



## MORFOGÊNESE E GEODINÂMICA DAS DUNAS COSTEIRAS DE CANOA QUEBRADA, CEARÁ, BRAZIL

Morphogenesis and geodynamics of the coastal dunes of Canoa Quebrada, Ceará, Brazil

Morfogénesis y geodinámica de las dunas costeras de Canoa Quebrada, Ceará, Brasil

Adriana Albuquerque Pedrosa<sup>1</sup>

Vanda Carneiro de Claudino Sales<sup>2</sup>

Itabaraci Nazareno Cavalcante<sup>3</sup>

Alexandre Medeiros de Carvalho<sup>4</sup>

### RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise da geodinâmica e morfogênese do campo de dunas na região de Canoa Quebrada, localizada no município do Aracati, inserido no Estado do Ceará. Abrange a área formada pela planície flúvio-marinha, faixa de praia e campo de dunas localizados na margem direita da foz do rio Jaguaribe. O recorte temporal avaliado corresponde à análise da dinâmica do campo de dunas com base nas taxas de migração no período de 1988 a 2013. Os objetivos dessa pesquisa foram analisar a dinâmica ambiental do campo de dunas móveis em direção ao ecossistema manguezal localizado na foz do rio Jaguaribe. Associado à abordagem metodológica, realizou-se geoprocessamento de fotografias aéreas da década de 80 na escala de 1:25.000 e imagens de satélites Quickbird dos anos de 2004, 2010 e 2013. Foram identificadas dunas móveis do tipo longitudinais, barcanóides e lençóis de areias. Do ponto de vista de cobertura vegetal, foram identificadas dunas semi-fixas no contato com o ecossistema manguezal. Quanto às gerações dunares, domina a geração D1, caracterizada pela ocorrência de dunas atuais, móveis. No contato com o ecossistema manguezal, as dunas semi-fixas se combinam com a geração de dunas anteriores às atuais, do tipo sub-atuais, definindo a existência de dunas de geração D2. A taxa média de migração no campo de dunas durante todo esse período de 40 anos foi de 7m/ano. Nos anos de 2010 a 2013 praticamente não ocorreu migração, mas as dunas continuam se deslocando em direção ao ecossistema manguezal.

**Palavras chaves:** Dunas costeiras, geodinâmica; morfogênese de dunas.

### ABSTRACT

This paper presents an analysis of geodynamic and morphogenesis of the dune field in the Canoa Quebrada region, located in the municipality of Aracati, inserted in the state of Ceará. It covers the area formed by fluvial-marine plain, the strip of beach and dune field located on the right bank of the mouth of the river Jaguaribe. The estimated period corresponds to the dynamic analysis of the dune field based on migration

<sup>1</sup> Profa. Dra. Secretária de Educação do Ceará, e-mail: adrianapedrosa2@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Profa. Dra. do Programa do Mestrado Acadêmico em Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú, e-mail: vcs@ufc.br

<sup>3</sup> Prof. Dr. dos Programas de Graduação e Pós-Graduação do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, e-mail: itabaraciacavalcante@gmail.com

<sup>4</sup> Prof. Dr. Pesquisador do Instituto de Ciências do Mar/LABOMAR da Universidade Federal do Ceará, e-mail: amcufc@gmail

rates from 1988 to 2013. The objectives are to analyze the environmental dynamics of the mobile dune field towards the mangrove ecosystem located at the mouth of the river Jaguaribe. Associated with the methodological approach, we analyzed through GIS aerial photographs of the 80 on the scale of 1: 25,000 and 2004, 2010 and 2013 years of Quickbird satellite images. We find mobile dunes of the longitudinal type, barcanoids and sand sheets. Semi-fixed dunes were identified in the contact with the mangrove ecosystem. As for dune generations, we can say that dominates the generation D1, characterized by the occurrence of present-day dunes. In the contact with the mangrove ecosystem, the semi-fixed dunes combine with older dunes to define the existence of D2 generation. The average migration of the dune field during that period of 40 years was 7m / year. In the years 2010-2013, virtually no migration occurred, but the dunes continue to move towards the mangrove ecosystem.

**Keywords:** Coastal dunes, geodynamics; dune morphogenesis.

## RESUMEN

Este artículo presenta un análisis de la geodinámica y la morfogénesis del campo de dunas en la región de Canoa Quebrada, ubicada en el municipio de Aracati, insertada en el estado de Ceará. Cubre el área formada por la llanura fluvial marina, la franja de playa y el campo de dunas ubicado en la margen derecha de la desembocadura del río Jaguaribe. El marco de tiempo evaluado corresponde al análisis de la dinámica del campo de dunas basado en las tasas de migración de 1988 a 2013. Los objetivos de esta investigación fueron analizar la dinámica ambiental del campo de dunas móvil hacia el ecosistema de manglar ubicado en la desembocadura del río. Asociado con el enfoque metodológico, se geoprocesaron fotografías aéreas de la década de 1980 a escala 1: 25,000 e imágenes de satélite Quickbird de 2004, 2010 y 2013. Se identificaron dunas móviles longitudinales, barkaloides y lechos de arena. Desde el punto de vista de la cubierta vegetal, se identificaron dunas semi-fijas en contacto con el ecosistema de manglar. En cuanto a las generaciones de dunas, domina la generación D1, caracterizada por la aparición de dunas móviles actuales. En contacto con el ecosistema de manglar, las dunas semi-fijas se combinan con la generación de dunas pre- actuales y sub-actuales, definiendo la existencia de dunas de generación D2. La tasa de migración promedio en el campo de dunas durante este periodo de 40 años fue de 7 m / año. De 2010 a 2013, prácticamente no hubo migración, pero las dunas continúan avanzando hacia el ecosistema de manglar.

**Palabras clave:** dunas costeras, geodinámica; Morfogénesis de dunas.

## INTRODUÇÃO

A zona litorânea corresponde a uma faixa de terra que possui características mistas. Em primeiro lugar, trata-se de um elemento natural, aqui compreendido como um segmento de terra composto por praias que sofrem influência direta do mar banhado pelas marés altas. Por zona costeira, por outro lado, entende-se a área de influência indireta do mar, incluindo os setores que sofrem ação das brisas marítimas e de salinidade. A extensão dessa área é primariamente ditada pela dinâmica climática e fluviomarinha sendo variável de um setor a outro (e.g CLAUDINO SALES, 2002), podendo estender-se por vários quilômetros em direção ao continente.

Geomorfológica e geologicamente, podemos observar que na costa brasileira existem uma sucessão de planícies costeiras, alternando-se com falésias e costões rochosos, bordejando uma área continental composta por rochas de complexos ígneos e polimetamórficos pré-cambrianos, sobre os quais se assentam seqüências sedimentares e vulcânicas acumuladas em Bacias Paleozóicas, Mesozóicas e Cenozóicas (SILVEIRA, 1964).

As dunas, sejam elas fixas ou móveis, são grandes reservatórios de águas pluviais, alimentando um dos principais aquíferos inserido na zona costeira. Os campos de dunas têm, ainda, importância fundamental no equilíbrio das zonas costeiras ao fornecer sedimentos para os mananciais e litoral, contribuindo para a

dinâmica da deriva litorânea. Portanto, no seu processo de migração ao longo da costa, são responsáveis pelo controle e regulação do balanço sedimentar de toda a planície litorânea.

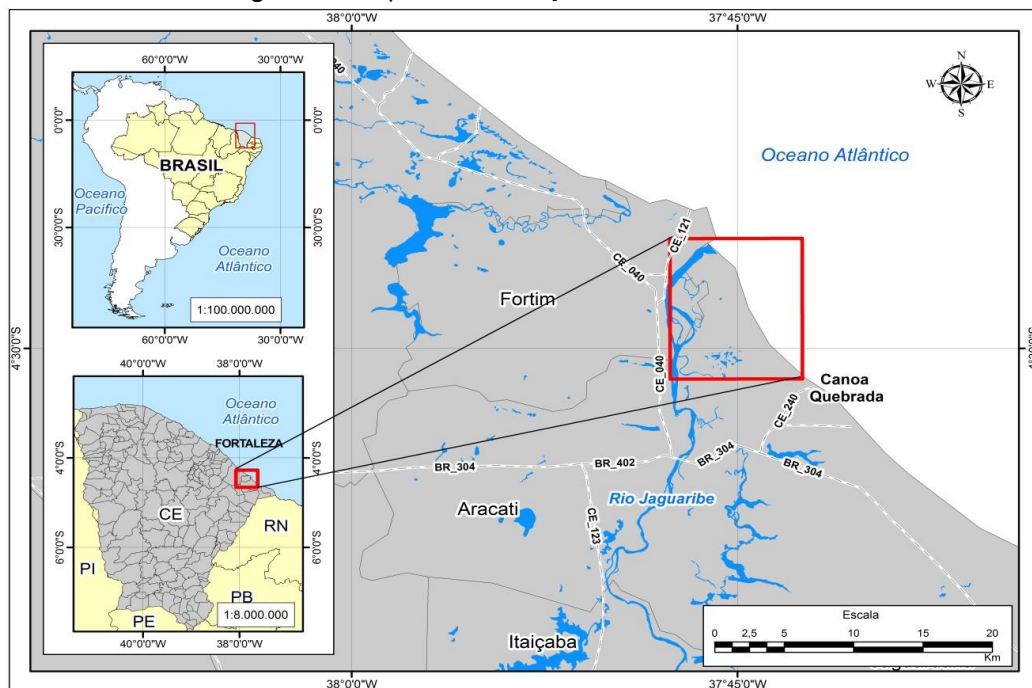
Os campos de dunas móveis são formados por grandes massas de areias em constante movimento, constituídos de simples ou compostas. No litoral, estes campos eólicos livres migram da praia em direção ao continente e devido a esse processo são designados campos de dunas transgressivos (CLAUDINO SALES, 2002).

As dunas móveis constituem as formas mais remarcáveis da zona costeira do Ceará, ocorrendo sobretudo na forma de lençóis de areia. Formam-se no pós praia, e migram sobre os campos de dunas mais antigas. Representam acumulações arenosas de forma alongada, com crista e face de deslizamento, indicando o efeito da frequência e da direção do vento. As formas mais frequentes são as dunas longitudinais de frente transgressivas, as barcanas e as barcanóides, assim como as megabarcanas e as parabólicas.

### Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada na costa Nordeste do Brasil (Figura 1). É constituída predominantemente pelos sedimentos terciários da Formação Barreiras, que sustentam os tabuleiros costeiros. Ao longo da costa do Nordeste Brasileiro, os sedimentos Barreiras se sobrepõem ao embasamento cristalino e aos depósitos mais antigos pertencentes às diversas bacias sedimentares que ali ocorrem, integrantes da margem continental brasileira. Ocorrem ainda como formas importantes as praias, campos de dunas, planície fluvio-marinha e planície fluvial (Rio Jaguaribe) (Figura 2).

**Figura 1 - Mapa de localização da Área de Estudo.**



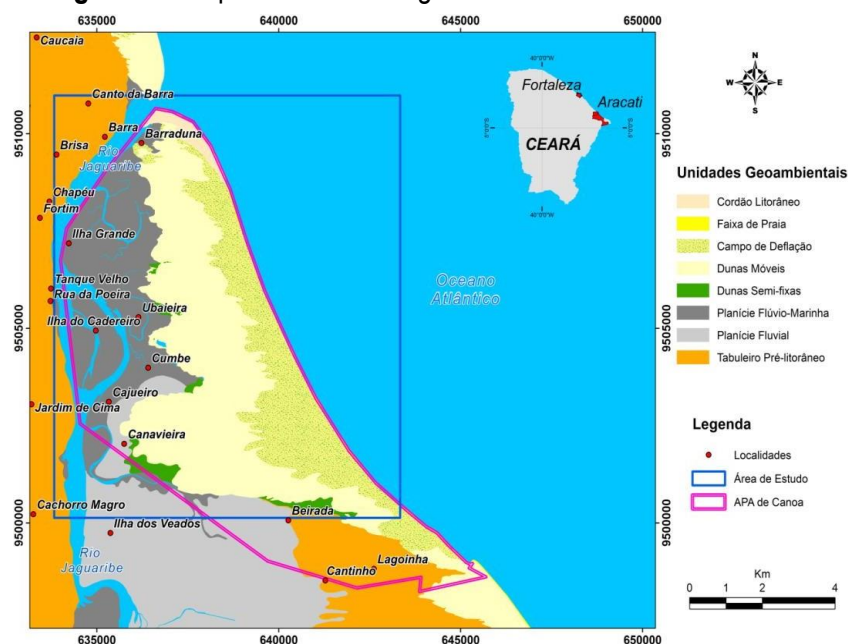
Fonte: (PEDROSA, 2015)

A Formação Barreira constitui uma cobertura sedimentar terrígena continental (ARAI, 2006) de idade miocênica a pleistocênica inferior (SUGUIO e NOGUEIRA, 1999; VILAS BOAS, SAMPAIO e PEREIRA, 2001). Por ser praticamente afossilífero, possui datação dificultada. Em todo caso, em que se pesem as dúvidas sobre a origem da referida formação, considera-se que, pelo menos a última grande mobilização de seus sedimentos, parece ser mais recente que o Mioceno, conforme as datações procedidas por Krasser em 1903 e Berry, referendadas respectivamente por Bigarella e Andrade (1964) e King (1956) e mais tarde por Arai et al. (1997).

A Formação Barreiras estende-se por todo litoral brasileiro, desde a região Amazônica, por toda região costeira norte e nordeste, até o Estado do Rio de Janeiro. A continuidade física, na forma de lençol quase contínuo, sugere que inicialmente correspondia a rampas detríticas coalescentes mergulhando em direção ao Oceano Atlântico, correspondendo à sedimentação correlativa de eventos de soerguimento epirogenético, que edificaram as superfícies culminantes em diversos pontos do interior brasileiro (BEZERRA, 2001; SAADI et al, 2005). Segundo Bezerra (2001), os sedimentos Barreiras se constituem no último depósito sedimentar terciário do Nordeste do Brasil formada na história da abertura do Atlântico, representada pela sequência sedimentar ao longo de mais de 4.000 km do litoral.

As dunas predominantes na área de estudo são os lençóis de areia, que em contato com o manguezal transformam-se em barcanóides do tipo transgressivas. O campo de dunas mede 11km de extensão compreendendo 2.500 ha, locomovendo-se no sentido E-W. Elas são preservadas pela existência de uma área de proteção formal na região, correspondendo a Área de Proteção Ambiental – APA de Canoa Quebrada, que foi criada através de um ante-projeto em 1989, tendo em 1997 transformando-se na Lei nº 01/97.

**Figura 2 –** Mapa das unidades geoambientais da área de estudo.



Fonte: (PEDROSA, 2015)

## MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada na análise da geodinâmica e morfogênese das dunas de Canoa Quebrada baseou-se nas taxas de migração entre os anos de 1988 a 2013. A análise foi dividida em três momentos. Primeiramente, foram buscados os documentos bibliográficos e cartográficos; posteriormente, realizou-se o estudo desses documentos, bem como as atividades técnicas de campo. Concomitantemente, foram realizadas análises

A pesquisa bibliográfica fundamentou-se na coleta de dados oriundos de monografias, dissertações, teses, artigos e livros relacionados à migração das dunas, desembocadura fluvial e baixo curso do Rio Jaguaribe, zona costeira cearense e feições geomorfológicas do litoral leste.

O levantamento de material cartográfico foi relativo à fotografias aéreas e imagens de satélites, efetuado em departamentos de cartografia de diversos órgãos públicos da esfera estadual e federal (SEMACE, CPRM, COGERH, INCRA e LABOMAR.) e em segmentos da Universidade Federal do Ceará.

O sensoriamento remoto permite uma visão sintética do problema, além de possibilitar o resgate de dados, identificando feições de interesse para a pesquisa. A aquisição de material de sensoriamento remoto foi realizada a partir dos sites da internet, mas também foram usadas imagens fornecidas pela SEMACE (Quickbird dos anos 2004, 2010 e 2013).

A determinação da taxa de migração para os campos de dunas móveis de Canoa Quebrada, ao longo do intervalo de observação entre os anos de 1988 e 2013 foi obtida com o auxílio da extensão Digital Shoreline Analysis System – DSAS 3.2 para o ArcMapGIS 9, ferramenta adaptada para o presente trabalho, uma vez que a mesma é utilizada para fazer a análise da variação da linha de costa (OLIVEIRA, 2005), baseando-se na relação entre distância (espaço) entre as linhas e o tempo de cada imagem utilizadas na pesquisa.

Após a pesquisa bibliográfica e cartográfica, foram realizados trabalhos de campo. Essa etapa se efetivou com as visitas técnicas na área de estudo, durante os quais foram realizados percursos de barco pela foz do rio Jaguaribe e de carro do tipo bugre pelo campo de dunas. Essa etapa consistiu no reconhecimento e identificação das formas dunares móveis, semi-fixas, fixas e classificação da sua tipologia. Foi observado, também, o estágio atual do processo de uso e ocupação e degradação ambiental na área de estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Definimos as taxas de migração do campo de dunas móveis considerando os anos 1988, 2004, 2010 e 2013, interrelacionando-as com os dados meteorológicos da área. O resultado desse processo está expresso da seguinte forma:

### As taxas de migração do campo de dunas móveis

A ação dos ventos, a sazonalidade das precipitações pluviométricas e a insolação, atuam na dinâmica de transporte de sedimentos. Os ventos na região nordeste do Brasil sofrem influência de um forte ciclo temporal definido por um período anual. As variações da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) ocasionam mudanças nesse sistema climático, uma vez que controla essa ação eólica.

A ZCIT é caracterizada pela confluência dos ventos alísios de nordeste e sudeste, correspondendo a uma elevada nebulosidade e baixa pressão atmosférica. Esta zona de convergência migra de sua posição mais ao norte nos meses de agosto a outubro, diminuindo progressivamente com sua migração para o equador, até alcançar os mínimos valores anuais durante os meses de março e abril, quando os ventos de sudeste são mais fracos (MARENGO e NOBRE, 1997); MAIA et al., 1996).

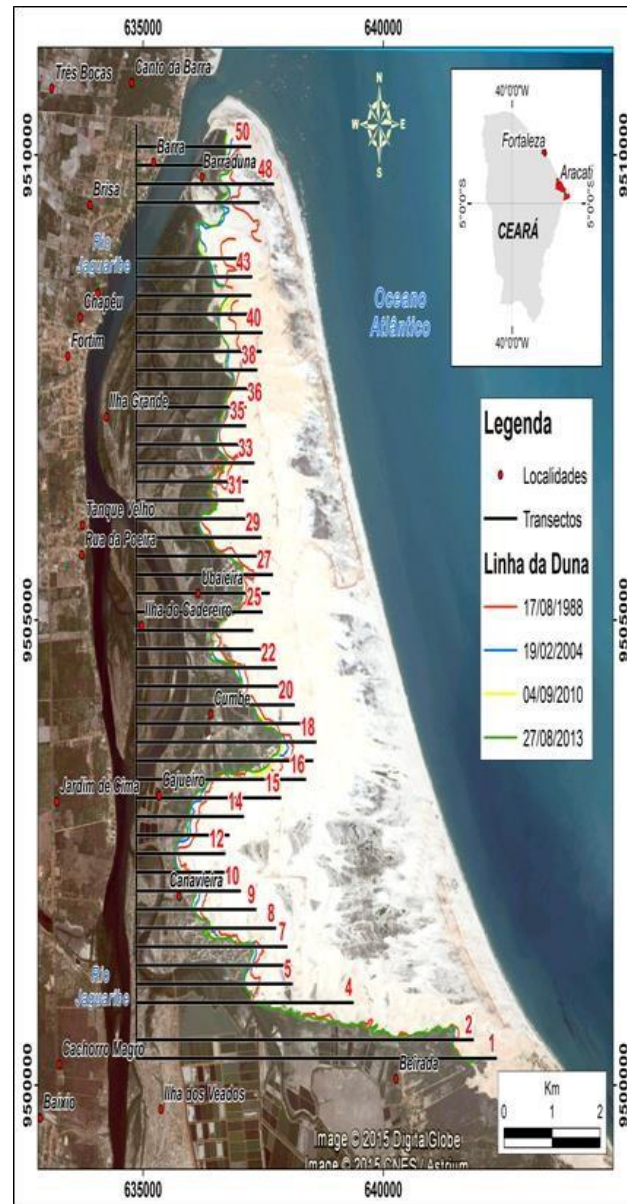
Os ventos apresentam-se no litoral cearense como um importante componente da dinâmica da paisagem e fundamental para o entendimento da geodinâmica do campo de dunas. As direções predominantes são de SE, ESE, E e NE. As médias de velocidade chegam a superar os 4,5 m/s nos meses mais secos (MAIA, 1998).

No período de estiagem, que ocorre no segundo semestre, os ventos são mais intensos e os de sudeste são os que predominam. No início da estação chuvosa, passa a predominar os de nordeste devido à chegada da ZCIT (MAIA, 1998).

Na área de pesquisa, identificamos os seguintes tipos de dunas: dunas móveis do tipo longitudinais (de pequena ocorrência), as barcanóides (de expressiva ocorrência) e os lençóis de areias, que são dominantes e migram de leste para oeste.

Na Figura 3 podemos observar a média de migração para todo o campo de dunas de Canoa Quebrada, que foi de 7,25 m/a. A maior taxa de migração foi de 18,40 m/a (Transecto 39), enquanto a menor foi de 0,50 m/a (Transecto 2).

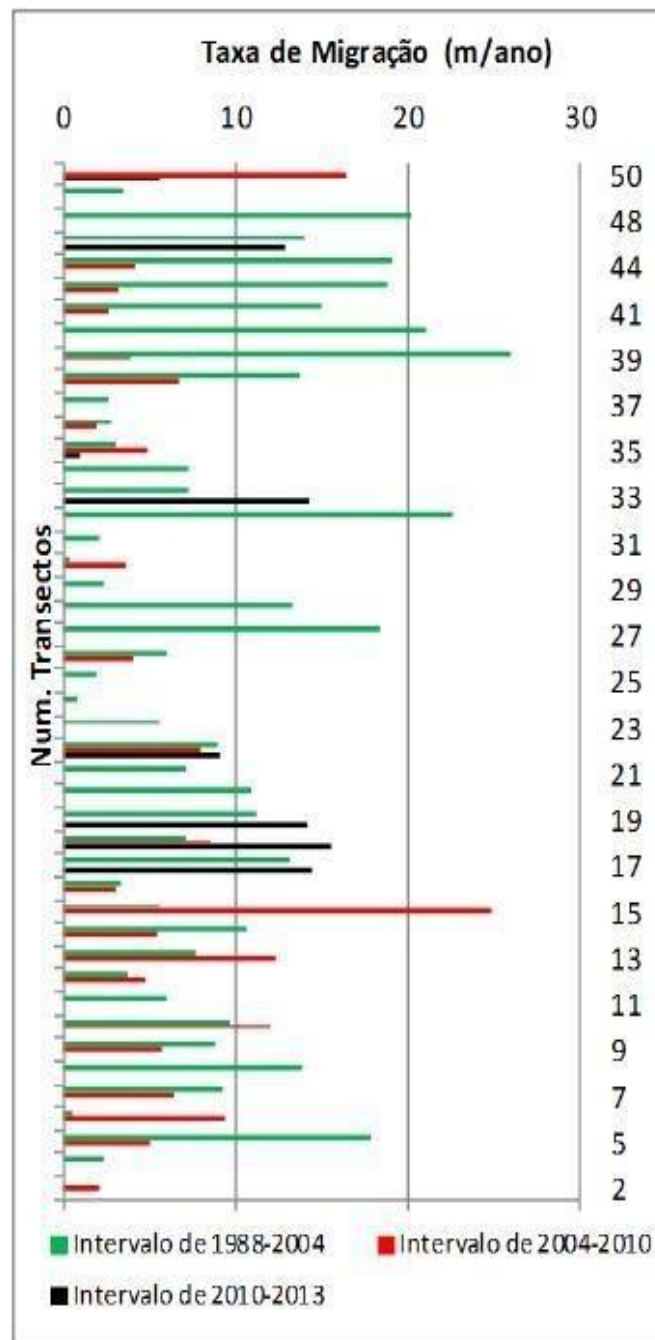
**Figura 3** – Mapa da média de migração para todo o campo de dunas da área de estudo



Fonte: PEDROSA, 2015.

Na Figura 4 temos os dados de migração considerando os intervalos de 1988-2004; 2004-2010 e 2010-2013. No período de 1988-2004, ocorreram as maiores taxas de migração no campo de dunas. Já nos espaços entre 2004-2010 e 2010-2013, observa-se uma diminuição das taxas de migração, sendo que, nesse último intervalo, percebemos as menores taxas.

**Figura 4** - Dados de migração dos intervalos estudados (1988-2004; 2004-2010; 2010-2013)

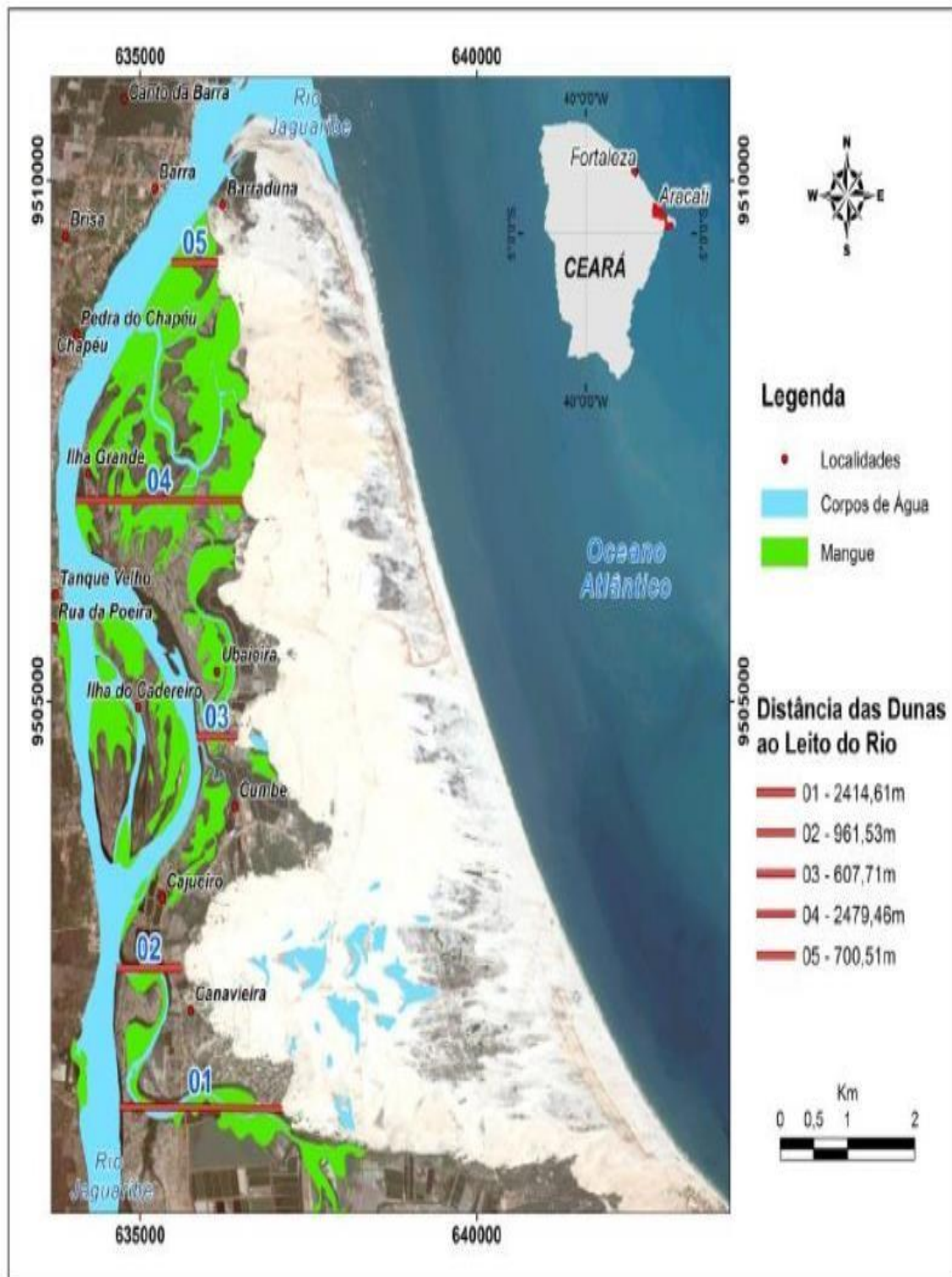


Fonte: PEDROSA, 2015.

A partir das cinco distâncias observadas na Figura 5, tem-se uma distância média da face de sotavento das dunas até o leito do rio Jaguaribe, de 1.432,76m, onde está localizado o ecossistema manguezal. O ponto mais distante (04), mede 2.479,46m, já o mais próximo (03), dista 607,71m.



Figura 5 – Mapa das distâncias da face de sotavento das dunas ao leito do rio Jaguaribe e áreas de mangue.



Fonte: PEDROSA, 2015.

## **Análise dos dados meteorológicos e taxas de migração do campo de dunas**

A variação anual da precipitação pluviométrica é controlada pelo movimento da ZCIT, principal sistema sinótico responsável pela quadra chuvosa no Estado, que dependendo da sua posição e tempo, pode provocar chuvas intensas. Com o regime pluviométrico variável, todavia, as precipitações ocorrem no primeiro semestre, distribuindo-se entre os meses de março e maio (NIMER e BRANDÃO, 1985).

Para a região em estudo, a precipitação média anual alcança valores em torno de 1024 mm. O regime pluviométrico da área de estudo é do tipo tropical brando com a estação chuvosa concentrada em cinco meses consecutivos. A estação chuvosa começa geralmente no mês de fevereiro, com os valores máximos frequentemente associados aos meses de março e abril (FUNCEME, 2015).

Os ventos agem como um importante elemento da dinâmica da paisagem no litoral cearense. As direções predominantes são de SE, ESE, E e NE. As médias de velocidade chegam a superar os 4,5 m/s nos meses mais secos (MAIA, 1998).

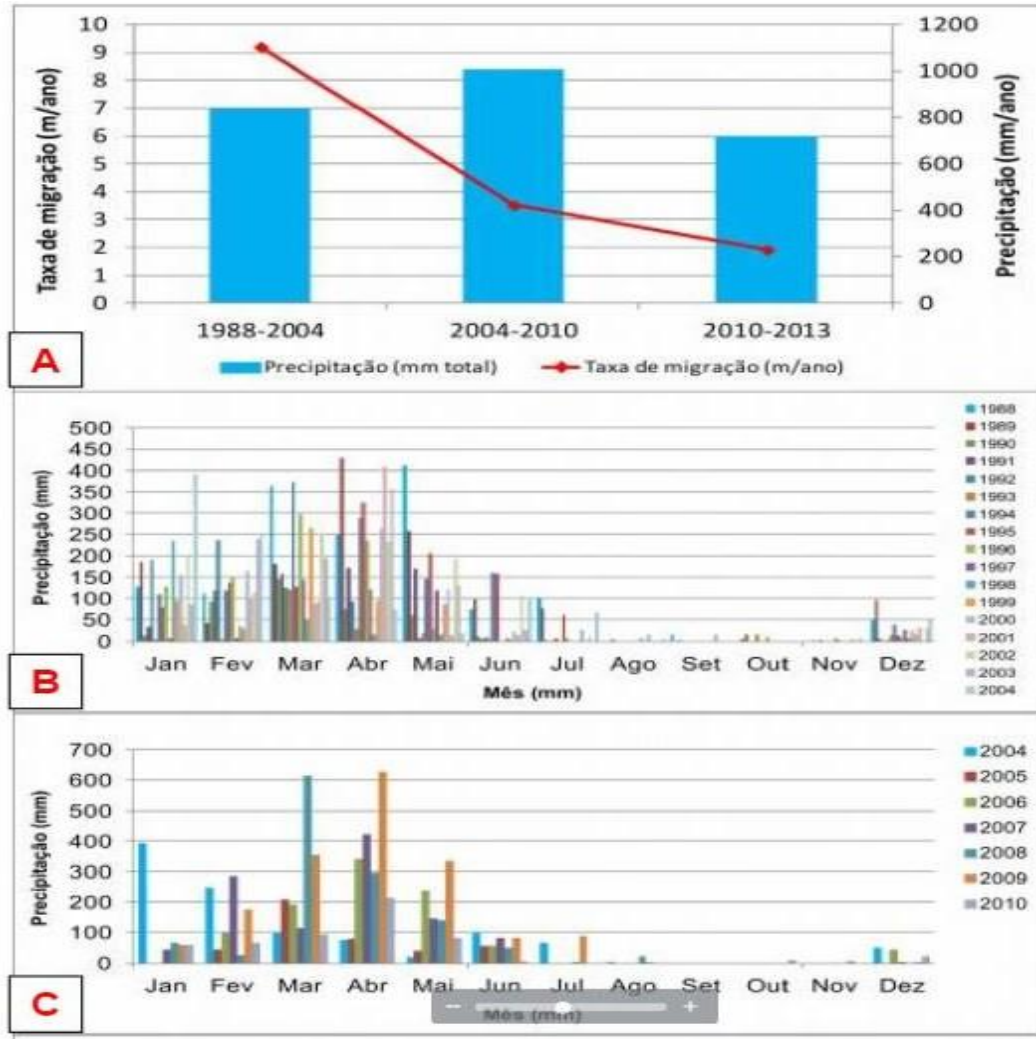
No primeiro semestre, a intensidade dos ventos e a insolação são menos elevados, apresentando elevados índices de precipitação. No segundo semestre, ocorre o inverso, elevando-se a velocidade dos ventos e a insolação. Desta forma, a migração das dunas da área de estudo é mais efetiva no segundo semestre.

A partir de julho as precipitações diminuem até o mês de novembro, ocorrendo as maiores taxas de migração da área de estudo. O primeiro semestre do ano responde, em média, por mais de 90% das precipitações anuais, principal fator responsável pela queda das taxas de migração do campo de dunas de Canoa Quebrada.

A relação entre as médias de pluviometria e a velocidade dos ventos é um importante indicador para a análise da geodinâmica do campo de dunas de Canoa Quebrada. É importante evidenciar que o regime dos ventos atua de modo a definir o formato e a orientação das dunas (KOCUREK e EWING, 2005).

Na Figura 6 temos o gráfico A onde verificamos a relação das taxas de migração e precipitação anual no campo de dunas da área de estudo nos intervalos 1988-2013. As maiores precipitações ocorreram no período de 2004-2010 superando 1.000 mm/ano (Gráfico B), enquanto que as maiores taxas de migração foram registradas no intervalo de 1988-2004, alcançando 9.3 m/ano (Gráfico A). Já as menores precipitações e taxas de migração aconteceram no período de 2010- 2013 com 700 mm/ano e 2 m/ano respectivamente (Gráfico A e C).

Figura 6 – Gráficos das taxas de migração e precipitação



Fonte: PEDROSA, 2015.

As causas da menor taxa de precipitação nesse intervalo de tempo podem ser explicadas em fato de que ocorre na área de estudo a implantação de aerogeradores visando a produção de energia eólica, os quais foram construídos a partir de 2009. Para a instalação desses equipamentos, foi realizada contenção das dunas. As usinas que estão operando revelaram que a área ocupada pelos aerogeradores foi gravemente degradada – terraplenada, fixada, fragmentada -, tendo sido alteradas a morfologia, topografia e fisionomia do campo de dunas. Isso ocorre porque se faz necessário a manutenção de uma rede de vias de acesso para cada um dos aerogeradores, bem como resguardar a base dessas estruturas da erosão eólica. Com isso iniciou-se um generalizado e aleatório processo de fixação artificial das areias dunares.

A Figura 6 mostra que quando há queda na precipitação por ano há um aumento na taxa de migração anual: com efeito, quando ocorre a queda na precipitação no intervalo 2004-2010 para 2010-2013, há uma queda na taxa de migração para aproximadamente 1,8 m/ano. No intervalo entre os anos de 2010 e 2013, as

dunas não migraram seguindo o padrão de taxa de migração dos anos anteriores. Com isso, pode-se realmente considerar que a ocupação da zona litorânea alterou essa taxa de migração.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os estudos realizados através do geoprocessamento/ georreferenciamento, foi possível calcular as taxas de migração das dunas nos períodos de 1988 a 2013. Verificou-se que as dunas estão migrando, em média, 7m/ano. Levando-se em conta dados de precipitação pluviométrica, verifica-se que os valores médios da taxa de migração/ano aumentam com a diminuição dos valores de precipitação por ano, ocorrendo assim uma taxa de migração maior no período de estiagem.

A partir de 2010, as dunas praticamente não migraram. Isso pode ser explicado pelo uso e ocupação da área através da construção dos aerogeradores, que teve início em 2009, bem como a fixação por palhas e construção de vias para a locomoção de bugres, atendendo o mercado do turismo.

No período de 2010 a 2013, verifica-se que houve uma queda tanto na migração quanto na precipitação (menores valores encontrados). A fixação de algumas dunas e a presença das usinas eólicas podem ser fatores que explicam esse paradoxo. Verifica-se, ainda, que mesmo a migração das dunas sendo pequena, representando - a menor de todo o Estado do Ceará, pode-se constatar que existe ameaça de soterramento do manguezal. Esse soterramento, no entanto, não será imediato, visto que atualmente a distância média duna/manguezal é de aproximadamente 1432,76m.

Considerando uma taxa média de migração de todo o campo de dunas de 7,25m/ano, pode-se afirmar que provavelmente as dunas migrarão recobrando e matando o manguezal. Tomando como referência essa taxa de migração e a distância entre o front das dunas e o manguezal, coloca-se que dentro de 198 anos toda o conjunto dunar chegará ao leito do rio. Levando-se em consideração apenas o ponto mais próximo, a duna poderá chegar em torno de 84 anos.

Outro cenário possível, seria o manguezal atuar como obstáculo, contendo o avanço do campo de dunas em direção a ele, inclusive considerando-se que a velocidade de migração está diminuindo. Nesse caso, as dunas nunca avançariam muito. Ou ainda, muito provavelmente, em função da reduzida velocidade de migração, essas dunas se transformarão em dunas fixas e semi-fixas, perdendo então o status de dunas móveis atuais. São os cenários possíveis, nesse planície litorânea em questão.

## REFERÊNCIAS

ARAI, M.; Hashimoto, A. T.; Uesugui, Rosetti, F.N. (1997). Considerações sobre a idade do Grupo Barreiras no nordeste do Estado do Pará. . Boletim de Geociências da Petrobras 3:87-103, Rio de Janeiro.

- BEZERRA, F. H. R. et al. Pliocene-Quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*. Amsterdam, v. 14, p. 61-75, 2001.
- BIGARELLA, J. J.; ANDRADE, G. O. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). *Arquivos UR. ICT*, n.º. 2, p. 1-14, 1964.
- CLAUDINO SALES, C. V. 2002 - Les littoraux Du Ceará: evolution géomorphologique de la zone côtière de L 'État Du Ceará, Du long terme au court terme. Sorbonne. 523p. Thèse (Doctorat) – Université Paris.
- COGERH – Companhia de Gestão de Recursos Hídricos, 2003. [www.gogerh.ce.gov.br](http://www.gogerh.ce.gov.br).
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Carta Geológica do Brasil ao milionésimo: Sistema de Informações Geográficas – SIG.
- FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2015.
- KING, L. C. A geomorfologia do Brasil oriental. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 3-121, 1956.
- KOCUREK, G., & EWING, R. C. (2005). Aeolian dune field self-organization - Implications for the formation of simple versus complex dune-field patterns. *Geomorphology*, 72(1-4), 94-105. DOI: 10.1016/j.geomorph.2005.05.005.
- MAIA, L. P. Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE-Brasil): implicaciones para una gestión adecuada de la zona rural. 1998. 281f. Tese (Doutorado em Ciências del Mar)Facultat d eGeologia, Universidad de Barcelona, Barcelona, 1998.
- MARENGO, J. e NOBRE, C.A. Climatic impacts of "Frigens" in forested and deforested areas of the Amazon Basin. *Journal of Applied Meteorology*, v. 36, p. 1553-1566, 1997.
- NIMER, E., BRANDÃO, A. M. P. M. Balanço Hídrico Anual a partir de Valores Normais e Tipologia Climática. *Revista Brasileira de Geografia*. Rio de Janeiro: IBGE, 1985.
- OLIVEIRA, S. M. C. 2005. Evolução recente da linha de costa no Troço Costeiro Forte Novo. Dissertação de Mestrado- Universidade de Lisboa, Portugal.
- PEDROSA, A. A. A geodinâmica e morfogênese das dunas eólicas no município de Canoa Quebrada, Aracati, Ceará, Brasil. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Ceará, UFC, 2016.
- SAADI, A. et al. Neotectônica da plataforma brasileira. In: QUATERNÁRIO no Brasil. Ribeirão Preto: Holos, 2005. p. 211-230.
- SILVEIRA, J.D. 1964. Morfologia do litoral. In Azevedo, A. (Ed.) *Brasil: a Terra e o Homem*. São Paulo: Companhia Editorial Nacional. p.253-305
- SUGUIO, K.; NOGUEIRA, A. C. R. Revisão crítica dos conhecimentos geológicos sobre a Formação (ou Grupo?) Barreiras do Neógeno e o seu possível significado como testemunho de alguns eventos geológicos mundiais. *Revista Geociências*, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 461-479, 1999.
- VILAS BOAS, G. S.; SAMPAIO, F. J.; PEREIRA, A. M. S. The Barreiras Group in the northeastern coast of the State of Bahia, Brasil: depositional mechanisms and processes. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 73, n. 3, p. 417-427. 2001.