

Gamaespectrometria aérea integrada a Imagem SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) para Estudos Agrícolas na Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos: Noroeste do Estado do Rio de Janeiro

Andréa Cristina Lima dos Santos^{1,2}
Paulo de Tarso Luiz Meneses¹
Carlos Tadeu carvalho do Nascimento²

¹ Universidade Estadual do Rio de Janeiro - UERJ/FGEO
Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rua São Francisco Xavier, 524/2029 Bloco A, Maracanã
Rio de Janeiro, RJ, CEP 20550-013
e-mail: andrealima@on.br

² Universidade de Brasília - UnB
Instituto de Geociências, Brasília, DF, CEP 70910-900
e-mail: andrealima@unb.br

Abstract. The ground soil, as a basic natural resource, has multiple functions: fundamental component of ecosystems and natural cycles; water reservoir for human activities; and essential support of the agricultural system. The abusive use of toxic elements contributes to the alteration of the ecosystem's balance. The radio nuclide's Uranium (U), Thorium (Th) and Potassium (K) are present in raw materials used for the manufacture of some fertilizers. Consequently, they are redistributed by the agricultural activity and can raise the contamination index on a given area. The city of São José de Ubá, located in the northwest of the Rio de Janeiro state, is characterized for small properties with familiar agriculture and a low-level technological soil handling. This county is the third greater tomato producer (*Lycopersicon Esculentum* Mill) in the state of Rio de Janeiro. This work presents the results of processing and interpretation of airborne gamma-ray spectrometric data (regional scale). The airborne data show regions of low values anomalies in all portions of the investigated area. These radiometric lows were associated to weathering factors. The results herein obtained points to an adequacy on the use of this geophysical method to the identification and monitoring of agricultural areas in the northwest of Rio de Janeiro state.

Palavras-chave: Airborne Gamma- ray, image processing, geology, gamaespectrometria aérea, processamento de imagens, geologia.

1. Introdução

Os métodos geofísicos compreendem técnicas indiretas de investigação das estruturas em subsuperfície. Tais metodologias permitem estimar as condições geológicas através do contraste das propriedades físicas dos materiais de subsuperfície. No diagnóstico ambiental de áreas contaminadas e na investigação da estrutura de solos, a realização de levantamentos geofísicos tem por objetivo básico a identificação da presença da contaminação subterrânea além da definição das feições pedológicas e hidrogeológicas dos locais investigados. Neste âmbito, trabalhos vêm sendo desenvolvidos envolvendo a aplicação do método radiométrico. Inicialmente proposto para aplicação em prospecção mineral e mapeamento geológico (Vasconcellos et al., 1994), o método gamaespectrométrico ganhou espaço em aplicações referentes a estudos pedológicos e de meio ambiente (Dickson & Scott, 1997; Thiessen et al., 1999). Nesta metodologia, mede-se a concentração do radioisótopo do potássio (K) e dos radioisótopos das séries do urânio (U) e tório (Th) em rochas e solos. Estas concentrações são diretamente proporcionais à intensidade de radiação gama emitida pelo decaimento radioativo destes radioisótopos (Wilford et al., 1997). Também no Brasil, o método gamaespectrométrico vem sendo utilizado em monitoramentos ambientais e estudos de solos.

Souza (1998) utilizou dados gamaespectrométricos para verificar relação em área agricultável com processos pedogenéticos e fertilização fosfatada. Seus estudos indicam que os elementos U e Th tendem a concentrar-se em solos oriundos do intemperismo de rochas básicas, mais desenvolvidos e argilosos. Vaz et al., (1999) utilizaram essa mesma técnica para determinação de tamanho de partículas de solo. Estudando processos supergênicos atuantes sobre rochas graníticas, Rebello (2000) observou que o elemento Th permanece fixo no solo, durante intemperismo e pedogênese. Nascimento et al., (2004) concluíram que solos do cerrado com textura argilosa e enriquecidos com matéria orgânica são mais radioativos que solos arenosos. Becegato & Ferreira (2005), utilizaram a gamaespectrometria no entendimento da distribuição de fertilizantes fosfatados, aplicados à cultura da soja, cana-de-açúcar e trigo, no noroeste do Paraná.

A área geográfica de interesse corresponde a bacia hidrográfica do rio São Domingos (BHRSD) (Figura 1), com aproximadamente 280km², afluente do Muriaé pertencente ao complexo rio Paraíba do Sul. Cerca de 90% da bacia de drenagem do rio São Domingos localiza-se no município de São José de Ubá e outros 10% no município de Itaperuna, noroeste do estado do Rio de Janeiro.



Figura 1. Mapa de localização da área de estudo

No contexto geológico (Figura 2), a BHRSD apresenta as seguintes entidades de mapeamento: complexo Juiz de Fora, com rochas de mais de 1,8 bilhão de anos, complexo Paraíba do Sul, constituído por rochas metassedimentares marinhas com idade aproximada de 1,7 bilhão de anos, e sedimentos fluviais do Quaternário (Silva Filho, 2005).

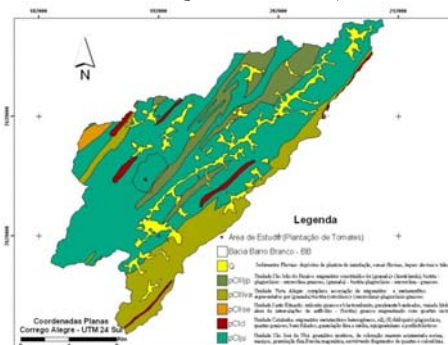


Figura 2. Mapa geológico da área de estudo

De acordo com estudos recentes realizados por Lumbreras et al. (2006), a BHRSD apresenta a ocorrência de dois domínios pedológicos distintos e fortemente relacionados às duas feições geomorfológicas regionais: as baixadas (várzeas) e os morros e montanhas. Nas regiões de baixadas, foram identificados Gleissolos nas partes mais baixas e Planossolos e Cambissolos desenvolvidos de sedimentos coluvionares e colúvio-aluvionares nas posições levemente mais elevadas. As áreas de morros e montanhas apresentam domínio de Argissolos vermelhos e vermelho-amarelos que gradualmente dão lugar a Cambissolos e a Neossolos litólicos à medida que o relevo fica mais acentuado. Segundo os mesmos autores, os Argissolos vermelhos e vermelho-amarelos compreendem cerca de 70% da área da bacia hidrográfica do rio São Domingos (Figura 3).

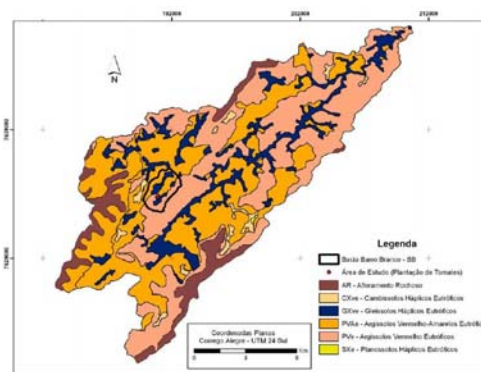


Figura 3. Mapa de solos da área de estudo

No Noroeste Fluminense, entre as serras de Monte Verde e das Freixeiras, destaca-se um importante lineamento estrutural de direção WSW-ENE, que controla os vales do ribeirão das Freixeiras (tributário do rio Pomba) e do valão Grande (tributário do rio Muriaé). A norte da serra das Freixeiras corre o rio São Domingos, seguindo a mesma direção. Entre os rios Muriaé e Itabapoana, as planícies fluviais tornam-se mais amplas, principalmente no entorno do maciço de Bom Jesus de Itabapoana e na base da escarpa do planalto de Varre-Sai. Nessa área, situam-se os núcleos urbanos de Itaperuna, São José do Ubá, São João do Paraíso, Italva, Boa Ventura, Santa Maria e Santo Eduardo (Dantas, 2000).

Segundo o autor, o município de São José de Ubá apresenta relevo bastante acidentado, variando de plano, nas baixadas, a fortemente ondulado, escarpado e montanhoso. A unidade geomorfológica que predomina na região é a Depressão Interplanáltica com Alinhamentos Serranos do Norte-Noroeste Fluminense, que consiste numa extensa zona colinosa intercalada com alinhamentos serranos escalonados de direção predominante WSW-ENE, envolvendo grandes extensões do norte do estado. Nessa unidade, o relevo homogêneo de colinas, morrotes e morros baixos alterna-se bruscamente com alinhamentos serranos bastante elevados. É acentuado o controle dos lineamentos de direção WSW-ENE, tanto sobre a rede de drenagem tributária aos canais principais, quanto no alinhamento das cristas serranas. Esse relevo colinoso caracteriza-se por uma extensa depressão marginal compreendida entre os terrenos elevados interiores (Figura 4).

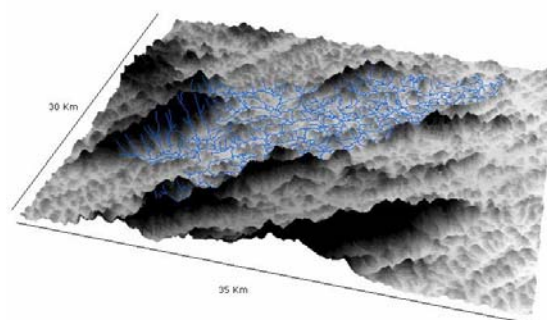


Figura 4. Integração da imagem SRTM do Noroeste Fluminense com destaque para a Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos.

O escopo do presente trabalho consistiu no processamento de dados aerogamaespectrométricos, integração com imagem SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), geologia, hidrografia e solos e interpretação, visando avaliar a aplicabilidade do método geofísico integrado a diferentes variáveis, para estudos agrícolas.

2. Metodologia de Trabalho

A metodologia utilizada para o processamento dos dados aerogamaespectrométricos envolveu, avaliação dos dados, micronivelamento, interpolação e geração de imagens. A imagem SRTM foi adquirida através do sítio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2006). Neste sítio é possível encontrar o mapeamento do relevo para cada estado do Brasil. A integração dos dados foi feita em ambiente SIG e a interpretação consistiu de análise visual das imagens radiométricas integradas com as demais variáveis.

Os dados aerogamaespectrométricos utilizados foram provenientes do Projeto São Paulo-Rio de Janeiro, executado pela ENCAL S.A para o Serviço Geológico do Brasil (CPRM). As áreas dos levantamentos estão contidas na região sudeste e sul do Brasil. Para este trabalho foram utilizados os dados dos blocos 1 e 2, que constou com recobrimento de 41.595 km de perfis aeroradiométricos. Os levantamentos geofísicos foram realizados com altura de vôo fixada em 150m acima sobre o terreno, com frequência de aquisição de 1s no intervalo de 100m. As linhas de vôo tiveram espaçamentos, entre si, de 1km e orientadas N-S e as, linhas de controle a cada 10km com direção EW. Os trabalhos de aquisição dos dados foram desenvolvidos no período compreendido entre março e julho de 1978. Os dados foram processados no software Geosoft (Oasis Montaj TM), de acordo com a metodologia apresentada por Santos (2007).

3. Resultados e Discussões

A superposição dos contatos litológicos com os mapas de K (Figuras 5. A - D), permite estabelecer uma baixa correlação desses radioelementos com as unidades geológicas fortemente condicionadas segundo a direção NE. A exceção é o canal do tório, que em virtude de ser o elemento de menor mobilidade, apresenta maior grau de correlação com a geologia (Figura 5. A). Este mapa mostra anomalias de Th condicionadas segundo a direção NE, embora na porção central da área exista uma região com baixas contagens deste elemento.

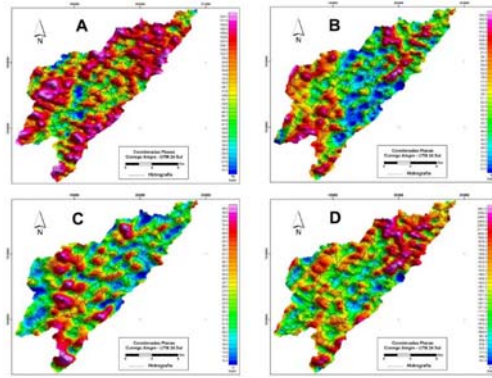


Figura 5. Superposição dos contatos litológicos com o mapa do Th (A); do K (B); do U (C) e da CT (D).

A superposição da hidrografia com os mapas radiométricos (Figura 6. A - D), permite estabelecer a correlação das áreas de baixas concentrações dos radioelementos com os principais cursos de água da região. Esta correlação positiva corrobora a interpretação prévia da predominância na região de condições físico-químicas propícias à forte lixiviação desses elementos, em especial o K.

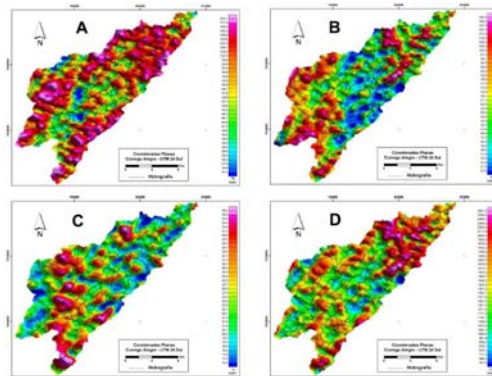


Figura 6. Superposição da hidrografia com o mapa do Th (A); do K (B); do U (C) e da CT (D).

A superposição dos mapas radiométricos com o mapa de solos elaborado por Lumbreras et al. (2006) (Figuras 7. A - D), permite estabelecer pouca correlação entre os tipos de solos da região com os radioelementos. Dentre os diversos temas, o mapa do CT é o que apresenta melhor correlação. O que se observa a partir desse mapa é que as áreas onde se desenvolveram os gleissolos, que se caracterizam por serem normalmente argilosos e com alto teor de matéria orgânica, coincidem com as algumas áreas anômalas. Segundo Wilford et al. (1997) os radioelementos tendem a ser adsorvidos em minerais de argilas e co-precipitados em óxidos de ferro. De acordo com Kogan et al. (1969), quanto maior a fração de argila no solo, maior será a concentração dos radionuclídeos, o que justificaria essa interpretação.

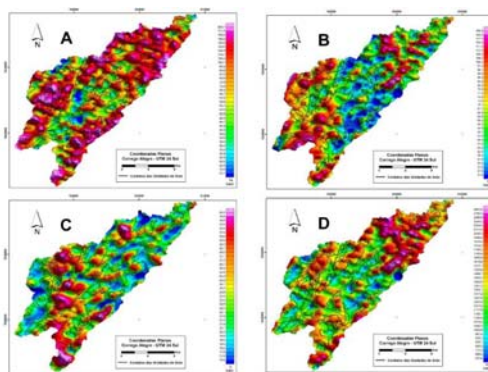


Figura 7. Superposição dos contatos das unidades de solos com o mapa do Th (A); do K (B); do U (C) e da CT (D).

Visualmente, o MDT é o que apresenta melhor correlação com os mapas radiométricos (Figura 8. A - D). A partir dessa integração, foi possível obter informações sobre a relação entre a distribuição dos elementos e a topografia da área, e concluir que a distribuição dos radionuclídeos está fortemente condicionada ao relevo.

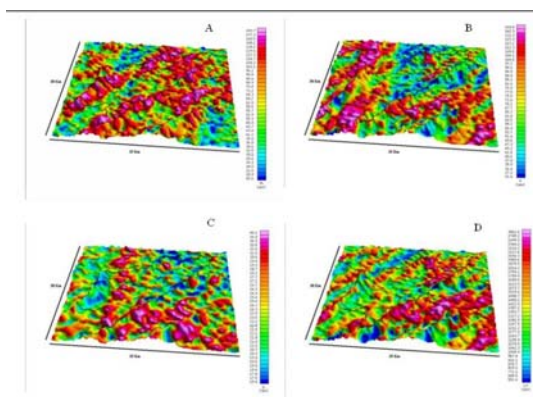


Figura 8. Imagem SRTM integrada a aerogamaespectrometria, com destaque para a BHRSD.

Observa-se que a BHRSD se desenvolveu em um grande vale, ladeada por duas regiões mais elevadas nos limites sudeste e noroeste. A serra Monte Verde a noroeste, apresenta uma porção descontínua, sendo interrompida na porção central por uma zona de baixo topográfico. No limite sudeste da bacia, a serra Frecheiras apresenta uma porção contínua. Comparando com os mapas radiométricos, observa-se que são justamente as áreas de afloramento rochoso. E no radiométrico, principalmente o do Th, com valores mais elevados. O mapa da CT proporciona a visualização da distribuição dos três radioelementos pela área. Observam-se as maiores concentrações na porção mais à jusante da BHRSD. O mapa do Th informa a presença marcante do elemento nas áreas de topografia alta, localizadas essencialmente nas porções nordeste e sudeste da BHRSD. fato de o K ser um elemento extremamente móvel e por isso tender a se concentrar em áreas de planície.

No mapa do canal de U, observa-se dispersão do elemento por toda a área, com concentrações mais altas nos baixos topográficos, o que segundo Dickson e Scott (1997) está relacionado ao fato do elemento ser adsorvido pelos argilominerais, além de se combinar com óxidos de ferro e carbonatos, o que aumenta sua concentração próximo à superfície. Os mapas preliminares gerados e integrados em ambiente SIG apontam para uma adequação deste método geofísico proposto ao estudo geomorfológico.

4. Conclusões

O processamento dos dados radiométricos aéreos da BHRSD, possibilitou o entendimento do background regional para os radioelementos U, Th e K. Esse fato é significativo, uma vez que 90 % da BHRSD está inserida em um município agrícola. Foi possível observar que os quatro mapas radiométricos guardam semelhanças entre si. Percebe-se que o mapa do canal do K é bem dividido em três segmentos. São observados a leste e oeste altos valores do elemento, enquanto na porção central, destaca-se uma zona de baixos valores, onde melhor aparece a segmentação de trend NS. Esse fato pode estar sugerindo a presença de uma outra litologia com menos K, que as unidades presentes nas demais porções da bacia, não fornecendo grande contribuição do radioelemento para a zona central. O mapa do canal do U apresenta valores mais elevados a oeste que correspondem à segmentação mostrada no mapa do K e também regiões de altos valores a leste embora não divida a área em três segmentos como o mapa do K. Já no mapa do Th, a feição que mais chama a atenção é uma região de baixos valores que corresponde aos limites de alto/baixo K e alto/baixo U. Na parte leste, também ocorrem altos valores à semelhança do que se observa no mapa do K. O mapa de CT apresenta altos valores a oeste, correspondente com a segmentação NS observada nos mapas de U e K. Na porção a leste também se observam valores mais elevados, coincidindo com as anomalias positivas apresentadas pelos mapas do Th e K.

De acordo com o mapa de solos elaborado na escala 1:50.000, as unidades de borda da área foram cartografadas, tanto a nordeste como a sudeste como afloramento rochoso. Por outro lado, a porção central foi cartografada, principalmente, como argissolos (70% da BHRSD) e ao longo dos cursos de água como gleissolos. Contudo, não se observa correlação entre as unidades de solo e a segmentação observada nos mapas radiométricos. No MDT, os níveis de cinza mais escuros referem-se às porções mais elevadas do terreno sobre o qual adicionou-se o layer de drenagens. Este modelo mostra acentuadamente a planície aluvionar do rio São Domingos, que de acordo com o mapa de solos encontra-se associada uma classe de solo, o Gleissolo. Comparando o MDT com o mapa de solos, observa-se que as áreas de altos topográficos são justamente as áreas que aparecem no mapa de solos como afloramento rochoso. Nos mapas radiométricos, principalmente o Th exibe valores mais elevados. As áreas de depressão, com exceção das porções a montante (para o K e o U) e jusante (para o Th e o K) do rio São Domingo, são as que apresentam valores mais reduzidos dos três radioelementos, acentuando-se mais o canal do K. Na porção a montante e a jusante do da BHRSD, observa-se um incremento do elemento K. Supõe-se que essas anomalias positivas sejam provenientes da contribuição do K da rocha mãe e de materiais oriundos de transporte e deposição do elemento.

Os mapas radiométricos indicam um elevado grau de intemperismo, com atividades mais intensas na zona central da BHRSD. A imagem do K mostra baixos valores do elemento na porção central. Isto sugere forte lixiviação. Segundo Dickson e Scott (1997) a geomorfologia e o intemperismo numa determinada área exercem um papel importante na distribuição das concentrações dos radioelementos na superfície. De acordo com Wilford et al. (1997), o radioelemento K é geoquimicamente móvel e solúvel na maioria das condições de intemperismo, o que indica que esse radioelemento pode estar sendo lixiviado para maiores profundidades por fluxo superficial. No entanto para uma melhor interpretação dos radioelementos no solo, é necessário que haja um entendimento maior dos processos intempéricos locais. A integração com os dados fisiográficos permitiu estabelecer o papel de cada fator na distribuição dos radioelementos na BHRSD fato esse que contribuirá para um monitoramento de áreas agrícolas, visto que o município de São José de Ubá é o terceiro maior produtor de tomates do estado do Rio de Janeiro, com vistas a otimizar recursos, por meio de um melhor manejo de adubos, bem como proteger o meio ambiente. No entanto, devido à ausência de informações mais detalhadas dos fatores físico-químicos, não foi

possível correlacionar com maior precisão a presença de zonas de diferentes situações intempéricas na área.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade de Brasília (IG/LGA) e a CAPES, que possibilitaram os meios acadêmicos e econômicos; a CPRM, DRM e Embrapa (PRODETAB), pelos dados cedidos.

Citações e Referências

Becegato, V. A.; Ferreira, F. J. F. Gamaespectrometria, resistividade elétrica e susceptibilidade magnética de solos agrícolas no noroeste do estado do Paraná. **Rev. Bras. Geofísica**, v.23, 4:371-405, 2005.

Blum M. L. B. 1999. *Processamento e Interpretação de Dados de Geofísica Aérea no Brasil Central e sua Aplicação à Geologia Regional e à Prospecção Mineral*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 380 p.

Dantas M. E. 2000. *Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro*. In: Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Brasília. CPRM. Ministério de Minas e Energia. 59p.

Dickson, B. L.; Scott, K. M. Interpretation of aerial gamma-ray surveys- adding the geochemical factors. **AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics**, 17:187-200, 1997.

Kogan, D. B., Nazarov I. M, Fridman S. D. *Gamma-Spectrometry of Natural Environmentes and Formations. Theoty of the Method Applications to Geology and Geophysics*. Atomizdat, Moskva (Reprindet in English in Israel Program for Scientific Translations). Jerusalém, 1971, 337 p. 1969.

Lumbreras J. F.; Naime, U. J.; Motta, P. E. F.; Palmieri F.; Carvalho Filho A. de.; Baruqui A. M.; Calderano S. B.; Fidalgo E. C. C.; Moreira D. M.; Abreu M. B. de. Solos da Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos, Municípios de São José de Ubá e Itaperuna – RJ. 2005. In: workshop de integração de informações obtidas no âmbito do projeto prodetab aquíferos, Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1 CD ROM.

Nascimento, C.T.C. do.; Pires, A. C. B.; Moraes, R. A. V. de. Reconhecimento de solos por meio de resistividade elétrica e radiação gama. **Rev. Bras. Geociências**, v. 34, 3:383-392, 2004.

Rebello A. M. A. de. 2000. Processos supergênicos na distribuição de radônio em paisagens tropicais úmidas. Curitiba. Tese (Doutorado em Geologia), Universidade Federal do Paraná, 209 p.

Santos, A. C. L. Gamaespectrometria aplicada ao estudo de áreas agrícola. 212 p. (UnB-223). Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade de Brasília, Brasília. 2007.

Silva Filho, R. S. Metodologias de investigação da potencialidade de aquíferos Fraturados Bacia do Rio São Domingos – RJ. 62 p. Monografia (Graduação em Geologia) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2005.

Souza, J. L. Anomalias aerogamaespectrométricas (K, U e Th) da quadrícula de Araras (SP) e sua relação com processos pedogenéticos e fertilizantes fosfatados. 1998. 218 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Paraná.

Thiessen, K. M.; Thorne, M. C.; Maul, P. R.; Prohl, G.; Wheeler, H. S. Modelling radionuclide distribution and transport en the environment. **Elsevier, Environmental Pollution**, 100:151-177, 1999.

Vasconcellos, R. M.; metelo, M. J.; Motta, A. C.; Gomes, R. D. Geofísica em levantamentos geológicos no Brasil. Rio de Janeiro, CPRM, 1994. 172 p.

Vaz, C. M. P.; Naime, J. M.; Macedo, A. Soil particle size fractions determined by gamma-ray attenuation. **Soil Science**, Baltimore. 6:403-410, 1999.

Wilford J.R.; Bierwirth, P. N.; Craig, M. A. Application of gamma-ray spectrometry in soil/regolith mapping and geomorphology. **AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics**, 17:201-216, 1997.