A ASSOCIAÇÃO ZIRCÃO-BIOTITA COMO UM CRITÉRIO PETROGRÁFICO DE CARACTERIZAÇÃO PRÉ-METAMÓRFICA

JOÃO FERNANDO MARTINS HIPPERTT*

ABSTRACT The zircon-biotite association is a characteristic textural feature generally observed in igneous and metamorphic rocks. A careful quantification study employing the ratio diagram utilizing the modal biotite vs. $100 \times \text{Zircon (B)}/\text{Zircon (T)}$ could be of great value for getting an exact idea of the sedimentary or igneous origin in metamorphic rocks. For this purpose, a detailed analysis of 82 samples from different localities was carried out with a original petrographic method, and the plotting has demonstrated an ideal picture: the plutonics and metaplutonics occupy a distinct area quite different from those of metasediments. The results obtained and corroborative petrographic observations suggest that rounded zircons of metasediments may not be totally representing the residual clastics. The textural aspects indicate that, in many cases, zircon formation is of later origin than the metamorphic biotite nucleation.

INTRODUÇÃO O uso do zircão em petrogênese O zircão é um acessório presente na maioria das rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. Pela frequência com que ocorre, e pelas particularidades de seu modo de ocorrência, tem sido extensivamente utilizado em correlações e interpretações petrogenéticas. Esses trabalhos enfocam a tipologia dos grãos com base em uma ou mais das seguintes características morfológicas: dimensões dos cristais; grau de arredondamento dos grãos; desenvolvimento relativo das diferentes formas cristalográficas.

A aplicação das características dimensionais dos grãos (eixo menor x , eixo maior y e alongação y/x) em interpretações petrogenéticas difundiu-se a partir dos trabalhos de Smithson (1939), Poldervaart (1950, 1955, 1956), Poldervaart & Von Backstrom (1950) e Larsen & Poldervaart (1957). É estatisticamente verdadeiro que zircões ígneos têm maiores valores de alongação que zircões clásticos, desgastados por transporte. Este parâmetro, portanto, teria a capacidade de distinguir orto e parametamorfitos, e mesmo granitóides de cristalização primária daqueles anatóicos.

O mesmo se pode dizer do grau de arredondamento. Groves (1930), Smithson (1939, 1941), Poldervaart (1955), Eckelman & Kulp (1956), Murthy & Siddique (1964), Pupin *et al.* (1969), Zabiya & Makhlayev (1970) e Malcutt & Heimlich (1972) são alguns dos que escreveram sobre a natureza detrítica dos grãos de zircão arredondados em rochas sedimentares, metamórficas e ígneas anatóicas.

O significado destes aspectos morfológicos está condicionado ao conceito de que o zircão é um mineral mecanicamente resistente, altamente refratário e geralmente estável sob condições metamórficas, sendo, portanto, capaz de resistir a muitos ciclos geológicos. Pelo menos nos casos em que a idade dos zircões difere largamente da idade de cristalização da rocha, isto deve ser verdade. No entanto, críticas ao uso generalizado das características morfológicas do zircão em interpretações petrogenéticas têm sido feitas desde Winchell (1914), Armstrong (1922) e Mackie (1928). Mais

recentemente, Saxena (1966) revisou e criticou o significado dessas características morfológicas. Adiante serão discutidos esses pontos à luz das evidências texturais.

A tipologia do zircão em sua forma moderna considera o desenvolvimento relativo das faces prismáticas e piramidais em cristais eudrícos e subeudrícos. Este método foi introduzido por Pupin & Turco (1972a) e é atualmente aplicado na caracterização de granitóides (Pupin & Turco 1972b, Pupin 1976, Pupin 1980).

Todas essas observações tipológicas são sempre feitas em concentrados do mineral obtidos por moagem e fracionamento. Todavia, pouco se tem falado sobre a disposição dos grãos na petrotrama.

A associação zircão-biotita A mais notória característica textural do zircão é sua associação com a biotita, especialmente em rochas ígneas plutônicas, ácidas e intermediárias. Isso geralmente se explica pela cristalização inicial da biotita nessas composições em relação aos demais minerais essenciais. Os acessórios zircão, apatita, monazita, allanita e outros, primeiramente cristalizados, ficam, portanto, inclusos prioritariamente em biotita (Fig. 1-B). Em muitos casos, no entanto, a presença de água e alcalinidade determina a solubilidade do zircão e amplia ou retarda seu campo de cristalização aos estágios finais da consolidação magmática.

Em rochas metaplutônicas, esta relação é mantida, desde que sejam preservadas as biotitas magmáticas ou que a geração de novas biotitas seja apenas por substituição das preexistentes.

Em rochas metassedimentares, os zircões não deveriam ter qualquer associação preferencial com biotitas geradas por metamorfismo, considerando-se a natureza detrítica do acessório e sua distribuição de zircão clástico deveria distribuir-se de forma proporcional entre biotitas metamórficas e demais minerais. Na realidade, biotitas metamórficas também concentram grãos de zircão, mas em menor intensidade que biotitas de cristalização magmática (Fig. 1-A).

* Departamento de Mineralogia e Petrologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Cx. Postal 20899, CEP 01000, São Paulo, SP, Brasil. Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia

Figura 1 - Evolução textural da associação zircão-biotita em rochas metassedimentares (A) e em rochas ígneas plutônicas (B). A.1. Sedimento original com arcabouço (A), matriz (M) e zircões detríticos dispersos (Z). A.2. Início do metamorfismo com deformação do arcabouço, recrystalização da matriz (M) e nucleação incipiente de biotita (B). A.3. Rocha totalmente recrystalizada com alguma concentração de zircão na biotita. B.1. Cristalização inicial do acesório zircão (Z). B.2. Cristalização de biotita (B) com cristais de zircão inclusos. B.3. Consolidação magmática completada com zircões exclusivamente associados à biotita.

Essas diferentes evoluções texturais justificaram o esforço em se quantificar a associação zircão-biotita em rochas plutônicas, metaplutônicas e metassedimentares, mediante o diagrama biotita modal vs. 100 x zircão (B)/Zircão (T), aqui proposto, e formalmente denominado *diagrama BZ*, em que o zircão (B) é o volume de zircão associado à biotita e zircão (T), o volume total de zircão da rocha.

O DIAGRAMA BZ Métodos Foram selecionadas 82 amostras (19 xistos metassedimentares, dois quartzitos micáceos, 21 paragneisses, 16 ortogneisses e 24 granitóides) de diferentes localidades e contextos geológicos, e de origem seguramente estabelecida.

Os xistos lançados no diagrama são rochas tipicamente metassedimentares, com minerais aluminosos (granada, cianita, sillimanita, muscovita), e estruturas sedimentares ocasionalmente preservadas (Tab. 1).

Os paragneisses utilizados são rochas também altamente aluminosas, bandadas, com paragéneses tipicamente metassedimentares. São kinzingitos (cordierita-granada gnaisses), kondalitos (sillimanita-granada gnaisses) e biotita (-granada) gnaisses do fácies anfibolito (Tab. 2).

Os ortogneisses abrangem composições ácidas, na maioria dos casos granítica; apresentam a mineralogia original pou-

Tabela 1 - Relação de amostras de rochas metassedimentares e suas respectivas procedências.

N.º	CÓDIGO	CARACTERIZAÇÃO	PROCEDÊNCIA
1	V.2	Estaur.-Gran.-Biot.-Musc.	Andrelândia, MG
2	V.5	Gran.-Cian.-Biot.-Musc.	Andrelândia, MG
3	V.10	Gran.-Sill.-Biot.-Musc.	Andrelândia, MG
4	26	Biot.-QZ.-Musc.	Embu-Guaçu, SP
5	CP 178	Biot.-QZ.-Musc.	Embu-Guaçu, SP
6	CP 131	Estaur.-Biot.-Musc.	Embu-Guaçu, SP
7	CP 127	QZ.-Biot.-Musc.	Embu-Guaçu, SP
8	19A	Biot.-Musc.-QZ.	Cássia, MG
9	163B	Gran.-Biot.-QZ.	Cássia, MG
10	X S	Cord.-Gran.-Biot.	Currais Novos, RN
11	CE-5	Musc.-Biot.-QZ.	Ceará
12	MT-9	QZ.-Gran.-Biot.-Musc.	Goias
13	X S S	Sill.-Biot.	São Sebastião, SP
14	MC 490	Gran.-Biot.-Musc.	Goias
15	F 24	Cian.-Biot.	Natividade, GO
16	GNR 14	Cian.-Gran.-Biot.-Felds.	Nova Resende, MG
17	140 CK	Biot.-Musc.-QZ.	Alemanha
18	309 G	Gran.-Biot.-Felds.-QZ.	Juiz de Fora, MG
19	310	Gran.-Sill.-Biot.-QZ.	Juiz de Fora, MG
20	85 A	Biot.-Gran.-Qzito.	Cássia, MG
21	62 A	Biot.-Cian.-Qzito.	Cássia, MG

Tabela 2 - Relação de amostras de paragneisses e suas respectivas procedências.

N.º	CÓDIGO	CARACTERIZAÇÃO	PROCEDÊNCIA
22	232	Cord.-Gran.	Itabira, MG
23	313A	Biot.-Gran.	Juiz de Fora, MG
24	286 3	Biot.-Musc.	Itabira, MG
25	132 C	Gran.-Cord.-Biot.	São José do Rio Pardo, SP
26	P C G K	Congl.-Gnaiss	Quadrilátero Ferrífero, MG
27	286-1	Cord.-Gran.-Biot.	Itabira, MG
28	VB-IA	Cord.-Gran.-Biot.	São José do Rio Pardo, SP
29	286-2	Gran.-Biot.	Itabira, MG
30	286-4	Biot.-Gran.	Itabira, MG
31	18-F	Cord.-Biot.-Gran.	Rio do Prado, MG
32	FV 623	Biot.-Gran.	Vassouras, RJ
33	313 B	Biot.-Gran.-Cord.	Juiz de Fora, MG
34	IM-5	Gran.-Sill.-Biot.	São José do Rio Pardo, SP
35	1799 B	Biot.	Itabira, MG
36	1799 C	Biot.	Itabira, MG
37	CK	Cord.-Biot.-Gran.	Alemanha
38	1799 A	Cord.-Biot.-Gran.	Itabira, MG
39	18-N	Cord.-Gran.-Biot.	Rio do Prado, MG
40	1796 A	Sill.-Gran.-Biot.	Itabira, MG
41	334 X	Gran.-Horn.-Biot.	Itabira, MG
42	1802	Gran.-Horn.-Biot.	Itabira, MG

co alterada por metamorfismo e feições reliquias ígneas preservadas; estão deformados e recrystalizados em diferentes intensidades (Tab. 3).

Os granitóides lançados têm também composição predominantemente granítica e estão pouco afetados por deformação. São corpos intrusivos de diferentes dimensões (Tab. 4).

Tabela 3 – Relação de amostras de ortogneisses e suas respectivas procedências.

N.º	CÓDIGO	CARACTERIZAÇÃO	PROCEDÊNCIA
43	SCP 18	Granito	Embu-Guaçu, SP
44	7 GF	Granito (Augen)	Niterói, RJ
45	CR-31B	Granito (Blastomilonítico)	Pouso Alegre, MG
46	FV 502	Granito	Vassouras, RJ
47	FV 508	Quartzo monzonito	Vassouras, RJ
48	EX 19	Quartzo monzonito	Piracaia, SP
49	CR-32 A	Granito (milonítico)	Pouso Alegre, MG
50	66	Granito	Embu-Guaçu, SP
51	FV 312	Quartzo monzonito	Vassouras, RJ
52	CP 38	Granito	Embu-Guaçu, SP
53	1 GF	Granito (Augen)	Niterói, RJ
54	61 GFR	Granito (Augen)	Niterói, RJ
55	EX 13	Quartzo monzonito	Piracaia, SP
56	CP 80	Granito	Embu-Guaçu, SP
57	CR 25	Granito (Blastomilonítico)	Pouso Alegre, MG
58	CR 24 A	Granito	Pouso Alegre, MG

Tabela 4 – Relação das amostras de granitóides e suas respectivas procedências.

N.º	CÓDIGO	CARACTERIZAÇÃO	PROCEDÊNCIA
59	A7-34A	Granito (aprito)	Amparo, SP
60	GGG	Granito	Guarujá, SP
61	GCK	Granito (2 micas)	Alemanha
62	VG 318	Graisen grantio	Rondônia
63	GG1	Granito	Guarujá, SP
64	B 412	Graisen granito	Rondônia
65	SF 2	Álcali sienito	Anitápolis, SC
66	B 424	Graisen granito	Rondônia
67	A 95	Granito	Maciço de Morungaba, SP
68	O-2811	Graisen granito	Rondônia
69	A 72	Granito	Maciço de Morungaba, SP
70	A 520	Granito	Maciço de Morungaba, SP
71	S 126M	Quartzo sienito	Anitápolis, SC
72	PI-2	Granito	Itatinga, SP
73	P 5 C	Quartzo monzonito	Guarulhos, SP
74	A 46	Quartzo monzonito	Maciço de Morungaba, SP
75	NORCK	Granito	Noruega
76	FV 227	Granito	Vassouras, RJ
77	2 CK	Granito	Escócia
78	MA 7	Granito	Embu-Guaçu, SP
79	3 CK	Sienito	Alemanha
80	L5	Quartzo monzonito	Anitápolis, SC
81	PI 189 A	Monzodiorito	Piracaia, SP
82	PI 169	Quartzo monzonito	Piracaia, SP

A quantificação foi realizada em seções delgadas, com a obtenção do percentual modal de biotita (lançado em escala logarítmica para melhor espalhamento dos pontos) e do percentual de zircão associado à biotita 1 zircão (B), (Fig. 2).

O valor $100 \times \text{zircão (B)}/\text{zircão (T)}$ foi obtido varrendo-se toda a lâmina com contagem dos grãos associados à

biotita e daqueles associados aos demais minerais (matriz). Por convenção, foram considerados associados à biotita, os grãos que têm com este mineral pelo menos um ponto de contato.

A variação no tamanho dos grãos de zircão é geralmente grande numa mesma amostra. Em vista disso, foram atribuídos pesos diferentes na contagem, conforme o tamanho dos grãos. Os menores grãos foram considerados como a unidade e os demais contados como múltiplos desta unidade. O resultado final é uma relação numérica que traduz a distribuição do volume de zircão entre biotita e matriz.

Alguns cuidados devem ser tomados na contagem, pois em geral não se podem efetuar testes ópticos pelo reduzido tamanho dos grãos. Deve-se ter familiaridade com a morfologia dos cristais de zircão, pois na maioria dos casos a identificação será feita apenas pela forma e pelo relevo dos grãos.

Monazita, titanita, apatita, epidoto e allanita podem ser confundidos com zircão em grãos pequenos. Deve-se atentar ao fato de esses minerais poderem também gerar auréolas pleocróicas na biotita, muito parecidas com as produzidas por zircão.

É comum também, que, numa primeira vista, se tenha a impressão de que todo ou quase todo o zircão da amostra esteja incluso em biotita. Muitas vezes é uma falsa impressão, determinada apenas pelos halos pleocróicos da biotita, que atraem a atenção do observador. Zircões em minerais descoloridos são menos visíveis e requerem maior acuidade.

Aplicação O exame do diagrama BZ (Fig. 2) mostra a existência de dois campos perfeitamente individualizados em que se deslocam rochas plutônicas e metaplutônicas de um lado, e rochas metassedimentares de outro. A quantificação da associação zircão-biotita pode, portanto, dar indicação do caráter pré-metamórfico da rocha, desde que o ponto caia nos campos definidos.

Na porção central do diagrama, os resultados são dúbios e não devem servir para caracterizações. Note-se também que a resolução do método é maior com baixos teores de biotita.

A princípio, a aplicação do método deve ter maior validade na caracterização de gnaisses. Sua utilização em migmatitos pode ser problemática, pois a presença de fases mobilizadas intimamente associadas às rochas pode conduzir os resultados invariavelmente ao campo ígneo. Esta questão será exemplificada e discutida a seguir.

Discussão Das 42 amostras metassedimentares quantificadas, 38 (90,5%) estão situadas abaixo da curva biotita modal = $100 \times \text{zircão (B)}/\text{zircão (T)}$, três amostras (7,1%) incidem sobre a curva e apenas uma amostra (2,4%) está acima.

Considerando-se a geração de biotitas na evolução metamórfica de um sedimento como independente da distribuição de zircão detrítico, deveria ser estatisticamente esperado que o percentual de zircão associado à biotita [$(100 \times \text{zircão (B)}/\text{zircão (T)})$] fosse aproximadamente igual ao percentual de biotita gerada por metamorfismo (biotita modal), determinando a incidência dos pontos aproximada-

Figura 2 – Rochas metassedimentares, plutônicas e metaplutônicas lançadas no diagrama BZ

mente ao longo da curva. Isto decididamente não ocorre. A colocação das amostras metassedimentares predominantemente abaixo da curva significa que biotitas geradas por metamorfismo também concentram grãos de zircão. Contudo, esta concentração é visivelmente menos pronunciada que em biotitas magmáticas.

Algumas explicações possíveis são:

1. A geração de biotitas metamórficas estaria condicionada à evolução mineralógica da matriz sedimentar e é nesta que se dispersa o zircão detrítico; daí a concentração observada.
2. Boa parte dos grãos de zircão não seria detríticos, mas autigênicos, e estaria intimamente associado a minerais também autigênicos de Fe e Ti (hematita, rutilo). Estes últimos, interagindo com uma matriz potássica, evoluiriam a biotita por incremento de metamorfismo. Saxena (1966) fotografou esta associação e demonstrou que zircões autigênicos podem ser muito semelhantes a zircões detríticos.
3. Formação de zircão por metamorfismo. A associação zircão-biotita como resultado da migração iônica numa mesma direção, mas não necessariamente simultânea de Fe, Ti e Zr durante a diferenciação metamórfica. Zircões

metamórficos têm sido descritos por Taubeneck (1957), Saxena (*op. cit.*), Zabiya & Makhlayev (1970), Malcutt & Heimlich (1972) e Ono (1973), mas em muitos casos apenas como sobrecrecimentos em grãos detríticos.

O exame de dezenas de seções delgadas em rochas metassedimentares diversas permitiu a constatação de que zircões altamente arredondados e escuros, comumente interpretados como resíduos clásticos, na realidade tendem a ter esta forma quando inclusos em quartzo, e sugerem o condicionamento da forma ao hospedeiro (Kretz 1966). Zircões associados à biotita apresentam com muita frequência contornos controlados pelo filossilicato (Fig. 3).

Essas feições demonstram que zircões arredondados não necessariamente significam grãos clásticos desgastados por transporte e que pelo menos alguns cristais são posteriores à geração de biotitas metamórficas (explicação 3).

Os paragneisses se dispõem no diagrama segundo um *trend* linear a 45 graus com os eixos do diagrama (Fig. 4). Isso significa que a associação zircão-biotita se intensifica exponencialmente com o incremento da quantidade de biotita na rocha.

Os xistos metassedimentares com mais de 20% de biotita apresentam uma grande variação na distribuição do zircão.

Figura 3 – Aspecto textural em rochas metassedimentares, zircões arredondados (Zra) inclusos em quartzo (Qz) com fraturas radiais no hospedeiro, e zircões (Zrb) associados à biotita (Bi) com contornos controlados pelos planos (001) do filossilicato. O pontilhado representa halo pleocróico

As amostras 3, 16 e 18 são as que têm biotitas mais enrique-

cidas em zircão. A amostra 3 (xisto de zona da sillimanita) seguramente apresenta uma anatexia incipiente, já conhecida das descrições do Grupo Andrelândia (ver Trouw *et al.* 1984). A amostra 16 é um xisto altamente K-feldspático com muitos cristais em geminação Carlsbad, o mesmo ocorrendo com a amostra 18. Em todas as demais amostras de xistos, a participação de feldspatos é subordinada. Esses fatos podem indicar uma participação de mobilizados também na constituição dos xistos 16 e 18. Objetivamente, pode-se dizer que, pelo menos no caso da amostra 3, a existência de uma fase mobilizada favoreceu a associação zircão-biotita (comparar com as amostras 1 e 2 da mesma localidade, mas desprovidas de mobilizados).

Ortognaisses e granitóides espalham-se aproximadamente pelo mesmo campo. No entanto, existe uma tendência a que ortognaisses tenham biotitas menos enriquecidas em grãos de zircão do que granitóides não deformados. Isto é coerente, pois uma das manifestações de deformação em biotita são os deslizamentos ao longo dos planos (001), com liberação mecânica dos grãos de zircão, que então se associam à matriz.

Figura 4 – Disposição dos campos no diagrama BZ

CONCLUSÕES As conclusões principais do trabalho são sumarizadas como segue:

1. A associação textural zircão-biotita pode ser quantificada o diagrama BZ.
2. Rochas plutônicas, metaplutônicas e rochas metassedimentares dispõem-se em campos perfeitamente diferenciados no diagrama.
3. O diagrama BZ constitui-se um critério petrográfico de caracterização pré-metamórfica.

4. Zircões arredondados em metassedimentos nem sempre devem ser interpretados como zircões detríticos.

5. Pelo menos em alguns casos, a formação de zircão é posterior à geração de biotitas metamórficas, o que exclui uma origem detrítica e vincula a formação de zircão ao processo metamórfico.

Agradecimentos O autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos. Também aos profes-

sores e pós-graduandos do Instituto de Geociências da USP, pelas facilidades de manipulação de suas coleções particulares. Um especial agradecimentos aos amigos. Dr. José Vicen-

te Valarelli, Dr. Rômulo Machado e geólogo Valdecir de Assis Janasi, pelo estímulo, presteza e validade de suas críticas e observações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMSTRONG, P. — 1922 — Zircon as criterion of igneous or sedimentary metamorphics. *Am. J. Sci.*, 5(4): 391-395.
- ECKELMAN, F.D. & KULP, J.L. — 1956 — The sedimentary origin and stratigraphic equivalence of the so-called Cranberry and Henderson Granites in western North Carolina. *Am. J. Sci.*, 254: 228-315.
- GROVES, A.W. — 1930 — The heavy mineral suite and the correlation of the granites of northern Brittany, the Channel Islands, and the Cotentin. *Geol. Mag.*, 67:218-240.
- KRETZ, R. — 1966 — Interpretation of the shape of mineral grains in metamorphic rocks. *J. Petrol.*, 7(1): 68-94.
- LARSEN, L. H. & POLDERVAART, A. — 1957 — Measurement and distribution of zircons in some granitic rocks of magmatic origin. *Mineral Mag.*, 31:544-564.
- MACKIE, W. — 1928 — The heavier accessory minerals in the granites of Scotland. *Trans. Edinburgh Geol. Soc.*, 12:22-40.
- MALCUTT, R.J. & HEIMLICH, R.A. — 1972 — Zircons from Precambrian gneiss, southern Bighorn Mountains, Wyoming. *Amer. Miner.*, 57:1190-1209.
- MURTHY, M.V.N. & SIDDIQUIE, H.N. — 1964 — Studies on zircons from some garnetiferous sillimanite gneisses (Khondalites) from Orissa and Andhra Pradesh, India. *J. Geol.*, 72:123-127.
- ONO, A. — 1973 — Zircons from the Ryoke metamorphic in the Takato-Shiojiri area, central Japan. *J. Geol. Soc. Japan*, 80:187-191.
- POLDERVAART, A. — 1950 — Statistical studies of zircon as a criterion in granitization. *Nature*, 165:574-575.
- POLDERVAART, A. — 1955 — Zircon in rocks. I. Sedimentary rocks. *Am. J. Sci.*, 253:433-461.
- POLDERVAART, A. — 1956 — Zircons in rocks. II. Igneous rocks. *Am. J. Sci.*, 254:521-554.
- POLDERVAART, A. & Von BACKSTROM, J.W. — 1950 — A study of an area at Kakamas (Cape Province). *Trans. Geol. Soc. S. Africa*, 52:433-495.
- PUPIN, J.P. — 1976 — *Signification des caractères du zircon commun des roches en pétrologie. Base de la méthode typologique. Applications.* (These Doct. Etat., Univ. Nice, France) 394 p.
- PUPIN, J.P. — 1980 — Zircon and granite petrology. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 73:207-220.
- PUPIN, J.P. & TURCO, G. — 1972a — Une typologie originale du zircon accessoire. *Bull. Soc. Fr. Mineral. Cristallogr.*, 95:348-359.
- PUPIN, J.P. & TURCO, G. — 1972b — Application des données morphologiques du zircon accessoire en pétrologie endogène. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 275(D):799-802.
- PUPIN, J.P.; BOUCAROUT, M.; TURCO, G.; GUEIRARD, S. — 1969 — Les zircons des granites et migmatites du massif de l'Argentera-Mercantour et leur signification pétrogénétique. *Bull. Soc. Fr. Mineral. Cristallogr.* 922(5):472-483.
- SAXENA, S.K. — 1966 — Evolution of zircons in sedimentary and metamorphic rocks. *Sedimentology*, 6(1): 1-33.
- SMITHSON, F. — 1939 — Statistical methods in sedimentary petrology. *Geol. Mag.*, 76:297-309, 348-360, 417-427.
- SMITHSON, F. — 1941 — The alteration of the detrital mineral in the mesozoic rocks of Yorkshire, a petrological and paleogeographical study. *Geol. Soc. London, Quart. J.*, 98:27-59.
- TAUBENECK, W.H. — 1957 — Zircons in the metamorphic aureola of the Bald Mountain batholith, Elkhorn Mountains, north-eastern Oregon. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 68:1803 (Abstract).
- TROUW, R.A.J.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P.; HEILBRON, M.L. — 1984 — Os Grupos São João del Rei, Carrancas e Andrelândia, interpretados como a continuação dos Grupos Araxá e Canastra. In: CONGR. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG. v. 7, p. 3227-3240.
- WINCHELL, A.N. — 1914 — Mining districts of the Dillon quadrangle, Montana, and adjacent areas. *Geol. Surv. Bull.*, 574:11-191.
- ZABIYAKA, I.D. & MAKHALAYEV, L.V. — 1970 — Evolution of accessory zircon during progressive ultrametamorphism as illustrated by the Precambrian granitoids of Taymir. *Dokl. Acad. Sci. USSR. Earth Sci. Sect.*, 191:144-146.

MANUSCRITO

Recebido em 04 de março de 1986

Revisão aceita em 09 de maio de 1986

“... o homem, por ser dotado de uma inteligência livre, tornou-se um falsificador da natureza, um agente de desordem”.

Emberger — *Atas Soc. Helv. Sci. Nat.*, 1960: 31-43.