

GEOQUÍMICA ISOTÓPICA EM VULCÂNICAS ÁCIDAS DA BACIA DO PARANÁ, E IMPLICAÇÕES GENÉTICAS ASSOCIADAS

M.S.M. MANTOVANI*, U.G. CORDANI** e A. ROISENBERG***

ABSTRACT Three samples representatives of the acidic volcanism of the Paraná Basin, collected in the States of PR, SC and RS, were dated by Rb-Sr and K-Ar methods. Chemical analysis classify the three occurrences as belonging to the group enriched in phosphorus, titanium and LIL elements (HPT), compared to the other (LPT) defined for the Paraná Basin. Mineral isochrons show the cogeneity of the components, and the resultant Rb-Sr age is systematically higher than the value obtained by K-Ar method in the plagioclase phenocrysts. Sr initial ratio indicates a common source for the three occurrences.

INTRODUÇÃO Estudos preliminares sobre a ocorrência e características do vulcanismo da Bacia do Paraná vêm sendo efetuados há vários anos. Uma descrição dos resultados apresentados até o início da década de 80 encontra-se em detalhe em Lucas dos Santos *et al.* (1984), Bellieni *et al.* (1984) e Mantovani *et al.* (1985).

Nos últimos anos, tem sido feito um grande esforço no sentido de se estudarem conjuntamente as características geoquímicas e isotópicas das rochas relacionadas ao vulcanismo mesozóico que ocorreu em toda a Bacia do Paraná. Análises químicas, efetuadas em um grupo limitado de amostras que inclui principalmente variedades básicas ou intermediárias, mas com alguns tipos ácidos (Atalla *et al.* 1982, Sousa 1983, Marques 1983), discriminaram dois grupos principais, relativamente à concentração de fósforo, titânio e de outros elementos incluindo as Terras Raras. Mantovani *et al.* (1985) denominaram de HPT o grupo mais enriquecido em relação ao fósforo, titânio e outros elementos, e de LPT o outro grupo, que se apresenta empobrecido relativamente ao primeiro com relação aos elementos citados. Esses autores verificaram que os mesmos agrupamentos se formam em relação às razões isotópicas de Sr, sendo que os HPT possuem razões ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) bastante próximas entre si, e da ordem de 0,705, enquanto que os LPT caracterizam-se por valores muito variados, sempre superiores a 0,707, e em alguns casos atingindo 0,720 ou mais. Tal variação já havia sido assinalada por Halpern *et al.* (1974) e Cordani *et al.* (1980).

Mantovani *et al.* (1984), nas mesmas amostras em que as análises de Sr foram obtidas, mostraram que os pontos analíticos relativos aos HPTs situaram-se sobre a trajetória do *mantle array* no gráfico ϵ_{Nd} vs ϵ_{Br} , enquanto que aqueles relativos aos LPTs posicionaram-se todos a direita do *mantle array*, indicando a provável influência de fenômenos de contaminação por material crustal.

Análises petrográficas detalhadas e análises químicas num grande conjunto de amostras, da ordem de várias centenas, e coletadas em quase toda a extensão da Bacia do Paraná, confinaram os dois grupos a duas áreas geograficamente demarcadas, com o HPT na região ao norte e o LPT mais ao sul da Bacia, e identificaram um terceiro grupo, na transição entre as duas áreas, caracterizado por concentrações intermediárias aos dois grupos citados (Bellieni *et al.*, *in press*). Com relação aos tipos mais ácidos das amostras classificadas como HPT ainda não existia um registro detalhado de análises químicas e isotópicas em conjunto, nas mesmas amostras. Considerando as hipóteses levantadas nos trabalhos citados, relativamente aos processos magmáticos que afetaram a área em estudo, informações sobre esta variedade de rochas tornam-se especialmente interessantes. No presente trabalho são apresentadas análises químicas e isotópicas detalhadas de três amostras classificadas como riódacitos pertencentes ao grupo HPT. Além disso, tendo em vista que as variedades petrográficas apresentavam-se especialmente favoráveis, pela presença de fenocristais milimétricos de plagioclásio, foi também efetuado um estudo geocronológico detalhado, pelos métodos K-Ar e Rb-Sr.

METODOLOGIA Os dados analíticos referentes às determinações efetuadas neste trabalho são incluídos nas tabelas 1 a 3. As concentrações dos elementos maiores (Tab. 1) foram obtidas através da técnica de fluorescência de R-X, nos Laboratórios de Geoquímica do Instituto de Geociências da UFRGS. As determinações de REE na amostra PRO1 realizaram-se por fluorescência de R-X nos Laboratórios da Memorial University of Newfoundland (Canadá), com uso da técnica de fracionamento de Fryer (1977), cuja precisão é da ordem de 0,1 ppm.

* IAG-USP – C.P. 30627, CEP 01051, São Paulo, SP, Brasil

** IG-USP – C.P. 20899, CEP 05508, São Paulo, SP, Brasil

*** IG-UFRGS – R. General Vitorino, 255, CEP 90000, Porto Alegre, RS, Brasil

Tabela 1 – Análises em rocha total (Elementos maiores em %; Zr e REE em ppm)

| | PR01 | SC06 | RS67 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|
| SiO ₂ | 65,00 | 66,46 | 64,57 |
| TiO ₂ | 1,17 | 0,98 | 1,22 |
| Al ₂ O ₃ | 12,78 | 12,56 | 12,61 |
| Fe ₂ O ₃ | 1,03 | 1,06 | 1,06 |
| FeO | 5,87 | 6,09 | 6,09 |
| MnO | 0,15 | 0,10 | 0,12 |
| MgO | 1,85 | 1,60 | 1,76 |
| CaO | 3,42 | 3,15 | 3,80 |
| Na ₂ O | 3,24 | 3,08 | 3,27 |
| K ₂ O | 3,77 | 3,18 | 3,46 |
| P ₂ O ₅ | 0,33 | 0,31 | 0,37 |
| L.O.I. | 1,39 | 1,43 | 1,67 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| D.I. | 70,68 | 70,47 | 69,46 |
| S.I. | 11,84 | 10,69 | 11,33 |
| Zr | 370,00 | | |
| La | 83,80 | | |
| Ce | 207,00 | | |
| Nd | 101,00 | | |
| Sm | 20,00 | | |
| Eu | 4,55 | | |
| Gd | 16,70 | | |
| Dy | 13,50 | | |
| Er | 5,36 | | |
| Yb | 3,44 | | |

As datações pelo método K-Ar (Tab. 2), foram efetuadas nos fenocristais separados de plagioclásio. As medidas de concentração de K (utilizando o método de fotometria de chama) e da composição isotópica do Ar (espectrometria de massa) foram efetuadas nos laboratórios do CPGeo-USP. Uma descrição detalhada dos procedimentos experimentais utilizados encontra-se em Thomaz FQ & Torquato (1974).

Tabela 3 – Determinações Rb-Sr em RT, matriz e cristais de plagioclásio separados. A razão inicial do Sr (R.I.) (Oxford) foi calculada através do diagrama isocrônico, segundo York (1967) e R.I. (S. Paulo) foi calculada com base no valor de idade $t = 135$ Ma. Para o cálculo do balanço de massa, impôs-se que todo o Rb e Sr estivessem concentrados nos fenocristais de plagioclásio e na matriz.

| Amostra | Rb (ppm) | Sr (ppm) | ⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr | ⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr | Idade Rb-Sr (m.a.) | R.I. | | Balanço de massa (%) |
|------------|----------|----------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------|-------------|-------------|----------------------|
| | | | | | | Oxford | S.Paulo | |
| PR01 Plag. | 4,3 | 1827,8 | 0,007 ± 0 | 0,70573 ± 5 | — | — | — | 13,3 |
| Matriz | 114,4 | 263,4 | 1,257 ± 40 | 0,70810 ± 5 | — | — | — | 86,7 |
| R.T. | 97,6 | 473,1 | 0,597 ± 19 | 0,70677 ± 4 | 131,8 ± 5,9 | 0,70569 ± 5 | 0,7053 ± 13 | 100,0 |
| SC06 Plag. | 0,0 | 1993,6 | 0,000 ± 0 | 0,70554 ± 5 | — | — | — | 14,4 |
| Matriz | 110,0 | 294,1 | 1,082 ± 30 | 0,70767 ± 5 | — | — | — | 85,6 |
| R.T. | 84,7 | 547,6 | 0,448 ± 13 | 0,70646 ± 5 | 138,4 ± 3,5 | 0,70555 ± 3 | 0,7061 ± 16 | 100,0 |
| RS67 Plag. | 0,0 | 1793,3 | 0,000 ± 0 | 0,70567 ± 5 | — | — | — | 12,7 |
| Matriz | 122,6 | 300,4 | 1,181 ± 33 | 0,70795 ± 5 | — | — | — | 87,3 |
| R.T. | 92,1 | 490,9 | 0,543 ± 15 | 0,70669 ± 4 | 135,2 ± 2,3 | 0,70566 ± 2 | 0,7057 ± 17 | 100,0 |

Tabela 2 – Determinações K-Ar nos fenocristais de plagioclásio. Dados analíticos. Para o cálculo da idade e respectivo erro foi utilizada a fórmula de Cox e Darlymple (Darlymple & Lamphere, 1969)

| Amostra | Nº Lab. | % K (±0.5) | ⁴⁰ Ar rad (10 ⁻⁶ cc/g) N.T.P. | ⁴⁰ Ar atm (%) | idade K-Ar (Ma) |
|---------|---------|------------|---|--------------------------|-----------------|
| PR01 | 4082 | 0,6782 | 3,37 | 12,23 | 123,8 ± 1,6 |
| SC06 | 4093 | 0,6239 | 3,16 | 20,59 | 126,0 ± 2,4 |
| RS67 | 4081 | 0,5962 | 3,12 | 21,97 | 129,9 ± 1,6 |

Foram empregadas nos cálculos as constantes sugeridas por Steiger & Jäeger (1977):

$$\lambda_k = 0,581 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$$

$$\lambda_e = 4,962 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$$

Os teores de Rb e Sr (Tab. 3), utilizados no cálculo das idades, foram obtidos no Laboratório de fluorescência de R-X do CPGeo-USP.

As primeiras determinações da razão isotópica em RT foram efetuadas junto aos laboratórios do CPGeo-USP, utilizando um espectrômetro de massa VARIAN-MAT modelo TH-5. Para as análises efetuadas posteriormente nos minerais separados e RT, utilizou-se o espectrômetro de massa MICROMASS modelo VG-30 dos Laboratórios da Universidade de Oxford. Uma descrição detalhada do método utilizado encontra-se em Kawashita *et al.* (1975). As idades resultantes (Tab. 3) foram calculadas considerando-se $1,42 \times 10^{-11}$ para o valor da constante de desintegração do ⁸⁷Rb (Steiger & Jäeger, 1977), e utilizando o modelo de York (1967) para o traçado das isócronas.

CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS As amostras foram coletadas em três localidades diferentes, uma no Estado do Paraná (PR01), a segunda no Estado de Santa Catarina (SC06), e a última no Estado do Rio Grande do Sul (RS67). A posição geográfica das amostras encontra-se esquematizada na Figura 1.

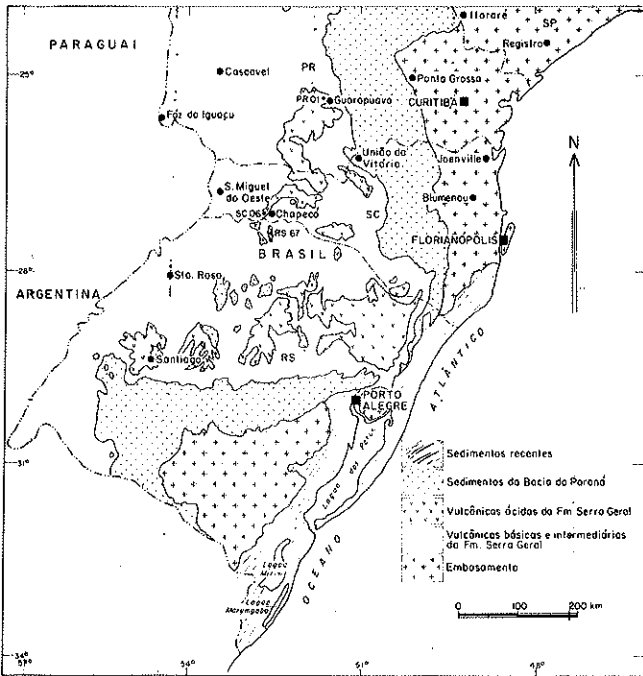


Figura 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS ESTUDADAS E SUA POSIÇÃO NO VULCANISMO ÁCIDO DA BACIA DO PARANÁ

Figura 1 - Localização das amostras e distribuição superficial do vulcanismo ácido

A característica petrográfica mais marcante, comum às três ocorrências, é o caráter fortemente porfirítico da rocha, com máximo de 18% de fenocristais que atingem até 15 mm de comprimento, o que serve como distinção imediata dos vulcanitos ácidos tipo LPT, francamente afíricos. A mineralogia dos fenocristais (e microfenocristais) compreende plagioclásio amplamente dominante (An 46 a 55), clinopiroxênios (augita e pigeonita), raros ortopiroxênios, titano-magnetita e apatita. São dignos de nota os valores extremamente pobres em Rb, e extremamente ricos em Sr, dos fenocristais de plagioclásio (ver Tab. 3). A mineralogia da matriz consiste num complexo intercrescimento microcristalino quartzo-feldspático, às vezes submicrográfico ou mesmo esferulítico, contendo proporções restritas de plagioclásio, clinopiroxênio, titano-magnetita, ilmenita, hornblenda e apatita. Embora não tenha sido feita qualquer tentativa para a sua identificação, é muito provável que o intercrescimento microcristalino quartzo-feldspático inclua uma componente potássica importante, sob forma de sanidina, tal como foi demonstrado por Amaral *et al.* (1966), no caso dos diques de diabásio de Ubatuba, SP, em estudo por microsonda eletrônica. Os teores relativos de Rb e de Sr nas amostras de matriz (ver Tab. 3), comparados com os valores obtidos nos plagioclásios separados, não deixam dúvidas a respeito da presença de fase potássica na matriz dos rioclitos analisados.

Determinações preliminares da razão isotópica inicial do Sr para a rocha total nas três amostras apresentaram valores da ordem de 0.705, diferenciando as amostras analisadas em relação às rochas vulcânicas ácidas tipo LPT da Bacia do Paraná, corroborando indicações anteriores (Marimon *et al.* 1983). Os rioclitos LPT analisados anteriormente apresentaram razões isotópicas elevadas (0,713 – 0,725) (Cordani *et al.* 1980, Mantovani *et al.* 1985). Dentre as questões levantadas, o caráter plagiofírico da rocha foi inicialmente invocado para explicar a razão isotópica baixa e aparentemente anômala observada, uma vez que os fenocristais contêm teores de Sr muito superiores ao restante da matriz; uma segunda alternativa seria o caráter isotópico diferente dessas amostras relativamente às do tipo LPT. Foram então efetuadas medidas isotópicas do Sr nos fenocristais de plagioclásio, bem como em fragmentos da matriz, na medida do possível, isentos de porções agregadas dos cristais maiores. A separação entre as fases mineralógicas (fenocristais e matriz) foi muito facilitada pela existência dos pequenos microfenocristais de magnetita (e até certo ponto de hornblenda e piroxênios), sempre associados à matriz, proporcionando condições para uma excelente concentração e purificação no separador magnético Frantz.

RESULTADOS Para cada uma das três amostras, foram analisados pelo método Rb-Sr os sistemas inerentes às rochas totais, e dois sub-sistemas complementares, separados e purificados uns dos outros nas melhores condições possíveis: pedaços de fenocristais de plagioclásio e fragmentos de matriz.

Os três conjuntos de amostras, PR01, SC06 e RS67, definem retas de melhor ajuste (Fig. 2a, b, c), com características plenas de isócronas cujas idades variam de 131 a 138 Ma. Nos cálculos foram utilizados apenas os valores das análises espectrométricas efetuadas em Oxford, em virtude de sua melhor precisão em relação àquelas efetuadas em São Paulo. De qualquer forma, a concordância genérica dos resultados obtidos em São Paulo e em Oxford, em porções diferentes das mesmas amostras (Tab. 3), demonstra a homogeneidade e representatividade das amostras de RT, bem como a qualidade analítica das determinações espectrométricas.

As retas que ligam os pontos analíticos de plagioclásio – rocha total – matriz, nos três diagramas das figuras 2a, b, c, são linhas de mistura entre dois subsistemas aproximadamente complementares entre si (plagioclásios puros e matriz), cuja junção corresponde teoricamente ao sistema da rocha total. A matriz não representa uma única fase mineralógica pura, mas uma somatória de componentes, essencialmente quartzo-feldspáticos, em que prepondera, para os efeitos da química Rb-Sr, a fase potássica, provavelmente sanidina. Feitas as devidas ressalvas, as linhas de mistura das figuras 2a, b, c, podem ser consideradas análogas a isócronas minerais com 3 pontos, tendo em vista as evidentes e marcantes diferenças químicas demonstradas na Tab. 3, entre os plagioclásios separados e as frações de matriz. A quase perfeita colinearidade dos pontos analíticos nas três figuras citadas, bem como a estreita concordância entre os resultados das idades aparentes, fruto das inclinações virtualmente idênticas das três retas de mistura resultantes, conduz às conclusões seguintes:

1. As linhas de mistura são equivalentes a isócronas mine-rais, e as idades obtidas referem-se ao fechamento de todos os sistemas mineralógicos para migrações de Rb e Sr.
2. Os valores de idades obtidos indicam provavelmente as épocas de cristalização dos sistemas, levando-se em conta que as rochas são de resfriamento rápido, e não há quaisquer indícios, na petrografia das amostras, de importantes ações térmicas posteriores à formação das rochas.
3. Os fenocristais de plagioclásio e os minerais da matriz devem ser cogenéticos, e os valores das razões iniciais das isócronas referem-se às razões isotópicas do magma precursor dos riodacitos em questão.

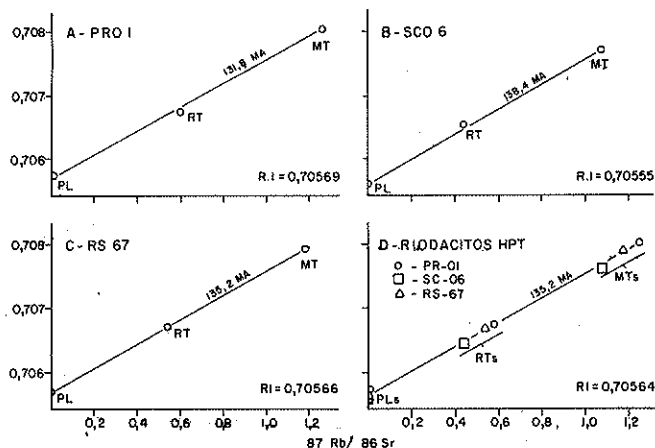


Figura 2 - Diagramas isocrônicos: (a) isócrona mineral PR01; idade: $131,8 \pm 5,9$ Ma; R.I.: $0,60569 \pm 0,00005$; MSWD = 0,9871; coef. corr. = 0,9993; (b) isócrona mineral SC06; idade = $138,4 \pm 3,5$ Ma; R.I. = $0,70555 \pm 0,00003$; MSWD = 0,3728; coef. corr. = 0,9998; (c) isócrona mineral RS67; idade = $135,2 \pm 2,3$ Ma; R.I. = $0,70566 \pm 0,00002$; MSWD = 0,1732; coef. corr. = 0,9999; (d) isócrona mineral dos riodacitos HPT; idade = $135,2 \pm 3,8$ Ma; R.I. = $0,70564 \pm 0,00003$; MSWD = 1,15; coef. corr. = 0,9986

Os resultados obtidos pelo método Rb-Sr, nas três rochas analisadas, são sistematicamente mais antigos em relação aos valores obtidos pelo método K-Ar nos plagioclásios separados (Tab. 2). As diferenças nas idades aparentes são da ordem de 5 a 10%, e parecem corroborar as suspeitas já apresentadas desde o trabalho de Amaral *et al.* (1966), em que as determinações K-Ar nas rochas basálticas da Bacia do Paraná, são sempre consideradas idades mínimas. Perdas

de Ar em épocas posteriores à formação das rochas vulcânicas, por causa de eventuais episódios de alteração intempérica ou hidrotermal, poderiam explicar o abaixamento relativo das idades K-Ar. Os resultados do presente trabalho acentuam a cautela que deve ser tomada na interpretação das idades K-Ar em rochas vulcânicas, até mesmo nos casos em que são observadas as melhores condições possíveis de análise (minerais separados e isentos de alteração visível).

A perfeita correlação observada nas três isócronas mine-rais permite determinar o valor da razão inicial do Sr para cada amostra, sendo notável a semelhança entre os valores calculados para os três conjuntos (0,7057; 0,7056; 0,7057), o que induz à sugestão de que a fusão magmática original é similar ou, pelo menos, derivada de condições análogas.

Como hipótese alternativa, é até possível que o material originário do qual provém as três rochas estudadas tenha constituído uma única câmara magmática, de dimensões da ordem de centenas de quilômetros, proveniente da fusão de material precursor inicialmente homogêneo no tocante aos isótopos do Sr, ou existindo como fase líquida silicática durante o tempo suficiente para uma homogeneização química e isotópica global, tal como evidenciado pelas análises dos riodacitos resultantes.

Para fins comparativos, os pontos referentes a todas as alíquotas analisadas foram plotados num único diagrama isocrônico de forma a se observar a correlação entre os três conjuntos. A reta de melhor ajuste traçada nos fornece um valor médio de idade $135,4 \pm 3,5$ Ma e de razão inicial de Sr ($0,70563 \pm 0,00003$) (Fig. 2d).

Concluindo, as razões isotópicas de Sr são análogas àquelas apresentadas para rochas vulcânicas do grupo HPT (Mantovani *et al.*, 1985) e induzem a concluir que as amostras em estudo possuem uma mesma origem. Ainda mais, é possível afirmar que a fusão produzida não sofreu processos evidentes de contaminação, pelo menos no que concerne ao Sr, que se apresenta altamente concentrado nos cristais de plagioclásio. É possível portanto concluir que a fonte do manto que deu origem a essa fusão é caracterizada por uma razão isotópica relativamente alta do Sr (0,705), e enriquecida com relação aos vários elementos incompatíveis.

Agradecimentos Os autores agradecem ao Prof. S. Moorbath que permitiu a realização das análises isotópicas do Sr junto ao "Age Laboratory" da Universidade de Oxford, e a R. Goodwin pela indispensável assistência técnica. A K. Kawashita pelas análises isotópicas realizadas em São Paulo, e a toda a equipe técnica do CPGeo-USP, nos vários estágios de desenvolvimento. A L. Civetta pelo constante incentivo. O apoio financeiro foi proporcionado por FAPESP, CNPq (Brasil), e British Council e Natural Environment Research Council (Inglaterra).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K.; REYNOLDS, J.H. - 1966 - Potassium Argon dates of basaltic rocks from southern Brazil. *Geochim. Cosmochim. Acta* 30: 159-189.
 ATALLA, L.T.; CIVETTA, L.; INNOCENTI, F.; MANTOVANI, M.S.M.; MARQUES, L.S.; SOUSA, M.A. DE - 1982 - Geoche-

mistry of Paraná Plateau Basalts (Southern Brazil). *Abstracts* S2. No. 62, IAVCEI-IAGC Scientific Assembly. Reykjavik, Iceland.
 BELLINI, G.; BROTZU, P.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; ERNESTO, M.; MELFI, A.J.; PACCA, I.G.; PICCIRILLO, E.M. - 1984 -

- Flood Basalts to Rhyolite Suites in the Southern Paraná Plateau (Brazil): Paleomagnetism, Petrogenesis and Geodynamic Implications. *J. Petrol.* 25: 579-618.
- BELLIENI, G.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; MARQUES, L.S.; MELFI, A.J.; PICCIRILLO, E.M.; RANALLI, A.J.; ROISENBERG, A. — in press — High- and Low-TiO₂ Basalts of Paraná Plateau (Brazil): Petrology, petrogenetic aspects and mantle source relationships. *NJB*.
- CORDANI, U.G.; SARTORI, P.L.P.; KAWASHITA, K. — 1980 — Geoquímica dos isótopos do estrôncio e a evolução de atividade vulcânica na Bacia do Paraná (Sul do Brasil) durante o Cretáceo. *An. Acad. bras. Ciênc.* 52: 811-818.
- DALRYMPLE, G.C. & LANPHERE, M.A. — 1969 — *Potassium Argon dating*. W.H. Freeman, S. Francisco, 258p.
- FRYER, B.J. — 1977 — Rare Earth evidence in iron-formations for changing Precambrian oxidation states. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 41: 361-367.
- HALPERN, M.; CORDANI, U.G.; BERENHOLC, M. — 1974 — Variations in strontium isotopic composition of Paraná Basin volcanic rocks of Brazil. *Rev. Bras. Geoc.* 4: 223-227.
- KAWASHITA, K.; MANTOVANI, M.S.M.; THOMAZ F^o, A.; TORQUATO, J.R.; BERENHOLC, M. — 1974 — *Método Radiométrico Rubídio - Estrôncio: Procedimentos das análises no Centro de Pesquisas Geocronológicas da Universidade de São Paulo*. Publicação interna CPGeo, 106 p.
- LUCAS DOS SANTOS, E.; SILVA, L.C.; ORLANDI F^o, V.; COUTINHO, M.G.N.; ROISENBERG, A.; RAMALHO, R.; HARTMANN, L.A. — 1984 — Os Escudos Sul-Rio-Grandense e Catarinense e a Bacia do Paraná. In: SCHOBENHAUS, A. ed. *Geologia do Brasil*, DNPM, cap. VIII, 331-355.
- MANTOVANI, M.S.M.; HAWKESWORTH, C.J.; CIVETTA, L. — 1984 — Isótopos do Nd e Sr em rochas vulcânicas da Bacia do Paraná. Implicações na natureza de suas áreas fontes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Resumos*. . . Rio de Janeiro, SBG, p. 236-237.
- MANTOVANI, M.S.M.; MARQUES, L.S.; SOUSA, M.A. de; CIVETTA, L.; ATALLA, L.T.; INNOCENTI, F. — 1985 — Trace elements and Strontium Isotope Constraints on the Origin and Evolution of Paraná Continental Flood Basalts of Santa Catarina State (Southern Brazil). *J. Petrol.* 26: 187-209.
- MARQUES, L.S. — 1983 — *Estudo do comportamento geoquímico de alguns elementos traços determinados em rochas vulcânicas da Bacia do Paraná*. (Dissertação de Mestrado, 16 — USP).
- SOUSA, M.A. DE — 1983 — *Distribuição de elementos traços no perfil Guatá-Bom Jardim da Serra, Formação Serra Geral*. (Dissertação de Mestrado, 16 — USP).
- STEIGER, R.H. & JAEGER, E. — 1977 — Subcommission on Geochronology: Convention on the use of decay constants in geo and cosmochronology. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 36: 359-362.
- THOMAZ F^o, A & TORQUATO, J.R. — 1973 — *Método radiométrico Potássio - Argônio: Procedimentos das análises no Centro de Pesquisas Geocronológicas da Universidade de São Paulo*. Relatório interno — USP, 74 p.
- YORK, D. — 1967 — The best isochron. *Earth Plan. Sci. Lett.* 2: 479-482.

MANUSCRITO

Recebido em 31 de janeiro de 1985
Revisão aceita em 01 de abril de 1985

A situação é simplesmente esta: enquanto as ciências teóricas estão principalmente interessadas em encontrar e testar leis universais, as ciências históricas tomam todos os tipos de leis universais como verdadeiras e estão principalmente interessadas em encontrar e testar proposições singulares.

K.R. Popper, 1957, *The poverty of historicism*, Boston, p. 143