

# CENÁRIOS PALEOAMBIENTAIS DA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL, MG, ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE BIOMINERALIZAÇÕES DE SÍLICA

Karina Ferreira Chueng<sup>1</sup>  
Heloisa Helena Gomes Coe<sup>2</sup>  
David Oldack Barcelos Ferreira Machado<sup>3</sup>  
Roberta Maciel Pacheco Valente<sup>4</sup>

## INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é compreender os cenários paleoambientais da Serra do Espinhaço Meridional durante o Quaternário, através da utilização de biomineralizações de sílica, tendo como principal indicador os fitólitos. Além disso, foram feitas datações por <sup>14</sup>C/AMS da Matéria Orgânica do Solo (MOS) para estabelecimento da geocronologia.

Os fitólitos são partículas microscópicas (<60-100 µm) de opala biogênica, que se formam por precipitação de sílica amorfa entre e no interior de células de diversas plantas vivas, formadas como resultado da absorção de ácido silícico [Si(OH)<sub>4</sub>] da solução do solo pelas plantas (PIPERNO, 1988, 2006). Suas formas recordam como um “molde” a célula vegetal em que foi formado e estas partículas se preservam bem em condições oxidantes, como os solos (COE e OSTERRIETH, 2014).

A utilização dos fitólitos como *proxy* para estudos de reconstituição paleoambiental vem se destacando entre diversos autores no mundo. No Brasil, os trabalhos de reconstituição paleoambiental empregando fitólitos ainda são insuficientes. No entanto, é possível destacar alguns realizados em diferentes regiões: na Bacia Amazônica Central (PIPERNO e BECKER, 1996), em Minas Gerais (AUGUSTIN *et al.*, 2014; CHUENG *et al.*, 2019; MACHADO *et al.*, 2021) na caatinga (COE *et al.*, 2017a); no Espírito Santo (CALEGARI *et al.*, 2015); na Bahia (MACHADO *et al.*, 2023); no Rio de Janeiro - na Região dos Lagos (COE *et al.*, 2012, 2017b), na Bacia do

---

<sup>1</sup> Pós Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Geociências da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ, RJ – [karinachueng@yahoo.com.br](mailto:karinachueng@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Professora Titular do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Rio De Janeiro - RJ, [heloisacoe@gmail.com](mailto:heloisacoe@gmail.com);

<sup>3</sup> Doutorando do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Campinas - SP, [david\\_barcelos1@hotmail.com](mailto:david_barcelos1@hotmail.com)

<sup>4</sup> Mestranda pelo Curso de Dinâmica dos Oceanos e da Terra da Universidade Federal Fluminense- RJ, [beta.mvalente11@gmail.com](mailto:beta.mvalente11@gmail.com)

Rio São João (COE *et al.*, 2014), em Maricá (SANTOS *et al.*, 2015), na Ilha Grande (RAMOS, 2016); no Paraná (PAISANI *et al.*, 2016; RASBOLD *et al.*, 2016).

Três áreas foram selecionadas na Serra do Espinhaço Meridional, MG, e os resultados indicaram contribuições relevantes no âmbito geomorfológico, em contexto arqueológico e em ambiente hidromórfico. Foi possível observar que, embora as áreas estudadas apresentassem diversidade de ambientes e, conseqüentemente, diferenças nos resultados fitolíticos, foram associadas as tendências climáticas locais e regionais numa perspectiva geocronológica, contribuindo para a reconstituição paleoclimática da Serra do Espinhaço Meridional, além de associar os resultados locais com outros estudos a nível regional, e com eventos globais a partir de 25.000 anos cal AP.

## **MATERIAIS**

### **Área 1: Grutas Carbonáticas e Siliciclásticas**

Foram coletados 2 perfis na Gruta Monte Cristo, localizada no distrito de Exração em Diamantina – MG (coordenadas geográficas 18°17'49.79"S e 43°33'30.5"O; elevação 1006m). O Perfil 1 foi coletado no exterior da Gruta e o Perfil 2 no interior da mesma. O Perfil 1 se trata de um Organossolo com os seguintes horizontes: Horizonte O1 (0-30cm), Horizonte O2 (30-47cm), Horizonte O3 (47-57cm), Horizonte O4 (57-67cm), Horizonte O5 (67-97cm) e Horizonte O6 (97-130cm), totalizando 6 amostras. O Perfil 2 é um pacote sedimentar coletado no interior da Gruta de 10 em 10 cm, entre sedimentos claros e escuros (0-100cm), totalizando 9 amostras.

A Gruta Pau-Ferro localiza-se no município de Monjolos – MG, em propriedade agropecuária (coordenadas geográficas: 18°19'06.06"S e 44°06'26.51"O, elevação 573 metros. Foram coletadas amostras de um perfil de Cambissolo (Perfil 3) no exterior da mesma, nos seguintes horizontes: Horizonte A (0-5cm), Horizonte B (5-18cm), Horizonte C1 (18-26cm) e Horizonte C2 (26-57cm), totalizando 4 amostras.

### **Área 2: Área Arqueológica de Serra Negra – Sítio Arqueológico Cabeças 4**

A Área Arqueológica de Serra Negra, município de Felício dos Santos está inserida no Planalto Diamantinense e apresenta grande concentração de sítios arqueológicos, todos abrigos com arte rupestre associada. O Sítio Cabeças 4 está implantado em um amplo abrigo sob rocha quartzítica-micácea, em uma área de floresta estacional semidecidual, em escarpa de serra no sopé da Chapada do Couto (coordenadas geográficas: 18°12'00.47"S e 43°15'22.66"O, elevação 1820m).

Foram coletadas 9 amostras de sedimentos de 5 em 5 cm (0-45cm) no interior da escavação do sítio. Além disso, também foram coletadas 3 amostras em um perfil de Organossolo próximo ao sítio, sendo uma em cada horizonte: Horizonte A (0-15cm), Horizonte O1 (15-88cm) e Horizonte O2 (88-175cm). No total, 12 amostras foram analisadas nessa área.

### Área 3: Turfeira na Cabeceira do Rio Araçuai – Turfeira Rio Preto

Foram coletadas amostras de material da turfeira Rio Preto através de testemunho nas dependências do Parque Estadual do Rio Preto (PERP) com as coordenadas geográficas: 18°07'13.85''S/43°20'36.92''O, elevação de 1591 m. Nesta turfeira, já haviam sido realizados estudos de palinologia, análises geoquímicas do solo e datações. Para análise de fitólitos, foram selecionadas 21 amostras, com intervalos entre 15 a 20cm.

As 3 áreas de estudo podem ser observadas na Figura 1:

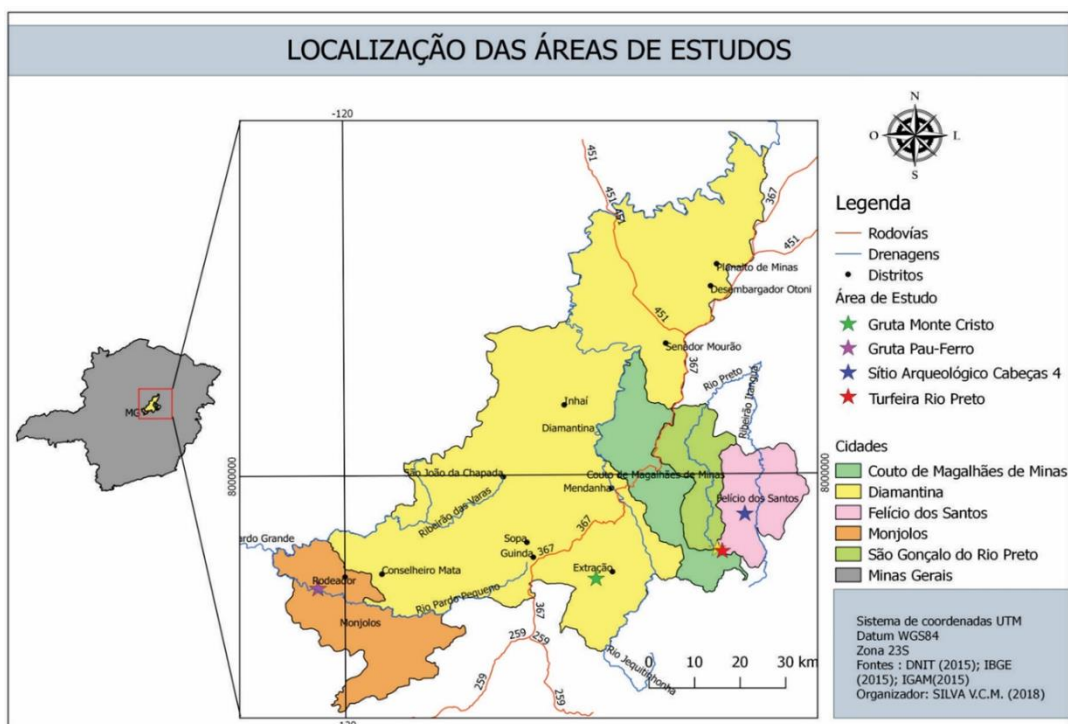


Figura 1: Áreas de Estudo na Serra do Espinhaço Meridional, MG

## MÉTODOS

A extração das biomineralizações de sílica seguiu o protocolo de Coe *et al.* (2021). Lâminas permanentes foram produzidas utilizando 25 µl do precipitado. Foram utilizadas lâminas para determinação do conteúdo, descrição dos morfotipos e avaliação do estado de alteração. Pelo menos 200 fitólitos classificados foram identificados e

contados por um microscópio óptico Zeiss Axio Scope A1 com ampliação de 500 a 630× e fotografado usando AxioVision SE64 Rel. 4.9.1 Software para:

- estimar a frequência relativa dos diferentes morfotipos de acordo com o Código Internacional de Nomenclatura de Fitólitos (ICPN 2.0) (NEUMANN *et al.*, 2019);
- analisar o grau de alteração dos fitólitos (classificáveis/não classificáveis)
- calcular o estoque total de fitólitos em cada amostra. A partir desta contagem, os índices fitólitos foram calculados para densidade de cobertura arbórea (D/P), densidade de palmeiras, estresse hídrico (Bi) e índice climático (Ic%)

As amostras de MOS foram datadas por  $^{14}\text{C}$ -MAS no Laboratório de Radiocarbono (LAC) do Instituto de Física da Universidade Federal Fluminense. Após as amostras serem datadas através do acelerador de partículas, as idades obtidas foram posteriormente calibradas pelo programa OxCal, utilizando a curva de calibração de amostra Atmosférica para o hemisfério Sul Shcal13 e são apresentadas em anos cal AP.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas 3 áreas de estudo (cárstica, arqueológica e turfeira) foram integrados a fim de inferir as principais mudanças ambientais ocorridas na região do Pleistoceno Superior ao Holoceno Superior.

Os tipos de fitólitos observados nas áreas de estudo podem ser observados na Figura 2:

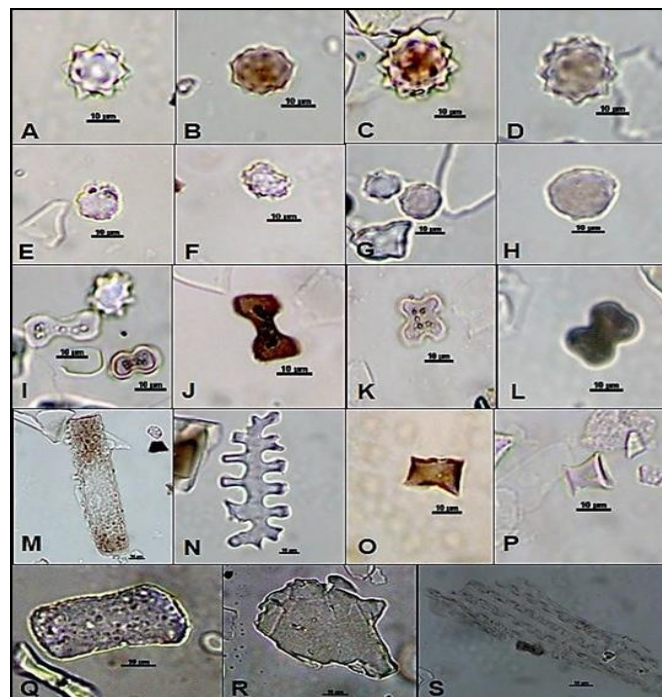


Figura 2: A, B, C, D – SPHEROID ECHINATE; E, F- SPHEROID ORNATE; G,H- SPHEROID PSILATE; I, J- BILOBATE; K,L- CROSS; M- ELONGATE; N- PUZZLE; O- TRAPEZOID; P- RONDEL; Q- BLOCKY; R- BULLIFORM FLABELLATE; S- PUZZLE

Na TRP foram identificadas 4 fases, com variações da temperatura e umidade:

**Período 1: de 25 a 14ka (Pleistoceno Superior/Upper):** os índices fitolíticos apontaram o período mais frio e seco de todo o testemunho. Nesse período ocorria o Último Máximo Glacial/ *Last Glacial Maximum* (UGM/LGM) (entre 25 e 18 ka AP), quando os eventos globais indicavam um clima mais frio que o atual.

**Período 2: entre 14 e 12ka AP (Oscilação de Allerød):** aumento da temperatura em relação ao anterior. Aparecimento de espículas de esponjas, sugerindo um ambiente pouco mais úmido. Durante esse período, que é posterior ao UGM/LGM, há uma tendência de aumento gradual da temperatura até o Holoceno.

**Período 3: entre 12 e 10 ka AP (entre a Oscilação de Allerød e o Younger Dryas/ MIS 1):** pouco mais frio e seco que o anterior, observado pelos índices fitolíticos. Esse período compreende o *Younger Dryas* ou MIS 1 (*Marine Isotope Stage*), que foi mais seco e frio que o atual e teve influência em escala global.

**Período 4: últimos 10ka AP (do Holoceno Superior/ Greenlandian ao Holoceno Superior/Meghalayan)** incluindo o Ótimo Climático do Holoceno (6ka AP). Tendência de aumento gradual da temperatura. O período compreende o interglacial, que tenta ao aumento da temperatura em escala global.

Foi possível observar que o Sítio Cabeças 4 apresentou idades relacionadas a fases distintas de ocupações. Contrariando as teorias acerca do Hiato do Arcaico, o sítio apresentou datações a partir do Holoceno Médio, período onde ocorreram três ocupações distintas: Primeira ocupação: entre 7255-7170anos cal AP e 7160 a 7100 anos cal AP.; Segunda ocupação: por volta de 6180 a 6150 anos cal AP e Terceira ocupação: entre 4520-4420 a 4445-4420 anos cal AP.

Já o Organossolo foi datado de 14200/13850 anos cal AP a 800/680 anos cal AP e mostrou tendência de estabilidade geomorfológica, com algumas oscilações no índice climático (Ic) com um pequeno aumento da temperatura em torno dos 7000 anos AP, na época do Ótimo Climático.

Os resultados sugerem que, na faixa cronológica de ocupação do sítio arqueológico, entre 7225 anos A.P. e 480 anos A.P. (FAGUNDES, 2016), a região era recoberta por uma vegetação predominantemente de campos rupestres (D/P baixo e Ic

indicando predomínio de gramíneas adaptadas a temperaturas mais baixas devido à altitude) e presença de Aracaceae, com estresse hídrico (índice Bi) moderado durante todo o período estudado (últimos 14.000 anos).

Na Gruta Monte Cristo, foi possível observar fases de evolução da caverna e seu entorno entre 4440/ 4230 anos cal AP a 2740/2430 anos cal AP (amostras do perfil exterior e entre 1000 a 920 anos cal AP a entre 660 a 550 anos cal AP. (amostras do interior da Gruta).

No âmbito geomorfológico e evolução de cavernas, os fitólitos identificaram a origem alóctone dos sedimentos e isso foi fundamental para melhor compreensão da dinâmica da Gruta Monte Cristo e a redistribuição da alteritas através do primocarste. Estudos realizados por Vasconcelos (2014) retratam a evolução do carste em rochas siliclásticas e como o clima é um dos fatores condicionantes mais importantes para o desenvolvimento do mesmo.

Na Gruta Pau-Ferro, a vegetação foi sempre aberta (mata seca), provavelmente devido à litologia carbonática. O índice Ic mais elevado e o D/P mais baixo são encontrados no Horizonte C1, sugerindo um episódio mais frio e seco entre 440 e 250 anos cal AP. Apesar de não ocorrer mudanças na vegetação, o índice D/P é maior na Gruta Monte Cristo do que na Gruta Pau-Ferro.

O fato dessas grutas terem diferentes litologias foi um fator importante para a preservação e análise dos fitólitos. Estudos anteriores realizados por Vasconcelos (2014) mostram que litologias diferentes podem originar formas distintas de evolução cárstica. Outros estudos paleoambientais, como o de BISPO (2016) utilizando dados palinológicos, isotópicos e geoquímicos, apontam a tendência de aumento da temperatura na segunda metade do Holoceno.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que a pesquisa, desenvolvida em ambientes distintos, trouxe contribuições relevantes no âmbito geomorfológico, em contexto arqueológico e em ambiente hidromórfico.

Embora as áreas estudadas apresentassem diversidade de ambientes e, conseqüentemente, diferenças nos resultados fitolíticos, foi possível relacionar tendências climáticas locais e regionais numa perspectiva geocronológica, além de associar esses resultados locais com outros estudos a nível regional na Serra do

Espinhaço Meridional e com eventos globais a partir de 25.000 anos cal AP, englobando desde o Pleistoceno Superior (*Upper*) até 440 anos cal AP, o Holoceno Superior (*Meghalayan*).

**Palavras-chave:** Reconstituição Paleoambiental; Fitólitos, Quaternário, Geocronologia, Variações climáticas.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq, pela bolsa de Doutorado (Processo: 155526/2016-2), aos laboratórios da UERJ (LabDIN e LabGEO) e da UFF, a UFVJM e ao LAEP.

## **REFERÊNCIAS**

AUGUSTIN, C.H.R.R., COE, H.H.G., CHUENG, K.F., GOMES, J.G. Analysis of geomorphic dynamics in ancient quartzite landscape using phytolith and carbon isotopes, Espinhaço Mountain Range, Minas Gerais, Brazil. *Geomorphologie (Paris)*, n. 4, pp.355–376. 2014

BARROS, L. F. P., COE, H. H. G., SEIXAS, A. P., MAGALHÃES, A. P., MACARIO, K. C. D. Paleobiogeoclimatic scenarios of the Late Quaternary inferred from fluvial deposits of the Quadrilátero Ferrífero (Southeastern Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, v.67, p.71 - 88, 2016.

BISPO, Diego et al. Characterization of Headwaters Peats of the Rio Araçuaí, Minas Gerais State, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.39, n.2, pp.475-489, 2016.

CALEGARI, M.R., MADELLA, M., BUSO Jr., A.A., OSTERRIETH, M., LORENTE, F.L., PESSENDA, L.C. Holocene Vegetation and Climate inferences from Phytoliths and Pollen from Lagoa do Macuco, North Coast of Espírito Santo State (Brazil). *Quaternary and Environmental Geosciences*, v.6(1), 01-10, 2015.

CHUENG, K.F., COE, H.H.G., AUGUSTIN, C.H.R.R., MACARIO, K.D., RICARDO, S.D.F., VASCONCELOS, A.M.C. Landscape paleodynamics in siliciclastic domains with the use of phytoliths, sponge spicules and carbon isotopes: the case of Southern Espinhaço Mountain Range, Minas Gerais, Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* 95, pp. 102–232, 2019.

COE, H. H. G., ALEXANDRE, A., CARVALHO, C., SANTOS, G. M., SILVA, A. S., SOUSA, L.O.F., LEPSCH, I.F. Changes in Holocene tree cover density in Cabo Frio (Rio de Janeiro, Brazil): Evidence from soil phytolith assemblages. *Quaternary International* 2, 1-10, 2012

COE, H. H.G.; MACARIO, K.; GOMES, J.; CHUENG, K.; OLIVEIRA, F.; GOMES, P.; CARVALHO, C.; LINARES, R.; ALVES, E.; SANTOS, G. Understanding Holocene variations in the vegetation of Sao Joao River basin, southeastern coast of

Brazil, using phytolith and carbon isotopic analyses. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 415, 59-68, 2014.

COE, H.H.G., OSTERRIETH, M. *Synthesis of some Phytolith Studies in South America (Brazil and Argentina)*, 1 ed. Nova Science, New York, p. 280, 2014.

COE, H.H.G., RAMOS, Y.B.M., SANTOS, C.P., SILVA, A.L.C, SILVESTRE, C.P., BORRELLI, N., SOUSA, L.O.F. Dynamics of production and accumulation of phytolith assemblages in the Restinga of Marica, Rio De Janeiro, Brazil. *Quaternary International*, 434, 58-69, 2017a.

COE, H.H.G., SOUZA, R.C.L., DUARTE, M.R., RICARDO, S.D.F., MACHADO, D.O.B.F., MACARIO, K.C.D., SILVA, E.P. Characterisation of phytoliths from the stratigraphic layers of the Sambaqui da Tarioba (Rio das Ostras, RJ, Brazil). *Flora*, 236– 237, 1–8, 2017b.

COE, H.H.G., MACHADO, D.O.B.F., CHUENG, K.F., RICARDO, S.D.F., 2021. Fitólitos de Sedimentos e Plantas – Métodos de Extração e suas Aplicações. In: Sales, F.O. (Ed.), Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias 3. Atena, Ponta Grossa, Parana, ´ Brasil, pp. 134–149

FAGUNDES, M. O Projeto Arqueológico Alto Jequitinhonha – Sítios Arqueológicos, Cultura Material E Cronologias para Compreensão das Ocupações Indígenas Holocênicas No Alto Vale do Rio Araçuai, Minas Gerais - Brasil. Diamantina: *Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas*, n. 10, ano V, 10/2016, 25p. 2016.

MACHADO, D.O.B.F., CHUENG, K.F., COE, H.H.G., SILVA, A.C., COSTA, C.R. Paleoenvironmental reconstruction of headwaters of the Preto river, Minas Gerais state, Brazil, through siliceous bioindicators. *J. S. Am. Earth Sci.* 108, pp. 1-11, 2021.

MACHADO, D.O.B.F., PEREZ FILHO, A., COE, H.H.G., CHUENG, K.F., PREVIANCA, M.M., FUMIYA, M.H. Reconstituição paleoambiental da bacia do Rio Grande (BA) por meio da análise de fitólitos e luminescência opticamente estimulada (LOE), vol. 35. *GeoUERJ*, Rio de Janeiro, pp. 1-25, 2023.

NEUMANN, K., STROMBERG, C.A.E., BALL, T., ALNBERT, R.M., VYDAGHS, L., CUMMINGS, L.S. International code for phytolith nomenclature 2.0. *Ann. Bot.* 124, pp. 189–199. 2019.

PAISANI, S.D.L.; PAISANI, J.C.; OSTERRIETH, M., PONTELLI, M.E. Significado paleoambiental de fitólitos em registro pedoestratigráfico de paleocabeceira de drenagem – superfície de Palmas – Água Doce (Sul do Brasil). São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 35, n. 3, 426-442, 2016.

PIPERNO, D. R. *Phytolith analysis: an archaeological and geological perspective*. Academic Press Inc., California, 1988.

PIPERNO, D. R., BECKER, P. Vegetational history of a site in the central Amazon Basin derived from phytolith and charcoal records from natural soils. *Quaternary Research* 45:202-209, 1996.

PIPERNO, D. R. *Phytoliths: a comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists*. New York: Altamira press, 2006.

SANTOS, C. P.; COE, H. H. G.; BORRELLI, N. L.; SILVA, A. L. C.; SOUSA, L.O.F.; RAMOS, Y. B. M.; SILVESTRE, C. P.; SEIXAS, A. P. Opal phytolith and isotopic studies of 'Restinga' communities of Maricá, Brazil, as a modern reference for



paleobiogeoclimatic reconstruction. *Brazilian Journal of Oceanography (Online)*, v.63, p.255 - 270, 2015.

RASBOLD, G.G., PAROLIN, M., CAXAMBU, M.G. Reconstrução paleoambiental de um depósito sedimentar por análises multiproxy, Turvo, Estado do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 19(2):315-324, 2016.

VASCONCELOS, A. M. C. O criptocarste como interface entre o solo e o substrato rochoso: comparação entre os ambientes siliciclástico e o carbonático na região entre Rodeador e Diamantina – MG. Tese de doutoramento, IGC-UFMG / Université de Rouen, Belo Horizonte, 167 p, 2014.