

RECONSTITUIÇÃO PALEOAMBIENTAL DO SÍTIO ARQUEOLÓGICO LAGOA GRANDE DAS QUEIMADAS – PIAUÍ ATRAVÉS DE BIOMINERALIZAÇÕES DE SÍLICA

Roberta Maciel Pacheco Valente^{1*}; Heloisa Helena Gomes Coe²; Karina Ferreira Chueng³; David Oldack Barcelos Ferreira Machado⁴; Aline Gonçalves de Freitas⁵

^{1*} Universidade Federal Fluminense. (rovalente@id.uff.br)

^{2,3} Universidade do Estado do Rio de Janeiro. (heloisacoe@gmail.com); (karinachueng@yahoo.com.br)

⁴ Universidade Estadual de Campinas. (david_barcelos1@hotmail.com)

⁵ Universidade Federal do Piauí. (tuttyfreitas@gmail.com)

INTRODUÇÃO

Este estudo integra o projeto multidisciplinar "Estudos arqueométricos e microarqueobotânicos na área arqueológica do Município de Várzea Branca, PI", que visa aprofundar as pesquisas geoarqueológicas, arqueométricas e microarqueobotânicas no Sítio Lagoa Grande das Queimadas, localizado em Várzea Branca, no sudeste do Piauí. Embora a área seja arqueologicamente relevante, ainda há poucos dados sobre as antigas populações humanas, seus modos de vida, tecnologias, o paleoambiente e paleoclima regional durante o Holoceno, bem como sobre os recursos vegetais que essas populações consumiam, manejavam e possivelmente cultivavam. Com o objetivo de elaborar um estudo paleoambiental e paleoclimático neste Sítio, foram utilizados bioindicadores como biomineralizações de sílica, sobretudo fitólitos, e datação por ¹⁴C-AMS.

O termo "fitólito" significa "pedra de planta" e refere-se a partículas microscópicas de opala biogênica. Elas podem ser formadas por oxalato de cálcio ou sílica e são importantes para o estudo arqueológico, especialmente os silicofitólitos, que se formam pela precipitação de sílica amorfa em plantas (COE, 2009; CALEGARI *et al.*, 2022). A sílica, liberada pela decomposição de minerais no solo, é absorvida pelas plantas, acumulando-se em seus tecidos e formando fitólitos que podem ser preservados por longos períodos no solo (PIPERNO, 2006).

Os fitólitos desempenham funções como suporte estrutural, proteção contra herbívoros, resistência ao estresse hídrico e neutralização de elementos tóxicos (COE e OSTERRIETH, 2014). A produção de fitólitos varia entre plantas, sendo particularmente alta em famílias como as Poaceae (gramíneas). A evapotranspiração também influencia essa produção. Fitólitos são encontrados em diversas partes das plantas e possuem importância taxonômica (MADELLA, 2008; COE, 2009; COE e OSTERRIETH, 2014).

A análise de fitólitos tem se tornado uma ferramenta essencial na Arqueologia nas últimas décadas, especialmente para confirmar hipóteses sobre a domesticação de plantas e o estudo da dieta. Essa técnica é particularmente útil em contextos em que outros vestígios orgânicos de plantas, como sementes e grãos de pólen, são mal preservados. Embora numerosos estudos tenham analisado fitólitos extraídos de sedimentos e artefatos arqueológicos, a análise de fitólitos recuperados de solos arqueológicos é menos frequente (ASTUDILLO, 2018). No Brasil, especialmente, ainda são raros os estudos em sítios arqueológicos focados na reconstituição de condições paleoambientais, podendo ser citados os de Cascon (2010) no sítio arqueológico de Hatahara, na Amazônia Central, Coe *et al.* (2017) no Sambaqui da Tarioba, Rio das Ostras/RJ, Machado *et al.* (2022) no Sambaqui Casa de Pedra, São Francisco do Sul, SC, Chueng *et al.* (2018) no Sítio Cabeças 4, Serra Negra/MG e Ramos (2019) no Sítio arqueológico Lagoa Uri de Cima, em Pernambuco.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisadas 42 amostras de sedimentos orgânicos da Lagoa Grande das Queimadas (Figura 1), localizada na base de um afloramento de granito-gnaiss. Uma sondagem de subsuperfície foi realizada no Ponto 01 (LGQ - P01), com dimensões de 2x 1x2 metros. Foram coletadas 38 amostras de sedimentos lacustres entre 205 cm e a superfície atual, em intervalos de 5 cm e 10 cm. Além disso, quatro amostras superficiais foram coletadas ao redor da lagoa para criar uma coleção de referência de fitólitos modernos, facilitando a comparação com as assembleias fitolíticas fósseis.



Figura 1: Localização da área de estudo e pontos de coleta. Adaptado de Marques (2020) e Mützenberg (2021).

Para a extração de biomineralizações de sílica, seguiu-se o protocolo de Coe *et al.* (2021). Lâminas permanentes foram preparadas com 25 μ l do precipitado e utilizadas para determinar o conteúdo, descrever morfotipos e avaliar o estado de alteração das

amostras. Pelo menos 200 fitólitos classificados foram identificados e contados, além de fragmentos de espículas de esponjas, frústulas de diatomáceas e microcarvões, utilizando um microscópio óptico Zeiss Axio Scope A1 com ampliação de 500 a 630x, sendo as imagens capturadas com o software AxioVision SE64 Rel. 4.9.1.

A identificação dos morfotipos foi baseada no Código Internacional de Nomenclatura de Fitólitos (ICPN 2.0) (NEUMANN *et al.*, 2019) e foram realizados os cálculos dos índices fitolíticos de densidade de cobertura arbórea (D/P), densidade de palmeiras (Pa/P) e estresse hídrico (Bi%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os fitólitos classificáveis predominam os tipos produzidos pelas gramíneas (Poaceae), principalmente BLOCKY, BULLIFORM FLABELLATE, ACUTE BULBOSUS e ELONGATE, com presença reduzida de dicotiledôneas lenhosas (SPHEROID ORNATE). Fitólitos de Arecaceae (SPHEROID ECHINATE) também são observados em todo o perfil, aumentando da amostra mais antiga para a mais recente (Figura 2).

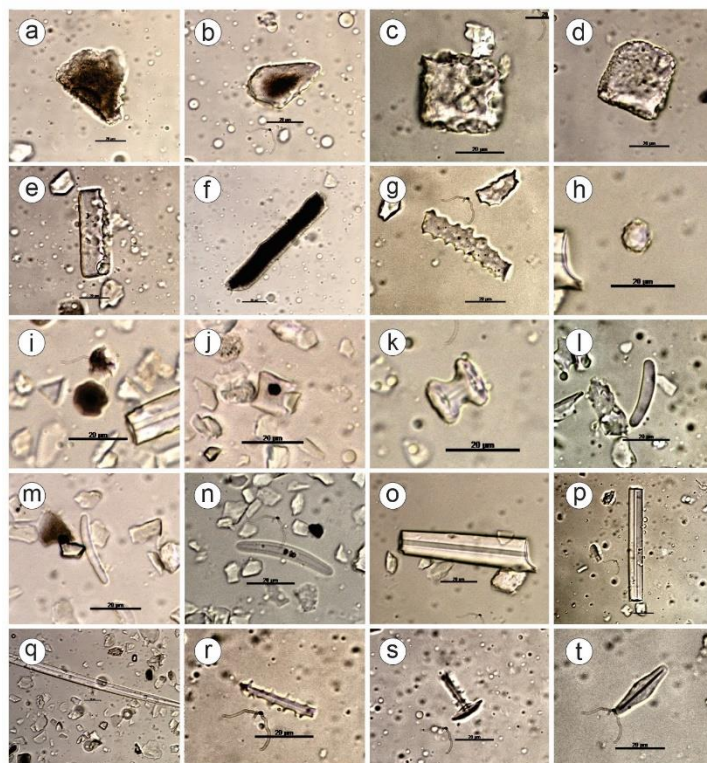


Figura 2: Fotografias dos principais morfotipos de fitólitos e outras biomineralizações: a, b) BULLIFORM FLABELLATE; c, d) BLOCKY; e, g) ELONGATE; h) SPHEROID ECHINATE; i) SPHEROID ORNATE; j) RONDEL; k) BILOBATE; l, m, n, r) Espículas de esponja; o, p, q) Megasclera; s) Gemosclera; t) frústula de diatomácea.

Após uma análise dos resultados obtidos através dos indicadores utilizados para o desenvolvimento desse estudo, buscou-se identificar as principais características

relacionadas às condições ambientais que marcaram a evolução da paisagem ao longo do Holoceno no Sítio Lagoa Grande das Queimadas. Para a individualização e delimitação das zonas foram considerados os resultados de estoque de fitólitos, de frústulas de diatomáceas, espículas de esponjas e microcarvões, além dos índices fitolíticos D/P, Pa/P e Bi%, que permitiram a identificação de períodos de maior ou menor umidade e as consequentes modificações na cobertura vegetal. Foi considerada também a granulometria dos sedimentos. Foram, então, delimitadas quatro zonas no perfil sedimentar com diferentes tendências:

Zona I: da base (205 cm de profundidade) a 140 cm – entre 10969-10529 anos cal AP e 5307-4787 anos cal AP.

Na primeira zona do perfil (Z I), é possível notar um estoque de fitólitos superior ao da amostra mais superficial (0 a 10 cm de profundidade), que é de apenas 233 fitólitos. A granulometria desta zona apresenta uma quantidade maior de areias que as demais, indicando um período de dinâmica mais intensa e maior influência terrestre, visto que os indicadores aquáticos são praticamente ausentes. Foram observados carvões em quase todas as amostras, sendo registrado um pico a 185-180 cm de profundidade, o maior de todo o perfil, que pode indicar uma frequência maior de queimadas. O índice D/P variou de 0,04 (similar à camada mais superficial do perfil) a 0,19 (no limite da zona), demonstrando uma tendência de aumento da cobertura arbórea da base para o topo. O índice Pa/P variou bastante nesta zona, indo de 0,08 a 0,34, o maior do perfil, a 175-170 cm de profundidade. O índice Bi% oscilou de 87% na base a 68% (menor do perfil). Os resultados apontam para um período de mudança relativa na vegetação, refletindo um ambiente mais úmido que o atual, pelos valores mais elevados dos índices D/P e Pa/P. Além disso, o registro dos bioindicadores aquáticos foi praticamente nulo, o que pode estar relacionado a uma expansão da vegetação terrestre num período em que a lagoa poderia ainda não ter se formado.

Zona II: de 140 a 80 cm de profundidade – Entre 5307-4787 anos cal AP e 4419-4234 anos cal AP

A segunda zona do perfil (Z II) é marcada por uma mudança na granulometria, que se torna mais lamosa, indicando uma dinâmica de deposição de menor energia, e coincide com o início da presença dos bioindicadores aquáticos (espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas), principalmente as espículas de esponjas. As espículas apresentam tendência de aumento a partir do limite inferior da zona, tendo um pico a 95-90 cm de profundidade (56 espículas), a maior quantidade do perfil. O estoque dos

fitólitos foi homogêneo, com valores similares ao topo da Z I, com um pico de 247 fitólitos a 95-90cm de profundidade, a mesma amostra que apresentou o máximo de espículas de esponja. São observados microcarvões em toda a zona, com exceção da amostra de 95-90 cm de profundidade, que não teve registro desse indicador. O índice D/P variou de 0,26 no limite inferior da Z II (140-135 cm de profundidade) a 0,04, no topo da zona. O índice Pa/P variou de 0,22 a 0,05 (próximo ao topo da zona). Já o índice Bi% apresentou tendência de redução da base (85%) para o topo da zona (71%), com um pico de 91% (um dos maiores do perfil) a 125-120 cm de profundidade. Os resultados obtidos nessa zona sugerem a formação ou expansão da lagoa, pela presença de indicadores aquáticos. Quanto à vegetação terrestre, não houve redução no estoque de fitólitos, mas sim uma mudança no tipo de cobertura vegetal, com uma retração de lenhosas e aumento de herbáceas, mais adaptadas a áreas alagadas.

Zona III: de 80 a 55 cm de profundidade – Posterior a 4419-4234 anos cal AP

A terceira zona do perfil, Z III, é caracterizada por um pequeno acréscimo no estoque de fitólitos na base da zona e por um aumento significativo nas frústulas de diatomáceas (de 0 no topo da Z II para 15 a 65-60 cm de profundidade), enquanto o estoque de espículas de esponjas e micro carvões se manteve estável em relação à zona anterior. A granulometria se manteve similar à da Z II, com predomínio de lamosos, sobretudo argila. O índice D/P variou de 0,16 (base da zona) a 0,28, o maior do perfil, a 65-60 cm de profundidade, coincidindo com o pico das frústulas de diatomáceas, sugerindo um ambiente mais úmido. O índice Pa/P apresentou tendência de aumento, variando de 0,14 (na base da zona) a 0,31, o segundo maior do perfil (60-55 cm de profundidade), sendo mais um indicador de aumento de umidade. Já o índice Bi% registrou uma variação de 77%, na base da zona, com tendência de aumento, chegando a 90% no topo da zona (o segundo maior do perfil), possivelmente indicando uma resposta da vegetação a variações no espelho d'água da lagoa. Esses resultados apontam para um breve período em que ocorreu uma pequena variação na vegetação terrestre, demonstrando uma tendência de expansão associada a um aumento da umidade com estabilidade da lagoa.

Zona IV: de 55 a 0 cm de profundidade – Posterior a 4419-4234 anos cal A.P

A última zona do perfil, Z IV, é caracterizada por um leve aumento e estabilização da granulometria, do estoque de fitólitos e das espículas de esponjas em relação às zonas anteriores. O estoque de frústulas de diatomáceas sofre redução com a diminuição da profundidade, chegando a zero nas amostras mais superficiais (topo do perfil). Nas

amostras modernas (AM) coletadas na borda da lagoa atual, também não foram encontradas frústulas. Nota-se, também, uma certa estabilidade no estoque de micro carvões em relação às zonas II e III, porém foi observado um pico na amostra do nível 30-20 cm de profundidade. Esta zona ainda é marcada pela redução significativa dos índices D/P, Pa/P e Bi% da base para o topo da zona, onde o D/P variou de 0,23 a 0,04 na amostra mais superficial (similar aos encontrados nas assembleias modernas R39 e R40), o Pa/P de 0,25 a 0,13 e o Bi% de 91% para 79%. Os resultados dessa zona indicam que, a partir 4419-4234 cal AP, houve uma redução significativa da umidade, com uma possível abertura da vegetação e estabelecimento da fitofisionomia de caatinga e do regime atual de semiaridez.

As tendências observadas foram encontradas em outros estudos paleoambientais realizados em diversas áreas do Nordeste, como De Oliveira e colaboradores (1999) na Bahia; Gouveia e colaboradores (2005) no Piauí, Paraíba e Ceará; Mota (2012) no Piauí; Tavares (2015) em Pernambuco; Utida (2016) no Rio Grande do Norte; Medeiros (2019) em Pernambuco e Paraíba; Ramos (2019) em Pernambuco; Galvão (2019) no Piauí; e Machado (2022) no oeste da Bahia. Todos esses autores estimam o estabelecimento do padrão vegetacional e climático semiárido atual, com aumento de espécies de caatinga, a partir de 4500 anos atrás.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados revelaram que a região desse estudo passou por variações climáticas durante o Holoceno Tardio, conforme evidenciado pelos registros de fitólitos e bioindicadores aquáticos. Estas análises indicam uma transição de um clima mais úmido que o atual para condições mais secas a partir de 4419-4234 cal AP. Comparados com estudos anteriores, esses resultados corroboram as tendências observadas em regiões adjacentes, sugerindo uma mudança climática regional.

Acreditamos que este estudo contribui significativamente para a compreensão do repertório da paisagem de ocupações pretéritas na região do Sítio Arqueológico Lagoa Grande das Queimadas e das mudanças ambientais ocorridas durante o Holoceno. Os resultados qualitativos e quantitativos das biomineralizações de sílica, associados a outros *proxies* estudados neste local, contribuíram para a construção de informações sobre o sítio arqueológico e sua inserção na paisagem, bem como para a compreensão dos modelos de mobilidade e subsistência de grupos humanos do passado durante o Holoceno Tardio, em

áreas interiores do Nordeste do Brasil, e reforçam a importância de uma abordagem interdisciplinar na reconstituição paleoambiental.

Palavras-chave: Fitólitos, Biomineralizações de sílica, Paleoambientes, Paleoclima, Sítios Arqueológicos, Nordeste do Brasil

AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES – processo 88887.703642/2022) pela concessão de bolsa de mestrado e aos laboratórios da UERJ (LabDIN e LabGEO).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. C. S., VOLKMER-RIBEIRO, C., VARAJÃO, A. F. D. C., GOMES, N., & VARAJÃO, C. A. C. Espículas de esponjas continentais nos sedimentos cenozóicos do noroeste de Minas Gerais, como indicadores paleoambientais. **Revista Brasileira de Paleontologia**, 12(2), 123-138, 2009.

ASTUDILLO, F. J. Soil phytoliths as indicators of initial human impact on San Cristóbal Island, Galápagos. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** 490: 522–532. 2018.

CALEGARI, M. R.; SOUZA, E.; MOZER, J. H.; MARCOLIN, L.; FONSECA, C. F. Fitólitos – Uma ferramenta para estudos de reconstituição paleoambiental: Conceitos e revisão sobre aplicações no Brasil. **Derbyana**, [S. l.], v. 43, p. e778, 2022

CASCON, L. M. 2010. **Alimentação na floresta tropical: Um estudo de caso no sítio Hatahara, Amazônia Central, com base em microvestígios botânicos**. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 203pp

CHUENG, K.F.; COE, H.H.G.; FAGUNDES, M.; VASCONCELOS, A.M.C.; e RICARDO, S.D.F. Reconstituição Paleoambiental da Área Arqueológica de Serra Negra, Face Leste do Espinhaço Meridional (Minas Gerais), através da Análise de Fitólitos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.11, nº7, p. 2260-2275, 2018.

COE, H. H. G. **Fitólitos como indicadores de mudanças na vegetação xeromórfica da região de Búzios/Cabo Frio, RJ, durante o Quaternário**. Tese de Doutorado: UFF, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.

COE, H. H. G.; OSTERRIETH, M. Phytoliths and their Applications. In: Coe, H. H. G. e Osterrieth, M. (ed.). **Synthesis of Some Phytolith Studies in South America (Brazil and Argentina)**. 1 ed. New York: Nova Science, 2014.

COE, H. H. G., SOUZA, R. C. 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, 2017.

COE, H. H. G.; MACHADO, D. O. B. F.; RICARDO, S. D. F.; CHUENG, K. F. Fitólitos de sedimentos e plantas – Métodos de extração e suas aplicações. In: **Ciências exatas e da terra: exploração e qualificação de diferentes tecnologias**. 3.1 ed. Ponta Grossa: Atena Editora, 2021, p. 134-149.

DE OLIVEIRA, P. E.; BARRETO, A. M. F.; SUGUIO, K. Late pleistocene/holocene climatic and vegetational history of the Brazilian caatinga: the fossil dunes of the middle São Francisco river. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 152, p. 319-337, 1999.

GALVÃO, D. C. **Evolução do paleoambiente e da paisagem quaternárias no Sudeste do Piauí**. 145 f. Tese (Doutorado em Arqueologia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019

GOUVEIA, S. E., PESSEDA, L. C., BENDASSOLI, J. A., ARAVENA, R., RIBEIRO, A. S., SAIA, S. E. M. G.; VEDOVETO, M. Reconstrução paleoambiental (vegetação e clima) no nordeste do Brasil através dos isótopos do carbono da matéria orgânica dos solos e fragmentos de carvão. In **X Congresso da Abequa**, Espírito Santo, 2005.

MACHADO, D. O. B. F.; COE, H. H. G.; BANDEIRA, D.; SOUZA, R. C. C. L.; RASBOLD, G. G.; CHUENG, K. F.; DIAS, R. R.; FERREIRA, J.; VOSS, C. V.; VER, J. C. Palaeoenvironmental reconstruction through phytolith analysis in the Casa de Pedra shell mound archaeological site, São Francisco do Sul, Santa Catarina, Brazil. **Vegetation History and Archaeobotany**, p. 1-13, 2022.

MACHADO, D. O. B. F. **Reconstituição Paleoambiental em baixos terraços fluviais no médio curso do Rio Grande (BA), por meio de Biomineralizações de sílica e Luminescência Opticamente Estimulada (LOE)**. 1 recurso online (214 p.) Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP, 2022.

MADELLA, M. **Physiology of silica deposition**. Curso ministrado no 7th International Meeting on Phytolith Research, Mar del Plata, 2008.

MEDEIROS, V. B. **Microfósseis em depósitos quaternários de megafauna no Nordeste do Brasil e seu significado paleoambiental**. Tese (Doutorado em Geotectônica) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

MOTA, L. A. D. **Paleoambiente e arqueologia no nordeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado. Instituto Politécnico de Tomar – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2012.

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

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, 189–1, 2019.

RAMOS, D. A. M. C. **Contribuição da análise de fitólitos para a reconstrução paleoambiental na Lagoa do Uri, semiárido de Pernambuco**. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

TAVARES, B. A. C. **Evolução morfotectônica dos pedimentos embutidos no planalto da Borborema, Nordeste do Brasil**. 251 f. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2015.

UTIDA, G. **Variações paleoambientais e paleoclimáticas durante o Holoceno no Rio Grande do Norte a partir do estudo de registros geoquímicos de sedimentos de lagos e cavernas**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2016.