

GEOCRONOLOGIA DO GRUPO SÃO ROQUE PELO MÉTODO DO POTÁSSIO-ARGÔNIO

YOCITERU HASUI* e MORIO HAMA**

ABSTRACT This paper presents ten new K-Ar analyses of rocks and minerals of the Precambrian basement of the region located to the NW of the city of São Paulo. Together with 21 analyses presented by Cordani and Bittencourt (1967), these data are discussed on basis of more recent geologic knowledge of the area.

The highest values of the K-Ar ages obtained, here supposed minimum ages for rocks or geologic events, can be summarized as follows:

– Post-kinematic granites (Itu type)	560 m.y.
– Late- to post-kinematic granites (Anhangüera and Varejão types)	613 m.y.
– Late-kinematic granites (Pirituba type)	645 m.y.
– Metamorphism of São Roque Group	714 m.y.
– Jundiá Block	1036 m.y.
– Cotia Block	1360 m.y.

The K-Ar ages related to the granitic rocks are consistent with the geologic interpretation.

The São Roque Group had been involved by metamorphic events with 714 m.y. minimum age and this fact indicates that it was affected by the Brazilian Orogenic Cycle on its early phase.

The Jundiá and Cotia Blocks, made up of more deeply metamorphosed rocks, are supposed to be older. Isolated age measurements agree with this hypothesis and suggest that the older basement was remobilized during the Brasiliano Cycle.

INTRODUÇÃO Neste trabalho são apresentados os resultados de dez análises pelo método do potássio-argônio em diferentes rochas do Pré-Cambriano paulista, provenientes da região de São Paulo-Jundiá-Sorocaba. Tais resultados, juntamente com 21 apresentados por Cordani e Bittencourt (1967), são discutidos à luz dos estudos geológicos mais recentes ali realizados.

Agradecemos ao físico Koji Kawashita e aos técnicos Cláudio Comerlatti, Cláudio dos Santos e José Roberto Medeiros, todos do Centro de Pesquisas Geocronológicas da Universidade de São Paulo, pelo auxílio nas análises de potássio e de argônio. Ao doutor Umberto G. Cordani somos gratos pelo estímulo na realização desta pesquisa e orientação a um dos autores (M. H.). Agradecemos ainda ao Conselho Nacional de Pesquisas pela bolsa de aperfeiçoamento com que um dos autores (M. H.) pôde desenvolver os trabalhos analíticos no Centro de Pesquisas Geocronológicas.

MÉTODO Amaral *et al.* (1966) descreveram o método do K-Ar utilizado no C. P. G./USP e discutiram a sua validade e reprodutibilidade. A precisão dos resultados ora apresentados é da ordem de 4%, sendo maior o erro experimental em casos de muito baixo teor de potássio ou elevada porcentagem de Ar^{38} atmosférico. As constantes usadas nos cálculos de idades foram:

$$\lambda_t = 0,530 \cdot 10^{-9} \text{ ano}^{-1}$$

$$\lambda_k = 0,586 \cdot 10^{-10} \text{ ano}^{-1}$$

$$\text{Porcentagem de } \text{K}^{40} \text{ no K total} = 0,0119$$

A interpretação dos resultados K-Ar em metamorfitos e granitos tem sido muito discutida (*v. g.*, Moorbath, 1967). O problema reside na retentividade do argônio pelos mi-

*Departamento de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

**Aluno do 4.º Ano do Curso de Geologia da Universidade de São Paulo e Bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas junto ao Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP.

nerais, o que é função principalmente da estrutura cristalina, da granulação e da variação de temperatura. Quanto à estrutura cristalina, os anfibólios têm maior retentividade que micas e estas, por sua vez, melhor se prestam que os feldspatos potássicos. No tocante à granulação, bons resultados são obtidos com micas de pegmatitos bem como em cristais maiores dos outros minerais utilizados. A influência da temperatura foi detidamente estudada por Hart (1964) e é de se realçar que um mineral, depois de constituído, só passe a reter argônio quando colocado abaixo de determinada temperatura, o que pode ocorrer muito depois da formação (*v. g.*, mediante a ascensão epeirogênica).

A interpretação dos resultados em faixas orogênicas polimetamorfizadas ou remobilizadas, requer sempre o apoio do conhecimento geológico da área, já que os números se relacionam ao último evento significativo.

RESULTADOS Os resultados obtidos estão relacionados na Tab. 1. Na Fig. 1 mostra-se a localização dos pontos de amostragem, com as idades das amostras, bem como um esquema da geologia da área segundo os dados de Hasui *et al.* (1969), Penalva e Hasui (1969), Hasui (1963) e Cordani *et al.* (1963). Uma descrição petrográfica sucinta das amostras analisadas é apresentada no Ap. 1.

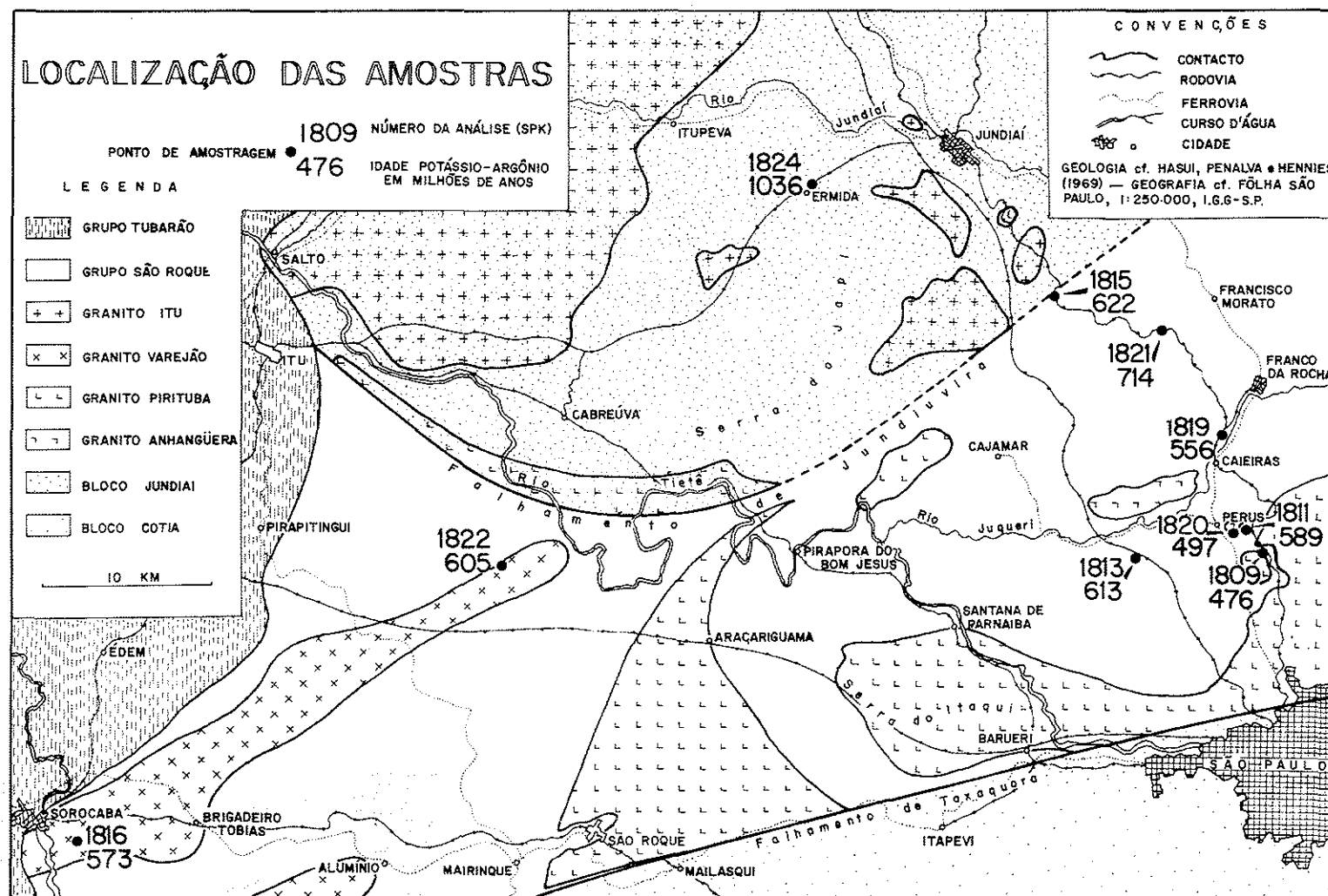
Tabela 1

SPK	Nº. de campo	Rocha	Material analisado	%K	Ar ⁴⁰ rad. 10 ⁻⁶ ccSTP/g	Ar ⁴⁰ atm.	IDADE K-Ar
1809	UC-PE/D	Granito	Biotita	7,75	167,4	0,8	476 ± 20
1811	UC-PE	Anfibolito	Anfibólio	0,347	9,576	7,4	589 ± 25
1813	J-46	Anfibolito	Anfibólio	0,250	7,228	26,7	613 ± 25
1815	J-106	Filito	Rocha total	3,62	106,5	3,8	622 ± 25
1816	SR-119	Granito	Biotita	7,46	199,2	2,8	573 ± 25
1819	J-84	Filito	Rocha total	2,78	71,76	4,2	556 ± 25
1820	UC-PE/HF	Hornfels	Rocha total	3,06	69,50	2,9	497 ± 20
1821	J-85	Metabasito	Rocha total	0,256	8,850	18,2	714 ± 30
1822	SR-95	Anfibolito	Rocha total	0,923	2,264	64,0	605 ± 40
1824	J-60	Anfibolito	Anfibólio	0,139	76,29	25,2	1.036 ± 45

Geologia regional Hennies *et al.* (1967) e Hasui *et al.* (1969) descreveram e mapearam duas grandes zonas de falhamento transcorrente, que constituem contatos tectônicos de três blocos crustais diferentes na litologia e na estrutura. Através do falhamento de Taxaquara confrontam-se os blocos Cotia (com gnaisses migmatíticos, algum xisto e corpos graníticos mal individualizados) e São Roque, enquanto o falhamento de Jundiuvira separa o Bloco São Roque do de Jundiáí.

No Bloco São Roque aparecem metamorfitos (fácies xisto verde) do Grupo São Roque, bem como as rochas transformadas nas proximidades de corpos graníticos (auréolas de metamorfismo de contato). As rochas graníticas foram grupadas em três tipos petrográficos mais importantes:

a) o Granito Pirituba, que constitui o batólito das serras da Cantareira e do Itaqui e o batólito de São Roque, bem como o *stock* de Ponunduva. Os corpos têm caráter tardi-tectônico. A rocha exhibe cor cinza-escuro e caracteriza-se pela presença de cristais bem desenvolvidos de microclínio imersos em matriz granodiorítica, onde a biotita se apresenta conspicuamente orientada.



b) o Granito Varejão, que constitui os *stocks* de Sorocaba e da Serra de São Francisco. Os corpos mostram caráter tardi- a pós-tectônico. A rocha é rósea e exhibe aspecto porfirítico, mas a matriz é granítica e a biotita não tem orientação.

c) o Granito Anhangüera, que constitui o *stock* do Morro do Tico-Tico e o da região de Perus, de caráter tardi- a pós-tectônicos. A rocha é leucocrática, com acessórios de origem pneumatolítica (turmalina e apatita) e com pegmatitos abundantes associados.

No Bloco Jundiá aparecem xistos e gnaisses, da fácies anfibolito, injetados por corpos graníticos. Os granitos, com exceção dos *stocks* de Guapeva e Guaxatuba, são de mesmo tipo (tipo Itu). Embora de modo restrito e menos evidente, os metamorfitos regionais também sofreram efeitos de contato.

A relação entre os três blocos não foi ainda elucidada no campo. Tem-se considerado os blocos Cotia e Jundiá como "complexo migmatítico indiferenciado" ou outras expressões similares, com uma conotação de maior antiguidade em relação ao Grupo São Roque. Hasui *et al.* (1969) admitem essa maior antiguidade, mas não esclarecem se as duas unidades fazem parte da mesma seqüência geossinclinal, apenas diferindo quanto ao metamorfismo ou se fazem parte de embasamento remobilizado no ciclo orogênico que afetou o Grupo São Roque.

DISCUSSÃO GRUPO SÃO ROQUE Dois filitos mostraram idades de 622 e 556 m. a. e um metabasito (rocha básica de fase precoce da evolução geossinclinal e incipientemente recristalizada pelo metamorfismo regional na fácies xisto verde) apresentou idade K-Ar de 714 m.a.

Esta última é a maior cifra até agora obtida para um metamorfito seguramente pertencente ao Grupo São Roque. É ela consistente com as demais análises discutidas a seguir bem como com os conhecimentos geológicos atuais sobre esse grupo.

GRANITO PIRITUBA Uma análise (SPK-1809) interessou ao batólito Cantareira-Itaqui. O resultado de 476 m. a. concorda, dentro da precisão analítica, com os obtidos por Cordani e Bittencourt (1967) tanto para esse batólito como para o de São Roque.

Apesar da concordância das idades K-Ar, elas são bastante inferiores às obtidas em metamorfitos de contato. Aqueles autores apresentam idades dos anfibolitos da região de Jaraguá: 540 m. a. em três amostras e 645 m. a. em outra. Tais amostras provêm das imediações do contato com o granito da Serra da Cantareira.

Assim, os resultados obtidos no granito correspondem a idades mínimas, mesmo porque foram analisadas biotitas finas incipientemente cloritizadas ou feldspatos. Os metamorfitos de contato parecem refletir melhor a idade da intrusão granítica.

REGIÃO DE PERUS Da região de Perus foram analisados um *hornfels* cálcio-silicatado (SPK-1820) e um anfibolito (SPK-1811). O primeiro está em contato com o granito turmalinífero de Perus (tipo Anhangüera), que se presume seja um diferenciado rico em voláteis, geneticamente relacionado ao granito da Serra da Cantareira (Penalva e Hasui, 1969). Sua idade K-Ar é de 497 m. a., em rocha total.

O anfibolito é cortado por pegmatito, relacionado com o mesmo magmatismo citado. O resultado da análise é de 589 m. a.

As duas amostras provêm de zonas afetadas pelas intrusões de granito e de pegmatitos. As idades K-Ar de metamorfitos de contato tendem a refletir a das intrusões e, assim, às magmáticas de Perus pode-se associar a idade de 589 m. a. dada pelo anfibolito.

Cordani e Bittencourt (1967) apresentaram duas idades concordantes de 650 m. a. para lepidolitas de pegmatitos da região, mas esses resultados podem estar afetados de erro na análise de potássio, que é feita em fotômetro de chama com padrão interno de lítio.

REGIÃO DO MORRO DO TICO-TICO Um anfibolito completamente recristalizado dentro da área influenciada térmica e pneumatoliticamente pelo granito Anhangüera do Morro do Tico-Tico foi analisado (SPK-1813) com resultado de 613 m. a. Cordani e Bittencourt (1967) noticiaram resultados obtidos em micas de pegmatitos encaixados no granito, de 580 a 590 m. a. Em face da precisão das análises, podemos considerar esses resultados como concordantes.

O Granito do Tico-Tico foi considerado por Penalva e Hasui (1969) como contemporâneo ao fim da orogênese que afetou o Grupo São Roque, reunindo ele características de corpo tardi- e pós-cinemático. Se assim é, a idade do granito corresponde aproximadamente à do fim da orogênese.

Note-se que as idades obtidas para a região do Morro do Tico-Tico concordam, dentro dos limites da precisão, com aquela que apontamos para as intrusões de Perus.

GRANITO VAREJÃO O Granito Varejão de Sorocaba foi objeto de uma análise em biotita (SPK-1816), obtendo-se 573 m. a. Um anfibolito nele embutido (*roof-pendant*) deu idade de 605 m. a. (SPK-1822). Esse anfibolito foi completamente recristalizado, de sorte que sua idade K-Ar tende a refletir a do granito.

Uma análise de biotita efetuada por Cordani e Bittencourt (1967) no Granito Varejão da Serra de São Francisco apresentou resultado concordante com o da análise SPK-1816. Essa idade, todavia, deve ser mínima, como se pode inferir do resultado fornecido pelo anfibolito.

É interessante notar que a idade K-Ar da biotita do Granito Varejão é maior que aquela dada por biotitas do Granito Pirituba. Salienta-se que a granulação da biotita do Granito Varejão é bem maior e, além disso, a biotita do Granito Pirituba mostra sempre uma ligeira cloritização.

BLOCO JUNDIAÍ O anfibolito de Ermida (J-60) forneceu idade de 1036 m. a. Essa idade relativamente elevada e solitária requer confirmação, mas é coerente com a idéia de que o Bloco Jundiaí seria mais antigo. Se realmente se trata de embasamento antigo, ele foi remobilizado no ciclo que afetou o Grupo São Roque e ao qual se relacionariam as intrusões de granito tipo Itu. Para essas intrusões, Cordani e Bittencourt (1967) obtiveram até 560 m. a., parecendo vincular-se ao Ciclo Brasileiro.

Em conexão, cumpre lembrar um resultado obtido por aqueles autores no anfibolito do Jacaré, de 670 m. a. Esse anfibolito situa-se junto ao *stock* Cachoeira, constituído por granito de tipo Itu. Aparentemente, o anfibolito sofreu influência térmica de contato.

BLOCO COTIA Nenhuma análise foi feita, nesta oportunidade, para o Bloco Cotia. Todavia, para completar o quadro, podemos lembrar a idade do epidiorito de Penhinha, obtida por Cordani e Bittencourt (1967), de 1 360 m. a. em plagioclásio. Esse resultado é solitário, mas vem de encontro à idéia de que esse bloco também seria mais antigo que o Grupo São Roque, como presumem Hasui *et al.* (1969).

CONCLUSÕES 1) No Grupo São Roque, o metamorfismo do metabasito já se processava há 714 m. a.

2) Os granitos tardi-tectônicos, de tipo Pirituba, e intrusivos no Grupo São Roque, fornecem idades em torno de 500 m. a. Tendo em vista que as encaixantes termo-metamorfizadas no contato fornecem idades maiores, os resultados apontados para esses corpos graníticos devem ser considerados como mínimos.

3) Os granitos tardi- a pós-tectônicos, de tipo Anhangüera, também intrusivos no Grupo São Roque, teriam idades K-Ar da ordem de 620 m.a. Essa idade corresponderia aproximadamente ao fim da orogênese que afetou o Grupo São Roque. Assim sendo, o

Grupo São Roque teria sido atingido pela fase precoce do Ciclo Brasileiro, definida por Almeida (1969). Só as manifestações pós-tectônicas teriam se estendido pelo Eocambriano.

4) Aos granitos tardi- a pós-tectônicos de tipo Varejão pode-se atribuir idade potássio-argônio da ordem de 600 m. a. As idades em minerais do granito, tal como no Pirituba, soem ser inferiores às obtidas nas encaixantes termo-metamorfizadas. Entre os dois tipos de granitos, o do Varejão fornece cifras superiores às do Pirituba, pelo menos em biotitas; parece que essa discrepância pode ser explicada pela granulação e cloritização do mineral.

5) As idades de 1036 e 1360 m. a. obtidas nos blocos Jundiá e Cotia, respectivamente, vêm de encontro à idéia de que eles são mais antigos e teriam sido remobilizados no Ciclo Brasileiro.

6) Os resultados disponíveis podem ser resumidos no seguinte quadro de maiores idades K-Ar:

Granitos pós-tectônicos (tipo Itu)	560 m. a.
Granitos tardi- a pós-tectônicos (tipos Varejão e Anhangüera)	613 m. a.
Granitos tardi-tectônicos (tipo Pirituba)	645 m. a.
Epimetamorfitos do Grupo São Roque (metamorfismo)	714 m. a.
Metamorfitos do Bloco Jundiá	1036 m. a.
Metamorfitos do Bloco Cotia	1360 m. a.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F. F. M. de — 1969 — Divisão estratigráfica do Pré-Cambriano da Plataforma Brasileira. Anais do XXIII Congr. Bras. Geol., Salvador. No prelo.
- AMARAL, G.; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K. e REYNOLDS, J. H. — 1966 — Potassium-argon dates of basaltic rocks from Southern Brazil. *Geoch. et Cosm. Acta*, **30**: 159-189.
- CORDANI, U. G. e BITTENCOURT, I. — 1967 — Determinações de idades potássio-argônio em rochas do Grupo Açungui. Anais do XXI Congr. Bras. Geol., Curitiba, 218-233.
- CORDANI, U. G.; GOMES, C. de B. e GIRARDI, V. A. V. — 1963 — Rochas cálcio-silicatadas da região de Perus. Anais Acad. Bras. Ciênc., **35** (3): 361-372.
- HART, S. R. — 1964 — The petrology and isotopic mineral age relations of a contact zone in the Front Range, Colorado. *J. Geophys. Res.* **72**: 493-525.
- HASUI, Y. — 1963 — Sobre os granitos turmalíniferos de Perus, São Paulo, SP — Bol. Soc. Bras. Geol., **13** (1 e 2): 87-108.
- HASUI, Y.; PENALVA, F. e HENNIES, W. T. — 1969 — O Grupo São Roque. Anais XXIII Congr. Bras. Geol., Salvador. No prelo.
- HENNIES, W. T.; HASUI, Y. e PENALVA, F. — 1967 — O falhamento transcorrente de Taxaquara. Anais XXI Congr. Bras. Geol., Curitiba, 159-168.
- MOORBATH, S. — 1967 — Recent advances in the application and interpretation of radiometric age data. *Earth Sci. Rev.*, **3**: 111-133.
- PENALVA, F. e HASUI, Y. — 1969 — A intrusão granítica dos morros Grande e do Tico-Tico, Município de Caieiras, SP — Anais Acad. Bras. Ciênc. No prelo.

Apêndice 1

SPK-1809 — UC-PE/D — Granito cinzento de tipo Pirituba. Tem aspecto porfirítico, com cristais bem desenvolvidos de microclínio com até 2 cm, distribuídos sem orientação em matriz de granulação milimétrica. A matriz é de natureza granodiorítica e compõe-se de plagioclásio, microclínio, quartzo, biotita, clorita e apatita. A biotita apresenta-se orientada subparalelamente e parcialmente cloritizada.

Procedência: Pedreira Panorama, estrada São Paulo-Jundiá, próximo a Perus.

Situação geológica: do batólito granítico Cantareira-Itaqui.

Coletor: Umberto G. Cordani.

SPK-1811 — UC-PE — Anfibolito de granulação milimétrica, com textura nematoblástica mais ou

- menos definida, constituído de anfibólio, plagioclásio e, acessoriamente, de biotita, turmalina, mineral opaco e apatita.
Procedência: Pedreira Peccicacco, Perus.
Situação geológica: corpo de anfibolito cortado por dique de pegmatito.
Coletor: Umberto G. Cordani.
- SPK-1813 — J-46 — Anfibolito de textura nematoblástica e granulação milimétrica, constituído de anfibólio e plagioclásio. Magnetita, apatita e quartzo são acessórios.
Procedência: Morro do Polvilho, junto à via Anhangüera.
Situação geológica: na auréola de contato do Granito do Tico-Tico.
Coletores: Y. Hasui e Wildor T. Hennies.
- SPK-1815 — J-106 — Filito cinzento, constituído de sericita e quartzo. Mineral opaco e turmalina estão presentes em baixa porcentagem. A sericita desenvolve acentuada xistosidade.
Procedência: 12 km de Jundiá para Franco da Rocha, no flanco norte da Serra dos Cristais.
Situação geológica: do Grupo São Roque.
Coletores: Y. Hasui e Wildor T. Hennies.
- SPK-1816 — SR-119 — Granito rosado, porfírico, com fenocristais de feldspatos (plagioclásio principalmente) de até 15 mm, em matriz hipidomórfica granular constituída de feldspato potássico, plagioclásio e quartzo. Biotita, moscovita, fluorita, sericita, apatita, epidoto, pirita e zircão são acessórios, com predomínio do primeiro.
Procedência: Pedreira Sorocaba.
Situação geológica: do *stock* de Sorocaba. Granito Varejão.
Coletor: Faustino Penalva.
- SPK-1819 — J-84 — Filito cinzento, constituído de quartzo e sericita, aparecendo algum mineral opaco e turmalina. A sericita desenvolve acentuada xistosidade.
Procedência: 2 km de Caieiras para Franco da Rocha.
Situação geológica: do Grupo São Roque.
Coletores: Y. Hasui e Wildor T. Hennies.
- SPK-1820 — UC-PE/HF — *Hornfels* cálcio-silicatado bandado, com leitos alternados cinza e cinza-esverdeados, de granulação submilimétrica e textura granoblástica. Tremolita ou piroxênio predominam nas bandas alternadas. Diopsídio, microclíneo, flogopita e plagioclásio são os demais componentes. São os acessórios principais: quartzo, titanita, dravita, apatita, magnetita e granada.
Procedência: Pedreira Peccicacco, Perus.
Situação geológica: rocha de contato com o granito turmalínífero de Perus.
Coletor: Umberto G. Cordani.
- SPK-1821 — J-85 — Metabasito de cor verde-pardo e granulação submilimétrica. Plagioclásio, clinopiroxênio, magnetita, apatita, anfibólio e epidoto são os principais componentes. Clorita, titanita, serpentina, olivina e quartzo são os menos abundantes. Plagioclásio e piroxênio configuram ainda textura subóptica reliquiar. O plagioclásio apresenta-se parcialmente saussuritizado e o anfibólio (tremolita-actinolita) apresenta-se em acículas dispostas ao acaso ou em tufo fibro-radiados.
Procedência: 10 km de Caieiras para Franco da Rocha.
Situação geológica: do Grupo São Roque.
Coletores: Y. Hasui e W. T. Hennies.
- SPK-1822 — SR-95 — Anfibolito com textura nematoblástica e de granulação milimétrica, constituído de anfibólio, plagioclásio, mineral opaco e alguma apatita.
Procedência: 8,5 km a SW de Cabreúva.
Situação geológica: *roof-pendant* no Granito Varejão de Sorocaba.
Coletor: Faustino Penalva.
- SPK-1824 — J-60 — Anfibolito com textura glomeroporfiroblástica. Manchas oclares de quartzo-feldspato de até 2 cm de alongamento aparecem em matriz de granulação milimétrica de anfibólio, plagioclásio, com alguma granada, piroxênio, mineral opaco, apatita e titanita.
Procedência: Ermida, na estrada Jundiá-Itu.
Situação geológica: do Bloco Jundiá.
Coletores: Y. Hasui e Wildor T. Hennies.