



# Integração de dados aerogamaespectrométricos em ambiente SIG com dados fisiográficos da bacia hidrográfica do rio São Domingos, noroeste do estado do Rio de Janeiro.

Andréa C. L. Santos, IG/UnB  
Paulo T. L. Menezes, DGAPFGel/UERJ- PETROBRAS  
Carlos T. C. Nascimento, ELETRONORTE

Copyright 2009, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 11<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, August 24-28, 2009.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 11<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

## Abstract

In the present work we show the results of an airborne gamma-ray data and physiographic data integration in the Northwestern portion of Rio de Janeiro State. The studied area is characterized by small properties with a low-level technological agriculture soil handling techniques. Our results show that weathering processes may control the isotopes distribution in the region.

## Resumo

O escopo deste trabalho consistiu na integração dos dados de gamaespectrometria aérea, em ambiente SIG, com dados fisiográficos da Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos, localizada no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Essa região é caracterizada por pequenas propriedades com agricultura familiar de baixo nível tecnológico de manejo do solo. Os resultados indicam a atuação de processos intempéricos na distribuição dos rádios-elementos na região.

## Introdução

A Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos (BHRSD), afluente do rio Muriaé pertencente ao complexo do rio Paraíba do Sul, possui uma área aproximada de 280km<sup>2</sup>. Cerca de 90% da bacia de drenagem do rio São Domingos localiza-se no município de São José de Ubá e os outros 10% no município de Itaperuna (Figura 1). A região noroeste do estado do Rio de Janeiro, no qual abrange a (BHRSD) é a que apresenta os menores índices de desenvolvimento no estado do Rio de Janeiro, caracterizando-se, do ponto de vista fundiário, por pequenas propriedades rurais, sendo a agricultura irrigada apontada como uma solução em longo prazo para expansão da economia e fixação do homem na terra. Na área, comumente ocupada por agricultura familiar, de baixo nível tecnológico de manejo, são escassas as práticas de conservação apropriadas à realidade local, ocasionando acelerada degradação dos recursos naturais (PRODETAB, 2003).

O escopo do presente trabalho consistiu na integração dos dados de gamaespectrometria aérea em ambiente de sistema de informação geográficas com dados de geologia, solos, hidrografia, uso do solo e geomorfologia.

## Dados de Gamaespectrometria Aérea

Os dados aerogamaespectrométricos utilizados são provenientes do Projeto São Paulo-Rio de Janeiro, área Rio de Janeiro, executado pela ENCAL S.A para o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). 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 compreendem parte do estado do Rio de Janeiro. O processamento realizado pela CPRM a época do levantamento consistiu na aplicação das correções de altura, de background, e do efeito Compton. Com o objetivo de interpretáveis os dados de gamaespectrometria aérea foi utilizada uma série de procedimentos (Santos, 2007), com base em software utilizado para processamento de dados aerogeofísicos (Figura 2).

## Contexto Geológico

No contexto geológico local (Figura 3), com exceção dos depósitos sedimentares cenozóicos argilo-arenosos que constituem os aluviões dos principais mananciais de água, dos corpos intrusivos básicos mesozóicos e outros de idade duvidosa, as associações litológicas presentes na BHRSD constituem exposições de um embasamento cratônico de idade Pré-Cambriana (Silva Filho, 2005). Segundo mesmo autor, a unidade São José de Ubá representa o tipo litológico predominante na área de estudo, disposto em extensas faixas de direção SW-NE, intercalado por contatos gradacionais e/ou bruscos com outras litologias. As rochas que constituem esta unidade são granulitos a hiperstênio, pertencentes à fácies granulito de metamorfismo regional. Tais rochas sofreram recristalização metamórfica total ou quase total. Mineralogicamente, os granulitos são constituídos por andesina, quartzo, ortoclásio micropertítico, hiperstênio, hornblenda e biotita. Nos tipos noríticos pode aparecer diopsídio.

## Contexto Pedológico

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 (Figura 4). Nas regiões de baixadas, foram identificados gleissolos (15%) nas partes mais baixas e planossolos (1%) e cambissolos (5%) 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 (2%) à medida que o relevo fica mais acentuado. Os argissolos vermelhos e vermelho-amarelos compreendem a cerca de 70% da área da BHRSD.

### Uso e cobertura do solo

O recente mapeamento elaborado por Fidalgo e Abreu (2005) classifica a BHRSD como área predominantemente utilizada para pastagem (Figura 5) Essa região apresenta insuficiência de oferta hídrica nos períodos de baixa precipitação, resultado do processo desordenado de ocupação das terras, caracterizado pela retirada da cobertura vegetal original e sua substituição por sucessivos ciclos de cultura. Atualmente, a cobertura vegetal encontra-se bastante reduzida, sendo a maior parte do solo ocupado por pastagens, o que associado às elevadas amplitudes de relevo, às vertentes íngremes e aos alinhamentos serranos tornam a região mais suscetível a erosão.

### Clima

De acordo com dados das estações pluviométricas de Santo Antônio de Pádua e Itaperuna, as mais próximas do município São José de Ubá, dezembro apresenta-se como o mês mais chuvoso com precipitações na média de 288,8mm e 247,5mm para Santo Antônio de Pádua e Itaperuna, respectivamente. O período mais seco compreende dos meses de abril a setembro, com os meses de julho e agosto marcados por intensa estiagem (Cézar, 2001). A Figura 6 apresenta o balanço hídrico para a bacia hidrográfica do rio São Domingos, com dados da série histórica de 1960-1990 das estações de Itaperuna e Santo Antonio de Pádua. Em períodos de secas observa-se vazão quase nula nos córregos, conseqüência da baixa precipitação na região somado ao manejo inadequado dos recursos hídricos, como barramentos para captação de água para o cultivo do tomate, o que acaba induzindo perdas significativas por evaporação direta. As mudanças na oferta hídrica têm deixado o município numa situação extrema de escassez hídrica, acentuando os períodos de estiagem, a migração de nascentes e levando ao desaparecimento de pequenos rios intermitentes.

### Geomorfologia

A unidade geomorfológica que predomina na região é a Depressão Interplanáltica com alinhamentos serranos do N-NE 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 (Dantas, 2000). Esse relevo colinoso caracteriza-se por uma extensa depressão marginal compreendida entre os terrenos elevados interiores. O Modelo Digital do Terreno

para parte do noroeste fluminense, com destaque para a BHRSD, mostra o contraste do relevo característico da área (Figura 7).

### Resultados

Um aspecto comum aos mapas dos quatro canais radiométricos apresentados é a existência de zona de baixos valores radiométricos na porção central da BHRSD. Associa-se essa diminuição das contagens radiométricas à provável existência de regiões onde predominem condições climáticas favoráveis a lixiviação desses elementos dos solos e rochas (intemperismo químico). A falta de correlação dos elementos radiométricos com o mapa geológico e o mapa de solos, é um fator que corrobora essa interpretação. De acordo com Wilford *et al.* (1997), o intemperismo conduz a perda de K em todos os tipos de rochas e para as félsicas, perdas também para U e Th.

Um dos aspectos importantes da existência de condições físico-químicas de forte intemperismo é a possível geração de solos mais pobres em nutrientes. A integração do *layer* das áreas ocupadas por lavouras (Fidalgo e Abreu, 2005) com o mapa radiométrico do K (Figura 8), mostra que parte significativa dos cultivos está concentrada nas áreas de baixos a médios teores de K, associadas, nesse estudo a uma possível zona de forte lixiviação de nutrientes do solo. Tal fato foi comprovado com medidas gamaespectrométricas em lavoura da região (santos *et al.*, 2008). Isto poderia ser uma das explicações para a necessidade da aplicação de grande quantidade de insumos agrícolas lançados anualmente nas culturas da região (Cézar, 2001).

A comparação dos contatos litológicos com os mapas radiométricos permitiu estabelecer uma baixa correlação dos radioelementos com as unidades geológicas (Figura 9, A-D) 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. 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.

A superposição dos mapas radiométricos com o mapa de solos elaborado por Lumberas *et al.* (2006) (Figura 10, A-D) não permite estabelecer 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 corroboraria essa interpretação.

Visualmente, o MDT é o que apresenta melhor correlação com os mapas radiométricos (Figura 11, 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. Observa-se que a BHRSD se desenvolveu em um grande vale, ladeada

por duas regiões mais elevadas nos limites sudeste e noroeste. A serra noroeste apresenta uma porção descontínua, sendo interrompida na porção central por uma zona de baixo topográfico. No limite sudeste da bacia, a serra apresenta uma porção contínua. Comparando com o mapa radiométrico do Th, observa-se que são justamente as áreas com valores mais elevados do radionuclídeo. Sendo assim, o mapa do Th informa a presença marcante do elemento nas áreas de topografia alta, localizadas essencialmente nas porções nordeste e sudeste da BHRSD.

A análise do mapa de K proporciona a observação de anomalias positivas em áreas à montante e à jusante do rio São Domingos, o que pode ser explicado, devido ao 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, o que aumenta sua concentração próxima à superfície. 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.

## 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.

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 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.

Uma vez que os mapas radiométricos não apresentam forte correlação com a geologia e pedologia associou-se as variações observadas nos canais radiométricos a atuação de processos intempéricos na região, em especial na zona central da BHRSD, onde os processos de lixiviação ocasionaram um forte decréscimo nos teores de radio-elementos. Estudos geofísicos,

geológicos e geoquímicos de detalhe são necessários para corroborar a presente interpretação.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade de Brasília (UnB) e a CAPES, que possibilitaram os meios acadêmicos e econômicos; a CPRM e Embrapa Rio, pelos dados cedidos.

## Referências

**Cézar L.** 2001. Horticultura do tomate e a Organização do Território em São José de Ubá – Noroeste Fluminense. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 135 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.** 1997. Interpretation of Aerial Gamma-ray Surveys- Adding the Geochemical Factors. AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics, 17:187-200. Embrapa, 1999

**Fidalgo E. C. C., Abreu M. B. de.** 2005. Uso de Imagens ASTER para o Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos, RJ. In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, INPE, p. 3747-3753.

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

**PRODETAB.** 2003. Planejamento Conservacionista das Terras e Modelagem Preditiva de Sistemas Aquíferos do Cristalino para a Recarga Hídrica em Bacias Hidrográficas de Relevo Acidentado. Projeto PRODETAB AQUIFEROS – CÓDIGO 087-02/01

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

**Santos, A. C. L.** 2007. Gamaespectrometria aplicada ao estudo de áreas agrícola. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 212 p.

**SANTOS, A. C. L., MENEZES, P. T. L., Nascimento, C. T. C.** 2008. Gamaespectrometria aplicada em solo agrícola no noroeste do estado do rio de janeiro. Revista Brasileira de Geofísica, 26: 181-194.

**Wilford J. R., Bierwirth P. N., Craig M. A.** 1997. Application of gamma-ray spectrometry in soil/regolith

mapping and geomorphology. AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics, 17:201-216.



Figura 1. Mapa de localização da BHRSD.

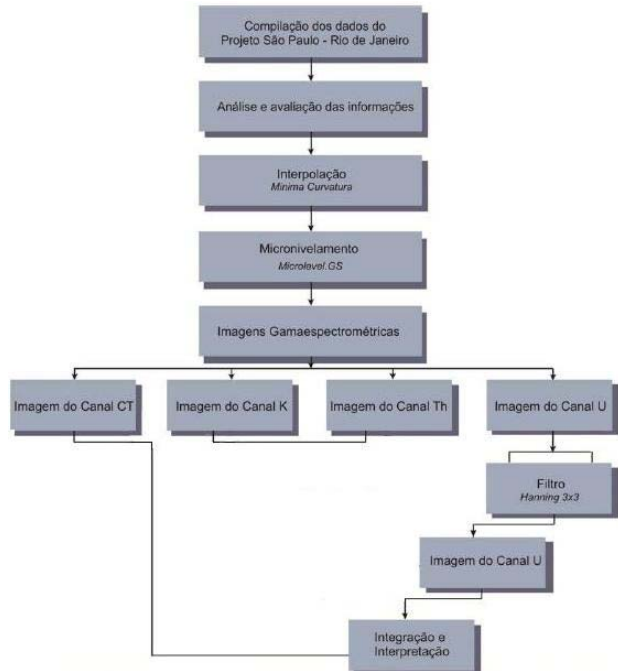


Figura 2. Fluxograma das etapas de processamento dos dados aerogamaespectrométricos.

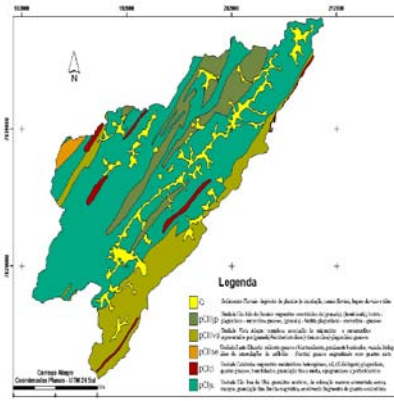


Figura 3. Mapa geológico da BHRSD. Modificado de DRM (2004).

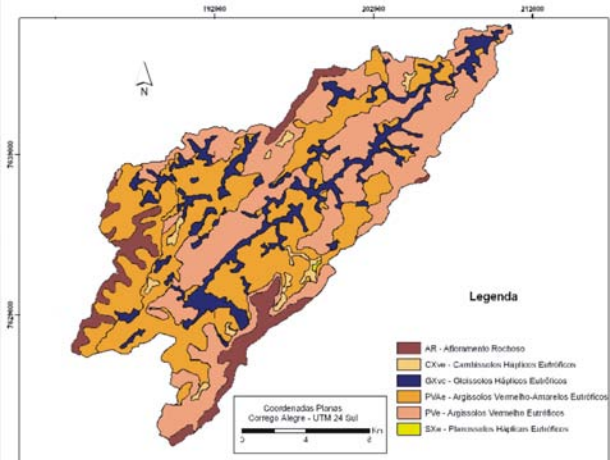


Figura 4. Mapa de solos desenvolvidos na BHRSD. Modificado de Lumberras *et al.*(2006).

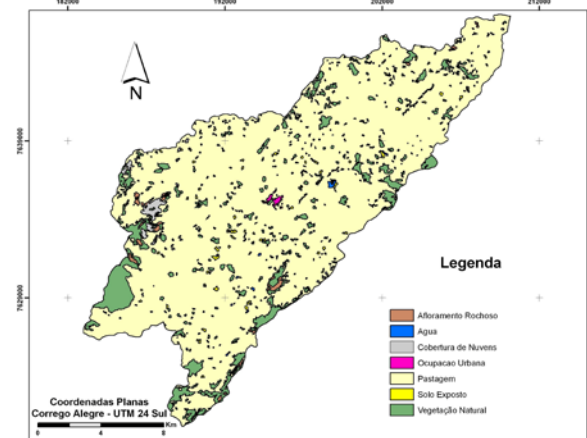


Figura 5. Mapa de uso e cobertura do solo para a BHRSD. Modificado de Fidalgo & Abreu (2005).



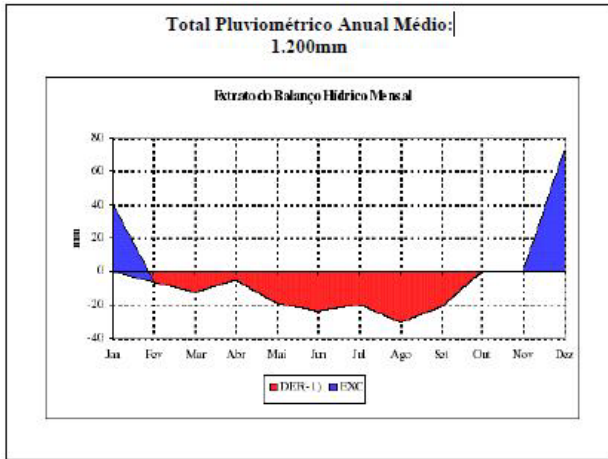


Figura 6. Balanço hídrico para a Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos. Fonte: Modificado de Gonçalves *et al.* (2006).

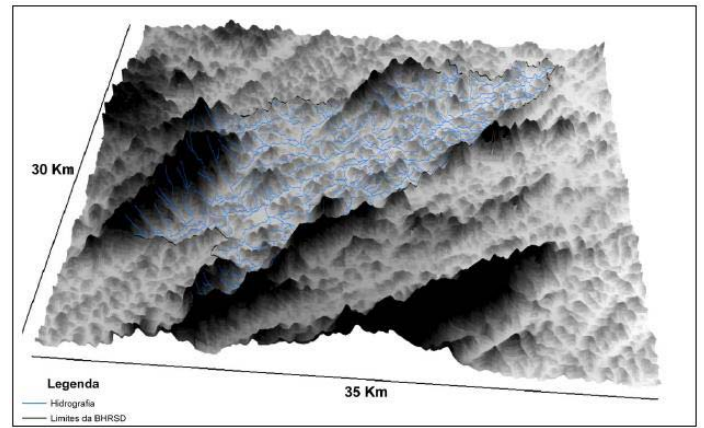


Figura 7. MDT do Noroeste Fluminense com destaque para a Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos. Imagem SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com resolução de 90 metros. Modificado de EMBRAPA (2007).

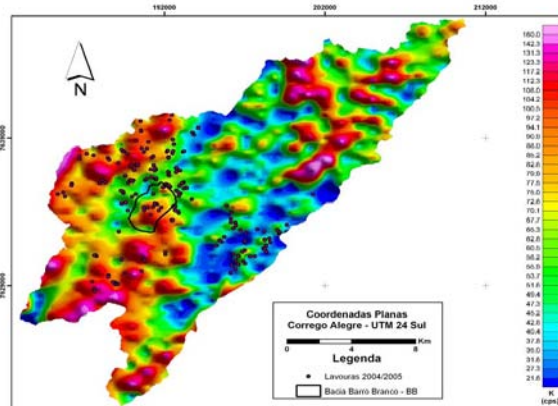


Figura 8. Mapa do canal do K com layer de plantações.

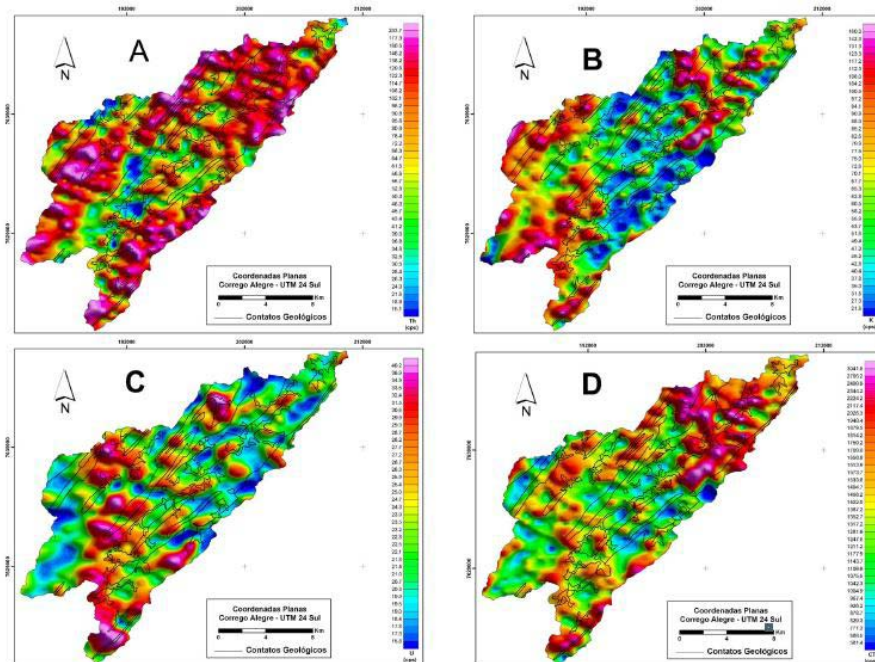


Figura 9. Sobreposição dos contatos litológicos com o mapa do Th (A); do K (B); do U (C) e de CT (D), para a BHRSD.

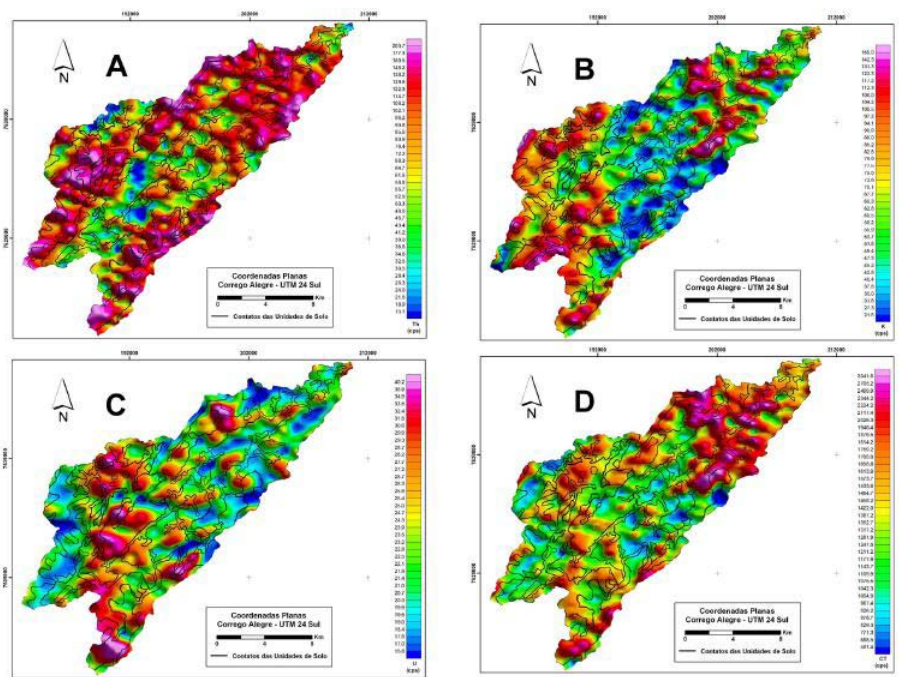


Figura 10. Sobreposição dos contatos das unidades de solos com o mapa do Th (A); do K (B); do U (C) e de CT (D), para a BHRSD.

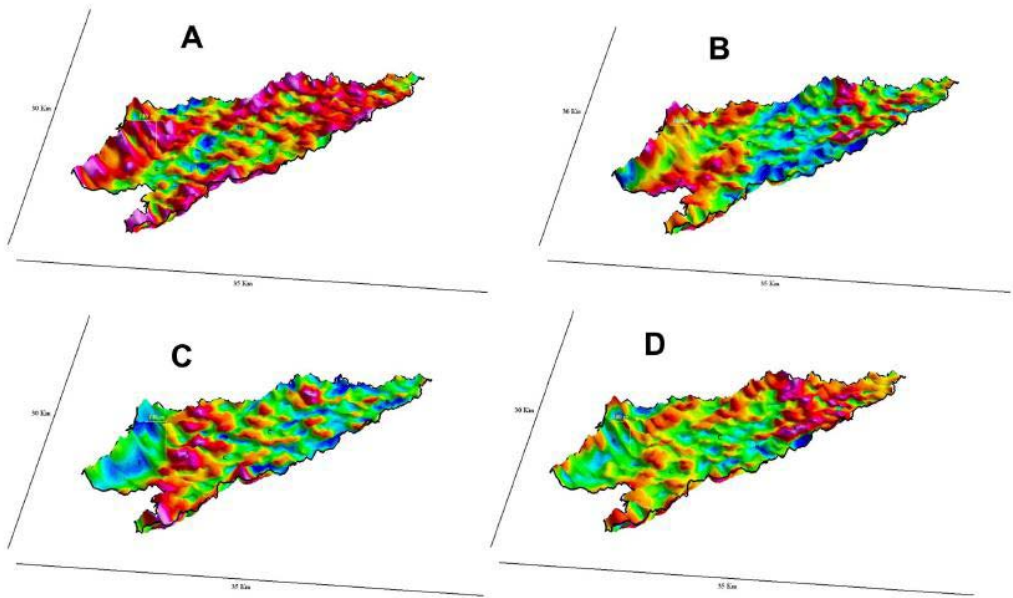


Figura 11. Sobreposição da imagem radiométrica do Th (A); do K (B); do U (C) e da CT (D) com o MDT, para a BHRSD.