

# **Estudos magnéticos nas rochas sedimentares da formação Aquidauana, borda oeste da bacia do Paraná**

**Priscila, L.P.<sup>1</sup>; Raposo, M.I.B<sup>2</sup>**

*Universidade de São Paulo/Instituto de Geociências*

*Priscila.petrelli@usp.br*

## **Resumo**

O grupo Itararé representa o período glacial Permo-carbonífero na Bacia do Paraná e comprehende rochas depositadas em ambientes terrestres a marinhos profundos, caracterizando diferentes fácies sedimentares. A Formação Aquidauana aflorante na borda oeste da Bacia do Paraná (principalmente nos estados do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso) é considerada uma Formação pertencente ao Grupo Itararé (Rocha-Campos et al, 2008). O Grupo Itararé constitui uma das mais expressivas unidades da Bacia do Paraná, aflorando em suas bordas sudeste e noroeste (Santos et al., 1996; Rocha-Campos et al, 2008). Atinge uma espessura superior a 1000 m na porção central da bacia, adelgazando-se em direção às bordas norte e sul (França & Potter, 1988). Nesta pesquisa foram realizados estudos de anisotropias magnéticas, paleomagnéticos e de magnetismo de rocha nas rochas da Formação Aquidauana, aflorante na borda oeste da Bacia do Paraná. As anisotropias magnéticas foram utilizadas na determinação das tramas magnéticas das rochas sedimentares que podem estar relacionadas com mecanismos de sedimentação, como paleocorrentes, ou ainda, relacionadas a eventos tectônicos localizados e, até regionais. As anisotropias magnéticas juntamente com os estudos paleomagnéticos fornecerão, posteriormente, subsídios importantes para as reconstruções paleogeográficas no Permo-carbonífero.

Através da orientação dos eixos Kmáx, Kint e Kmin de suscetibilidade magnética e a análise individual de cada sítio, foi possível definir duas tramas magnéticas. A primeira é dada pelo agrupamento dos três eixos de suscetibilidade magnética (elipsóide triaxial). Esta trama pode ser devido à paleocorrente, uma vez que nenhuma deformação foi observada no campo. A segunda trama é dada pelo bom agrupamento de Kmin perpendicular à foliação (acamamento) e pelo espalhamento de Kmax e Kint. Este tipo de trama é típico de uma trama sedimentar.

As curvas de histerese mostram que na maioria das amostras há presença de minerais ferromagnéticos e ausência total de minerais diamagnéticos que contribuem para a suscetibilidade magnética. A forma das curvas mostra que as amostras não atingiram a saturação, indicando que os minerais magnéticos apresentam alta coercividade. Algumas curvas apresentam cintura de vespa sugerindo a presença de dois minerais magnéticos, possivelmente magnetita e certamente hematita.

**Palavras Chaves:** FORMAÇÃO AQUIDAUANA, PERMO-CARBONÍFERO, ANISOTROPIA DE SUSCETIBILIDADE MAGNÉTICA.

## **Abstract**

The Itararé Group represents the glacial period Permo-carboniferous in the Paraná Basin and it comprehends deposited rocks on terrestrial, even deep marine environment, characterizing different sedimentary facies. The Aquidauana Formation arises in the west border of the Paraná Basin (especially in the states of Mato Grosso e Mato Grosso do Sul) and it is considered a rock Formation belonging to the Itararé Group (Rocha-Campos et al, 2008). The Irararé Group constitutes one of the most expressive units of the Paraná Basin, arising in its southeast and northeast borders (Santos et al., 1996; Rocha-Campos et al, 2008). It reaches a 1000 superior thickness in the basin central part, turning itself thin towards the north and south borders (França & Potter, 1988). In this survey, it was performed magnetic anisotropy,

paleomagnetism and magnetism rock studies of Aquidauana Formation arising rocks in the west border of Paraná Basin.

The magnetic anisotropies were used to discover/determine the magnetic fabrics of the sedimentary rocks, that can be related to sedimentation mechanisms, such paleocurrents, or even related to located or regional tectonic events. The magnetic anisotropies together with the paleomagnetism results will provide, afterwards, subsidies to the paleogeographic reconstruction in the Permo-carboniferous.

Through the Kmáx, Kint e Kmin magnetic susceptibility axis orientation and the individual analysis of each site, it was possible to define two magnetic fabrics. The first one is given by the cluster of three magnetic susceptibility axis (triaxial ellipsoid). This fabric can be caused by the paleocurrent, once none deformation was noticed in the field. The second fabric is given by the good Kmin cluster, that is perpendicular to the foliation (bedding) and by the Kmax and Kint scattering. This kind of fabric is typical of a sedimentary one.

The hysteresis curves show that in the most part of the samples/specimens there are ferromagnetic minerals and the total absent of diamagnetic minerals, which contribute to the magnetic susceptibility. The curves shape exposes that the samples didn't reached the saturation, which indicate that the magnetic minerals present high coercivity (existe esta palavra?). Some curves shows "wasp waist", which suggests the presence of two magnetic minerals, which ones are possibility magnetite and hematite.

**Key words:** AQUIDAUANA FORMATION, PERMO-CARBONIFEROUS, MAGNETIC SUSCEPTIBILITY ANISOTROPY

## Introdução

O grupo Itararé representa o período glacial Permo-carbonífero na Bacia do Paraná e comprehende rochas depositadas em ambientes terrestres a marinhos profundos, caracterizando diferentes fácies sedimentares. A Formação Aquidauana aflorante na borda oeste da Bacia do Paraná (principalmente nos estados do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso) é considerada uma Formação pertencente ao Grupo Itararé (Rocha-Campos et al, 2008). O Grupo Itararé constitui uma das mais expressivas unidades da Bacia do Paraná, aflorando em suas bordas sudeste e noroeste (Santos et al., 1996; Rocha-Campos et al, 2008). Atinge uma espessura superior a 1000 m na porção central da bacia, adelgacando-se em direção às bordas norte e sul (França & Potter, 1988).

Nesta pesquisa foram e serão realizados estudos de anisotropias magnéticas, paleomagnéticos e de magnetismo de rocha nas rochas da Formação Aquidauana, aflorante na borda oeste da Bacia do Paraná. As anisotropias magnéticas serão utilizadas na determinação das tramas magnéticas das rochas sedimentares que podem estar relacionadas com mecanismos de sedimentação, como paleocorrentes, ou ainda, relacionadas a eventos tectônicos localizados e, até regionais. As anisotropias magnéticas juntamente com os estudos paleomagnéticos fornecerão subsídios importantes para as reconstruções paleogeográficas no Permo-carbonífero.

## Objetivos

Esta pesquisa tem como objetivo o estudo das propriedades magnéticas (anisotropias magnéticas, direção de magnetização característica além de outras) de 20 sítios das rochas sedimentares da Formação Aquidauana aflorante nos estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Esta pesquisa faz parte de um projeto mais amplo que tem por finalidade contribuir para a solução da controvérsia que existe na reconstrução do Super-Continente Pangea.

## Materiais e Métodos

Os espécimes amostrados foram submetidos a medições de susceptibilidade e de anisotropia de susceptibilidade magnéticas (AMS) através do equipamento Kappabridge (modelo MFK1-FA).

As curvas termomagnéticas, suscetibilidade magnética em função da de baixa e alta temperatura, das amostras foram determinadas através dos aparelhos CS-3 e CS-3L acoplados ao Kappabridge, visando o conhecimento dos portadores magnéticos. Esse experimento consiste em submeter as amostras pulverizadas a ciclos de aquecimento e resfriamento, sendo a suscetibilidade magnética medida a cada temperatura.

Para a obtenção das curvas de histerese as amostras foram submetidas a campos magnéticos crescentes e a magnetização remanente adquirida foi medida pelo magnetômetro VSM (vibrating sample magnetometer, da Molspin). As amostras irão adquirir uma magnetização crescente até atingir a saturação chamada de *Magnetização de Saturação* (MS). Ao se retirar o campo magnético, permanece na amostra uma magnetização chamada de *Magnetização Remanente de Saturação* (MRS) se nela houver minerais magnéticos.

Para a obtenção das curvas de magnetização remanente isotermal (IRM), os espécimes foram submetidas a campos magnéticos fortes e crescentes através do magnetômetro do tipo Pulse (Magnetic Measurements) e logo após, a magnetização remanente foi medida no magnetômetro JR5A.

Para as medidas da Magnetização remanente das amostras (MRN), inicialmente, foram detalhadamente desmagnetizados dois espécimes (pilotos), um por AF e outro no térmico. Primeiramente foi medida a MRN de cada espécime. Posteriormente, este foram submetido a desmagnetização por AF em etapas sucessivas de 5 em 5 mT no intervalo de 0 a 100 mT no desmagnetizador da Molspin e de 10 em 10 mT até 200 mT (campo máximo), no desmagnetizador AF-D2000T (ASC Scientific).

Na desmagnetização térmica o espécime foi aquecido e resfriado em campo magnético zero utilizando um forno termomagnético (da ASC Scientific). A temperatura inicial foi de 100°C com incremento de 50 °C até 500°C e incremento de 20 ou 30°C até 700°C. Após o resfriamento, a magnetização remanente do espécime foi medida no magnetômetro JR6A. Baseado no comportamento dos espécimes pilotos, foram desmagnetizados (por um ou por outro procedimento) pelo menos mais 15 espécimes de cada sítio.

## Resultados

Foram medidos no mínimo 16 (AQ-32) e no máximo 46 (AQ-38) espécimes. O valor médio da suscetibilidade magnética ( $K_m$  em unidades SI) para os sítios estudados é de  $3.26 \times 10^{-5}$ , variando de  $1.64 \times 10^{-5}$  (AQ-33) a  $6.03 \times 10^{-5}$  (AQ-34). O valor médio do grau de anisotropia é 1.060, variando de 1.023 (AQ-39) a 1.222 (AQ-33).

Os dados direcionais foram plotados em redes estereográficas. A análise individual de cada sítio, permitiu definir duas tramas magnéticas. A primeira é dada pelo agrupamento dos três eixos de suscetibilidade magnética (elipsóide triaxial), como mostram os sítios AQ-30, AQ-31, AQ-32 e AQ-36. Esta trama pode ser devido à paleocorrente, uma vez que nenhuma deformação foi observada no campo. A segunda trama é dada pelo bom agrupamento de  $K_{min}$  perpendicular à foliação (acamamento) e pelo espalhamento de  $K_{máx}$  e  $K_{int}$  no plano de foliação, como pode ser visto nos sítios AQ-36, AQ-34 e AQ-38. Os dois tipos de trama encontrados são primários, ou seja, devido a sedimentação-compactação.

As curvas de histerese mostram que na maioria das amostras há presença de minerais magnéticos (magnetita e hematita) e ausência total de minerais diamagnéticos que contribuem para a suscetibilidade magnética.

As curvas termomagnéticas das amostras estudadas mostram que as rochas são bem fracas do ponto de vista magnético.

O padrão das curvas de IRM sugere que os minerais magnéticos presentes nessas rochas são: magnetita (menor coercividade) e hematita (maior coercividade) com diferentes contribuições para

magnetização remanente e para a suscetibilidade magnética, como pode ser visto pelas intensidades da IRM. A presença desses minerais também é observada nas curvas de histerese. A direção média de magnetização remanente dos sítios estudados foi obtida através da direção de magnetização de no mínimo 15 espécimes. Os dados mostram que as rochas sedimentares da Formação Aquidauana registraram as duas polaridades do campo geomagnético e sugerem que a sedimentação ocorreu em intervalos de tempo distintos, sendo que o maior número de sítios registrou o intervalo de polaridade reversa.

## Conclusões

Através dos elipsóides de suscetibilidade magnética foi possível identificar dois tipos de tramas magnéticas que estão relacionados a tramas primárias (sedimentação-compactação) e direção de paleocorrentes. As curvas de histerese e os resultados das IRM's sugerem a presença de dois minerais magnéticos (magnetita e hematita). Estes minerais são responsáveis pela suscetibilidade magnética e pela magnetização remanente das rochas.

As desmagnetizações por campos magnéticos alternados, assim como as desmagnetizações térmicas permitiram isolar a magnetização remanente característica da época de formação das rochas. Os dados sugerem que a deposição da Formação Aquidauana ocorreu em intervalos de tempo distintos como indicado pelas polaridades normal e reversa do campo geomagnético.

As curvas termomagnéticas infelizmente não são conclusivas devido às amostras serem magneticamente fracas e a criação de fase magnéticas durante o aquecimento.

## Referências Bibliográficas

- Bilardello, D., Kodama, K.P, 2009. Measuring remanence anisotropy of hematite in red beds: anisotropy of high-field isothermal remanence magnetization (hf-AIR). *Geophys. J. Int.*, 178, 1260-1272.
- Bilardello, D., Kodama, K.P, 2010a. Palaeomagnetism and magnetic anisotropy of Carboniferous red beds from the Maritime Provinces of Canadá: evidence for shallow palaeomagnetic inclantion and implications for North American apparent polar wander. *Geophys. J. Int.*, 180, 1013-1029.
- Bilardello, D., Kodama, K.P, 2010b. A new inclantion shallowing correction of the Mauch Chunk Formation of Pennsylvania, base don high-field AIR results: Implications for Carboniferous North American APW path and Pangea reconstructions. *Geophys. J. Int.*, 299, 218-227.
- França, A.B. and Potter, P.E., 1988. Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (parte 1). *Boletim de Geociências da Petrobras*, 2, 147-191.
- Milani, E.J., Faccini, U.F., Scherer, C.M., Araújo, L.M., Cupertino, J.A., 1998. Sequences and stratigraphic hierarchy of the Paraná Basin (Ordovician to Cretaceous), southern Brazil: *Boletim do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo*, 29, 125-173.