ROCHAS INTRUSIVAS BÁSICAS DO ARCO DE PONTA GROSSA:
RESULTADOS PALEOMAGNÉTICOS PRELIMINARES

MARIA IRENE BARTOLOMEU RAPOSO* e MARCIA ERNESTO*

ABSTRACT BASIC INTRUSIVE ROCKS OF PONTA GROSSA ARCH: PRELIMINARY PALEOMAGNETIC RESULTS. Paleomagnetic work was carried out on 28 diabase dykes (98 hand samples) which belong to the Ponta Grossa arch dyke swarm in Southern Brazil. Samples were collected in three different areas, near the cities of Fartura (SP), Sapopema (PR), and Telêmaco Borba (PR). After alternating field and thermal demagnetizations, the characteristic remanent magnetization for each sampling site was obtained. This yielded the calculation of a south paleomagnetic pole at $46.7^\circ\text{E } 81.7^\circ\text{S}$ ($N = 23$, $\alpha_{95} = 4.1^\circ$, $k = 56$). Both normal and reversed directions of magnetization were found in each area. The comparison of this pole with other existing paleomagnetic poles from the volcanic rocks of the Paraná Basin leads to the conclusion that the Ponta Grossa dykes are younger than the majority of basic and acid flows all over the basin, and hence they could not be the feeders of the magmatism in the basin. It is also suggested that the emplacement of the Ponta Grossa dykes may have occurred in successive phases, with an easterward migration of the magmatic activity.

RESUMO Foram efetuadas análises paleomagnéticas em 28 diques de diabásio (98 blocos orientados) que afloram nas porções norte e central do Arco de Ponta Grossa, nas proximidades das cidades de Fartura (SP), Sapopema (PR) e Telêmaco Borba (PR). A direção da magnetização remanescente de cada sítio estudado foi obtida após desmagnetizações por campos magnéticos alternados e por processos térmicos. Em cada uma das três áreas estudadas encontraram-se tanto polaridades normais como reversas. O pólo paleomagnético correspondente aos sítios estudados situa-se a $46,7^\circ\text{E } 81,7^\circ\text{S}$, ($N = 23$, $\alpha_{95} = 4,1^\circ$, $k = 56$). A comparação deste pólo com os paleomagnéticos existentes para as rochas vulcânicas da Bacia do Paraná, permitiu concluir que os diques do Arco de Ponta Grossa são mais jovens que a maioria dos derrames básicos e ácidos de toda a bacia e, portanto, não podem ter sido os condutos alimentadores dessas lavas. Os resultados sugerem, ainda, que a atividade intrusiva ocorreu em fases sucessivas e, provavelmente, houve uma migração de oeste para leste dessa atividade.

INTRODUÇÃO O Arco de Ponta Grossa corresponde a uma feição tectônica, ativa desde, pelo menos, o Devoniano. Foi, contudo, entre o Jurássico e o Cretáceo Inferior que suas estruturas mais se realçaram e adquiriram sua configuração atual (Almeida 1986), que é bem visível nos mapas geológicos pela reentrância da borda oriental da Bacia do Paraná. É limitado a norte e a sul, respectivamente, pelos alinhamentos aeromagnéticos de Guapiara e do Rio Piquiri (Ferreira 1982), situando-se, portanto, quase que totalmente no Estado do Paraná e abrangendo pequenas porções dos Estados de São Paulo e Santa Catarina (Fig. 1). Seu eixo orienta-se na direção NW com mergulho para o interior da Bacia do Paraná.

Confinado ao Arco de Ponta Grossa ocorre o mais expressivo enxame de diques máficos fanerozóicos documentado na literatura brasileira (Oliveira & Montes 1984, Sial *et al.* 1987). Esses diques orientam-se, de preferência, na direção NW paralelos e/ou subparalelos à direção do eixo do Arco. Entretanto, diques com direções NE também são encontrados e, segundo Fúlfaro & Suguio (1967), constituem sistemas secundários de direções. Corpos intrusivos, principalmente na forma de *sills*, provavelmente associados com o mesmo evento que originou os diques são frequentes e ocorrem de preferência na porção NE da Bacia do Paraná.

A maior concentração de diques ocorre na região central do Arco (Fig. 1), limitada pelos alinhamentos aeromagnéticos do Rio Alonzo e São Jerônimo-Curiúva (Ferreira 1982). Nessa região os diques possuem espessuras de centenas de metros atingindo, em determinados locais, 600 m (Fúlfaro & Suguio 1967, Marini *et al.* 1967), sendo que muitos deles apresentam extensão maior que 100 km (Almeida 1986).

De modo geral, os diques do Arco de Ponta Grossa cortam tanto os sedimentos paleozóicos da Bacia do Paraná como as rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino em sua porção mais oriental. São representados, predominantemente,

por diabásios constituídos essencialmente de plagioclásios, piroxênios (augita e pigeonita), óxidos de Fe e Ti, principalmente titanomagnetita e, subordinadamente, pirita e calcopirita. Entretanto, nas proximidades de Cerro Azul (PR) (Pinese, J.P.P. comunicação verbal) e de Fartura (SP) ocorrem diques riodacíticos constituídos de plagioclásios, piroxênios (augita e pigeonita), feldspato alcalino, titanomagnetita, apatita e quartzo.

A idade atribuída aos diques coincide com a do vulcanismo que afetou a Bacia do Paraná, ou seja, intervalos de 115-135 Ma e 145-165 Ma (Oliveira & Montes 1984). No entanto, datações radiométricas recentemente efetuadas pelo método K-Ar (em plagioclásios, feldspatos e rocha total) em oito diques distribuídos por várias áreas do Arco de Ponta Grossa revelaram idades variáveis entre 114-142 Ma (Pinese, J.P.P. comunicação pessoal).

A quase totalidade dos trabalhos existentes na literatura sobre os diques do Arco de Ponta Grossa apontam os mesmos como condutos alimentadores responsáveis pelo derramamento de lava que inundou a Bacia do Paraná no Cretáceo Inferior. Entretanto Piccirillo *et al.* (1988) e Piccirillo *et al.* (1989) mostraram que, geoquimicamente, os diques são semelhantes às rochas vulcânicas da região norte (a norte do lineamento do Rio Piquiri, Fig. 1) da Bacia do Paraná e são distintos das vulcânicas das regiões central (entre os lineamentos dos rios Piquiri e Uruguai, Fig. 1) e sul (sul do lineamento do rio Uruguai, Fig. 1) da bacia. Ernesto *et al.* (1989), por estudos paleomagnéticos da Formação Serra Geral e de poucas rochas intrusivas (*sills* e diques) da porção NE da Bacia do Paraná, sugerem uma idade mais nova para as rochas intrusivas.

O presente trabalho faz parte de um amplo projeto de estudos paleomagnéticos que pretende investigar de forma sistemática os corpos intrusivos associados ao Arco de Ponta Grossa e tem como principal objetivo verificar a relação tem-

* Bolsista da FAPESP – Departamento de Geofísica, Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, Av. Miguel Stefano, 4200, CEP 04301, São Paulo, Brasil

Figura 1 – Mapa geológico generalizado da Bacia do Paraná, destacando o Arco de Ponta Grossa: 1. embasamento cristalino; 2. sedimentos pré-vulcânicos (principalmente paleozóicos); 3. derrames básicos-intermediários da Formação Serra Geral; 4. derrames ácidos tipo Palmas da Formação Serra Geral; 5. derrames ácidos tipo Chapecó da Formação Serra Geral; 6. sedimentos pós-vulcânicos (principalmente Cretáceos Superior); 7. estrutura tipo arco; 8. lineamentos tectônicos e/ou magnéticos. Os retângulos recânicos (principalmente Cretáceo Superior); 7. estrutura tipo arco; 8. lineamentos tectônicos e/ou magnéticos. Os retângulos representam as áreas estudadas.

Figure 1 – Generalized geological sketch map of Paraná Basin, showing Ponta Grossa Arch: 1. crystalline basement; 2. pre-volcanic sediments (mainly paleozoic); 3. basic to intermediate flood volcanics of Fm. Serra Geral; 4. acid stratoid lava flows (Palmas type) of Fm. Serra Geral; 5. acid stratoid lava flows (Chapecó type) of Fm. Serra Geral; 6. pos-volcanic sediments (mainly Upper Cretaceous); 7. arc-type structure; 8. tectonic and/or magnetic lineaments. The rectangles delimitate the studied areas.

poral existente entre os corpos intrusivos e as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná, contribuindo, desse modo, para uma melhor compreensão do evento tectono-magmático responsável pela colocação desses corpos. Este trabalho apresenta resultados paleomagnéticos preliminares das regiões norte e central do Arco nas áreas de Fartura (SP), Sapopema (PR) e Telémaco Borba (PR).

REGIÕES ESTUDADAS As regiões estudadas no presente trabalho (Fig. 1) compreendem as porções norte (entre os alinhamentos de Guapiara e São Jerônimo-Curiúva, próximo ao primeiro) e central (entre os alinhamentos São Jerônimo-Curiúva e Rio Alonzo) do Arco de Ponta Grossa, respectivamente, nas proximidades das cidades de Fartura (SP) e de Sapopema (PR) e Telémaco Borba (PR).

Na região norte (Fartura, SP), os corpos intrusivos são representados por *sills* e diques de diabásio embutidos nos sedimentos paleozóicos, principalmente da Formação Corumbataí. Os diques cortam ainda os sedimentos paleozóicos da Formação Irati, mesozóicos das Formações Pirambóia e Botucatu (Fúlfaro & Suguio 1974) e até mesmo os derrames ácidos do tipo Chapecó (Raposo 1987), e básicos da Formação Serra Geral. Orientam-se, de preferência, na direção NW-SE, são praticamente verticais, podendo passar, localmente, a pequenos *sills* (Zaine 1980, Raposo 1987). Suas espessuras variam de poucos metros a 100 m, sendo que alguns podem alcançar até 1.000 (Fúlfaro & Suguio 1974).

Na região central [Sapopema (PR) e Telémaco Borba (PR)], os corpos intrusivos ocorrem na forma de diques com

orientação principal na direção NW-SE e secundária na direção NE-SW, possuem espessura média de cerca de 100 m e cortam os sedimentos paleozóicos das formações Furnas, Ponta Grossa, Itararé e Corumbataí.

COLETA DAS AMOSTRAS Nas figuras 1 e 2 estão assinaladas as áreas de amostragem a que se refere este trabalho.

Coletou-se um total de 264 amostras de mão (blocos orientados), que representam 84 corpos intrusivos em afloramentos ao longo das rodovias existentes (Fig. 2). Para orientação das amostras foram utilizadas bússolas magnética e solar, sempre que possível. No entanto, foram analisadas, no presente trabalho, 98 amostras correspondentes a 28 corpos. Em geral, foram coletadas no mínimo três amostras por afloramento (sítio) e de preferência próximas ao contato do corpo intrusivo com a encaixante. Entretanto, quando esses corpos apresentavam espessuras consideráveis (acima de 40 m), coletou-se um número maior de amostras, distribuídas em toda a espessura do corpo. Esse procedimento tem por objetivo controlar possíveis variações na direção de magnetização devidas ao tempo de resfriamento, que pode ser suficientemente longopara que sejam registradas variações geomagnéticas importantes.

A figura 2 mostra a localização dos sítios amostrados, sendo que apenas os assinalados com círculos cheios foram estudados neste trabalho.

Para facilidade de referência foram designadas três áreas de amostragem: área de Fartura (SP) compreendendo os sítios

Figura 2 – Localização dos sítios amostrados. Os pontos escuros indicam os sítios estudados neste trabalho

Figure 2 – Distribution of sampled sites. Full circles correspond to the studied sites.

1, 2, 3, 8, 10, 12, 19 e 21; área de Sapopema (PR) compreendendo os sítios 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34 e 35; e a área de Telêmaco Borba (PR) compreendendo os sítios 36, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 49 e 51. Os sítios das duas últimas foram amostrados, na maioria, ao longo de duas rodovias aproximadamente paralelas (Fig. 2) e praticamente na mesma direção geral dos diques. Portanto, do ponto de vista paleomagnético, podem ser consideradas áreas independentes, uma vez que as rodovias não devem cortar os mesmos diques.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL No laboratório de paleomagnetismo do Instituto Astronômico e Geofísico da USP (IAG-USP), as amostras de mão foram preparadas em cilindros orientados (espécimes ou discos) com 2,5 cm de diâmetro e 2,5 cm de altura, adequados para as análises paleomagnéticas.

Inicialmente, mediu-se por meio de um magnetômetro tipo rotativo, marca Schonstedt, a magnetização remanescente

natural (MRN) dos espécimes. A seguir, testou-se a estabilidade magnética das amostras pelos processos de desmagnetização por campos magnéticos alternados e térmico. No primeiro caso, submeteu-se um espécime (disco-piloto) de cada amostra a etapas sucessivas de desmagnetização a partir de 5 a 80 mT, em intervalos de 5 mT. A maioria das amostras mostrou alta estabilidade magnética, até pelo menos 60 mT (Fig. 3A), o que significa que os minerais magnéticos presentes nas amostras possuem alta coercitividade e são, portanto, capazes de reter a magnetização primária.

A desmagnetização térmica foi realizada em um segundo disco-piloto de cada amostra a partir de 150°C até, em geral, 600°C, com incrementos de 50°C. Possíveis alterações mineralógicas nas amostras e que poderiam interferir na remanescência magnética foram monitoradas pelas medidas de suscetibilidade magnética realizadas após cada etapa de desmagnetização, em um medidor Bison, do tipo ponte. De modo geral, as amostras retiveram parte de sua remanescência até pelo

Figura 3 – Exemplos do comportamento magnético de algumas das amostras analisadas durante desmagnetizações sucessivas: A. desmagnetização por campos magnéticos alternados (mT); B. diagrama de Zijderveld; os símbolos cheios representam projeção horizontal e os vazios, vertical. Para explicação, ver texto

Figure 3 – Example of the magnetic behavior for some of the analysed samples: A. alternating field demagnetization (mT); B. Zijderveld diagram; the full symbols are horizontal projections and open symbols are vertical projections. See text for further explanations.

menos 580°C (Fig. 4), indicando que os minerais portadores da magnetização são principalmente titanomagnetitas altamente oxidadas, cuja presença foi também observada pela microscopia em seções polidas.

Os resultados de ambos os processos de desmagnetização foram representados em estereogramas de Wulff (Figs. 3A e 4), nos quais se observa que as amostras estudadas se dividem essencialmente em dois grandes grupos quanto ao comportamento magnético. No primeiro grupo estão as amostras com alta estabilidade magnética e nas quais não se detectou nenhuma componente de magnetização secundária importante,

como pode ser visto no diagrama de Zijderveld (1967) da figura 3B. Para as amostras deste grupo foram selecionados campos magnéticos entre 15 e 25 mT ou temperaturas de 200°C a 400°C para desmagnetizar outros espécimes de uma mesma amostra (no total de três ou quatro). Esses campos ou temperaturas são suficientes para eliminar magnetizações secundárias, denominadas viscosas, e que normalmente ocorrem devido à exposição prolongada das amostras ao campo geomagnético, afetando os grãos magnéticos de baixa coercitividade. A direção da magnetização remanescente característica (MRC) de cada amostra foi então obtida calculando-se a média das

Figura 4 – Exemplos do comportamento magnético de algumas das amostras analisadas durante desmagnetizações sucessivas. Os símbolos cheios representam inclinações positivas e os vazios negativas. Os triângulos correspondem à desmagnetização térmica ($^{\circ}\text{C}$) e os círculos, à desmagnetização por campos magnéticos alternados (mT). Para explicação, ver texto

Figure 4 – Magnetic behavior of some samples during the demagnetization processes. Full symbols indicate positive inclinations and open symbols negative inclinations. Triangles denote thermal demagnetization ($^{\circ}\text{C}$) and circles denote the alternating field demagnetization (mT). See text for further explanations.

direções dos discos de uma mesma amostra e a precisão foi avaliada pela estatística de Fisher (1953).

As amostras do segundo grupo apresentaram estabilidade magnética menor e detectou-se a presença de mais de uma componente de magnetização (Fig. 4). A direção de magnetização característica de cada amostra só pode ser isolada a temperaturas ou campos magnéticos relativamente elevados, acima dos quais o vetor magnetização tenderia a se deslocar aleatoriamente. Nesses casos, adotou-se o critério da mínima dispersão entre os discos de uma mesma amostra para calcular a direção média da mesma. Algumas amostras desse grupo forneceram resultados melhores quando submetidos inicialmente a um campo alternado de 15 a 20 mT para depois serem desmagnetizados termicamente; a importância e a eficácia desse procedimento já foram ressaltadas por Roy & Lapointe (1978).

Cerca de 34% do total das amostras analisadas não forneceram resultado consistente e foram rejeitadas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES Os resultados obtidos dos encontram-se na Tabela 1. As direções de magnetização característica dos sítios estudados correspondem à média das direções de suas respectivas amostras, às quais se atribuiu peso unitário. Essas direções foram representadas em projeção de Wulff (Fig. 5), em que se verifica a existência de direções de magnetização com polaridades normal e reversa, que se dispõem aproximadamente segundo o modelo de um campo dipolar. Este fato, por si só, indica que a colocação dos corpos intrusivos ou, ao menos, seu resfriamento e a conseqüente aquisição da magnetização remanescente térmica (MRT)

ocorreram durante pelo menos dois episódios distintos.

As direções de magnetização reversa apresentam-se bem mais dispersas que as normais, com inclinação média superior àquela de polaridade normal. Essa tendência é imposta, principalmente, pelos sítios reversos da área de Telêmaco Borba, como pode ser visto na figura 6. Nesta figura estão representados os resultados de cada área separadamente, com as direções reversas rotacionadas de 180° , assim como as direções médias com seus respectivos círculos de confiança de 95% (Fisher 1953). No cálculo das médias excluíram-se os sítios 10 e 19 da área de Fartura; 27 e 35, de Sapopema; e o 44 de Telêmaco Borba, por estarem muito afastados ($> 20^{\circ}$) da média ou por apresentarem baixa precisão ($\alpha_{95} > 30^{\circ}$) (Tab. 1). Os resultados da área de Telêmaco Borba apresentam maior dispersão que as outras duas áreas e as direções reversas diferem consideravelmente das direções normais. Isso poderia ser explicado por diferenças de idade ou assimetria do campo geomagnético, entretanto consideramos prematura qualquer conclusão devido ao ainda pequeno número de dados.

O pólo paleomagnético correspondente às três áreas estudadas neste trabalho situa-se a $46,7^{\circ}\text{E}$ e $81,7^{\circ}\text{S}$ ($N = 23$, $\alpha_{95} = 41^{\circ}$, $K = 56$). Este pólo (PG), representado na figura 7, foi obtido pela média dos pólos geomagnéticos virtuais (Tab. 1), atribuindo peso unitário para cada sítio. Para efeito de comparação, na mesma figura, estão representados os pólos SG1, SG2 e SG3 de Ernesto *et al.* (1989), que são pólos médios obtidos para os derrames básicos e ácidos (SG1 e SG2) e algumas intrusões da porção NE da Bacia do Paraná (SG3). Os autores, citados, baseados em dados radiométricos existentes, atribuíram idades médias mínimas de 134, 132 e 119 Ma, res-

Tabela 1 – Resultados paleomagnéticos obtidos dos sítios estudados: N, número total de amostras coletadas; n, número de amostras aceitas; Decl. declinação média do sítio; Incl. inclinação média do sítio; k e α_{95} correspondem aos parâmetros estatísticos de Fisher (1953). O asterisco indica os sítios desprezados no cálculo das direções médias e do pólo paleomagnético

Tabla 1 – Paleomagnetic results from studied areas: N total number of samples; n number of accepted samples; Decl. average of area; Incl. average of area; K and α_{95} are statistic parameters of Fisher (1953). The asterisk symbol indicates eliminated area for average direction and paleomagnetic pole computation.

Sítio	N	n	Direção de magnetização característica			K	Polaridade	Polos geomagnéticos virtuais			
			Decl. (°)	Incl. (°)	α_{95} (°)			Lat (°N)	Long (°E)	dm	dp
1	3	3	352,2	-35,5	6,0	413,6	Normal	81,8	246,5	6,9	11,0
2	3	2	171,0	31,7	6,9	1322,5	Reversa	-79,5	75,3	7,7	12,9
3	2	1	175,9	42,6	2,7	2090,6	Reversa	-86,0	20,6	3,3	4,7
8	4	2	352,5	-34,6	9,0	775,0	Normal	81,8	250,5	10,3	16,6
10*	6	4	15,1	-46,7	5,9	241,7	Normal	75,8	61,2	7,6	9,9
12	7	4	163,5	30,6	3,6	655,0	Reversa	-72,9	61,9	4,0	6,8
19*	3	2	174,3	-6,5	11,0	493,0	Normal	-62,9	18,0	11,0	21,9
21	6	2	346,7	-32,8	2,8	7883,0	Normal	76,3	242,1	3,2	5,2
25	3	3	343,9	-36,8	14,5	72,8	Normal	74,7	229,7	17,0	26,3
26	3	1	193,0	40,6	6,1	228,1	Reversa	-78,1	218,2	7,4	10,8
27*	3	1	314,5	-14,6	3,5	1210,7	Normal	43,4	232,5	3,6	6,9
28	7	3	349,6	-40,1	5,3	548,4	Normal	80,4	223,8	6,4	9,4
30	4	2	336,6	-48,8	23,5	115,4	Normal	68,4	198,7	31,0	38,3
31	3	2	357,1	-36,2	7,2	1187,7	Normal	85,5	272,1	8,4	13,1
32	3	3	349,2	-31,0	5,9	441,8	Normal	77,7	252,0	6,6	11,0
33	3	3	359,1	-34,4	11,3	118,9	Normal	85,0	299,5	13,0	20,8
34	3	3	350,9	-33,1	11,3	119,0	Normal	80,0	251,8	12,8	21,0
35*	3	2	329,5	-25,5	42,4	35,2	Normal	59,4	223,7	45,7	81,4
36	4	2	356,0	-36,0	2,8	8188,7	Normal	84,0	266,0	3,2	5,1
37	3	3	182,5	51,3	13,7	818,7	Reversa	-81,8	293,9	18,6	21,6
38	2	1	340,4	-41,3	5,5	508,8	Normal	72,1	216,2	6,7	9,7
39	3	2	151,3	57,9	14,0	319,6	Reversa	-62,0	1,4	20,6	19,8
41	2	1	338,4	-36,1	2,3	2902,6	Normal	69,6	227,0	2,7	4,2
42	3	2	359,6	-32,9	13,3	356,2	Normal	83,5	306,0	15,1	24,7
43	3	3	353,1	-42,6	6,0	421,5	Normal	83,7	214,4	7,4	10,4
44*	3	2	339,3	-21,2	14,5	297,3	Normal	66,2	250,0	15,3	28,2
49	3	2	161,6	59,0	22,0	130,9	Reversa	-68,3	350,8	32,8	30,5
51	3	2	0,2	-42,9	14,4	303,2	Normal	89,8	73,4	17,8	25,0

Figura 5 – Direção de magnetização característica de todos os sítios estudados. Os símbolos vazios indicam polaridade normal e os cheios, reversa

Figure 5 – Characteristic magnetization directions for all studied sites. Open and full symbols correspond to normal and reversed polarities.

pectivamente, aos pólos SG1, SG2 e SG3.

Ernesto & Pacca (1989) argumentam, com base na distribuição dos pólos paleomagnéticos, que o vulcanismo da Bacia do Paraná migrou de sul para norte e de oeste para leste. Ressaltam também que, *grosso modo*, existem três fases bem distintas desse magmatismo. A primeira (pólo SG1) corresponde à maior parte dos derrames básicos das regiões sul (sul do lineamento do Rio Uruguai, Fig. 1), central (entre os lineamentos dos rios Uruguai e Piquiri, Fig. 1) e norte (norte do lineamento do Rio Piquiri, Fig. 1), como também aos derrames ácidos do tipo Palmas das regiões sul e central e do tipo Chapecó da região norte da Bacia. A segunda fase (pólo SG2) corresponde a uma reativação na região central da Bacia, quando ocorrem os derrames ácidos do tipo Chapecó e básicos intercalados. A terceira fase (pólo SG3) corresponde aos diques do Arco de Ponta Grossa e sills da porção nordeste da bacia.

Observa-se claramente na figura 7 que o pólo PG, calculado no presente trabalho, é comparável ao pólo SG2 e absolutamente independente do pólo SG1. Isso significa que as rochas intrusivas do Arco de Ponta Grossa não são contemporâneas aos derrames básicos e ácidos (tipo Palmas) da Bacia do Paraná e, portanto, os diques não poderiam ter sido seus alimentadores. Essa hipótese encontra apoio em observações de campo, por exemplo, na Serra da Fartura (estrada Piraju-Fartura), onde diques cortam derrames básicos e ácidos. A proximidade dos pólos SG2 e PG sugere que os diques provavelmente ocorreram durante a mesma fase que gerou os derrames ácidos do tipo Chapecó e básicas associadas, na região central da bacia.

Ao contrário do que se poderia esperar, o pólo PG não coincide com o pólo SG3 (Fig. 7), que corresponde a diques da porção oriental do Arco e a sills da porção nordeste da Bacia do Paraná. Embora o pólo SG3 apresente uma incerteza

Figura 6 – Direções de magnetização características de cada área estudada, juntamente com a direção média de magnetização (*) e o círculo de confiança de 95%. Os símbolos vazios indicam direções normais e os cheios, reversa rotacionados de 180°

Figure 6 – Characteristic magnetization directions for each of the studied areas. Stars represent the mean magnetization directions with the corresponding 95% confidence circles. Open symbols are normal directions and full symbols are reversed directions after rotation of 180°

muito grande, necessitando de mais dados para sua melhor definição, a figura 7 sugere que o pólo PG é mais antigo que o SG3. Dessa forma é possível que a mesma migração do vulcanismo de oeste para leste, proposta para a bacia por Ernesto & Pacca (1989), tenha ocorrido também na atividade intrusiva do Arco. Entretanto, um fator que também deve ser considerado corresponde à diferença no tempo de resfriamento dos corpos intrusivos que cortam as rochas sedimentares e as do

Figura 7 – Pólos paleomagnéticos das rochas vulcânicas da Bacia do Paraná e dos corpos intrusivos do Arco de Ponta Grossa, com seus respectivos círculos de confiança de 95%: SG1. pólo dos derrames básicos e ácidos tipo Palmas das regiões sul, central e derrames básicos e ácidos tipo Chapecó da região Norte; SG2. pólo dos derrames ácidos do tipo Chapecó e básicos associados da região Central; SG3. pólo dos diques da porção leste do Arco de Ponta Grossa e sills da porção NE da Bacia (Ernesto et al. 1989); PG. pólo calculado neste trabalho. A linha tracejada indica o sentido da evolução temporal das vulcânicas da Bacia do Paraná (Ernesto & Pacca 1989)

Figure 7 – Paleomagnetic poles for volcanic rocks from Parana Basin and intrusive rocks from the Ponta Grossa Arch, with the corresponding 95% confidence circles. SG1. basic and acid lava flows from the southern (Palmas acid type), central (Palmas acid type) and northern (Chapecó acid type) regions; SG2. Chapecó acid flows and intercalated basic flows from the central region; SG3. dykes from the eastern part of the Ponta Grossa Arch and sills from the northeastern portion of the Basin (Ernesto & Pacca 1989); PG. dykes from the Ponta Grossa Arch (this paper). The dashed line indicate the pole path from older to younger ages.

embasamento cristalino, o que poderia acarretar diferenças na idade da magnetização remanescente. No entanto, como já se mencionou, os dados paleomagnéticos indicam que podem existir diferenças significativas entre as direções médias de magnetização de áreas distintas (Fig. 6) e que não seriam necessariamente explicadas por diferenças no tempo de resfriamento, uma vez que os corpos intrusivos em questão se cristalizaram a profundidades semelhantes.

Dessa maneira, um padrão de evolução magmática para os corpos intrusivos do Arco de Ponta Grossa poderá ser estabelecido ou proposto quando mais dados paleomagnéticos forem obtidos, principalmente daqueles diques aflorantes na porção leste do mesmo.

Agradecimentos As autoras agradecem às agências Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Finep e PADCT, pelo apoio financeiro dado para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. 1986. Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo pós-Paleozóico no Brasil. *Rev. Bras. Geoc.*, 16(4):325-349.
- ERNESTO, M.; PACCA, I.G.; HODO, F.Y.; NARDY, A.J.R. 1989. Palaeomagnetism of the Mesozoic Serra Geral Formation, Southern Brazil. *Submetido ao Phys. Earth Planet. Int.*
- ERNESTO, M. & PACCA, I.G. 1989. Paleomagnetism of the Paraná Basin flood volcanics, southern Brazil. In: PICCIRILLO, E.M. & MELFI, A.J. ed. *The Mesozoic flood volcanism from the Paraná Basin (Brazil): petrogenetic and geophysical aspects*. Instituto Astronômico e Geofísico, University of São Paulo, em impressão.
- FERREIRA, F.J.F. 1982. Alinhamentos estruturais magnéticos da região centro-oriental da Bacia do Paraná e seu significado tectônico. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Geologia da Bacia do Paraná*. São Paulo, p. 143-166 (IPT, Publ. Esp. 12).
- FISHER, R.A. 1953. Dispersion on a sphere. *Proc. Roy. Soc. London, Ser. A*, 217:295-305.
- FÚLFARO, V.J. & SUGUIO, K. 1967. Campos de diques de diabásio da Bacia do Paraná. *Bol. Soc. Bras. Geologia*, São Paulo, 16(2):23-37.
- FÚLFARO, V.J. & SUGUIO, K. 1974. Geologia da região de Fartura SP. In: CONGR. BRAS. GEOL. 28, Porto Alegre, 1974. *Anais...* Porto Alegre, SBG. v.4, p. 173-180.
- MARINI, O.J.; FUCK, R.A.; TREIN, E. 1967. Intrusivas básicas jurássico-cretáceas do planalto do Paraná. *Bol. Paranaense de Geociências* (23-25): 307-324, Curitiba.
- OLIVEIRA, E.P. & MONTES, M.L. 1984. Os enxames de diques máficos do Brasil. In: CONGR. BRAS. GEOL. 34, Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG. v.1, p. 4137-4154.
- PICCIRILLO, E.M.; MELFI, A.J.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; BELLINI, G.; ERNESTO, M.; MARQUES, L.S.; NARDY, A.J.R.; PACCA, I.G.; ROISEMBERG, A.; STOLFA, D. 1988. Continental flood volcanism from the Paraná Basin (Brazil). In: MacDOUGAL, J.D. ed. *Continental flood basalts*, Kluwer Acad. Publ.: 195-238.
- PICCIRILLO, E.M.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; MELFI, A.J.; STOLFA, D.; BELLINI, G.; MARQUES, L.S.; NARDY, A.J.R.; PINESE, J.P.P.; RAPOSO, M.I.B.; ROISEMBERG, A. 1989. Petrochemical of continental flood basalt-rhyolite suites and related intrusives from the Paraná Basin (Brazil). In: PICCIRILLO, E.M. & MELFI, A.J. ed. *The Mesozoic flood volcanism from the Paraná Basin (Brazil): petrogenetic and geophysical aspects*. Instituto Astronômico e Geofísico, University of São Paulo, em impressão.
- RAPOSO, M.I.B. 1987. *Evolução magmática e petrológica das rochas vulcânicas ácidas mesozóicas da região de Piraju-Ourinhos (SP e PR)*. São Paulo, 160 p. (Dissertação de Mestrado, Departamento de Geofísica, IAG/USP)
- ROY, J.L. & LAPOINTE, P.L. 1978. Multiphase magnetizations: problems and implications. *Phys. Earth Planet. Int.*, 16:20-37.
- SIAL, A.N.; OLIVEIRA, E.P.; CHOUDHURI, A. 1987. Mafic dyke swarms of Brazil. In: HALLS, H.C. & FAHRIJ, W.F. ed. *Mafic dykes swarms*, Geological Association of Canada, p. 467-481 (Special Paper 34).
- ZAINE, M.F. 1980. *Uma barreira geográfica no Paleozóico Superior na região de Fartura, SP*. São Paulo, 109 p. (Dissertação de Mestrado, IG/USP)
- ZIJDERVELD, J.D.A. 1967. A.C. Demagnetization of rocks: analysis of results. In: COLLINSON, D.W.; CREER, K.M.; RUNCORN, S.K. ed. *Methods in paleomagnetism*. Amsterdam, Elsevier, p. 254-286.

MANUSCRITO 593

Recebido em 24 de fevereiro de 1989

Revisão do autor em 06 de julho de 1989

Revisão aceita em 06 de julho de 1989

O desempenho dos atuais setores de ponta, como Informática, Química Fina, Biotecnologia e Novos Materiais, evidencia que o desenvolvimento econômico se apóia fundamentalmente na ciência e tecnologia. Os investimentos em formação de recursos humanos e em pesquisa e desenvolvimento constituem poderoso fator de sustentação do processo produtivo. Nesta nova etapa, desaparecem também as tradicionais fronteiras entre ciência e tecnologia. O conteúdo científico-tecnológico dos bens do futuro é tão importante por seu valor estratégico que se torna instrumento de poder, dificilmente transferido de país a país.

Comissão Mista do Senado sobre C&T, 1988, Informe Ciência Hoje, (157) 19 a 25 Nov. 88.