

ESTUDOS RADIOGEOLÓGICOS PRELIMINARES DO COMPLEXO GRANITÓIDE SÃO ROQUE, SP

Elisabete Maria Pascholati¹

Kenkichi Fujimori ²

Enio Bueno Pereira³

palavras-chave: granitóide, São Roque, radiogeologia

RESUMO

Foram determinadas as concentrações de K, U e Th em 26 amostras do Complexo Granitóide São Roque, SP. Os valores médios foram 4,1 %, 5,6 ppm e 12,8 ppm, respectivamente. A produção de calor radiogênico calculada foi de $2,7 \mu\text{Wm}^{-3}$. Os gradientes das concentrações de K, U e Th indicados pela análise de superfícies de tendência indicam alguma associação, ou com processos de resfriamento ou com sistemas de falhas delimitando o corpo. As concentrações observadas para K e U apresentaram-se normais para corpos granitóides (3,7 % e 4,8 ppm, respectivamente), enquanto o Th revelou-se bem menor que a média (21,0 ppm) para este tipo de rocha. Não foram observadas concentrações anômalas destes elementos, associadas, eventualmente, a mineralizações.

ABSTRACT

U, Th and K concentrations were determined for 26 samples of the São Roque granitic intrusion. Average values were, respectively, 5.6 ppm, 12.8 ppm and 4.1 %. The calculated radiogenic heat production was $2.7 \mu\text{Wm}^{-3}$. The gradients of the concentration of U, Th and K indicated by the trend surface analysis suggest some association either with the cooling processes or with the fault systems which are limiting the body. The observed concentrations of K and U were normal for granites (3.7 % and 4.8 ppm, respectively); however Th is lower than the normal average (21.0 ppm). Anomalous concentration of these elements, locally associated with mineralizations were not observed.

¹ Prof^a do Departamento de Metalogênese e Geoquímica do Instituto de Geociências da UNICAMP.

² † In Memoriam. Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo.

³ Instituto de Pesquisas Espaciais - CNPq

INTRODUÇÃO

As rochas graníticas situam-se entre as mais ricas em elementos radioativos, principalmente Urânio, Tório e Potássio. O enriquecimento desses elementos em granitos está intimamente associado à evolução da crosta e seu estudo pode fornecer importante contribuição à gênese de complexos graníticos.

A concentração relativamente elevada de elementos radioativos nessas rochas, permite o emprego de técnicas de geofísica nuclear, principalmente levantamentos radiométricos de superfície e aéreo, com objetivo de prospecção e mapeamento.

O estudo aqui apresentado faz parte de um programa maior, cujo objetivo é a análise radiométrica de vários corpos graníticos do Estado de São Paulo; da primeira etapa, fazem parte a Suíte Intrusiva de Itu e o Complexo Granítico São Roque, pois devido às topografias acidentada e plana, respectivamente, estes servirão como corpos graníticos padrão para futuras pesquisas radiométricas. Dados referentes à Suíte Intrusiva de Itu podem ser encontrados em Pascholati (1990), Ferreira (1991) e Pascholati e Ferreira (1992). Neste trabalho são apresentados os dados referentes ao Complexo Granitóide São Roque, no qual se efetuou amostragem das rochas e levantamento parcial da radiação; com os resultados analíticos, realizou-se uma análise de tendência da distribuição dos elementos radioativos, dado este fundamental para futuras pesquisas geofísicas.

GEOLOGIA

As rochas graníticas e granitóides constituem as rochas predominantes do Pré-cambriano do Estado de São Paulo. O corpo aqui apresentado, o Complexo Granitóide São Roque, foi objeto de estudos de Coutinho (1953), Hasui e outros (1969), Hasui e outros (1978), Wernick (1979), Wernick e Penalva (1978), Almeida e outros (1981) e, recentemente, Artur e outros (1992), Andrade e outros (1992) e Andrade (1993).

Apresentando uma forma aproximadamente triangular, o Complexo-Granitóide São Roque tem como rochas encaixantes a leste, norte, oeste e sudoeste, os metapelitos

do Grupo São Roque, e a sudeste, os gnaisses, migmatitos e granitóides do Complexo Embu. Seus limites a oeste, sul e leste, são constituídos por zonas de cisalhamento associadas às Falhas de Mairinque, Pirapora-Taxaquara e Araçariguama, respectivamente (Fig.1). Deve-se salientar a presença da lente metassedimentar Monjolinho, constituída por rochas cálcio-silicáticas.

Andrade (1993) identificou 10 variedades faciológicas no Complexo Granitóide São Roque, numa seqüência de rochas de composição diorítica monzogranítica (Fig.2a), agrupadas, de acordo com as características petrográficas e as relações de contato, em quatro conjuntos litológicos principais, referentes a diferentes estágios evolutivos do complexo, num mapeamento em escala 1:50.000. O mesmo autor classifica as rochas como cálcio-alcalinas, com base em dados geoquímicos e de composição modal, resultado este amparado pelos resultados preliminares obtidos pela tipologia de zircão (Wernick e Galembeck, 1987).

Dados geocronológicos dos granitóides do Grupo São Roque indicam isócronas Rb/Sr de 640 m.a. para a fase sintectônica principal da Orogênese Brasileira (Wernick e outros, 1976); Vieira e Tassinari (1988) obtiveram uma idade de 612 ± 85 m.a.. Estas idades são compatíveis com a obtida através do método K/Ar para a fase orogenética principal por Cordani e Bittencourt (1967), 650-600 m.a. (os granitos variaram de 650 a 495 m.a.), e com a obtida para os maciços graníticos por Hasui e Hama (1972), 560-645 m.a. Pelo método U/Pb em zircões, Tassinari e outros (1988) obtiveram idades de 669 ± 8 m.a.

AMOSTRAGEM

Foram coletadas 33 amostras superficiais, com cerca de um kg cada, em afloramentos rochosos distribuídos pelos aproximadamente 190 km² de área do corpo (Fig.2b).

Foram efetuados levantamentos radiométricos de superfície, num total de 12 pontos de medida, sendo que 7 às margens da rodovia Raposo Tavares, 4 às margens da rodovia Mal.Castelo Branco e um fora do traçado das rodovias.

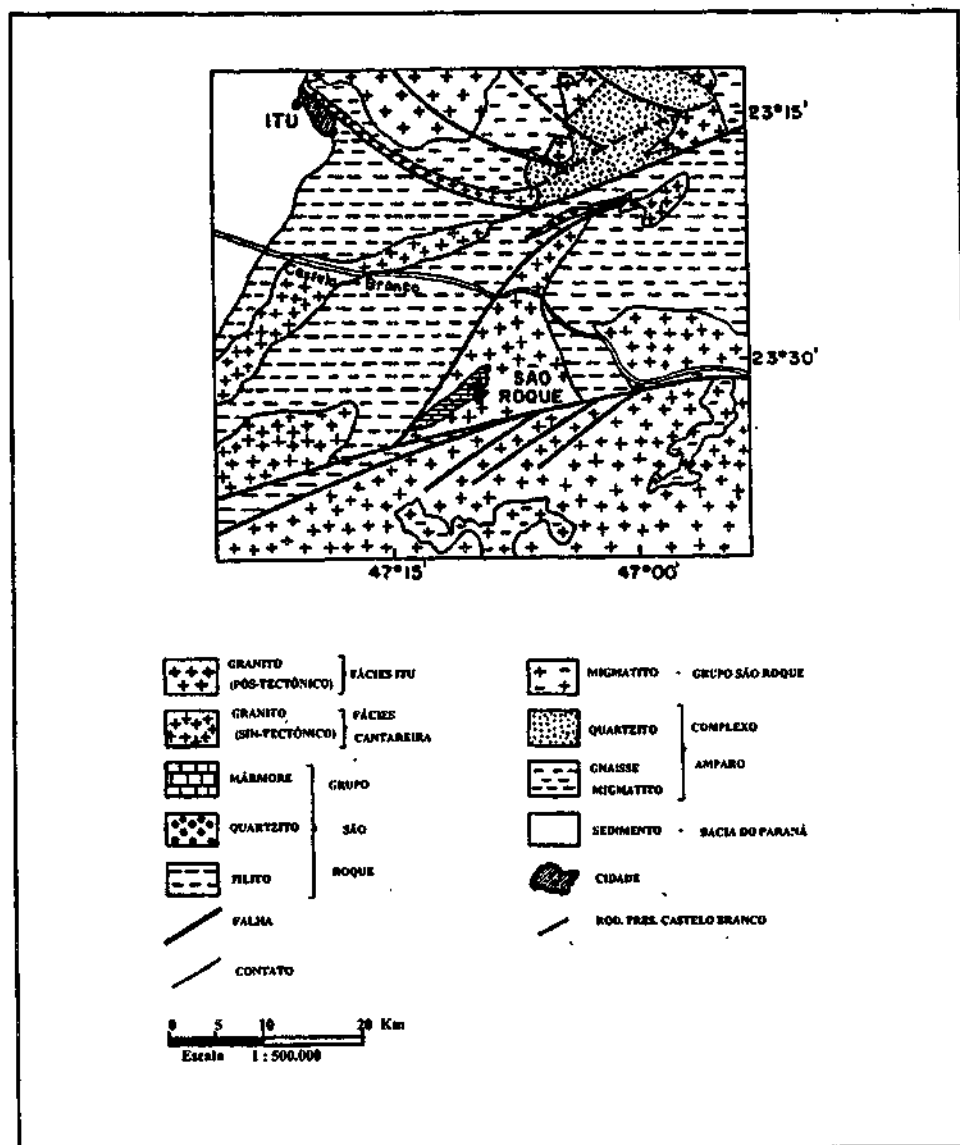


Figura 1 - Mapa geológico da região do Complexo Granitóide São Roque, segundo Bistrichi & outros (1981).

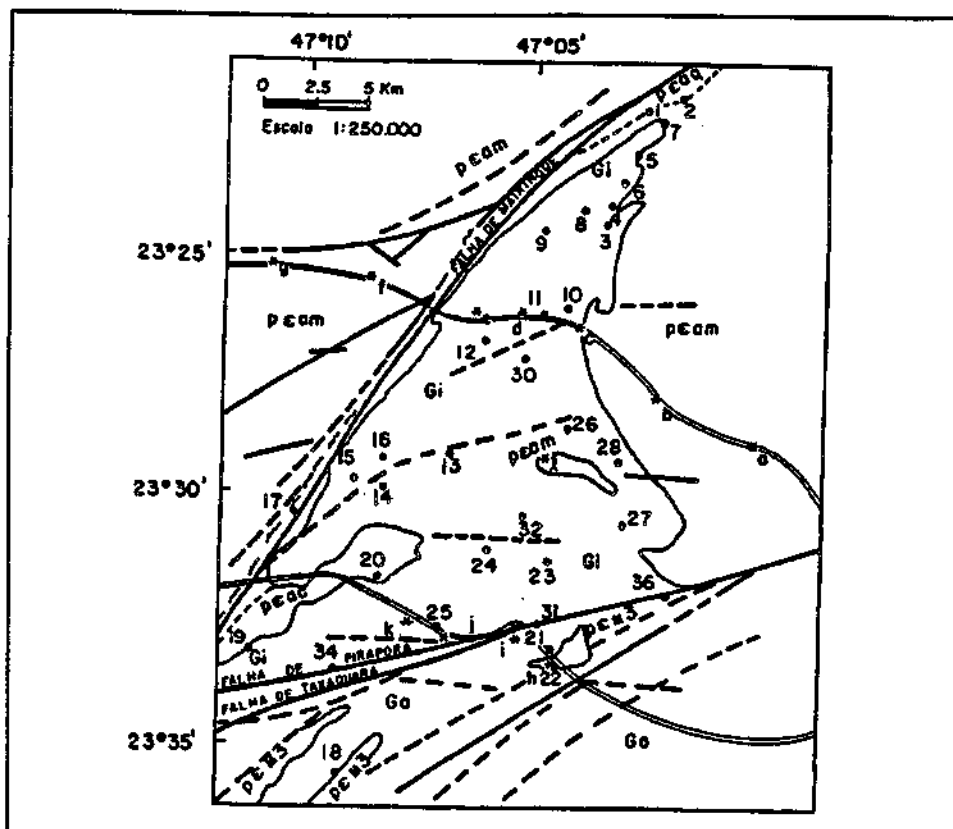


Figura 2b - Mapa de localização das amostras (.) e das medidas cintilométricas (*). Gi: granitos e granodioritos; Ga: granitos metassomáticos ou anatóticos; peam: rochas sedimentares clásticas ou metamorfasadas; peaq: quartzitos e epiquartzitos; pem: migmatitos heterogêneos; peac: mármores calcíticos e dolomíticos. Outros símbolos, de acordo com Algarbe & outros (1974).

MÉTODOS DE ANÁLISE

As amostras coletadas foram moídas e acondicionadas em caixas plásticas redondas, totalmente lacradas para evitar a perda do gás Radônio. A geometria dos invólucros foi mantida para evitar correções posteriores de altura e diâmetro. As alíquotas de cada amostra variaram de 150 a 200 g.

O material foi analisado por espectrometria de raios gama, utilizando-se um multicanal Norland de 1024 canais e um detector de NaI(Tl) de 5 x 5". As radiações

externas foram eliminadas com auxílio de blindagem de ferro e mercúrio, projetada e construída no IAG/USP.

Os fotopicos utilizados foram 1,46 Mev para o Potássio, 1,76 Mev para o Urânio (pico do 212 Bi) e 2,6 Mev para o Tório (pico do 208 Tl); o tempo de contagem foi fixado em 20.000 segundos. Para calibração do espectrômetro utilizaram-se padrões secundários analisados pelo U.S.G.S.. A Tabela 1 apresenta os dados para o K, eU e eTh, Th/U e produção de calor radiogênico, respectivamente, onde os asteriscos indicam amostras não pertencentes ao corpo granítico ou que apresentavam alteração visível. Na determinação dos teores de Urânio, considerou-se que a série radioativa desse elemento estava em equilíbrio.

A figura 3 apresenta os histogramas para os três radioelementos estudados, juntamente com as médias e desvios-padrão. A normalidade das distribuições foi testada através de vários métodos, ou seja, chi-quadrado, segundo Davis (1973) e Spiegel (1985), com 1 e 3 graus de liberdade, respectivamente, Kolmogorov-Smirnov (Siegel 1975) e Lilliefors (1967); o nível de significância considerado foi de 5 % (Tabela 2).

Para conhecer melhor a distribuição desses elementos no Complexo Granítico, efetuou-se uma análise de tendência para três graus de liberdade (Davis 1973). As figuras 4a e 4b, 5a e 5b, 6a e 6b, 7a e 7b, 8a e 8b apresentam os resultados das superfícies e resíduos para K, eU, eTh, Th/U e calor radiogênico, respectivamente; para a razão Th/U foi utilizada distribuição logarítmica. Os mapas de resíduo de 1º grau são apresentados para realçar as variações dentro do corpo.

No levantamento radiométrico de superfície, utilizou-se um espectrômetro portátil Scintrex de 4 canais, com detector de NaI(Tl) de 2,5 x 2,5 ". As medidas foram efetuadas em pontos afastados da rodovia a fim de minimizar a interferência do material da pavimentação; o tempo de integração foi de 1.000 segundos e a geometria de aproximadamente 2 π . Os resultados em teores equivalentes foram obtidos após intercalibração com o espectrômetro de laboratório nas mesmas energias. Os resultados obtidos e a descrição sumária da composição da superfície média encontram-se na Tabela 3, onde os valores em *itálico* correspondem aos pontos medidos sobre o corpo granítico, mas não necessariamente sobre um afloramento.

Calculou-se a produção de calor radiogênico do corpo granítico a partir da equação

$$A = \{ 3,35 \cdot K(\%) + 9,79 \cdot U(\text{ppm}) + 2,64 \cdot Th(\text{ppm}) \} \cdot 10^{-5} \mu\text{Wm}^{-3}$$

proposta por Schmucker (1969); adotou-se uma densidade média de 2650 Kg/m³ para os granitos.

Tabela 1 - Teores de K, eU e eTh e respectivos erros obtidos em laboratório, para o Complexo Granítico de São Roque.

Amostras	K(%)	eU (ppm)	eTh(ppm)	Th/U	A(μWm ⁻³)
01*	0,3±0,2	1,0±1,1	4,2±2,8	4,1	0,6
02*	0,0±0,2	0,3±1,0	1,5±2,6	4,4	0,2
03	3,1±0,3	6,3±1,6	11,4±3,2	1,8	2,7
04	4,0±0,3	4,5±1,6	12,4±3,4	2,8	2,4
05	5,0±0,4	6,9±1,8	11,1±3,6	1,6	3,0
06	4,2±0,3	5,1±1,6	11,7±3,5	2,3	2,5
07	3,1±0,4	7,7±1,9	16,0±3,7	2,1	3,4
08	5,2±0,5	11,8±2,3	20,6±4,3	1,7	5,0
09	2,2±0,3	2,4±1,3	4,1±3,0	1,7	1,1
10	3,8±0,3	2,1±1,3	8,0±2,9	3,0	1,5
11	3,1±0,4	7,2±1,8	14,5±3,6	2,8	3,2
12	3,5±0,3	4,5±1,5	8,7±3,1	1,9	2,1
13	5,4±0,4	6,0±1,7	12,3±3,5	2,1	2,9
14	4,0±0,3	1,0±1,2	7,7±3,0	8,0	1,1
15	4,1±0,3	3,1±1,2	5,6±2,7	1,8	1,6
16	3,9±0,3	2,2±1,2	7,0±2,8	3,2	1,4
17*	3,8±0,5	4,4±2,6	12,0±3,3	0,5	7,5
18	5,2±0,3	2,0±1,6	16,2±3,6	8,0	2,1
19	5,8±0,3	4,1±1,4	7,0±3,0	1,7	2,1
20	0,9±0,2	0,6±0,9	0,4±2,3	0,7	0,3
21	4,6±0,3	0,0±1,5	14,5±3,5	14,5	1,4
22*	4,8±0,5	0,7±2,3	31,9±5,3	48,3	2,8
23	4,7±0,5	0,4±2,2	31,7±5,1	79,2	2,7
24	4,8±0,3	1,0±1,6	15,9±3,6	16,2	1,8
25	6,5±0,3	4,9±1,5	9,1±3,2	1,9	2,5
26	2,2±0,3	7,9±1,7	9,9±3,2	1,2	2,9
27	5,3±0,6	18,9±2,9	27,1±4,8	1,4	7,3
28	3,9±0,3	1,9±1,4	10,4±3,1	5,5	1,6
30	3,6±0,4	11,7±1,7	6,6±3,0	0,6	3,8
31	2,2±0,3	6,9±1,6	10,0±3,2	1,5	2,7
32	2,3±0,3	7,5±1,6	9,8±3,3	1,3	2,8
34	3,7±0,4	11,5±1,7	7,0±0,3	0,6	3,8
36*	2,0±0,3	7,3±1,6	9,5±3,0	1,3	2,7

(A) representa a produção de calor radiogênico. Amostras com asterisco (*) não pertencem ao corpo granítico

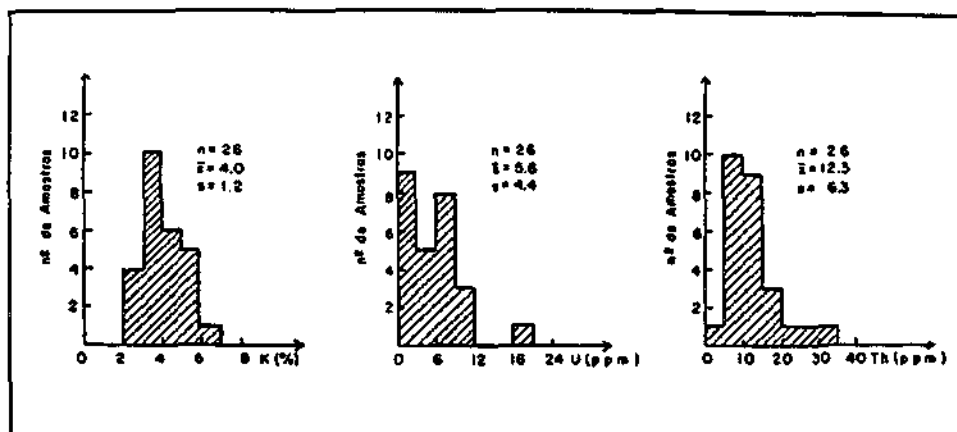


Figura 3 - Histogramas dos teores dos três radioelementos, onde n, $\bar{x}$ e s representam o número de amostras, média e desvio padrão, respectivamente.

Tabela 2 - Resultado dos Testes de Normalidade.

Elemento	Chi-quadrado (Spiegel) (0,05)	Chi-quadrado (Davis) (0,05)	Kolmogorov- Smirnov/Lilliefors (0,05)
Potássio	0,492	1,385	0,0268
Urânio	9,287	2,615	0,0472
Tório (normal)	10,133	3,846	0,0978
Tório (log-normal)	3,802	0,154	0,0476

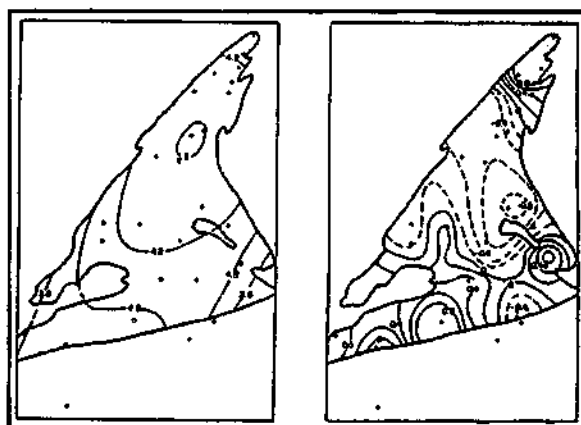
Chi-quadrado (0,05;1) 3,841 (Thompson, 1941)

Chi-quadrado (0,05;3) 7,825 (Thompson, 1941)

Lilliefors (0,05) 0,176 (Lilliefors, 1967)

Kolmogorov-Smirnov (0,05) 0,286 (Siegel, 1975)

(0,05;1) representa o nível de confiança e o grau de liberdade respectivamente: os valores críticos encontram-se ao final da tabela.

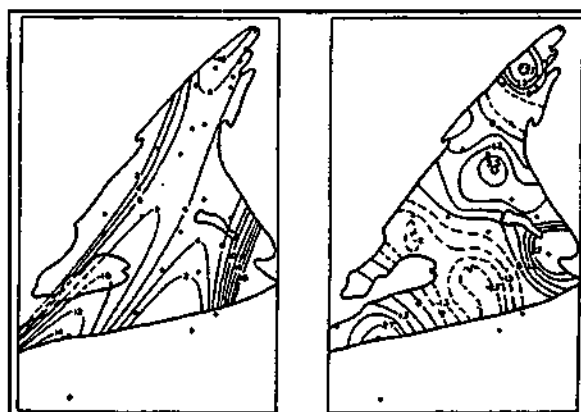


4a

4b

Figura 4a - Mapa de superfície de tendência de 3º grau para o Potássio, PSTQ = 23

Figura 4b - Mapa de resíduos de 1º grau para o Potássio.

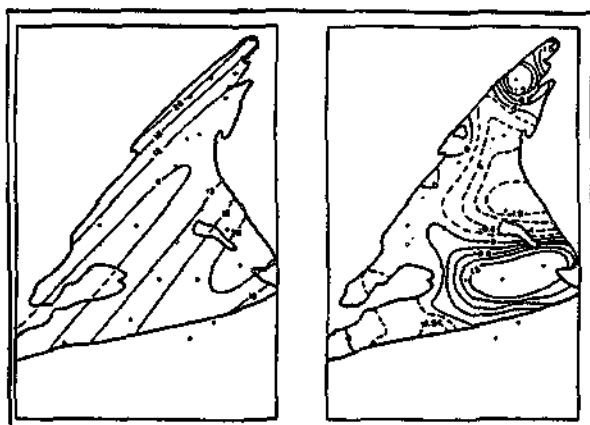


5a

5b

Figura 5a - Mapa de superfície de tendência de 3º grau para o Urânio, PSTQ = 60

Figura 5b - Mapa de resíduos de 1º grau para o Urânio.

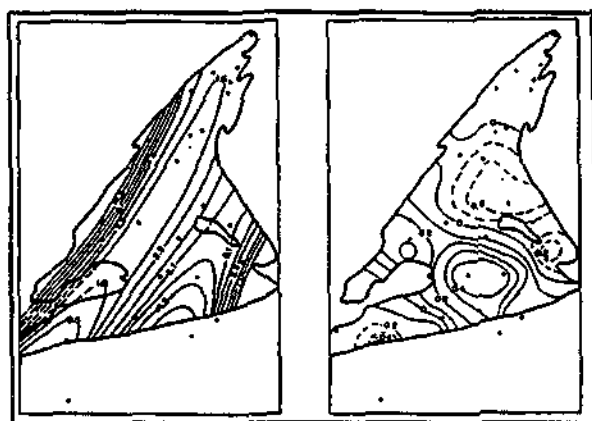


6a

6b

Figura 6a - Mapa de superfície de tendência de 3° grau para o Tório, PSTQ = 38.

Figura 6b - Mapa de resíduos de 1° grau para o Tório.

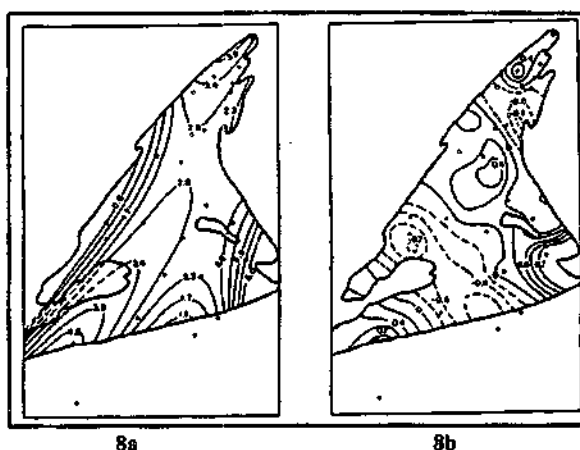


7a

7b

Figura 7a - Mapa de superfície de tendência de 3° grau para a razão Th/U, PSTQ = 52.

Figura 7b - Mapa de resíduos de 1° grau para a razão Th/U.



8a

8b

Figura 8a - Mapa de superfície de tendência de 3° grau para o calor radiogênico, PSTQ = 53.

Figura 8b - Mapa de resíduos de 1° grau para o calor radiogênico.

Tabela 3 - Teores de K, eU e eTh obtidos através de medidas cintilométricas no campo.

Estação	K(%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	Superfície
a	1,2	2,4	20,0	Solo
b	1,6	1,0	8,0	Quartzo, filito
c	4,8	2,3	15,0	Granito porf. alterado
d	3,3	2,7	12,0	Solo sobre granito
e	0,6	3,2	13,0	Solo
f	0,5	1,1	10,0	Quartzo
g	0,1	0,3	0,70	Solo
h	1,0	2,0	20,0	Solo
i	3,0	3,6	11,0	Solo sobre granito
j	1,4	4,6	21,0	Solo
k	5,1	6,1	14,0	Granito fresco
l	0,2	4,2	14,0	Solo

A descrição da superfície é simplesmente observacional, onde valores em negrito correspondem aos pontos medidos sobre o corpo granítico, mas não necessariamente sobre um afloramento.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As amostras analisadas revelaram teores médios típicos de rochas graníticas para o Urânio ($5,6 \pm 4,4$ ppm) e o Potássio ($4,1 \pm 1,2$ %), valores estes análogos aos valores médios encontrados na bibliografia: 4,8 ppm para o Urânio e 3,7 % para o Potássio. O Tório, por outro lado, com um valor médio de $12,3 \pm 6,6$ ppm está um pouco abaixo do encontrado na bibliografia: 21,0 ppm (dados compilados de Rogers e Adams 1969a, 1969b; Heyer 1969). Registraram-se casos com teores bem acima da média U no ponto 27, com 18,9 ppm e Th nos pontos 23 e 27, com 31,7 e 27,1 ppm, respectivamente, evidenciando a necessidade de um estudo mais detalhado desses pontos.

As amostras que não pertenciam ao corpo granítico revelaram características próprias de suas litologias: quartzito (amostras 1 e 2) e mármore (20), com valores extremamente baixos para os três radioelementos; gnaiss (22), alto teor apenas em Th. Três outras amostras, cataclasito (15), milonito (36) e ultra-milonito (17), também não entraram no cálculo dos valores médios; o ultra-milonito apresentou um valor de U bem acima da média encontrada para o granito, mas infelizmente, não foi possível determinar-se sua litologia original. Três amostras, visivelmente alteradas, revelaram teores anômalos (21, 26 e 32).

A razão Th/U apresentou uma média de $6,5 \pm 15,4$, enquanto a média para os granitos, compilada de Rogers e Adams (1969b) é 4,6. Os pontos 21, 23 e 24 apresentaram valores bem acima da média, ou seja, 14,5, 79,2 e 16,2, respectivamente, evidenciando um teor comparativamente menor de Urânio em relação ao Tório.

Os testes efetuados para verificar se as populações pertenciam a distribuições normais apresentaram os seguintes resultados: normalidade para o Potássio em todos os testes; o Urânio pertence a uma distribuição normal de acordo com Kolmogorov-Smirnov e Lilliefors, e o Tório pertence a uma distribuição log-normal pelos testes de chi-quadrado e normal pelos de Kolmogorov-Smirnov e Lilliefors. Optamos pelo teste não paramétrico de Lilliefors (1967), pois, segundo esse autor, dois métodos são usualmente usados para saber se uma amostra pertence a uma distribuição contínua padrão: chi-quadrado e Kolmogorov-Smirnov. O teste χ^2 depende fortemente do tamanho da amostra e da estimativa dos parâmetros estatísticos da distribuição observada, o que

ocasiona uma série de problemas para seu uso; já o teste K-S pode ser utilizado com amostras pequenas e a experiência tem demonstrado que ele é um teste mais poderoso que χ^2 para qualquer tamanho de amostra. Infelizmente, para o cálculo da distribuição teórica, a qual é comparada com a distribuição observada, alguns parâmetros devem ser estimados a partir da amostragem, o que afeta o teste K-S. De modo a contornar esse problema, Lilliefors desenvolveu tabelas para uso do teste K-S, quando não se conhece a média e a variância da população da qual foi retirada a amostra. Sendo este o presente problema, adotou-se o procedimento acima descrito, o qual está se tornando comum em outros campos, especialmente agronomia.

A análise de tendência revelou um ajuste bastante elevado, o que era de se esperar devido ao pequeno número de pontos de amostragem, conforme demonstrado por Amaral (1976). Portanto, utilizou-se a análise de variância da regressão, de acordo com os critérios de Harbaugh e Merriam (1968), ficando então demonstrado que a regressão é significativa. Verificou-se através dos mapas acréscimo nos teores de K na direção SW, de U na direção SE e SW, de Th para SE e NW, como também da razão Th/U para S e W e do calor radiogênico para SE e SW, caracterizando, assim, um aumento generalizado do teor em direção às extremidades do corpo, sugerindo, portanto, algum tipo de associação (hidrotermalismo, metassomatismo, etc...) com as falhas que o limitam.

Os resultados dos levantamentos radiométricos revelaram uma tendência de empobrecimento do Urânio, quando se afasta do corpo granítico em direção à encaixante. Observe-se que essa transição pode ser verificada mesmo na presença de uma cobertura de solo sobre o granito, "in situ", ressaltando a potencialidade da espectrometria gama de campo em trabalhos de determinação de contatos litológicos. É importante salientar, contudo, que não foi feito um estudo sobre a origem do solo, o que não invalida essa observação.

Os dados obtidos no laboratório e no campo revelaram que um menor espaçamento entre cada ponto de amostragem e um número maior de pontos em cada perfil permitiria melhor definição, tanto do contato como de possíveis anomalias.

A produção de calor radiogênico calculada foi de $2,7 \pm 1,3 \mu\text{Wm}^{-3}$, o que coloca o Complexo Granitóide São Roque dentro da média global extraída da bibliografia internacional, $3,0 \mu\text{Wm}^{-3}$ (Schmucker 1969).

CONCLUSÕES

1. O Complexo Granitóide São Roque apresenta teores médios de 5,6 ppm para o Urânio e 4,1 % para o Potássio, dentro da média geral de granitos da crosta terrestre; o Tório, por outro lado, apresenta-se um pouco abaixo da média, com 12,3 ppm. Não se trata, portanto, de um caso anômalo do ponto de vista radiogeológico.

2. A análise de superfícies de tendência não indica anomalias na concentração desses elementos, eventualmente associadas à mineralizações no interior do corpo granítico; entretanto, o número de pontos amostrado foi muito baixo, o que pode ter contribuído para a não definição de anomalias mais localizadas. Por outro lado, pode-se perceber um enriquecimento em direção aos contatos do corpo, associados provavelmente aos falhamentos ou a fenômenos de resfriamento.

3. A produção média de calor radiogênico, calculada a partir dos dados dos teores dos elementos radioativos das amostras foi de $2,7 \cdot \mu\text{Wm}^{-3}$, portanto, dentro da média global extraída da bibliografia internacional, $3,0 \mu\text{Wm}^{-3}$, indicando, então, que pelo menos no nível de detalhamento deste trabalho de reconhecimento, o corpo granítico de São Roque não apresenta grandes potencialidades com relação a possível formação de depósitos de Urânio e Tório.

4. Através dos levantamentos radiométricos, verificaram-se diferenças litológicas.

5. Do ponto de vista estatístico, as amostras foram retiradas, aparentemente, de populações com distribuição normal.

AGRADECIMENTOS

Somos gratos ao geofísico J.S.Duval, do USGS, pelas discussões e auxílio na escolha dos corpos graníticos; ao Prof.Dr.Gilberto Amaral, pelo empréstimo de seu programa de análise de tendência, bem como pelas discussões; aos geólogos Antonio José Nardi e Eronaldo Bonfim Rocha, pela descrição petrológica das amostras; ao técnico Domingos Sardela, pela ajuda na coleta e análise das amostras. Pesquisa efetuada

com auxílio do CNPq (30091/80) e FAPESP(79/0962).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALGARTE, J.P., ADDAS, W. & CUNHA, H.C.S. **Projeto Sudeste do Estado de São Paulo, Folha SF-23-y-c, 1:250.000.** São Paulo, CPRM, 1974.
- ALMEIDA, F.F.M., HASUI, Y. & BISTRICHI, C.A. **Mapa geológico do Estado de São Paulo, 1:500.000, Nota explicativa.** São Paulo, IPT, 1981, 126 p.
- AMARAL, G. Teste de análise de superfícies de tendência para distribuições aleatórias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24. 1976, Belo Horizonte. **Anais...** Rio de Janeiro, SBG, 1976. v.3, p.233-237.
- ANDRADE, F.R.D. de, ARTUR, A.C, WERNICK, E. Geologia do Complexo Granitóide São Roque, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37. 1992, São Paulo. **Resumos...** São Paulo, SBG, 1992. v.1, p. 233-237.
- ANDRADE, F.R.D. de. **Complexo granitóide São Roque, SP: petrografia, litoquímica e tipologia de zircão.** Tese de doutorado, IGCE/UNESP, 1993. 156 p.
- ARTUR, A.C., WERNICK, E. E ANDRADE, F.R.D. de. Turmalina granitos dos Grupos São Roque e Açungui, Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37. 1992, São Paulo. **Resumos...** São Paulo, SBG, 1992. v.1, p. 354-355.
- BISTRICHI, C.A., CARNEIRO, C.D.R., DANTAS, A.S.L., PONÇANO, W.L., CAMPANHA, G.A.C., NAGATA, N., ALMEIDA, M.A., STEIN, D.P., MELO, M.S. & CREMONI, O.A. **Mapa geológico do Estado de São Paulo, 1:500.000.** São Paulo, IPT, 1981.
- CORDANI, U.G. e BITTENCOURT, I. Determinações de idades K-Ar em rochas do Grupo Açungui. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 21. 1967, Curitiba. **Anais...** Curitiba, SBG, 1967, p. 218-233.
- COUTINHO, J.M.V. Petrologia da região de São Roque, São Paulo. **Bol. Fac. Fil. Cienc. Letr. USP:** São Paulo, (Mineralogia 11), n. 159, p.1-80, 1953.

- DAVIS, J.A. **Statistics and data analysis in geology**. New York: John Wiley & Sons, 1973. 550 p.
- FERREIRA, F.J. **Aerogamaespectrometria e aeromagnetometria de um trato ocidental do Pré-Cambriano paulista**. São Paulo:USP/IG, 1991 (Tese de doutoramento), 150 p., anexos, inédito.
- HARBAUGH, J.W. & MERRIAN, D.F. **Computer applications in stratigraphical analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1968. 282 p.
- HASUI, Y. & HAMA, M. Geocronologia do Grupo São Roque pelo método potássio-argônio. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo: SBG, vol.2, n.1, p.18-24, março 1972.
- HASUI, Y., PENALVA, F. & HENNIES, W.T. Geologia do Grupo São Roque. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23. 1969, Salvador. **Anais...** Salvador, SBG, 1969. v.1, p. 101-134.
- HASUI, Y., CARNEIRO, C.D.R. & BISTRICHI, C.A. Os granitos e granitóides da região de dobramentos sudeste do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30. 1978, Recife. **Anais...Recife**, SBG, 1978. v.6, p. 2594-2608.
- HEYER, K.S. Potassium. In: Wedepohl, K.H. (ed.). **Handbook of Geochemistry**. Berlin: Springer-Verlag, 1969. II/2.
- LILLIEFORS, H.W. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknow. **Journal of the American Statistical Association**, v.62, p.399-402, 1967.
- PASCHOLATI, E.M. **Caracterização geofísica da Suíte Intrusiva de Itu**. São Paulo: USP/IAG, 1990 (Tese de Doutorado). 135 p., anexo, inédito.
- PASCHOLATI, E.M. & FERREIRA, F.J. Suíte Intrusiva de Itu: comparação entre dados de espectrometria gama aérea e terrestre". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38. 1992, São Paulo. **Bol.Res. Exp.**, São Paulo, SBG, 1992. v.2, p. 392-393.
- ROGERS, J.J.W. & ADAMS, J.A.S. Thorium. In: Wedepohl, K.H. (ed.). **Handbook of Geochemistry**. Berlin: Springer-Verlag, 1969a. II/5.
- ROGERS, J.J.W. & ADAMS, J.A.S. Uranium. In: Wedepohl, K.H. (ed.), **Handbook of Geochemistry**. Berlin: Springer-Verlag, 1969b. II/5.

- SCHMUCKER, U. Geophysical aspects of structure and composition of the Earth and the Earth Crust. In: Wedepohl, K.H. (ed.), *Handbook of Geochemistry*. Berlin: Springer-Verlag, 1969. v.1, p.134-226.
- SIEGEL, S. *Estatística não paramétrica para ciências do comportamento*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 350 p.
- SPIEGEL, M.R. *Estatística*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1984. 454 p.
- TASSINARI, C.C.G., KAWASHITA, K., SCHMUSS, R.V. E TAYLOR, P.N. As idades das rochas e dos eventos metamórficos da região sudeste do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35. 1988, Belém. *Anais...* Belém, SBG, 1976. v.6, p.2840-2853.
- THOMPSON, C.M. Table of percentage points of the chi-square distribution. *Biometrika*, vol.32: 187-191, 1941.
- VIEIRA, S.R.S.S. E TASSINARI, C.C.G. Estudo petrológico e geocronológico da região de Embú-Guaçu, Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35. 1988, Belém. *Anais...* Belém, SBG. 1988. v.3, p. 1391-1399.
- WERNICK, E. O magmatismo granitóide das regiões de dobramento Nordeste e Sudeste. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo: SBG, vol.9, n.2, p.122-139, junho de 1979.
- WERNICK, E., OLIVEIRA, M.A.F. de, KAWASHITA, K., CORDANI, U.S. & DELHAL, J. Estudo geocronológico pelo método Rb/Sr em rochas do Bloco Jundiá. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo: SBG, vol.6, n.2, p.125-135, junho de 1976.
- WERNICK, E. & PENALVA, F. Contribuição ao conhecimento da rochas granitóides do sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo: SBG, vol.8, n.2, p.113-133, junho 1978.
- WERNICK, E. & GALEMBECK, T.M.B. Evolução geotectônica durante o Proterozóico Superior no Estado de São Paulo: uma contribuição através da análise do magmatismo granitóide. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 6. 1987, Rio Claro. *Atas...* Rio Claro, SBG/SP, 1987. v.1, p. 191-204.

• Texto recebido em: 02/12/94

• Aprovado para publicação em: 18/01/95