

A Ocorrência Alcalina de Cananéia, Litoral Sul do Estado de
São Paulo: Geologia e Geocronologia

*The Alkaline Intrusion of Cananéia on the South Coast of São Paulo State:
Geology and Geochronology*

Fernando Pelegrini Spinelli (fepelegrini@yahoo.com.br) e Celso de Barros Gomes (cgomes@usp.br)
Departamento de Mineralogia e Geotectônica - Instituto de Geociências - USP
R. do Lago 562, CEP 05508-080, São Paulo, SP, BR

Recebido em 05 de maio de 2008; aceito em 18 de julho de 2008

Palavras-chave: magmatismo alcalino, geocronologia, Cananéia.

RESUMO

Novas idades (Ar-Ar e Rb-Sr) são fornecidas para as rochas alcalinas do maciço de Cananéia, no Vale do Ribeira, representado por dois pequenos corpos: Morro de São João (1,8 km²) e Morrete (0,4 km²). São rochas de natureza sienítica, predominantemente intrusivas, cobertas por sedimentos arenosos mais recentes, e têm como encaixante o embasamento pré-Cambriano do Grupo Açungui. Do ponto de vista tectônico, estão associadas ao Alinhamento Guapiara, no limite norte do Arco de Ponta Grossa, além de incluídas na província homônima, a qual reúne grande número de centros alcalinos. Datações radiométricas Ar-Ar em biotita indicam uma idade média de 83,6 Ma para os sienitos, não muito diversa daquela obtida a partir de isócrona de referência Rb-Sr em rocha total para diferentes litologias, apresentando valor de $85,6 \pm 2,7$ Ma e razão inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de $0,70667 \pm 0,00014$ (MSWD = 1,14). Esses dados confirmam a inclusão do maciço de Cananéia no cronogrupo formado pelas diversas ocorrências alcalinas do Cretáceo Superior.

Keywords: alkaline magmatism, geochronology, Cananéia.

ABSTRACT

New radiometric ages (Ar-Ar and Rb-Sr) are available for the alkaline rocks from the Cananéia massif in the so-called Ribeira Valley, which is represented by two small bodies (Morro de São João, 1.8 km², and Morrete, 0.4 km²). The rocks are syenitic in composition, dominantly intrusive, covered by recent sediments and emplaced into the Precambrian basement of the Açungui Group. From the tectonic point of view, they are associated with the Guapiara Alignment at the northern limit of the Ponta Grossa Arch and intruded into the homonymous province that includes a great number of alkaline centers. Ar-Ar radiometric determinations in biotite indicate an average age of 83.6 Ma for the syenites, not much different of that given by a Rb-Sr reference isochron on whole rock for different lithologies which yielded an age of 85.6 ± 2.7 Ma, and an initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio of 0.70667 ± 0.00014 (MSWD = 1.14). The data confirm the inclusion of the Cananéia massif within the age group of the Late Cretaceous alkaline occurrences.

INTRODUÇÃO

A ocorrência de Cananéia, distante aproximadamente 260 km da capital paulista, situa-se na região do chamado Vale do Ribeira e ocupa a porção meridional da ilha homônima. Seu acesso, a partir de São Paulo, é feito pela rodovia Régis Bittencourt (BR-116) e, percorridos cerca de 20 km ao sul da localidade de Registro, pela estrada Pariquera-Açu-Cananéia (SP-226).

Geomorfologicamente, ela está inserida na Planície Costeira Cananéia-Iguape (Suguio e Tessler, 1992), apresenta-se coberta por sedimentos quaternários arenosos de origem continental e marinha, e tem como encaixante o embasamento cristalino de idade pré-Cambriana do Grupo Açungui (Hasui et al., 1981). Esta unidade consiste basicamente

em rochas metamórficas (filitos, mica xistos e gnaisses) recortadas por intrusões graníticas. Na área de Cananéia, o embasamento aparece exposto nas imediações da ponte do rio Aroeira, que cruza o canal de Cubatão, ao longo da estrada SP-226, cerca de 30 km daquela cidade.

A exemplo de outros centros alcalinos vizinhos (p.e. Jacupiranga, Jiquiá e Pariquera-Açu), o de Cananéia é também controlado tectonicamente pelo Alinhamento Guapiara, que demarca o limite norte do Arco de Ponta Grossa (Figura 1, cf. Almeida, 1971, 1983, 1986), uma grande estrutura soerguida com orientação principal NW que se estende, pelo menos, por 600 km e possui largura variável de 20 a 100 km (Ferreira, 1982a). Nela se distinguem ainda os alinhamentos do Rio Piqueri, Rio Alonso e São Jerônimo-Curiúva, e um quinto, o de Ivaí (Almeida, 1982), marcando o

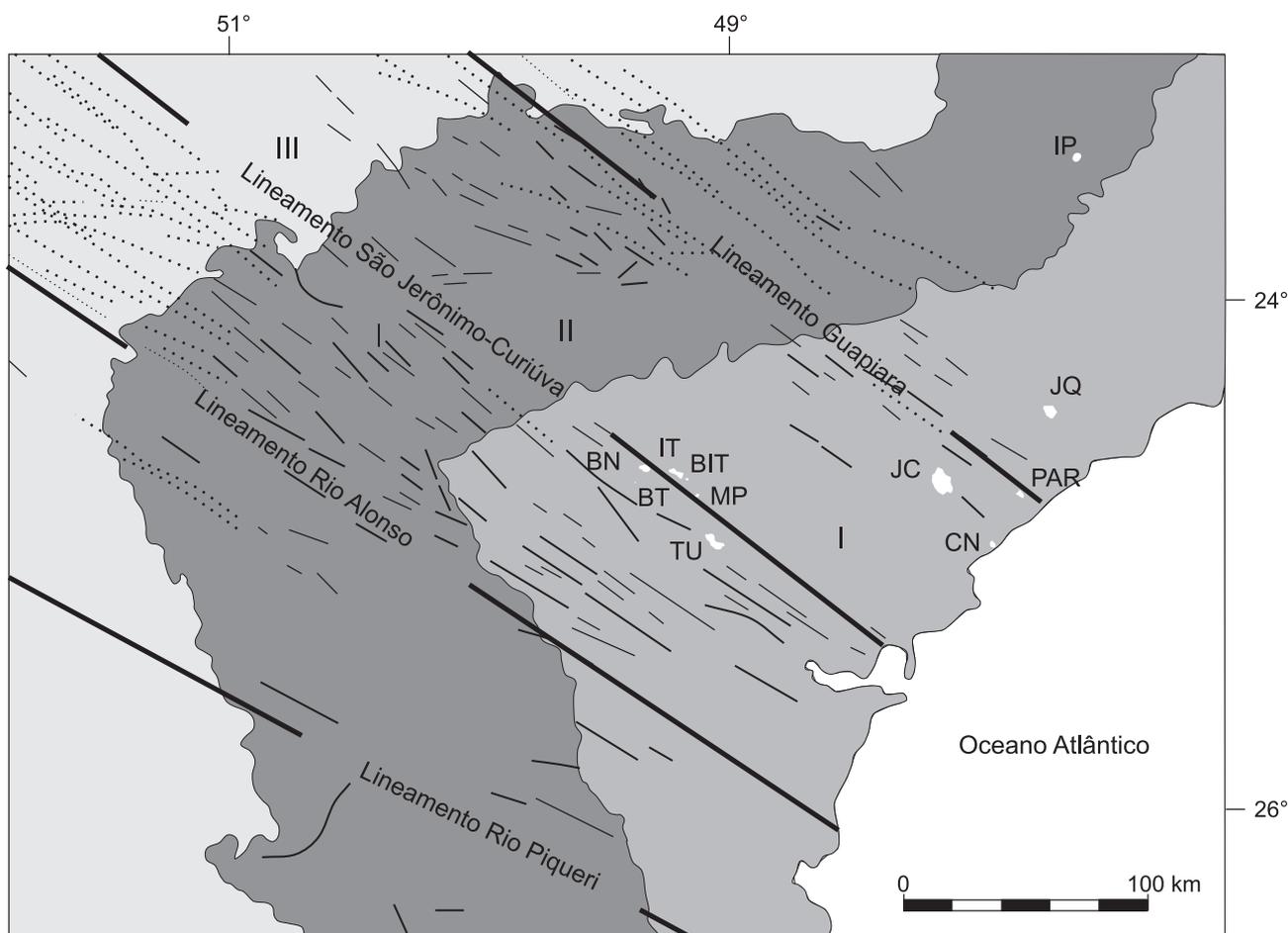


Figura 1. Condicionamento tectônico do magmatismo alcalino mesozóico no Arco de Ponta Grossa (cf. Almeida, 1983, 1986; modificado de Ruberti et al., 2005). Enxames de diques NW-SE inferidos a partir de geologia de campo, sensoriamento remoto e levantamento aeromagnético. Corpos alcalinos indicados como segue: **BIT** - Barra do Itapirapuã; **BN** - Banhadão; **BT** - Barra do Teixeira; **CN** - Cananéia; **IP** - Ipanema; **IT** - Itapirapuã; **JC** - Jacupiranga; **JU** - Jiquiá; **MP** - Mato Preto; **PAR** - Pariquera-Açu; **TU** - Tunas. Outras abreviações: **I** - embasamento cristalino; **II** - rochas sedimentares da Bacia do Paraná; **III** - basaltos toleíticos da Formação Serra Geral.

limite sul da estrutura. Eles foram desenvolvidos subparalelamente à direção acima e estão ligados a uma única fase tectônica ocorrida nos primórdios do Cretáceo (Ferreira, 1982a, 1982b; Almeida, 1983). Segundo Riccomini (1995), o padrão estrutural da ocorrência de Cananéia sugere a influência de duas fases distintas de deformação: uma de natureza extensional, orientação NE-SW e idade cretácica superior; e outra, de caráter transcorrente sinistral, orientação NW-SE e idade paleogênica. A primeira está ligada à extensão do Alinhamento de Guapiara, enquanto a segunda é relacionada à reativação de antigas zonas de cisalhamento do rifte continental do Sudeste do Brasil (cf. Riccomini, 1989).

No conjunto de províncias alcalinas definido por Almeida (1983) para as numerosas ocorrências situadas ao sul do paralelo 15°, a de Cananéia enquadra-se naquela correspondente ao Arco de Ponta Grossa, entendimento também mantido por Ruberti et al. (2005), não obstante estes últimos autores terem ali distinguido dois grupos: um associado tectonicamente ao Alinhamento de Guapiara e outro ao de São Jerônimo-Curiúva. O segundo agrupamento reúne as intrusões maiores de Banhadão, Tunas e Itapirapuã, os corpos menores de Mato Preto e Barra do Itapirapuã, além de *plugs* e diques aflorando principalmente ao longo da divisa dos Estados do Paraná e São Paulo. Com base sobretudo em evidências tectônicas, Riccomini et al. (2005) redefiniram algumas das províncias propostas por Almeida (1983), entre elas a da Serra do Mar, agora por eles dividida em três segmentos, com o central, situado dentro da área geográfica do Arco de Ponta Grossa, incluindo a ocorrência de Cananéia.

O presente trabalho visa basicamente à descrição de aspectos geológicos da ocorrência e à apresentação de novos dados radiométricos (Rb-Sr e Ar-Ar) obtidos, respectivamente, no Laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília e no Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo) do Instituto de Geociências, adotando os procedimentos rotineiros ali empregados. Especificamente no tocante à metodologia Ar-Ar, maiores informações podem ser encontradas no trabalho de Vasconcelos et al. (2002). Comentários sobre a parte geoquímica são inseridos com o único propósito de contribuir para uma melhor caracterização das rochas do maciço.

GEOLOGIA

As rochas alcalinas de Cananéia afloram em duas áreas distintas: Morro de São João, na parte urbana da cidade, e Morrete, na vizinha Ilha Comprida (Figura 2). O canal que separa as duas intrusões, o Mar de Cananéia, foi investigado geofisicamente por Suguio et al. (1987), que comprovaram a existência da Laje do Argolão, uma superfície de rocha contínua interligando as duas ocorrências que, supostamente, deveriam assim fazer parte de um corpo único, maior.

O corpo do Morro de São João é um *stock* de forma subcircular, com área aproximada de 1,8 km² e cota máxima de 137 m, enquanto o satélite de Morrete tem dimensões mais modestas, 0,4 km² e cota de 47 m. A intrusão principal encontra-se coberta por densa vegetação, sendo as melhores exposições representadas por grandes matacões de dimensões métricas com esfoliação esferoidal concentrados preferencialmente na região costeira. Em Morrete, os afloramentos estão muito alterados intempericamente, sendo ainda o corpo de difícil acesso em razão da cobertura vegetal.

No todo, a ocorrência é constituída por rochas sieníticas de granulação média a grossa, com as variedades mais finas (microssienitos) ou mesmo afaníticas (traquitos) aparecendo tão-somente na forma de pequenos diques ou de veios de espessura centimétrica, em especial junto às porções E e NW da intrusão maior. O contato dos diques é muito irregular, havendo interpenetração com a rocha encaixante sienítica, além de sugestivo da existência de mais de uma geração (Freitas, 1947).

As rochas sieníticas faneríticas são leucocráticas, com índice de coloração em geral abaixo de 10, de tonalidade comumente acinzentada e textura hipidiomórfica inequigranular. Na ocorrência de Morrete, podem ocasionalmente exibir textura porfirítica. Do ponto de vista petrográfico, elas estão enquadradas em dois grandes grupos: álcali feldspato sienitos e quartzo-álcali feldspato sienitos. Já as variedades de granulação fina, de ocorrência claramente subordinada em relação às primeiras, são classificadas como quartzo-álcali feldspato sienitos porfiríticos de matriz fina, microssienitos com textura em mosaico e microssienitos porfiríticos com textura traquítica.

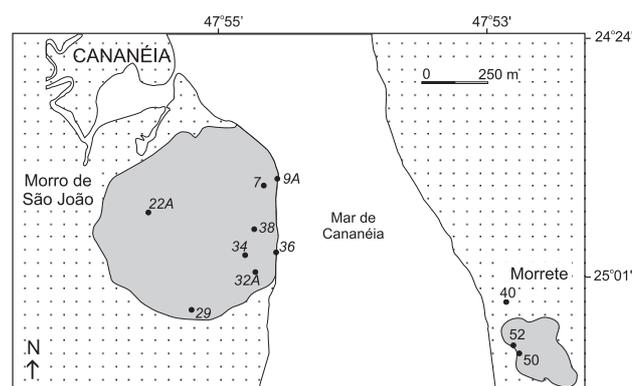


Figura 2. Mapa geológico da ocorrência alcalina de Cananéia (Morro de São João, na Ilha de Cananéia; Morrete, na Ilha Comprida), circundada por sedimentos cenozóicos (cf. Spinelli, 2003, 2007), mostrando a localização das amostras analisadas.

Mineralogicamente, as rochas sieníticas contêm feldspato alcalino (mesopertita do tipo predominantemente *hipersolvus*) como fase mais abundante. Plagioclásio, na condição de cristais individuais, é de ocorrência restrita e de composição sódica. Quartzo, invariavelmente de formação intersticial, é freqüente, aparecendo mais raramente na forma de intercrescimentos micrográficos com o feldspato alcalino. Os minerais máficos estão representados por clinopiroxênio cálcico (diopside, hedembergita e augita, os dois últimos mais comuns), composicionalmente exibindo tendência cálcico-sódica (egirina-augita), ou mesmo sódica nas rochas mais evoluídas. Além de anfibólio, em geral como produto de transformação do clinopiroxênio, de composição variável, passando de cálcica (magnesiornblenda, o tipo mais freqüente) a cálcico-sódica (katoforita, a variedade mais presente) e até sódica (arfvedsonita). Acidentalmente, ocorrem biotita (ferrobiotita) e olivina (faialita). Os principais acessórios incluem minerais opacos (ilmenita e magnetita), apatita, titanita e zircão.

GEOQUÍMICA

Dados químicos (elementos maiores, traços e terras raras) para as rochas do maciço de Cananéia são fornecidos na tese de doutoramento de Spinelli (2007) e, em traços gerais, permitem reconhecer que elas são saturadas a supersaturadas em sílica, pobres em Mg e Mn, contêm altos teores em Al e álcalis, além de concentrações variadas em Ti, Fe e outros elementos. Quanto à relação K_2O/Na_2O , situam-se no campo transicional proposto por Comin-Chiaramonti e Gomes (1966, 2005), que separa os tipos de afinidade potássica e sódica. Com base nos valores do índice agpaítico (K_2O+Na_2O/Al_2O_3 , proporção molecular) sempre inferiores a um, essas rochas estão incluídas na série miaskítica de Gerasimovskii (1956) e Sörensen (1960). A sua natureza fortemente alcalina e riqueza em sílica possibilitam classificá-las nos diagramas químicos R1-R2 (cf. De La Roche et al., 1980) e TAS (cf. Le Maitre, 1989), para a quase totalidade das amostras analisadas, como sienitos e quartzo sienitos, em concordância com os dados modais, e enquadrá-las no campo alcalino de Irvine e Baragar (1971) (não mostrado). O alto grau de evolução das rochas do maciço é demonstrado pelos valores muito pequenos da razão $Mg/Mg+Fe$ (mg# inferior a 0,33) e pelas baixas concentrações em Cr e Ni.

GEOCRONOLOGIA

No passado, as rochas alcalinas de Cananéia foram objeto de determinações geocronológicas, inicialmente por K-Ar (Amaral et al., 1967; dados recalculados por Sonoki e Garda, 1988, usando as novas constantes de decaimento recomendadas por Steiger e Jäger, 1977) e, mais tarde, por Rb-Sr (Spinelli, 2000; Spinelli et al., 2001).

O primeiro método forneceu valores variáveis de 82,7 a 86,6 Ma para a idade K-Ar, obtidos em concentrados minerais (biotita, 82,7 Ma; anfibólio, 84,2 Ma; feldspato alcalino, 86,6 Ma) extraídos de uma amostra de quartzo-álcali feldspato sienito. Eles possibilitaram o enquadramento do maciço de Cananéia dentro do grande cronogrupo, de idade Cretáceo Superior, definido por Ulbrich e Gomes (1981) e Ulbrich et al. (1991) para as ocorrências alcalinas da região sudeste do território brasileiro. O segundo método ofereceu valores muito baixos, pouco confiáveis, de $78,0 \pm 1,9$ Ma e $76,2 \pm 1,5$ Ma para a idade Rb-Sr.

Novas datações pelo método Rb-Sr efetuadas em rocha total e em concentrados minerais (feldspato alcalino, biotita e clinopiroxênio+anfibólio) serviram para confirmar o padrão das idades K-Ar e, ao mesmo tempo, recomendar o descarte das determinações Rb-Sr anteriores. A Tabela 1 reúne os dados analíticos recém produzidos.

Uma isócrona de referência em rocha total a partir de onze pontos, representando diferentes amostras (álcali feldspato sienitos do Morro de São João; quartzo-álcali feldspato sienitos dessa localidade e também de Morrete), indica para o maciço de Cananéia uma idade de $85,6 \pm 2,7$ Ma, ao lado de razão inicial $^{87}Sr/^{86}Sr$ de $0,70667 \pm 0,00014$ e $MSWD = 1,14$ (Figura 3).

Determinações radiométricas pelo método Ar-Ar foram realizadas em concentrados de biotita provenientes de quatro amostras da intrusão principal, duas relativas aos álcali feldspato sienitos 7 e 29, e duas aos quartzo-álcali feldspato sienitos 36 e 9A. Essas novas idades estão representadas nas Figuras 4 a 7, com os dados constando da Tabela 2.

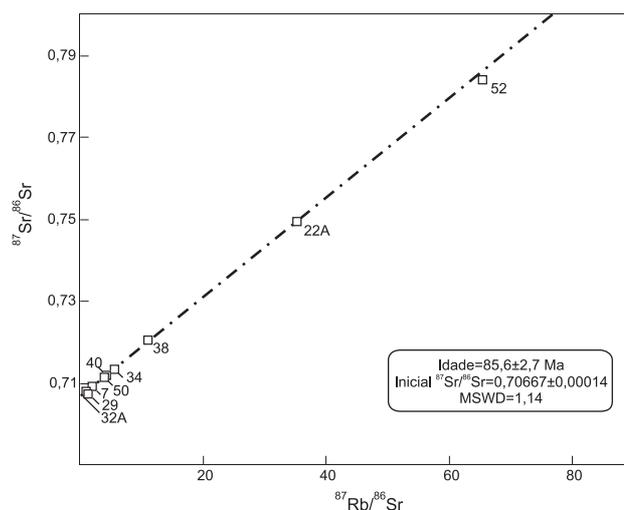


Figura 3. Diagrama isocrônico $^{87}Sr/^{86}Sr$ vs. $^{87}Rb/^{86}Rb$ em rocha total para diferentes litologias do maciço de Cananéia.

Tabela 1. Composições isotópicas e concentrações (em ppm) de Rb e Sr em diferentes amostras de rochas do maciço de Cananéia (**Morro de São João:** álcali feldspato sienitos 7, 29 e 32A, e quartzo-álcali feldspato sienitos 22A, 34 e 38. **Morrete:** quartzo-álcali feldspato sienitos 40, 50 e 52). (*) Dados extraídos de Spinelli (2000).

Amostra	Litologia	Material	Rb	Sr	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	Erro	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Erro
7*	álcali feldspato sienito	rocha total	129,00	178,06	2,097	0,059	0,70936	0,00005
22A	quartzo-álcali feldspato sienito	rocha total	168,29	13,86	35,286	0,998	0,74949	0,00007
29*	álcali feldspato sienito	rocha total	98,52	246,25	1,158	0,033	0,70788	0,00010
32A	álcali feldspato sienito	rocha total	82,25	7,07	1,007	0,028	0,70793	0,00014
34	quartzo-álcali feldspato sienito	rocha total	123,97	63,51	5,653	0,160	0,71352	0,00007
38	quartzo-álcali feldspato sienito	rocha total	138,76	36,08	11,145	0,315	0,72056	0,00007
40*	quartzo-álcali feldspato sienito	rocha total	146,00	95,65	4,420	0,125	0,71195	0,00010
50*	quartzo-álcali feldspato sienito	rocha total	137,31	100,53	3,955	0,112	0,71150	0,00009
52	quartzo-álcali feldspato sienito	rocha total	122,51	5,46	65,428	1,851	0,78408	0,00006

Tabela 2. Dados analíticos de $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ para rochas do maciço de Cananéia (**Morro de São João:** álcali feldspato sienitos 7 e 29, quartzo-álcali feldspato sienitos 9A e 36).

Amostra	Litologia	Mineral	Nº Lab.	Idade platô (Ma)	Idade integrada (Ma)	Ideograma (Ma)
7	álcali feldspato sienito	biotita	1270-01	83,0 ± 0,3	82,7 ± 0,2	
7	álcali feldspato sienito	biotita	1270-02	82,9 ± 0,1	82,7 ± 0,1	82,9 ± 0,2
7	álcali feldspato sienito	biotita	1270-03	82,9 ± 0,2	82,8 ± 0,2	
29	álcali feldspato sienito	biotita	1269-01	83,6 ± 0,5	85,9 ± 0,7	
29	álcali feldspato sienito	biotita	1269-02	83,0 ± 0,2	82,4 ± 0,2	83,2 ± 0,4
29	álcali feldspato sienito	biotita	1269-03	84,9 ± 0,7	85,6 ± 0,4	
36	quartzo-álcali feldspato sienito	biotita	1268-01	85,6 ± 0,4	85,6 ± 0,2	
36	quartzo-álcali feldspato sienito	biotita	1268-02	84,1 ± 0,2	84,1 ± 0,2	84,3 ± 0,5
36	quartzo-álcali feldspato sienito	biotita	1268-03	83,9 ± 0,4	84,8 ± 0,2	
9A	quartzo-álcali feldspato sienito	biotita	1271-01	83,3 ± 0,5	85,5 ± 0,4	83,6 ± 0,9
9A	quartzo-álcali feldspato sienito	biotita	1271-02	83,8 ± 0,7	85,1 ± 0,4	

Os diagramas de extração de argônio de três grãos de biotita da amostra 7 apresentam idades platôs de 83,0 ± 0,3 Ma, 82,9 ± 0,1 Ma e 82,9 ± 0,2 Ma (Figuras 4A a 4C), definidas por cinco a nove etapas de gaseificação da rocha, com mais de 70% do gás liberado. As idades integradas (respectivamente, de 82,7 ± 0,2 Ma, 82,7 ± 0,1 Ma e 82,8 ± 0,2 Ma) são um pouco menores, porém, similares aos valores sugeridos para as idades aparentes.

Três cristais de biotita da amostra 29 exibem idades platôs, definidas por cinco a seis etapas de gaseificação com 80 a 95 % do total de gás liberado, com valores de 83,6 ± 0,5 Ma, 83,0 ± 0,2 Ma e 84,9 ± 0,7 Ma, além de idades integradas, respectivamente, de 85,9 ± 0,7 Ma, 82,4 ± 0,2 Ma e 85,6 ± 0,4 Ma (Figuras 5A a 5C).

Os gráficos para as biotitas da amostra 36 indicam que as idades platôs de 85,6 ± 0,4 Ma, 84,1 ± 0,2 Ma e 83,9 ± 0,4 Ma, definidas pela liberação de 60 a 92 % do total de argônio e quatro a seis etapas de gaseificação, estão muito próximas

às das idades integradas de 85,6 ± 0,2 Ma, 84,1 ± 0,2 Ma e 84,8 ± 0,2 Ma (respectivamente, Figuras 6A a 6C).

A extração de argônio para dois cristais de biotita da amostra 9A apresenta idades platôs de 83,3 ± 0,5 Ma e 83,8 ± 0,7 Ma, obtidas pela liberação de 70 a 82 % de argônio em cinco a sete etapas de gaseificação da rocha, e idades integradas ligeiramente superiores, respectivamente, de 85,5 ± 0,4 Ma e 85,1 ± 0,4 Ma (Figuras 7A e 7B).

A média das idades platôs para as biotitas sugere que o magmatismo dos álcali feldspato sienitos (amostras 7 e 29) e quartzo-álcali feldspato sienitos (amostras 36 e 9A) ocorreu dentro de um curto intervalo de tempo dentro do erro analítico, entre 82,9 - 83,2 Ma e 84,3 - 83,6 Ma (respectivamente, Figuras 4D e 5D e Figuras 6B e 7B). Como sugerido pelos valores uniformes da razão $^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (valores não fornecidos), o material analisado é muito similar para todas as amostras, com os espectros exibindo pequena perturbação e valores indicativos da idade de cristalização dessas rochas.

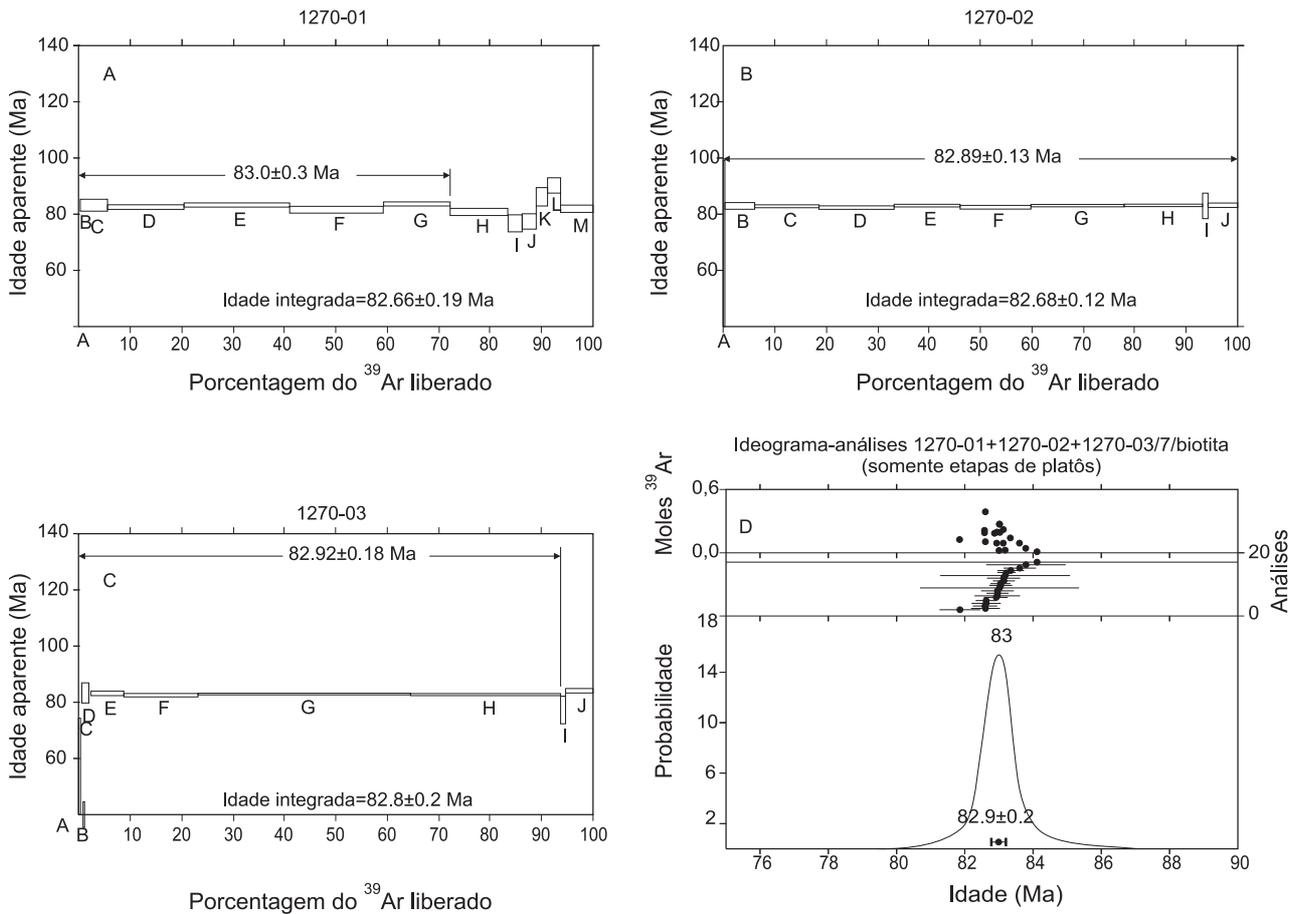


Figura 4. Diagramas de extração de argônio por aquecimento em etapas de biotitas de amostra de álcali feldspato sienito (7) mostrando idades platôs e integradas (A-C). Ideograma de densidade de probabilidade dos resultados dos gráficos anteriores apresentando boa distribuição (D).

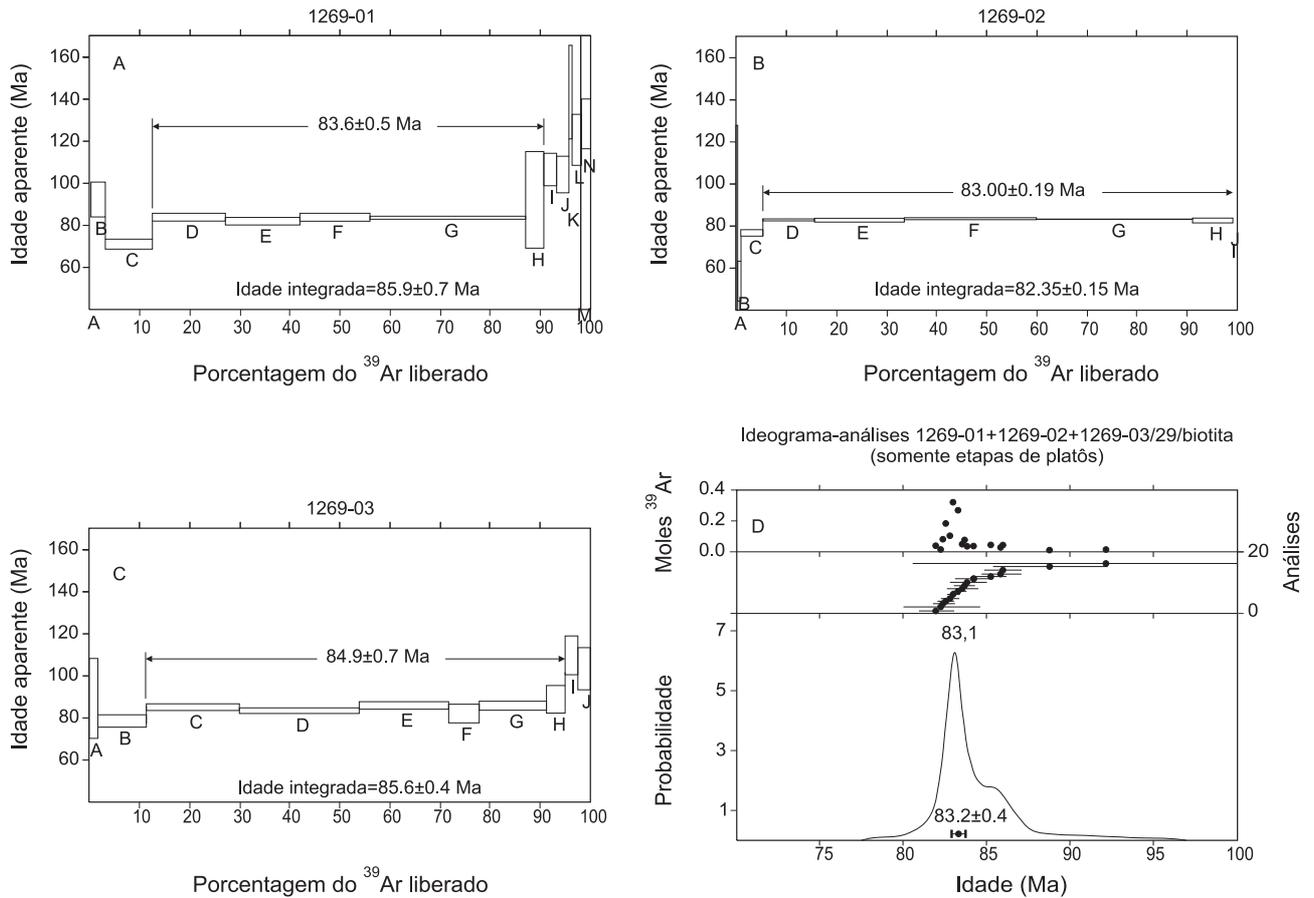


Figura 5. Diagramas de extração de argônio por aquecimento em etapas de biotitas de amostra de álcali feldspato sienito (29) mostrando idades platôs e integradas (A-C). Ideograma de densidade de probabilidade dos resultados dos gráficos anteriores apresentando boa distribuição (D).

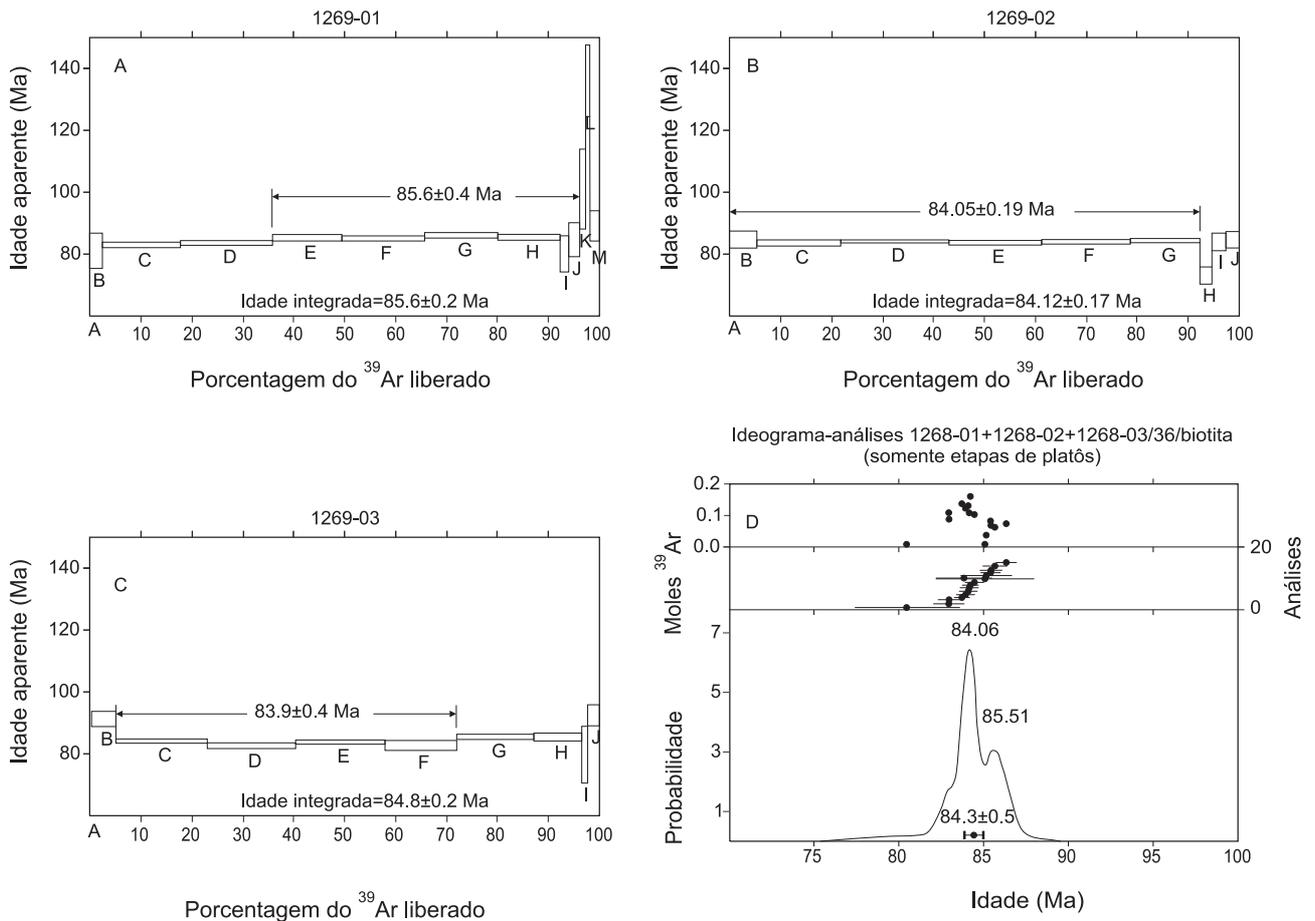


Figura 6. Diagramas de extração de argônio por aquecimento em etapas de biotitas de amostra de quartzo-álcali feldspato sienito (36) mostrando idades platôs e integradas (A-C). Ideograma de densidade de probabilidade dos resultados dos gráficos anteriores apresentando dois picos de distribuição (D).

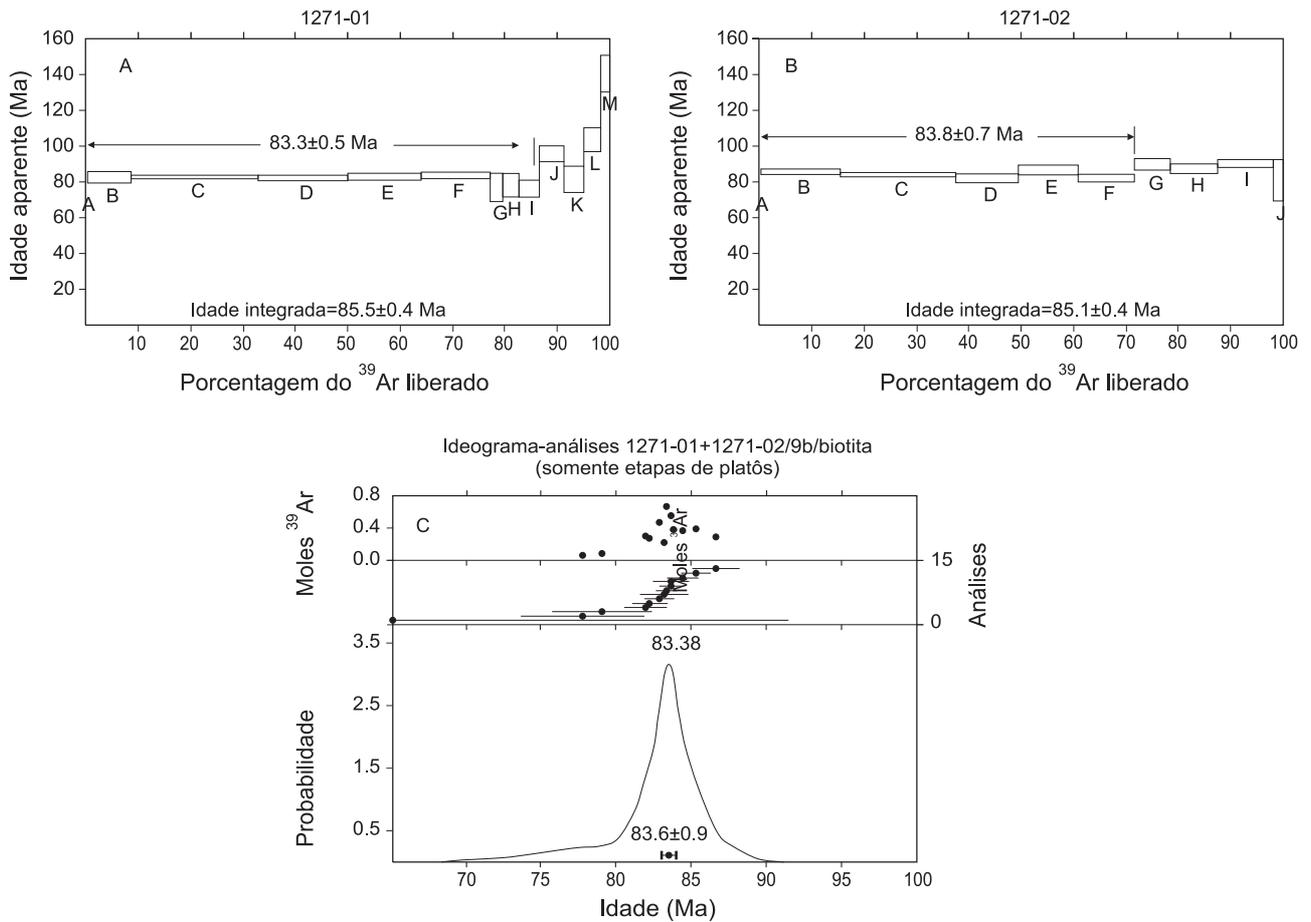


Figura 7. Diagramas de extração de argônio por aquecimento em etapas de biotitas de amostra de quartzo-álcali feldspato sienito (9A) mostrando idades platôs e integradas (A-C). Ideograma de densidade de probabilidade dos resultados dos gráficos anteriores apresentando boa distribuição (D).

CONCLUSÕES

Não obstante as pequenas diferenças encontradas, os dados radiométricos obtidos pelos métodos K-Ar, Rb-Sr e Ar-Ar para as rochas da intrusão principal de Cananéia guardam similaridades e são consistentes com a inclusão desse evento alcalino no Cretáceo Superior. As datações Ar-Ar recentes em concentrados de biotita (Tabela 2) permitem sugerir para amostras das duas litologias mais representativas, os álcali feldspato sienitos e os quartzo-álcali feldspato sienitos, uma idade média de formação de 83,6 Ma (82,9 a 84,3 Ma), valor esse situado dentro do intervalo de variação dado pelos resultados K-Ar (82,7 a 86,6 Ma) e pelo diagrama isocrônico Rb-Sr ($85,6 \pm 2,7$ Ma).

Por outro lado, o valor de 83,6 Ma é comparável ao das idades determinadas para o complexo alcalino de Tunas, também pertencente à Província do Arco de Ponta Grossa (U-Pb, $82,7 \pm 0,7$ Ma e SHRIMP, $84,7 \pm 1,2$ Ma, cf. Siga Jr. et al., 2007), e de alguns maciços do setor norte da Província da Serra do Mar (81,4 Ma, K-Ar, Ilha dos Búzios, cf. Alves, 1996; 80-90 Ma, K-Ar, Ilha de Vitória, cf. Motoki, 1986; 84 Ma, K-Ar, Ilha de São Sebastião, cf. Bellieni et al., 1990; 86,5 Ma, Ar-Ar, Ilha Monte de Trigo, cf. Enrich, 2005).

AGRADECIMENTOS

Estes são devidos à Fapesp (Procs. 01/10714-3 e 07/57461-9, beneficiário C. B. Gomes) pelo apoio financeiro à realização deste trabalho. Os autores agradecem também ao Prof. Márcio Pimentel, da Universidade de Brasília, pela execução das determinações geocronológicas pelo método Rb-Sr e, ainda, ao Prof. Umberto G. Cordani pela revisão do manuscrito e sugestões para o seu aperfeiçoamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M. Condicionamento tectônico do magmatismo alcalino mesozóico do sul do Brasil e do Paraguai. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 43, p. 835-836, 1971.

ALMEIDA, F. F. M. Relações tectônicas das rochas alcalinas mesozóicas da região meridional da plataforma Sul-Americana. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 3, p. 139-158, 1983.

ALMEIDA, F. F. M. Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo pós-paleozóico do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 16, p. 325-349, 1986.

ALMEIDA, T. I. R. Arco de Ponta Grossa: uma resposta para a sua configuração e evolução a partir da interpretação

de dados de sensoriamento remoto. 1982. 143 f. Tese (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

ALVES, F. R. *Contribuição ao conhecimento geológico e petrológico da Ilha de Búzios, SP*. 1996. 274 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

AMARAL, G.; BUSHEE, J.; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K.; REYNOLDS, J. H. Potassium-argon ages of alkaline rocks from southern Brazil. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 31, p. 117-142, 1967.

BELLIENI, G.; MONTES-LAUAR, C. B.; DE MIN, A.; PICCIRILLO, E. M.; CAVAZZINI, G.; MELFI, A. J.; PACCA, I. G. Early and late cretaceous magmatism from São Sebastião Island (SE-Brazil): geochemistry and petrology. *Geochimica Brasiliensis*, v. 4, p. 59-83, 1990.

COMIN-CHIARAMONTI, P.; GOMES, C. B. *Alkaline magmatism in central-eastern Paraguay - relationships with coeval magmatism in Brazil*. São Paulo: Edusp-Fapesp, 1996. 464 p.

COMIN-CHIARAMONTI, P.; GOMES, C. B. *Mesozoic to cenozoic alkaline magmatism in the Brazilian Platform*. São Paulo: Edusp-Fapesp, 2005. 752 p.

DE LA ROCHE, H. C.; LETERRIER, J.; GRANDCLAIRE, P.; MARCHAL, M. A classification of volcanic rocks using R1-R2 diagram and major-element analyses. Its relationships with current nomenclature. *Chemical Geology*, v. 29, p. 183-210, 1980.

ENRICH, G. A. R. *Petrogênese da suíte alcalina da Ilha Monte de Trigo, SP*. 2005. 229 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

FERREIRA, F. J. F. *Alinhamentos estruturais-magnéticos da região centro ocidental da Bacia do Paraná e seu significado tectônico*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1982a. p. 143-166, (Publicação n. 1217).

FERREIRA, F. J. F. *Integração de dados aeromagnéticos e geológicos: configuração e evolução tectônica do arco de Ponta Grossa*. 1982. 170 f. Tese (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982b.

FREITAS, R. O. Eruptivas alcalinas de Cananéia, estado de São Paulo. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP, Geologia*, v. 3, p. 4-35, 1947.

- GERASIMOVSKII, V. I. Geochemistry and mineralogy of nepheline syenite intrusions. *Geochemistry*, v. 5, p. 494-510, 1956.
- HASUI, Y.; DANTAS, A. S. L.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C. A. Embasamento pré-cambriano em São Paulo. In: ALMEIDA, F. M. F.; HASUI, Y.; POÇANO, W. L.; DANTAS, A. S. L.; CARNEIRO, C. D. R.; MELO, M. S.; BISTRICHI, C. A. (Coord.) *Mapa geológico do estado de São Paulo na escala 1:500.000. Nota explicativa*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1981. p. 12-45. (Publicação n. 1184).
- IRVINE, T. N.; BARAGAR, R. A. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Mineralogist*, v. 8, p. 523-548, 1991.
- LE MAITRE, R. W. *A classification of igneous rocks and glossary terms*. Oxford: Blackwell Science Publishers, 1989, 193 p.
- MOTOKI, A. *Geologia e petrologia do maciço alcalino da Ilha de Vitória, SP*. 1986. 245 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.
- RICCOMINI, C. *O rift continental do sudeste do Brasil*. 1989. 256 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- RICCOMINI, C. Padrão de fraturamento do maciço alcalino de Cananéia, estado de São Paulo: relações com a tectônica mesozóico-cenozóica do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 25, p. 79-84, 1995.
- RICCOMINI, C.; VELÁZQUEZ, V. F.; GOMES, C. B. Tectonic controls of the mesozoic and cenozoic alkaline magmatism in central-southeastern Brazilian Platform. In: COMIN-CHIARAMONTI, P.; GOMES, C. B. (Ed.) *Mesozoic to cenozoic alkaline magmatism in the Brazilian Platform*. São Paulo: Edusp-Fapesp, 2005. p. 31-56.
- RUBERTI, E.; GOMES, C. B.; COMIN-CHIARAMONTI, P. The alkaline magmatism from the Ponta Grossa Arch. In: COMIN-CHIARAMONTI, P.; GOMES, C. B. (Ed.) *Mesozoic to cenozoic alkaline magmatism in the Brazilian Platform*. São Paulo: Edusp-Fapesp, 2005. p. 473-522.
- SIGAJR., O.; GOMES, C. B.; SATO, K.; PASSARELLI, C. R. O maciço alcalino de Tunas, PR: novos dados geocronológicos. *Geologia USP: Série Científica*, São Paulo, v. 7, p. 71-80, 2007.
- SONOKI, I. K.; GARDA, G. M. Idades K/Ar de rochas alcalinas do Brasil meridional e Paraguai oriental: compilação e adaptação às novas constantes de decaimento. *Boletim do IG-USP: Série Científica*, São Paulo, v. 19, p. 63-87, 1988.
- SØRENSEN, H. On the agpaite rocks. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 21., 1960, Copenhagen. *Proceedings...* Mexico, 1960. p. 319-327. parte 13.
- SPINELLI, F. P. *A intrusão alcalina de Cananéia, SP: características petrográficas e geoquímicas*. 2000. 37 f. Monografia (Trabalho de Formatura) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- SPINELLI, F. P. *As rochas alcalinas de Cananéia, litoral sul do estado de São Paulo: características petrográficas, mineralógicas e geoquímicas*. 2003. 134 f. Tese (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- SPINELLI, F. P. *As rochas alcalinas de Cananéia, litoral sul do estado de São Paulo: estudos mineralógicos, geoquímicos e isotópicos*. 2007. 139 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- SPINELLI, F. P.; GOMES, C. B.; VELÁZQUEZ, V. F.; RICCOMINI, C.; COMIN-CHIARAMONTI, P. Considerações petrográficas e geoquímicas sobre a intrusão alcalina de Cananéia, litoral sul de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 8.; SIMPÓSIO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DO MERCOSUL, 1., 2001, Curitiba. *Anais...* Curitiba: Sociedade Brasileira de Geoquímica, 2001. (CD-ROM)
- STEIGER, R. H.; JÄGER, E. Subcommission on geochronology: convention on the use of decay constants in geochronology and cosmochronology. *Earth Planetary Science Letters*, v. 26, p. 359-362, 1977.
- SUGUIO, K.; TESSLER, M. G. Depósitos quaternários da planície costeira de Cananéia-Iguape (SP). *Publicação Especial do IO-USP*, São Paulo, v. 9, p. 1-33, 1992.
- SUGUIO, K.; TESSLER, M. G.; FURTADO, V. V.; ESTEVES, C. A.; SOUZA, L. A. P. Perfilagens geofísicas e sedimentação na área submersa entre Cananéia e Barra de Cananéia. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA, 1., 1987, Cananéia. São Paulo: ACIESP, 1987. p. 234-241. v. 2 (Publicação n. 54-II).
- ULBRICH, H. H. G. J.; GOMES, C. B. Alkaline rocks from con-

tinental Brazil. *Earth-Science Reviews*, v. 17, p. 135-154, 1981.

ULBRICH, H. H. G. J.; GARDA, G. M.; ULBRICH, N. M. Avaliação das idades K/Ar dos maciços alcalinos do Brasil sul-oriental e do Paraguai Oriental. *Boletim do IG-USP: Série Especial*, v. 9, p. 87-92, 1991.

VASCONCELOS, P. M.; ONOE, A. T.; KAWASHITA, K.; SOARES, A. J.; TEIXEIRA, W. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology at the Instituto de Geociências, USP: instrumentation, analytical procedures, and calibration. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 74, p. 297-342, 2002.