

## Análise da concentração de radioelementos em relevos do norte de Goiás por meio de sensoriamento remoto e aerogamaespectrometria

Bruno Leonardo Gonçalves e Castro, Adriana Chatack Carmelo, Augusto César B. Pires - Universidade de Brasília (UnB)

Copyright 2012, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

*Este texto foi preparado para a apresentação no V Simpósio Brasileiro de Geofísica, Salvador, 27 a 29 de novembro de 2012. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do V SimBGF, mas não necessariamente representa a opinião da SBGF ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGF.*

### Resumo

O presente estudo teve como objetivo verificar algumas formas de relevo da região norte do estado de Goiás e sua relação com os radioelementos K, Th e U, por meio de dados de sensoriamento remoto e aerogamaespectrometria. O conceito de classificação de superfície regional de aplainamento norteou a identificação das formas de relevo em estudo. Foi verificado que a mobilidade dos radioelementos apresenta relação com a altimetria como já previsto na literatura, mas suas concentrações também variam em função das diferentes formas de relevos denudacionais em estudo.

### Introdução

Na natureza existem mais de cinquenta isótopos radioativos instáveis, mas devido a sua raridade, escassez ou baixa radioatividade emitida, os elementos que mais se destacam para a investigação do fenômeno são: urânio ( $^{238}\text{U}$ ), tório ( $^{232}\text{Th}$ ) e potássio ( $^{40}\text{K}$ ) (IAEA, 2003).

A radiação gama é detectada na superfície da Terra a partir do processo de desintegração de elementos radioativos ou radioelementos. Esse fenômeno ocorre devido à instabilidade do núcleo do átomo que libera energia a partir de emissões de partículas alfa e/ou beta e de radiação gama (IAEA, 2003).

Os levantamentos gamaespectrométricos detectam radiação gama dos primeiros 30 cm de solo e indiretamente são obtidas variações da geoquímica referente aos radioelementos. Nessa porção mais superficial, os efeitos do intemperismo podem promover perda de K em todos os tipos de rochas, já que esse radioelemento é mais solúvel. Com as ações dos processos de intemperismo físico e químico, os radioelementos presentes nos minerais das rochas podem se tornar instáveis quimicamente ou podem ser fragmentados. Tal fato, facilita a redistribuição destes elementos no ambiente e onde poderão ser incorporados ao regolito. Quando ocorre diferenças entre as fontes dos radioelementos e do regolito, é devido a reorganização textural e geoquímica que acontece no perfil de intemperismo (WILFORD *et al.*, 1997).

Também, quanto às formas em diferentes tipos de relevo, as concentrações de K, Th e U podem aparecer diferentes.

A área de estudo está localizada no quadrante norte do estado de Goiás (Figura 01), entre as coordenadas  $47^{\circ}43'15,599''\text{W}$  -  $13^{\circ}23'41,264''\text{S}$  e  $47^{\circ}6'56,126''\text{W}$  -  $13^{\circ}48'23,305''\text{S}$ , que abrangem os municípios de Cavalcante, Teresina de Goiás, Nova Roma e Monte Alegre de Goiás. Foram analisadas seis áreas amostrais e identificadas seis Superfícies Regionais de Aplainamento (SRAs), das quais se destacam as seguintes formas: relevos tabulares, morros, inselbergs e colinas. Foi verificada a relação destas formas com as concentrações de K, Th e U a partir de dados de gamaespectrometria aérea e sensoriamento remoto.

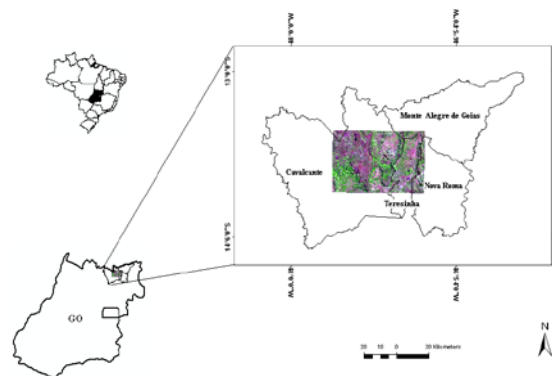


Figura 1 – Área de estudo.

O mapeamento geomorfológico de Goiás apresenta uma classificação com vários níveis com as seguintes categorias dominantes: Sistemas Agradacionais e Sistemas Denudacionais. Esses Sistemas Denudacionais são subdivididos em sete formas associadas às Superfícies Regionais de Aplainamento (SRA's): Zonas de Erosão Recuante, Morros e Colinas, Hogbacks, Formas Dômicas, Braquianticlinais, Pseudo-domos e Relevos Tabulares (GOIAS, 2005; CARVALHO e BAYER, 2008). As unidades agradacionais são quatro: Planícies Fluviais, Planícies Fluviais Meandriiformes, Terraços e Lacustres (GOIÁS, 2005; CARVALHO e BAYER, 2008). As SRA's foram classificadas em quatro unidades, a partir da altimetria como critério principal e as cotas variando de 250 m a 1600 m (Figura 02).

SRA – Superfície Regional de Aplainamento	Cotas altimétricas (m)
SRA I	1250-1600
SRA II A	900-1250
SRA II B-RT	900-1000
SRA II C	750-1000
SRA III A	550-850
SRA III B-RT	550-750
SRA III C	550-750
SRA IV A	500-400
SRA IV B	500-550
SRA IV C1	250-400
SRA IV C2	250-400

Figura 2 – Compartimentação altimétrica das Superfícies Regionais de Aplainamento de Goiás (CARVALHO e BAYER, 2008).

### Metodologia/ Problema Investigado

Os dados do projeto *The Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) referente a área de estudo foram adquiridos por meio do projeto Topodata (VALERIANO, 2009). Os dados selecionados foram declividade e altitude, em formato GeoTiff, da Folha 13S48.

Os dados aerogamaespectrométricos (canais potássio, tório, urânio e contagem total) são do projeto “Levantamento Aerogeofísico do Estado de Goiás, Paleo-Neoproterozóico do Nordeste de Goiás”, os quais foram pré-processados e processados a partir do *software Oasis Montaj*, versão 7.1.1, *Geosoft*®.

O recorte das imagens SRTM foi realizado a partir do *software* ENVI 4.8®, de acordo com a definição da área de estudo.

Os valores do banco de dados gamaespectrométrico, foram ajustados segundo análise estatística dos teores de K, eTh e eU, tendo como referência os teores apresentados para as rochas da crosta australiana (DICKSON E SCOTT, 1997). Esse procedimento foi realizado no *software Oasis Montaj*, versão 7.1.1, *Geosoft*®.

Após a verificação preliminar dos dados gamaespectrométricos, segundo informações das litologias que constituem a área de estudo, foi estabelecido que as concentrações dos radioelementos fora da faixa aceita seriam modificadas. Esse procedimento foi efetuado a partir da divisão dos dados por  $\frac{1}{2}$  ou  $\frac{1}{4}$  do desvio-padrão apresentado pelos dados de cada radioelemento, a fim de ajuste aos valores de referência, sem perda de informações relevantes. Os valores negativos que constituíam o banco de dados foram excluídos da amostra, considerando-os *dummies*.

Após a análise dos valores dos radioelementos foram gerados mapas e *grids*, resultantes da análise estatística, e produtos como a composição colorida RGB/ K eTh eU.

Os dados aerogamaespectrométricos foram exportados e convertidos para o formato *raster* e padronizados com projeção e datum (UTM/SAD 69), a partir do *software*

ENVI 4.8, *ERSI*®. Também, foi realizada extração de regiões de interesse e análise estatística de seis áreas de amostragem.

Para analisar as relações entre as formas de relevo e os dados gamaespectrométricos, foram utilizadas as imagens gamaespectrométricas e SRTM com o intuito de aplicar um modelo digital de terreno como etapa preliminar de integrar as duas informações. Esse procedimento foi elaborado no *software* ENVI 4.8, *ERSI*® como também a construção dos perfis para identificação das formas de relevo e sua correspondente altimetria, e como a confecção dos gráficos de dispersão.

Após a seleção de seis regiões de interesse (ROI's), foram verificadas as médias das concentrações dos radioelementos e suas relações com as SRA's. Para a normalização dos valores dos radioelementos foi utilizada a função *standardize* do *software* Minitab®.

### Resultados

Foram analisadas seis áreas amostrais, e identificadas seis SRA's, de acordo com a classificação de Carvalho e Byer (2008) (Figura 03). Mas, quanto à forma de relevo, foram verificadas as formas colinas, morros, formas tabulares e inselbergues. Essas apresentaram características distintas quanto à distribuição dos radioelementos, o que indica a mobilidade dos mesmos diante dos processos de movimentação do regolito no relevo.

A área amostral 1 (Figura 4a) constitui colinas com maior presença de eTh (3,067) onde o relevo em análise foi identificado como SRAIIC. Os gráficos de dispersão evidenciaram maior dispersão entre o eU-K e o eTh-K. O eTh-eU apresentou características de comportamento linear. Verifica-se uma população no gráfico de dispersão de Declividade - Altimetria de amostras que concentram seus valores em torno de 800 m e declividade em torno de 5°.

A área amostral 2 (Figura 4b) possui formas tabulares identificada com a classe SRAIIA onde é maior a concentração de eTh (2,826). O comportamento dos dados K-eTh e eU-eTh a partir dos gráficos de dispersão, são similares em sua forma e na concentração dos valores médios de K. As amostras do gráfico de dispersão eU-eTh tende ao comportamento linear. O gráfico de dispersão Declividade - Altimetria apresenta duas populações com cotas de 800 m a 1100 m e declividade na faixa de 4° a 8°.

A área amostral 3 (Figura 4c) caracterizada também por colinas e concentrações de eTh (4,476) e K (4,352) muito próximas de suas médias e foi identificada como SRAIVA. O comportamento dos gráficos de dispersão entre K-eTh e eU-eTh são semelhantes, tendendo a um ajuste linear. O gráfico eU-K é o mais disperso. Verifica-se também que no gráfico de dispersão da Declividade - Altimetria há duas populações de amostras que concentram valores na faixa de 400 m a 700 m e declividade entre 3° a 10°.

A área amostral 4 (Figura 4d) foi identificada como inselbergs constituindo maiores concentrações de eTh (3,354) e definida como SARA IIA apresentando maior dispersão das amostras eU-K e eU-eTh sendo que o gráfico K-eTh as amostras tendem a distribuição normal. O gráfico de Declividade - Altimetria concentra uma população com baixos valores de declividade (0 - 4°) e altimetria (350 m a 500 m).

A área amostral 5 (Figura 4e) apresenta relevo com presença de morros que possuem maiores concentrações de K (2,838) e foi definida como SRAIIB. As amostras de dispersão dos gráficos de K-eTh, eU-K e eU-eTh tendem a distribuição com maior ajuste no gráfico K-eTh. Os valores das amostras do gráfico de Declividade - Altimetria apresentam dispersão de valores que varia entre 500 m a 1200 m e declividade com forte inclinação, podendo atingir até 50°.

A área amostral 6 (Figura 4f) possui maiores concentrações de K (1,792), o relevo possui colinas identificadas como SRAIVC. Quanto aos gráficos de dispersão, verificou-se que as amostras do gráfico K-eTh tendem a simetria e há maior dispersão nos gráficos de eU-K e eU-eTh. O gráfico de Declividade - Altimetria possui uma população que concentra amostras com 0°-4°, de declividade, e a faixa de altimetria entre 350 m a 400 m.

### Discussão e Conclusões

Foi verificado que as áreas amostrais 5 e 6 constituem relevos com morros e colinas e apresentam maiores concentrações de K. A maior concentração desse elemento está em relevos mais rebaixados e pode ser observada na figura 3 como áreas de colinas. Isto é explicado devido à mobilidade do potássio em áreas com relevos mais suaves que são formados por processos de deposição.

O urânio apresenta maior presença na área amostral 1 em forma de relevo identificada como colina. Em outras formas de relevo, o urânio obteve baixas concentrações. Devido à baixa mobilidade química apresentada pelo tório, a área analisada mostra baixas concentrações desse por ser uma região bastante desgastada por processos erosivos.

O tório esteve presente, em maiores concentrações, nas áreas amostrais 1, 2, 3 e 4 especificamente em colinas, formas tabulares e *inselbergs*. Nas duas últimas, foi previsto a presença desse radioelemento devido a sua baixa mobilidade. Entretanto, sua presença em áreas de colinas pode também estar associada aos processos de erosão muito antigos, de idade paleoproterozóica (DARDENNE *et al.*, 1999; MARTINS, 1999).

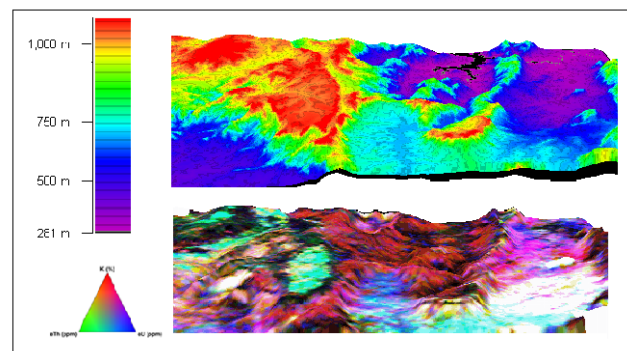


Figura 3 – Modelo Digital de Terreno (MDT) com sobreposição de imagem aerogamaespectrométrica composição colorida RGB/ K, eTh, eU.

Os relevos de morros e inselbergs tendem a concentrar maiores teores de K. Os radioelementos apresentam comportamento associados aos processos de mobilidade conforme a altimetria, como já verificado na literatura. Mas foi observado que suas concentrações podem variar com as formas de relevos denudacionais.

Seria relevante o desenvolvimento de estudos que investiguem as relações entre outras formas de relevo e suas assinaturas aerogamaespectrométricas, pois padrões associados poderão ser identificados possibilitando novas análises de classificação geomorfológica associada à geoquímica dos radioelementos na região.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de doutoramento concedida, e ao Serviço Geológico Brasileiro – CPRM pela disponibilização dos dados aerogamaespectrométricos.

### Referências

- CARVALHO, T.M.D.; BAYER, M. 2008. Utilização dos produtos da "Shuttle Radar Topography Mission" (SRTM) no Mapeamento Geomorfológico do Estado de Goiás. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 9, n. 1, p. 35-41.
- DARDENNE, M.A. 2000. The Fold Belt. In: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D.A. (eds.). *Tectonic Evolution of South America*. 31<sup>st</sup> Int. Geol. Congr., Rio de Janeiro, p. 231-263.
- DICKSON, B.L.; SCOTT, K.M. 1997. Interpretation of aerial gamma-ray surveys adding the geochemical factors. *AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics*, v. 17, n. 2, p. 187-200.
- GOIÁS. SECRETARIA DE INDÚSTRIA E COMÉRCIO. 2005. *Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás: Relatório Final*. Goiânia: [s.n.].

IAEA, INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. 2003. Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometric data. [S.l.]: IAEA, 179 p.

VALERIANO, M.M.; ROSSETTI, D.F.; ALBUQUERQUE, P.C.G. 2009. Topodata: desenvolvimento da primeira versão do banco de dados geomorfométricos locais em cobertura nacional. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal-RN: INPE. Anais, p. 1-8.

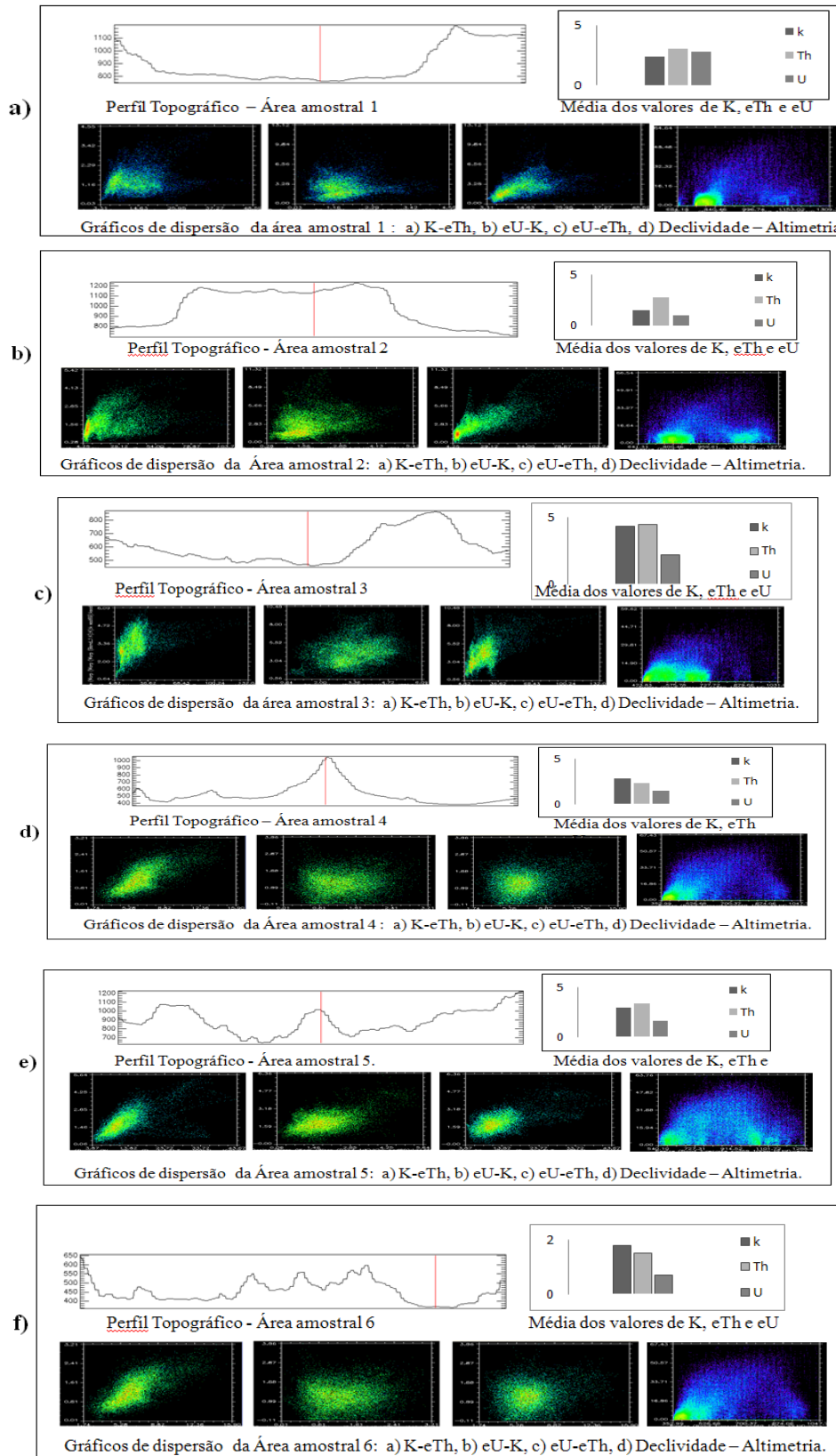


Figura 4 – Perfil topográfico, gráficos de valores das médias de concentração dos radioelementos e gráficos de dispersão.