



ESTUDOS MAGNÉTICOS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL (BACIA DO PARANÁ) NA REGIÃO DE SANTA CRUZ DO SUL-HERVEIRA, RS, BRASIL: RESULTADOS PRELIMINARES.

Thales Pescarini^{1*}, M. Irene B. Raposo¹

¹ Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

* e-mail: thales.pescarini@usp.br

ABSTRACT

The opening of the South Atlantic in the Mesozoic gave rise to the second largest magmatic province of Continental Flood Basalts (CFB) of the Earth, the Paraná-Etendeka magmatic province. In all, about 800.000 km³ of lava were generated, which in the portion of Brazil are represented by an intense and varied magmatism that includes tholeiitic basalts, acidic rocks, and alkaline complexes, forming the Serra Geral Formation. Questions about the precise stratigraphy of the spills and the kinematics of the emplacement of these lavas still remain open. In order to solve them, several techniques are being employed, in particular structural detail analysis associated with magnetic susceptibility anisotropy (AMS) and paleomagnetism data. This work focuses on the Santa Cruz do Sul-Herveiras area in which magnetic data are not yet available. However, geochemical and petrographic stratigraphic is already well established. Preliminary results of AMS show that the axes of maximum susceptibility (K_{max}), intermediate (K_{int}) and minimum (K_{min}) are well grouped, the magnetic foliation pole (plane formed by K_{max} and K_{int}) is vertical. The magnetic lineation (K_{max}) is horizontal for most of the studied spills, suggesting that the magma flow was subhorizontal-horizontal. The preliminary paleomagnetic data show that the spills were emplaced at different times as evidenced by normal and reverse polarities of the geomagnetic field.

Keywords: Magnetic susceptibility, AMS, paleomagnetism, volcanism, petrology.

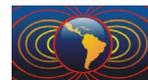
RESUMO

A abertura do Atlântico Sul no Mesozóico deu origem a segunda maior província magmática do tipo CFB (Continental Flood Basalt) da Terra, a província magmática Paraná-Etendeka. Ao todo foram gerados cerca de 800.000 km³ de lavas que, no Brasil, são representadas por um intenso e variado magmatismo que inclui desde basaltos toleíticos, rochas ácidas e complexos alcalinos, formando a Formação Serra Geral. Questões sobre a estratigrafia dos derrames e a cinemática da colocação dessas lavas ainda permanecem em aberto. Para solucioná-los, diversas técnicas estão sendo empregadas, em especial análise estrutural de detalhe associada a dados de anisotropias de susceptibilidade magnética (AMS) e paleomagnetismo. Os estudos magnéticos estão sendo realizados na região de Santa Cruz do Sul-Herveira (RS) onde a estratigrafia geoquímica e petrográfica é bem estabelecida. Resultados preliminares de AMS mostram que os eixos de susceptibilidade máxima (K_{max}), intermediária (K_{int}) e mínima (K_{min}) são bem agrupados, o pólo de foliação magnética (plano formado por K_{max} e K_{int}) é vertical. A lineação magnética (K_{max}) é horizontal para a maioria dos derrames estudados, sugerindo que os derrames foram alimentados por fluxos magmáticos subhorizontal-horizontal. Os dados preliminares de paleomagnetismo mostram que os derrames foram colocados em tempos distintos como evidenciado pelas polaridades *normal* e *reversa* do campo geomagnético na época de colocação desses derrames.

Palavras chave: Suscetibilidade magnética, AMS, paleomagnetismo, vulcanismo, petrologia.

1. Introdução

A província magmática Paraná-Etendeka (PMPE) de idade Mesozóica Eocretácea (~145-120 Ma; Renne *et al.*, 1996; Janasi *et al.*, 2011) representa o segundo maior evento vulcânico do tipo continental



presente em nosso Planeta. As rochas vulcânicas e subvulcânicas geradas durante esse magmatismo compõem a Formação Serra Geral e são o substrato de uma ampla área do sul e sudeste do Brasil além do seu representante conjugado na África (Etendeka), Namíbia. Recentemente, um grande esforço por parte de diversos pesquisadores de diferentes áreas vem sendo conduzido, na tentativa de obter dados que permitam estudos integrados em abordagens geológicas e geofísicas regionais e de detalhe ainda carentes na região. Com isso se pretende resolver problemas petrológicos e geofísicos ainda em aberto, em especial a determinação cronológica e estratigráfica do magmatismo, cinemática e dinâmica do alojamento das rochas vulcânicas e subvulcânicas, natureza da fonte destes magmas e seu significado geodinâmico. Esta pesquisa está inserida em um projeto mais amplo intitulado “*A Província Magmática Paraná-Etendeka no Brasil: relações temporais e petrológicas entre o magmatismo toleítico e alcalino e implicações tectônicas*”.

O fenômeno de ativação tectono-magmática Mesozóica da Placa Sul-Americana resultou de intensa movimentação crustal, que teve início no final do Permiano, com o clímax no Jurássico e Cretáceo, decaindo no Terciário. Esse fenômeno foi particularmente intenso, sobretudo na região meridional do Brasil. A ativação tectono-magmática Mesozóica se originou pela reativação de antigos falhamentos do embasamento cristalino e surgimento de blocos de falha, soerguimento de arcos, abatimentos de bacias costeiras e acentuada subsidência da Bacia do Paraná (Almeida, 1983, 1986). Esse processo se deu em resposta à abertura do Atlântico Sul, extravasando um volume de lavas estimado em cerca de 800.000 km³ atingindo espessuras máximas de 1700 m no eixo central da Bacia do Paraná. Basaltos toleíticos (Bellieni *et al.*, 1984) predominam largamente (>70%); rochas vulcânicas ácidas (dacitos e riolitos), embora subordinadas (2.5%), são abundantes se comparadas a outras províncias CFB (Continental Flood Basalt).

Determinações de idade por métodos radiométricos mais precisos, como Ar-Ar, indicam intervalo de tempo relativamente curto para o vulcanismo basáltico da Bacia do Paraná, menos de 10 milhões de anos (137-128 Ma). As idades se concentram no limite inferior do intervalo, mostrando que a quantidade de magma expelido foi aumentando ao longo da separação continental alcançando valores máximos da ordem de 0.21 km³ de lava ao ano entre 133 e 131 Ma (Stewart *et al.*, 1996). Aparentemente, existe uma leve diminuição das idades para norte, também marcada pela mudança da polaridade magnética, de normal para reversa, a norte de Santa Rita do Passa Quatro (Ernesto *et al.*, 1999).

Do ponto de vista geoquímico, as rochas vulcânicas básicas toleíticas foram subdivididas em alto (>2%) e baixo conteúdo de TiO₂ (Bellieni *et al.*, 1984). Por outro lado, as rochas ácidas foram divididas nos tipos Palmas e Chapecó e afloram, respectivamente, no Sul e Norte da Bacia do Paraná (Bellieni *et al.*, 1984; Mantovani *et al.*, 1985). O tipo Palmas também foi subdividido principalmente nas unidades de Santa Maria (SiO₂ = 71 - 73%), Barros Cassal (SiO₂ = 54 - 65%) e Caxias do Sul (SiO₂ = 68 - 69%) por Mantovani *et al.* (1985) e Peate *et al.* (1992).

Na região em estudo a estratigrafia geoquímica já está estabelecida (Barreto *et al.*, 2014). A primeira sequência corresponde a basaltos com baixo conteúdo de TiO₂ sobreposto por derrames dacíticos da unidade Caxias do Sul. A unidade Barros Cassal assenta-se sobre os dacitos Caxias do Sul e são representados por lavas dacíticas maciças a lobadas e algumas vezes vesiculadas. A unidade Santa Maria assenta-se sobre a unidade Barros Cassal e consiste em riolitos que podem ocorrer na forma laminar, lobos e localmente como lava-domo. Os lavas domos já foram estudados sob as técnicas magnéticas (Guimarães *et al.*, 2015; Raposo *et al.* 2015), cujos resultados mostram que o fluxo de lava foi NW-SE para NE-SW (Guimarães *et al.*, 2015, Guimarães *et al.*, submetido) e que as unidades foram colocadas em tempos distintos como atestado pelas polaridades normal e reversa do campo geomagnético da época de formação das rochas (Raposo *et al.* 2015).

Este trabalho tem como objetivo realizar um estudo magnético de detalhe para determinar a direção de fluxo



magmático bem como a magnetoestratigrafia dos derrames aflorantes no perfil Santa Cruz do Sul-Herveiras, RS, desde o primeiro derrame basáltico até a rocha ácida do tipo Santa Maria no topo do perfil. A área escolhida (Fig. 1) representa uma área chave para obtenção de dados magnéticos ainda não existentes na literatura. Para isso, estão sendo empregadas as técnicas de anisotropias magnéticas (de susceptibilidade e de magnetização remanente) e de paleomagnetismo nos derrames.

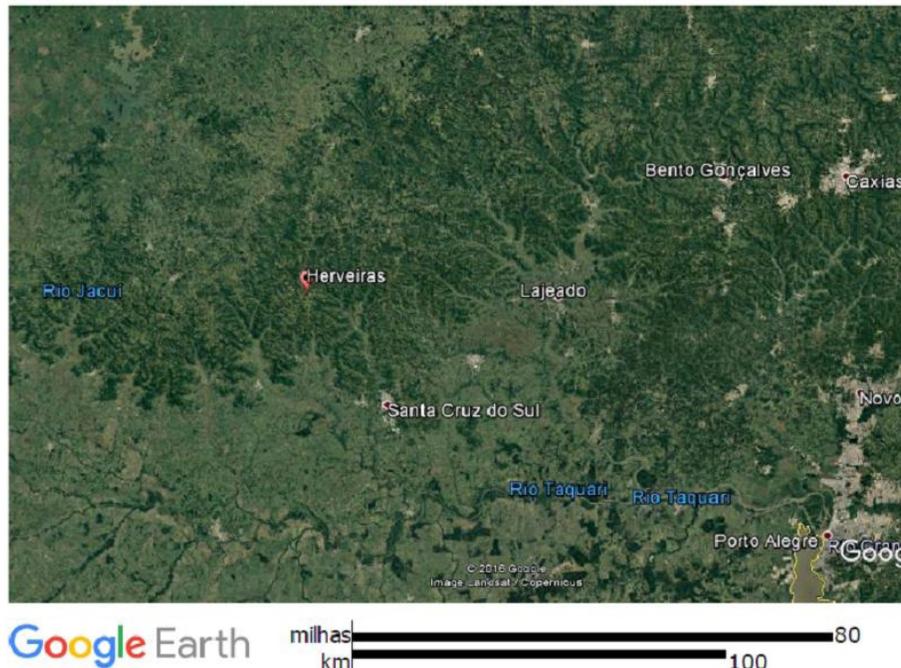


Figura-1. Localização da área

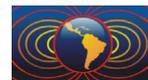
2. Metodologia

As amostras para os estudos magnéticos foram coletadas ao longo de afloramentos em corte de estrada entre os municípios de Santa Cruz do Sul e Herveiras, Rio Grande do Sul. Um total de 18 sítios foi amostrado. Coletou-se no mínimo 10 cilindros de cada sítio com 2.5 cm de diâmetro com o auxílio de um amostrador portátil movido a gasolina usando brocas diamantadas. Os cilindros foram orientados com bússolas solar (sempre que possível) e magnética. Posteriormente os cilindros foram cortados em espécimes com 2.2 cm de altura, cada cilindro forneceu no mínimo 2-3 espécimes.

As tramas magnéticas foram obtidas através da anisotropia de susceptibilidade magnética (AMS) usando o instrumento Kappabigde (KLY-4S, Agico, Republica Tcheca).

Os estudos paleomagnéticos foram obtidos através das desmagnetizações térmicas e por campos magnéticos alternados (AF) da magnetização remanente natural (MRN) com o objetivo de determinar a magnetização remanente característica das amostras (ChRM). A direção de magnetização de cada espécime foi determinada pela análise da componente principal, com o auxílio do diagrama de Zijderveld (1967), desenvolvida por Kirshvink, (1980). A direção de magnetização de cada sítio foi obtida pela média vetorial das direções dos espécimes analisados para cada sítio, os parâmetros estatísticos foram calculados através da estatística de Fisher (1953).

Vários experimentos estão sendo realizados para caracterizar o(s) mineral(is) responsável(is) pela ChRM e pela AMS das amostras.



3. Resultados preliminares

As tramas magnéticas encontradas para os diferentes derrames mostram que os eixos de suscetibilidade máxima (K_{max}), intermediária (K_{int}) e mínima (K_{min}) são bem agrupados (Fig. 2). O pólo da foliação magnética (plano formado por K_{max} e K_{int}) é vertical. A lineação magnética (K_{max}) é horizontal para a maioria dos derrames estudados (Fig. 2). Essas tramas são interpretadas como fluxo magmático. A baixa inclinação de K_{max} sugere que os derrames foram alimentados por fluxos magmáticos subhorizontais-horizontais.

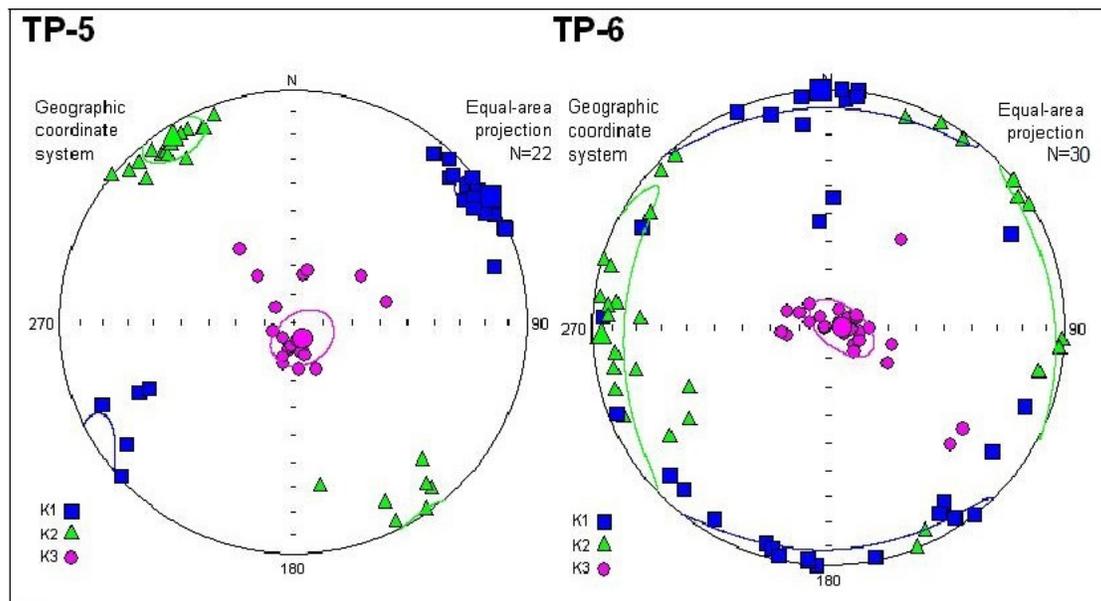


Figura-2. Exemplos de tramas magnéticas dadas pela AMS

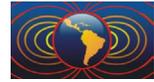
Os dados paleomagnéticos mostram que os derrames foram colocados em tempos distintos com evidenciado pelas polaridades *normal* e *reversa* do campo geomagnético. Após o estabelecimento completo da magnetoestratigrafia dos derrames em estudo será feita uma comparação com as demais magnetoestratigrafias de derrames aflorantes em outras localidades da Bacia do Paraná (*e.g.* Ernesto *et al.*, 1990).

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP pelo suporte financeiro (processo 2017/1227-0). Aos amigos Prof. Dr. Valdecir Janasi, Prof. Dr. Edgardo Canon-Tapia e Ney B. Silva, pelo auxílio durante os trabalhos de campo, discussões e aprendizado.

Referências

- Almeida, F.F.M., 1983. Relações tectônicas das rochas alcalinas mesozóicas na região meridional da Plataforma Sul-Americana. *Rev. Bras. Geoc.* 13, 139-158.
- Almeida, F.F.M., 1986. Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo Pós-Paleozóico no Brasil. *Rev. Bras. Geoc.* 16, 325-349.
- Barreto, C.J.S., Lima, E.F., Schere, C.M., Rosseti, L.M.M, 2014. Lithofacies analysis of basic lava flows of the Paraná igneous province in the south hinge of Torres Syncline, Southern Brazil. *Journal of Volcanology and. Geothermal Research* 285, 81-99.
- Bellieni, G., Brotzu, P., Comin-Chiaramonti, P., Ernesto, M., Melfi, A., Pacca, I.G., Piccirillo, E.M., 1984. Flood Basalt to Rhyolite Suites in the Southern Paraná Plateau (Brazil): Palaeomagnetism, Petrogenesis and Geodynamic Implications. *J. Petrology* 25(3), 579-618.



- Ernesto, M., Raposo, M.I., Marques, L.S., Renne, P.R., Diogo, L.A., de Min, A., 1999. Paleomagnetism, geochemistry and ^{40}Ar - ^{39}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. *Proc. R. SOC., Ser. A217*, 295-305
- Guimarães, L.F., Raposo, M.I.B., Janasi, V.A., Cañón-Tapia, E., Polo, L., 2015. Petrofabric of the acid volcanic rocks from the Southern Paraná Magmatic Province obtained via AMS: a contribution to the understanding of their emplacement. *Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados, São Paulo, SP*.
- Kirshvink, J.L., 1980. The least-squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data. *Geophys. J. R. Astr. SOC.* 62, 699-718.
- Janasi, V.A., de Freitas, V.A. e Heaman, L.H., 2011. The onset of flood basalt volcanism, Northern Paraná Basin, Brazil: A precise U-Pb baddeleyite/zircon age for a Chapecó-type dacite. *Earth and Planetary Science Letters*, 302 (1-2), 147-153.
- Mantovani, M.S.M., Marques, L.S., De Sousa, M.A., Civetta, L., Atalla, L., Innocenti, F., 1985. Trace Element and Strontium Isotope Constraints on the Origin and Evolution of Paraná Continental Flood Basalts of Santa Catarina State (Southern Brazil). *J. Petrology*, 26 (1), 187-209.
- Peate, D.W., Hawkesworth, C.J. and Mantovani, M.S.M., 1992. Chemical stratigraphy of the Parana lavas (South America): classification of magma types and their spatial distribution. *Bulletin of Volcanology* 55 (12), 119-139.
- Raposo, M.I.B., Cañon-Tapia, E., Guimarães, L.F., Janasi, V.A., 2015. Palaeomagnetic directions of the volcanic rocks from Gramado Xavier, Rio Grande do Sul State, South Brazil: implications for time duration of the volcanic activity. *Fall Meeting AGU, São Francisco, USA*.
- Renne, P.R., Deckart, K., Ernesto, M., Féraud, G. e Piccirillo, E.M., 1996. Age of the Ponta Grossa dike swarm (Brazil), and implications to Parana flood volcanism. *Earth and Planetary Science Letters* 144 (1-2), 199-211.
- Stewart, K.; Turner, S.; Kelley, S.; Hawkesworth, C.; Kirstein, L. e Mantovani, M., 1996. 3-D, ^{40}Ar - ^{39}Ar geochronology in the Paraná continental flood basalt province. *Earth and Planetary Science Letters* 143, 95-109.
- Zijderveld, J.D.A., 1967. Demagnetization of rocks: analysis of results. In: Collinson, D.W., Creer, K.M. and Runcorn, S.K. (Eds.), *Methods in paleomagnetism, Elsevier, Amsterdam*, 254-286.