

# Caracterização isotópica de urânio em solos da Floresta Nacional de Ipanema (FLONA-Ipanema)

\*1,2SILVA, F.B., \*\*1MARQUES, F.H., \*\*\*2ENZWEILER, J., \*\*\*\*2LADEIRA F.S.B.

<sup>1</sup>Laboratório de Poços de Caldas LAPOC-CNEN.

e-mail: \* [fernandobaliani@yahoo.com.br](mailto:fernandobaliani@yahoo.com.br); \*\* [fernando\\_henrique06@hotmail.com](mailto:fernando_henrique06@hotmail.com)

<sup>2</sup>Instituto de Geociências, Unicamp.

e-mail: \*\*\* [Jacinta@ige.unicamp.br](mailto:Jacinta@ige.unicamp.br); \*\*\*\* [fsbladeira@ige.unicamp.br](mailto:fsbladeira@ige.unicamp.br)

## Resumo

A Floresta Nacional de Ipanema (FLONA) está situada numa área de anomalia geológica, conhecida como "Domo de Araçoiaba". Na área há Latossolos, Neossolos, Argissolos e Gleissolos. A quantidade de urânio e a proporção de seus respectivos isótopos presente num solo dependem da rocha que o originou e de parâmetros físico-químicos envolvidos no processo pedológico. O objetivo deste trabalho foi investigar as atividades dos isótopos de urânio ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ) e a razão de atividade (RA)  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  ou equilíbrio secular para os diferentes tipos de solo da área, coletados nos horizontes A e B. Os valores de urânio não mostraram diferenças significativas para solos gerados sobre rochas intrusivas alcalinas e arenito, no entanto, o equilíbrio secular foi observado em Latossolo (RA=1), enquanto o Neossolo apresentou RA>1 e os demais solos, Argissolo e Gleissolo, apresentaram valores de RA<1.

Palavras-chave: urânio, isótopos, Ipanema, FLONA

## Abstract

The National Forest of Ipanema (FLONA) is situated on a geological anomaly, known as "Domo de Araçoiaba". The soils of the area include Oxisols, Inceptisols and Alfisols. The amount of uranium and respective isotope activities in a soil depend on the parental rock and on the pedologic processes. The aim of this study was to investigate the activities for uranium isotopes ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ) and the activity ratio (AR)  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  or secular equilibrium for different soil types of the area collected at horizons A and B. The amount of uranium showed no significant differences for soils generated from alkaline intrusive rocks and sandstone, however, secular equilibrium was observed for Oxisol (RA = 1), while Inceptisol presented RA> 1 and the other soils, Alfisols, presented RA values <1.

Keywords: uranium, isotopes, Ipanema, FLONA

## 1. Introdução

A Floresta Nacional de Ipanema (Iperó, SP) herdou o nome da Fazenda Ipanema, que por sua vez tem origem na Real Fábrica de Ferro de São João de Ipanema, criada em 1810, próxima ao rio Ipanema (IBAMA 2003). A Floresta Nacional de Ipanema, criada por decreto em 20 de maio de 1992, abrange 5.180 hectares e situa-se nos municípios Iperó, Araçoiaba da Serra e Capela do Alto do estado de São Paulo.

Segundo Regalado (2005), a Floresta Nacional de Ipanema está inserida sobre uma região de anomalia geológica, conhecida como "Domo de Araçoiaba", com rochas e

estruturas distintas das áreas adjacentes. Davino (1975) descreve a geologia da Serra de Araçoiaba-SP como constituída por três grupos litológicos: 1) rochas metassedimentares do grupo São Roque; 2) sedimentos do Grupo Tubarão; 3) rochas do Complexo Alcalino de Ipanema. Ocorrem também sedimentos recentes depositados ao longo dos cursos d'água. Os solos encontrados na FLONA e respectivas extensões em percentagem são: Neossolos (57,76%), Gleissolos (17,73%), Latossolos (17,40%) e Argissolos (7,11%) (Regalado 2005). A diversidade litológica e pedológica da área bem como a sua vizinhança com o Centro Experimental ARAMAR, onde também se encontra em construção o Reator Multipropósito Brasileiro motivou este estudo que visa determinar a atividade de  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  e  $^{234}\text{U}$  e a razão de atividade  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  (RA) nos diferentes solos da FLONA e relacioná-los com as características litológicas, pedológicas, pH e matéria orgânica. A razão de atividade é utilizada para mensurar o equilíbrio entre os isótopos de urânio em um determinado ambiente. Para o equilíbrio secular RA é igual a 1.

## **2. Materiais e métodos**

### *2.1 Coleta e preparação das amostras de solos*

Os pontos de coleta das amostras de solo foram definidos para representar os litotipos e tipos de solo presentes na área, de acordo com informações disponíveis. Em cada ponto foram coletadas amostras de horizontes A e B. Após coleta, as amostras foram secas ao ar livre, homogeneizadas e quarteadas e moídas em potes de ágata.

### *2.2 Análises por espectrometria alfa*

A análise por espectrometria alfa foi utilizada para determinar as atividades dos isótopos  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ , utilizando-se o isótopo artificial  $^{232}\text{U}$  como traçador. As amostras foram digeridas com HF, HCl e HNO<sub>3</sub>. Após a evaporação e obtenção da solução ácida das amostras, o urânio foi separado da matriz por cromatografia de troca iônica. Após a eluição, o urânio foi eletrodepositado em uma base de prata para a contagem no espectrômetro alfa.

### *2.3 Determinação de matéria orgânica e pH em solo*

A conteúdo de carbono orgânico foi determinado por oxidação com K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> em meio de ácido sulfúrico conforme proposto por Walkley-Black. A oxidação parcial foi compensada com o fator de 1,33 e os valores de C orgânico foram transformados em matéria orgânico por multiplicação pelo fator de van Bemmelen de 1,724. O pH do solo foi determinado numa suspensão obtida pela mistura de 25 mL de solução de CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> e 10 cm<sup>3</sup> de solo.

Após 15 minutos de contato, agitou-se por 10 minutos e aguardou-se 30 minutos de decantação para medir o pH com eletrodo de vidro combinado (van Raij et al. 2001).

### 3. Resultados e discussão

Na Tabela 3.1 encontram-se os resultados dos diferentes parâmetros obtidos conforme a rocha fonte e o tipo de solo. De acordo com a Tabela 3.1, os maiores percentuais de matéria orgânica foram obtidos nas amostras de Latossolo. A área com estes solos está coberta por floresta e não apresenta histórico de desmatamento recente. Nas amostras de argissolo os percentuais de matéria orgânica nas amostras do horizonte A são bem maiores do que no horizonte B. A área de coleta destas amostras foi reflorestada exceto a amostra FNI-12, que foi coletada em uma área com atividades agropecuárias, com pastagens e cultivos. Os valores de pH encontram-se entre 3,7 e 5,0 e indicam solo ácido. A amostra FNI-11 foi coletada nas proximidades do rio e recebe material aluvial em épocas de cheias.

**Tabela 3.1:** Valores de matéria orgânica (M.O), pH, atividade dos isótopos de urânio e razão das atividades nas amostras de solo (letra final A e B corresponde ao horizonte de coleta), respectivamente de acordo com os litotipos e solos.

	Amostra	M.O. (%)	pH <sub>CaCl2</sub>	<sup>238</sup> U(Bq/kg)	<sup>234</sup> U(Bq/kg)	<sup>235</sup> U(Bq/kg)	<sup>234</sup> U/ <sup>238</sup> U
Intrusivas alcalinas	Latossolo						
	FNI-01A	13,7	4,0	24,05	24,47	1,02	1,02
	FNI-01B	9,3	3,8	25,16	26,50	0,85	1,05
	FNI-02A	12,1	3,7	25,10	25,43	1,21	1,01
	FNI-02B	7,4	3,7	26,71	27,80	1,24	1,04
	FNI-03A	10,1	4,0	30,42	30,34	1,76	1,00
	FNI-03B	6,9	3,8	31,51	31,64	1,70	1,00
Arenito	Argissolo						
	FNI-06A	8,5	4,1	15,62	15,48	0,61	0,99
	FNI-06B	1,2	4,0	20,25	19,94	0,94	0,98
	FNI-07A	4,6	4,3	24,93	24,36	1,02	0,98
	FNI-07B	1,3	4,2	23,50	21,82	1,20	0,93
	FNI-08A	3,9	4,1	18,74	19,63	0,93	1,05
	FNI-08B	1,0	4,3	23,55	23,12	0,99	0,98
	FNI-12A	5,0	6,3	16,89	15,74	0,84	0,93
	FNI-12B	1,6	6,1	22,36	20,72	1,01	0,93
	Neossolo						
	FNI-09A	3,6	4,9	26,30	29,65	1,10	1,13
	FNI-09AC	3,6	5,0	28,73	31,67	1,13	1,10
	Gleissolo						
	FNI-10A	3,5	6,1	19,37	18,74	1,12	0,97
FNI-10B	2,4	4,9	22,37	22,21	1,05	0,99	
FNI-11A	6,7	4,0	64,25	62,62	1,87	1,02	
FNI-11B	5,5	3,9	66,20	65,32	2,49	0,99	

As atividades dos isótopos de U calculadas correspondem a valores de U total entre 2,0 mg/kg (amostra FNI-06A) a 8,4 mg/kg (amostra FNI-11-B). As atividades das amostras do horizonte B são um pouco superiores às do horizonte A, exceto pela amostra FNI-7. As amostras de Latossolo apresentaram razões de atividade <sup>234</sup>U/<sup>238</sup>U próximas de equilíbrio

secular, mas algumas amostras do horizonte B deste grupo apresentaram valores de  $RA > 1$ . Da mesma forma uma amostra de Argissolo (FNI-08A), as de Neossolo e uma de Gleissolo (FNI-11A) também apresentaram razão de atividade  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U} > 1$ . A interpretação para estes valores pode ser devida à presença de minerais com maior conteúdo em U (p. ex., apatita). As demais amostras apresentaram valores de razão de atividade  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U} < 1$ , o que é explicado como resultado da lixiviação preferencial de  $^{234}\text{U}$ . Rosholt et al. (1963) propuseram a lixiviação preferencial do  $^{234}\text{U}$  em relação ao  $^{238}\text{U}$  como consequência do recuo alfa e diferentes afinidades químicas para os isótopos intermediários  $^{234}\text{Th}$  e  $^{234}\text{Pa}$ .

#### 4. Conclusão

Os resultados de U não apresentam significativas diferenças para solos desenvolvidos sobre o arenito e intrusivas alcalinas, com exceção da amostra FNI-11 com valor anômalo às demais, possivelmente por conter material aluvial. Solos jovens apresentam valores para  $RA > 1$ , enquanto as amostras de Argissolo e Gleissolo parecem ser susceptíveis a um decréscimo na atividade de  $^{234}\text{U}$  e conseqüentemente  $RA < 1$ .

#### 5. Referências bibliográficas

- Davino A. 1975. Geologia da Serra de Araçoiaba, Estado de São Paulo. Boletim IG, **6**:129-144.
- El Afifi E.M., Hilal M.A., Khalifa S.M., Aly H.F 2006. Evaluation of U, Th, K and emanated radon in some NORM and TENORM samples. Radiat. Meas., **41**: 627 – 633.
- IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS 2003. Plano de manejo da Floresta Nacional de Ipanema. Disponível em <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/biomas-brasileiros/mata-atlantica/unidades-de-conservacao-mata-atlantica/2191-flona-de-ipanema.html>. Acessado em 25 mai 2012.
- Regalado L.B. 2005. Contribuição ao gerenciamento da Floresta Nacional de Ipanema: o uso de base cartográfica digital na construção de um modelo alternativo ao plano de manejo. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 189 p.
- Rosholt J.N., Shields W.R., Garner E.L. 1963. Isotopic fractionation of uranium in sandstone. Science, **139**: 224-226.
- Van Raij B., Andrade J.C., Cantarella H., Quaggio J.A. 2001. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Instituto Agrônomo, Campinas, 285 pp.