

ESTRATIGRAFIAS QUE FALAM: ESTUDO PALEOAMBIENTAL NA REGIÃO DO PARQUE NACIONAL SERRA DA CAPIVARA POR MEIO DO DEPÓSITO SEDIMENTAR NO VALE DA SERRA BRANCA

Luiz Paulo Conceição da Silva ¹
Jadson Costa Nascimento Júnior ²
Laiane Dias Ribeiro ³
Kamyly Thauany Araújo Costa ⁴
Janaina Carla dos Santos ⁵
Daniel Vieira de Sousa ⁶

INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro representa área importante e estratégica para o estudo dos registros relacionados às mudanças ambientais durante o Quaternário na América do Sul (Pessenda, 2010), visto que, o clima semiárido da região reflete uma complexa interação entre a Célula de Alta Pressão do Atlântico Sul; o Sistema de Monção da América do Sul, e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Utida et al., 2019).

Estudos paleoclimáticos realizados na região nordeste do Brasil apontam para a existência de períodos mais úmidos do que o atual durante o Pleistoceno e o Holoceno, os quais estão relacionados a eventos de escala global, tais como Henrich Stadials (HS) e Younger Dryas (YD) (Cruz et al., 2009), e que podem ser identificados através de diferentes registros paleoclimáticos e paleoambientais, como espeleotemas (Cruz et al., 2009; Stríkis et al., 2018), sedimentos marinhos (Behling et al., 2000), carvão, sedimentos terrestres (Moraes et al., 2020; Pessenda et al., 2010), e sedimentos clásticos de cavernas (Utida et al., 2019; Sousa et al., 2023).

¹ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal do Vale do São Francisco- UNIVASF, luiz.p@discente.univasf.edu.br

² Graduado pelo Curso de Geografia da Universidade Federal do Vale do São Francisco- UNIVASF jadsonnascimentojcnj@gmail.com;

³ Graduanda do Curso de Geografia da Universidade Federal do Vale do São Francisco- UNIVASF, diasribeirolaiane@gmail.com;

⁴ Graduanda do Curso de Geografia da Universidade Federal do Vale do São Francisco- UNIVASF, kamyly.thauanycosta@discente.univasf.edu.br;

⁵ Doutora em Geociências pela Universidade Federal de Pernambuco, janaina.santos@univasf.edu.br;

⁶ Professor Orientador, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas pelo Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, daniel.vsouza@univasf.edu.br.

A área do Parque Nacional Serra da Capivara (PNSC), no Piauí, destaca-se por suas contribuições significativas para a arqueologia, paleontologia e paleoclimatologia (Parenti et al., 2003). As pesquisas paleoambientais realizadas no PNSC revelam uma alternância de fases climáticas frequentemente associadas a eventos de escala global (Sousa et al., 2023). No Pleistoceno tardio, houve fósseis de fauna herbívora, tais como cavalos (*Equus*) e paleolhamas (*Paleollama*) associados a altas taxas de intemperismo que indicam adensamento vegetal e aumento da precipitação durante o evento HS1 (18.000 a 15.000 anos AP) (Guérin et al., 1996; Parenti et al., 2021; Sousa et al., 2023). O evento Bølling-Allerød, (14.500 a 13.000 anos AP) também identificado na região, foi marcado por aumento da sedimentação em modelados de acumulação (vales, cavernas) e erosão em modelados de degradação, sugerindo expansão de vegetação aberta e clima seco com chuvas mais torrenciais. (Sousa et al., 2023). No Holoceno, observou-se a retomada da latossolização e adensamento vegetal, refletindo as fases climáticas secas e úmidas associadas ao Younger Dryas (12.900 a 11.600 anos AP) (Mutzenberg, 2010; Sousa et al., 2023).

Os depósitos sedimentares na região do Parque Nacional Serra da Capivara (PNSC) registram importantes flutuações climáticas no Nordeste do Brasil. No entanto, apesar de ser uma localidade bastante estudada o PNSC e áreas adjacentes ainda possuem poucos estudos de depósitos sedimentares quaternários, especialmente em relação à morfoestratigrafia, sedimentologia e geocronologia, áreas essenciais para entender a evolução paleoambiental durante o Quaternário (Santos, 2007). Este trabalho visa contribuir com este debate através da análise estratigráfica, do teor de carbono total do solo e da geocronologia de um depósito de fundo de vale no Vale da Serra Branca no PNSC. O objetivo do estudo é identificar variações paleoambientais ocorridas entre o Pleistoceno tardio e Holoceno na região do PNSC.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

O depósito sedimentar estudado localiza-se no Vale da Serra Branca (porção norte na faixa 8°29'40.6"S, 42°38'27.6"W), inserido na parte noroeste do Parque Nacional Serra da Capivara, no sudoeste do Piauí (Santos, 2007). O Vale da Serra Branca, é caracterizado por um cânion reto e alongado que corta arenitos e conglomerados da Formação Cabeças do Devoniano, possuindo drenagem encaixada

em penhascos sub-verticais, e um fundo plano coberto por areias quartzosas esbranquiçadas, formadas pelo represamento de sedimentos das encostas (Mutzenberg et al., 2015). Para análise estratigráfica, geocronológica e determinação de teores de carbono orgânico, foi aberta uma trincheira de 8,65 m de profundidade, 3 m e largura de 1,50 m, no fundo do vale. (Fig 1.)

As camadas sedimentares foram diferenciadas e identificadas por meio dos tipos de estrutura sedimentar, orientação da deposição mensurada em campo com inclinômetro, feições pós-deposicionais, descrição da cor úmida do sedimento, textura, cimentação, diferentes vestígios biológicos, e pedogênese (Nichols, 2009; Sousa et al., 2023). Para as camadas pedológicas foi utilizado o Manual de descrição e coleta de solos no campo (Santos et al., 2015).

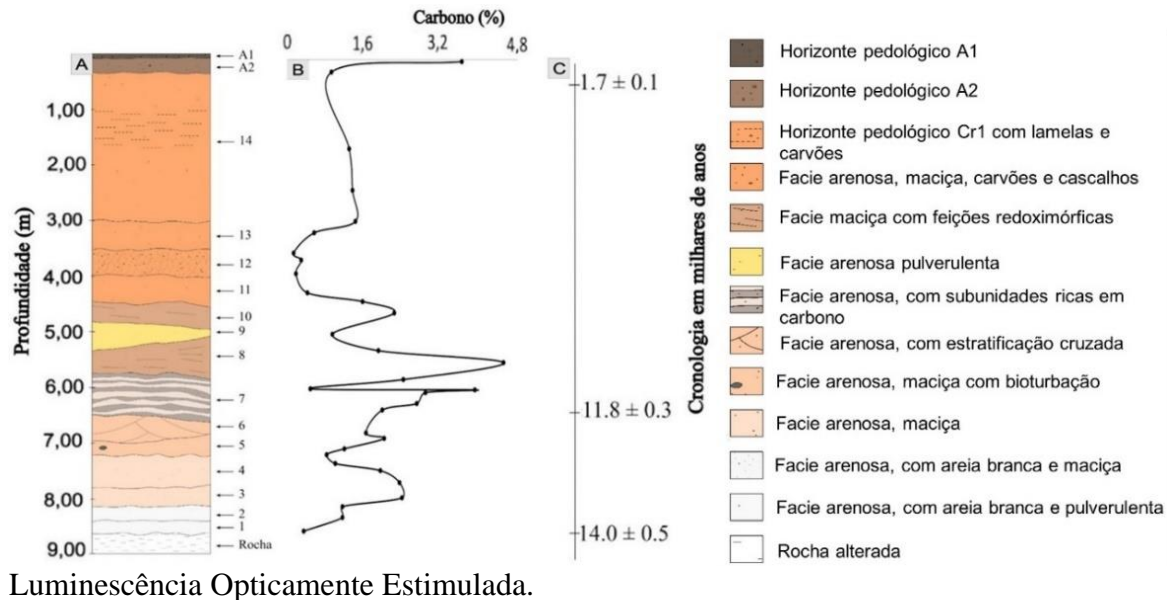
Após a identificação das camadas, também foram coletadas 32 amostras ao longo da coluna sedimentar para a quantificação do teor de carbono. Inicialmente foi produzido o que se denomina de Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), que consiste na secagem do material ao ar, destorroamento e peneiramento em malha de 2,0 mm. Posteriormente, para a determinação do teor de carbono orgânico por meio Perda de Massa por Ignição. As amostras foram queimadas em forno mufla a 450°C por 8h. O teor de carbono total foi utilizado como proxie, visto que a sua dinâmica de acumulação ou decomposição está condicionada a fatores climáticos especialmente a temperatura, umidade, e regimes de perturbação como o fogo (Harden et al., 2000).

Em campo, foram coletadas amostras na base, meio e topo do depósito sedimentar para a geocronologia, determinada por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE). As datações foram realizadas no Laboratório de Cronologia da Universidade Federal de São Paulo, utilizando uma leitura TL/LOE do modelo DA 20 da Riso para as medidas de LOE e um espectrômetro de germânio hiper-puro da Camberra para a determinação de isótopos radiogênicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em campo foram identificadas 16 camadas estratigráficas, cujas datações variam de 14 mil anos ($\pm 0,5$) na camada 1 (base), 11,8 mil anos ($\pm 0,3$) AP na camada 6 e 1,7 mil anos ($\pm 0,3$) na camada 14, enquanto que os teores de carbono oscilaram entre 0,13% a 4,51% (Figura 1).

Figura 1 - Teores de Carbono Total do depósito sedimentar analisado. (A) perfil estratigráfico da trincheira Toca do Morcego. (B) Teores de Carbono. (C) datação por



Fonte: Autores (2024).

Fragmentos de carvão foram encontrados ao longo de toda a sequência estratigráfica, porém sendo mais abundantes nos horizontes pedológicos A1 e A2, diminuindo conforme profundidade. Raízes milimétricas estavam presentes em toda a extensão, exceto na base, enquanto raízes centimétricas foram observadas da superfície até 4,84 m de profundidade. Nos sedimentos predominam a fração areia, que derivam do dismantelamento, químico e mecânico, dos arenitos e conglomerados da Formação Cabeças e influenciada pelas condições climáticas semiáridas (Santos, 2007).

Em função de suas características sedimentológicas, as camadas foram agrupadas em três grupos. O grupo 1 é composto pelas camadas 1 a 6, enquanto o grupo 2 é composto pelas camadas 7 e 8 e o grupo 3 é composto pelas camadas 9 a 16. Os horizontes pedológicos não fazem partes destes agrupamentos por representarem camadas pedogeneizadas atuais. A camada 1 apresentou estrutura friável e pulverulenta, com cor 7.5YR 7/1, ausência de raízes e baixo teor de carbono (0,34%). A camada 2, com maior coesão e coloração rosa a cinza, teve teor de carbono de 1,15%. A camada 3 (8,11-7,48 m) mostrou raízes milimétricas, estrutura maciça e teor de carbono de 2,36%. A camada 4 (7,48-7,21 m) teve teor de carbono de 0,34% e sedimento arenoso com pedotúbulos e carvões. A camada 5 (7,21-6,90 m) teve teor de carbono de 1,19%, com

fragmentos de raízes e carvões. A camada 6 (6,90-6,36 m) apresentou estratificação cruzada e teor de carbono de 1,64%. A camada 7 (6,36-5,86 m) exibiu 12 subcamadas ricas em material orgânico e feições redoximórficas, com teor de carbono de 3,91%. A camada 8 (5,86-5,38 m) teve o maior teor de carbono da sequência (4,51%) e textura arenosa. A camada 9 (5,38-4,84 m) apresentou maior concentração de areia grossa e teor de carbono de 0,94%. A camada 10 (4,84-4,51 m) teve cor variando entre 5YR 5/4 e 5YR 7/1, com teor de carbono de 2,23%. As camadas 11 (4,51-4,41 m) e 12 (4,41-3,92 m) apresentaram teores de carbono baixos (0,18% e 0,29%, respectivamente). A camada 13 (3,92-3,66 m) teve o menor teor de carbono (0,13%). A camada 14 (3,66-0,35 m) continha raízes, pedotúbulos, carvões e lamelas, com cor 5YR 4/6.

Os horizontes mais recentes são A1 e A2. O horizonte A2 (0,35-0,08 m) tem cor 7.5YR 3/3, muitas raízes, bioporos e teor de carbono de 0,92%. O horizonte A1 (0,00-0,08 m) apresenta a maior quantidade de raízes, carvão na base, estrutura em grãos simples e teor de carbono de 3,64%, o terceiro maior do perfil.

No grupo 1 as datações por LOE das camadas de 1 e 6 indicaram que a base do perfil estratigráfico foi depositada há cerca de 14 mil anos ($\pm 0,5$) enquanto que a camada 6 foi datada em 11,8 mil anos ($\pm 0,3$). As duas primeiras camadas do grupo 1 apresentam material de areia fina bem selecionada e baixos teores de carbono, o que sugere que as condições climáticas as quais esses sedimentos foram depositados possuíam baixos aportes de carbono ou maiores taxas de decomposição. Esse menor aporte de carbono orgânico do solo sugere que nesse período o Vale da Serra Branca experienciou um clima com regime pluviométrico seco concordando com o resultado do estudo de Utida *et al.*, (2020) e Sousa *et al.*(2023) e que possivelmente ajuda a explicar as linhas de concentrações de carvões existentes entre a camada 2 e 6.

De acordo com a datação, essa condição climática pode estar associada ao evento de aquecimento abrupto das condições atmosféricas Bølling-Allerød (Rasmussen *et al.*, 2006), ocorrido entre 14,6 e 12,8 mil anos antes do presente no Hemisfério Norte, e que impactou o clima no Nordeste da América do Sul, ao gerar déficit significativo de precipitação (Stríkis *et al.*, 2018) associado ao deslocamento da ZCIT para o norte do Nordeste (Cruz *et al.*, 2009). O teor de carbono no grupo 1 tende a aumentar ao se aproximar da camada 6, exceto pela diminuição brusca na camada 4 que, somada com a presença de carvões e raízes queimadas pode indicar ambiente onde possivelmente ocorriam queimadas naturais. A estratigrafia cruzada encontrada na camada 6 pode estar

associada a pulsos de sedimentação em pequenos leques aluviais. Somado a isso, a maior presença de pedotubulos, raízes e aumento no teor de carbono, e proximidade cronológica, pode indicar um momento de transição para um clima mais úmido no Vale da Serra Branca, podendo estar relacionada com o evento Younger Dryas (12,9–11,7 mil anos), marcado pela redução da temperatura e maior precipitação para o a América do Sul (Utida *et al.*, 2020).

Essas condições de maior disponibilidade de água e umidade no Vale da Serra Branca, identificadas no grupo 2 (camadas 7 e 8), são evidenciadas por feições sedimentares e aumento nos teores de carbono orgânico. A camada 7, com laminações alternadas de materiais com diferentes teores de matéria orgânica e feições redoximórficas, sugere a presença de ambiente com água estagnada, possivelmente devido a algum barramento natural (Lindbo; Stolt; Vepraska, 2010). Os processos redoximórficos necessitam da combinação de fatores hidrológicos de modo que haverá condições de saturação no solo ou sedimento, somados a presença de fontes de carbono que atuarão como doador de elétrons no processo de redução dos óxidos de Fe (Lindbo; Stolt; Vepraska, 2010). A falta de uma geocronologia detalhada dificulta o trabalho de relacionar este evento de maior umidade com eventos paleoclimáticos de escala global.

No grupo 3 a partir da camada 9 até a camada 16 (horizonte A1), foram obtidas datas entre 11,8 mil anos ($\pm 0,3$) e 1,7 mil anos ($\pm 0,3$), abrangendo a transição da fase mais úmida para o clima semiárido atual. Durante esse período, houve uma significativa diminuição nos teores de carbono, aumento de feições sedimentares arenosas e presença de seixos, sugerindo uma mudança climática próxima ao clima atual, o que favoreceu o estabelecimento de uma vegetação mais aberta e adaptada a condições secas (Moraes *et al.*, 2020). Entretanto pesquisas apontam que a atual condição semiárida no nordeste do Brasil se iniciou, de forma geral, a cerca de 4 mil anos (Cruz *et al.*, 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise estratigráfica e teores de C indicam que o Vale da Serra Branca experienciou condições climáticas semelhantes às atuais a cerca de 14 mil anos ($\pm 0,5$), com baixa preservação de C. Posteriormente, há 11,8 mil anos ($\pm 0,3$), eventos climáticos em escala global influenciaram o aumento da umidade e possivelmente da vegetação, levando a maior acumulação de C no solo. A partir de 11,8 mil anos ($\pm 0,3$),

essa fase mais úmida foi sucedida por transição para condições climáticas mais secas, com baixa acumulação de C. Há aproximadamente 1,7 mil anos ($\pm 0,3$) o clima semiárido já estaria estabelecido na área. Esses resultados contribuem para o entendimento de processos ambientais e climáticos no entorno do PNSC que, somado à realização de novos estudos em outros locais do Nordeste devem contribuir para interpretação mais abrangente da relação entre mudanças climáticas globais e eventos geomorfológicos no Brasil.

Palavras-chave: Quaternário; Estratigrafia, Paleoclimatologia, Carbono, Semiárido.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e à Universidade Federal do Vale do São Francisco.

REFERÊNCIAS

- BEHLING, H., et al., 2000, Late Quaternary vegetational and climate dynamics in northeastern Brazil, inferences from marine core GeoB 3104-1: **Quaternary Science Reviews**, v. 19, p. 981–994.
- CRUZ, F.W. et al., Orbitally driven east–west antiphasing of South American precipitation. **Nature Geoscience**, v. 2, p. 210–214, 2009.
- GUÉRIN, Claude et al. A fauna pleistocênica do Piauí (Nordeste do Brasil): relações paleoecológicas e biocronológicas. **Fundamentos**, v. 1, 55- 103 p, 1996.
- HARDEN, J., et al. The role of fire in the boreal carbon budget. **Glob. Chang. Biol.**6, 174-184, 2000.
- LINDBO, D. L.; STOLT, M. H.; VEPRASKAS, M. J. Redoximorphic Features. In: **Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths** 2010.
- LIRA, D.R. **Evolução geomorfológica e paleoambiental das bacias do Riacho do Pontal e GI-8 no Sub-Médio São Francisco**. Universidade Federal de Pernambuco, Recife (PE), 2014.
- MORAES, C.A., et al. Late Holocene climate dynamics and human impact inferred from vegetation and fire history of the Caatinga, in Northeast Brazil. **Rev. Palaeobot. Palynol.** 282, 104299, 2020.
- MUTZENBERG, Demétrio da Silva. **Ambientes de ocupação pré-histórica no boqueirão da pedra furada, Parque Nacional Serra da Capivara-PI**. Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife, 258 f., 2010.

- NICHOLS, G. **Sedimentology and Stratigraphy**. Blackwell, Oxford, 2009.
- OLIVEIRA, M. A. T., et al. 80,000 years of geophysical stratigraphic record at the Serra da Capivara National Park, in northeastern Brazil: Uncovering hidden deposits and landforms at a canyon's floor. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 104, 2020.
- PARENTI, F., et al. Valli Lagoa do Quari (São Raimundo Nonato, Piauí): Palaeoenvironment and wetland archaeology in Northeastern Brazil. **Geoarchaeology**, v. 36, n. 6, 2021.p.
- PARENTI, Fabio; GUÉRIN, Claude; MENGOLI, Davide; FAURE, Martine; NATALI, Luca; CHAVES, Sérgio Augusto de Miranda; FERRARI, Sonia; VALENÇA, Lucia Manfra. **Sondagens na Lagoa do Quari, São Raimundo Nonato, Piauí**: Campanha 2002. Revista Fumdhamentos, V1, n. 3, p. 129-146, 2003.
- PESSENDA, L. C. R., et al. Late Pleistocene and Holocene vegetation changes in northeastern Brazil determined from carbon isotopes and charcoal records in soils. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 297, 2010.
- RASMUSSEN, S.O. et al. A new Greenland ice core chronology for the last glacial termination. **J. Geophys. Res. Atmos.** 111, 1–16, 2006.
- ROSSETTI, D. F.; TRUCKENBRODT, W.; GÓES, A. M. **Estudo paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos barreiras e Pós-Barreiras na Região Bragantina, Nordeste do Pará**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências da Terra, v. 1, n. 1, 1989..
- SANTOS, Janaina Carla dos. **O Quaternário do Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí, Brasil: morfoestratigrafia, sedimentologia, geocronologia e paleoambientes**. Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife, 2007.
- SANTOS, R. D. dos et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência do Solo, 2015. 100 p.
- SOUSA, D. V. et al. Relict soil features in cave sediments record periods of wet climate and dense vegetation over the last 100 kyr in a presentday semiarid region of northeast Brazil. **CATENA**, v. 226, 2023.
- STRÍKIS, Nicolás M. et al. South American monsoon response to iceberg discharge in the North Atlantic. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 15, 2018.
- UTIDA, G. et al. Climate changes in Northeastern Brazil from deglacial to Meghalayan periods and related environmental impacts. **Quaternary Science Reviews**. v. 250, 2020.
- UTIDA, G., et al. Spatiotemporal ITCZ dynamics during the last three millennia in Northeastern Brazil and related impacts in modern human history. **Clim. Past** 19, 1975–1992, 2023.
- WARREN, Lucas Veríssimo et al. Evolução sedimentar da Formação Rio do Rasto (Permo-Triássico da Bacia do Paraná) na porção centro sul do estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n. 2, 2008. 213-227 p.
- ZULAR, A., et al. The effects of mid-Holocene fluvio-eolian interplay and coastal dynamics on the formation of dune-dammed lakes in NE Brazil. **Quat. Sci. Rev.** 196, 137e153, 2018.