

INFLUÊNCIAS PALEOCLIMÁTICAS NA MORFOLOGIA CÁRSTICA EM SERGIPE

ELINE ALVES DE SOUZA BARRETO, ERICKA ALEXANDRA BARROS DE ALMEIDA
Centro da Terra – Grupo Espeleológico de Sergipe, *centrodaterra@bol.com.br*

VANESSA PALOMA ALVES RODRIGUES; HÉLIO MÁRIO DE ARAÚJO
Departamento de Geografia, Cidade Universitária “Professor José Aloísio de Campos”, Jardim Rosa Elze, Cep.
49100-000, São Cristovão, Sergipe, *heliomarioa@yahoo.com.br*

INTRODUÇÃO

O estudo do carste, tem passado por sucessivas mudanças nas concepções teóricas e na utilização de novas técnicas. Segundo Piló (2000) no Brasil, é possível reconhecer alguns eixos de pesquisa sobre a geomorfologia cárstica. O primeiro está relacionado a análises descritivas da geomorfologia regional, as quais prevaleceram até o início da década de 90. Um outro enfoque, ainda nascente no país, diz respeito às questões relativas ao estudo das cavernas (carste subterrâneo) em destaque especial para aqueles relacionados ao Quaternário. Por último, crescem os estudos mais aplicados à questão ambiental.

A influência do clima na dinâmica e evolução do relevo carstico têm sido alvo de debate nas últimas décadas. Corbel (1959) destacou os climas frios como os mais aptos à carstificação, em função da maior capacidade da água fria de absorver CO₂. Por outro lado, Lehmann (1956) privilegiou os climas tropicais úmidos como os de maior desenvolvimento, em função da maior quantidade de CO₂ disponível, particularmente nos solos.

Seja como for, o entendimento dos climas pretéritos é de relevante importância para as formas que modelam o relevo atual. No passado geológico, o clima sofreu processos que lhe conferiram instabilidade, não correspondendo dessa forma a uma uniformidade, explicado pelas mudanças cíclicas que tiveram origem, provavelmente, das variações da orientação do eixo de rotação da terra, que sofreram modificações espaciais em relação a um plano de referencia fixo (BIGARELLA *et al.* 1994).

No Brasil a pesquisa paleoclimática ainda é incipiente, restringindo-se a

algumas áreas, destacando-se para esses estudos o centro-oeste e sudeste do país. Os estudos que foram realizados utilizaram-se dos grãos de pólen, importantes arquivos naturais, que revelaram-se essenciais instrumentos de datação.

A frequência dos grãos de pólen indicam a presença de plantas arbóreas e não-arbóreas. De acordo com a abundância desses tipos de vegetais, é possível verificar, se no tempo geológico o período era quente e úmido, frio ou quente e seco.

Além disso, Oliveira *et al.* (1997), estudando a paleovegetação e paleoclima durante o Quaternário tardio da caatinga brasileira, concluíram que nos últimos 5000 mil anos, a história paleoclimática do nordeste brasileiro é divergente das regiões centro-oeste e centro-sul do Brasil. Segundo aqueles autores, possivelmente esta assimetria paleoclimática poderia ser atribuída aos efeitos de eventos paleoclimáticos do tipo El Niño, produzindo períodos prolongados de paleoclimas mais secos no nordeste e na Amazônia.

Dentro desse contexto, o estado de Sergipe se insere uma vez que a sua área territorial está afeito ao sistema de circulação atmosférica regional. Este estudo preliminar sobre a morfologia cárstica se reveste de fundamental importância para a geografia local, na medida em que amplia o arsenal de conhecimento sobre uma realidade complexa ainda pouco estudada, no Estado.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Em decorrência da complexidade da realidade multifacetada, a metodologia norteadora para o desenvolvimento desse

estudo, baseou-se em duas fases interligadas bastante consideradas nas disciplinas vinculadas às ciências da Terra: gabinete e campo.

A fase de gabinete consistiu basicamente de uma farta revisão da literatura especializada baseada em livros, artigos de revistas, Anais de congressos e outros veículos que de forma direta ou indiretamente se reportaram a temática.

Na fase de trabalho de campo, fez-se visitas de reconhecimento geográfico nas cavernas localizadas em faixas climáticas úmidas e semi-áridas, principalmente naquelas de mais fácil acessibilidade, a exemplo da Toca da Raposa (no município de Laranjeiras); cavernas do Urubu (em Divina Pastora) e caverna Casa da Pedra (em Itabaiana) entre outras. Utilizou-se como instrumentos de apoio o GPS e, a câmara fotográfica para registrar os depósitos químicos e sedimentos clásticos e orgânicos, por ventura existentes. As anotações realizadas através do auxílio da caderneta de campo permitiram descrever sobre a situação geral em que se encontra o endocarste sobre os diversos aspectos.

BASES CONCEITUAIS PARA O ENTENDIMENTO DA MORFOLOGIA CÁRSTICA EM SERGIPE

Carste é a tradução do termo alemão Karste, originado da palavra Krasz denominação dada pelos camponeses a uma paisagem da atual Croácia e Eslovênia (antiga Iugoslávia), marcada por rios subterrâneos com cavernas e superfície acidentada dominada por depressões com paredes rochosas e torres de pedra (KARMANN, 2000).

Segundo Suguio (1999), o termo carste envolve um determinado tipo de relevo que apresenta uma litologia característica com predominância de rochas solúveis, desenvolvido em regiões calcárias, caracterizado por uma paisagem específica pela qual a superfície possui peculiar feições do tipo dolinas, cavernas e drenagens de subsolo.

Pela similaridade na geomorfologia do terreno e do comportamento das águas superficiais e subterrânea, no desgaste de

rochas com o mesmo efeito em outras partes do mundo, adotou-se internacionalmente o termo “Karst” para conceituar tais regiões, como por exemplo: a Europa, O México, a China, a Indonésia, a América Central, a Etiópia, a Tanzânia, Zaire, Cuba, Porto Rico, Austrália, Nova Guina, os Estados Unidos, o Brasil, entre outros.

Para o pleno desenvolvimento do modelado cárstico (Figura 1) são necessárias, portanto, algumas determinantes fundamentais como: nível baixo das águas subterrâneas, superfície plana ou muito inclinada, e espessura significativa de rochas solúveis. Na morfogênese desse relevo, as condições climáticas ambientais também desempenham um papel muito importante, particularmente a temperatura e as precipitações.

A quantidade de precipitação deve ser suficiente para que possa ocorrer a dissolução, sendo a morfologia cárstica altamente desenvolvida nas regiões úmidas onde a cobertura vegetal possibilita a existência de um solo ácido, rico em húmus, que acentua a acidez da água e, conseqüentemente, seu poder dissolutivo.

Nos terrenos calcários sob clima árido ou sob clima semi-árido as formas cársticas são respectivamente pouco desenvolvidas ou ausentes. As feições cársticas existentes nessas áreas podem ser explicadas como relíquias formadas durante regimes climáticos mais úmidos. A morfologia cárstica das regiões temperadas é complexa. Não se trata de formas puras de corrosão, uma vez que sofreram durante a Pleistoceno a influência de profundas mudanças paleoclimáticas do decorrer de sua formação (BIGARELLA *et al.*, 1994).

Nas regiões tropicais úmidas, não teriam ocorrido mudanças paleoclimáticas, segundo Lehmann (1956), tendo sido o processo de corrosão ativo e ininterrupto desde o terciário antigo. O carste desenvolve-se igualmente em regiões periglaciais onde sofre a ação do congelamento e da solifluxão, que contribuem para a gênese de outras formas.

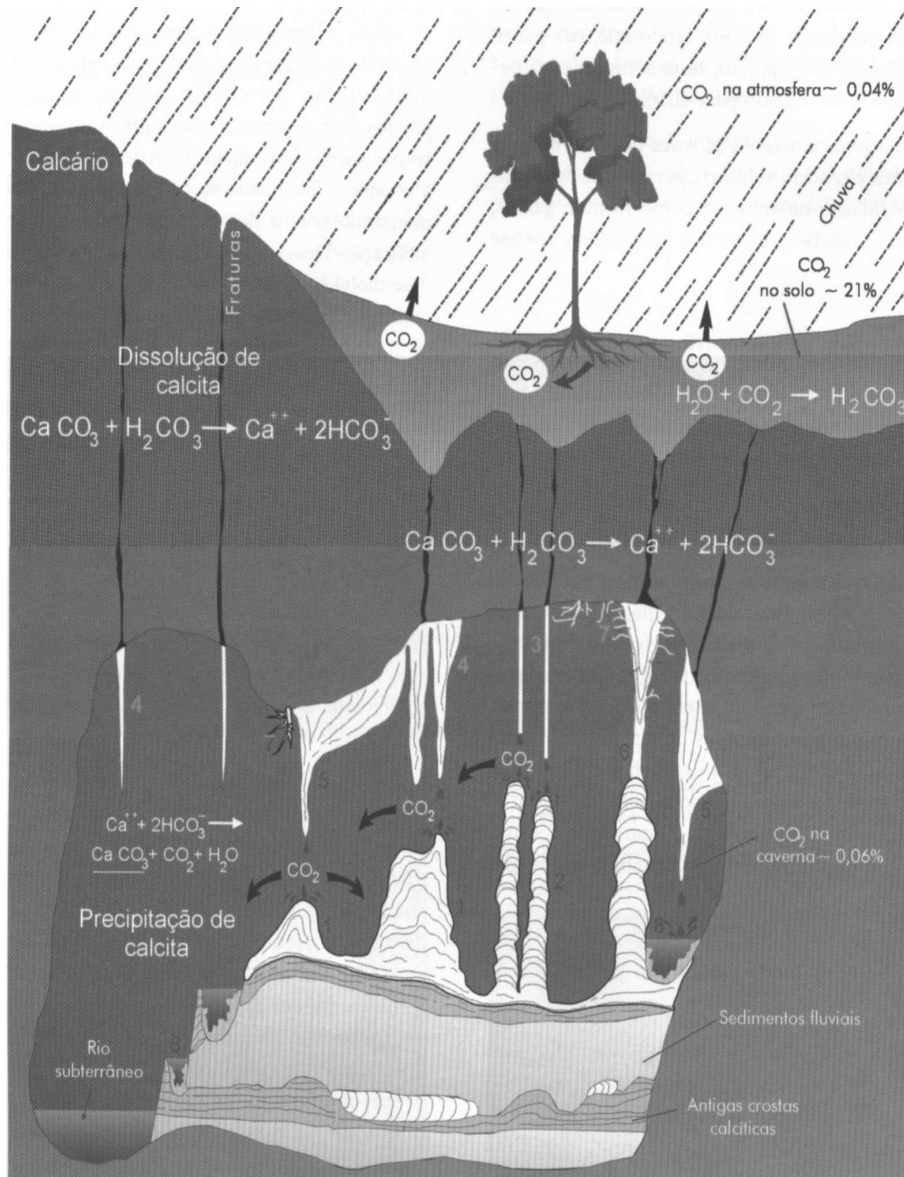


Figura 1. Dissolução e precipitação de calcita num perfil cárstico e principais tipos de espeleotemas, 1. estalagmite, 2. estalagmite tipo vela, 3. estalactite tipo canudo, 4. estalactite, 5. cortina com estalactite, 6. coluna, 7. excêntricos (helictites), 8. represas de travertina com cristais de calcita subaquática (Fonte: KARMANN, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos científicos levados a efeitos pela Sociedade Brasileira de Espeleologia mostram que atualmente cerca de 5 a 7% do território brasileiro está ocupado por carste carbonático, constituindo um importante componente nas paisagens do país. Em Sergipe, não se sabe ao certo o percentual do espaço geográfico ocupado por este tipo especial de morfologia, muito embora,

Santos & Menezes (2003) ao tratarem dos aspectos históricos e geográficos sobre ocorrência de cavernas no Estado confirmem a existência de 22 condutos subterrâneos, com cadastro de apenas 12 cavernas pela SBE, compreendidos entre duas províncias estruturais definidas por Almeida *et al.* (1997). A Província da Borborema, representada pela Faixa de Dobramentos Sergipana, situa-se entre o limite nordeste do Cráton do São Francisco

e o Maciço Pernambuco–Alagoas envolvendo os domínios Macururé e Vaza-Barris de idade meso a neoproterozóica, além das áreas dômicas de Itabaiana e Simão Dias, e a Província Costeira e

Margem Continental que inclui a Bacia sedimentar de Sergipe, de idade mesoceno-zóica englobando o grupo Sergipe (Figura 2).

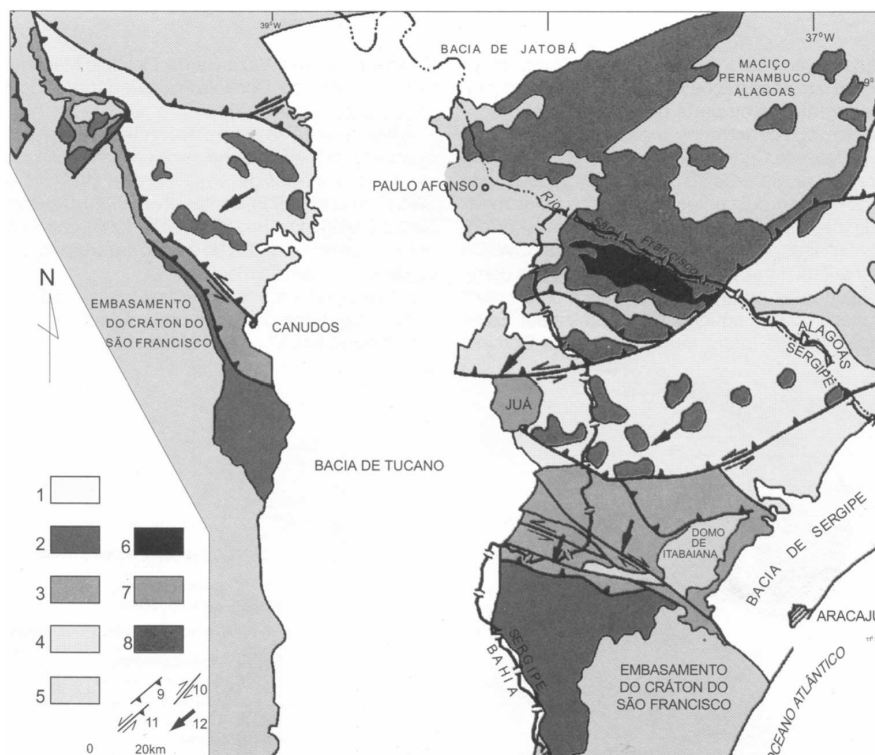


Figura 2. Faixa de Dobramentos Sergipana, 1. embasamento gnáissico, 2. cobertura cratônica (grupo Estância), 3. grupo Miaba e Vaza-Barris, 4. grupo Macururé, 5. complexo Marancó, 6. complexo e suíte intrusiva Canindé, 7. graben de Juá, 8. granitóides diversos (Fonte: SANTOS *et al.*, 1998).

Seja na Província geológica de idade mais antiga e/ou mais recente, na escala do tempo geológico, os levantamentos espeleológicos realizados atestam que a morfologia cárstica sergipana, sob o ponto de vista do endocarste, encontra sua maior expressividade em rochas calcárias de natureza sedimentar com pouca incidência de rochas metamórficas tipo quartzíticas.

De todo modo, verifica-se que em Sergipe a paisagem cárstica não se apresenta de forma bem caracterizada quando comparada a outras localidades do território nacional e demais partes do mundo em que se evidencia sua ocorrência. Esse fato, justifica-se entre outros aspectos, pelas variações climáticas pretéritas, principalmente durante o Quaternário onde as glaciações, com cerca de 100 mil anos de

duração, se alternaram com fases de temperatura mais quentes e de menor duração (cerca de 20 mil anos), os interglaciais, não permitindo no cenário local o pleno desenvolvimento do modelado ao ponto de apresentar nos dias atuais uma morfologia mais específica (dolinas, vales cegos, paredões, lapiás, entre outros), limitando em poucas áreas a ocorrência de cavernas e/ou grutas de pequenas dimensões. Neste sentido, a incipiente drenagem subterrânea, condição essencial, não favoreceu um excelente desenvolvimento dos depósitos químicos representados pelos espeleotemas, resultantes das interações químicas carbonato-água-dióxido de carbono, envolvendo, portanto, as formas de cimeira (estalactites), parietais (cortinas) e

pavimentárias (estalagmites), bem como os depósitos clásticos e orgânicos característicos do carste subterrâneo.

Dentro desse contexto, não há registros mais contundentes a respeito da existência de sedimentos alóctones (ou alogênicos) provenientes de fora da caverna transportados através do trabalho gravitacional e da água corrente, pois tais depósitos apresentam normalmente, após a sua deposição, menor diagênese que os sedimentos superficiais, tendo em vista as características predominantes no ambiente endocarstico, quais sejam: umidade e temperatura mais constantes, ausência de pluviosidade e luz, além de pouca evolução pedológica e bioturbação.

Sendo de natureza preliminar o estudo que ora apresentamos, entendemos que essa questão deverá ser mais aprofundada, haja vista que a ocorrência de tais sedimentos requer uma morfogênese mais ativa com chuvas intensas, gerando episódios de instabilidade física da superfície, capaz de

transportar e depositar grandes volumes de sedimentos para o interior das cavernas via fluxos gravitacionais (leques aluviais e corridas de lama).

Em relação aos processos de movimentos de massa do endocarste em Sergipe, tem-se o registro, mas percebe-se que não são produzidos com muita frequência já que denotam uma fase mais tardia no contexto evolutivo da espeleogênese.

Em Sergipe, a distribuição espacial das cavernas associa-se atualmente a dois grandes domínios climáticos predominantes: o úmido e o semi-árido (quadro 1). Na faixa de clima úmido, com maior influência das massas oceânicas e do fator maritimidade, onde ocorrem as maiores precipitações pluviométricas ao longo do ano, destacam-se as cavernas carbonáticas: Toca da Raposa (Figura 3); Aventureiros e Pedra Furada (Laranjeiras), casa do Caboclo (Japaratuba) e Urubu (Divina Pastora) entre outras.

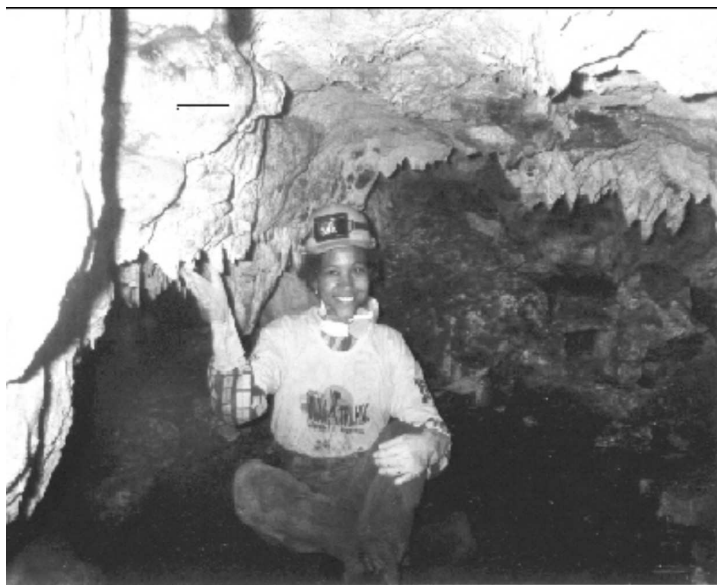


Figura 3. Caverna toca da Raposa, Laranjeiras.

Embora a morfologia cárstica presente nessa faixa climática, ainda seja bastante rudimentar, não podemos fazer correlações simples entre esses aspectos e as zonas climáticas, uma vez que a alta pluviosidade e a presença de gás carbônico (CO₂) nos solos são também essenciais para o

desenvolvimento de muitas feições cársticas.

Nos terrenos calcários sob clima semi-árido registram-se as cavernas: casa da Pedra (Itabaiana), Toca da Raposa e Abismo de Simão Dias (Simão Dias) e da Fumaça (Lagarto). Apresentam-se pouco

desenvolvidas cujas feições cársticas presentes na paisagem morfológica podem ser explicadas como relíquias formada durante os regimes climáticos mais úmidos, já que o clima ambiental atual, particularmente a temperatura e as precipitações não são relevantes no desempenho da morfogênese desse relevo.

Em contra partida, a quantidade de precipitação deve ser suficiente para que possa ocorrer a dissolução da rocha, associado ao gás carbônico do solo e a vegetação. Assim, áreas com grande pluviosidade e vegetação densa, geralmente possuem melhor desenvolvimento cárstico quando comparados com áreas de baixa precipitação e pouca vegetação.

Quadro1. Cavernas cadastradas pela SBE, CAIS – Centro Ambientalista Integrado de Sergipe, CEA – Centro Espeleológico de Alagoas (Fonte: SANTOS & MENEZES, 2003)

| Nome | Município / Localidade | Referência | Litologia | Clima |
|-------------------------|---|------------|-----------|----------------------|
| Caverna Casa de Pedra | Itabaiana / Povoado Ribeira | CEA | Calcário | Semi-árido |
| Toca da Raposa | Simão Dias / Fazenda Manoel Roque | CEA | Calcário | Semi – árido |
| Gruta Aventureiros | Laranjeiras / Igreja da Comandaroba | CAIS | Calcário | Úmido |
| Caverna Casa do Cabloco | Japaratuba / São José | CAIS | Calcário | Semi-úmido |
| Toca da Raposa | Laranjeiras / Próximo à Igreja Comandaroba | CAIS | Calcário | Úmido |
| Caverna da Pedra Branca | Maruim / Povoado Pedra Branca | CAIS | Calcário | Úmido |
| Gruta da Pedra Furada | Laranjeiras / Próximo a Igreja da Comandaroba | CAIS | Calcário | Úmido |
| Abismo de Simão Dias | Simão Dias / Povoado Colônia | CAIS | Calcário | Semi-árido |
| Caverna da Fumaça | Lagarto / Povoado Taperas | CAIS | Calcário | Semi-úmido |
| Caverna do Urubu | Divina Pastora / Fazenda São Joaquim | CAIS | Calcário | Úmido |
| Caverna das Araras | Lagarto / Serra da Miaba | CAIS | Quartzito | Semi-úmido |
| Gruta do Encantado | Itabaiana / Serra de Itabaiana | CAIS | Calcário | Semi-árido transição |

Segundo Ford & Williams (1983, *apud* Piló, 2000), o fator principal da gênese das cavernas está relacionado a atividade estrutural da rocha (geometrias planares e lineares e inter-conexões) e sua relação geográfica entre a área de recarga e descarga hídrica. Neste sentido, levantamos a hipótese de que a abertura de condutos por dissolução no meio carbonático em Sergipe seja atribuído principalmente às reações lentas de dissolução de calcita em função da cinética química do sistema $H_2O - CO_2 - CaCO_3$, onde soluções próximas do equilíbrio foram capazes de percolar a rocha por distâncias maiores sem necessariamente atingir a saturação total em carbonato.

De acordo com Bigarella *et al.* (1994) a precipitação é o elemento que diretamente reflete a instabilidade do tempo e a instabilidade com que tais variações se processam, podendo ainda ser considerada como um dos sistemas morfogenéticos tropicais, conforme é o caso em apreço.

Nesta direção, os climas pretéritos tornam-se de relevante importância para a compreensão das formas que modelam o relevo atual, vez que o estudo paleoclimático envolve um conjunto de atribuições fundamentais como a paleotemperatura, regime de paleoventos e os índices pluviométricos pretéritos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme visto, o critério fundamental para a identificação de áreas mais propícias a formação de cavernas e de relevos cársticos é, em geral, o geológico. Este critério está relacionado a espeleogênese, principalmente as rochas carbonáticas, sendo complementado pelos dados geomorfológicos e paleoclimáticos.

Em Sergipe, os estudos geoespeleológicos são ainda incipientes. As pesquisas exploratórias versam sobre poucas cavernas em diferentes províncias geológicas com reduzidas informações básicas. Assim, não se tem conhecimento de informações relacionadas às datações geocronológicas e / ou geoquímicas e isotópicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M.; BRITO NEVES, B. B. de; FUCK, R. A. 1977. Províncias estruturais brasileiras. SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8, 1977. Atas, Campina Grande, PB.
- BIGARELLA, J.J., BECKER, R.D.; SANTOS, G.F. 1994. *Estrutura e origens das Paisagens Tropicais*. Florianópolis, Ed. da UFSC.
- CORBEL, J. 1959. Erosion en terrain calcaire. *An. Geog.* **68**: 97-120.
- KARMANN, I. 2000. Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica. In: W. TEIXEIRA; M.C.M. TOLEDO; TR. FAIRCHILD; F. TATOLI (Orgs.). *Decifrando a Terra*. São Paulo, Oficina de textos, p. 113-138.
- LEHMANN, H. 1956. Morphological Studies en Java. In: SWEETING, M.M. (ed.). **Nome do livro. Cidade, editora.**
- OLIVEIRA, P.E.; BARRETO, A.M.F.; SUGUIO, K. 1997. Paleovegetação e Paleoclima do Quaternário tardio da caatinga brasileira: campo de dunas do médio Rio São Francisco, BA. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 1997. *Anais*. Curitiba, PR.
- PILÓ, L.B. 2000. Geomorfologia cárstica. *Revista Brasileira de Geomorfologia* **1**(1): 88-122.
- SANTOS, D.B. & MENEZES, H.J.S de. 2003. Aspectos Históricos e Geográficos Sobre a Ocorrência de Cavernas em Sergipe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 27, 2003. *Anais*, Januária, MG.
- SANTOS, R.A. dos; MARTINS, A.A.M.; NEVES, J.P. das; LEAL, R.A. 1998. *Geologia e recursos minerais do Estado de Sergipe*. Brasília, CPRM / CODISE, 156p.
- SUGUIO, K. O. 1999. Relevo cárstico e a geoespeleologia. In: SUGUIO, K. *Geologia do*

Quaternário e mudanças ambientais: (passado + presente = futuro?). São Paulo, Paulo's Comunicações e artes Gráficas.

Modificado do trabalho originalmente publicado no VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, São Cristóvão, SE (2004).