

## PALINOLOGIA E MEGAFAUNA EM SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS DA LAGOA DO CORONEL, JAGUARETAMA – CEARÁ, BRASIL

SÉRGIO AUGUSTO DE MIRANDA CHAVES 

Departamento de Endemias, Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rua Leopoldo Bulhões, 1480, Manguinhos, 21041-210, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.  
sdemirandachaves8@gmail.com

CÉSAR ULISSES VIEIRA VERÍSSIMO 

Programa de Pós-graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Blocos 912/913, Campus do Pici, 60440-554, Fortaleza, CE, Brasil.  
verissimo@ufc.br (Autor correspondente)

CÉLSO LIRA XIMENES 

Núcleo de Curadoria, Museu de Pré-História de Itapipoca, Rua Ten. José Vicente, 887, Coqueiro, 62500-000, Itapipoca, CE, Brasil.  
clx.ximenes@gmail.com

MÁRCELIA MARQUES 

Programa de Pós-graduação em História, Culturas e Espacialidades, Núcleo de Arqueologia e Semiótica do Ceará, Universidade Estadual do Ceará, Rua José de Queiroz Pessoa, 2554, Planalto Universitário, 63900-000, Quixadá, CE, Brasil.  
marcelia.marques@uece.br

FÁBIO PARENTI 

Programa de Pós-graduação em Antropologia e Arqueologia, Departamento de Antropologia, Universidade Federal do Paraná, Rua General Carneiro, 460, 80060-150, Curitiba, PR, Brasil.  
scriptoriumparentii@gmail.com

JEFFERSON LIMA DOS SANTOS 

Laboratório de Geotécnica e Prospecção, Departamento de Geologia, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, 60440-554, Fortaleza, CE, Brasil.  
jeffgeologia@gmail.com

**ABSTRACT – Palynology and megafauna in Quaternary Lake sediments from Lagoa do Coronel, Jaguaretama – Ceará, Brazil.** Numerous natural lakes and tanks function as areas for the accumulation of water and remains of humans and animals in the semiarid regions of the State of Ceará. These sites often hold important proxies (markers) of paleoclimate and vegetation and frequently contain past records of human and fauna presence. Lagoa do Coronel is one of these sites known for previous paleontological finds of Pleistocene megafauna. However, the aridity of the region leads the farmers to search for water in the deepest portions of the dried-up basins at the soil/rock contact, which normally causes stratigraphic disturbance, but put in evidence fossils and artefacts. In February 2021, the excavation of a well in the northern sector of the basin exposed a stratigraphic outcrop, a little more than two meters deep, where the strata intersected with a preserved structure of the deposit. The palynology of the upper horizons of the section suggests higher humidity and milder climate than the present one. Below the sampled horizon, a layer containing megafauna fossils (Xenarthra and Proboscidea) is present, but inaccessible due to the backflow of the water table within the trench. The study of previously recovered fossils is presented here.

**Keywords:** Xenarthra, Proboscidea, pollen, Quaternary Lake sediments, Northeast Brazil.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

**RESUMO** – Existem inúmeras lagoas e tanques naturais que funcionam como zonas de acúmulo de água e sobrevivência humana e animal nas regiões semiáridas do Estado do Ceará. Estes locais guardam normalmente marcadores (*proxies*) importantes de paleoclima e vegetação, e podem abrigar registros anteriores da presença humana ou da fauna pretérita. A Lagoa do Coronel é um destes sítios conhecidos pelos achados paleontológicos da megaflora pleistocênica. Entretanto, a aridez da região leva o sertanejo a buscar a água nas porções mais profundas das lagoas no contato solo/rocha, o que ocasiona a perturbação estratigráfica, mas permite a descoberta de fósseis. Em fevereiro de 2021, a escavação de um poço no setor norte da lagoa expôs um corte estratigráfico, cerca dois metros de profundidade, onde os estratos encontravam-se com a estrutura original do depósito. A análise palinológica dos horizontes superiores da lagoa indicaram uma maior umidade e um clima mais ameno do que o atual. Abaixo do horizonte amostrado, ocorre uma camada com fósseis da megaflora (*Xenarthra* e *Proboscidea*), não acessada diretamente devido a exposição do nível freático no interior da trincheira. Apresenta-se aqui o estudo dos fósseis previamente resgatados da lagoa.

**Palavras-chave:** *Xenarthra*, *Proboscidea*, polens, sedimentos lacustres quaternários, Nordeste do Brasil.

## INTRODUÇÃO

A paleopalinologia visa a reconstrução de ambientes antigos através da recuperação, identificação e análises estatísticas do pólen fóssil preservado nos mais diversos tipos de sedimentos ao longo da história geológica. Em estudos do Quaternário pode ser aplicada como excelente instrumento na reconstrução de paleoambientes e paleoclimas, com ênfase nas mudanças ocorridas durante o Pleistoceno superior e o Holoceno, épocas nas quais estão registradas as últimas grandes glaciações e as possíveis interferências antrópicas sobre o ambiente de forma global (Moore *et al.*, 1991).

O paleoambiente do Norte e Nordeste do Brasil foi analisado por diversos trabalhos (e.g., Ab'Saber 1977; Martin *et al.*, 1993; Guérin *et al.*, 1993; Sifeddine *et al.*, 1994; Colinvaux *et al.*, 1996; Oliveira, 1996; Chaves & Renault-Miskovsky, 1996; Behling, 1996, 1998; Oliveira *et al.*, 1999; Behling & Costa, 2001; Behling *et al.*, 2001; Sifeddine *et al.*, 2003; Santos, 2007; Cheng *et al.*, 2013; Guérin & Faure, 2014; Freitas *et al.*, 2015; Ledru & Araújo, 2023). Estudos mais detalhados somados a dados palinológicos e antracológicos permitem uma análise mais minuciosa dos eventos que modelaram o Quaternário.

A Lagoa do Coronel já é consolidada na literatura científica brasileira como um sítio paleontológico pleistocênico, devido às várias descobertas de fósseis dos grandes mamíferos da chamada megaflora extinta (Rocha, 1911; Branner, 1915; Moraes, 1924; Brasil, 1922; Alvim, 1939; Castellanos, 1941; Pompeu-Sobrinho, 1941; Moreira, 1971; Barreto, 1999; Ximenes, 2006). Por definição, a megaflora era composta por mamíferos com massa corporal acima de 44 kg (Martin & Steadman, 1999), porém, alguns deles chegavam a até cinco toneladas. Os fósseis que ali ocorrem consistem em ossos, dentes e osteodermos, a maioria em peças isoladas, inteiras ou fragmentadas, raramente articuladas, que impressionam pelas grandes dimensões, ocorrendo nos sedimentos da lagoa a mais de dois metros de profundidade. Não se tem notícias de esqueletos completos. As descobertas de fósseis são sempre ocasionais, quando a população local escava poços ou cacimbas para captação de água, interceptando os níveis fossilíferos. Até o presente nenhuma escavação científica, estratigráficamente controlada, foi realizada na região.

A lagoa é localizada na Fazenda Coronel, no Município de Jaguaretama, na microrregião do Médio Rio Jaguaribe, no

centro-leste do Ceará (Figura 1). É importante destacar que esse município mudou de nome desde a sua criação e que os fósseis de megaflora registrados na literatura geológica e paleontológica referente a essa localidade, aparecem com o topônimo da época de cada descoberta. Assim, segundo Sampaio (1981), Jaguaretama foi emancipada do Município de Jaguaribe em 1865, primeiro com o nome de Riachuelo (1865–1878); passou a Riacho do Sangue (1879–1937); depois Frade (1938–1955) e, finalmente, Jaguaretama a partir de 1956, até o presente. Essas datas de mudanças de denominações são importantes para associarmos os registros históricos de descobertas de fósseis com o topônimo atual. Apresenta-se aqui um estudo detalhado da Lagoa do Coronel, Jaguaretama, com informações sobre o perfil pedoestratigráfico superior, aspectos tafonômicos, além de registrar os fósseis (palinomorfos e megaflora) aí resgatados.

## CONTEXTO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO

A Lagoa do Coronel encontra-se inserida em rochas pré-cambrianas do Complexo Jaguaretama, na porção centro-norte do Domínio Jaguaribeano (**DJ**) da Província Tectônica Borborema Setentrional, entre as Zonas de Cisalhamento Dúctil de Orós (**ZCO**) - a oeste e Porto Alegre (**ZCPO**) - a leste (Figura 2).

As principais rochas que compõem o Complexo Jaguaretama na região estudada incluem migmatitos paraderivados (metatexitos) com mesossomas de biotita, gnaisses com ou sem granada, granada-silimanita-muscovita biotita, xistos migmatíticos, granada leucognaisses, e menores proporções de ortognaisse, lentes de calcissilicáticas e quartzitos (Pinéo, 2017).

A estrutura regional mais penetrativa é representada pelo bandamento e foliação tectono-metamórfica subverticalizada, cuja orientação dominante varia entre N–S e NE–SW. Esta estruturação é observada claramente em imagens de satélite, e condiciona a geometria superficial da Lagoa do Coronel, cuja forma aproxima-se de uma elipse alongada grosseiramente segundo N20E, com cerca de 600 m de comprimento e largura entre 30 e 100 m (Figuras 1 e 2).

A orientação e a forma da Lagoa do Coronel obedecem à forte controle de zona de cisalhamento subsidiária a Zona de Cisalhamento Dúctil de Orós situada a oeste, com granitos leucocráticos finos, subverticalizados, com mergulhos entre 60 e 70 graus para leste (Figuras 2 e 3).



**Figura 1.** Localização da Lagoa do Coronel, Jaguaretama, Ceará, no contexto regional e local.

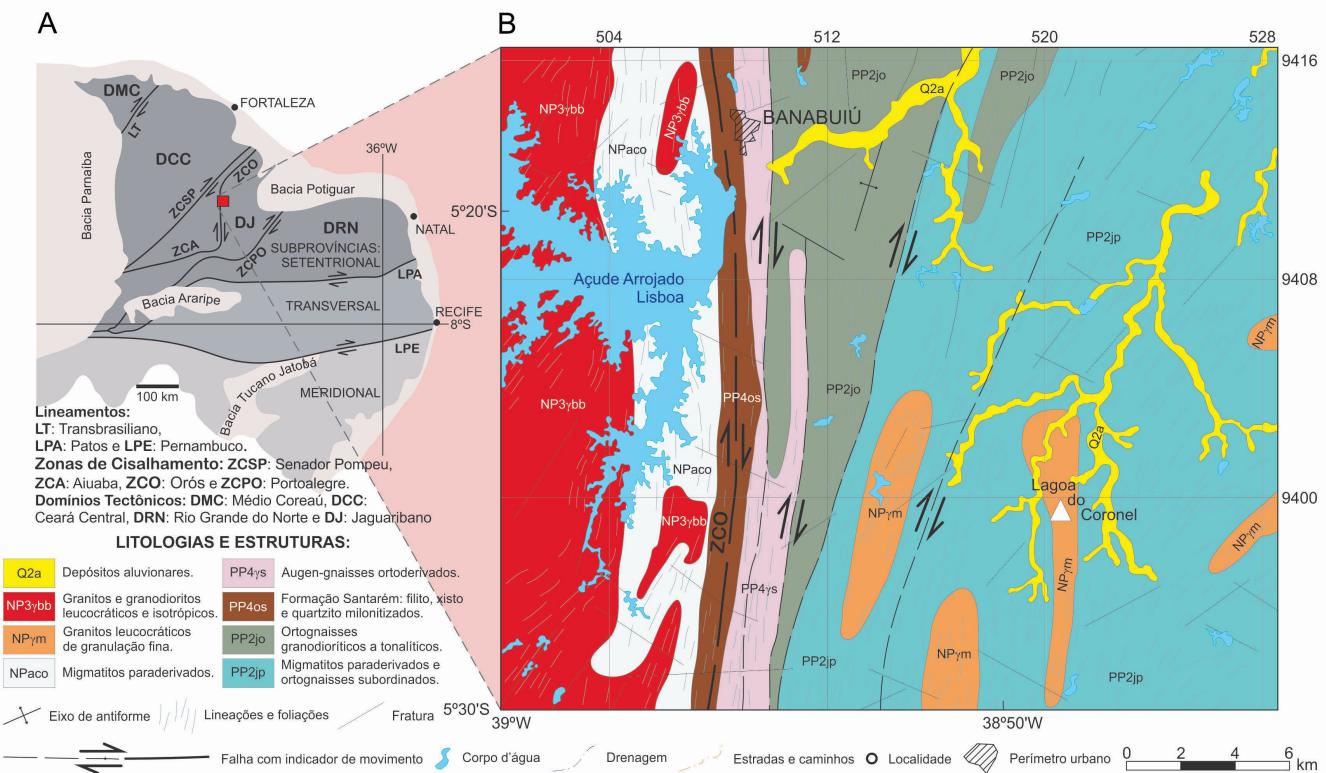
**Figure 1.** Location of Lagoa do Coronel, Jaguaretama, Ceará, in the regional and local context.

Do ponto de vista geomorfológico a área está inserida na Depressão Periférica Oriental do Ceará (Souza *et al.*, 2002), no sistema ambiental Sertões Moderadamente Dissecados de Jaguaretama (Costa & Oliveira, 2015), caracterizado pelo relevo plano a suave-ondulado, com declividades entre 3% a 8%. Essa paisagem é típica da Depressão Sertaneja, com feições aplinadas e rampas que convergem através de declives suaves

para os fundos de vales, geradas principalmente pela influência do intemperismo (Souza, 1988, 2000).

A altimetria do Município de Jaguaretama é bastante homogênea, variando entre 50 e 200 m, com maiores cotas a oeste, em direção ao limite com o Município de Banabuiú (Dantas, 2014).

Adrenagem é predominantemente de dendrítica a subdendrítica, como resultado da impermeabilidade das rochas, que facilitam o



**Figura 2.** Localização da área no contexto geológico regional. A, Província Borborema com seus principais Domínios Tectônicos, litologias e estruturas regionais. B, Lagoa do Coronel no contexto geológico da Folha Banabuiú (SB.24-X-C-I) (modificado de Pinéo, 2017).

**Figure 2.** Area location in the regional geological context. **A**, Borborema Province with its main Tectonic Domains, lithologies, and regional structures. **B**, Lagoa do Coronel in the geological context of the Banabuiú Sheet (SB.24-X-C-I) (modified from Pinéo, 2017).



**Figura 3.** Vista da Lagoa do Coronel (seção oeste–leste), ilustrando mergulho subvertical dos granitos para leste (seta cinza), localização da escavação e perfil estudado (seta branca).

**Figure 3.** View of Lagoa do Coronel (west-east section) illustrating the subvertical dip of the granites to the east (gray arrow), excavation location, and studied profile (white arrow).

escoamento superficial (Soares et al., 1995). Os rios são intermitentes ou sazonais e integram a Bacia hidrográfica do Rio Banabuiú.

Neste contexto geológico e geomorfológico em meio aos relevos residuais (*inselbergs*), lajedos e matacões de rochas graníticas, migmatitos e gnaisses formaram-se localmente algumas lagoas e tanques naturais onde ocorrem, por vezes, registros fósseis da megafauna pleistocênica. Parte deste cenário, a Lagoa do Coronel situa-se a cerca de 500 m a leste do riacho do Cumbe, afluente pela margem direita do Rio Banabuiú (Figuras 1 e 2).

### Clima, solos e vegetação

O clima da região é caracterizado pela intensa insolação e médias térmicas superiores a 26°C, com índice de aridez 0,44. O regime pluviométrico é do tipo tropical, com um curto período chuvoso e uma prolongada estiagem (Soares et al., 1995).

O Município de Jaguaretama faz parte do chamado sertão centro-oeste do Ceará, inserido no semiárido cearense marcado pela irregularidade de chuvas e solos rasos, abastecido pelo sistema hídrico de açudagem. Nas calhas dos principais cursos d'água do município aparecem, de forma descontínua, depósitos aluvionares quaternários, normalmente pouco espessos. O amplo predomínio de rochas cristalinas determina um baixo potencial hidrogeológico que, associado às precipitações baixas e concentradas, provoca problemas de abastecimento de água (Dantas, 2014).

Devido a escassez de recursos hídricos, a pedogênese em Jaguaretama é limitada, com ampla ocorrência de solos rasos: planossolos solódicos, neossolos flúvicos e neossolos litólicos. Nos relevos há ocorrência de luvissolos associados aos neossolos litólicos, além de manchas localizadas de neossolos regolíticos e argissolos vermelho-amarelos eutróficos (Costa & Oliveira, 2015).

A vegetação local difere pouco da tradicional Caatinga, ou Estepe do sertão árido nordestino, que abrange várias formações e constitui um tipo de vegetação estacional-decidual com inúmeras plantas suculentas, sobretudo cactáceas. As árvores são baixas, raquícticas e retorcidas. Sobressaem os gêneros *Zizyphus*, *Acacia*, *Erythrina* e *Bauhinia*, além de *Mimosa*, *Cassia* e *Erythroxylum*. Os gêneros predominantes são os das Cactaceae (e.g., *Cereus*, *Pilocereus* e gêneros endêmicos) e Bromeliaceae (e.g., *Bromelia*) (IBGE, 1993).

Nas áreas de inundação sazonal, onde as condições hídricas são mais favoráveis, a vegetação de Caatinga dá lugar à ocorrência de carnaubais (Soares et al., 1995).

## MATERIAL E MÉTODOS

As pesquisas na Lagoa do Coronel incluíram prospecção de superfície e subsuperfície, palinologia, tafonomia e produção de base topográfica local.

A topografia do interior e do entorno da lagoa inclui uma área de aproximadamente 77 ha, coberta em quatro voos de drone (marca DJI, modelo Phantom 4 Pro) de 17 min cada, a uma altura de 100 m e 1.617 fotos. O processamento das

imagens foi realizado no software Agisoft Metashape, por fotogrametria digital, para a geração de um ortomosaico de alta resolução e um modelo digital de elevação. A partir desses produtos, foram traçadas as curvas de nível, os cursos d'água e os limites da lagoa.

As análises palinológicas para avaliar a frequência relativa e absoluta dos palinomorfos foram realizadas em amostras coletadas com vibrotestemunhador (*vibrocore*) em testemunhos de PVC, por introdução de esporos exóticos, seguindo o roteiro a seguir:

1. Dispersão de 2,0 cm<sup>3</sup> de sedimento em becker de 100 ml, com adição de 50 ml de água destilada;
2. Tamisagem em uma malha de 200 µm, para retirada de restos vegetais, areias e outros materiais, com posterior adição de 2 pastilhas de esporo exótico (*Lycopodium* - cada uma com 12.100 esporos, para cálculo da frequência absoluta dos palinomorfos (Stockmarr, 1971);
3. Transferência do material solubilizado para tubos plásticos de centrífuga, para descarte da água;
4. Adição de HF (ácido fluorídrico) a 40%, para eliminação dos silicatos, com repouso de 24 h (repetição desta etapa quando necessário);
5. Adição de HCl (ácido clorídrico) a 10%, para eliminação dos fluossilicatos formados na reação anterior, e posterior fervura por 15 min.;
6. Adição de CH<sub>3</sub>COOH (ácido acético), para desidratação do material, em duas etapas;
7. Adição de 5 ml da mistura para acetólise: 4,5 ml de HOOC-COOH P.A. (anidrido acético) e 0,5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> P.A. (ácido sulfúrico), para dissolução de parte da matéria orgânica, em especial da celulose, e acetilação da exina (Erdtman, 1952), fervura por 4 min.;
8. Lavagem do material contido no tubo com 10 ml de água destilada, em duas etapas;
9. Adição de ZnCl<sub>2</sub> (cloreto de zinco), para separação dos palinomorfos do material restante; com transferência do sobrenadante com palinomorfos para outro tubo de centrífuga (esta é a única etapa em que o sobrenadante foi aproveitado);
10. Adição de HCl (ácido clorídrico) a 10%, para possibilitar a sedimentação dos palinomorfos, recuperando-os;
11. Lavagem em tubo com 10 ml de água destilada, (repetição desta etapa);
12. Adição de água glicerinada (1:1), repouso por 30 min., para a posterior montagem das lâminas;
13. Confecção das lâminas permanentes com gelatina glicerinada (Kisser, 1935; Erdtman, 1952).

Ao final de cada etapa, centrifugou-se por 5 min. (na velocidade de 1500 rpm) e desprezou-se o sobrenadante, exceto na fase do cloreto de zinco.

Para o estudo da megafauna, foram utilizados os dados produzidos pelo Museu de Pré-História de Itapipoca (**MUPHI**) que conserva cerca de 80 espécimes da Lagoa do Coronel, coletadas em 1999. Os fósseis de Cingulata foram os mais estudados até o momento, porque há uma boa quantidade de osteodermos, 18 no total, que são elementos taxonomicamente diagnósticos.

## RESULTADOS

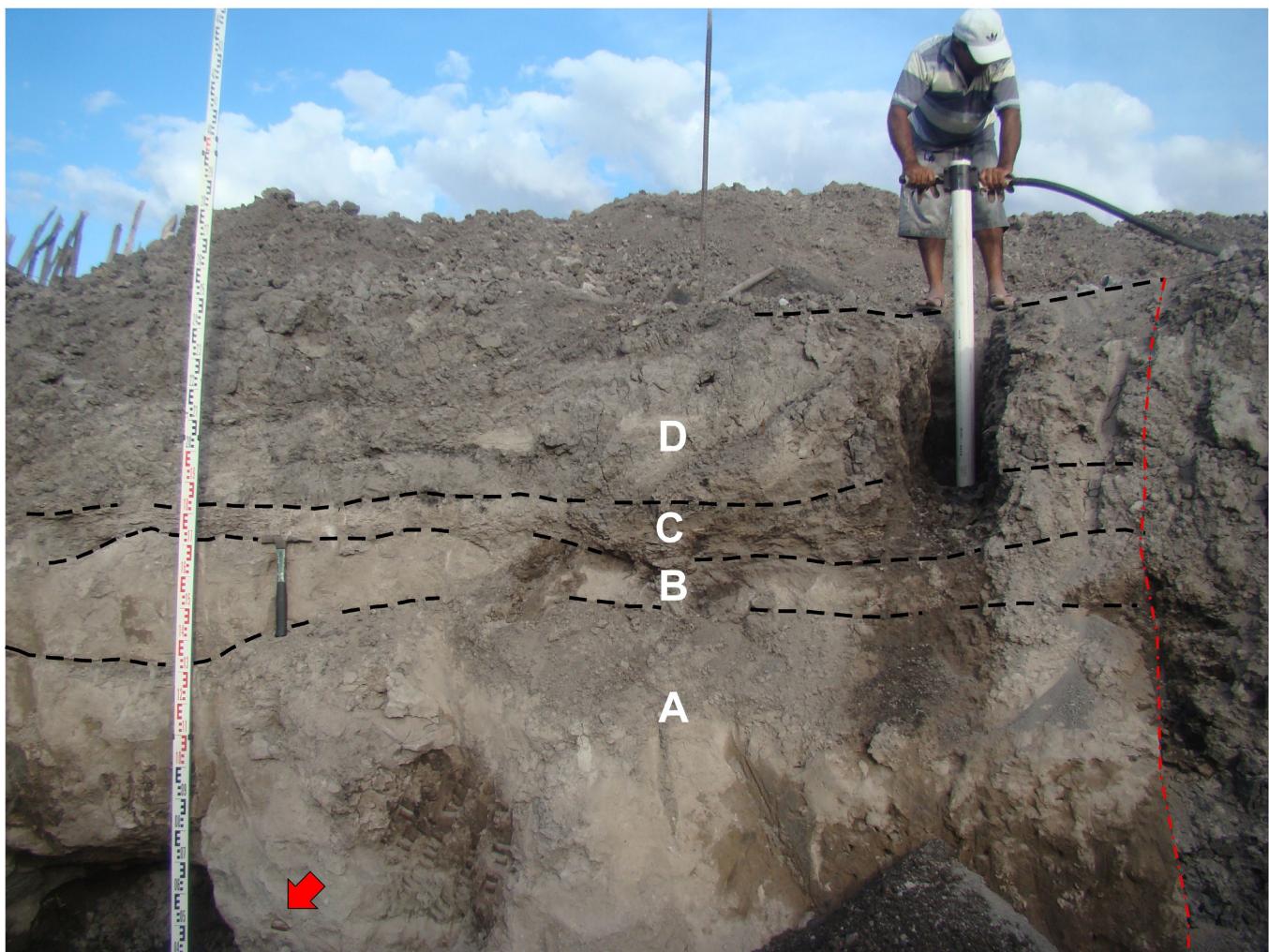
### Pedoestratigrafia

A escavação para captação de água realizada na Lagoa do Coronel não atingiu os granitos leucocráticos subjacentes, expondo a cerca de 2,5 m de profundidade uma camada de argila oleosa cinza-escura, rica em matéria orgânica. Apresentamos os resultados das observações do perfil pedoestratigráfico superior, com profundidade de 2,1 m desenvolvido acima da camada oleosa e marcado por discordância erosiva ou não deposicional, que separa ambas as camadas (Figura 4).

A camada basal (camada A, Figuras 4–5) consiste em intercalações centimétricas a decimétricas de arenito fino a médio com arenito conglomerático imaturo com grãos milimétricos a centimétricos, de subarredondados até angulosos de quartzo,

feldspato e fragmentos de quartzo-xisto e granito. A porção inferior desta camada inicia-se com uma faixa de 10 cm de arenito fino, seguida por um horizonte de arenito conglomerático imaturo, com seixos de quartzo de até 4 cm. Neste intervalo, que marca os estágios iniciais de deposição da camada A, foi encontrado um fragmento de carapaça de gliptodont (Figura 5B).

Acima da camada A ocorre uma camada argilosa cinza-escura de elevada plasticidade e fendilhamento (camada B) com espessura entre 10 e 40 cm, situada a 1,5 m de profundidade (Figura 5). Acima da camada B, com mesma espessura média, ocorre uma camada cinza-esbranquiçada, argilo-arenosa a arenosa fina e estratificada (Camada C). Em função da resistência do sedimento à penetração do tubo amostrador de PVC, a sondagem atingiu o topo, predominantemente argiloso da camada C, situado entre um metro e 90 cm de profundidade (Figura 4).



**Figura 4.** Perfil pedoestratigráfico do setor norte da Lagoa do Coronel, com a localização da sondagem realizada com vibrotestemunhador (*vibrocore*). As letras diferenciam as camadas não perturbadas descritas no texto. A linha tracejada vermelha limita “intrusão” argilosa localizada ao sul da seção, provavelmente relacionada a escavação da cacimba em período de seca. A seta vermelha na base da seção indica o local de ocorrência de vestígio de megafauna (detalhe na Figura 5).

**Figure 4.** Pedostratigraphic profile of the northern sector of Lagoa do Coronel, with the location of the vibrocore sampling. The letters differentiate the undisturbed layers described in the text. The red dashed line limits the clayey “intrusion” located to the south of the section, probably related to the excavation of the well during a dry period. The red arrow at the base of the section indicates the occurrence site of megafauna remains (detail in Figure 5).

A análise do conteúdo e da textura das camadas inferiores da sondagem mostra intercalações de estratos argilosos e arenoconglomeráticos e, portanto, sugere intervalos alternados de sedimentação com fluxos variados de energia. Aparentemente, nas camadas argilosas a sedimentação lenta subaquosa foi interrompida por um fluxo de maior energia, transportando sedimentos imaturos das bordas para o interior da lagoa. O contexto estratigráfico do relicito de megafauna, em conglomerado, com grandes seixos de quartzo, feldspato e de outras rochas sugere o seu arraste para o interior da lagoa.

O metro superior do perfil foi amostrado para palinologia, e consiste em argilas com raros níveis arenosos e pequenos fragmentos alterados de rocha. A camada superior (D, 50 cm) é um vertissolo composto de argila cinza-escuro muito plástica, com fendilhamento e gretas de contração ocasionalmente preenchidas por grãos de quartzo. Subacente a ela ocorre um nível cinza-claro areno-argiloso de 20 cm com fragmentos de rocha granítica centimétricos intemperizados. Dos 70 aos 80 cm de profundidade ocorrem lentes de argila cinza-chumbo, muito plástica, intercaladas com níveis areno-argilosos cinza-esbranquiçados. Os dez cm finais, que completam o metro superior do perfil, são compostos por folhelho cinza-escuro, constituído de argila laminada com lentes de areia fina.

## Palinologia

### Nível 18 (85 cm–90 cm)

No nível mais profundo observou-se uma baixa concentração polínica, com raros elementos arbóreos e não arbóreos. Os pólenes arbóreos (AP) restringiram-se aos tipos polínicos *Combretum* sp. e *Serjania* sp. (ambos com 25%), enquanto os não arbóreos (NAP) aos tipos polínicos *Hyptis* sp. e *Asteraceae* (ambos com 25%). Esporos de pteridófitas, triletes, plantas semiaquáticas e esporos de algas, com valores superiores aos tipos polínicos foram repertoriados, além fitólitos de Poaceae. Relação AP/NAP: 50%/50%.

### Nível 17 (80 cm–85 cm)

Neste nível não foi repertoriado nenhum grão de pólen arbóreo. Os grãos (NAP) foram observados em concentração muito baixa e restringiram-se aos tipos das famílias Cyperaceae (50%) e Poaceae (10%), *Euphorbia* sp. (10%) e *Borreria* sp. (30%). Esporos de pteridófitas, triletes, plantas semiaquáticas e esporos de algas continuaram presentes e com valores superiores aos tipos polínicos. Relação AP/NAP: 0%/100%.

### Nível 16 (75 cm–80 cm)

Nível contendo grãos AP restritos aos identificados como da família Arecaceae (6,25%). Os tipos NAP foram identificados como das famílias Araceae (56,25%), Poaceae (12,5%), *Borreria* sp. (12,5%), Cyperaceae e *Euphorbia* sp. (ambas com 6,25%). Esporos de pteridófitas, triletes, plantas semiaquáticas e de algas continuaram presentes. Relação AP/NAP: 6,25%/93,75%.

### Nível 15 (70 cm–75 cm)

Nível com baixa concentração polínica ( $\text{grãos}/\text{cm}^3 < 500$ ). Os tipos AP restringiram-se aos do gênero *Anacardium* sp. (33,33%) e de Arecaceae (8,33%). Os tipos NAP são: *Borreria* sp., (8,33%),

*Poaceae* (8,33%) e *Araceae* (41,66%). Esporos de pteridófitas, plantas semiaquáticas, triletes e algas continuaram presentes, mas em baixa concentração. Relação AP/NAP: 41,66%/ 58,33%.

### Nível 14 (65 cm–70 cm)

Nível com baixa concentração polínica ( $\text{grãos}/\text{cm}^3 < 1500$ ). A ocorrência de AP é baixa, observamos apenas grãos de pólen de palmeiras (Arecaceae) com valores de 16,12%. Os tipos NAP têm os seguintes valores: *Borreria capitata* (32,25%), Cyperaceae (12,90%), Poaceae (9,67%), *Euphorbia* sp. (3,22%) e Caryophyllaceae (3,22%). Esporos de pteridófitas, algas e plantas semiaquáticas (Juncaceae) continuaram presentes. Relação AP/NAP: 16,12%/83,87%.

### Nível 13 (60 cm–65 cm)

Os grãos de pólen de Arecaceae AP são 10,05%, acompanhados de grãos de *Cestrum* sp. (2,36%) e de *Podocarpus* sp. (4,7%). Este último é um interessante marcador climático relacionado a ambientes úmidos. Os tipos NAP seguiram com os seguintes valores: *Borreria capitata* e *B. verticillata* (26,03%), Cyperaceae (14,20%), Poaceae (12,42%), Caryophyllaceae (5,91%) e *Euphorbia* sp. (7,10%). Elementos semiaquáticos foram encontrados em quantidades significativas (Juncaceae), assim como triletes, algas, esporos de pteridófitas e monoletos. Relação AP/NAP: 17,15%/82,84%.

### Nível 12 (55 cm–60 cm)

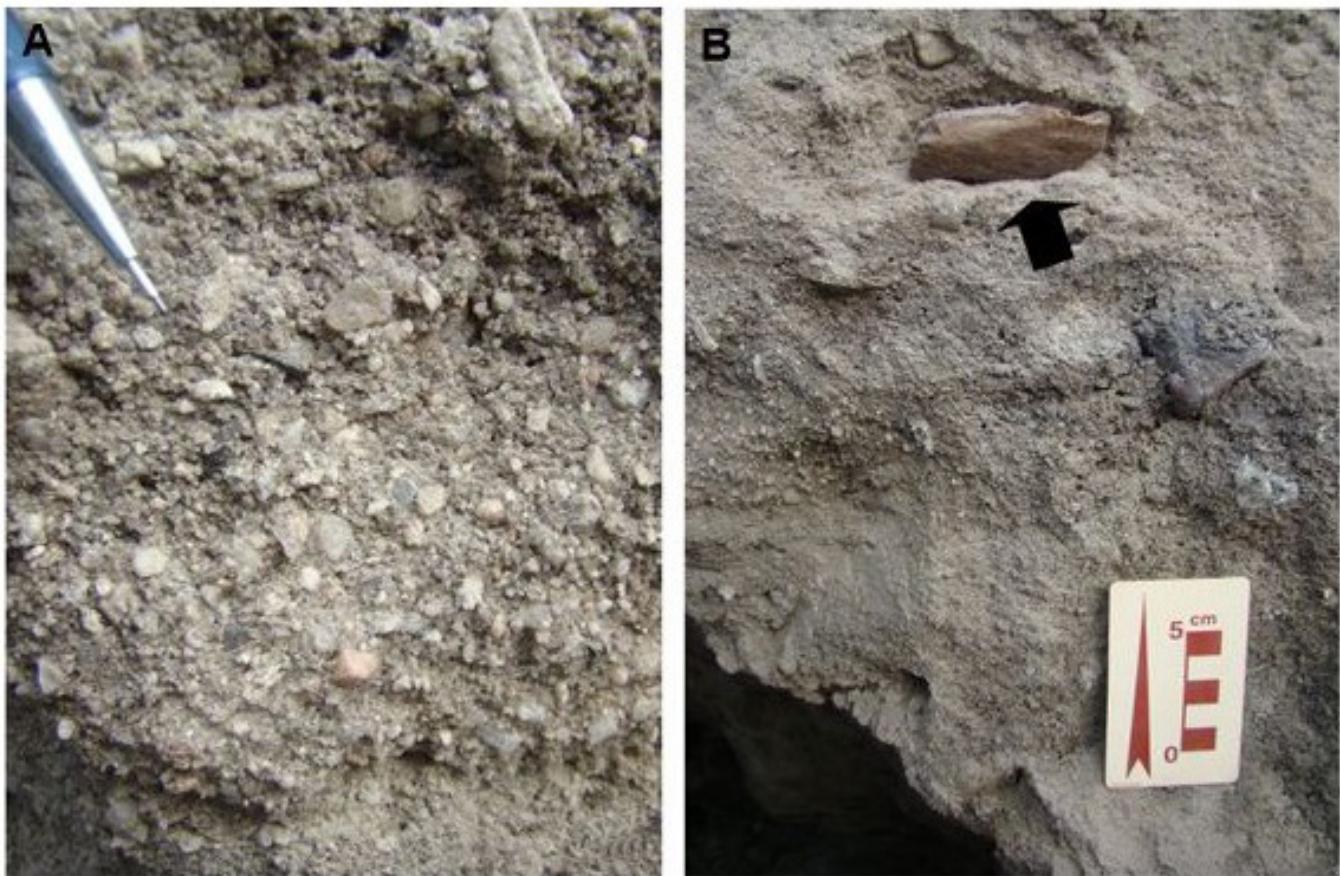
Tipos AP são representados somente por grãos da família Arecaceae (9,37%). Os tipos NAP têm os seguintes valores: *Borreria capitata* e *Borreria verticillata* (31,25%), Poaceae (17,70%), Cyperaceae (14,58%), Caryophyllaceae (8,33%) e *Euphorbia* sp. (4,16%). Elementos semiaquáticos foram registrados em quantidades significativas (Juncaceae), assim como triletes, algas, esporos de pteridófitas e monoletos. Relação AP/NAP: 9,37%/90,62%.

### Nível 11 (50 cm–55 cm)

Os tipos AP predominam amplamente neste nível e pertencem à família Arecaceae (11,35%); os tipos *Myrcia* sp. (1,09%) e *Mimosa verrucosa* (0,36%). Os tipos NAP têm os valores seguintes: *Borreria capitata* (22,34%), Cyperaceae (19,04%), Bromeliaceae - *Dyckia* sp. (18,31%), Poaceae (15,75%), Euphorbiaceae (3,66%), Caryophyllaceae (1,09%), *Hyptis* sp. (2,93%), *Cnidosculus* sp. (0,36%) e *Pavonia* sp. (0,36%). Quantidades significativas de elementos semiaquáticos (Juncaceae) foram repertoriados, assim como triletes, algas, esporos de pteridófitas e monoletos. Relação AP/NAP: 12,82%/87,17%.

### Nível 10 (45 cm–50 cm)

Fraca concentração polínica (quantidade de  $\text{grãos}/\text{cm}^3 < 150$ ). A ocorrência de plantas AP se apresentou baixa. Apenas grãos de pólen de palmeiras (Arecaceae) foram repertoriados (10,63%). Os tipos NAP possuem os seguintes valores: *Borreria capitata* (26,59%), Poaceae (25,53%), *Euphorbia* sp. (6,33%),



**Figura 5.** Detalhe da porção inferior da camada A (seta vermelha na Figura 4) com ênfase para a textura, forma e composição dos seixos (A) e para a presença de fragmento de carapaça de gliptodonte ao lado de seixos angulosos de quartzo de veio e granito em matriz de arenito conglomerático imaturo (seta preta) (B). **Figure 5.** Details of the lower portion of layer A (red arrow in Figure 4) with emphasis on the texture, shape, and composition of the pebbles (A) and the presence of a fragment of glyptodont carapace alongside angular quartz and vein granite pebbles in an immature conglomerate sandstone matrix (black arrow) (B).

Bromeliaceae – *Dyckia* sp. (7,44%), Caryophyllaceae (2,12%), *Cnidosculus* sp., (3,19%) e *Tragia* sp. (1%). Elementos como esporos de pteridófitas, esporos de algas e plantas semiaquáticas (Juncaceae) continuaram presentes. Relação AP/NAP: 10,63%/89,36%.

#### Nível 9 (40 cm–45 cm)

A diversidade de elementos NAP se mantiveram com *Borreria* sp (21,42%), Cyperaceae (26,78%), além dos tipos polínicos *Tragia* sp., (2,67%), *Cerathosanthes* sp., (2,67%), *Aspilia* sp., (2,67%), Poaceae (7,14%), Caryophyllaceae (0,89%) e *Gomphrena* sp., (6,25%). Os tipos AP são representados por grãos da família Arecaceae (13,39%), Leguminosae Mimosoideae (5,35%) e Anacardiaceae (0,89%). Esporos de pteridófitas, algas e plantas semiaquáticas (Juncaceae) continuaram presentes. Relação AP/NAP: 19,64%/90,35%.

#### Nível 8 (35 cm–40 cm)

Esse nível reforçou a diversidade de elementos NAP: *Borreria* sp. (39,53%), *Gomphrena* sp., (10,86%), Cactaceae (6,97%), Poaceae (4,65%), Cyperaceae (5,81%), Asteraceae (1,16%) e *Aspilia* sp. (3,48%). Esporos de pteridófitas e esporos de

algas (*Zygnuma*), monoletes e triletes também foram observados. Os tipos AP resumiram-se à *Mimosa* sp., (2,32%) e grãos de Lauraceae (5,81%), Anacardiaceae (2,32%) e Arecaceae (4,65%). Relação AP/NAP: 15,11%/84,88%.

#### Nível 7 (30 cm–35 cm)

Entre as poucas plantas arbóreas e subarbustos são repertoriados apenas os tipos polínicos da família Arecaceae 1 e Arecaceae 2 (5,5% e 0,9%, respectivamente) e *Mimosa verrucosa* (2,7%). Nesse nível os tipos NAP foram: *Borreria verticillata* e *Borreria captata* (31,65%), Poaceae (9,17%), Cyperaceae (9,63%), Cactaceae (2,29%), *Hyptis* sp., *Aspilia* sp., *Bernardia* sp., Rubiaceae, Acanthaceae e Araceae (todos com valores inferiores a 2%). Triletes, monoletes, algas e esporos continuaram bem representados. Relação AP/NAP: 9,17%/90,82%.

#### Nível 6 (25 cm–30 cm)

Plantas AP foram pouco encontradas, com os tipos polínicos *Combretum* sp., Anacardiaceae (1%) e Arecaceae (3%). Nesse nível os tipos NAP repertoriados foram *Borreria verticillata* e *B. captata* (50,52%), Poaceae (8,42%), Cyperaceae (6%), *Abutilon* sp. (1%), Caryophyllaceae (4%), Acanthaceae,

Cucurbitaceae e Araceae (2%). Elementos como triletes, monoletes, algas e esporos continuaram bem representados. Relação AP/NAP: 5,26%/94,78%.

#### Nível 5 (20 cm–25 cm)

Nível com baixa concentração polínica ( $\text{grãos}/\text{cm}^3 < 1500$ ) e de arbóreas (AP). Grãos de pólen de palmeiras estão presentes (6,55%), acompanhados dos tipos polínicos *Combretum* sp. e *Mimosa caesalpinifolia* (ambos com 3,27%). As plantas NAP são representadas por grãos do tipo *Borreria* sp. (29,50%), Poaceae (14,75%), Cyperaceae (13,11%) e Bromeliaceae (4,91%). Triletes, monoletes, algas e esporos continuaram bem representados. Relação AP/NAP: 14,75% / 85,24%.

#### Nível 4 (15 cm–20 cm)

As plantas AP são, na totalidade, representadas por palmeiras Arecaceae (4,25%). As não arbóreas são: *Borreria* sp. (48,93%), *Gomphrena* sp. (6,38%), *Pavonia* sp. (4,25%), Cactaceae (8,51%) e Poaceae (10,63%). Triletes, monoletes, algas e esporos continuaram bem representados. Relação AP/NAP: 4,25%/95,74%.

#### Nível 3 (10 cm–15 cm)

Nesse nível foi mantido pouca diversidade e baixa concentração dos grãos de pólen. Poucos tipos AP são representativos, como *Combretum* sp. e Sapindaceae (4,76%) encontrados na base do nível. A alta percentagem de *Borreria* sp. (42%) nos indica espaços abertos. Ressalta-se aqui a ocorrência significativa de esporos de pteridófitas, monocarpelados, triletes, algas, assim como monoletes e fitolitos da família Poaceae. Relação AP/NAP: 11,90%/88,09%.

#### Nível 2 (5 cm–10 cm)

Com uma baixa concentração ( $\text{grãos}/\text{cm}^3 < 1500$ ), esse nível tem poucos grãos de arbóreas. Os tipos polínicos AP são das famílias Arecaceae e Combretaceae, *Combretum* (12,12% e 3,03%, respectivamente). Os grãos NAP são: *Borreria* sp. (33,33%), Asteraceae (6,06%), *Hyptis* sp. (3,03%), Malvaceae (3,03%) e *Anisacanthus* (6,06%). Observamos também

a ocorrência de grãos de pólen das famílias Asteraceae e Euphorbiaceae, também com baixa percentagem (6,06%), além de esporos de algas, triletes, monoletes e pteridófitas. Relação AP/NAP: 24,24%/75,75%.

#### Nível 1 (0–5cm)

Nesse nível identificamos pouquíssimos grãos de pólen e com baixa concentração ( $\text{grãos}/\text{cm}^3 < 1500$ ). As plantas NAP são do tipo *Borreria* sp. (41,66%), Poaceae (Gramínea) (6,66%) e Cactaceae (6,66%), entre outros. Foram também identificados fitolitos da família Poaceae, grãos de pólen de plantas palustres, esporos de algas, triletes, monoletes e o tipo *Isoetes*, além de grãos de pólen de plantas herbáceas, *Aspilia* sp., *Gomphrena* sp., *Elephantopus* sp., *Euphorbia* sp., entre outros, todos com baixa concentração (inferior a 4%). Os tipos polínicos AP somaram 8,33% (Lauraceae, Chrysobalanaceae e Bignoniaceae). Os fitolitos de Poaceae, assim como os grãos de pólen dessa família, indicaram uma paisagem aberta e de áreas alagadas. Relação AP/NAP: 8,33%/91,66%.

A Figura 6 ilustra a evolução paleoambiental e a palinologia dos sedimentos estudados.

#### Paleofauna

Abaixo dos horizontes paleopalinológicos ocorre um nível de fósseis de mamíferos extintos da chamada mega fauna. Um panorama básico de como era o ecossistema da Lagoa do Coronel na época em que viviam os animais da mega fauna, pode ser interpretado através do material fóssil resgatado em 1999, depositados na Coleção Científica de Paleontologia do MUPHI (Barreto, 1999). Considerando os espécimes do acervo, mais aqueles coletados *in situ* durante o presente estudo, a fauna local do Pleistoceno superior da região de Jaguaretama tinha, no mínimo, representantes do grupo Xenarthra e Proboscidea, descritos a seguir.

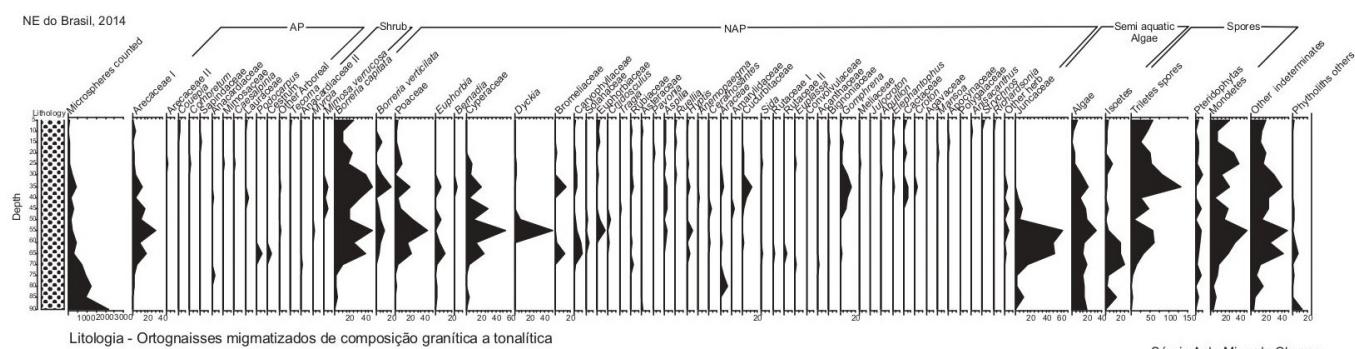
#### Paleontologia sistemática

Superordem XENARTHRA Cope, 1889

Ordem PILOSA Flower, 1883

Família MEGATHERIIDAE Owen, 1843

Subfamília MEGATHERIINAE Gill, 1872



**Figura 6.** Evolução paleoambiental e distribuição dos tipos polínicos identificados nos níveis amostrados da Lagoa do Coronel, Jaguaretama, Ceará.

**Figure 6.** Paleoenvironmental evolution and distribution of identified pollen types in the sampled levels of Lagoa do Coronel, Jaguaretama, Ceará.

*Eremotherium* Spillmann, 1948

*Eremotherium laurillardi* (Lund, 1842) Cartelle & Bohórquez, 1982  
 (Figura 7A–B, D)

**Material referido.** MUPHI 1372, 1373 e 1374.

**Descrição.** Fragmento de costela; metacarpo IV e fragmento da extremidade proximal de tíbia esquerda.

**Comentário.** *Eremotherium laurillardi* foi um animal pertencente ao grupo das chamadas preguiças terrícolas, do qual são conhecidas dezenas de espécies. É um táxon bem frequente nos registros paleontológicos, sendo seus fósseis, encontrados praticamente em todos os estados da federação, provavelmente os mais comuns do Pleistoceno brasileiro, e sendo presente por todo o continente americano, desde o sul do Brasil até o nordeste dos Estados Unidos (Cartelle, 2012). Os indivíduos mais avantajados chegaram a pesar 6,5 t e medir até 6 m de comprimento, da cabeça à ponta da cauda (Dantas *et al.*, 2017). As patas dianteiras possuíam 1,5 m de comprimento. Era um animal herbívoro, sendo sua dentição formada por 18 dentes prismáticos (dez superiores e oito inferiores), alimentando-se desde grama, pastando nos Cerrados, até folhas e frutos, que obtinha do alto das árvores. Diversos achados nos quais ocorrem restos de vários indivíduos com diferentes faixas

etárias sugerem que esses animais poderiam agrupar-se em rebanhos (Cartelle, 2012).

## Família MYLODONTIDAE Gill, 1872

Mylodontidae indet.  
 (Figura 7C)

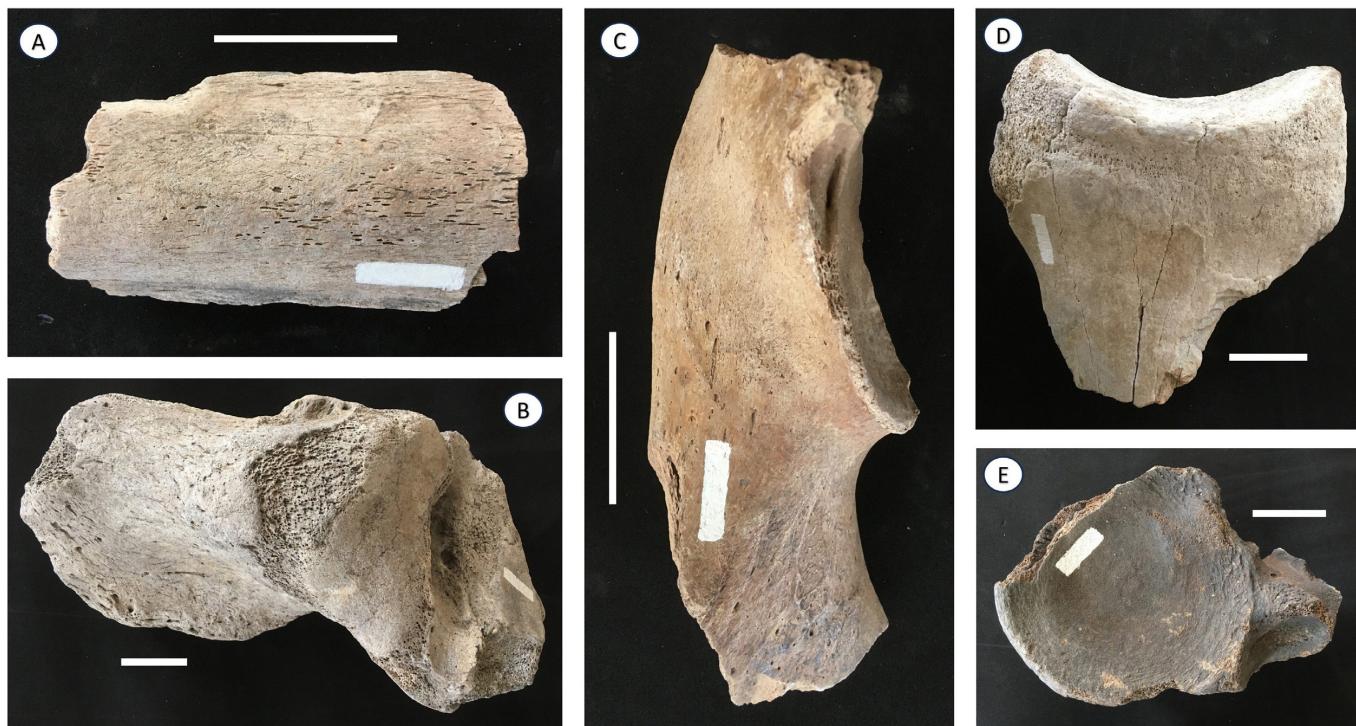
**Material.** MUPHI 1486.

**Descrição.** Fragmento da extremidade proximal de ulna direita.

**Comentários.** O espécime da Lagoa do Coronel é insuficiente para identificação precisa da espécie. Entretanto, por comparação com a bibliografia especializada (*e.g.*, Cartelle *et al.*, 2009; De Iuliis *et al.*, 2009; Miño-Boilini, 2012), concluímos ser possivelmente um representante da família Mylodontidae. Os milodontídeos são preguiças-terrícolas de grande tamanho, algumas quase do tamanho dos maiores megaterídeos (Paula-Couto, 1979). São conhecidas numerosas espécies dessa família, que se disseminou pelo território sulamericano, chegando até a América do Norte; distinguem-se com facilidade das espécies de megaterídeos por seus dentes, mãos e pés, mais complexos (Cartelle, 2000).

## Ordem CINGULATA Illiger, 1811

Subordem GLYPTODONTIA Ameghino, 1889  
 Família GLYPTODONTIDAE Gray, 1869



**Figura 7.** Fósseis de Pilosa e Proboscidea da Lagoa do Coronel, Jaguaretama, Ceará. **A.**, fragmento de costela de *Eremotherium laurillardi* (MUPHI 1372). **B.**, metacarpo IV de *Eremotherium laurillardi* em vista medial (MUPHI 1373). **C.**, fragmento da epífise proximal de ulna direita de Mylodontidae indet. (MUPHI 1486), em vista anterior. **D.**, fragmento da epífise proximal de tíbia esquerda de *Eremotherium laurillardi* (MUPHI 1374), em vista anterior. **E.**, centro de vértebra cervical de *Notiomastodon platensis* (MUPHI 1375), em vista anterior. Escalas = 5 cm.

**Figure 7.** Fossils of Pilosa and Proboscidea from Lagoa do Coronel, Jaguaretama, Ceará. **A.**, rib fragment of *Eremotherium laurillardi* (MUPHI 1372). **B.**, metacarpal IV of *Eremotherium laurillardi* in medial view (MUPHI 1373). **C.**, fragment of the proximal epiphysis of the right ulna of indeterminate Mylodontidae (MUPHI 1486), in anterior view. **D.**, fragment of the proximal epiphysis of the left tibia of *Eremotherium laurillardi* (MUPHI 1374), in anterior view. **E.**, centrum of cervical vertebra of *Notiomastodon platensis* (MUPHI 1375), in anterior view. Scale bars = 5 cm.

Subfamília PANOCHTHINAE Castellanos, 1927

Tribo PANOCHTHINI Castellanos, 1927

*Panochthus* Burmeister, 1866

*Panochthus* sp.

(Figura 8A)

**Material.** MUPHI 1358.

**Descrição.** Três osteodermos articulados, sem figura central, com superfície externa ornamentada por diversas figuras poligonais de pequeno tamanho delimitadas por sulcos bem marcados.

**Comentários.** A ordem Cingulata engloba xenartros que possuem uma carapaça dotada de placas ósseas (osteodermos) que lhe cobre todo o dorso, os lados, a cabeça e a cauda. Tradicionalmente são divididos em três grandes grupos: dasipodídeos, pampatérios e gliptodontes (Paula-Couto, 1979). O gênero *Panochthus* é um gliptodonte com ocorrência muito comum na região Nordeste do Brasil. Até recentemente, os osteodermos isolados e fragmentos de carapaça pertencentes a *Panochthus*, ornamentados apenas por figuras pequenas, eram atribuídos a *Panochthus greslebini* Castellanos, 1941, enquanto os osteodermos e fragmentos possuidores de uma figura central em associação com figuras menores, a *Panochthus jaguaribensis* Moreira, 1971 (Porpino & Bergqvist, 2002). No entanto, a partir de uma revisão dessas espécies, Porpino et al. (2014) demonstraram que essas atribuições são problemáticas e que, salvo os casos de associação clara com tubos caudais (o elemento

detentor dos caracteres diagnósticos de ambas as espécies), não existe base sólida para identificar materiais isolados de carapaça ocorrentes no Nordeste do Brasil em nível específico. Por este motivo, optamos por determinar o material coletado na Lagoa do Coronel – essencialmente osteodermos isolados sem figura central – somente em nível genérico. *Panochthus* sp. é um gliptodonte, de aproximadamente 3 m de comprimento e 1,5 m de altura, com uma massa de até 1.100 kg e hábitos alimentares herbívoros (Fariña et al., 1998). O gênero foi descrito originalmente na Argentina (Burmeister, 1866; Ameghino, 1889), mas viveu concentrado no Nordeste do Brasil. Sua distribuição geográfica na América do Sul mostra uma ampla faixa de ocorrência (Zamorano et al., 2014).

Subfamília GLIPTODONTINAE Gray, 1869

Tribo GLYPTOTHERIINI Castellanos, 1953

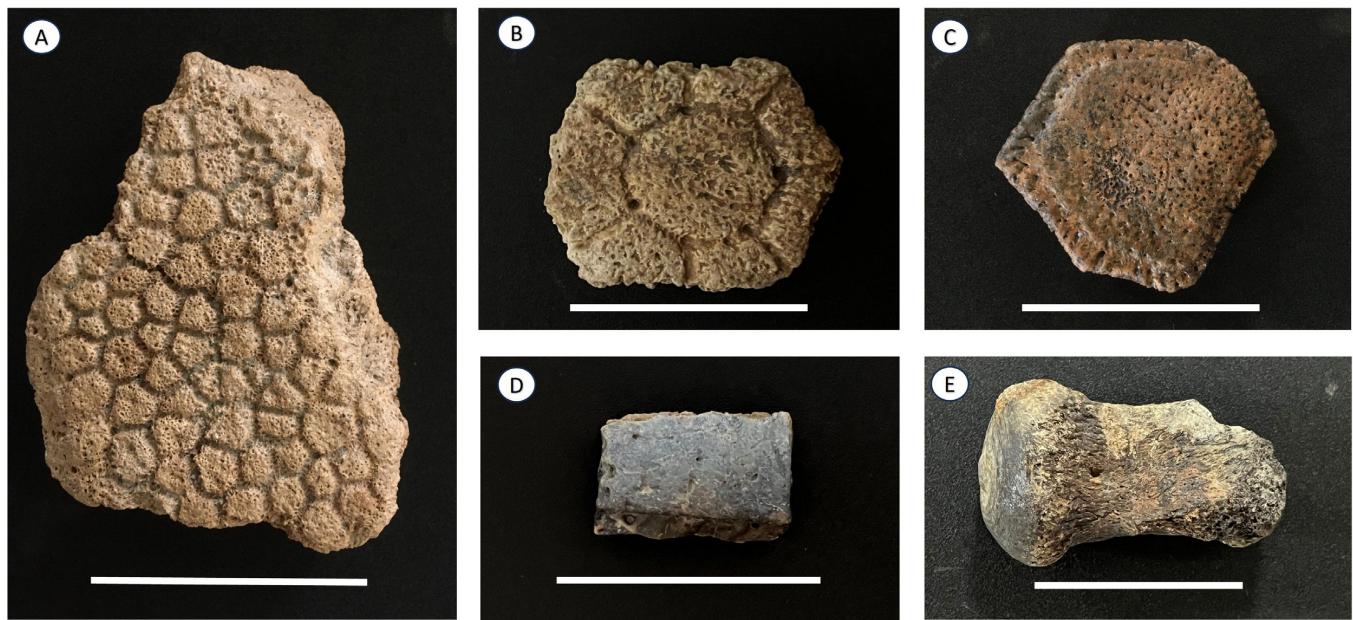
*Glyptotherium* Osborn, 1903

*Glyptotherium* sp.

(Figura 8B)

**Material.** MUPHI 1379.

**Descrição.** Osteodermo único com superfície externa de aspecto rugoso. A figura central possui aspecto circular, com uma pequena depressão no centro. Essa figura é maior do que as periféricas, as quais variam em número de seis a nove. Os sulcos centrais e radiais são rasos e estreitos e apresentam de três a cinco forames pilíferos.



**Figura 8.** Fósseis de cingulados da Lagoa do Coronel, Jaguaretama, Ceará. **A**, conjunto de três osteodermos articulados de banda fixa da carapaça de *Panochthus* sp. (MUPHI 1358). **B**, osteodermo isolado de banda fixa da carapaça de *Glyptotherium* sp. (MUPHI 1379). **C**, osteodermo isolado de banda fixa da carapaça de *Holmesina paulacoutoi* (MUPHI 1378). **D**, fragmento de osteodermo de banda móvel da carapaça de *Holmesina paulacoutoi* (MUPHI 1487). **E**, centro de vértebra caudal de Glyptodontidae indet. (MUPHI 1488). Escalas = 5 cm.

**Figure 8.** Cingulate fossils from Lagoa do Coronel, Jaguaretama, Ceará. **A**, set of three articulated osteoderms from the fixed band of the *Panochthus* sp. carapace (MUPHI 1358). **B**, isolated osteoderm from the fixed band of the *Glyptotherium* sp. carapace (MUPHI 1379). **C**, isolated osteoderm from the fixed band of the *Holmesina paulacoutoi* carapace (MUPHI 1378). **D**, fragment of osteoderm from the mobile band of the *Holmesina paulacoutoi* carapace (MUPHI 1487). **E**, centrum of caudal vertebra of indeterminate Glyptodontidae (MUPHI 1488). Scale bars = 5 cm.

**Comentários.** *Glyptotherium* é um gênero de gliptodonte, animal encouraçado por grossos osteodermos de formato hexagonal, com aproximadamente 2,7 m de comprimento e 1,3 m de altura, massa de até 2.000 kg (Fariña *et al.*, 1998) e hábitos alimentares herbívoros, como demonstra a sua dentição composta por 32 dentes prismáticos e sem esmalte, de crescimento contínuo, muito semelhantes entre si, de superfícies interna e externa com dois ou três prismas que perfaziam um percurso em zigue-zague, e uma fina lámina irregular de dura dentina, no centro da superfície oclusal, possibilitando que ampla gama de vegetais poderia ser moída eficientemente (Cartelle, 2012). Viveu desde a América do Norte até a América do Sul, sendo que no Brasil predominava nas regiões Nordeste e Sudeste (Oliveira *et al.*, 2010).

Família GLYPTODONTIDAE Gray, 1869

Glyptodontidae indet.

(Figura 8E)

**Material.** MUPHI 1488.

**Descrição.** Fragmento de centro de vértebra caudal.

**Comentário.** Não há elementos mais diagnósticos nesse espécime para identificação mais precisa, porém, pelo seu tamanho e comparação com a literatura especializa, atribuímos tentativamente a Glyptodontidae indet.

Família PAMPATHERIIDAE Paula Couto, 1954

*Holmesina* Simpson, 1930

*Holmesina paulacoutoi* Cartelle & Bohórquez, 1985

(Figura 8C)

**Material.** MUPHI 1378 e 1487.

**Descrição.** Osteodermo da região fixa da carapaça, com forma hexagonal. Possui a superfície externa pontuada por pequenos orifícios, o que lhes confere aspecto muito rugoso. A área principal é mais elevada e ao redor desta existe uma região marginal bem desenvolvida, mais rebaixada e de aspecto ainda mais rugoso.

**Comentários.** Os pampatérios ou tatus-gigantes, possuem três espécies atribuídas ao gênero *Holmesina* registradas para o Nordeste do Brasil, *H. paulacoutoi*, *H. majus* e *H. cryptae* (Scillato-Yané *et al.*, 2005; Araújo *et al.*, 2011; Góis, 2013; Araújo, 2013; Moura *et al.*, 2019). A diferença entre os osteodermos das espécies é muito sutil, mas concluímos que o espécime aqui figurado é mais concordante com *H. paulacoutoi*, com base nos trabalhos de Scillato-Yané *et al.* (2005) e Góis (2013). *H. paulacoutoi* tinha dimensões de aproximadamente 3 m de comprimento e 1,5 m de largura, com uma massa corporal de cerca de 300 Kg. Possuía hábitos alimentares herbívoros, alimentando-se preferencialmente de vegetais suculentos, o que é sugerido por seus dentes com formato de oito e com superfície mastigatória plana (Cartelle, 2012).

Ordem PROBOSCIDEA Illiger, 1811

Família GOMPHOTHERIIDAE (Hay, 1922) Cabrera, 1929

*Notiomastodon* Cabrera, 1929

*Notiomastodon platensis* Ameghino, 1888

(Figura 7E)

**Material.** MUPHI 1375.

**Descrição.** Centro de vértebra cervical.

**Comentários.** Para *Notiomastodon*, considerando-se a revisão taxonômica estabelecida por Mothé *et al.* (2012), que definiu que somente uma espécie de mastodonte habitou o território brasileiro durante o Pleistoceno, e por estar a Lagoa do Coronel dentro da faixa de distribuição biogeográfica dos gonfoterídeos das planícies da América do Sul definida por Mothé *et al.* (2013), o exemplar de Jaguaretama pertence à espécie *N. platensis*. Eram animais de grandes proporções, chegando a pesar até 4.000 kg (Fariña *et al.*, 1998), e com anatomia semelhante aos atuais elefantes africanos, porém, menos volumosos e, proporcionalmente, mais atarracados e robustos; eles eram exclusivamente herbívoros, como mostra sua dentição totalmente adaptada à mastigação de vegetais, com grandes dentes molares com cristas em forma mamilar, recobertos com espessa camada de esmalte (Cartelle, 2012). Essa espécie tem vivido por toda a América do Sul, sendo que no Brasil há ocorrências de seus fósseis em vários estados onde, possivelmente, ocupava as planícies com árvores, habitat semelhante ao atual Cerrado (Mothé *et al.*, 2012).

### Aspectos tafonômicos

Os fósseis da Lagoa do Coronel aqui estudados foram obtidos a partir de três escavações para instalação de cacimbas (poços) para captação de água subterrânea, não havendo portanto, nenhuma informação disponível sobre a estratigrafia do nível fossilífero, inacessível pela subida do lençol freático. Consequentemente, não temos informação sobre os aspectos bioestratinômicos, como a tanatologia (*causa mortis*), a necrologia (decomposição) e a sedimentologia (condições deposicionais dos fósseis). As únicas informações tafonômicas disponíveis são os aspectos físicos individuais dos espécimes coletados, quase todos fragmentados, as observações macroscópicas dos processos de fossilização atuantes e a ocorrência de um fragmento de megafauna *in situ* na camada A.

Como os espécimes pertencem a cinco táxons diferentes, bem representativos de alguns dos animais que frequentaram a região, acumulados em um horizonte estratigráfico com considerável extensão lateral, temos então uma típica tafocenose, ou seja, uma associação soterrada de organismos mortos.

A maioria dos espécimes consiste em partes incompletas e fragmentadas de ossos pós-cranianos, principalmente de membros, vértebras e osteodermos, sendo esses os únicos mais inteiros. De material craniano, foi encontrado apenas um fragmento de maxila de *Notiomastodon platensis*, com os dois terceiros molares superiores ( $M^3$ ) inteiros, porém, muito desgastados. Nenhum espécime estava articulado, e isso pode estar relacionado ao contexto alótone e/ou retrabalhamento, em que foi encontrado o fragmento de megafauna, no conglomerado da camada A. A fase de fossildiagênese, iniciada após o soterramento dos restos orgânicos, produziu fósseis tridimensionais como os espécimes de megafauna, totalmente desagregados do sedimento. Sobre os processos de fossilização atuantes, ainda não foram feitas análises químicas, mineralógicas ou petrográficas, porém, observa-se bem a atuação de processos de substituição, provavelmente por óxidos, devido à coloração marrom predominante nas peças, e permineralização por sílica.

## DISCUSSÃO

Na maioria dos níveis estudados constatamos a ocorrência frequente de pólen de palmeiras (Arecaceae I). Elementos arbustivos/arbóreos encontrados indicam uma vegetação de Caatinga (*Mimosa verrucosa*, *Mimosa caesalpinifolia*, *Combretum* sp. e *Myrcia* sp.), entrecortada de matas úmidas, com representantes de Lauraceae, Chrysobalanaceae, Sapindaceae e Bignoniaceae. Isto nos levou à constatação da existência pretérita de uma vegetação que beneficiava-se de uma certa umidade. Provavelmente existiu uma paisagem aberta com o estabelecimento de outras áreas alagadas no entorno da lagoa.

Em 17 dos 18 níveis estudados, e com representatividade concentração, foram observados grãos de *Borreria capitata* e/ou *B. verticillata*, espécies marcadoras de ambientes abertos. Nos níveis de 30, 35, 40, 45, 55 e 60 cm observamos uma alta diversidade de tipos polínicos NAP, indicando uma vegetação aberta, com clima e ambiente propício a populações humanas. Elementos como *Isoetes*, esporos triletes, pteridófitas e monoletes, apontam para a existência de ambientes úmidos e sombreados no passado, como levantado por Xavier *et al.* (2012). A ocorrência de palinomorfos como esporos de algas e de plantas semiaquáticas (Juncaceae), principalmente entre os níveis de 45 a 70 cm, indicou também a existência de áreas abertas e alagadas, perdurando em boa parte da coluna analisada. Em nenhum dos níveis analisados observamos a predominância de vegetação AP em relação à NAP.

Nossa hipótese paleoclimática, reforçada pelas análises sedimentológicas, é de que a região gozava de maior umidade e clima mais ameno do atual. Os táxons aqui identificados apontaram para a existência de um mosaico de Savana-Estérica Florestada e Savana Estérica Parque, (IBGE, 1993). Os poucos elementos de floresta ombrófila mista alto-montana (*Podocarpus* sp.) indicaram, como já mencionado acima, a existência de ambientes úmidos.

O mosaico paisagístico que caracteriza a vegetação atual do nordeste brasileiro pode ser explicado, em parte, pela diversificação de suas feições geológicas que, com as variações pluviométricas, contribuem para a aridez que caracteriza a região (Ab'Saber, 1977).

A semiaridez é uma das características preponderantes do clima atual da região do sertão central do Ceará. Nessa região, a cobertura vegetal é predominantemente de Caatinga arbustiva que, comparada à Caatinga arbórea, tem o porte mais baixo, os caules retorcidos e esbranquiçados. As espécies mais frequentes são a *Mimosa hostilis* (“jurema”), *Cesalpinia bracteosa* (“catingueira”), *Mimosa caesalpinifolia* (“sabiá”), *Croton sonderianus* (“Marmeiro-preto”) e *Cereus jamacaru* (“Mandacaru”). Nos dias atuais essa vegetação sofre com processos de degradação decorrentes da interferência antrópica (IBGE, 1993). A Caatinga arbórea tem árvores altas, de copas largas e isoladas. Os espaços entre as árvores são amplos e o solo pode estar descoberto ou com plantas herbáceas.

A área da nossa pesquisa compreende as sub-bacias dos rios Quixeramobim e Banabuiú. Ressaltamos que nessa região

os cursos d’água, por serem intermitentes e sazonais, têm baixa energia, o que explica uma superfície com entalhe pouco pronunciado e vales largos.

Para esclarecer o quadro paleoambiental regional, contamos, além dos resultados polínicos, com os dados da paleofauna local e de outras regiões como o sudeste do Piauí (Guérin *et al.*, 1993; Guérin & Faure, 2014), e os dados paleobotânicos do Ceará e de estados vizinhos (Oliveira *et al.*, 1999; Freitas *et al.*, 2015).

Para o Piauí é relatado para o Pleistoceno superior, que as necessidades ecológicas das espécies estudadas, indicam a existência pretérita de uma vegetação aberta e pantanosa. A palinologia da Lagoa do Quari, sudeste do Piauí, atesta que entre  $8.770 \pm 55$  (9.911–9.545 anos cal AP) e  $5.425 \pm 45$  (6.287–6.005 cal AP) a paisagem era diferente da atual, com alta representatividade de elementos arbóreos típicos de ambientes abertos e de clima mais úmido, possivelmente relacionados a uma vegetação de transição entre o Cerrado e a Caatinga (Chaves *et al.*, 2008; Parenti *et al.*, 2021). Análises palinológicas da Toca do Boqueirão da Pedra Furada, no Piauí, trouxeram importantes contribuições paleoetnológicas, paleoclimáticas e paleoambientais. Amostras de coprólitos pertencentes a cervídeos, felinos, roedores, macacos e humanos foram analisadas. Os resultados demonstram que entre 12.000 e 9.000 anos AP havia uma vegetação aberta, entre 9.000 e 8.000 anos AP uma fase de transição do Cerrado ao Cerradão e por volta de 7.000 anos AP, uma vegetação de transição entre o Cerrado e a Caatinga (Chaves & Renault-Miskovsky, 1996).

Para o Ceará, entre 670 e 530 anos AP, o contexto paleoecológico e paleoflorístico sugerido é de um espectro polínico com elementos arbóreos-arbustivos, característicos de bosques úmidos, decíduos e uma vegetação xerófita, característica da Caatinga (Freitas *et al.*, 2015).

Auler *et al.* (2004) sintetizam os resultados dos achados de alguns sítios do semiárido e de diversos materiais que contêm vestígios botânicos fósseis. Acreditam que ocorreram na atual zona semiárida, e em grandes áreas, ligações entre as florestas amazônicas e atlânticas, ricas em biodiversidade. Em diversos períodos foram evidenciadas alternâncias de fases úmidas e secas.

A partir das características de ecologia alimentar dos animais da megafauna da Lagoa do Coronel, bem como suas massas e dimensões, que demandavam espaços para deslocamentos, podemos interpretar um paleoambiente composto por extensas áreas abertas com uma vegetação formada predominantemente por um substrato de gramíneas e herbáceas, com plantas arbustivas espalhadas e associações de faixas com árvores de tamanhos diversos, frutíferas ou não, provavelmente formando matas de galeria nas margens dos rios e das lagoas, sem formar dosséis contínuos. Essas características são típicas da savana ou mesmo do Cerrado brasileiro, segundo Ribeiro & Walter (1998).

A presença de fósseis de megaherbívoros na Lagoa do Coronel não garante que tenha havido uma fauna permanente desses gigantes na região. Estudos de paleopopulações de megafauna na América do Sul apontam a possibilidade de que os megamamíferos realizavam migrações sazonais, o que resultaria em uso mais eficiente da vegetação pelos herbívoros (Fariña *et al.*, 2014). Se considerarmos a premissa de que após

o Último Máximo Glacial (LGM), há cerca de 20.000 anos AP, havia sazonais climáticas na Região Nordeste do Brasil semelhante às atuais condições de estações secas e chuvosas bem separadas, com níveis de precipitação um pouco maiores que os atuais (Behling *et al.*, 2000), então é provável que os megaherbívoros só frequentassem a Lagoa do Coronel e áreas adjacentes na estação chuvosa de cada ano.

Entretanto, uma fase mais úmida pode ter se instalado na porção oriental do Nordeste, fazendo com que essas condições de áreas abertas começassem a se modificar. Pessenda *et al.* (2010), ao analisarem isótopos de carbono de matéria orgânica e carvão em amostras de solos em três pontos do Nordeste (sul do Ceará, oeste da Paraíba e leste do Piauí), postulam que a vegetação arbórea cobria a maioria das áreas de estudo entre o Pleistoceno superior até a transição Pleistoceno–Holoceno, o que poderia estar relacionado a uma fase mais úmida do clima. Isso diminuiria muito o suprimento de gramíneas o que, para os pastadores dessa vegetação, seria ruim, podendo induzi-los a abandonar a região de Jaguaretama ou, talvez, até provocar a extinção dos megaherbívoros especializados.

### Cronologia da megafauna local

Até o momento não há datações absolutas para a megafauna da Lagoa do Coronel, porém, inferências indiretas do período em que viveram nos são dadas por datações das mesmas espécies na região Nordeste. No Ceará, Faria *et al.* (2023) registraram, para o Município de Itapipoca, a 250 km à noroeste de Jaguaretama, idades radiocarbônicas de  $7.415 \pm 167$  (7867–8536 cal AP) e  $6.161 \pm 364$  anos AP (6.208–7.714 cal BP) para *Eremotherium laurillardi*, e  $7.940 \pm 502$  anos AP (7.836–10.159 cal AP) para *Notiomastodon platensis*, o que define um intervalo geocronológico do Holoceno médio para a paleofauna daquela região. Em outras localidades da região Nordeste, França *et al.* (2014) apresentaram uma compilação de 43 datações de fósseis de *Eremotherium laurillardi* e *Notiomastodon platensis*, de vários estados (Alagoas, Bahia, Paraíba, Rio Grande do Norte e Sergipe), pelo Carbono 14 ( $^{14}\text{C}$ ), ressonância do spin eletrônico (ESR) e série do urânia (U-series), cujos resultados mostraram que *Eremotherium laurillardi* era presente entre  $22.440 \pm 50$  AP (26,690–27,690 cal AP) e  $9.720 \pm 20$  AP (11,084–11,233 cal AP), enquanto *Notiomastodon platensis* ocorreu entre  $114.000 \pm 20.000$  AP e  $10.000 \pm 500$  anos AP (idades não calibradas), nos locais estudados. Assim, por analogia à geocronologia de outros sítios do Nordeste, e de acordo com a Carta Estratigráfica Internacional, versão 2023.06 (ICS, 2023), posicionamos cronoestratigraficamente os fósseis da Lagoa do Coronel no intervalo Pleistoceno superior–Holoceno Nortegriano.

### Inferências paleoecológicas para a megafauna

A Lagoa do Coronel é um sistema deposicional lacustre de idade quaternária, assentado em um substrato de rochas do embasamento cristalino Pré-Cambriano, formando um ambiente muito atrativo como fonte de água e alimentos para a megafauna ao longo do Pleistoceno, pois durante mais de um século foram

feitas várias descobertas de fósseis, indicando abundância de vertebrados em seus sedimentos.

Os cinco táxons registrados, *Holmesina paulacoutoi*, *Panochthus greslebini*, *Glyptotherium* sp., *Eremotherium laurillardi* e *Notiomastodon platensis*, eram todos herbívoros e, com exceção de *H. paulacoutoi*, que pesava em torno de 300 kg, os demais foram animais de enormes dimensões ( $>1$  t), sendo que os maiores indivíduos de *E. laurillardi* podiam chegar  $>6$  t. Esse gigantismo tem reflexo direto no consumo de água e de vegetação por esses animais, sendo esse parâmetro um dos mais usados nas análises paleoambientais.

Ainda não há estudos de isótopos estáveis de C e O nos fósseis da Lagoa do Coronel, porém, por analogia a resultados obtidos em outras localidades do Nordeste é possível considerar hábitos semelhantes. Dantas & Cozzuol (2016) apresentam dados de isótopos de carbono em fósseis de *Eremotherium laurillardi* encontrados no Rio Grande do Norte, Alagoas, Sergipe e Bahia, indicando que esses animais tinham uma alimentação baseada em gramíneas e herbáceas (plantas C<sub>4</sub>), ou dieta mista, alimentando-se também de folhas e frutos, de árvores e arbustos (plantas C<sub>3</sub>), indicando que poderiam explorar as margens de florestas, como generalistas.

Com relação aos Cingulata, o tatu-gigante *Holmesina paulacoutoi* é considerado um pastador de vegetação mais áspera e abrasiva (Vizcaíno, 2009), principalmente gramíneas (plantas C<sub>4</sub>), que geralmente são ricas em fitólitos, o que causa desgastes mais acentuados nos dentes. Também os gliptodontes, pastadores de vegetação abrasiva (Vizcaíno, 2009) com massas entre 1 e 2 t (Fariña *et al.*, 1998), certamente consumiam grandes quantidades dessa vegetação.

Sobre *Notiomastodon platensis*, Mothé *et al.* (2010) sugerem que essa espécie viveu em grupos, talvez semelhantes aos atuais elefantes africanos, formados por fêmeas adultas e seus filhotes e até outros jovens. Isso, associado a uma massa corporal de até 4 t, teria um impacto considerável no consumo de vegetais. Dantas & Cozzuol (2016) afirmam que sua dieta consistia em gramíneas e arbustos (plantas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>), sendo considerados generalistas (Fariña *et al.*, 1998). Uma recente proposta biogeográfica para *Notiomastodon platensis* sugere que essa espécie estava adaptada a formações sazonais secas, ou seja, Caatinga ou Cerrado, o que poderia indicar adaptações semelhantes em outras espécies da megaflora do Nordeste (Dantas *et al.*, 2013).

## CONCLUSÕES

A Lagoa do Coronel revelou-se ser um sítio paleontológico muito prolífico do ponto de vista micro e macrofossilífero, além de apresentar grande potencial para ocorrências arqueológicas. Os dados palinológicos dos horizontes estudados sugerem para a região um paleoclima com condições de umidade superiores às atuais e um clima mais ameno do que o observado nos dias de hoje. A partir dos gêneros/espécies vegetais identificados, nós inferimos que essa região apresentava-se com um perfil que se enquadraria na descrição de um mosaico de “Savana-Estépica Florestada e Savana Estépica Parque”. Elementos relacionados

à Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana (*Podocarpus* sp.) mesmo com baixa representatividade, indicaria, como já mencionado acima, um marcador climático relacionado a ambientes frios e úmidos.

Com relação ao paleoclima regional acreditamos que os resultados obtidos na Lagoa do Coronel reforçariam àqueles relatados para a região sudeste do Estado do Piauí. Além disso, a partir de análises polínicas de sedimentos lacustres, de coprólitos humanos e de animais, e também de carvões, constataria uma atenuação climática representativa, como por nós apontada na Lagoa do Coronel. Para toda essa área do Nordeste do Brasil, no Pleistoceno, provavelmente, o clima também era muito diferente, o testemunho é a quantidade e a variedade de grandes herbívoros documentada para a época.

A quantidade de fósseis de megafauna já recuperados do depósito sedimentar mostra uma boa biodiversidade, com grandes possibilidade de novas descobertas de outros componentes da paleofauna extinta, não tendo sido escavada sistematicamente a camada fossilífera. Até o momento, os cinco táxons encontrados foram os herbívoros cingulados *Holmesina paulacoutoi* (Pampatheriidae), *Panochthus greslebini* e *Glyptotherium* sp. (Glyptodontidae), pilosas *Eremotherium laurillardi* (Megatheriidae) e *Mylodontidae* indet., e o proboscídeo *Notiomastodon platensis* (Gomphotheriidae).

A crise ambiental no Pleistoceno superior tem grande importância arqueológica, tendo em vista escavações futuras na Lagoa do Coronel e a presença de artefatos em outras lagoas do Nordeste, uma vez que, no passado, foi sugerido que a rápida extinção da megafauna foi devida à atividades de caça.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará (DEGEO-UFC) em nome dos Laboratórios de Geotécnica e Prospecção (LAGETEC) e Geologia Marinha (LGMA) pela infraestrutura disponibilizada para as atividades de campo, incluindo veículo tracionado, quadricóptero drone e equipamento (*vibrocoring*) para coleta de amostras.

## FINANCIAMENTO

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas concedidas.

## CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Sérgio Augusto de Miranda Chaves: redação - rascunho original; conceitualizações; investigação; discussão. César Ulisses Vieira Veríssimo, Celso Lira Ximenes, Márcelia Marques, Fábio Parenti, Jefferson Lima dos Santos: redação - revisão; edição; conceitualização, discussão; formatação. Todos os autores deram a aprovação final para a publicação e concordaram em ser responsabilizados pelo trabalho nela realizado.

## DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Não usamos tecnologias assistidas por IA para criar, revisar ou qualquer parte deste artigo.

## ÉTICA

Este trabalho atende às autorizações de coleta.

## CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declararam que não têm nenhum interesse financeiro concorrente conhecido ou relações pessoais que possam parecer influenciar o trabalho relatado neste documento.

## REFERÊNCIAS

- Ab'Saber, A.N. 1977. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul por ocasião dos períodos glaciais Quaternários. *Paleoclimas*, 3:1-18.
- Alvim, G.F. 1939. Jazigos brasileiros de mamíferos fósseis. *Notas Preliminares e Estudos*, 18:8-16.
- Ameghino, F. 1889. Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, 6:1-1028.
- Araújo, S.E. 2013. *Revisão sistemática dos Cingulata (Mammalia, Xenarthra) fósseis quaternários do Ceará e Rio Grande do Norte*. Departamento de Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, Monografia, 48 p.
- Araújo, S.E.; Costa, I.F.; Felinto, S.K.C.; Ximenes, C.L. & Porpino, K.O. 2011. Estudo comparativo dos osteodermos de pampaterídeos, dasipodídeos e *Pachyarmatherium* (Mammalia: Cingulata) depositados no Museu de Pré-História de Itapipoca (MUPHI), Ceará, Brasil. In: PALEO 2010, Resumos, Porto Alegre, SBP, n. 64, p. 78. Available at <http://sbpbrasil.org/pt/paleontologia-em-destaque>; accessed on 10/07/2019.
- Auler, A.S.; Wang, X.; Edwards, R.L.; Cheng, H.; Cristalli, P.S.; Smart, P.L. & Richards, D.A. 2004. Quaternary ecological and geomorphic changes associated with rainfall events in presently semi-arid northeastern Brazil. *Journal of Quaternary Science*, 19:693-701. doi:10.1002/jqs.876
- Barreto, V. 1999. Pesquisador reconhece fóssil de mastodonte: fóssil de 10 quilos é encontrado. *Diário do Nordeste*, p. 2-4 (Caderno Regional).
- Behling, H. 1996. First report on new evidence for the occurrence of *Podocarpus* and possible human presence at the mouth of the Amazon during the Late-glacial. *Vegetation History and Archaeobotany*, 5:241-246. doi:10.1007/BF00217501
- Behling, H. 1998. Late Quaternary vegetacional and climatic changes in Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 99:143-156. doi:10.1016/S0034-6667(97)00044-4
- Behling, H. & Costa, M.L. 2001. Holocene vegetational and coastal environmental changes from the Lago Crispim record in northeastern Pará State, eastern Amazonia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 114:145-155. doi:10.1016/S0034-6667(01)00044-6
- Behling, H.; Cohen, M.C.L. & Lara, L.J. 2001. Studies on Holocene mangrove ecosystem dynamics of the Bragança Peninsula in north-eastern, Pará – Brasil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 167:225-242. doi:10.1016/S0031-0182(00)00239-X

- Behling, H.; Arz, H.W.; Patzold, J. & Wefer, G. 2000. Late Quaternary vegetational and climate dynamics in Northeastern Brazil, inferences from marine core GEOB 3104-1. *Quaternary Science Reviews*, **19**:981–994. doi:10.1016/S0277-3791(99)00046-3
- Branner, J.C. 1915. *Geología elementar*. 2<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro, Francisco Alves & Cia., 396 p.
- Brasil, T.P.S. 1922. *O Ceará no Centenário da Independência do Brasil*. Fortaleza, Typographia Minerva, 475 p.
- Burmeister, H. 1866. Lista de los mamíferos fósiles del terreno diluviano. *Anales del Museo Público de Buenos Aires*, **1**:121–232.
- Cartelle, C. 2000. Preguiças terrícolas, essas desconhecidas. *Ciência Hoje*, **27**:18–25.
- Cartelle, C. 2012. *Das grutas à luz: mamíferos do Pleistoceno de Minas Gerais*. 1<sup>a</sup> ed. Belo Horizonte, Editora Bicho do Mato, 236 p.
- Cartelle, C.; De Iuliis, G. & Ferreira, R.L. 2009. Systematic revision of tropical Brazilian Scelidotherine sloths (Xenarthra, Mylontoidea). *Journal of Vertebrate Paleontology*, **29**:555–566. doi:10.1671/039.029.0231
- Castellanos, A. 1941. A propósito de los géneros Plophophorus, Nopachthus y Panochthus (3<sup>a</sup> parte). *Publicaciones del Instituto de Fisiología y Geología, Rosario*, **11**:413–592.
- Chaves, S.A.; Parenti, F.; Guérin, C.; Faure, M.; Candelato, F.; Riota, V.; Mengoli, D.; Ferrari, S.; Natali, L.; Scardia, G. & Oberlin, C. 2008. Palinological analyses of Quaternary lacustrine sediments from “Lagoa do Quari”, NE Brazil (PI). In: FUMDHAMentos VII, p. 63–68.
- Chaves, S.A.M. & Renault-Miskovsky, J. 1996. Paléoenthnologie, paléoenvironnement et paléoclimatologie au Piauí, Brésil: apport de l'étude pollinique de coprolithes humains recueillis dans le gisement préhistorique Pléistocène de “Pedra Furada”. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, **322**:1053–1060.
- Chaves, S.A.M. *et al.* 2008. Palinological analyses of Quaternary lacustrine sediments from “Lagoa do Quari”, NE, Brazil, (PI). *Fundhamentos*, **7**:63–68.
- Cheng, H.; Sinha, A.; Cruz, F.W.; Wang, X.F.; Edwards, R.L.; D'horta, F.M.; Ribas, C.C.; Vuille, M.; Stott, L.D. & Auler, A.S. 2013. Climate change patterns in Amazonia and biodiversity. *Nature Communications*, **4**:1411. doi:10.1038/ncomms2415
- Colinvaux, P.A.; Oliveira, P. E.; Moreno, J. E.; Miller, M. C. & Bush, M. B. 1996. A long pollen record from lowland Amazonia Forest and cooling in glacial times. *Science*, **274**:85–87. doi:10.1126/science.274.5284.85
- Costa, L.R.F. & Oliveira, V.P.V. 2015. Os sistemas ambientais e a análise ambiental no contexto semiárido: o caso da sub-bacia hidrográfica do riacho Santa Rosa. *Revista Equador*, **4**:56–76. doi:10.26694/equador:v4i02.3277
- Dantas, S.P. 2014. *Influência do Açude Castanhão (Padre Cicero) no clima local de Jaguaretama - Ceará*. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, M.Sc. Thesis, 146 p.
- Dantas, M.A.T. & Cozzuol, M.A. 2016. The Brazilian intertropical fauna from 60 to About 10 ka B.P.: Taxonomy, dating, diet, and paleoenvironments In: G. Gasparini; J. Rabassa; C. Deschamps & E. Tonni (eds.) *Marine isotope stage 3 in Southern South America, 60 KA B.P.-30 KA B.P.* Springer Earth System Sciences. doi:10.1007/978-3-319-40000-6\_12
- Dantas, M.A.T.; Cherkinsky, A.; Bocherens, H.; Drefahl, M.; Bernardes, C. & França, L.M. 2017. Isotopic paleoecology of the Pleistocene megamammals from the Brazilian Intertropical Region: Feeding ecology (d13C), niche breadth and overlap. *Quaternary Science Reviews*, **170**:152–163. doi:10.1016/j.quascirev.2017.06.030
- Dantas, M.A.T.; Xavier, M.C.T.; França, L.M.; Cozzuol, M.A.; Ribeiro, A.S.; Figueiredo, A.M.G.; Kinoshita, A. & Baffa, O. 2013. A review of the time scale and potential geographic distribution of Notiomastodon platensis (Ameghino, 1888) in the late Pleistocene of South America. *Quaternary International*, **317**: 3–79. doi:10.1016/j.quaint.2013.06.031
- De Iuliis, G.; Pujos, F. & Cartelle, C. 2009. New ground sloth (Mammalia: Xenarthra) from the Quaternary of Brazil. *Comptes Rendus. Palévol*, **8**:705–715. doi:10.1016/j.crpv.2009.07.003
- Erdtman, G. 1952. *Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms (An introduction to Palynology)*. Stockholm, Almqvist & Wiksell, 539 p.
- Faria, F.H.C.; Carvalho, I.S.; Araújo Júnior, H.I.; Ximenes, C.L. & Facincani, E.M. 2023. Holocene Megafauna in Brazil: new records in Itapipoca (Ceará) and Miranda (Mato Grosso do Sul). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA DE VERTEBRADOS, 12, 2023. *Boletim de Resumos*, Santa Maria-RS, p. 47.
- Fariña, R.A.; Czerwonogora, A. & Di Giacomo, M. 2014. Splendid oddness: revisiting the curious trophic relationships of South American Pleistocene mammals and their abundance. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **86**:311–331. doi:10.1590/0001-3765201420120010
- Fariña, R.A.; Vizcaíno, S.F. & Barbo, M.S. 1998. Body mass estimations in Lujanian (Late Pleistocene–Early Holocene of South America) Mammal Megafauna. *Mastozoología Neotropical*, **5**:87–108.
- França, L.M.; Dantas, M.A.T.; Bocchiglieri, A.; Cherckinsky, A.; Ribeiro, A.S. & Bocherens, H. 2014. Chronology and ancient feeding ecology of two upper Pleistocene megamammals from the Brazilian Intertropical Region. *Quaternary Science Reviews*, **99**:78–83. doi:10.1016/j.quascirev.2014.04.028
- Freitas, A. G. *et al.* 2015. Manejo y cultivo de plantas en Sierras Húmedas del NE de Brasil CA. 670-530 B.P: evidências palinológicas del yacimiento Evaristo I. *Saguntum*, **47**:203–231.
- Góis, F.L. 2013. *Análisis morfológico y afinidades de los Pampatheriidae (Mammalia, Xenarthra)*. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Ph.D. Thesis, 312 p.
- Guérin, C. & Faure, M. 2014. Paleontologia da região do Parque nacional Serra da Capivara. In: A.M. Pessis; G. Martin & N. Guidon (eds.) *Os biomas e as sociedades humanas na Pré-história da região do Parque nacional Serra da Capivara, Brasil*. São Paulo, FUMDHAM, , p. 136–182.
- Guérin, C.; Hugueney, M.; Mourer-Chauviré, C. & Faure, M. 1993. Paléoenvironnement Pléistocène dans l'aire archéologique de São Raimundo Nonato (Piauí-Brésil): apport des mammifères et des oiseaux, Docum. Laboratoire Géologie Lyon, **125**:187–202.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1993. *Recursos naturais e meio ambiente: uma visão do Brasil*. Rio de Janeiro, 154 p.
- ICS – International Commission on Stratigraphy. 2023. *International Chronostratigraphic Chart – version 023/09*. Available at <https://stratigraphy.org/ICCSchart/ChronostratChart2023-06.pdf>; accessed on 06/27/2023.
- Kisser, J. 1935. Die Glyceringelatine als Einschlussmittel für mikroskopische Präparate. *Mikrokosmos*, **29**:15–18.
- Ledru, M.P.; Araújo, F.S. 2023. The Cerrado and restinga pathways: two ancient biotic corridors in the neotropics. *Frontiers in Biogeography*, **15**:e59398. doi:10.21425/F5FBG59398
- Martin, L.; Fournier, M.; Mourguia, P.; Sifeddine, A.; Turcq, B.; Flexor, J. & Absy, M.L. 1993. Southern oscillation signal in South American palaeoclimatic data of the last 7,000 years. *Quaternary Research*, **39**:338–346. doi:10.1006/qres.1993.1040
- Martin, P.S. & Steadman, D.W. 1999. Prehistoric extinctions on islands and continents In: R.D.E. MacPHEE (ed.) *Extinctions in near time: causes, contexts and consequences*. New York, Kluwer/Plenum, p. 17–56. doi:10.1007/978-1-4757-5202-1\_2
- Miño-Boilini, A.R. 2012. *Sistemática y evolución de los Scelidotheriinae (Xenarthra, Mylodontidae): cuaternarios de la Argentina. Importancia bioestratigráfica, paleobiogeográfica y paleoambiental*. Universidad Nacional de La Plata, Ph.D. Thesis, 317 p.
- Moore, P.D.; Webb, J.A. & Collinson, M.E. 1991. *Pollen analysis*. Oxford, Blackwell, 216 p.

- Moraes, L.J. 1924. *Serra e Montanhas do Nordeste*. Rio de Janeiro, Inspetoria Federal de Obras contra as Secas, Vol. I, 122 p. (Série I. D., Publ. 58).
- Moreira, L.E. 1971. Os gliptodontes do Nordeste do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **43**:529–552.
- Mothé, D.; Avilla, L.S.; Cozzuol, M.A. & Winck, G.R. 2012. Taxonomic revision of the Quaternary gomphotheres (Mammalia: Proboscidea: Gomphotheriidae) from the South American lowlands. *Quaternary International*, **276**:2–7. doi:10.1016/j.quaint.2011.05.018
- Mothé, D.; Avilla, L.S. & Cozzuol, M.A. 2013. The South American gomphotheres (Mammalia, Proboscidea, Gomphotheriidae): taxonomy, phylogeny, and biogeography. *Journal of Mammalian Evolution*, **20**:23–32. doi:10.1007/s10914-012-9192-3
- Mothé, D.; Avilla, L.S. & Winck, G.R. 2010. Population structure of the gomphothere *Stegomastodon waringi* (Mammalia: Proboscidea: Gomphotheriidae) from the Pleistocene of Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **82**:983–996. doi:10.1590/S0001-37652010000400020
- Moura, J.F.; Góis, F.; Galliari, F.C. & Fernandes, M.A. 2019. A new and most complete pampatherere (Mammalia, Xenarthra, Cingulata) from the Quaternary of Bahia, Brazil. *Zootaxa*, **4661**:401–444. doi:10.11646/zootaxa.4661.3.1
- Oliveira, E.V.; Porpino, K.O. & Barreto, A.F. 2010. On the presence of Glyptotherium in the Late Pleistocene of Northeastern Brazil, and the status of “Glyptodon” and “Chlamydothereum”. Paleobiogeographic implications, *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie. Abhandlungen*, **258**:353–363. doi:10.1127/0077-7749/2010/0116
- Oliveira, P.E. 1996. Glacial cooling and forest disequilibrium in western Amazonia. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **68**:129–138. doi:10.1006/qres.2000.218723
- Oliveira, P.E.; Barreto, A.M.F. & Suguio, K. 1999. Late Pleistocene/Holocene climatic vegetational history of the Brazilian Caatinga: the fossil dunes of the middle São Francisco River. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **152**:319–337. doi:10.1016/S0031-0182(99)00061-9
- Parenti, F.; Aimola, G.; Candelato, F.; Chaves, S.; Faure, M.; Ferrari, S.; Guérin, C.; Mengoli, D.; Natali, L.; Rioda, V.; Scardia, G.; Valli, A.M.F. 2021. Lagoa do Quari (São Raimundo Nonato, Piauí): Palaeoenvironment and wetland archaeology in Northeastern Brazil. *Geoarchaeology*, **36**:1–25. doi:10.1002/gea.21855
- Paula-Couto, C. 1979. *Tratado de Paleomastozoologia*. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, 590 p.
- Pessenda, L.C.R.; Ribeiro, A.S.; Gouveia, S.E. M.; Bendassoli, J.A.; Ricardi-Branco, F. & França, M.C. 2010. Estudo paleoambiental utilizando isótopos de carbono em solos do Nordeste do Brasil. *Revista do Instituto Geológico*, **31**:37–46.
- Pinéo, T.R.G. 2017. *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Banabuiú. Folha SB.24-X-C-I. Estado do Ceará. Escala 1:100.000. Geologia e Recursos Minerais*. Brasília, CPRM. Available at <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/19030>; accessed on 10/07/2019.
- Pompeu-Sobrinho, T. 1941. Estrutura geológica do Ceará. *Revista do Instituto do Ceará*, **55**:159–175.
- Porpino, K.O. & Bergqvist, L.P. 2002. Novos achados de *Panochthus* (Mammalia, Cingulata, Glyptodontidae) no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **4**:51–62.
- Porpino, K.O.; Fernicola, J.C.; Cruz, L.E. & Bergqvist, L.P. 2014. The Intertropical Brazilian species of *Panochthus* (Xenarthra, Cingulata, Glyptodontidae): a reappraisal of the taxonomy and phylogenetic affinities. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **34**:1165–1179. doi:10.1080/02724634.2014.863203
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: S.M. Sano & S.P. Almeida (eds.) *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, p. 89–166.
- Rocha, F.D. 1911. Paleontologia. *Boletim do Museu Rocha*, **1**:61–63.
- Sampaio, J.M.A. 1981. Divisão político-administrativa do Estado do Ceará: evolução histórica. Fortaleza: Instituto de Desenvolvimento Econômico do Ceará – IDEC.
- Santos, J.C.O. 2007. *Quaternário do Parque Nacional Serra da Capivara e entorno, Piauí Brasil. Morfoestratigrafia, Sedimentologia, Geocronologia e Paleoambientes*. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Ph.D. Thesis, 171 p.
- Scillato-Yané, G.J.; Carlini, A.A.; Tonni, E.P. & Noriega, J.I. 2005. Paleobiogeography of the late Pleistocene pampatheres of South America. *Journal of South American Earth Sciences*, **20**:131–138. doi:10.1016/j.jsames.2005.06.012
- Sifeddine, A.; Fröhlich, F.; Fournier, M.; Martin, L.; Servant, M.; Soubiès, F.; Turcq, B.; Suguio, K. & Volkmer-Ribeiro, C. 1994. La sédimentation lacustre indicateur de changements des paléoenvironnements au cours des 30.000 dernières années (Carajás, Amazonie, Brésil). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, **318**:1645–1652.
- Sifeddine, A. et al. 2003. A 2100 cal. years paleoclimatic record from Caçó Lake, Northern Brazil: evidence from sedimentary and pollen analyses. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **189**:25–34. doi:10.1016/S0031-0182(02)00591-6
- Soares, A.M.L.; Leite, F.R.B.; Lemos, J.J.S.; Martins, M.L.R.; Nera, R.D.M. & Oliveira, V.P.V. 1995. Áreas degradadas suscetíveis aos processos de desertificação no Ceará. In: M.G. Gomes; H.R. Souza & A.R. Magalhães (eds.) *Desenvolvimento Sustentável no Nordeste*. Brasília, IPEA, 25 p.
- Souza, M.J.N. 1988. Contribuições ao estudo das unidades morfoestruturais do Ceará. *Revista de Geologia*, **1**:73–91.
- Souza, M.J.N. 2000. Bases geoambientais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. In: L.C. Lima (ed.) *Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará*. Fortaleza, FUNECE.
- Souza, M.J.N.; Oliveira, V.P.V. & Grangeiro, M.M.G. 2002. Análise geoambiental. In: D. Elias (ed.) *O novo espaço da produção globalizada – o baixo Jaguaribe*. Fortaleza, FUNECE, p. 23–89.
- Stockmarr, J. 1971. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores*, **13**:615–621.
- Vizcaíno, S.F. 2009. The teeth of the “toothless”: novelties and key innovations in the evolution of xenarthrans (Mammalia, Xenarthra). *Paleobiology*, **35**:343–366. doi:10.1666/0094-8373-35.3.343
- Xavier, S.R.S.; Barros, I.C.L. & Santiago, A.C.P. 2012. Ferns and lycophytes in Brazil's semi-arid region. *Rodriguésia*, **63**:483–488. doi:10.1590/S2175-78602012000200021
- Ximenes, C.L. 2006. Novas ocorrências de fósseis de megaflora no Neo-Quaternário do Estado do Ceará. In: PALEO NE – REUNIÃO ANUAL REGIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PALEONTOLOGIA, 2006, Resumos, Sobral, UVA, p. 25–25.
- Zamorano, M.; Scillato-Yané, G.J. & Zurita, A.E. 2014. Revisión del género *Panochthus* (Xenarthra, Glyptodontidae). *Revista del Museo de La Plata*, **14**:1–46. doi:10.24215/25456377e208

Received: 27 April 2024. Accepted: 04 May 2025.