tectônicas geradas pelo arqueamento da crosta permitiram que vários rios encaixassem seus cursos e entalhassem vales e *canyons* profundos, muitas vezes, atingindo as rochas do embasamento. Estes *canyons* estão distribuídos por toda a linha da Escarpa Devoniana, uma escarpa de cuesta, apresentando localmente controle estrutural, propiciando desníveis topográficos e gradiente hidráulico acentuado.

- 2° - Ação das águas subterrâneas - Esta permeabilidade por fratura (e também intergranular) do arenito possibilitou a ação erosiva das águas subterrâneas, em um determinado momento no qual o nível freático estava acima do atual, sendo capaz de alargar porções vazias da rocha, ampliando estruturas e criando outros canais e passagens.
- 3° - Formação de fendas distribuídas em *canyons*: com o rebaixamento do nível freático e a ação de processos erosivos exógenos estes vazios na rocha (cavernas) aparecerem em superfície, gerando grandes fendas (juntas abertas). Mesmo sabendo que estas quebras de menor expressão na rocha tenham sido geradas pelo arqueamento regional, o processo de alargamento pela ação das águas subterrâneas também é significativo. Atualmente, observa-se claramente que estas estruturas tectônicas, moldadas pela ação hídrica, passaram por transformações mais recentes, como por exemplo, acomodamento gravitacional dos blocos antes perturbados pelo tectonismo e processos erosivos. Estes processos encobertaram as formas e feições cársticas mais antigas.
- 4° - Desabamento e entulhamento da porção superior e no interior das fendas: as fendas são caracterizadas como uma distensão do corpo rochoso aberta para o exterior. Processos intempéricos atuantes nas linhas de fraqueza da rocha e a ação da gravidade geram o desabamento de blocos e transporte de sedimentos que entulham a porção superior das fendas e também seu interior. Este entulhamento desenvolve um teto que bloqueia a entrada de luz, permitindo considerar como cavernas em junta aberta (fendas) de acordo com a proposta de Finlayson (ESCH, 1991 apud. HARDT, 2003). As cavernas enquadradas nesta proposta têm forte controle estrutural, mas não é descartada a ação da dissolução, principalmente no alargamento das galerias, dutos e salões. É evidente que as estruturas sedimentares como os planos de estratificação e de acamamento dos arenitos são essenciais na formação destas cavidades. Por apresentar quebras e

desmoronamentos de blocos do teto e paredes, as feições que evidenciam processos cársticos são encobertas e a caverna apresenta paredes mais irregulares, dando um aspecto unicamente estrutural à gênese da caverna.

- 5° - Processos cársticos (atuais) no interior das cavernas: apesar de serem cavernas que apresentam marcante controle estrutural, ou seja, sua gênese é devida, principalmente, aos processos tectônicos, os processos cársticos ocorreram desde o início, com a ação das águas subterrâneas. Atualmente, as águas pluviais e fluviais (olhos d'água que percorrem para o interior da cavidade) penetram no corpo rochoso através dos planos de estratificação e fraturas, causando a dissolução da rocha, alargando passagens e formando singulares incrustações minerais. A água que se infiltra na rocha causa a dissolução química de minerais, como também a desagregação mecânica dos grãos (arenização) conforme apresenta Jennings (1983). Ressalta-se que o processo de carstificação da rocha ocorre a partir do momento em que há disponibilidade de água e rocha com permeabilidade intergranular e/ou por fraturas, lembrando que a composição mineralógica do arenito torna-se fundamental.

5.5 Meio Biótico

O meio biótico da Caverna da Chaminé é bastante singular e ainda pouco conhecido, assim como de outras cavernas areníticas, pois há poucos estudos biológicos nestes ambientes cavernícolas. A presença de micro e macro organismos pode influenciar significativamente na erosão da rocha. Conforme apresenta Bouillon (1972) é notável que a presença de bactérias acentua a decomposição das rochas deixando paredes de grutas completamente “podres”, salientando que esta corrosão da rocha pelas bactérias facilita a erosão e contribui para o desmoronamento das grutas. Melo e Giannini (2007) e Pontes e Melo (2009) apontam a ação de microorganismos na formação de diversas feições erosivas na Formação Furnas, pois participam da esfoliação do arenito, permitindo a criação de reentrâncias e facilitando a ação de outros processos erosivos.

Na Caverna da Chaminé nota-se a presença de micro-organismos agindo em paredes, ocasionando a desagregação e esfoliação da rocha. Esta ação erosiva biológica é acrescentada com a ação da água que escorre pelas paredes da caverna, causando quedas de blocos rochosos. Outro fator crucial se refere à matéria orgânica presente em superfície, acima da caverna, pois possibilita a formação de

ácidos orgânicos, capazes de dissolver os minerais que compõem o arenito. Conforme aponta Willens (2000) micro-organismos (bactérias) e demais organismos vivos (algas e líquens) podem produzir ácidos orgânicos (como por exemplo o ácido oxálico) e, em certos casos, ácidos inorgânicos (por exemplo o ácido sulfúrico), capazes de corroer a rocha em superfície ou em profundidades de até centenas de metros. Algumas observações realizadas na Caverna da Chaminé indicaram que colônias de micro-organismos podem atingir vários centímetros para dentro da rocha e por toda a parede, ocasionando rapidamente o enfraquecimento do arenito, fazendo que o mesmo se solte em placas verticais, indicando não se tratar dos planos de estratificação ou acamamento.

A mesofauna presente na Caverna da Chaminé apresenta grande importância e diversidade, destacando-se algumas espécies como: grilos cavernícolas, os famosos opiliões, barbeiro *Zeluros* (Figura 11), dentre outros.



Figura 11: Barbeiro *Zeluros*, inseto comum nas cavernas areníticas da região – Compartimento Zé do Caixão da Caverna da Chaminé.

Um dos bichos mais peculiares da Caverna da Chaminé (indicado na legenda da figura 7) é a larva denominada como vaga-lume cavernícola (Figura 12). Segundo Pontes e Massuqueto (2010) esta larva foi descrita pela primeira vez nas cavidades areníticas da região e trata-se, possivelmente, da larva de um mosquito (ainda não identificado) que possui bioluminescência, fazendo com que uma cápsula localizada em sua parte posterior, literalmente acenda uma luz verde-azulada, através de uma reação química. Quando em grandes populações, esta bioluminescência produz cenas espetaculares no interior de cavernas, como as larvas com esta mesma característica registradas em cavernas da Nova Zelândia e Austrália (MERRITT e BAKER, 2001).



Figura 12: larva denominada “Vaga-lume Cavernícola”, notar fios de muco suspensos (larva com pouco mais de 1 cm) – Compartimento Zé do Caixão da Caverna da Chaminé.

5.6 Microclima

Por estar localizado em uma região com significativa disponibilidade hídrica a Caverna da Chaminé serve como um ponto de entrada para as águas pluviais e fluviais, uma parte das quais se infiltra no arenito, dissolve a rocha e forma espeleotemas, enquanto a outra porção escorre pelas paredes causando o alargamento das fendas e fraturas. Esta água percorre certos trechos, principalmente no Compartimento Fenda Nova (Figura 7), onde o fluxo é constante, pois é alimentado por pequenas nascentes, até desaparecer em pequenas passagens formadas entre blocos de rocha amontoados. Supostamente, esta água drena por meio de dutos estruturais e de dissolução em direção ao Rio São Jorge, no vale do *canyon*, formando sistemas de drenagens considerados como “caixas pretas” devido ao fato da impossibilidade de acesso, conforme ressalta Marques Neto (2008).

Esta presença de lâminas de água em alguns pontos da caverna influencia diretamente na temperatura do ambiente cavernícola. Não foram registradas temperaturas com equipamentos de medição, mas nas observações constantemente realizadas nos trabalhos de campo, os quais ocorreram durante o mês de janeiro de 2009 a outubro de 2010, através de sensação térmica percebeu-se temperatura relativamente baixa nestes ambientes com presença de água, chegando ao ponto de gerar elevado desconforto ao visitante. Nos locais onde não ocorre lâmina de água e as infiltrações são menores a temperatura é amena e agradável, independente da temperatura em superfície.

Nota-se a influência da corrente de ar próximo às entradas e saídas da caverna, modificando a

temperatura nestes locais. É primordial atentar às características micro-climáticas da caverna, pois este é um fator crucial para a existência de determinados organismos, para a erosão da rocha, bem como influencia na formação de espeleotemas. Estudos mais detalhados sobre microclima em ambientes cavernícolas areníticos devem ser realizados para ampliar a compreensão deste sistema cárstico, onde todos os elementos são conectados e interdependentes.

6. MEDIDAS DE PROTEÇÃO

A Formação Furnas é uma unidade rochosa considerada um aquífero estrutural e cárstico, constituindo o manancial de águas subterrâneas da região e exercendo o papel de importante alimentador da drenagem superficial. O estudo desta unidade geológica tem revelado características singulares, entre elas o comportamento cárstico, que devem ser levadas em consideração nas políticas públicas e durante o planejamento ambiental e urbano das cidades da região. Observa-se rápida expansão urbana sobre esta unidade rochosa e crescente extração de água do Aquífero Furnas, tornando-se de suma importância a realização de pesquisas que contribuam para o melhor gerenciamento e conservação do patrimônio e dos recursos naturais regionais.

Segundo Pigurim (2010), o Aquífero Furnas apresenta águas de qualidade, podendo ser classificadas como águas minerais. Toda a área de afloramento da Formação Furnas no Município de Ponta Grossa é área de recarga deste aquífero considerado cárstico e estrutural (MELO, 2009), ou seja, toda esta área deve ter prioridade para preservação. O uso das águas subterrâneas no Aquífero Furnas deve ser controlado por órgãos responsáveis, para que não ocorra extração predatória, podendo também influir na configuração do relevo, ocasionando abatimentos. Segundo o trabalho de Bagatim (2010), estudo dos poços tubulares no Município de Ponta Grossa mostra que o aquífero furnas é variável, apresentando descontinuidades (estruturas rúpteis e sedimentares), como também trechos de vazios, caracterizando a presença de cavidades subterrâneas.

Empreendimentos que apresentem riscos de impactos ambientais não devem ser instalados sobre o sistema cárstico dos arenitos da Formação Furnas, pois por se tratar de uma área de recarga de aquífero, altamente permeável, não se pode correr riscos de contaminação das águas subterrâneas e superficiais. Além dos impactos causados no meio abiótico, é necessário salientar sobre os riscos que o meio

biótico, presente não só em superfície como também em subsuperfície, está sujeito a correr. Como este trabalho aponta, há muitos insetos e outros animais que utilizam as cavernas como refúgio ou até mesmo para se alimentarem, atentando que na Caverna da Chaminé ocorrem espécies não identificadas de insetos, alguns considerados animais troglófilos, os quais dependem da caverna em parte de suas vidas para se desenvolverem e sobreviverem. É necessário ressaltar a importância tanto da biodiversidade (insetos, plantas, micro-organismos), mas também da geodiversidade (água, solo, rocha, ar) presente no endocarste e exocarste da Formação Furnas.

Uma das características que devem ser ressaltadas neste trabalho, refere-se ao conjunto de falhas, fendas e fraturas presentes na região e que foram melhor visualizadas na Caverna da Chaminé. Em locais onde ocorrem estruturas rúpteis, de escala que varia de uma a várias centenas de metros, há também várias outras estruturas de menor porte que recortam o corpo rochoso para todas as direções, lembrando que estas estruturas, sejam fendas, fraturas e até mesmo as cavernas estruturais, geram espaços vazios que com o tempo podem vir a ocasionar desmoronamentos internos, sendo possível influir no relevo em superfície. Estes aspectos apontam para a possibilidade de riscos geoambientais, tais como os abatimentos de terreno, comuns de acontecerem em áreas carbonáticas.

A partir das características singulares que este relevo cárstico apresenta, sugerem-se algumas medidas de proteção nos Municípios dos Campos Gerais do Paraná que apresentem áreas de afloramento da Formação Furnas:

- Gerenciamento da exploração e uso dos mananciais subterrâneos e superficiais;
- Controle da expansão urbana sobre o relevo da Formação Furnas;
- Proibição da instalação de empreendimentos do setor privado e/ou público que apresentem atividades de risco ao ambiente (aterros, indústria química, exploração mineral, etc);
- Divulgação da geoconservação (conservação do patrimônio geológico, hidrológico e pedológico) para a sociedade, comunidade científica e órgãos públicos e privados;
- Realização de atividades de cunho científico, educacional e ambiental;
- Mudanças nas políticas públicas, com o intuito de obter leis embasadas nas características do relevo da Formação Furnas;

- Reforço na proteção do relevo cárstico (superficial e subterrâneo) da Formação Furnas nos Planos Diretores Municipais.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Caverna da Chaminé é essencialmente estrutural, mas claramente reafeiçoada por processos cársticos. A área de estudo é apenas uma pequena porção de um vasto território, no qual ocorre carstificação. Ainda há muitas cavernas a serem encontradas em arenitos da Formação Furnas, apresentando um variado repertório de estudos a serem realizados, abordando temas como ocorrências de drenagem subterrânea, avaliação ecológica das cavernas areníticas, mapeamentos espeleológicos, avaliação do aquífero, riscos de subsidências e colapsos, entre outras pesquisas.

Estes locais possuem feições diversas, ainda pouco estudadas na região, como os espeleotemas e dutos de dissolução, os quais apresentam grande relevância para a compreensão dos processos erosivos ocorrentes nos arenitos e consequentemente para o melhor entendimento da geomorfogênese regional. É necessária a realização de trabalhos, nas mais diversas áreas do conhecimento, com o intuito de melhorar a gestão destes locais, alertando aos órgãos gestores e fiscalizadores sobre as singularidades e os processos ocorrentes nestes

ambientes, juntamente com seu reflexo na configuração do relevo e em toda a paisagem.

Conclui-se que o relevo da Formação Furnas apresenta características de um relevo cárstico, apresentando formas e processos semelhantes aos ocorrentes em rochas carbonáticas, como calcários e dolomitos, embora com intensidade e velocidade diferentes. As políticas públicas devem ser reavaliadas e reestruturadas a partir das características naturais que a paisagem regional apresenta, sendo assim, a gestão do território no relevo em questão deve ser criteriosamente controlada, a fim de proteger os recursos naturais e prevenir possíveis acidentes geoambientais.

AGRADECIMENTOS

Aos amigos do Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (GUPE), aos Mestrandos Laís Luana Massuqueto e Heder Leandro Rocha, e ao Professor Dr. Gilson Burigo Guimarães por todas as ajudas nos trabalhos de campo e durante a construção deste estudo. Sinceros agradecimentos a Fábio Luiz Batista Barros (Binho) por nos mostrar a caverna e aos revisores pelas sugestões que contribuíram para a construção do texto final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSINE, M. L. Aspectos da estratigrafia das seqüências pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, São Paulo, 1996.
- ASSINE, M.L.F.; ALVARENGA, C.J.S.; PERINOTTO, J.A.J. 1998. Formação Iapó: glaciação continental no limite ordoviciano/siluriano da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v.28, n.1, p.51-60.
- BAGATIM, H.Q. **Utilização das águas subterrâneas em Ponta Grossa, PR**. 2010. 75p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Geografia), Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Ponta Grossa.
- BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. Ação do intemperismo químico sobre as rochas. In: **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. 2º ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2007. Cap. 3, p. 110 -190.
- BOUILLON, M.. A Espeleogenese. In: *Descoberta do Mundo Subterrâneo*. Lisboa: Edição Livros do Brasil, 1972. p. 133-193.
- CRUZ, G. C. F.. Alguns aspectos do clima dos Campos Gerais. In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. 1. ed. Ponta Grossa: UEPG, 2007. cap. 5. p. 59- 72.
- DEMATTEIS, G.. *Manual de la Espeleologia*. Editorial Labor S.A., Barcelona, 1975.

- GUIMARÃES, G. B.; MELO, M. S.; GIANNINI, P. C. F.; MELEK, P. R. Geologia dos Campos Gerais. In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. 1. ed. Ponta Grossa: UEPG, 2007. cap. 2. p. 23- 32.
- HARDT, R.. Cavernas em granito e gnaiss. Aplicação de um sistema de classificação. Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Espeleologia. Junúria MG, 04-14 de julho de 2003. Sociedade Brasileira de Espeleologia, p. 52-55.
- JENNINGS, J. N. 1983. Sandstone pseudokarst or karst? In: Young, R. W.; Nanson, G. C. *Aspects of Australian Sandstone Landscapes*. Wollongong: Australian and New Zealand Geomorphology Group Special Publication no.1.
- KARMANN, I. Caracterização geral e aspectos genéticos da gruta arenítica “Refúgio do Maroaga”, AM-02. *Espeleo-Tema* 15: 9-18. 1986.
- MAACK, R. 1956. Fenômenos carstiformes de natureza climática e estrutural de arenitos do Estado do Paraná. *Arquivos de Biologia e Tecnologia* 11: 151–162.
- MARQUES NETO, R.. Evolução de cavernas em quartzito e processos cársticos em São Thomé das Letras – MG: contribuição ao estudo de sistemas cársticos em rochas siliciclásticas. Geosul, Florianópolis, v.23, n.45, p. 105-121, jan./jun. 2008.
- MASSUQUETO, L. P. 2003. Potencialidades de turismo e uso acadêmico no sítio natural Cachoeira do Rio São Jorge - Ponta Grossa - PR. Ponta Grossa, 2003, 104p. Monografia (Graduação em Bacharelado em Geografia) - Setor de Ciências Exatas e Naturais, UEPG.
- MASSUQUETO, L.P.; MELO, M.S.; GUIMARÃES, G.B.; LOPES, M.C. 2009. Cachoeira de Santa Bárbara no Rio São Jorge, PR - Bela paisagem realça importante contato do embasamento com rochas glaciogênicas siluro-ordovicianas. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Souza, C.R.G.; Fernandes, A.C.S.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E.T.; (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Publicado na Internet em 09/03/2009 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio047/sitio047.pdf>
- MELO, M.S.. Processos erosivos superficiais e subterrâneos em arenitos da Formação Furnas na região dos Campos Gerais do Paraná. **Relatório Resumido**. CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2010b, 20p.
- MELO, M.S.. Aquífero Furnas - urgência na proteção de mananciais subterrâneos em Ponta Grossa, PR. In.: Anais do Seminário Internacional “Experiências de Agenda 21: Os desafios do nosso tempo”. Ponta Grossa – PR – Brasil. 27 a 29 de Novembro de 2009a. (sem paginas)
- MELO, M. S.; GIANNINI, P. C. F. Sandstone dissolution landforms in the Furnas Formation, Southern Brazil. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 32, p. 2149-2164, 2007.
- MELO, M. S.; GUIMARÃES, G. B.; RAMOS, A. F.; PRIETO, C. C. Relevo e Hidrografia dos Campos Gerais. In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. 1. ed. Ponta Grossa: UEPG, 2007. cap. 4. p. 49- 58.
- MERRITT, D.; BAKER, C.. Australian Glow-worms in Caves. *NEWCAVES CHRONICLES* No. 16, January 2001. p. 42-44.
- PIGURIM, I. **Análise da qualidade da água subterrânea do Aquífero Furnas no município de Ponta Grossa - PR**. 2010. 80p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Geografia), Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Ponta Grossa.
- PONTES, H.S. Geoespeleologia e Geomorfoespeleologia da Caverna da Chaminé, Ponta Grossa – PR. **Anais – Semana de Geografia**, 16., 2009. **A Pluralidade na Geografia**. Ponta Grossa: DE GEO/DAGLAS, 2009. p. 221 – 225.

- PONTES, H.S. **Caverna da Chaminé, Ponta Grossa, Paraná - exemplo de relevo cárstico na Formação Furnas**. 2010, 92p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Geografia), Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Ponta Grossa
- PONTES, H.S., MASSUQUETO, L.L.. **Levantamento espeleológico preliminar das cavernas areníticas do Canyon do Rio São Jorge, Ponta Grossa – PR**. Anais do II Simpósio Sul-Brasileiro de Espeleologia, Ponta Grossa – PR – 2010, p. 53-68.
- PONTES, H.S; MELO, M.S.. Processos erosivos superficiais e subterrâneos em arenitos da Formação Furnas na região dos Campos Gerais do Paraná. Anais do XVIII EAIC – 30 de setembro à 2 de outubro de 2009, Londrina – PR.
- SOUZA, C.R.G.; SOUZA, A.P.. O Escarpamento Estrutural Furnas, SP/PR. Raro sítio geomorfológico brasileiro. **In.** SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (Eds.), *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil – SIGEP*. 2004, p. 299-306.
- WILLEMS, L. (2000). Phénomènes karstiques en roches silicatées non carbonatées. Cas des grès, des micaschistes, des gneiss et des granites en Afrique sahélienne et équatoriale. Thèse de doctorat, 257 p., 145 figs., 137 photos, Université de Liège, Belgique., Juillet 2000.
- WRAY, R.A.L. Quartzite dissolution: karst or pseudokarst? **In.** Cave and Karst Science 24 (2), 1997, 81-8
- ZALÁN, P. V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J. C. J; MARQUES, A.; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, I. S.; APPI, V. T.; ZANOTTO, O. A. Bacia do Paraná. **In:** GABAGLIA, G. P. R.; MILANI, E. J. **Origem e evolução de Bacias Sedimentares**. 2. ed. Rio de Janeiro: Gávea, 1990. cap. Bacia do Paraná. p. 135-168.

Fluxo editorial:

Recebido em: 18.03.2011

Corrigido em: 05.05.2011

Aprovado em: 09.06.2011



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).

Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp