

## Susceptibilidade Magnética nos Sedimentos Pleistocênicos (Barreira III) da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: resultados preliminares

Maria Lúiza Correa da Camara Rosa<sup>1</sup>, Jairo Francisco Savian<sup>1</sup>, Brooks Ellwood<sup>2</sup>, Patrick A. Hesp<sup>3</sup>, Eduardo Guimarães Barboza<sup>1</sup>, Ricardo Ivan Ferreira da Trindade<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geociências (IGEO) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

<sup>2</sup> Departamento de Geologia e Geofísica - Louisiana State University (LSU).

<sup>3</sup> Faculdade de Meio Ambiente - Flinders University

<sup>4</sup> Departamento de Geofísica, Instituto de Astronomia, Geofísica, e Ciências Atmosféricas (IAG) - Universidade de São Paulo (USP).

Copyright 2014, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no VI Simpósio Brasileiro de Geofísica, Porto Alegre, 14 a 16 de outubro de 2014. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do VI SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

### Resumo

Os depósitos sedimentares pleistocênicos e holocênicos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) representam um importante registro, gerado sob influência da dinâmica costeira, do clima e das variações do nível do mar durante este período. A interação entre estes processos e o controle exercido por cada um ao longo da evolução geológica segue como tema de debate na literatura. Este trabalho apresenta dados preliminares de susceptibilidade magnética ( $\chi$ ) obtidos em um afloramento do sistema Laguna-Barreira III no litoral norte da PCRS. Os dados indicam importantes variações nos valores de susceptibilidade magnética, relacionadas com a sucessão vertical de fácies. Esta sucessão define um padrão de empilhamento progradacional, com as fácies marinhas na base, seguidas por praias e eólicas no topo. Os resultados obtidos demonstram o potencial de aplicação desta ferramenta no estudo de depósitos costeiros, e dos depósitos costeiros como fonte de informações sobre o campo magnético terrestre.

### Introdução

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul é um dos mais amplos registros sedimentares quaternários do Brasil. Os sedimentos estão depositados ao longo de uma linha de costa de aproximadamente 620 km de extensão e até 80 km de largura. Villwock & Tomazelli (1995) mostraram que a evolução desta planície costeira é marcada pela recorrência de períodos de elevação e rebaixamento do nível do mar. Os sedimentos foram depositados no contexto de um sistema de leques aluviais e de quatro sistemas deposicionais do tipo laguna-barreira (I, II, III, IV) (Figura 1). Estes sistemas de desenvolvem a partir de ciclos transgressivos-regressivos controlados pela glacioestasia (Villwock & Tomazelli, 1995).

No entanto, os sistemas Laguna-Barreira pleistocênicos I, II e III possuem datações absolutas incertas. A idade relativa destes sistemas fica clara em sua disposição espacial, mas a idade absoluta, especialmente dos dois sistemas mais antigos (I e II), é difícil de determinar

devido à escassez de materiais apropriados para datações geocronológicas.

As mais recentes descobertas no estudo da mineralogia magnética em sedimentos que estão relacionados com as mudanças na sua concentração, tamanho e forma dos grãos, servem como base para uma nova ciência conhecida como magnetismo ambiental (e.g. Liu *et al.*, 2012). Os parâmetros do magnetismo ambiental servem como uma ferramenta muito importante na correlação entre sítios, visto que estes parâmetros são um registro das variações climáticas no passado. Neste trabalho mostraremos dados preliminares de  $\chi$ , um dos principais parâmetros do magnetismo ambiental como uma ferramenta para um melhor entendimento dos processos de sedimentação, e, futuramente, como uma ferramenta de correlação entre sítios.

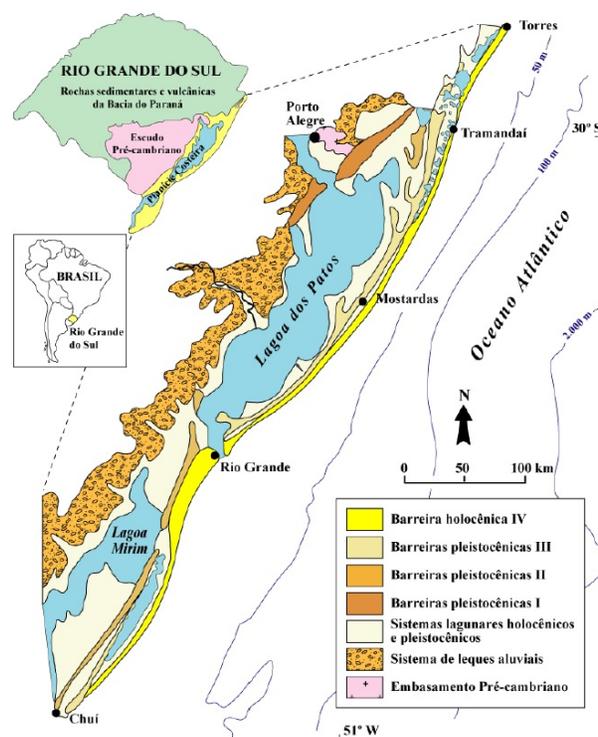


Figura 1 – Mapa geológico da Planície Costeira do Rio Grande do Sul com os seus principais sistemas deposicionais (Tomazelli & Villwock, 1996).

## Área de Estudo

A seção composta onde foi realizada a amostragem na barreira pleistocênica III está situada no litoral norte da PCRS, na latitude de 50°13'48" S e longitude de 29°54'15" W, no município de Osório (Figura 2). A altitude do topo do perfil é de 8,55 m (medida com um GPS Topográfico Trimble Pro-XRS pelo método diferencial). O sistema Laguna-Barreira III está associado ao terceiro evento transgressivo-regressivo registrado na PCRS, responsável pela implantação final do sistema lagunar Patos-Mirim (Tomazelli & Dillenburg, 2007).

As amostras foram coletadas em quatro seções, formando uma seção composta. A seção A, B, C, e D representam as porções *shoreface* superior, *foreshore*, *backshore*, e dunas eólicas.

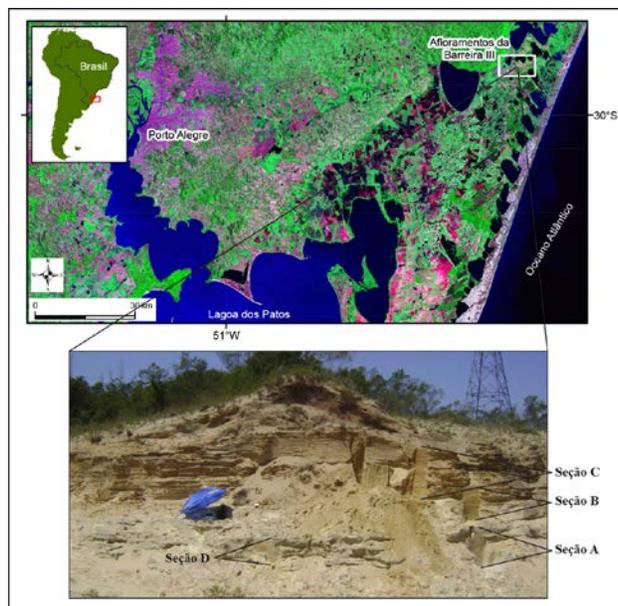


Figura 2 – Localização do afloramento da Barreira III da Planície Costeira do Rio Grande do Sul e a representação das quatro seções A, B, C, e D no afloramento.

## Metodologia/ Problema Investigado

Todos os materiais são “susceptíveis” à aquisição de uma magnetização ( $M$ ) em resposta à aplicação de um campo magnético ( $H$ ). A susceptibilidade magnética ( $\chi$ ) é definida através da equação (1):

$$\chi = \frac{M}{H} \quad (1)$$

Em sedimentos marinhos e rochas sedimentares, os estudos experimentais e geoquímicos têm mostrado claramente que a  $\chi$  é dominada pela componente detrítica/eólica da amostra (Ellwood *et al.*, 2000). A  $\chi$  é geralmente considerada um indicador que varia com a concentração e composição de materiais magnetizáveis.

Um importante aspecto dos conjuntos de dados de  $\chi$  é que eles na maioria das vezes apresentam ciclos, e demonstrou-se que estes ciclos respondem às variações climáticas (Bloemendal & deMenocal, 1989). As variações climáticas causam mudanças nas taxas de erosão e intemperismo, resultando em variações nas taxas de deposição detrítica/eólica em ambiente marinho, causando mudanças na  $\chi$  do sedimento marinho. Dessa forma a susceptibilidade magnética pode ser uma importante ferramenta para o melhor entendimento das condições paleoambientais e/ou paleoclimáticas através das propriedades magnéticas desses sedimentos (*e.g.*, Maher, 2011). Além disso, a susceptibilidade magnética é uma importante ferramenta para correlação entre diferentes seções, tanto na escala local, como global.

Neste trabalho, foi medida a susceptibilidade magnética dos sedimentos para observar suas variações verticais e laterais. Para tanto, foi utilizado o equipamento *Susceptibility Bridge* construído por Marshall Williams, disponível no laboratório da Louisiana State University (LSU). Este equipamento é calibrado utilizando padrões e também é realizada uma validação utilizando um *Kappabridge KLY-3S* (AGICO). Cada amostra é medida três vezes, calculando-se a média e o desvio padrão. Os resultados indicam os valores médios obtidos.

O principal objetivo deste trabalho é fornecer vínculos temporais mais precisos para as variações ambientais através da resposta magnética dos sedimentos. O estabelecimento destes vínculos representa uma grande contribuição ao conhecimento da Geologia da PCRS devido às incertezas nas datações absolutas nos sistemas deposicionais pleistocênicos. Os dados adquiridos neste estudo são ainda preliminares, representando um teste do potencial de aplicação deste método para o objetivo proposto. A partir dos resultados obtidos deverão ser realizadas novas análises, além de uma correlação com outros sítios.

## Resultados

A Figura 3 mostra os dados de susceptibilidade magnética da seção composta entre as subseções A, B e C da Barreira III. Os dados apresentam valores variando entre  $8.1 \cdot 10^{-8}$  até  $1.0 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{kg}$ . A subseção A apresenta os valores mais baixos de susceptibilidade magnética e está correlacionada com a *shoreface* superior, que representa o ambiente marinho raso. A subseção B apresenta valores de susceptibilidade magnética um pouco maiores em relação à seção A. Nesta subseção predominam depósitos de *foreshore*, representando o ambiente praiado. Na subseção C estão presentes depósitos de *backshore* e dunas eólicas, onde foram encontrados os valores e as variações mais elevadas na susceptibilidade magnética.

Em todas as seções é observada uma ciclicidade nos dados. Além disso, observa-se uma tendência de aumento na susceptibilidade magnética entre os sistemas marinhos (*shoreface* superior) e praiado (*foreshore*, *backshore*, e dunas eólicas), indicando que a concentração de sedimentos de elevada susceptibilidade seja maior no sistema praiado do que no sistema marinho.

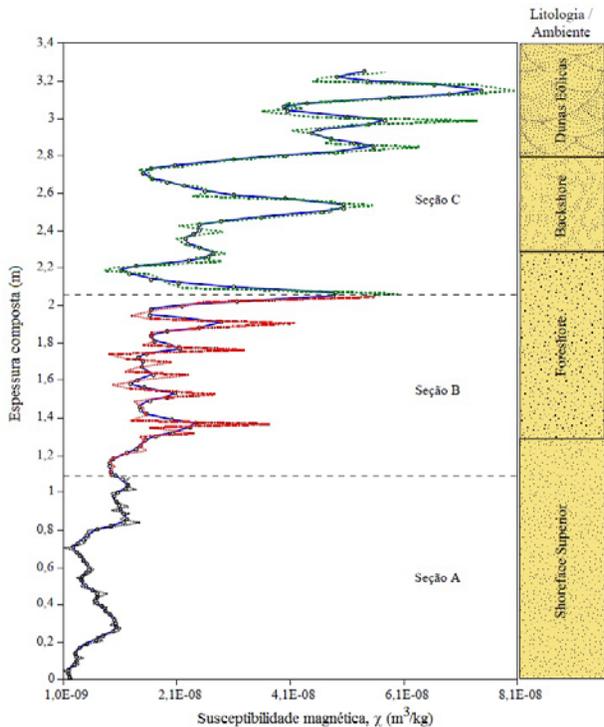


Figura 3 – Dados de susceptibilidade magnética da seção composta Barreira Pleistocênica III do Litoral Norte da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. A linha tracejada representa os dados brutos e a linha sólida é uma suavização dos dados usando “splines”.

A Figura 4 mostra outra importante aplicação da estratigrafia magnética, a correlação em seções de mesma idade. As subseções A e D representam sedimentos de shoreface superior depositados lateralmente. Observa-se um padrão de variação similar, porém com valores mínimos e máximos em posições distintas. Isto demonstra a variação lateral da deposição, que se reflete em uma variação da susceptibilidade ao longo dos mesmos estratos.

### Discussão e Conclusões

A PCRS foi gerada em decorrência de uma série de fenômenos de magnitude planetária que controlaram a sua evolução. Entre os mais importantes estão as variações do clima e do nível do mar (Villwock & Tomazelli, 2005). Estas variações implicam diretamente no conteúdo de material magnético durante a deposição e são afetadas também por alterações pós-deposicionais. Variações sutis na fonte e nos processos relacionados à dinâmica do sistema deposicional resultam em alterações marcantes na assinatura magnética de sedimentos devido ao aporte de óxidos e hidróxidos de ferro terrígenos (e.g., magnetita, hematita, goetita), e devido às condições redox no local de deposição (Liu *et al.*, 2007).

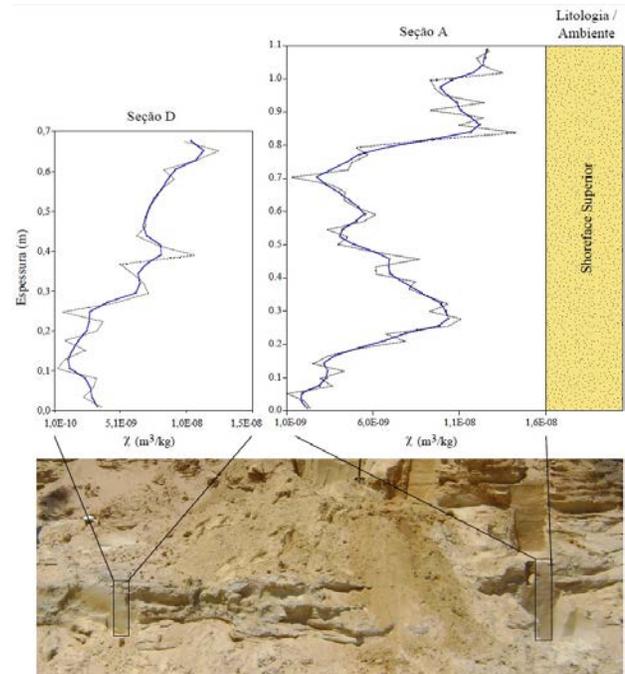


Figura 4 – Dados de susceptibilidade magnética das seções A e D mostrando uma correlação entre si. Os dados mostram que os níveis dessa seção são de mesma idade (shoreface superior).

As fontes dos sedimentos ricos em minerais magnéticos que são depositados na PCRS são basicamente duas. A primeira é a partir do transporte das áreas fonte (Escudo Uruguaio-Sul-Rio-Grandense e Bacia do Paraná) por sistemas aluviais e posterior distribuição nos ambientes costeiros. Esta distribuição, ao longo da linha de costa se dá com grande influência do transporte longitudinal, já que na PCRS a amplitude média de marés é de 0,5 m (Tomazelli & Villwock, 1992; Dillenburg *et al.*, 2009, Dillenburg & Barboza, 2014), caracterizando um ambiente de micromarés com domínio de ondas. Neste contexto há influência das correntes oceânicas, como a corrente brasileira (Stramma & England, 1999), corrente costeira brasileira (Möller *et al.*, 2008) e as correntes das Malvinas e da Patagônia (Palma *et al.*, 2008). Estas correntes transportam sedimentos ricos em óxidos e hidróxidos de ferro.

A fonte secundária de sedimentos é eólica. Ventos de NE (primavera e verão) e de W-SW (inverno) (Tomazelli, 1993) transportam plumas de poeira ricas em frações hematita/goetita com pequeno tamanho de grão proveniente dos continentes (Maher, 2011).

Um estudo complementar de magnetismo de rocha é necessário para a determinação mais precisa das fontes e das causas da variação da componente magnética destes sedimentos. No entanto, analisando os dados preliminares apresentados neste trabalho pode-se concluir que:

- A susceptibilidade magnética varia de forma significativa com relação aos diferentes ambientes (*shoreface* superior, *foreshore*, *backshore* e dunas eólicas);
- A susceptibilidade magnética apresenta padrões de variação, o que permite a realização de correlações entre seções de mesma idade, relacionadas a um mesmo ambiente;
- Estudar estes padrões e a sua variabilidade lateral é um passo fundamental para que seja possível utilizar a susceptibilidade ou outros indicadores magnéticos para a realização de correlações e inferências paleoambientais ou paleoclimáticas.
- Os sistemas marinho e eólico apresentam uma diferença significativa na susceptibilidade magnética. Isso se deve a uma maior concentração de minerais magnéticos, relacionada: aos processos deposicionais, que promovem a seleção no ambiente; a alterações pós-deposicionais; e, ainda, a influência do aporte de hematita e goetita transportadas via eólica dos continentes.

## Referências

- Bloemendal, J. & deMenocal, P., 1989. Evidence for a change in the periodicity of tropical climate cycles at 2.4 Myr from whole-core magnetic susceptibility measurements. *Nature*, 342: 897–900.
- Dillenburg, S. R. & Barboza, E. G., 2014. The Dip and Strike-Fed Sandy Coast of Southern Brazil. In: Martini, I. P. & Wanless H. R. (eds.). *Sedimentary Coastal Zones from High to Low Latitudes: Similarities and Differences*, Geological Society, London, Special Publications 388, doi:10.1144/SP388.16.
- Dillenburg, S. R., Barboza, E. G., Tomazelli, L. J., Hesp, P. A., Clerot, L. C. P. & Ayup-Zouain, R. N., 2009. The Holocene Coastal Barriers of Rio Grande do Sul In: Dillenburg, S. R. & Hesp, P. A. (eds.). *Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil*. *Lecture Notes in Earth Sciences*, 107, 53-91.
- Ellwood B.B., Crick, R. E., El Hassani, A., Benoist, S. L. & Young, R. H., 2000. The magnetosusceptibility event and cyclostratigraphy (MSEC) method applied to marine rocks: detrital input v. carbonate productivity. *Geology*, 28: 1134–1138.
- Liu, Q. S., Roberts, A. P., Torrent, J. & Horg, C. S., 2007. What do the HIRM and S-ratio really measure in environmental magnetism? *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 8, Q09011.
- Liu, Q. S., Roberts, A. P., Larrasoaña, J. C., Banerjee, S. K., Guyodo, Y., Tauxe, L. & Oldfield, F., 2012. *Environmental magnetism: Principles and applications*. *Reviews of Geophysics*, 50, RG4002.
- Maher, B. A., 2011. The magnetic properties of Quaternary aeolian dusts and sediments, and their paleoclimatic significance. *Aeolian Research*, 3: 87-144.
- Möller, O. O., Piola, A. R., Freitas, A.C. & Campos, E.J.D., 2008. The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. *Continental Shelf Research*, 28: 1607–1624.
- Palma, E. D., Matano, R.P. & Piola, A.R., 2008. A numerical study of the Southwestern Atlantic Shelf circulation: stratified ocean response to local and offshore forcing. *Journal of Geophysical Research*, 113: C11010.
- Stramma, L. & England, M., 1999. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research*, 104(20): (20,863-20,883).
- Tomazelli, L. J., 1993. O Regime dos Ventos e a Taxa de Migração das Dunas Eólicas Costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas*, 20(1):18-26.
- Tomazelli, L. J. & Villwock, J. A., 1992. Considerações sobre o ambiente praias e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Pesquisas*, 19: 3-12.
- Tomazelli, L. J. & Villwock, J. A., 1996. Quaternary geological evolution of Rio Grande do Sul coastal plain, southern Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 68(3): 373-382.
- Tomazelli, L. J. & Dillenburg, S. R., 2007. Sedimentary facies and stratigraphy of a last interglacial coastal barrier in south Brazil. *Marine Geology*, 244, 33-45.
- Villwock, J. A. & Tomazelli, L. J., 1995. *Geologia costeira do Rio Grande do Sul*. Notas técnicas. CECO, Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 8, 45p.
- Villwock, J. A. & Tomazelli, L. J., 2005. *Planície Costeira do Rio Grande do Sul: gênese e paisagem atual*. 33p.