



PALEOMAGNETISMO E ANISOTROPIA DE SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA DA REGIÃO NORDESTE DA PROVÍNCIA MAGMÁTICA DO PARANÁ

Luiz A. Zaffani*, Marcia Ernesto

Universidade de São Paulo, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, São Paulo, Brasil.

Abstract

The northeastern area of the Paraná Basin is characterized by the presence of flows, dykes and sills of similar chemical composition. The sills intrude mainly the Paleozoic sediments, although the local stratigraphy cannot be easily determined. In a previous work paleomagnetic data indicated that the area can be subdivided into two domains, the northern being characterized by sills showing reversed polarities, and the southern essentially by sills of normal polarities. In this work 23 new sites of intrusive rocks outcropping to the north of the previous area were investigated, as well as the anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) of the entire area. The analyzed rocks have titanomagnetites as the main magnetic carrier as demonstrated by the isothermal remanent magnetization acquisition curves, and the presence of the Hopkinson peaks in the thermomagnetic curves. Most of the specimens showed reversed magnetization components consistent with the already known polarity zonation. The general AMS pattern has low anisotropy degree with maximum and intermediate axes in the horizontal plane, and minimum axes nearly vertical. Integrated geochemical, paleomagnetic and ASM data helps to tentatively individualize distinct magma bodies.

Resumo

A região nordeste da Bacia do Paraná é caracterizada pela presença de derrames, diques e sills de composição química similar. Os sills cortam principalmente os sedimentos paleozóicos, embora a estratigrafia local não possa ser bem determinada. Em trabalho paleomagnético anterior a área foi subdividida em dois domínios de polaridade: na parte mais ao norte os sills apresentam polaridade reversa e, ao sul, apresentam polaridade normal. Neste trabalho foram analisados 23 novos afloramentos localizados a norte da região amostrada anteriormente, bem como a anisotropia de suscetibilidade magnética (ASM) de toda a área. As rochas analisadas apresentam titanomagnetitas como principais portadores magnéticos como demonstrado pelas curvas de aquisição de magnetização remanente isotermal e a presença de picos de Hopkinson nas curvas termomagnéticas. A maioria dos espécimens mostrou componentes de magnetização reversas, consistentes com o zoneamento de polaridade já conhecido. O padrão geral de ASM apresenta baixo grau de anisotropia, com eixos horizontais e intermediários no plano horizontal e eixos mínimos aproximadamente verticais. A integração dos dados geoquímicos, paleomagnéticos e de ASM ajudam na tentativa de se individualizar os diferentes corpos magmáticos.

Introdução

A origem da Província Magmática do Paraná (PMP) está associada a processos que antecedem a abertura do Atlântico Sul (Melfi & Piccirillo, 1988) e, apesar dos inúmeros estudos já realizados na província, ainda existem muitas dúvidas sobre sua origem e evolução. O trabalho de Marques & Ernesto (2004) sintetiza o estágio de conhecimento até então, do ponto de vista geoquímico, geocronológico e paleomagnético. A integração dessas três fontes de informação tem sido muito útil para o entendimento da duração e contemporaneidade dos eventos magmáticos em cada região da província, bem como na tentativa de se localizar possíveis fontes magmáticas. Devido à grande extensão da província, há ainda regiões da PMP com relativa escassez de dados.



Na região nordeste da PMP ocorre grande concentração de soleiras de diabásio que se encaixam, sobretudo, nos sedimentos paleozóicos. Essas rochas são essencialmente de caráter básico, com características muito similares às das rochas vulcânicas associadas (Marques & Ernesto, 2004). Ernesto et al. (1999) verificou que as soleiras de diabásio têm a mesma idade que a região norte da PMP, como também identificou que, em termos da magnetização remanente, os sills formam dois domínios de polaridade: a parte norte com polaridades reversas e a parte sul com polaridades normais, o limite entre elas sendo aproximadamente o paralelo 22°S. Este trabalho tem por objetivo investigar novos afloramentos na parte norte da PMP e realizar um estudo de anisotropia de susceptibilidade magnética (ASM) das rochas intrusivas da região nordeste da PMP.

Amostragem e Metodologia

Foram amostrados 23 sítios situados a norte da área anteriormente estudada (Figura 1). As amostras foram coletadas em forma de cilindros com ajuda de um amostrador portátil, e foram orientadas através de bússola magnética e, sempre que possível, bússola solar. Dos mesmos afloramentos foram coletadas amostras para análise geoquímica. No laboratório, as amostras foram preparadas em espécimes de 2,5cm de diâmetro e 2,25cm de altura, totalizando cerca de 300 espécimes.

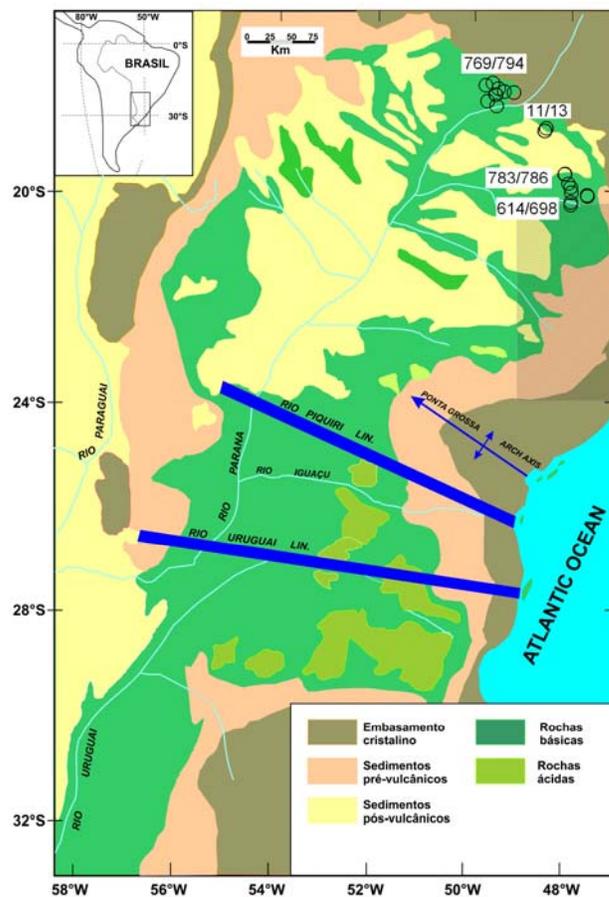


Figura 1. Mapa esquemático da Bacia do Paraná mostrando a ocorrência das rochas vulcânicas da PMP. Os círculos indicam os pontos de amostragem deste trabalho. O retângulo cinza indica a área de amostragem de Ernesto et al. (1999).



Para a anisotropia de susceptibilidade magnética preparou-se espécimens da coleção de blocos orientados de Ernesto et al. (1999). As amostras foram medidas no equipamento KLY-4 da AGICO e os dados foram processados através do programa ANISOFT 4.2, usando a estatística de Jelinek (1977).

Para a determinação das componentes de magnetização das rochas, procedeu-se à desmagnetização por campos magnéticos alternados em desmagnetizador rotativo da Molspin Ltd. e as medidas da magnetização remanente foram efetuadas no magnetômetro Minispin. As diferentes componentes foram identificadas através da análise de componentes principais (Kirschvink, 1980) baseado na análise de diagramas de Zijderveld (1969). As direções médias foram avaliadas segundo a estatística de Fisher (1953).

Mineralogia Magnética

Para o estudo da mineralogia magnética, obteve-se curvas termomagnéticas em equipamento Kappabridge (KLY-4) da Agico. Procedeu-se ao aquecimento até 700°C em atmosfera de Argônio. Na curva de aquecimento foi possível perceber um aumento da susceptibilidade magnética entre 100° - 300° C e a seguir uma inflexão relacionada com a presença de maghemita. O pico de Hopkinson é bem observado nas curvas, a temperaturas próximas a 500° C. Em seguida, a susceptibilidade cai drasticamente, o que sugere a presença de titanomagnetitas. As curvas de resfriamento indicam que a transformação mineralógica resultou na diminuição da suscetibilidade. Nas curvas de MRI a magnetização de saturação foi atingida em campos com intensidade baixa, inferiores a 400 mT, o que também aponta para a titanomagnetita como principal portador magnético.

Resultados

A maioria dos sítios mostrou padrão similar de anisotropia, com o eixo k_3 (mínimo) no plano vertical e os eixos k_1 e k_2 (máximo e intermediário, respectivamente) no plano horizontal, com padrão de foliação. Em alguns casos houve agrupamento dos eixos k_1 , k_2 e k_3 , definindo direções que podem estar associadas ao fluxo magmático. Exemplos dos padrões de ASM podem ser vistos na Figura 2.

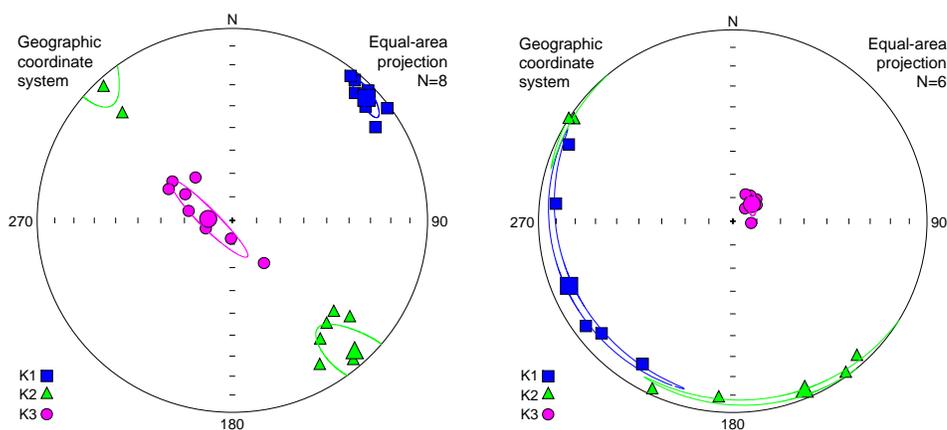


Fig. 2. Projeções estereográficas com padrão de lineação (esquerda) e foliação (direita) para dois sítios distintos.



As desmagnetizações por campos magnéticos alternados foram realizadas, em geral, até 100mT e houve desmagnetização total da maioria das amostras. As amostras apresentaram componente secundária de origem viscosa, facilmente eliminada com a aplicação de campos alternados de até 15mT. Em alguns casos notou-se também a presença de outra componente secundária, em geral com polaridade oposta e com coercividade intermediária.

A maior parte dos dados apresenta componente de magnetização característica com inclinações magnéticas positivas ao sul, concordantes com campos magnéticos de polaridade reversa. Somente um sítio apresentou polaridade normal; outros sítios com inclinações magnéticas negativas podem ser correlacionados a campo transicional. A comparação dos novos dados de magnetização com os anteriores, da área mais ao sul, podem ser vistos na Figura 3.

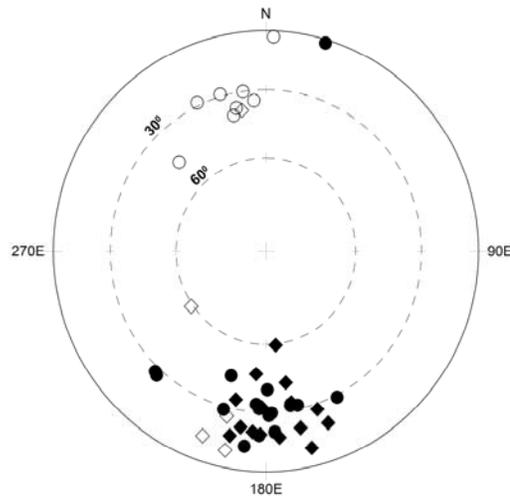


Fig. 3. Direções de magnetização dos sítios estudados por Ernesto et al.(1999) (círculos) e dos sítios novos (losangos). Símbolos cheios representam inclinações positivas e símbolos vazios inclinações negativas.

Conclusões

As polaridades reversas encontradas neste trabalho são concordantes com a distribuição regional de polaridades encontrada por Ernesto et al. (1999). A presença de polaridades normais e reversas e direções transicionais indicam que as rochas adquiriram magnetização em pelo menos três momentos distintos.

Dados geoquímicos foram obtidos paralelamente a este trabalho (L.S. Marques, comunicação pessoal) e permitem classificar as rochas principalmente como andesi-basaltos, lati-basalto e lati-andesito, de acordo com o diagrama de De La Roche et al. (1980). Embora não exista correlação entre o zoneamento magnético e os tipos químicos, é possível identificar algumas características magnéticas que auxiliem na identificação das distintas soleiras, ou mesmo que contribuam para o reconhecimento da dinâmica de colocação desses magmas.

Referências

De La Roche, H., Leterrier, J., Grandclaude, P., Marchal, M., 1980. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagram and major element analyses. Its relationships with current nomenclature. *Chemical Geology*, 29, 183-210.



Ernesto, M., Raposo, M.I.B., Marques, L.S., Renne, P.R., Diogo, L.A., De Min, A., 1999. Paleomagnetism, geochemistry and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of the North-eastern Paraná Magmatic Province: tectonic implications. *Journal of Geodynamics*, 28, 321-340.

Fisher, R.A., 1953. Dispersion on a sphere. *Proceedings of the Royal Society of London Serie A*, 217, 295-305.

Jelinek, V., 1977. *The Statistical Theory of Measuring Anisotropy of Magnetic Susceptibility of Rocks and its Application*, Geofyzika Brno.

Kirschvink, J. L., 1980. The least-squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data. *Geophysical Journal Royal Astronomical Society*, 62, 699-718.

Marques, L.S., Ernesto, M. 2004. O magmatismo toleítico da Bacia do Paraná, In: Mantesso Neto, V. et al. (Org.). *Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca Produções Culturais, p. 245-263.

Melfi, A.J., Piccirillo, E.M., 1988, *The Mesozoic flood volcanism of the Parana Basin: petrogenetic and geophysical aspects*, University of São Paulo, 600pp.

Zijderveld, J.D.A., 1967. A.C. demagnetization of rocks: analysis of results. In: Collinson, D.W., Creer, K.M., Runcorn, S.K. (Eds.), *Methods in Paleomagnetism*. Elsevier, Amsterdam, p. 254-286.