

## **IMPACTOS DOS EPISÓDIOS EL NIÑO E LA NIÑA SOBRE DUNAS DO LITORAL SETENTRIONAL DO NORDESTE BRASILEIRO**

João Wagner Alencar Castro - Depto. Geol e Paleo - UFRJ. E - mail: jwalencastro@aol.com

### **1 INTRODUÇÃO**

O litoral setentrional do nordeste brasileiro, constitui-se numa região anômala quanto à distribuição de chuvas, em relação a outras áreas localizadas nas mesmas latitudes como é o caso da Amazônia. Nesta região alguns trabalhos têm mostrado que o fenômeno El Niño provoca uma redução das chuvas, enquanto em anos de La Niña, os índices de chuvas são superiores a média. Através deste estudo, observou-se que determinados tipos de formas móveis costeiras (dunas), desenvolvem-se com mais frequência durante os episódios El Niño e La Niña. O presente trabalho tem como objetivo estudar estas relações a partir de um experimento realizado em um campo de dunas próximo à cidade de Paracuru - Ceará. O trecho estudado refere-se a um arco praiial, submetido a regime de vento unimodal. A morfologia da linha de costa e o transporte eólico muito direcional fazem com que o sistema seja classificado como de transposição de sedimento sobre promontório “headland bypass dunefield”. Os sedimentos são transportados da praia para o interior, migram sobre a planície costeira e retornam parcialmente ao mar através do sistema de drenagem ou pelas dunas que constituem a planície de deflação.

### **2 MATERIAL E MÉTODO**

Neste trabalho utilizou-se o registro de 31 episódios El Niño e La Niña ocorridos no litoral setentrional do nordeste brasileiro entre 1913 a 1990, documentados em Alves & Rapelli (1992), Silva et al (1998) e Castro (2001). A identificação dos detalhes cartográficos foi realizada pela análise de fotos aéreas do promontório de Paracuru - Ce. Adotou-se como referência diferentes datas de vôo, correspondentes a estação seca (1958) e chuvosa (1969). Na interpretação, utilizou-se um estereoscópico de espelho e o de refração Zeiss, este último na observação de detalhe. Os pontos de controles planimétricos foram estabelecidos a partir do levantamento topográfico na escala de 1: 5000, realizado por Castro (2001). Os dados obtidos foram registrados nos “overlays” e posteriormente transferidos por transparência para os mapas bases representando as formas de dunas correspondentes aos episódios El Niño e La Niña. A fotointerpretação, favorecida pela pequena densidade de vegetação, tanto na estação seca como na estação chuvosa, permitiu uma observação satisfatória dos impactos destes episódios sobre a evolução das dunas neste segmento de litoral.

### **3 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL**

#### **3.1 - Condicionantes geológicos / geomorfológicos**

A evolução geológica das dunas no litoral de setentrional do nordeste brasileiro foi controlada pelas variações relativas do nível do mar durante o Quaternário (cordões de dunas longitudinais); pelo comportamento dos ventos de nordeste e presença de foraminíferos na faixa de praia (dunas obliquas - eólianitos); e por variações climáticas atuais, entre estas, regime pluviométrico, ventos e fenômenos El Niño e La Niña (dunas móveis transversais atuais). A morfologia do arco praiial e o regime de vento muito

direcional (leste) fazem com que o sistema de dunas, na maior parte desse trecho de litoral, seja classificado como de transposição de sedimento sobre promontório “headland bypass dunefield”. A significativa variabilidade dos dias de chuva ao longo do ano tem interferência direta no transporte de sedimento. Desta forma o período chuvoso é caracterizado por apresentar menor volume transportado, uma vez que os sedimentos eólicos após uma precipitação de 40 mm levam cinco dias para secar e entrar em trânsito novamente (Castro, 2001). Por ocasião do período muito seco (El Niño), o volume de material transportado pelo vento é intenso, acarretando soterramento de recursos hídricos, áreas urbanas, estradas e áreas agrícolas. Durante o período muito chuvoso (La Niña) este processo de migração de dunas é praticamente interrompido. Tratando-se de sistemas eólicos móveis, existe uma inter-relação de diferentes condicionantes ambientais, dos quais os mais importantes são os processos sedimentares, climáticos e litorâneos.

### 3.2 - Condicionantes Climáticos

Segundo classificação de Koppen, citado por Silva et al (1998) o litoral estudado insere-se na zona tropical tipo AW’ caracterizada por um período quente durante o ano inteiro com precipitações médias anuais irregulares. Os totais pluviométricos nesta região decrescem em direção ao interior, atingem o mínimo no sertão semi-árido e voltam a crescer em direção à Amazônia. Os ventos na região são caracterizados pela presença de um forte ciclo sazonal controlados pelo movimento da zona de convergência inter-tropical (ZCIT), que se desloca do norte para o sul conforme mudanças de estação (FUNCEME, 1996). A ZCIT corresponde a uma larga faixa de confluência dos ventos alísios de nordeste e sudeste, caracterizada por intensa nebulosidade e baixa pressão atmosférica. Em geral a ZCIT migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, no atlântico, para posições mais ao sul durante o verão austral. Os ventos alísios de sudeste são mais intensos quando a ZCIT encontra-se ao norte (agosto a outubro), diminuindo progressivamente sua migração ao equador, para alcançar valores mínimos anuais durante os meses de março e abril quando os ventos de sudeste são mais fracos. A movimentação para norte da ZCIT e a intensificação dos ventos de sudeste que se inicia em março, apresentam-se forte no oceano, com as variações no padrão de circulações oceânicas, variações do nível do mar e aumento da velocidade das correntes costeiras (Alves & Rapelli, 1992). Além deste ciclo sazonal, o clima da região apresenta uma série de modificações interanuais, geralmente associadas aos episódios El Niño e La Niña.

#### 3.2.1 - Episódios El Niño e La Niña

Conceitualmente, o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) é o aquecimento das águas superficiais do setor centro-oeste do Oceano Pacífico predominantemente na região equatorial. As principais anomalias climáticas observadas no Brasil na presença do El Niño são:

Áreas com chuvas superiores a média na região sul e sudeste do Brasil (especialmente durante o período de verão e outono, de dezembro a março), por exemplo, os anos de 1996 e 1997, estas características se devem a uma permanência maior das frentes frias, que migram do extremo sul do continente para latitudes tropicais.

Secas ou estiagens durante o quadrimestre de fevereiro a maio no setor norte do nordeste (Estado do Ceará, centro-oeste dos Estados do Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, norte da Bahia e extremo nordeste de Alagoas e Sergipe).

O setor norte do Nordeste do Brasil, particularmente o semi-árido, constitui-se numa região extremamente anômala quanto à distribuição de chuvas, em relação a outras regiões localizadas nas mesmas latitudes (como é o caso da Amazônia). Para essa região, alguns trabalhos têm mostrado que o El Niño provoca uma redução das chuvas (Alves & Rapelli, 1992). A sub-região mais afetada pelo fenômeno El Niño é o litoral setentrional do nordeste entre o Estado do Rio Grande do Norte até o início dos Lençóis Maranhenses. O fenômeno inverso é chamado de La Niña, que se caracteriza pelo esfriamento das águas na faixa equatorial do Oceano Pacífico. Ressalta-se que a magnitude das anomalias negativas de temperatura na superfície do mar durante este fenômeno é maior do que as anomalias positivas observadas nos episódios El Niño (FUNCEME, 1996). Nos anos de La Niña, persiste um forte movimento ascendente (formação de nuvens e presença de chuva) no setor centro-oeste da bacia do Pacífico, principalmente na região da Indonésia, setor norte e nordeste da Austrália, e um fortalecimento do movimento de descida na parte centro-oeste da bacia, particularmente na costa oeste da América do Sul. Este trecho impede a formação de nuvens e conseqüentemente pouca chuva na região. No nordeste brasileiro, em anos de La Niña, as áreas mais localizadas ao sul desta região, tendem a receber um índice mais significativo de chuvas, entre os meses de novembro a janeiro (pré-estação chuvosa). Em alguns destes anos, período de maior pluviometria no setor norte do nordeste apresentam chuvas superiores a média. A tabela 1 demonstra a relação dos anos correspondentes aos episódios El Niño e La Niña no Estado do Ceará, entre 1913 e 1990.

Anos de El Niño	13, 18, 25, 30, 40, 51, 53, 57, 58, 63, 65, 70, 72, 83 86, 90
Anos de La Niña	16, 24, 28, 33, 42, 44, 49, 54, 55, 56, 64, 67, 69, 75, 88

Tabela 1 - Relação dos anos de ocorrência dos episódios El Niño e La Niña. Fonte: Alves & Rapelli (1992), Silva *et al.* (1998) e Castro (2001).

Como os regimes meteorológicos em geral determinam as características geomorfológicas das formas móveis costeiras (dunas), identificou-se durante o episódio El Niño, caracterizados por secas no Nordeste, um aumento da quantidade de formas barcanas. Segundo Pye (1984) as formas barcanas são típicas de clima árido e semi-árido, e geralmente se desenvolvem com mais freqüência em pavimentos desérticos. Em anos de La Niña, constituído por período chuvoso ou muito chuvoso no Estado do Ceará, verificou-se maior freqüência de formas tipo parabólicas à partir da presença da vegetação.

#### 4 RESULTADOS OBTIDOS

Comparando fotografias aéreas de diferentes datas de vôo com a ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña, observou-se que na foto aérea, escala 1:25.000 de 1958, as lagoas freáticas do campo de dunas de Paracuru encontravam-se em processo de soterramento devido ao intenso transporte eólico. Observou-se também um número significativo de dunas barcanas isoladas, principalmente associadas à planície de deflação (Figura 1). Na foto aérea de 1969, escala 1: 30.000, a situação é contrária ao episódio de 1958. Verificou-se um número expressivo de lagoas freáticas, típicas de período muito chuvoso. Registrou-se também a ocorrência de dunas parabólicas desenvolvidas sobre a presença de vegetação e nível do lençol freático elevado ( Figura 2). Analisando os anos de ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña (tabela 1), interpretou-se que o ano de 1958 é caracterizado por intensa sedimentação eólica associada ao episódio El Niño, cuja

fotografia aérea aponta o desenvolvimento de formas barcanas. Ao passo que o ano de 1969 é constituído por La Niña, verificando-se a ocorrência de formas parabólicas.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Através das informações obtidas sobre os fenômenos La Niña e El Niño no litoral setentrional do nordeste brasileiro, entre 1913 a 1990, complementadas pela análise de fotografias aéreas de diferentes datas de vôo, constatou-se através deste trabalho que algumas formas eólicas na região de Paracuru - Ceará desenvolvem-se com mais frequência durante estes episódios. No ano de 1958, caracterizado pelo fenômeno El Niño, observou-se que as lagoas freáticas foram soterradas por lençóis de areia ao longo da planície de deflação. Observou-se também um número significativo de dunas barcanas isoladas, típicas de pavimentos desérticos, em diversos pontos do sistema eólico. Durante o fenômeno La Niña, a região litorânea dos Estados do Ceará, Piauí e Maranhão, caracteriza-se por um período muito chuvoso. A fotografia aérea do promontório de Paracuru em 1969 aponta a ocorrência de um número expressivo de lagoas freáticas e desenvolvimento de dunas parabólicas, formas associadas à presença de vegetação e nível freático elevado. Em ambos os fenômenos, as formas eólicas identificadas estão relacionadas a episódios opostos. Tais conclusões, somadas ao regime de vento e precipitações pluviométricas demonstram que as dunas nesta região são controladas por pulsos climáticos que registram sedimentação episódica recorrente de 3 a 8 anos.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, J.M.B. & RAPELLI, C. (1992) A variabilidade pluviométrica do setor norte do nordeste e o evento El Niño - Oscilação Sul (ENOS). **Revista Brasileira de Meteorologia** V. 7 (2): 583 - 592 p.
- CASTRO, J.W.A. (2001) **Geomorfologia do sistema sedimentar eólico de Paracuru - Ceará**. Rio de Janeiro / UFRJ. PPGG - IGEO, 202 p. Tese (Doutorado).
- FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia. (1996) **O fenômeno El Niño - Oscilação Sul**. Teorias, observações e previsões (Ed. Especial nº 5), 31 p.
- PYE, K. (1984) Models of transgressive dune building episodes and their relationship to Quaternary sea level change. **In: Coastal Research**. Geo books, 81 - 104 p.
- SILVA, V.P.R.; MARCIEL, G.F; ROLANDO, P. & GUEDES, F. (1998) Análise do nível de significância entre El Niño e chuvas no nordeste do Brasil. **In: X Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Brasília - DF, C 148 p.

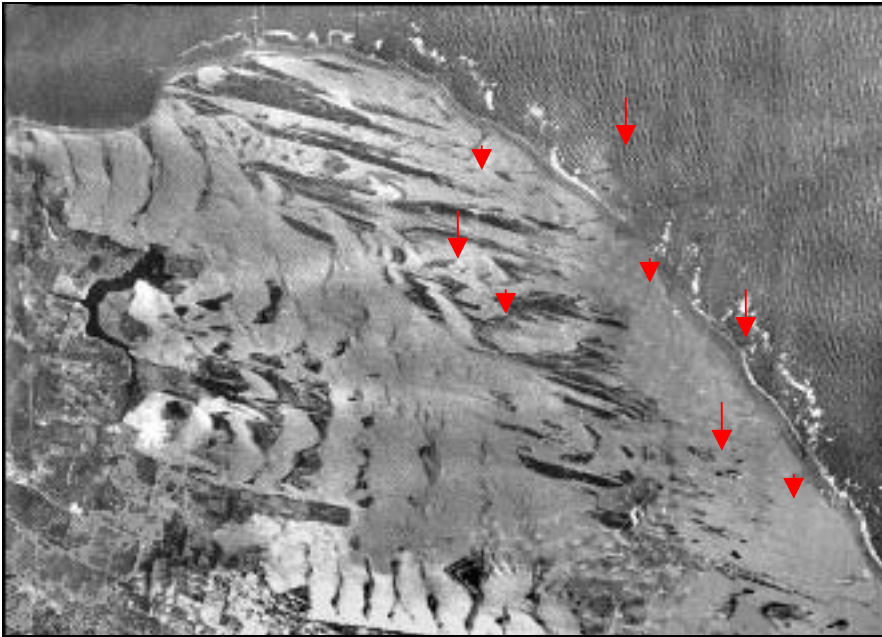


Figura 1 - Fotografia aérea de 1958 mostrando um conjunto de dunas barcanas associadas ao fenômeno El Niño. Fonte DNOCS (1958)

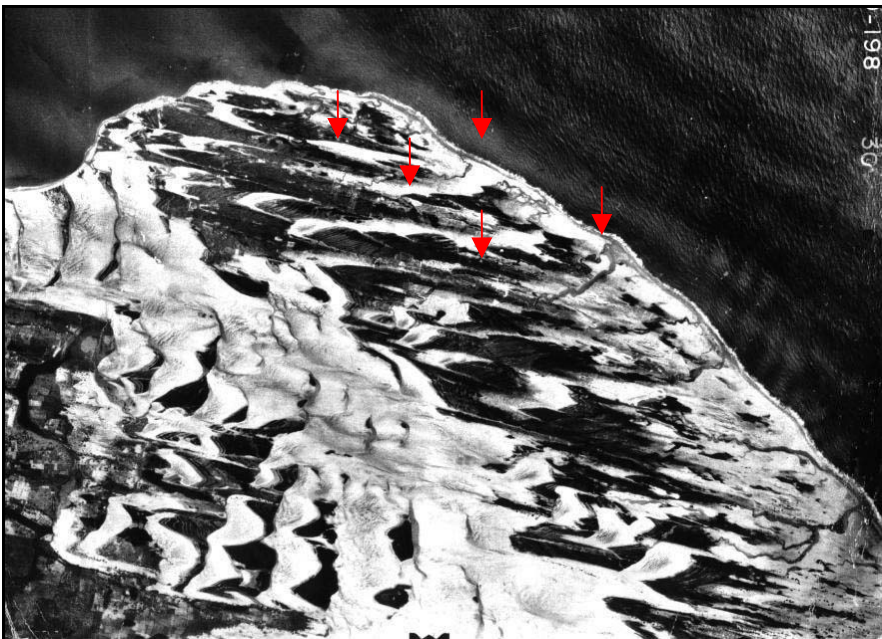


Figura 2 – Fotografia aérea de 1969, mostrando a ocorrência de dunas parabólicas associadas ao fenômeno La Niña. Fonte: DNPM (1969).