

## **CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DOS EOLIANITOS DO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL**

## **GEOMORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF EOLIANITES OF THE STATE OF CEARÁ, BRAZIL**

## **CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE EOLIANITES DEL ESTADO DE CEARÁ, BRASIL**

Vanda Claudino-Sales

Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA. Email: vcs@ufc.br

Alexandre Medeiros de Carvalho

Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR), Universidade Federal do Ceará, UFC. Email: amcufc@gmail.com

Adriana Pedrosa

Secretaria de Educação do Estado do Ceará. Email: adrianapedrosa2@yahoo.com.br

### **RESUMO**

Os eolianitos , distribuídos ao longo de quase toda a costa noroeste do Ceará, são formados por pacotes de rocha sedimentar arenosa, quartzo-bioclastica, com cimento de carbonato de cálcio. Constituem uma unidade geológica holocênica, rara no litoral brasileiro, com estruturas e composição de características especiais que fornecem importantes informações sobre a dinâmica eólica e as condições climáticas e de ambiente costeiro existentes à época de sua formação. Esses depósitos litificados exibem formas de relevo ruiforme, essencialmente produzidas por abrasão eólica. A correlação entre as características desses depósitos com os depósitos eólicos atuais e seu bem conhecido padrão de evolução e dinâmica, conduziu à interpretação de que a maioria desses eolianitos corresponde a uma fase de baixo nível de mar. Um aspecto importante desse sistema eólico é a presença de inúmeros registros de ocupações humanas antigas, representadas por fogueiras e fragmentos líticos diversos. Os eolianitos estão ameaçados de completamente desaparecerem do litoral cearense, em função da ocupação urbana da zona costeira.

**Palavras-chave:** Eolianitos; Estruturas sedimentares; Morfologia eólica; Área costeira cearense

### **ABSTRACT**

The eolianites, distributed along almost the entire northwest coast of Ceara, are formed by sandy rock packages, quartz-bioclastic, with calcium carbonate cement. They constitute a Holocene geological unit, rare on the Brazilian coast, with structures and composition of special characteristics that provide important information about the dynamics of the wind and the climatic and coastal environment conditions existing at the time of its formation. These lithified deposits exhibit ruiform relief forms, essentially produced by wind abrasion. The correlation between the characteristics of these deposits with current Aeolian deposits and their well-known pattern of evolution and dynamics, led to the interpretation that most of these eolianites correspond to a low-sea level phase. An important aspect of this Aeolian system is the presence of numerous records of ancient human occupations, represented by bonfires and various lithic fragments. The eolianites are threatened, and risk of disappear from the coast of Ceara, due to the urban occupation of the coastal zone.

**Keywords:** Eolianites; sedimentar structures; aeolian morphology; Ceara State Costal area

## RESUMEN

Las eolianitas, distribuidas a lo largo de casi toda la costa noroeste de Ceará, están formadas por haces de roca sedimentaria arenosa, cuarzo-bioclástica, con cemento de carbonato de calcio. Constituyen una unidad geológica del holoceno, rara en la costa brasileña, con estructuras y composición de características especiales que proporcionan información importante sobre la dinámica del viento y las condiciones climáticas y el entorno costero existente en el momento de su formación. Estos depósitos litificados exhiben formas de relieve ruiformes, esencialmente producidas por la abrasión del viento. La correlación entre las características de estos depósitos con los depósitos eólicos actuales y su conocido patrón de evolución y dinámica llevó a la interpretación de que la mayoría de estas eolianitas corresponden a una fase de bajo nivel del mar. Un aspecto importante de este sistema eólico es la presencia de numerosos registros de antiguas ocupaciones humanas, representadas por incendios y diversos fragmentos líticos. Los eolianitas están amenazados de desaparecer por completo de la costa de Ceará, debido a la ocupación urbana de la zona costera.

**Palabras clave:** Eolianitas; Estructuras sedimentarias; Morfología del viento; Zona costera

## 1.INTRODUÇÃO

O termo eolianito foi originalmente proposto por Sayles (1931) para descrever todas as rochas sedimentares consolidadas que foram depositadas pelo vento, sendo posteriormente aplicado por outros autores como um termo restrito para descrever as areias eólicas cimentadas por calcita em condições meteóricas continentais. Assim, os eolianitos são dunas arenosas cimentadas por carbonato de cálcio que ocorrem em muitas regiões do mundo. Formam-se em geral em zonas áridas e semiáridas, particularmente em zonas costeiras com grandes acumulações de areias biogênicas, sendo importantes elementos na conservação das linhas de costa (PYE, 1983).

Os eolianitos brasileiros são às vezes constituídos por areia média a grossa, tamanho pouco usual para fácies eólicas francamente deposicionais, o que se faz pensar que se tratam de fácies residuais de deflação, onde as carapaças carbonáticas, comparativamente mais grossas e pesadas que os grãos quartzo-feldspáticos, ficam melhor representadas (ÂNGULO et al. 2013 ; BAPTISTA 2010). Em vista desta origem, os eolianitos refletem controle exercido pelo clima e pelo nível relativo do mar (NRM) na sua formação. Este controle manifesta-se de dois modos: no acúmulo de material carbonático biogênico, incoeso; e na exposição deste material à ação de ventos com competência para transportá-los (BROOKE, 2001).

As dunas arenosas constituem a mais importante feição de deposição. Dentre as subdivisões dessas dunas, as arenosas costeiras são as que nos interessam para o melhor entendimento da formação dos eolianitos. Sendo assim, os eolianitos constituem um tipo distinto de paleodunas, os quais apresentam características bastante peculiares, como a preservação de estruturas sedimentares e a ausência de vegetação (figura 1).

Os fatores de formação dos eolianitos são em tese os mesmos de dunas costeiras terrígenas, porém com uma particularidade fundamental, que é a dependência de aporte biogênico carbonático. Este aporte propicia-se pela presença prévia ou contemporânea de plataformas com baixo suprimento terrígeno, favorecida sob clima quente e relativamente seco (MCKEE E WARD, 1983).

O caráter litificado dos materiais desta unidade propicia a preservação ao longo do tempo, embora os níveis mais friáveis da rocha facilitem a ação erosiva do vento e da chuva, contribuindo para o aspecto descontínuo de sua distribuição. Os depósitos de eolianitos invariavelmente exibem estruturas sedimentares primárias internas ou sindeposicionais bem desenvolvidas, observando-se estratificações de grande porte, predominantemente planoparalelas e cruzadas em forma de cunha,

embora as acanaladas ou festonadas também sejam relativamente bem representadas (Fig. 1), além de outras estruturas menos comuns (CARVALHO et al.; 2008).



**Figura 1** - Eolianitos exibindo estratificações cruzadas tabulares e acanaladas em Flecheiras, Ceará.

Este trabalho ressalta a importância da obtenção de conhecimento científico na complementação dos estudos morfodinâmicos existentes sobre os eolianitos localizados no litoral oeste cearense. A importância da pesquisa deriva ainda do fato de esses sistemas eólicos carbonáticos serem utilizados como subsídio para a construção de modelos climáticos ao longo de centenas e milhares de anos, levando em consideração que o clima é o principal fator controlador que influencia a morfodinâmica dos eolianitos.

## 2.MATERIAL E MÉTODO

Para a realização desse estudo, utilizou-se a análise ambiental, que tem inspiração geossistêmica e indica uma abordagem interativa dos elementos que compõem o meio natural – em particular, nesse caso específico, daqueles associados à dinâmica costeira.

Para tanto, realizou-se pesquisa bibliográfica, interpretação de fotografias aéreas e imagens de satélite e consulta a mapas. Em adição, foram realizados trabalhos de campo nas áreas de ocorrência de eolianitos no Estado do Ceará. O mapa de localização foi realizado em ambiente SIG, e foram utilizadas fotografias de terreno para ilustrar o texto.

Com o objetivo de permitir um bom entendimento da dinâmica particular dos sítios estudados, a caracterização da área de estudo é apresentada a seguir.

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A zona costeira do Estado do Ceará situa-se entre as latitudes de 2 o 47'S e 4 o 50'S, com extensão de 577 km. Consiste de praias arenosas que variam de 50 a mais de 500 m de largura, geralmente apresentando baixa inclinação, irregularmente interrompidas por pontas litorâneas, falésias, rochas-de-praias e estuários geralmente com larguras inferiores a 300 m, onde se desenvolvem manguezais. A área é também caracterizada pela ocorrência de pequenas ilhas-barreiras (CLAUDINO SALES, 2002; HESP et al., 2009).

Apesar de sua posição subequatorial, o Estado do Ceará é dominado por um clima semiárido. A semiaridez não resulta dos índices de precipitação, que são relativamente elevados (em torno de 1000 mm na zona costeira), mas da grande variação interanual, pois mais de 90% das precipitações concentram-se na estação chuvosa. As chuvas ocorrem entre os meses de fevereiro e junho. Durante os meses de setembro e outubro, a área praticamente não recebe precipitação (e.g. CLAUDINO-SALES, 1993). Em termos de temperatura, há pouca variação anual, e as médias mensais oscilam entre 25,2 e 27,5 °C na área costeira (FUNCEME, 2021). Em razão das elevadas temperaturas, a taxa de evaporação é igualmente acentuada, resultando em considerável déficit hídrico, da ordem de 1000 mm durante a estação seca (e.g. CLAUDINO-SALES, 1993).

As condições climáticas do Nordeste brasileiro são controladas pelas oscilações da “Zona de Convergência Intertropical –ZCIT”. A ZCIT refere-se à área onde massas de ar úmidas vindas do hemisfério norte e do hemisfério sul colidem. A posição dessa zona de colisão controla a ocorrência da estação seca e da estação chuvosa. Durante o primeiro semestre do ano, a ZCIT está na sua posição mais meridional, resultando no pico da estação chuvosa. No segundo semestre, ao contrário, a ZCIT desloca-se para o hemisfério norte, definindo o período de estiagem (e.g. MAIA et al., 2005).

Outro controle em escala global do clima da região é associado ao “El Niño”. Maia et al. (2005) sugerem que o “El Niño” tende a ampliar a estação seca no Ceará, enquanto Hastenrath e Heller (2006) sugerem que ele fortalece a estação chuvosa. Assim, quando comparado à bem entendida ZCIT, a influência do “El Niño” no clima regional é ainda pouca clara. Para além das precipitações, a ZCIT também determina as condições de vento, já que ela representa a área de confluência entre os alísios de nordeste e de sudeste.

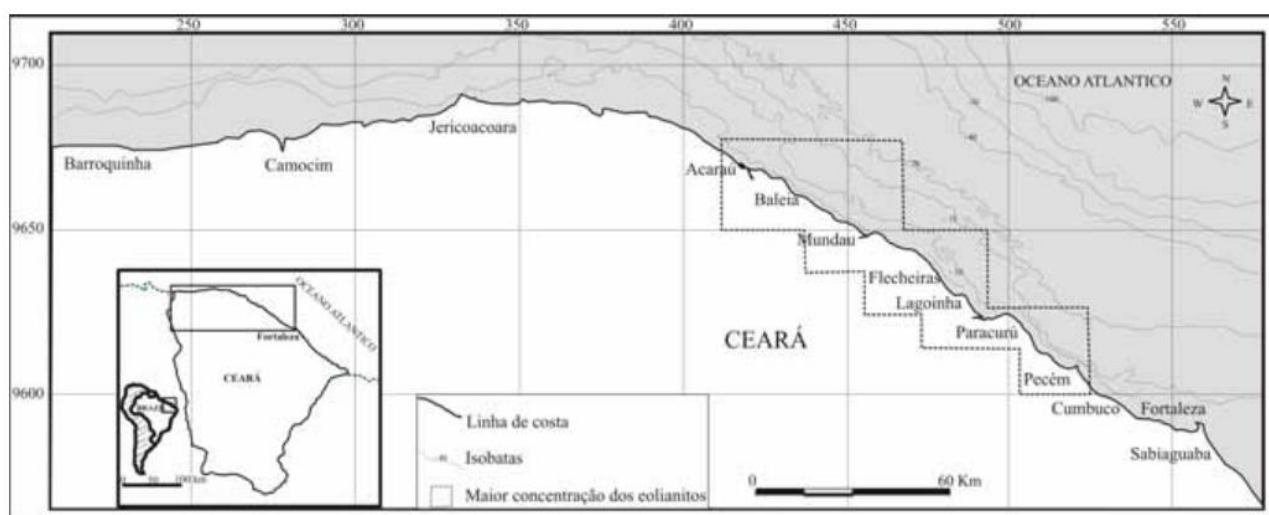
O comportamento dos ventos varia enormemente entre a estação seca e a estação chuvosa. Esse comportamento demonstra um padrão similar ao da precipitação, mas com sinal contrário. À medida que a precipitação diminui, a intensidade do vento aumenta e alcança um pico máximo durante a estação seca. Durante a estação chuvosa, a média da velocidade do vento é aproximadamente metade daquela verificada na estação seca. Tal fato tem fortes implicações para a formação e migração de dunas, pois a taxa de transporte eólico é largamente desfavorecida pela presença de umidade.

Com efeito, os ventos mais fortes durante a estiagem são particularmente competentes no transporte de areia seca. A velocidade do vento também apresenta considerável variação espacial, com tendência de aumento em direção ao litoral oeste, que se aproxima do Equador dada a orientação SE-NO da linha de costa. Com efeito, a velocidade máxima, medida no segundo semestre, como indicada por dados da Fundação Cearense de Meteorologia – FUNCEME para o ano de 2021 em Icapuí, situada no litoral leste a 160 km de Fortaleza, é de 5,5 m/s. Em Jericoacoara, situada no litoral oeste a 320 km de Fortaleza, a velocidade máxima anual atinge 7,5 m/s. Ressalta-se que esses valores referem-se a médias mensais, estando a estação climática localizada a cerca de 5 km de distância da linha de costa. Em razão desse fato, os valores de velocidade de vento medidos na praia são superiores, podendo chegar a 15 m/s ou mais.

Uma condição particular do regime eólico ao longo da zona costeira do Ceará é a constante orientação de quadrantes de leste para quadrantes de oeste. Durante a estação seca, em média, os ventos são oriundos de leste, enquanto que durante a estação chuvosa são dominantes de sudeste e nordeste (INPH, 2020). Em razão da persistência dos ventos vindos de leste, bem como da ocorrência de praias predominantemente dissipativas e intermediárias (MAIA, 1998; CLAUDINO-SALES, 2002) e

da abundância de sedimentos arenosos, os campos de dunas são bem desenvolvidos ao longo da zona costeira do Ceará. As dunas estão orientadas majoritariamente de leste para oeste, paralelamente aos alísios. Dentre os campos de dunas que ocorrem na área, existem os eolianitos.

Os eolianitos são uma unidade geológica rara no Brasil, ocorrendo apenas no Nordeste do país. Suas estruturas e composição fornecem dados importantes no que diz respeito à dinâmica eólica e condições climáticas do ambiente costeiro regentes à época de sua formação. A zona costeira do Ceará é rica em eolianitos. A plataforma continental interna adjacente à costa oeste é uma das mais ricas do Nordeste brasileiro em areias bioclásticas, sobretudo oriundas de algas vermelhas coralíneas (KOWSMANN et al., 1979), o que ajuda a explicar a concentração de eolianitos nesta área. Com efeito, os eolianitos são distribuídos ao longo de quase toda a costa noroeste do Ceará (Figura 2). Constituem uma unidade geológica holocênica, rara no litoral brasileiro, com estruturas e composição de características especiais que fornecem importantes informações sobre a sua formação (CARVALHO et al. 2008).



**Figura 2** - Localização da área de maior ocorrência de eolianitos no Estado do Ceará.

Os afloramentos são bastante distinguíveis na paisagem pela sua forma do tipo “yardang” e “zeugen”, ocorrendo de forma descontínua ao longo do litoral. Uma característica marcante dos eolianitos no Estado do Ceará é o excelente estado de conservação de suas estruturas deposicionais internas (Figuras 3 e 4; CARVALHO et al., 2008), o que é de grande auxílio para interpretações morfodinâmicas remetentes à época de sua gênese.



**Figura 3** - Eolianito no litoral de Amontada, Estado do Ceará, expondo feição descontínua no topo da geoforma.



**Figura 4** - Relevo semelhante à ruínas (ruiniforme) emoldurando eolianitos em Amontada

O processo de formação dos eolianitos no Ceara está ligado ao clima quente e seco, propiciando o crescimento da comunidade bentônica (algas vermelhas e foraminíferos), geradora de carbonatos. O clima regional quente e relativamente mais seco para o Holoceno superior é favorável não só para a redução de suprimento terrígeno à plataforma e a precipitação de cimentos carbonáticos por evaporação nas areias do continente, mas também para a geração de ventos fortes necessários para intensificar as ondulações, erodir os carbonatos submersos da plataforma e transportá-los até o campo de dunas do sistema eólico (BROOKE, 2001).

O aumento do aporte carbonático no litoral nordestino bem como a distribuição dos eolianitos, estão diretamente relacionados com a origem do aporte terrígeno. Os dados disponíveis para os depósitos eólicos costeiros do Ceará (MAIA 1998, CLAUDINO-SALES e PEULVAST 2001, CLAUDINO-SALES 2002, CARVALHO 2003, CARVALHO et al. 2008) não contrariam o modelo geral de quatro gerações de dunas quaternárias, ainda que com poucas datações (MAIA et al. 2011): a primeira geração seria anterior ao Último Máximo Glacial (UMG); a segunda, posterior ao UMG e anterior à máxima transgressão holocênica; e as duas últimas, uma ativa e outra inativa (eolianitos), são posteriores a esta máxima transgressão.

Foram realizadas datações nos eolianitos do litoral oeste cearense pelo método de Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), variando entre 800 a 3200 anos, apontando para a sua formação em contexto de NRM alto (3m acima do atual) e relativamente estável (ARIAS, 2016). Embora este seja um dos contextos favoráveis à formação de dunas eólicas em geral, sendo comuns paleodunas terrígenas com este intervalo na costa brasileira, a favorabilidade deste contexto é aumentada, no caso dos depósitos eólicos carbonáticos, já que a elevação do nível de base significa redução ou mesmo represamento do aporte terrígeno a montante, com favorecimento da criação de plataformas carbonáticas (ARIAS, 2016).

No município de Trairi, a média de idade dos eolianitos foi de 1741 anos (ARIAS, 2016). Os resultados de datação das amostras de eolianito variam com a distância à costa. Esse fator indica que os eolianitos mais próximos da praia são mais antigos que os mais distantes, visto que nessa região é de maior paralelismo entre vento efetivo e linha de costa, portanto de maior empilhamento e preservação de gerações de depósitos (ARIAS, 2016).

#### 4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

O caráter litificado dos materiais dos eolianitos propiciou sua preservação ao longo do tempo, desde a sua formação. Os níveis mais resistentes ou friáveis da rocha, no entanto, facilitaram a ação erosiva do vento e da chuva, contribuindo para o aspecto descontínuo de distribuição que eles apresentam. As estruturas sedimentares nos depósitos litificados exibem formas de relevo ruiforme, essencialmente produzidas por abrasão eólica, caracterizados pela presença de sulcos orientados na direção do vento principal, com segmentos de vertentes íngremes e cristas bastante irregulares, como observadas por Carvalho et al. (2008) e Claudino-Sales (2002)

Os eolianitos no litoral do Ceará são conhecidas pelos nativos sob a denominação de “cascudos”, em razão da rigidez que apresentam comparativamente aos demais depósitos eólicos. Estão distribuídos em faixas oblíquas ao longo da costa, numa distância que varia de 3 a 6 km da linha de costa. Eventualmente o limite externo desses depósitos situa-se a uma distância de não mais que algumas dezenas de metros do oceano, muitas vezes ocorrendo na faixa de praia, quando se apresentam à disposição do ataque das ondas (Figura 5).



**Figura 5** - Dunas cimentadas no contato direto com as ondas do mar, em Amontada, Ceará.

Nas dunas cimentadas comumente estão presentes raízes litificadas, como resultado de um processo de substituição parcial da matéria orgânica por carbonato de cálcio, indicando terem sido as dunas fixadas por vegetação costeira antes de sofrerem o processo de cimentação (CARVALHO et al., 2008).

Os eolianitos constituem um tipo distinto de paleodunas (CLAUDINO-SALES e PEULVAST, 2002), os quais apresentam características bastante peculiares, como a preservação de estruturas sedimentares e a ausência de vegetação contemporânea. Constituem uma unidade geológica recente, holocênica, com estruturas e composição de características especiais que fornecem importantes informações sobre a história climática e sedimentar das áreas nas quais ocorrem (CARVALHO et al., 2008).

Os fatores de formação dos eolianitos são em tese os mesmos de dunas costeiras tem geral, porém com uma particularidade fundamental, que é a dependência de aporte biogênico carbonático. Este aporte propicia-se pela presença prévia ou contemporânea de plataformas com baixo suprimento de sedimentos terrígenos, favorecida sob clima quente e relativamente seco (MCKEE e WARD, 1983), como é o caso das condições que caracterizam o litoral do Nordeste do Brasil, mormente no seu segmento oeste. Cerca de 80% das datações de eolianitos indicam que eles foram formados particularmente no intervalo de tempo situado entre 8.000 e 3.200 anos atrás, sendo os mais próximos à linha de costa mais antigos que os mais distantes (ARIAS, 2015; ARIAS et al., 2015; CASTRO e RAMOS, 2006).

Dentro de um ciclo evolutivo quaternário, Carvalho et al. (2008) sintetizam da seguinte foram as etapas necessárias à acumulação e cimentação do material:

1. Acumulação de carbonato biogênico (fragmentos de conchas, carapaças de organismos) em ambiente marinho raso e litorâneo.
2. Rebaixamento relativo do nível marinho, resultando em recuo do mar. Dessa forma, os sedimentos da plataforma continental, rica em carbonatos biogênicos, ficaram expostos à ação do vento.
3. Os ventos removeram os sedimentos com grande conteúdo de carbonatos biogênicos da plataforma continental descoberta e os transportaram para a zona costeira, onde eles, misturados com outros sedimentos, formaram dunas.
4. Com a descontinuidade da regressão marinha, as dunas cessaram a migração, e foram estabilizadas, ficando sujeitas à ação das chuvas: as águas pluviais dissolveram os fragmentos de



conchas e carapaças biogênicas existentes no depósito. Dessa forma, infiltrou na duna água rica em carbonato de cálcio dissolvido

5. Próximo da superfície, a temperatura mais elevada do ar promoveu evaporação da água, que ascendeu por capilaridade: os carbonatos dissolvidos na água, que não são voláteis, cristalizaram-se nos poros das areias, endurecendo os materiais. Nesse processo, eles acabaram atuando como um cimento, que solidificou os sedimentos das dunas.

Uma vez cimentados os pacotes eólicos, o vento, agente natural incansável, começou a erodi-los, fato que se processa até hoje. Nesse contínuo desgaste provocado pelo vento – ao qual as dunas cimentadas impuseram certa resistência – surgiram formas curiosas, que lembram ruínas de construções antigas, caracterizando assim o relevo ruiniforme exibido pelos eolianitos. Os eolianitos são, assim, recentes, se colocarmos em análise a longa história evolutiva da Terra, de cerca de 4,6 bilhões de anos. Mas eles são, por outro lado, antigos quando comparados às brancas dunas móveis atuais que os circundam e que caracterizam o litoral do Nordeste brasileiro.

Dessa forma, os eolianitos são testemunhos de condições eustáticas e climáticas completamente diferentes da atual, representando elementos que recontam essa história natural de forma extremamente rica, e deveria ser preservado como elemento geológico/geomorfológico fundamental da zona costeira cearense. Por essa razão, o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), por meio da Comissão Nacional de Sítios Geológicos e Paleontológicos (Sigep), definiu os eolianitos do Ceará (CARVALHO et al., 2008) como um geossítio, ou seja, um sítio do patrimônio geológico nacional, que deveria passar por preservação obrigatória.

Os eolianitos se sobressaem entre as dunas móveis que os cercam. Essa condição de material endurecido parece ter funcionado como área de apoio importante para os grupos de índios nômades que se deslocavam pelo litoral cearense antes do período de colonização portuguesa.

Com efeito, há evidências de formação de fogueiras antigas sobre o material litificado, havendo, no entorno das fogueiras, antigos artefatos humanos, demonstrando que a área era alvo de utilização por parte dessa população, provavelmente para refeições durante paradas, pois deveriam servir de abrigo para proteção contra os fortes ventos, entre traslados na zona costeira (CARVALHO et al., 2008) (Figura 6). Na atualidade, a população de praianos considera essas feições como partes integrantes do dia-a-dia litorâneo, e continuam usando-as como elemento de contemplação, contato com natureza e identidade cultural.



**Figura 6** - a) Registro de fogueiras e b) fragmentos líticos compondo sítios arqueológicos eólicos com ocorrências de cerâmicas na região costeira de Itapipoca, Ceará. Fonte: Carvalho et al., 2008

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente ocupação e urbanização do litoral do Ceará, que vem se dando de forma extremamente danosa ao meio ambiente, em função inclusive da recente flexibilização da legislação ambiental decretada pelo Governo do Estado, vem colocando em risco a continuidade da existência das dunas de forma geral e de eolianitos de forma particular (Figuras 7 e 8).



**Figura 7** - Trator destruindo dunas móveis e sobretudo eolianitos no litoral de Icarai de Amontada, Ceará, em 23 de abril de 2020.



**Figura 8** - Destruição parcial do “Casado de Fogo” (eolianito, duna cimentada) em Icarai de Amontada, Ceará, em 23 de abril de 2020.

Mas, a se considerar o Plano de Gestão Costeira do Estado do Ceará, que determina que essas feições devem ser preservadas, nenhuma atividade destrutiva deveria ser instrumentalizada nos campos de eolianitos. Dessa forma, é urgente que as autoridades tomem medidas para coibir a destruição das dunas cimentadas, no sentido de garantir a preservação e integridade dessas feições ao longo de toda a área em que ocorrem.

O caráter frágil dos eolianitos é demonstrado pela suscetibilidade à erosão eólica e à ação antropogênica que eles apresentam. É necessário implantar medidas concretas para sua preservação, dependentes de estudos específicos que possam definir métodos de proteção contra a erosão e, especialmente, contra o avanço da urbanização, da ocupação ilegal e da construção destrutiva, assim como medidas que envolvam o interesse das comunidades situadas no entorno dessas geoformas.

## REFERÊNCIAS

- ÂNGULO, RJ; SOUZA, M.C; FERNANDES L;A; DISARÓ, S.T. 2013. Quaternary sea-level changes and aeolianites in the Fernando de Noronha Archipelago, northesastern Brazil. **Quaternary International** 305(213):15-30.
- ARIAS, V.E. 2016. **Fatores controladores de sistemas eólicos costeiros carbonáticos: os eolianitos quaternários do Piauí e oeste do Ceará**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geologia, Universidade de São Paulo.
- ARIAS, V.E.; GIANNINI, P.C.F; CAGLIARANI, R.; MENDES, V.R. 2015. **Morfologia, fácies deposicionais e cronologia dos eolianitos quaternários do litoral do Piauí e oeste do Ceará**. Anais do XV Congresso da Associação Brasileira do Quaternário, Porto Alegre, p. 438-440.
- BROOKE, B. 2001. **The distribution of carbonate eolianite**. Earth-Science, vol.55, p. 135-164.
- CARVALHO, A.M. **Dinâmica costeira entre Cumbuco e Matões, Costa Noroeste do Estado do Ceará**. Salvador, 2003, 230p. Tese (Doutorado em Geologia). Departamento de Geologia, Univesidade Federal da Bahia.
- CARVALHO, A.M.; CLAUDINO-SALES, V; L.P, CASTRO, J.W.A 2008. **Eolianitos de Flecheiras-Mundaú, Costa Noroeste do Estado do Ceará**; Brasil. IN: CPRM. Sítios Geológicos e paleontológicos do Brasil, n. 118.
- CASTRO, J.W, RAMOS, RRC. 2006. **Idade das dunas móveis transversais no segmento entre Macau e Jericoacoara – litoral setentrional do Nordeste brasileiro**. Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro, vol. 64(4), p.361-367.
- CLAUDINO-SALES, V. 2005. **Os litorais cearenses**. IN: SILVA, J.B.; DANTAS, E.W.C. Ceará: um novo olhar geográfico. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, p. 78-88.
- CLAUDINO-SALES, V.C. 2002. **Les littoraux du Ceará. Géomorphologie de la zone côtière de l'Etat du Ceará: du long terme au court terme**. Thèse de doctorat, UFR de Géographie, Université Paris-Sorbonne, Paris.
- CLAUDINO-SALES, V. 1993. **Cenários Litorâneos: Lagoa do Papicu, Natureza e Ambiente na Cidade de Fortaleza, Ceara**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo
- CLAUDINO-SALES, V.; PEULVAST, J.P. 2002. **Dune Generation and Ponds on the Coast of Ceara State (Northeast Brazil)**. IN: ALLISON, RJ (ed.). Applied Geomorphology: Theorie and Practice. New York: Wiley and Son, p.443-463.
- DILLENBURG S.R. 1994. **A laguna de Tramandaí: Evolução geológica e aplicação do método geocronológico da termoluminescência na datação de depósitos sedimentares lagunares**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 142 p.
- FUNCEME. Fundação Cearense de Meterologia. Clima no Ceará. <http://www.inpe.com.br>. Acessado pela última vez em novembro de 2021.
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. Quarterly **Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 103, p. 77 – 92, 2006.

HESP, P., MAIA, L.P. & CLAUDINO-SALES, V.K. The Holocene barriers of Maranhão, Piauí e Ceará States, Northeast Brazil. In: HESP, P.; DILLENBURH, S (editors). **Geology of Holocene Barriers of Brazil**. Boston: SpringerVerlag, p. 325-343, 2009.

IKEYA M., Filho B.O., Mascarenhas S. 1984. ESR dating of cave deposits from Akiyoshi-dô cave in Japan and diabo cavern in Brazil. **J. Speleol.** Soc. Jap., 9:58-67.

INPH. Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias. Simulação do transporte de sedimentos em torno da Ponta do Pecém. Fortaleza: Convênio Governo do Estado do Ceará, 31p., 2020.

KOWSMANN, R.O.; COSTA, M.P.A. 1979. **Sedimentação quaternária da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes (Final report)**. IN: Petrobras (ed). Série Projeto REMAC 8. Rio de Janeiro, p. 55-76.

MAIA, L.P.; 1998. **Processos costeiros y balance sedimentário a lo largo de Fortaleza (NE-Brasil): Implicações para uma gestión adecuada de la zona litoral**. Universitat de Barcelona. Facultat de Geologia. Dep. D'Estratigrafia i Paleontologia. *Tesis Doctoral.Barcelona*. 269p.

MAIA, L.P., FREIRE, G.S.S.; LACERDA, L.D. Accelerated Dune Migration and Aeolian Transport During El Niño Events along the NE Brazilian Coast. **Journal of Coastal Research**, v. 21, p. 1121-1126, 2005.

MCKEE, E.D. AND WARD, W.C. 1983. Eolian environment. In SCHOLLE, P.A. BEBOUT, D.G. AND MOORE, C.H. eds. Carbonate Depositional Environment **AAPG Memoir** 33:131-170.

PYE, K. 1983. Formation and history of Queensland coastal dunes. **Z. Geomorphol; suple**.bd.45:175-204.

SAYLES,R.W.1931. Bermuda during the ice age. **Proc. Acad. Arts. Sci.**66:381-486.