



Quaternarian Seridó

O SERIDÓ QUATERNÁRIO

CAIO DE FREITAS TAVARES¹, FERNANDO XERXES PEREIRA GOMES²

1 - MESTRANDO EM GEOQUÍMICA E GEOTECTÔNICA, INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. SÃO PAULO, SP, BRASIL.

2 - MESTRANDO EM GEOCIÊNCIAS E ANÁLISE DE BACIAS, DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA, UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE. SÃO CRISTÓVÃO, SE, BRASIL.

E-MAIL: CAIODEFREITAS@USP.BR, FERNANDOXSPG@GMAIL.COM.

Abstract: The territory known as Seridó, located in Septentrional Northeastern Brazil, corresponds to one of the most severe semi-arid climate conditions in the country. Archaeological evidence, such as sites near drainage channels and rock art depicting river boats, point to milder climatic conditions in the past. Isotopic data on speleothems, bones, and charcoal have recorded the installation, during the Holocene, of the Caatinga biome, adapted to dry and hot climatic conditions. The occurrence of now extinct Pleisto-Holocene fossiliferous associations typical of aquatic environments (e.g., *Hydrochoerus hydrochaeris* and *Tapirus terrestres*), archaeological remains, and radiocarbon dating confirm paleoecological relationships and position the changes in space in deep time. This paper attempts to make the state of the art of paleoenvironmental information about the territory and, based on geological, archaeological, paleontological, palaeohydrological, speleological, and eustatic evidence, project the evolution of the Seridó landscape in a global perspective over the last 13 thousand year.

Resumo: O território hoje conhecido como Seridó, localizado entre Rio Grande do Norte e Paraíba, é uma das regiões de clima semi-árido com condições mais severas do país, com médias anuais de precipitação que não ultrapassam 1.000 mm. Entretanto, a presença de evidências arqueológicas próximas aos principais canais de drenagem, como pinturas rupestres retratando embarcações fluviais, revela um passado com condições bem mais úmidas. Dados isotópicos em espeleotemas e fósseis de plantas e animais registraram a instalação do bioma Caatinga durante o Holoceno. A ocorrência de associações fossilíferas pleisto-holocênicas típicas de ambientes aquáticos (e.g. *Hydrochoerus hydrochaeris* e *Tapirus terrestres*), hoje extintos, e datações de radiocarbono em vestígios arqueológicos, confirmam as relações paleoecológicas e as posicionam no tempo profundo. Assim, o presente trabalho sintetiza o estado da arte acerca das relações paleoambientais sob uma perspectiva transdisciplinar e projeta a evolução da paisagem seridoense em uma perspectiva global nos últimos 13 mil anos.

Citation/Citação: Tavares, C. F., & Gomes, F. X. P. (2022). Quaternarian Seridó (bilingual). *Terraê Didática*, 18(Publ. Contínua), 1-15, e022027. doi: 10.20396/td.v18i00.8669350.

Keywords: Geoarchaeology, Paleoenvironmental reconstruction, Climate Changes, Septentrional Northeastern Brazil, Caatinga.

Palavras-chave: Geoarqueologia, Reconstrução Paleoambiental, Mudanças Climáticas, Nordeste Brasileiro, Caatinga.

Manuscript/Manuscrito:

Received/Recebido: 18/05/2022

Revised/Corrigido: 29/07/2022

Accepted/Aceito: 29/09/2022



Introdução

Etimologicamente, a palavra Seridó possui origem na cultura dos povos originários do Nordeste do Brasil, “*ceri-toh*” e significa vegetação de pouca folhagem (Cascardo, 1968). Esse termo dá nome também ao principal rio tributário da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu, a principal do estado do Rio Grande do Norte. Também trata do território composto por cerca de 22 municípios localizados entre os estados do Rio Grande do Norte e Paraíba (Fig. 1). O território está geomorfologicamente localizado entre os vales e planícies da Depressão Sertaneja e o Planalto da Borborema (Ab’Saber, 1969), com elevações que vão de 200 a 800 m de altitude (Pfaltzgraff & Torres, 2010).

A palavra Caatinga deriva das palavras da cultura Tupi, “*ka-a*” (mata) e “*tinga*” (branca). Atualmente,

Introduction

Etimologically, the word Seridó has an origin from the native people of American continent “*ceri-toh*”, meaning “little foliage” (Cascardo, 1968). The word also refers to a major tributary river of the Piranhas-Açu system, the primary hydrographic basin in the Brazilian state of Rio Grande do Norte. It also refers to the geographic territory comprised of twenty-two municipalities located between this state and Paraíba state (Fig. 1). This territory is geomorphologically located between the valleys and plains of the Depressão Sertaneja and the Borborema Plateau (Ab’Saber, 1969), with elevations ranging from 200 meters to 800 meters (Pfaltzgraff and Torres, 2010).

The Caatinga, a term derived from the Tupi words “*ka’a*” (woods) and “*tinga*” (white), was born

esse bioma pode ser caracterizado por uma savana estépica antropizada, composta principalmente por uma flora xerófila que inclui plantas arbustivas com folhas pequenas e pontiagudas e uma grande variedade de cactos, adaptados às severas condições climáticas do Nordeste Setentrional Brasileiro (IBGE, 2012, Amorim, Sampaio & Araújo, 2009, Santana et al., 2011, Neto & Fernandes, 2016).

A média anual pluviométrica no território seridoense não excede mais que 1000 mm, com a maior parte do território recebendo menos de 400 mm (Fetter et al., 2010). Com exceção das regiões topograficamente elevadas, a temperatura média diária varia entre 24°C e 26°C, com temperaturas diárias que excedem 40°C durante os períodos de seca. Não obstante, apesar das severas condições climáticas da região, as pesquisas científicas produzidas no território mostram que o clima nem sempre foi o mesmo, muito menos tão árido.

Nesse sentido, o presente trabalho busca sintetizar o atual conhecimento sobre os principais aspectos paleoambientais, desde 13.000 anos AP até os dias atuais, de um território que compreende um dos principais Complexos Arqueológicos do Nordeste do Brasil e que ainda é contemplado como membro da Rede Mundial de Geoparques da Unesco, o Geoparque Seridó®. Os dados utilizados neste trabalho provêm de uma investigação transdisciplinar baseada em mais de 100 anos de pesquisa científica (e.g. Dantas, 1924, Dantas, 1928, Barbosa, 1953, Prado & Gibbs, 1993, Martín, 1997, Araújo Jr. & Porpino 2011, Dantas et al., 2013) focados no território do Seridó e adjacências, no Nordeste Setentrional Brasileiro (Cruz et al., 2009, Pessenda et al., 2010, Zular et al., 2018, Utida et al., 2020), de maneira a melhor caracterizar as principais mudanças paleoclimáticas e sustentar as reconstruções paleoambientais a que este trabalho se propõe.

Metodologia

O presente trabalho objetiva resgatar o estado da arte dos estudos paleoambientais no território do Seridó. Um estudo transdisciplinar foi desenvolvido com este propósito, focando nos aspectos geológicos, arqueológicos, paleontológicos, espeleológicos e sedimentológicos disponíveis na literatura específica nacional e internacional, dissertações de mestrado e teses de doutorado.

Foi realizada uma etapa de campo nos municípios de Carnaúba dos Dantas, Acari e Currais Novos no estado do Rio Grande do Norte, e Picuí, Pedra Lavra-

in this context. This biome is characterized by an entropized grassy-woody- Savanna-Steppe, composed mainly of xerophilic flora, which includes shrubby plants with small, spiky leaves and a wide range of cactus, adapted to the severe conditions of a semiarid climate (IBGE, 2012, Amorim, Sampaio and Araújo, 2009, Santana et al., 2011, Neto and Fernandes, 2016).

The average annual precipitation of Seridó does not exceed 1,000 mm, with most of the area receiving less than 400 mm (Fetter et al., 2010). Except for topographic highs, the average temperature ranges between 24°C and 26°C, with daily temperatures exceeding 40°C during the dry seasons. Despite such dry conditions nowadays, scientific investigations have shown that the regional climate was not always the same, nor so arid.

This work aims to synthesize the current state of the art of the key paleoenvironmental information from the last 13.000 years of one of the principal Archeological Complexes Areas in the Brazilian Northeast Region, and the territory recently designated as a member of UNESCO Global Geopark's Network, the Seridó Geopark®. The data analyzed come from a multiproxy investigation based on more than 100 years of scientific studies (e.g., Dantas, 1924, Dantas, 1928, Barbosa, 1953, Prado and Gibbs, 1993, Martín, 1997, Araújo Jr. & Porpino 2011, Dantas et al., 2013) collected at Seridó and adjacency at Septentrional Northeastern Brazil (Cruz et al., 2009, Pessenda et al., 2010, Zular et al., 2018, Utida et al., 2020) to support the major climate characteristics for paleoenvironmental reconstructions.

Methodology

The present work aims to rescue the state of the art of paleoenvironmental studies about Seridó Territory. A transdisciplinary bibliographic study was conducted for this purpose, focusing on the geological, archaeological, paleontological, speleological, and sedimentological elements available in national and international publications, master's dissertations, and doctorate theses.

A field stage was conducted in the municipalities of Carnaúba dos Dantas, Acari, and Currais Novos in Rio Grande do Norte State, and Picuí, Pedra Lavrada, and Nova Palmeira in Paraíba state. At this phase were made photographic recordings of the main archeological sites where the two rock art traditions of rock art in Seridó's territory.

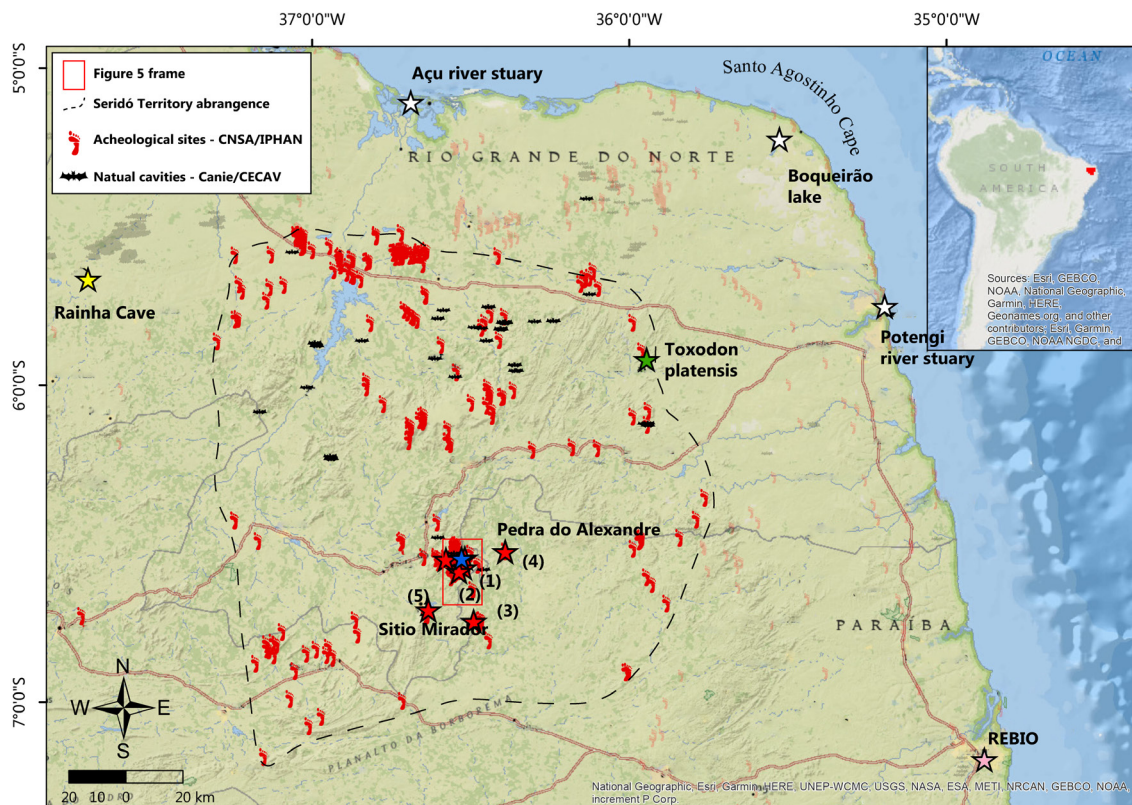


Figura 1. Mapa de localização do território do Seridó com a posição das amostras onde foram realizados estudos cronológicos e ambientais. Nas estrelas vermelhas estão os principais sítios arqueológicos: (1) Furna do Caboclo, (2) Talhado do Gavião, (3) Fazenda Maxinaré, (4) Cachoeira do Pedro, (5) Canta Galo. A estrela azul mostra a localização das amostras arqueológicas datadas por ^{14}C por Martin (1997). A estrela amarela representa a localização dos espeleotemas utilizados por Cruz et al. (2009) para as reconstruções paleoclimáticas. A estrela verde mostra a localização de onde foi encontrado o fóssil de megafauna datado por Dantas et al. (2013). As estrelas brancas mostram a localização das amostras utilizadas nos estudos eustáticos. A estrela rosa mostra a localização da Reserva Biológica Guaribas. Dados de cavidades naturais e sítios arqueológicos obtidos em: Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas of Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CANIE/CECAV, 2020), URL: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html> e Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos of Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (CNSA/IPHAN, 2021), URL: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1701/>

Figure 1. Location map of the main chronological and environmental markers used in this work. Red stars represent the location of the main archeological sites: (1) Furna do Caboclo site, (2) Talhado do Gavião site, (3) Fazenda Maxinaré site, (4) Cachoeira do Pedro site, (5) Canta Galo site. Blue star: location of ^{14}C dated archeological samples by Martin (1997). Yellow star: location of speleothems dated for paleoclimatic reconstructions by Cruz et al. (2009). Green star: location of ^{14}C dated fossil by Dantas et al. (2013). White stars: location of sample used for paleoeustatic reconstructions. Pink star: location of Reserva Biológica Guaribas. Data on natural cavities and archaeological sites are available at databases of Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas of Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CANIE/CECAV, 2020), URL: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>, and Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos of Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (CNSA/IPHAN, 2021), URL: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1701/>

da e Nova Palmeira no estado da Paraíba. Durante a essa etapa foram feitos registros fotográficos dos principais sítios arqueológicos onde são encontradas as duas tradições pictográficas arqueológicas do da arte rupestre no Seridó.

A etapa laboratorial envolveu a produção de mapas temáticos a partir de imagens hiperspectrais obtidas pelo sensor Sentinel 2 da Agência Espacial Europeia (ESA, URL: <https://scihub.copernicus>).

At the laboratory, hyperspectral images from the Sentinel 2 remote sensor from the European Spatial Agency (ESA, URL: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>), obtained on July 19, 2021, and speleological and archeological data from CANIE (National Registry of Speleological Information – CECAV, URL: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads.html>) and CNSA (National Register of Archeological

eu/dhus/#/home) e dados do CANIE (Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas, CECAV; URL: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads.html>) e do CNSA (Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos, IPHAN; URL: <http://portal.iphan.gov.br/sgpa/?consulta=cnsa>).

As imagens adquiridas em 19 de julho de 2021, permitiram a produção de mapas temáticos destacando os principais aspectos hidrológicos, geológicos e geomorfológicos de uma área incluída na bacia hidrográfica do Rio Carnaúba. As imagens foram processadas com o software ER Mapper.

O que os fósseis registraram dos paleoecossistemas do Seridó?

Cartelle (1999) introduziu o termo “Região Intertropical Brasileira” para se referir à área que compreende o Nordeste Brasileiro (com exceção do estado do Maranhão), Minas Gerais, Goiás, Espírito Santo e Rio de Janeiro, caracterizada pela presença endêmica de mamíferos gigantes durante o fim do Pleistoceno e início do Holoceno. As associações paleoecológicas encontradas nessa região apontam para a presença de um ecossistema do tipo savana capaz de suportar animais da megafauna entre 42.000 e 11.800 anos AP (Cartelle, 1999, Prado & Gibbs, 1993, De Oliveira, Barreto, e Suguio, 1999).

Araújo Jr. & Porpino (2011) descreveram fósseis de pequenos, médios, grandes e mega mamíferos de 30 taxa, distribuídos em 20 famílias encontrados em 15 assembleias fossilíferas no Nordeste Setentrional Brasileiro. Oito destas assembleias foram descobertas dentro do território do Seridó (fig. 2). Foram encontrados fósseis de mega mamíferos herbívoros, tais como *Xenarthra hysodont*, *Megatheriidae*, *Glyptodontidae* e *Pampatheriidae*, todos adaptados a uma dieta baseada em plantas do tipo C4 e que implicam um ecossistema tipo savana. O mesmo se estende para os fósseis de *Toxodontidae* e *Gomphotheriidae*.

A presença de fósseis de duas espécies-chave, *Hydrochoerus hydrochaeris* e *Tapirus terrestres*, hoje extintas no território, é evidência clara de um clima mais úmido, já que são indicadores paleoecológicos específicos por possuírem hábitos bem restritos. Enquanto a primeira espécie habita regiões úmidas e se alimenta de gramíneas e plantas aquáticas, a segundo habita rios e florestas úmidas. Ainda, a presença de *Palaeolama major* e *Arctotherium*, ambos taxa austrais atualmente, em associação com as demais espécies, também apontam para um clima mais ameno. O topo da cadeia

Sites, IPHAN, URL: <http://portal.iphan.gov.br/sgpa/?consulta=cnsa>) were used to create thematic maps highlighting the some of the main hydrologic, geologic and geomorphologic aspects of the Carnaúba River basin. The images were processed with the ER Mapper program.

What did fossils register from the Seridó paleoecosystems?

Cartelle (1999) introduced the term Brazilian Intertropical Region to refer to the area that comprehends Northeastern Brazil (except Maranhão state), Minas Gerais, Goiás, Espírito Santo, and Rio de Janeiro states characterized by the endemic presence of giant mammals during the end of Pleistocene and beginning of Holocene. The palaeoecological associations point to savanna and forest physiognomies capable of supporting Pleistocene megafauna between 42.000- and 11.800-years BP (Cartelle, 1999, Prado & Gibbs, 1993, De Oliveira, Barreto, & Suguio, 1999).

At Septentrional Northeastern Brazil, Araújo Jr. & Porpino (2011) described small, medium, large, and mega mammal's fossil species from 30 taxa, distributed in 20 families and found at fossiliferous assemblages of 15 localities: 8 of them inside the Seridó territory (fig. 2). Extinct herbivorous mega mammals, adapted to a diet based on C4 plants, such as *Xenarthra hysodont*, *Megatheriidae*, *Glyptodontidae*, and *Pampatheriidae*, are typical faunal associations of a Savanna-like ecosystem. The same stands for the *Toxodontidae* and kinds of grazers, such as the *Gomphotheriidae*.

The presence of *Hydrochoerus hydrochaeris* and *Tapirus terrestres* on this fossiliferous assemblage are specific palaeoecological indicators, as they had shown very restrict habits. Both species are currently absent from the Caatinga: while the first inhabited semi-aquatic regions and fed on grass and aquatic vegetation, the second lived nearby rivers and humid forests. The presence of *Palaeolama major* and *Arctotherium*, both austral taxa, in association with the previous species, also points to relatively softer weather. *Smilodon populator* would occupy the top of the trophic chain, having its diet based mainly on large and mega mammals.

The most juvenile Pleistocene megafauna record found yet was obtained from a bone of a *Toxodon platensis* discovered near the Ruy Barbosa,

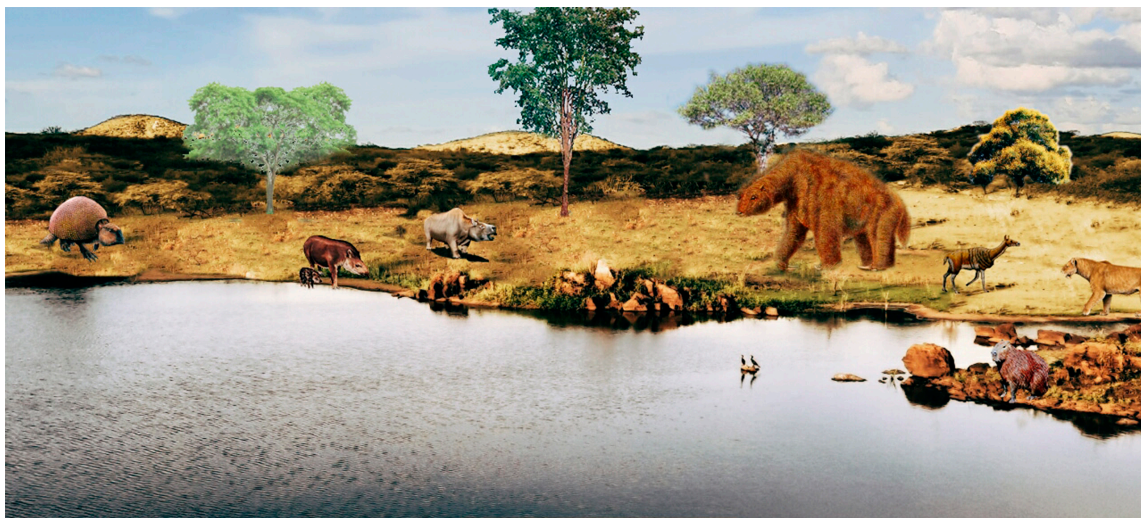


Figura 2. Representação artística da paisagem seridoense, destacando as relações paleoecológicas e paleoambientais durante a transição Pleistoceno/Holoceno

Figure 2. Artistic representation of the Seridó landscape, depicting paleoecological and paleoenvironmental relationships during the Pleistocene/Holocene transition

trófica era ocupado por *Smilodon populator*, uma espécie com dieta baseada em grandes e mega mamíferos.

O registro mais recente de fóssil da megafauna no Seridó já encontrado foi descoberto no município de Ruy Barbosa no estado do Rio Grande do Norte. O fóssil de *Toxodon platensis* foi datado em 12.720-12.560 anos BP de acordo com Dantas et al. (2013).

O que as antigas populações dizem a respeito do meio físico no Seridó?

A arqueologia global é unânime em reconhecer que o continente americano vem sendo habitado por seres humanos, pelo menos desde o Holoceno (Guidón & Delibrias, 1986, Prous, 1992, Martín, 1997, Collins et al., 2013, Dillehay et al., 2015, Vialou et al., 2017, Waters, 2019). Da mesma forma, entende-se que o continente americano foi o último a ser ocupado pela nossa espécie (Dixon, 2001, Borrero, 2015, Posth et al., 2018, Waters, 2019).

Análises de variações genéticas do DNA de fósseis humanos da América do Sul em comparação com humanos modernos, baseadas na Teoria do Relógio Molecular (Bromham, 2003), mostraram que o primeiro grupo de caçadores-coletores a alcançar o norte da América do Sul dividiu-se em dois grupos principais (Rothhammer and Dillehay, 2009, Fehren-Schmitz et al., 2011, Posth et al., 2018, Waters, 2019). Uma população direcionou-se para sul seguindo a costa do Oceano Pacífico. A outra população seguiu para o interior do Escudo Sul-Americano por meio dos extensos sistemas fluviais do leste do continente

at Seridó territory on Rio Grande do Norte state dated 12.720-12.560 years BP (Dantas et al., 2013).

What do the ancient populations reveal about the physical environment at Seridó?

Global archeology is unanimous in saying that humans have inhabited the American continent since, at least, the beginning of the Holocene (Guidón & Delibrias, 1986, Prous, 1992, Martín, 1997, Collins et al., 2013, Dillehay et al., 2015, Vialou et al., 2017, Waters, 2019). As is also known, North and South America were the last continents populated by modern humans (Dixon, 2001, Borrero, 2015, Posth et al., 2018, Waters, 2019).

Analysis of genetic variations on ancient DNA from human fossils from South America in comparison with modern humans based on Molecular Clock Theory (Bromham, 2003) showed that the first group of hunter-gatherers to reach South America's northern edge has split into two main branches (Rothhammer & Dillehay, 2009, Fehren-Schmitz et al., 2011, Posth et al., 2018, Waters, 2019). One population headed directly south, along the Pacific coast. The second population went through the extensive fluvial systems from the east of the continent to the Amazon Basin, the Brazilian Central Plateau, and the Andean Central Highlands. According to radiocarbon data, these *Homo sapiens* were already present in the territory now-called Seridó in the last 9,000

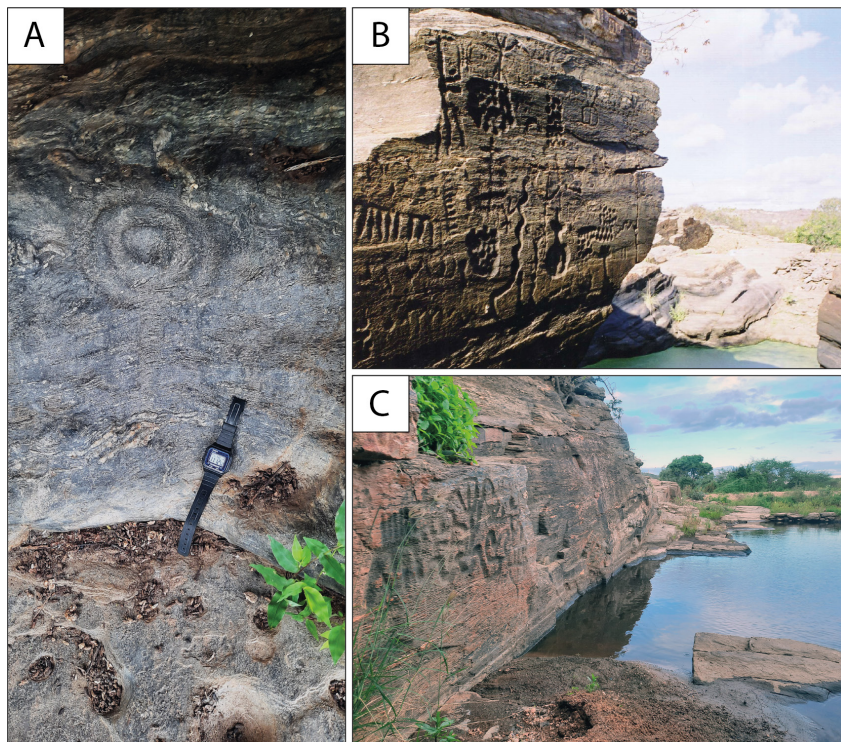


Figura 3. Gravuras da Subtradição Ingá nos sítios (A) Fazenda Maxinaré e (B e C) Cachoeira do Pedro. Localização dos sítios arqueológicos na fig. 1. A fotografia (C) foi gentilmente cedida por Udenilson Silveira

Figure 3. Engravings of Ingá subtradition at (A) Fazenda Maxinaré and (B, C) Cachoeira do Pedro sites. For sites, and localizations see Fig.1 map. Photograph (C) kindly provided by Udenilson Silveira

para a Bacia Amazônica, para o Planalto Central Brasileiro, indo em direção às terras elevadas dos Andes Centrais. De acordo com as datações de radiocarbono, os *Homo sapiens* já estavam presentes no território hoje conhecido como Seridó desde 9.000 anos AP (Martín, 1997) e deixaram preciosas informações a respeito de sua organização social e do ambiente em que habitavam.

Embora haja clara correlação espacial entre os sítios arqueológicos e paleontológicos no Seridó, não há ainda evidências que confirmem a interação entre *Homo sapiens* e a megafauna pleistocênica – embora Santos, Porpino & Sanderson (2008) sugirirem alguma relação entre material lítico lascado e dentes e ossos pós-cranianos de representantes da megafauna no Sítio Tapuia em Santana do Matos no estado do Rio Grande do Norte. Os registros carecem de feições típicas de marcas de corte, como aqueles encontrados em outros sítios arqueológicos na América: Firelands, na América do Norte (Redmond et al., 2012), Santa Elina e Serra da Capivara, no Brasil (Pessis & Guidón, 2009, Vialou et al., 2017) e Arroyo Seco 2, Argentina (Politis et al., 2016). Apesar disso, outras informações preciosas acerca do meio fisi-

years BP (Martín, 1997), and have left precious information about their social organization and the environment in which they interacted.

Although there is a distinct spatial correlation between archaeological and paleontological sites at Seridó, there is still no clear evidence of interaction between *Homo sapiens* and the Pleistocene megafauna – despite Santos, Porpino, and Sanderson (2008) suggesting some relation between chipped lithic material and postcranial bones and teeth of representatives of the late Pleistocene megafauna at Sítio Tapuia locality, Santana do Matos, the Rio Grande do Norte State. The record lacks typical features like cut marks on fossils, instruments made

of bones, teeth, and horns, or even rock art depictions of megafauna, as have been found in other archeological areas of America – e.g., Firelands, North America (Redmond et al., 2012), Santa Elina and Serra da Capivara, Brazil (Pessis & Guidón, 2009, Vialou et al., 2017), Arroyo Seco 2, Argentina (Politis et al., 2016). Nonetheless, other precious information about the past physical environment of Seridó was represented through rock art.

Up to 2019, the Seridó Archaeological Area accounted for 136 archaeological sites (Martins et al., 2020), where two pictographic techniques were applied to the production of rock art: engravings and paintings (Martín, 1997). The engravings (Fig. 3) are related to the Ingá Subtradition of the Itacoatiara do Leste Tradition (Martín, 1997). Ingá Subtradition graphics show, as the main characteristic, the preparation of rock support (by scraping and smoothing) previous to the application of paint on engravings carved on the rock. Graphic content includes curved, complex shapes, dots, and small circular shapes that resemble counting lines.

co ficaram registradas por meio da arte rupestre.

Até o ano de 2019, a Área Arqueológica do Seridó contabilizava mais de 136 sítios arqueológicos (Martins et al., 2020), onde podem ser encontradas as duas técnicas pictográficas: gravuras e pinturas (Martín, 1997). As gravuras pertencem à Subtradição Ingá da Tradição Itacoatiara do Leste. Os grafismos da Subtradição Ingá possuem como principal característica a preparação do substrato por meio da raspagem e polimento da superfície rochosa antes da aplicação de pigmentos e o início

do picoteamento. As gravuras representam formas curvas complexas, pontos, e pequenos símbolos que lembram linhas de contagem.

Já as pinturas (fig. 4) pertencem à Subtradição Seridó, da Tradição Nordeste. Essa tradição é caracterizada por uma variedade de temas e riqueza de detalhes. Representações antropomórficas, zoomórficas e fitomórficas adornados por formas geométricas expressam cenas do contexto social desses povos (Nogueira, 2016, Costa, 2018, Martín e Asón, 2018). Um conjunto específico de símbolos encontrado no registro arqueológico do Seridó fornece informações preciosas para a reconstrução paleoambiental: as pirogas (fig. 4). O termo piroga diz respeito a pequenas embarcações utilizadas pelos povos nativos feitas com troncos de árvores utilizadas na navegação de cabotagem. Elas são representadas como formas semi-circulares com a concavidade voltada para cima e, por vezes, exibindo um mastro central. Essas figuras são sempre representadas juntamente com figuras antropomórficas em cenas complexas e são tidas como símbolos emblemáticos (símbolos característicos de uma determinada região arqueológica) da Subtradição Seridó (Martín, 2008, Nogueira, 2016).

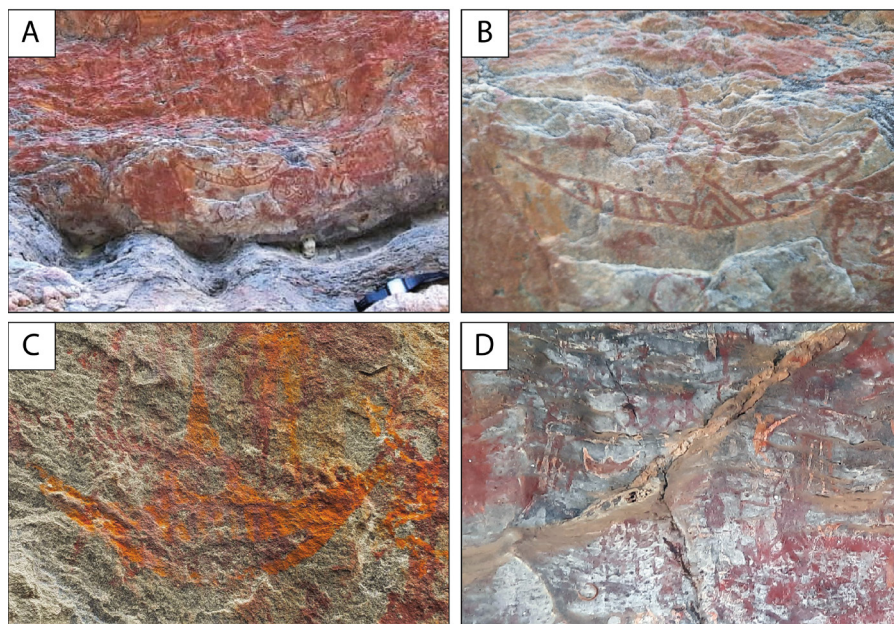


Figura 4. Pinturas da Subtradição Seridó da Tradição Nordeste. (A) cena em painél no teto do sítio arqueológico Talhado do Gavião, (B) detalhe de piroga representada no sítio da figura (A), (C) piroga presente na parede interna do sítio arqueológico Canta Galo;(D) cena representada na parede interna do sítio arqueológico Furna do Caboclo. Para as localizações dos sítios, consultar o mapa da Fig.1

Figure 4. Paintings related to the Seridó Subtradition, Northeast Tradition. Anthropomorphs, zoomorphs, phytomorphs, and geometric symbols are represented. (A, B) paintings on rock shelter roof at Talhado do Gavião, (C) painting on the interior walls of Canta Galo and (D) Furna do Caboclo sites. For site locations see Fig.1 map

The paintings (Fig. 4) belong to the Seridó Subtradition, Northeast Tradition. This tradition differs in a variety of themes and rich details. Scenes feature anthropomorphic, zoomorphic, and phytomorphic symbols adorned by geometric shapes that expressed their social context (Nogueira, 2016, Costa, 2018, Martín & Asón, 2018). A specific set of symbols found in the archaeological record of Seridó provides precious information about the paleoenvironmental conditions: the pirogues (Fig. 4). Pirogues denominate rowing boats that native peoples made from tree trunks, which were used in fluvial transport. They are portrayed as semicircular shapes with an upward concave, sometimes exhibiting a central pole, always together with anthropomorphic figures in complex scenes. This emblematic set of symbols is a major graphic feature of the Seridó Subtradition (Martín, 2008, Nogueira, 2016).

This pictographic set portrays the paleo-navigability conditions on the main tributary rivers of Piranhas-Açu hydrographic system, which currently presents intermittent courses throughout the year, as almost no superficial water is found

Esse conjunto pictográfico representa as condições de paleo-navegabilidade dos principais rios tributários da bacia do Rio Piranhas-Açu, que modernamente apresenta um curso intermitente ao longo do ano, e que se encontra praticamente seco durante os períodos de seca, como mostram a fig. 5. Estudos sedimentológicos focados nos estratos modernos do Rio Carnaúba, em associação com a presença de registros arqueológicos encontrados na Área Arqueológica do Seridó (Mutzenberg, 2007, Rios and Santos Jr., 2014, Costa, 2018, Brandão and Tavares, 2020, Tavares et al., 2022), confirmam a paleo-navegabilidade e as condições paleo-hidrológicas dos cursos d'água no território seridoense.

De acordo com os dados cronológicos obtidos a partir de datação isotópica pelo método ^{14}C por

during the dry season (Fig. 5). Sedimentological studies focusing on the modern strata of the Carnaúba River system, in association with the presence of archaeological remains found in the Seridó Archaeological Area (Mutzenberg, 2007, Rios and Santos Jr., 2014, Costa, 2018, Brandão and Tavares, 2020, Tavares et al., 2022), confirm the geo-archaeological evidence regarding the paleo-navigability and paleo-hydrological conditions of watercourses from the Seridó territory.

Regarding radiometric chronology data, ^{14}C isotopic ages obtained from coal fragments (Martín, 1997) found at Pedra do Alexandre and Mirador archaeological settlements respectively point to $9,400 \pm 35$ and $9,410 \pm 110$ years BP. Younger ages range from 8280 ± 30 ; 6010 ± 60 ; $5790 \pm$

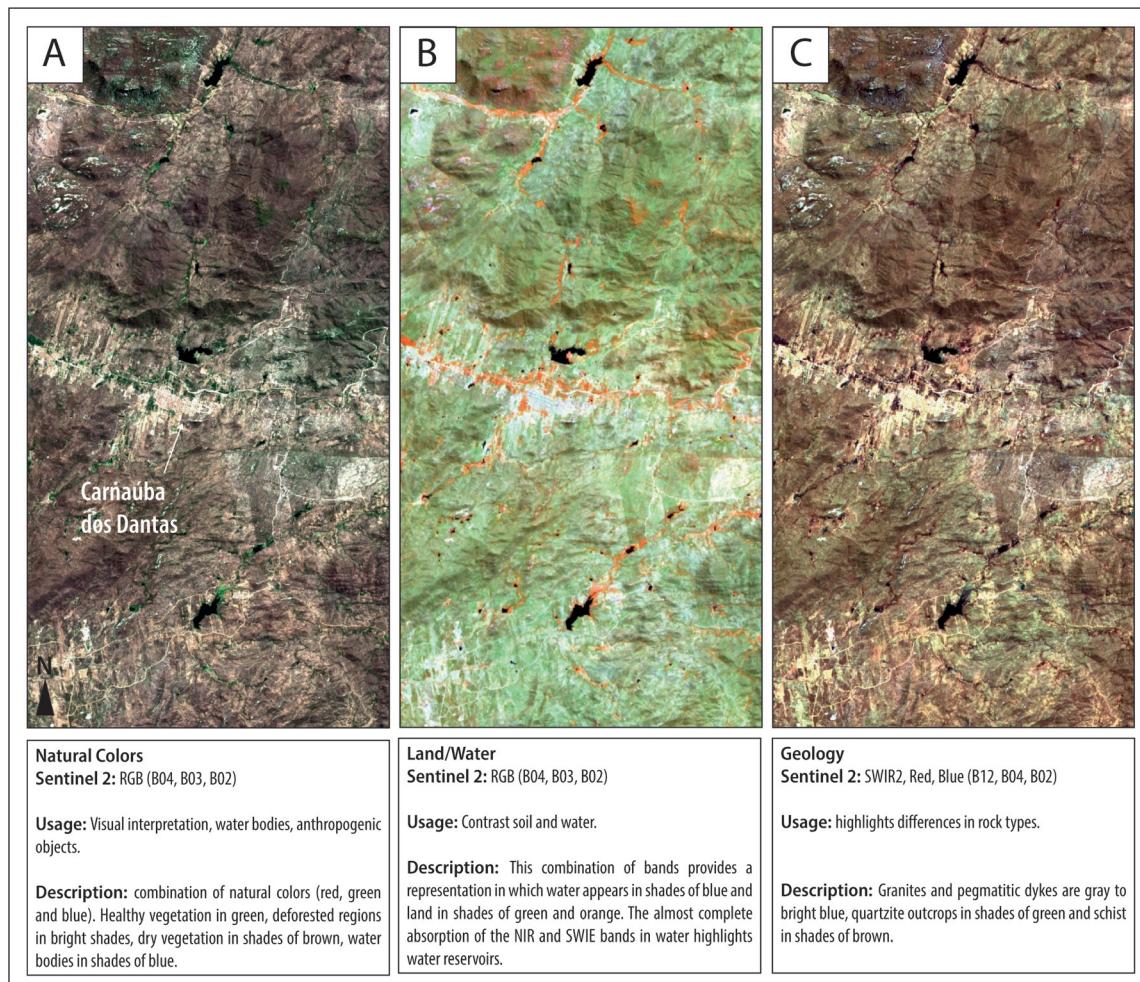


Figura 5. Imagens hiperespectrais obtidas pelo sensor Sentinel 2 da cidade de Carnaúba dos Dantas, no estado do Rio Grande do Norte. As três composições de bandas espectrais foram feitas com diferentes combinações de maneira a destacar os aspectos geomorfológicos, geológicos e hidrológicos. As composições estão detalhadas na figura

Figure 5. Hyperspectral images of the Sentinel 2 sensor (July 19th, 2021) over the city of Carnaúba dos Dantas, Rio Grande do Norte state. Three compositions of spectral bands (A, B, and C) with different combinations were applied to highlight water reservoirs (dams, deep blue in all images) and dry river channels stand out during this period of the year

Martin (1997) de fragmentos de carvão obtidos no sítio arqueológico Pedra do Alexandre e Mirador, o Seridó abrigou populações humanas em diferentes períodos durante o Holoceno. Foram obtidas idades de $9,400 \pm 35$ e $9,410 \pm 110$; 8280 ± 30 ; 6010 ± 60 ; 5790 ± 60 ; 4710 ± 25 ; 4160 ± 70 ; 2890 ± 25 e 2860 ± 25 anos AP.

O que a climatologia nos diz a respeito do paleoclima do Nordeste Setentrional?

Embora estudos isotópicos e geocronológicos focando especificamente o território do Seridó sejam escassos, dados robustos focados na evolução climática do Nordeste Setentrional Brasileiro permitem que sejam feitas inferências assertivas sobre variações cíclicas do paleoclima seridoense.

Determinações de idades isotópicas ^{14}C e assinaturas de $\delta^{13}\text{C}$ em carvão encontrados no solo feitas por Pessenda et al. (2010) caracterizaram a dinâmica da vegetação, incêndios florestais e sua relação com as mudanças climáticas desde o Pleistoceno Superior no Nordeste Brasileiro. Foram estudadas amostras de carvão do Pleistoceno ao Holoceno, entre outros locais, na Reserva Biológica Guaribas (REBIO). Com base nas assinaturas isotópicas, esses autores concluíram que a vegetação arbórea foi dominante no Nordeste Setentrional brasileiro entre 18.000 e 10.000 anos AP. A consequente instalação de um ecossistema tipo savana ocorreu entre 10.000 a ~ 3.200 anos AP, com a disseminação de plantas C4.

Estudos em arenitos praias (Caldas et al., 2006) por intermédio do método de espectrometria de massas com aceleradores (AMS) e datação por radiocarbono em sedimentos lagunares do estuário do Rio Piranhas-Açu (Fig. 6) quantificaram as variações eustáticas ao longo dos últimos 7.000 anos. Os dados sugerem um rápido aumento do nível do mar entre 7.000 e 6.700 anos, em cerca de 3 metros, atingindo assim valores semelhantes ao atual nível do mar. A este período (~ 7.000 anos AP) é atribuído um aumento na influência do El Niño sobre o atual semiárido do Nordeste, que durava mais do que os episódios atuais (Martin et al., 1993, Amorim, 2015), causando períodos secos e úmidos mais extremos e duradouros.

O pico positivo de variação eustática holocênica ocorreu por volta de 5.900 anos AP, quando o nível do mar atingiu 1,3 metros acima do nível moderno. Esta transgressão marinha e a manutenção do nível do mar alto levaram a uma elevação

de 60 ; 4710 ± 25 ; 4160 ± 70 ; 2890 ± 25 and 2860 ± 25 years BP. These ages are interpreted as different periods of occupation at these settlements.

What climatology can tell us about Septentrional Northeastern Brazil paleoclimate?

Although isotopic and geochronologic studies focusing specifically on the Seridó territory are scarce, robust data on the climatic evolution of Northeastern Brazil allow us to make good inferences about the cyclic variations in the paleoclimate of Seridó.

Carbon isotope age determinations and $\delta^{13}\text{C}$ signatures of charcoal records on soils were investigated by Pessenda et al. (2010) to characterize vegetation dynamics, forest fires, and their relation to climate change since the Late Pleistocene in Brazilian Northeast. These authors examined samples of coal from Pleistocene to Holocene at, among other places, Reserva Biológica Guaribas (REBIO). Based on isotopic data, arboreal vegetation was dominant in Septentrional Northeastern Brazil between 18.000- and 10.000-years BP. The savanna expanded from 10.000 to ~ 3.200 years BP, with the dissemination of C4 plants.

Studies on beach rocks (Caldas et al., 2006) by accelerator mass spectrometry (AMS) and radiocarbon dating on lagoon sediments from the Piranhas-Açu estuary (Fig. 6) quantified the eustatic level changes over 7,000 years BP. Data suggest a fast rise in the sea level between 7,000 and 6,700 years, of ca. 3 meters, thus reaching similar values to the current day sea level. Is attributed to this period ($\sim 7,000$ years ago) an increase in the influence of the El Niño Southern Oscillation (ENSO) over the semi-arid region of the Northeastern, which has lasted longer than the current episodes (Martin et al., 1993, Amorim, 2015), causing more extreme and lasting dry and wet periods.

The Holocene positive peak of eustatic variation reached 1.3 meters above modern sea level at 5,900 years BP. This marine transgression and the maintenance of high sea level led to a topographical rising of the base level, affecting surface water accumulation on the continent. After this peak sea level continued to lower until reaching its current position. Variations in sea level affect the base level of continental water masses and, as

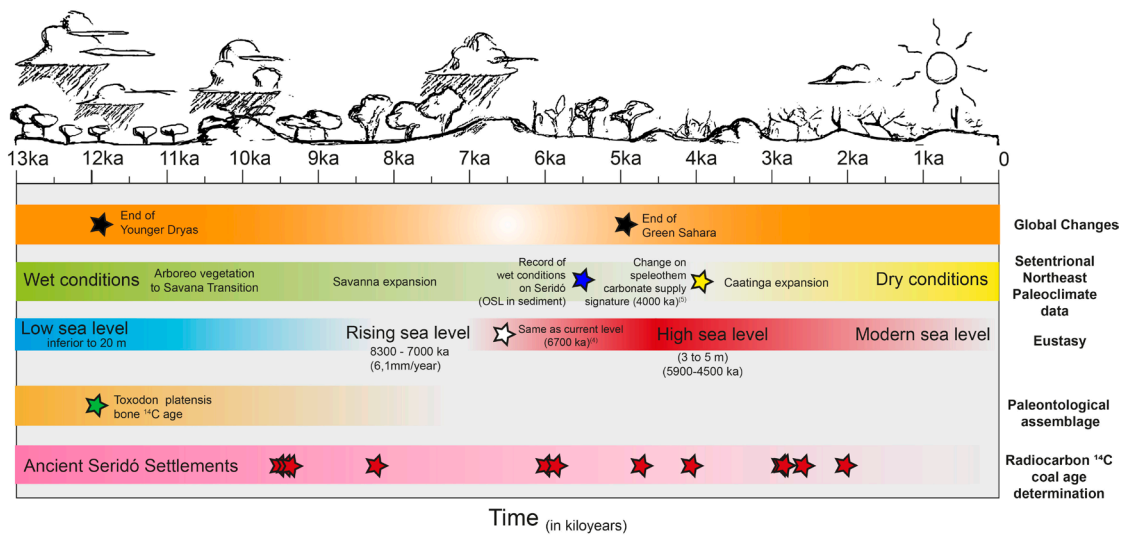


Figura 6. Linhas do tempo retratando os principais eventos paleoclimáticos no Território Seridó. Dados de Young Dryas de Peteet (1995); Dados do Saara Verde de Tierney, Pausata e Demenocal (2017); Amostras analisadas na Caverna da Rainha e Lagoa do Boqueirão (Cruz et al., 2009, Zular et al., 2018); Dados eustáticos dos estuários do Açú e Potengi (Caldas et al., 2006, Gomes et al., 2020); Dados isotópicos paleontológicos de ^{14}C de Dantas et al., (2013); Dados arqueológicos isotópicos ^{14}C dos assentamentos Sítio Mirador e Pedra do Alexandre segundo Martín (1997)

Figure 6. Timelines resumming the main direct and indirect paleoclimatic events that probably affected the Seridó Territory. Young Dryas period according to Peteet (1995); Green Sahara data according to Tierney, Pausata, and Demenocal (2017); Temporal mark from the shift of climatic conditions at Rainha Cave and Boqueirão Lake (Cruz et al., 2009, Zular et al., 2018); Eustatic data from Açú and Potengi estuaries (Caldas et al., 2006, Gomes et al., 2020); Paleontological ^{14}C isotopic data from Dantas et al., (2013); Archeological Isotopic ^{14}C data from Sítio Mirador and Pedra do Alexandre settlements according to Martín (1997)

do nível de base, afetando a acumulação de águas superficiais no continente. Essas variações afetam o nível de base das massas de água continentais e, como resultado, o aumento da carga hídrica dos rios (Voris et al., 2000, Busschers et al., 2007). Após este pico de variação eustática, o nível do mar baixou até atingir a sua posição atual. Mutzenberg (2007), baseado na luminescência opticamente estimulada (OSL) de sedimentos fluviiais do Rio Carnaúba, determinou um breve período de retorno das condições úmidas em aproximadamente 5.500 ± 630 e 5.600 ± 800 anos atrás.

Estudos pioneiros acerca da instalação de condições climáticas áridas foram obtidas por meio de análises isotópicas de oxigênio (Cruz et al., 2009). A assinatura de $\delta^{18}\text{O}$ das seções de estalagmites da Caverna da Rainha (Fig. 1 e Fig. 6), na Bacia Potiguar, registram a contribuição direta do substrato rochoso (calcário cretáceo da Formação Jandaíra) como fonte para os espeleotemas, não apresentando interferência significativa do solo até 4.000 anos AP. A mudança na assinatura isotópica marca a remoção completa (ou parcial) da vegetação acima da caverna, provavelmente causada por um aumento na insolação e

a result, the increase in the water load of rivers on country land (Voris et al., 2000, Busschers et al., 2007). Mutzenberg (2007), based on optically stimulated luminescence (OSL) of fluvial sediments of Carnaúba River, at Seridó, determined the period of the return of wet conditions at approximately 5.500 ± 630 and 5.600 ± 800 years ago.

Pioneer temporal estimates on the installation of arid climatic conditions, including a decrease in rainfall ratio, were obtained through stable oxygen isotopic analysis in stalagmites (Cruz et al., 2009). The $\delta^{18}\text{O}$ from stalagmite sections in the Rainha Cave (Fig. 1 and 6), at the Potiguar Basin, record the contribution of country rocks (Cretaceous limestone from the Jandaíra Formation) as a source to the speleothems, showing no significant soil interference until 4,000 years BP. This shift in isotopic signature records complete (or partial) vegetation removal above the cave, probably caused by an increase in insolation while humidity decreased. These data and interpretation are consistent with ^{13}C and $^{86}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$ signatures of stalagmites and country rocks at the Potiguar Basin (Utida et al., 2020), and also,

diminuição da umidade. Esses dados e interpretações são consistentes com as assinaturas $\delta^{13}\text{C}$ e $^{86}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$ de estalagmites e rochas da Bacia Potiguar (Utida et al., 2020), e também, com estudos de palinomorfolgia em espículas e diatomáceas associadas a processos sedimentares quaternários na costa do estado do Rio Grande do Norte (Zular et al., 2018).

A transição de condições climáticas úmidas para semiáridas é interpretada como o produto das oscilações nos Ciclos Milankovitch (Cruz et al., 2009) e pode ser correlacionada com eventos climáticos globais do Pleistoceno/Holoceno tardio, como por exemplo, o Younger Dryas (12.900 a 11.700 anos BP, Peteet, 1995), a instalação da cobertura de gelo Davensiana no Reino Unido (27.000-13.000 anos BP, Clark et al., 2012, Chiverell et al., 2013) e o Green Sahara (11.000-5.000 anos BP, Tierney, Pausata & Demenocal, 2017).

Considerações Finais: do Pleistoceno ao século 21

Em suma, os aspectos paleoecológicos e paleoclimatológicos, as características autoecológicas de associações fossilíferas conhecidas e as assinaturas isotópicas dos espeleotemas expressam condições ambientais bastante diferentes do clima atual, com mudanças cíclicas de condições úmidas para secas nos últimos 13 mil anos.

Durante a passagem do final do Pleistoceno para o Holoceno inferior/médio, as condições úmidas ficaram registradas pela ocorrência de um fóssil de *Toxodon platensis* datado em 12.720-12.560 AP, além das assembleias fossilíferas adaptadas a condições úmidas, como *Hydrochoerus hydrochaeris* e *Tapirus terrestris*, atribuídas ao final do Pleistoceno. Isso é consistente com a existência de fisionomias de savana e floresta úmida na Região Intertropical Brasileira, como apontado por Cartelle (1999), Prado & Gibbs (1993) e De Oliveira, Barreto e Suguio, (1999). Naquela época o clima era tropical úmido com períodos secos intercalados, onde planícies dominadas por savanas interpunham-se com florestas tropicais e campos de altitude. As temperaturas durante este período eram mais amenas e a disponibilidade hídrica maior, expressa na forma de cachoeiras, rios perenes, lagos e regiões pantanosas (Oliveira et al., 2018). O período coincide com o evento Younger Dryas, durante o qual houve o retorno às condições glaciais após a última Era do Gelo no Hemisfério Norte, e provavelmente está relacionado ao rebaixamento de

by palynomorphology studies on spicules and diatoms associated with Quaternary sedimentary processes at the coast of Rio Grande do Norte state (Zular et al., 2018).

The transitions from humid to semiarid climatic conditions are interpreted as the product of oscillations in the Milankovitch Cycles (Cruz et al., 2009) and can be correlated with late-Pleistocene/Holocene global climatic events, for example, the Younger Dryas (12.900 to 11.700 years BP, Peteet, 1995), The Davensian British-Irish Ice Sheet (27.000-13.000 years BP, Clark et al., 2012, Chiverell et al., 2013), and the Green Sahara (11.000-5.000 years BP, Tierney, Pausata & Demenocal, 2017).

Final remarks: from the Pleistocene to the 21st century

In short, regarding paleoecological and paleoclimatological aspects, the auto-ecological characteristics of known fossiliferous associations and speleological isotopic signatures express environmental conditions that were quite different from the current climate, with cyclic changes from wet to dry conditions over the last 13 thousand years.

During the passage from the end of the Pleistocene to the lower/middle Holocene, the wet conditions are marked by the occurrence of a fossil of *Toxodon platensis* dated in 12.720-12.560 BP and fossiliferous assemblages adapted to wet conditions (e.g., *Hydrochoerus hydrochaeris* and *Tapirus terrestris*) attributed to the end of Pleistocene. This is consistent with the existence of savanna and forest physiognomies in the Brazilian Intertropical Region, as pointed out by Cartelle (1999), Prado and Gibbs (1993), and De Oliveira, Barreto, and Suguio, (1999). At that time the climate was tropical humid with intercalated dry periods, as plains were dominated by savannas interspersed with tropical forests and highland fields. Temperatures were milder and water availability was greater, as expressed by waterfalls, perennial rivers, lakes, and marshy regions (Oliveira et al., 2018). This period coincides with the Younger Dryas event, the return to glacial conditions after the Late Glacial Interstadial in North Hemisphere, and is probably related to the low sea level 20 m below the modern level (Caldas et al., 2006).

The first human occupation record follows soon after, around 9.000 years BP, representing

nível do mar em mais de 20 m em relação ao nível moderno como apontado por Caldas et al. (2006).

O primeiro registro de ocupação humana conhecido no território do Seridó data de aproximadamente 9.000 anos AP, o que pode representar a persistência de condições úmidas, apesar da concomitante transição da vegetação arbórea para savana. O registro arqueológico se expande para 8.000 anos AP até reaparecer, por volta de 6.000 anos AP.

A partir de 7.000 anos AP, o fenômeno El Niño provavelmente passa a ter mais influência sobre o clima do Nordeste do Brasil, tornando os períodos secos e chuvosos mais duradouros (Martin et al., 1993, Amorim, 2015). Durante esse período, o nível do mar sofre uma rápida elevação até atingir as condições atuais em cerca de 6.700 anos AP. Há aproximadamente 5.500 anos AP os dados de OSL da planície do Rio Carnaúba apontam para o retorno local das condições úmidas. O registro é compatível com o período de retorno dos assentamentos humanos entre 6.010 ± 60 e 4.160 ± 70 BP.

O período chamado “Green Saara”, durante o qual houve predominância de um ambiente de clima úmido no norte da África, chegou ao fim há cerca de 5.000 anos (Tierney, Pausata & Demenocal, 2017, Griffiths et al., 2020). Nesse período, no Brasil equatorial, mudanças na assinatura isotópica de estalagmites na Bacia Potiguar (Cruz et al., 2009, Utida et al., 2018), em remanescentes de plantas ao longo da costa da Paraíba (Pessenda et al., 2010), e na dinâmica costeira ao longo do litoral do Rio Grande do Norte (Yee et al., 2003, Zular et al., 2018), registraram a instalação do clima semiárido moderno. O nível do mar durante este período é o mais alto do Holoceno e desde então, vem diminuindo (Caldas et al., 2006).

Concomitante ao surgimento da Caatinga, bioma com características típicas de uma savana estépica, o clima predominante na região Nordeste do Brasil tornou-se seco e quente. Vestígios de antigos povoados humanos intermitentes entre 3.000 e 1.000 anos AP, podem indicar períodos de mudança climática sazonal e subsequente migração desses povos para a costa.

Até os dias atuais, o que se observa é a gradativa interferência antrópica e a destruição do bioma Caatinga, juntamente com a aceleração dos processos de desertificação. A condição árida associada à pressão antrópica resulta em áreas de extrema degradação, tais como focos de incêndios florestais, desmatamento devido ao cultivo do algodão (que ocorreu mais efetivamente no início do século XX), pecuária de pastagem predatória, exploração

the persistence of wet conditions, despite the concomitant transition from arboreal vegetation to Savana. The archeological record expands towards 8.000 years BP and until reappears circa ~ 6.000 years BP.

From 7.000 years BP, the El Niño probably starts to have more influence over the climate of Northeastern Brazil, making both the dry and rainy periods longer (Martin et al., 1993, Amorim, 2015). During these events, the sea level goes through a rapid rise until reaching current conditions at 6.700 years BP. At approximately 5.500 years BP the OSL data from the Carnaúba river plain points to a local return of wet conditions. This record is consistent with the period of return of human settlements between 6.010 ± 60 and 4.160 ± 70 BP.

The so-called “Green Sahara” period, during which the wet environment in Northern Africa gained hold, comes to an end around 5.000 years ago (Tierney, Pausata, & Demenocal, 2017, Griffiths et al., 2020). In equatorial Brazil, changes in the isotopic signature of stalagmites in the Potiguar Basin (Cruz et al., 2009, Utida et al., 2018), plant remnants along the Paraíba coast (Pessenda et al., 2010), and coastal dynamics along the Rio Grande do Norte coast (Yee et al., 2003, Zular et al., 2018), registered the change to the current semi-arid climate. The sea level during this period is the highest in Holocene. Since then, it has been decreasing to reach the current levels (Caldas et al., 2006).

Concomitant with the emergence of the Caatinga, a biome with typical features of a steppe savannah, the prevailing climate in Brazil’s Northeastern area became dry and hot. Following that, many records of intermittent human habitation between 3000- and 1000 years BP at Seridó, may indicate periods of seasonal climate change and subsequent movement of these peoples to the shore.

To the present day, what can be observed is the gradual anthropic interference and destruction of the Caatinga biome, alongside the evolution of desertification processes. The arid condition in association with anthropogenic pressure results in areas of extreme degradation: desertification centers characterized by abundant forest fires, deforestation due to cotton cultivation (more effectively at the beginning of the 20th century) and predatory raising, firewood exploration, and inclusion of exotic species (e.g., *Prosopis juliflora*).

de lenha e inclusão de espécies exóticas (por exemplo, *Prosopis juliflora*). Todas essas interferências contribuíram para alterar a composição florística e a estrutura da vegetação nativa. Se intensificados, estes processos podem levar à efetiva e irreversível desertificação em todo o território Seridó (Costa et al., 2009, Accioly, 2010, Soares et al., 2011, Damasceno e Souto, 2014).

Além disso, há ainda a necessidade de novos estudos climatológicos, paleontológicos e arqueológicos de maneira a quantificar com precisão a evolução temporal da paisagem seridoense nos últimos milhares de anos. Trabalhos como esse são essenciais não apenas para a reconstrução e compreensão de antigas paisagens, ou dos aspectos sociais dos diferentes grupos que habitaram (e ainda habitam) o Seridó, mas também fornecem informações fundamentais para o refinamento dos modelos de evolução climática em nível global.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos colegas geólogos Armando Lucas de Oliveira e Marcos Antonio Leite do Nascimento, ao Arqueólogo Ian Cordeiro e ao Professor Juvandi de Souza Santos pelas discussões e sugestões, que estimularam e enriqueceram esta pesquisa científica. Os autores agradecem a Udenilson Silveira por gentilmente apresentar material físico sobre a pesquisa arqueológica do Seridó. Agradecem à geógrafa Dyana Cardoso pela companhia e oportunidade de trabalhar no território do Seridó. Por fim, agradecem aos professores Adriana Dias (UFPEl) e Lucas Bueno (UFSC) pela formação teórica e didática.

All those interferences have contributed to changing the floristic composition and the potential vegetation structure. Intensified, they can lead to the effective and irreversible process of desertification across the Seridó territory (Costa et al., 2009, Accioly, 2010, Soares et al., 2011, Damasceno and Souto, 2014).

Furthermore, there is still a need for new climatological, paleontological, and archaeological studies to accurately produce a temporal reconstruction of ecosystem development in the Seridó territory over the last thousands of years. This kind of work is essential not only to the reconstruction and understanding of ancient landscapes, or the social aspects of different groups that inhabited (and still inhabit) the Seridó. It also provides fundamental information for the refinement of climate evolution models at the global level.

Acknowledgments

The authors would like to thank fellow geologists Armando Lucas de Oliveira and Marcos Antonio Leite do Nascimento, Archaeologist Ian Cordeiro and Professor Juvandi de Souza Santos for discussions and suggestions, which stimulated and enhanced this scientific research. The authors are great full to Udenilson Silveira who kindly provided research material about the Seridó Archeology. They are grateful to the geographer Dyana Cardoso for the companionship and opportunity to work with her in the territory of Seridó. Finally, they acknowledge professors Adriana Dias (UFPEl) and Lucas Bueno (UFSC) for their theoretical background and teaching.

References/Referências

- Ab'Saber, A. N. (1967). Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil. *Orientação*, (3), 45-48. URL: biblio.fflch.usp.br/AbSaber_AN_1346202_DominiosMorfoclimaticos.pdf. Acesso 04.08.22.
- Accioly, L. D. O. (2010). *Degradação do solo e desertificação no Nordeste do Brasil*. Embrapa Solos-Artigo de divulgação na mídia (Infoteca-E). URL: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/876529/1/DegradaAEodoSoloDesertificaAEonoNordestedoBrasilPortalDiadeCampo.pdf>. Acesso 04.08.2022.
- Amorim, I. L. D., Sampaio, E. V. D. S. B., & Araújo, E. D. L. (2009). Fenologia de espécies lenhosas da caatinga do Seridó, RN. *Revista Árvore*, 33, 491-499.
- Amorim, R. F. (2015). *Integração entre dinâmicas geomorfológicas multitemporais no planalto da Borborema, semiárido do NE do Brasil*. Recife: Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). 193p. (Tese Doutorado). URL: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/16934>. Acesso 21.02.22.
- Araújo-Júnior, H. I., & Porpino, K. O. (2011). Assembleias fossilíferas de mamíferos do Quaternário do Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil: diversidade e aspectos tafonômicos e paleoecológicos. *Pesquisas em Geociências*, 38(1), 67-83. doi: 10.22456/1807-9806.23836.
- Barbosa, F. (1953). Inscrições indígenas gravadas no Riacho do Bojo. João Pessoa: *Revista do Instituto Histórico e Geográfico Paraibano*, 12, 109-12.
- Borrero, L. A. (2015). The process of human colonization of Southern South America: Migration, peopling and "The Archaeology of Place". *Journal of Anthropological Archaeology*, 38, 46-51. doi: 10.1016/j.jaa.2014.09.006

- Brandão, G. K. E., Tavares, B. D. A. C. (2020). Análise paleoambiental do contexto fluvial do vale do rio Carnaúba: navegabilidade pretérita associada às imagens de pirogas presentes no contexto arqueológico da área arqueológica do Seridó, Carnaúba dos Dantas, RN. *Revista Noctua. Arqueologia e Patrimônio*, 2(5), 83-105. doi: 10.26892/noctua.v2i5p83-105.
- Bromham, L., & Penny, D. (2003). The modern molecular clock. *Nature Reviews Genetics*, 4(3), 216-224. doi: 10.1038/nrg1020.
- Busschers, F. S., Kasse, C., Van Balen, R. T., Vandenberghe, J., Cohen, K. M., Weerts, H. J. T., ... & Bunnik, F. P. M. (2007). Late Pleistocene evolution of the Rhine-Meuse system in the southern North Sea basin: imprints of climate change, sea-level oscillation, and glacial isostasy. *Quaternary Science Reviews*, 26(25-28), 3216-3248. doi: 10.1016/j.quascirev.2007.07.013.
- Caldas, L. H. O., Statterger, K., & Vital, H. (2006). Holocene sea-level history: evidence from coastal sediments of the northern Rio Grande do Norte coast, NE Brazil. *Marine Geology*, 228(1-4), 39-53. doi: 10.1016/j.mar-geo.2005.12.008.
- Cartelle, C. (1999). Pleistocene mammals of the Cerrado and Caatinga of Brazil. In: Eisenberg, J. F., & Redford, K. H. (Eds.). (1999). *Mammals of the Neotropics*. The University of Chicago Press. p. 27-46.
- Cascudo, L. C. (1968). *Nomes da Terra, história, geografia e toponímia do Rio Grande do Norte*. Natal: Fundação José Augusto. 321p.
- Chiverrell, R.C., Thrasher, I.M., Thomas, G.S., Lang, A., Scourse, J.D., van Landeghem, K.J., Mccarroll, D., ... & Ballantyne, C.K. (2013). Bayesian modeling the retreat of the Irish Sea Ice Stream. *Journal of Quaternary Science*, 28(2), 200-209. doi: 10.1002/jqs.2616.
- Clark, C. D., Hughes, A. L. C., Greenwood, S. L., Jordan, C., & Sejrup, H. P. (2012). Pattern and timing of retreat of the last British-Irish Ice Sheet. *Quaternary Science Reviews*, 44(0), 112-146. doi: 10.1016/j.quascirev.2010.07.019.
- Collins, M. B., Stanford, D. J., Lowery, D. L., & Bradley, B. A. (2013). *North America before Clovis: variance in temporal/spatial cultural patterns, 27,000-13,000 cal yr BP*. *Paleoamerican Odyssey*, 521-539.
- Costa, T. C., de Oliveira, M. A., Accioly, L. J. D. O., & da Silva, F. H. (2009). Análise da degradação da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13, 961-974. doi: 10.1590/S1415-43662009000700020.
- Costa, M. M. S. D. (2018). *Gravuras rupestres na Bacia do Rio Piranhas/Açu: escolhas técnicas e morfológicas nos sítios arqueológicos do Córrego do Peixe, Jucurutu, RN, Brasil*. Recife: Universidade Federal de Pernambuco. (Dissert. Mestrado). 310p. URL: <https://attenu.ufpe.br/handle/123456789/39077>. Acesso 02.02.22
- Cruz, F.W., Vuille, M., Burns, S.J., Wang, X., Cheng, H., Werner, M., Nguyen, H. (2009). Orbitally driven east-west antiphasing of South American precipitation. *Nat. Geosci.* 2, 210-214. doi: 10.1038/ngco444.
- Dantas, J. A. (1924). *Indícios de uma civilização antiqüíssima. Povoação de Carnaúba*. Instituto Histórico e Geográfico Paraibano. 200p.
- Dantas, J. A. (1928). *Inscrições lapidares no município de Picuhy*. Instituto Histórico e Geográfico Paraibano. 12p.
- Dantas, M., Dutra, R., Cherkinsky, A., Fortier, D., Kamino, L., Cozzuol, M., ... & Vieira, F. (2013). Paleoecology and radiocarbon dating of the Pleistocene megafauna of the Brazilian Intertropical Region. *Quaternary Research*, 79(1), 61-65. doi: 10.1016/j.yqres.2012.09.006.
- Damasceno, J., & Souto, J. S. (2014). Indicadores biológicos do núcleo de desertificação do Seridó Ocidental da Paraíba. *Revista de Geografia (UFPE)*, 31(1).
- De Oliveira, P. E., Barreto, A. M. F., & Suguio, K. (1999). Late Pleistocene/Holocene climatic and vegetational history of the Brazilian caatinga: the fossil dunes of the middle São Francisco River. *Paleogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology*, 152(3-4), 319-337. doi: 10.1016/S0031-0182(99)00061-9.
- Dillehay, T. D., Ocampo, C., Saavedra, J., Sawakuchi, A. O., Vega, R. M., Pino, M., Collins, M. B., ... & Dix, G. (2015). New archaeological evidence for an early human presence at Monte Verde, Chile. *PloS one*, 10(11), 1-27. doi: 10.1371/journal.pone.0145471.
- Dixon, E. J. (2001). Human colonization of the Americas: timing, technology, and process. *Quaternary Science Reviews*, 20(1-3), 277-299. doi: 10.1016/S0277-3791(00)00116-5.
- Fehren-Schmitz, L., Llamas, B., Tomasto, E., & Haak, W. (2011). *El ADN antiguo y la historia del poblamiento temprano del oeste de Sudamérica: lo que hemos aprendido y hacia dónde vamos*. Boletín De Arqueología PUCP, (15), 17-41. URL: <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/boletindearqueologia/article/view/9077>. Acesso 21.02.22
- Fetter, R., Oliveira, C. D., Saito, C. H. (2010). *As Chuvas na Microrregião Geográfica do Seridó: contribuições para a seleção de áreas nos estudos de mudanças climáticas da Rede Clima*. Encontro da ANPPAS, Anais... Florianópolis, ANPPAS. v. 5.
- Gomes, M.P., Vital, H. & Droxler, A.W. Terraces, reefs, and valleys along the Brazil northeast outer shelf: deglacial sea-level archive. *Geo-Mar Lett* 40, 699-711 (2020). doi: 10.1007/s00367-020-00666-4
- Griffiths, M. L., Johnson, K. R., Pausata, F. S., White, J. C., Henderson, G. M., Wood, C. T., ... Sekhon, N. (2020). End of Green Sahara amplified mid-to-late Holocene megadroughts in mainland Southeast Asia. *Nature communications*, 11(1), 1-12. doi: 10.1038/s41467-020-17927-6.
- Guidón, N., Delibrias, G. (1986). Carbon-14 dates point to a man in the Americas 32,000 years ago. *Nature*, 321(6072), 769-771. doi 10.1038/321769a0.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. (2012). *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE. 275p.
- Martin, L., Fournier, M., Mourguiart, P., Sifeddine, A., Turcq, B., Flexor, J., & Absy, M. (1993). Southern Oscillation Signal in South American Palaeoclimatic Data of the Last 7000 Years. *Quaternary Research*, 39(3), 338-346. doi: 10.1006/qres.1993.1040
- Martín, G. (1997). *Pré-história do Nordeste do Brasil*. 2 ed. Recife: Ed. Universitária UFPE. 450p.
- Martín, G. (2008). *Pré-história do Nordeste do Brasil*. 5 ed. Recife: Ed. Universitária UFPE. 434p.
- Martín, G., & Asón, I. (2018). Comunicação gráfica entre os indígenas do Nordeste do Brasil / Graphic communication between Brazilian northeast indigenous. *Revista Nordestina de História do Brasil*, 1(1), 46-65. doi: 10.17648/2596-0334-v1i1-991.
- Martins, A. J. D. A., Oliveira, D. L. de, Costa, M. M. S. da, & Santos Júnior, V. dos. (2020). As gravuras rupestres da área arqueológica do Seridó, no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. *Clio Arqueológica*, 35(3), 170-198. doi:

- 10.20891/clio.V35N3p170-198.
- Mutzenberg, D. D. S. (2007). *Gênese e ocupação pré-histórica do Sítio Arqueológico Pedra do Alexandre: uma abordagem a partir da caracterização paleoambiental do vale do Rio Carnaúba-RN*. Recife: Universidade Federal de Pernambuco. (Dissert. Mestrado). 156p. URL: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/698>. Acesso 04.08.22.
- Neto, M., & Fernandes, E. (2016). Instabilidade emergente e aspectos de degradação ambiental da bacia hidrográfica do Rio Seridó (RN/PB, Brasil). *Revista de Geografia*, 33(1), 84-97.
- Nogueira, N. C. S. (2016). *As representações rupestres dos adornos de cabeça nos antropomorfos na área arqueológica do Seridó-RN*. Recife: Universidade Federal de Pernambuco. (Dissert. Mestrado). 147p. URL: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/25771>. Acesso 15.07.22
- Oliveira, A. M., Amorim, R. F., & Costa, D. F. S. (2018). Implicações das oscilações climáticas do Quaternário tardio na evolução da fisionomia da vegetação do semiárido do Nordeste Setentrional. *Revista de Geociências do Nordeste*, 4, 50-65. doi: 10.21680/2447-3359.2018v4n0ID16082.
- Pessenda, L. C. R., Gouveia, S. E. M., de Souza Ribeiro, A., Oliveira, P. E. de, & Aravena, R. (2010). Late Pleistocene and Holocene vegetation changes in northeastern Brazil were determined from carbon isotopes and charcoal records in soils. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 297(3-4), 597-608. doi: 10.1016/j.palaeo.2010.09.008.
- Pessis, A. M., & Guidon, N. (2009). Dating rock art paintings in Serra de Capivara National Park. *Adoranten*, 1, 49-59.
- Petecet, D. (1995). Global younger dryas? *Quaternary International*. 28, 93-104. doi: 10.1016/1040-6182(95)00049-O.
- Pfaltzgraff, P. A. D. S., Torres, F. S. D. M. (2010). *Geodiversidade do estado do Rio Grande do Norte*. Rio de Janeiro: Serviço Geológico do Brasil. 231p.
- Politis, G. G., Gutiérrez, M. A., Rafuse, D. J., & Blasi, A. (2016). The arrival of *Homo sapiens* into the Southern Cone at 14,000 years ago. *PLoS One*, 11(9), 1-27. doi: 10.1371/journal.pone.0162870.
- Posth, C., Nakatsuka, N., Lazaridis, I., Skoglund, P., Mallick, S., Lamnidis, T. C., ... & Reich, D. (2018). Reconstructing the deep population history of Central and South America. *Cell*, 175(5), 1185-1197. doi: 10.1016/j.cell.2018.10.027.
- Prado, D. E., Gibbs, P. E. (1993). Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of South America. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 902-927. doi: 10.2307/2399937.
- Prous, A. (1992). *Arqueologia Brasileira*. Brasília: Ed. UnB. 605p.
- Redmond, B. G., McDonald, H. G., Greenfield, H. J., & Burr, M. L. (2012). New evidence for Late Pleistocene human exploitation of Jefferson's Ground Sloth (*Megalonyx jeffersonii*) from northern Ohio, USA. *World Archaeology*, 44(1), 75-101. doi: 10.1080/00438243.2012.647576.
- Rios, C., & Santos Júnior, V. dos. (2014). Hipóteses sobre um conjunto de grafismos rupestres no Rio Grande do Norte, Brasil. *Clio Arqueológica*, 29(1), 31-44. URL: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/clioarqueologica/article/view/246609>. Acesso 04.08.22.
- Rothhammer, F., & Dillehay, T. (2009). The late Pleistocene colonization of South America: an interdisciplinary perspective. *Annals of Human Genetics*, 73, 540-549. doi: 10.1111/j.1469-1809.2009.00537.x.
- Santos, V., Porpino, K., & Sanderson, A. (2008). A megafauna extinta e os artefatos culturais de um tanque natural na região central do Rio Grande do Norte. *Revista Contexto*, 3(3), 176-193.
- Santos, M. F. C. F. dos (2006). *Geologia e paleontologia de depósitos fossilíferos pleistocênicos do Rio Grande do Norte*. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 81p. (Dissert. Mestrado). URL: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/18830>. Acesso 30.04.22.
- Santana, J. A. S., Vieira, F. A., Pacheco, M. V., & Oliveira, P. R. S. (2011). Padrão de distribuição e estrutura diamétrica de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Catingueira) na Caatinga do Seridó. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 11(1), 116-122.
- Soares, D. B., Mota Filho, F. D. O., & Nóbrega, R. S. (2011). Sobre o processo de desertificação. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 4(1), 174-188. doi: 10.26848/rbgf.v4i1.232699.
- Tavares, C. F., Cardoso, D. C. F., Nascimento, M. A. L., & Cordeiro, I. V. S. (2022). O Seridó no início do Holoceno. *Revista Espeleologia Digital*, 1(3), 53-61.
- Tierney, J. E., Pausata, F. S. R., & Demenocal, P. B. (2017). Rainfall regimes of the Green Sahara. *Science Advances*, 3(1), 1-9. doi: 10.1126/sciadv.1601503.
- Utida, G., Cruz, F. W., Santos, R. V., Sawakuchi, A. O., Wang, H., Pessenda, L. C., Novello, V. F., ... & Edwards, R. L. (2020). Climate changes in Northeastern Brazil from deglacial to Meghalayan periods and related environmental impacts. *Quaternary Science Reviews*, 250, 1-18. doi: 10.1016/j.quascirev.2020.106655.
- Vialou, D., Benabdelhadi, M., Feathers, J., Fontugne, M., & Vialou, A. V. (2017). *Peopling South America's center: the late Pleistocene site of Santa Elina*. *Antiquity*, 91(358), 865-884. doi: 10.15184/aqy.2017.101.
- Voris, H. K. (2000). Maps of Pleistocene sea levels in Southeast Asia: shorelines, river systems, and time durations. *Journal of Biogeography*, 27(5), 1153-1167. doi: 10.1046/j.1365-2699.2000.00489.x.
- Waters, M. R. (2019). Late Pleistocene exploration and settlement of the Americas by modern humans. *Science*, 365(6449), 1-11. doi: 10.1126/science.aat5447.
- Yee, M., Tatumi, S. H., Suguio, K., Barreto, A. M. F., Munita, C. S., & Paiva, R. P. (2003). Thermoluminescence (TL) dating of inactive dunes from the Rio Grande do Norte coast, Brazil. *Journal of Coastal Research*, Special Issue (35), 293-299. URL: <http://repositorio.ipen.br/handle/123456789/13288>. Acesso 22.09.2022.
- Zular, A., Utida, G., Cruz, F. W., Sawakuchi, A. O., Wang, H., Bicego, M., & Mendes, V. R. (2018). The effects of mid-Holocene fluvial-eolian interplay and coastal dynamics on the formation of dune-dammed lakes in NE Brazil. *Quaternary Science Reviews*, 196, 137-153. doi: 10.1016/j.quascirev.2018.07.022.