



## Imageamento de depósitos eólicos modernos e influência da granulometria sobre dados de GPR

Josibel G. Oliveira Jr\*, PPGG/UFRN, Brasil; Werner F. Tabosa, PPGG/UFRN, Brasil; Walter Eugênio de Medeiros, PPGG/UFRN, Brasil; Helenice Vital, PPGG/UFRN, Brasil e Karl Stattegger, Christian-Albrechts Universität, Alemanha.

Copyright 2003, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8<sup>th</sup> International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper was reviewed by The Technical Committee of The 8<sup>th</sup> International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represents any position of the SBGF, its officers or members. Electronic reproduction, or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of The Brazilian Geophysical Society is prohibited.

### Resumo

A ground penetrating radar (GPR) survey was done to characterize the internal structures a dune near the city of São Bento do Norte (RN/Brazil). Twenty one profiles were performed using 200 MHz and 80 MHz frequencies: seventeen profiles in main directions of the winds (E-W) and four in perpendicular wind directions (N-S). By means of the resulting radargrams, it was possible to identify the water table, the stage at which the original barchan dune has started to involve into a dome dune, reactivation surfaces, contact between dunes with different ages and beach ridges. Additionally, sand samples were collected in order to perform a granulometric analysis and to probe the relationships between sand modality and GPR reflections.

### Introdução

Neste trabalho, o método GPR (*Ground Penetrating Radar*) foi utilizado para caracterizar a estrutura interna de depósitos eólicos recentes e investigar a relação entre a modalidade de grãos de areia e reflexões eletromagnéticas.

Estudos sobre estruturas internas de dunas são importantes, pois permitem distinguir diferentes tipos de estratificação presentes em antigos depósitos eólicos (KOCUREK & DOTT, 1981). Adicionalmente, associações entre variações texturais e estruturas sedimentares exercem forte influência sobre a porosidade de aquíferos e reservatórios de hidrocarbonetos (LUPE & AHLBRANDT, 1979). Até algum tempo, pouca atenção era dada a estudos sobre dunas modernas, devido a dificuldade de obter amostras em areias secas e inconsolidadas. A amostragem deste tipo de sedimento limitava-se ao uso de metodologias invasivas. Neste contexto o método GPR surge, a partir dos anos 90, como uma excelente ferramenta para imageamento dessas feições, proporcionando uma aquisição rápida, barata e com dados de excelente resolução (HARARI, 1996).

O campo de dunas estudado está localizado próximo a cidade de São Bento do Norte, litoral norte do Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. Este campo de dunas migra rapidamente sobre áreas residenciais e sua evolução vem sendo monitorada por diversos

pesquisadores (HUSTEDT, 2000; TABOSA, 2000; OLIVEIRA JR et al., 2002).

### Métodos

GPR é um método geofísico eletromagnético que permite fazer sondagens próximas a superfície de maneira rápida e econômica. Este método de imageamento em subsuperfície baseia-se principalmente na medida do tempo de propagação das ondas eletromagnéticas (com frequência compreendida entre 10 e 1000 MHz), refletidas em estruturas geológicas presentes em subsuperfície. Como em outros métodos geofísicos, o registro de GPR depende de contrastes de propriedades físicas em subsuperfície para gerar sinal de retorno (reflexões). Neste caso, as propriedades físicas relevantes são: condutividade elétrica, permissividade elétrica e permeabilidade magnética do meio. Mais detalhes sobre o método GPR podem ser obtidos em DAVIS & ANNAN (1989) e em OLIVEIRA JR (2001). A aquisição dos dados de GPR foi composta por vinte e um perfis, obtidos com antenas de 80 MHz e 200 MHz. Dezesete perfis foram levantados na direção E-W, aproximadamente paralelos à direção dominante dos ventos, e cinco perfis na direção S-N. O equipamento utilizado foi o *SIR System 2*, fabricado pela GSSI (*Geophysical Survey Systems Incorporated*), ajustado para adquirir um traço a cada 5 cm. A topografia da área, necessária para o ajuste dos perfis, foi levantada através do método de balizas "Emergy boards" (KOMAR, 1998).

Para investigar a relação entre a modalidade das areias de dunas e reflexões de GPR, coletamos ao longo de um perfil de GPR amostras de areia, espaçadas 50 metros uma da outra. Após a coleta, todas as amostras foram lavadas, secas em estufa por 24 horas e quarteadas. Para obtenção dos parâmetros estatísticos de distribuição dos sedimentos, classificação textural e a construção de histogramas, utilizamos o programa SAG (Sistema de Análise Granulométrica) desenvolvido pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Os resultados fornecidos pelo programa foram classificados segundo os parâmetros propostos por FOLK & WARD (1957).

### Exemplos

Resultados preliminares permitiram identificar diversas estruturas dentro da duna. Na figura 1, as marcas 1 e 2 ilustram *foresets* individuais. A diminuição gradual no ângulo de mergulho destes *foresets*, juntamente com obstáculo topográfico composto pelo contato entre duas dunas de diferentes gerações (Figura 1, marca 3) caracteriza o processo através do qual uma duna transversal (barcana) evolui para dômica (McKee, 1966; HARARI, 1996). Também identificamos uma superfície de reativação (Figura 1, marca 4) e um forte refletor, interpretado como o lençol freático (Figura 1, marca 5).

Adicionalmente, refletores subhorizontalizados foram interpretados (Figura 1, marca 6) como antigos depósitos de praia (*beach ridges*), associados à regressão marinha ocorrida durante o Holoceno (CALDAS, 2002).

A Figura 2 ilustra o perfil de GPR sobre o qual as amostras de areia foram coletadas. Estas amostras são compostas por uma fração de areia média correspondente a 43% do volume total, seguida por uma fração de areia grossa (27%) e de areia fina (24%). A medida em que se percorre o dado de E para W (o sentido em que sopram os ventos), as amostras mudam gradativamente de um comportamento unimodal (Figuras 3A, 3B, 3C) para um comportamento bimodal (Figuras 3D, 3E, 3F). Nós acreditamos que a marcante mudança lateral no padrão de reflexão do GPR esteja relacionada com a bimodalidade do grão. Refletores mais intensos ocorrem onde os grãos possuem comportamento bimodal, porque essa bimodalidade é decorrente, na verdade, da intercalação de pequenas lentes de areia fina e silte, associadas a depósitos de *ripple cross-laminate* (MOUNTNEY & HOWELL, 2000).

### Conclusões

Neste trabalho, o método GPR foi usado com sucesso para imagear estruturas internas de dunas (*foresets* individuais, *Bouding surfaces*, superfícies de reativação e *Beach ridges*). Os perfis de GPR também sugerem que a duna dômica estudada pode ter sido formada devido à migração de uma duna barcana sobre um obstáculo topográfico, composto por uma duna mais antiga. Adicionalmente, curvas de distribuição tamanho-frequência mostraram que as areias da duna apresentam comportamentos unimodais e bimodais. Isto permitiu estabelecer uma relação entre modalidade dos grãos de areia e intensidade das reflexões de GPR.

### Agradecimentos

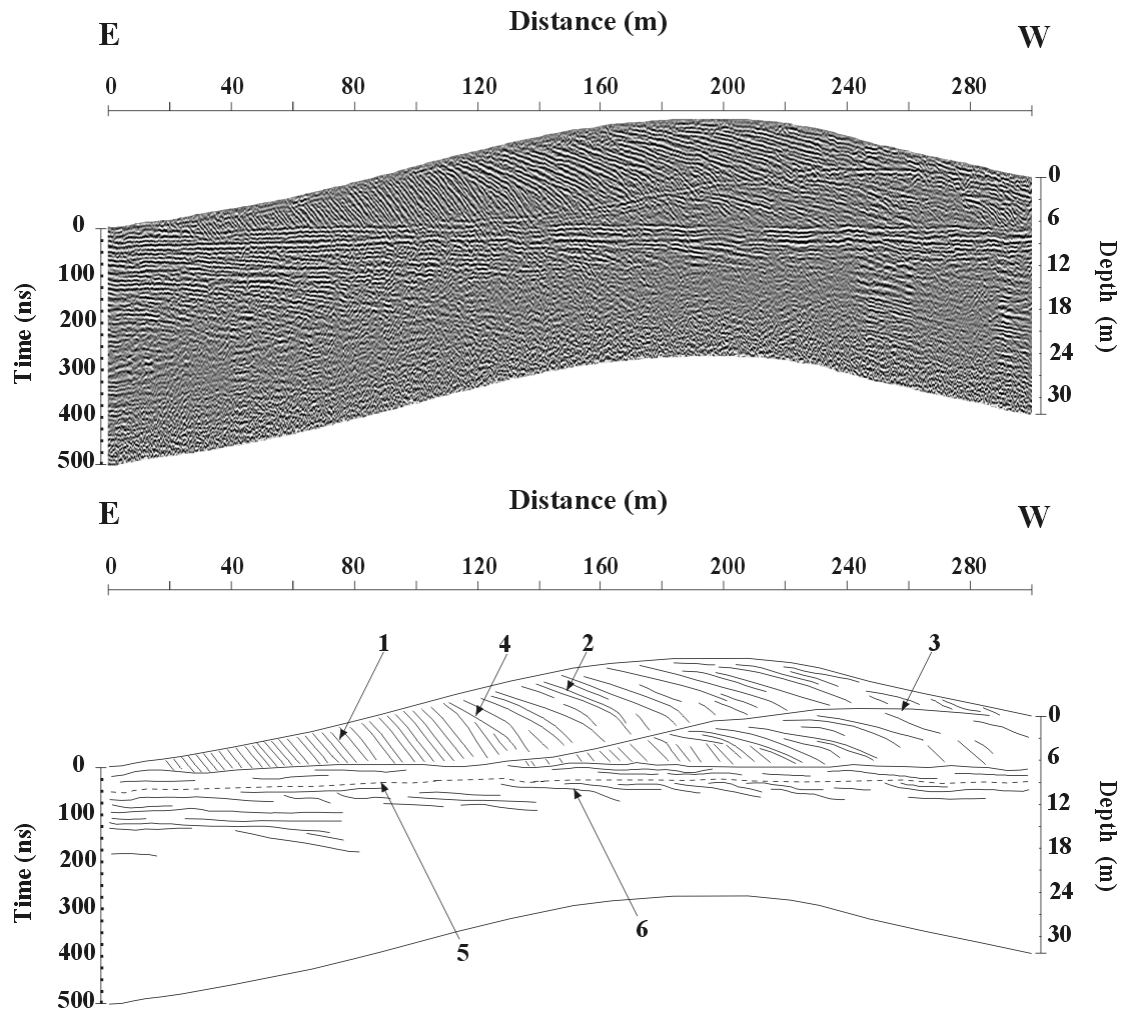
Os autores agradecem as pessoas que auxiliaram no levantamento de campo, ao PPGG/UFRN pelo apoio logístico, a CAPES/DAAD por fomentar o primeiro e segundo autores deste trabalho (bolsa sanduíche através do projeto n°150-02) e ao PADCT III/CNPq-FINEP pelo suporte financeiro.

### Referências

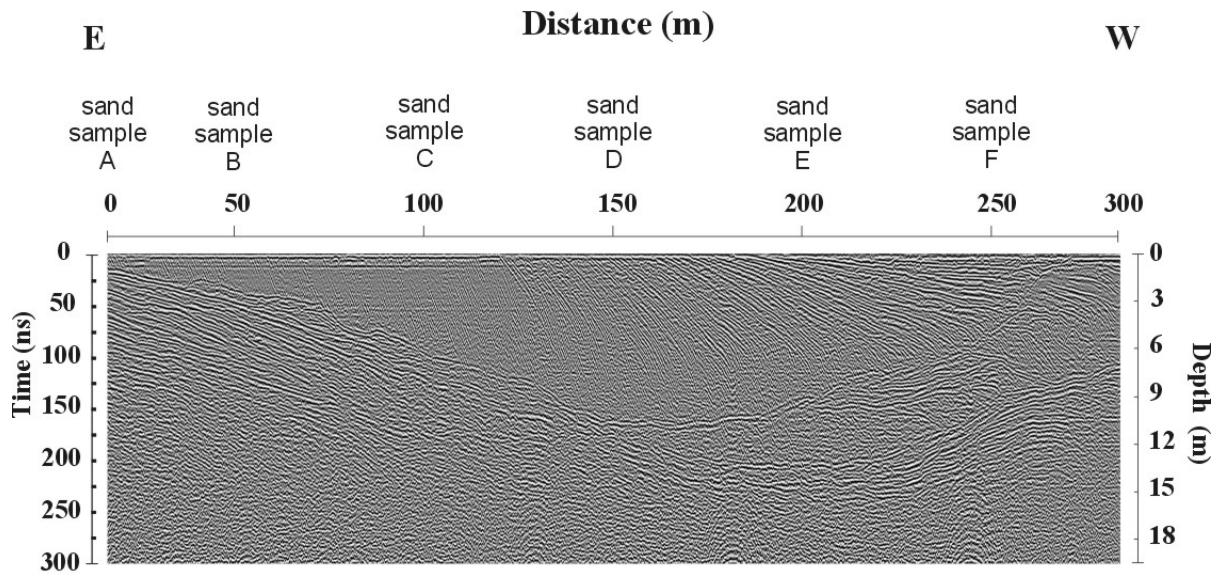
- CALDAS, L.H.O.**, 2002. Late Quaternary coastal evolution of the northern Rio Grande do Norte coast, NE Brazil. PhD Thesis. Institute of Geosciences. University Christian-Albrechts zu Kiel. 92 pp.
- DAVIS, J.L. & ANNAN, A.P.**, 1989. Ground Penetrating Radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy. *Geophysical Prospecting*, 37. 531-551.
- FOLK, R. L. & WARD, W. C.**, 1957. Brazos River Bar: A study in the Significance of Grain Size Parameter. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27:3-27
- HARARI, Z.**, 1996. Ground-penetrating Radar (GPR) for imaging stratigraphic features and groundwater in sand dunes. *Journal of Applied Geophysics*, 36, 43-52.
- HUSTEDT, S.**, 2000. Aeolian morphodynamics in the region São Bento do Norte on the NE-coast of

Brazil. Kiel University, Unpublished MSc. Thesis, 102p.

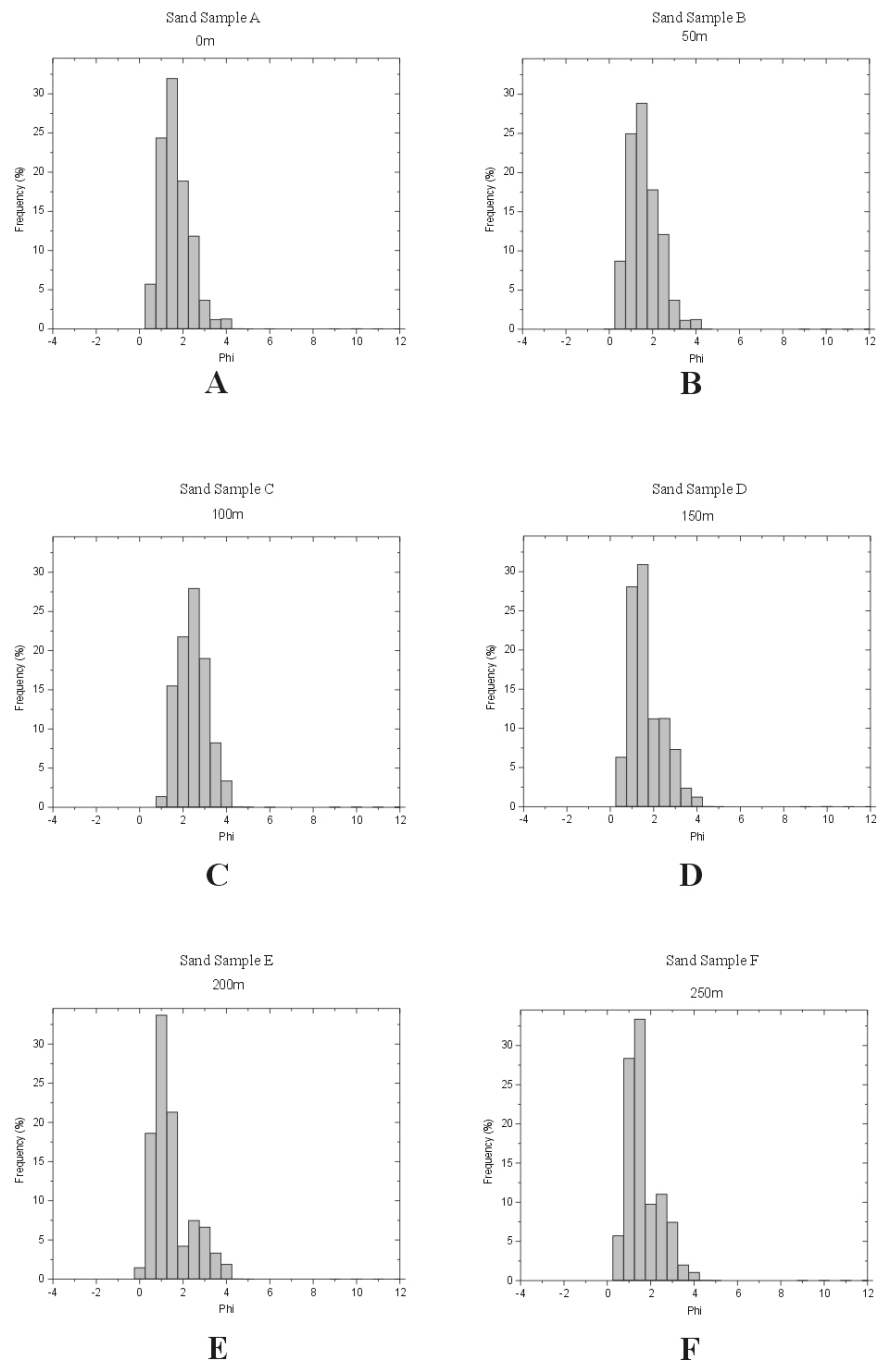
- KOCUREK, G. & DOTT JR, R.H.**, 1981. Distinctions and uses of stratification types in the interpretation of eolian sand. *J. Sediment. Petrol.*, 51, 579-95.
- KOMAR, P.D.**, 1998. *Beach processes and sedimentation*. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall, 544p.
- LUPE, R. & AHLBRANDT, T.S.**, 1979. Sediments in ancient eolian environments – reservoir inhomogeneity. In: *A Study of Global Sand Seas* (Ed. E.D. McKee), US Geol. Survey. Prof. Pap., 1052, 241-51.
- McKEE, E.D.**, 1966. Structure of dunes at White Sands National Monument, New Mexico (and a comparison with structures of dunes from other select areas). *Sedimentology*, 7, 1-69.
- MOUNTNEY, N. & HOWELL, J.**, 2000. Aeolian architecture, bedform climbing and preservation space in the Cretaceous Etjo Formation, NW Namibia. *Sedimentology*, 47, 825-849.
- OLIVEIRA JR, J.G.**, 2001. Dois Testes de imageamento com GPR em problema de controle ambiental em regiões tropicais: migração de dunas e localização de dutos de óleo enterrados. Dissertação de Mestrado. N°21, PPGG/UFRN. 86pp.
- OLIVEIRA JR, J.G.; MEDEIROS, W.E.; VITAL, H.; XAVIER NETO, P.X. & STATTEGGER, K.**, 2002. GPR imaging of the internal structure of a sand dune in Rio Grande do norte State, Brazil. *Journal of Coastal Research. Special Issue n°35*.
- TABOSA, W.F.**, 2000. Dinâmica costeira da região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte-RN. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unpublished graduated dissertation, 76p.



**Figura 1.** Perfil completo de GPR no topo da duna, coletado na direção E-W (80MHz). Marcas 1 e 2 indicam *foresets* individuais. A marca 3 indica o contato entre dunas de diferentes gerações. Marca 4 indica uma superfície de reativação. Marca 5 indica claramente a posição do lençol freático e a marca 6 indica depósitos de praia.



**Figura 2.** Radargrama ilustrando os pontos de amostragem de sedimentos e o aumento gradual na intensidade das reflexões de GPR a medida em que percorremos o dado no sentido E-W da duna (200 MHz).



**Figura 3.** Histogramas ilustrando curvas de distribuição tamanho/freqüência de amostras coletadas ao longo do perfil M. Através das figuras 3A, 3B e 3C observa-se um comportamento unimodal e em 3D, 3E e 3F, bimodalidade.