



Detecção e Extração de Lineamentos Locais (Sujeitos ao Controle Estrutural Regional) de Imagens de Relevô, Derivadas de Dados da SRTM.

Jaime R. Anazco*, Bolsista-DCR/CNPQ-FAPEMAT/DRM/ICET/UFMT, BRAZIL
Rúbia Ribeiro Viana, DRM/ICET/UFMT, BRAZIL

Copyright 2009, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 11th 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 11th 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 this work, it was introduced a new method to identify and to extract local lineaments, controlled by structural regional lineaments derived of SRTM system satellite radar data. Its based on azimuthal class specific parameterization. This approach introduces a textual reduction (class decrease for analysis) and an increase of the lineaments continuity in the curves portions, improving the resolution and delimitation of these lineaments, and also simplifying the extraction significantly.

Introdução

Os lineamentos estruturais, entendidos como resposta superficial a evolução tectônica da crosta, mostram padrões relativamente complexos devido a sobreposição de efeitos de diferentes épocas, profundidades e escalas dos processos crustais. Por isso, estes lineamentos, nos produtos derivados de imagens de sistemas orbitais, apresentam descontinuidades, ondulações, dispersão azimutal, etc., que dificultam a sua defecção, extração e interpretação (Franzoni, 2005; Pressinotti et al., 1992).

A existência de lineamentos estruturais de escala regional ou continental, de padrões praticamente retilíneos, que é um reflexo da tectônica profunda, tem sido revelada ou confirmada com sucesso em mapeamentos produzidos a partir de dados espectrais e espaciais de sensores remotos, particularmente, devido a sua escala sinóptica tradicional (Ouattara et al., 2004). Hoje, com o incremento da resolução destes sensores é possível detectar feições estruturais locais que entendidas como anomalias estruturais locais, produziriam a falta de linearidade e continuidade dos lineamentos regionais. Anomalias estruturais que produzem estes efeitos são domos e depressões produzidos por corpos intrusivos e caldeiras vulcânicas, respectivamente, associadas a lineamentos locais quase-anelares e/ou radiais (Almeida e Pinheiro, 2007; Silva, 2007; Carvalho Junior et al., 2001).

Particularmente, lineamentos locais associados a certas anomalias estruturais, aparecem alinhados (controlados), em alguma proporção, com lineamentos ou tendências regionais da área, como acontece com alguns casos de

lentes de cisalhamento contidos em zonas de cisalhamento, nas proximidades de falhas transcorrentes, por exemplo, em Cunha (2007) e Carvalho Junior et al. (2001). Esse realinhamento poderia corresponder a um regime dúctil relativamente homogêneo ou próximo no tempo, tanto para o lineamento regional como para o lineamento local.

Produtos derivados das imagens de relevô, obtidas de dados de radar da SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) apresentam esses lineamentos locais numa escala de centenas de metros a dezenas de km, em agrupamentos do tipo seqüência de segmentos, segmentos paralelos, segmentos ou trechos semicirculares, etc. (Desidério et al., 2007; Cunha, 2007).

Existem vários métodos para visualizar e extrair lineamentos de imagens de sensores orbitais e estimar e modelar a suas propriedades, baseados em técnicas de contraste e de filtragem direcional de imagens espectrais (Monteiro et al., 2007), sombreadimento de relevô de imagens de radar (Roldan, 2007; Desidério et al. 2007; Valentim da Silva et al., 2007; Mike e Clark, 2005) ou de imagens integradas de diversos tipos (Valentim da Silva et al., 2007; Justo, 2006).

Neste trabalho, propõe-se um método para detectar e extrair esses lineamentos locais, que são controlados por um lineamento ou tendência regional, a partir de uma classe de lineamentos construída homogeneizando azimutes de lineamentos, no intervalo $\pm 45^\circ$ ao redor do azimute do lineamento regional.

O método é testado na área do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV), localizada na região norte do Estado de Goiás (14°S, 48°W; 14°30'S, 47°30'W). Esta área foi selecionada porque apresenta, confirmada por dados de campo e modelamento, uma zona de cisalhamentos, claramente controlada por uma tendência regional NE-SW (Carvalho Junior et al., 2001).

Objetivos

O objetivo desse trabalho é desenvolver um método para detectar e extrair lineamentos locais, levando em conta o controle estrutural de lineamentos ou tendências regionais sobre os mesmos, através de uma parametrização específica da variação azimutal. Isso irá permitir a construção de dois mapas, um de um de classe "estendida" para detectar os lineamentos e outro vetorial, que facilitará a indicação desses lineamentos. Esse método poderá ser útil na rápida confecção de mapas para dar suporte a trabalhos de campo.

Métodos

A metodologia utilizada nesta pesquisa foi desenvolvida através da realização das seguintes etapas:

1. Aquisição da *Imagem de Relevo da área de estudo* (IR) - Esta imagem, que apresenta o relevo de uma parte da área do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV), localizado na região norte do Estado de Goiás (14°S, 48°W; 14°30'S, 47°30'W), foi extraída do mosaico de imagens do Projeto Brasil em Relevo, produzido e disponibilizado via Internet, pela equipe da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA - monitoramento por Satélite. As imagens de relevo desse mosaico são o produto do processamento e remodelamento dos modelos digitais de elevação derivados de dados de radar, oriundos da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), uma parceria das agências espaciais dos Estados Unidos (NASA e NIMA), Alemanha (DLR) e Itália (ASI), realizada no 2000 (Miranda, 2005). Esta imagem tem uma resolução de 120m por 120m, compatível com a escala 1:100,000.

2. Confecção do *Mapa de Relevo Sombreado* (MRS) - obtido da imagem de relevo, por simulação direcional da iluminação solar (azimute e elevação solar de 360° e 30° respectivamente, com a função Analytical hillshading) e um incremento de contraste por equalização do histograma, que ao ressaltar a variação tonal das bordas (entre elas os lineamentos) das feições geomorfológicas do terreno, aproximadamente normais à direção de iluminação, facilita a detecção e visualização das feições lineares do relevo.

3. Confecção do *Mapa de Multiclasses* (MMC) – No MRS, os gradientes tonais são praticamente normais às feições lineares em cada ponto, a função Aspect, aplicada a este mapa, estima um mapa dos azimutes destes gradientes, onde as feições lineares podem ser identificadas como classes de azimutes, tendo assim o mapa de multiclasses azimutais.

4. Confecção do *Mapa de Classe Estendida* (MCE) - O MMC é um mapa de feições lineares classificadas por valores azimutais (de 0° a 360°). Para incluir os trechos curvos dos lineamentos locais, induzidos pela tendência estrutural da área, NE-SW, reclassifica-se o MMC, homogeneizando os azimutes dos lineamentos no intervalo $\pm 45^\circ$ ao redor NE-SW e zerando os azimutes restantes, criando-se assim, uma Classe única, que chamaremos de classe estendida.

5. Confecção do *Mapa de Indicadores de lineamentos* (MIL) - Segmentando o mapa de classe estendida em células de 1km x 1km, detectando e traçando segmentos com um comprimento mínimo de 6 "pixels" (800m), dentro de cada célula, construiu-se um mapa vetorial que assinala os lineamentos desses comprimentos em cada célula.

O processamento das imagens e produtos derivados foi feito com as funções Analytical hillshading e Aspect do módulo Surface, do (GIS) IDRISI (Clark University, 1992) e o MIL com programas de computador desenvolvidos pelos autores para este trabalho.

Resultados

O MRS (Figura 1) é um excelente visualizador dos lineamentos estruturais desta zona de cisalhamentos, justificado, por enquanto, pela alta similaridade entre as localizações das feições lineares e à dos traços azuis, digitalizados no MCE (Figura 3)

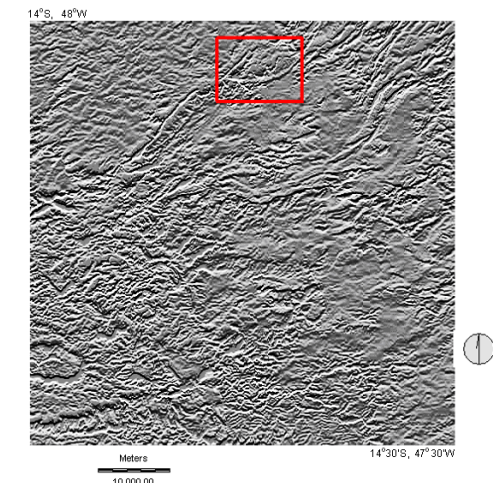


FIGURA 1: *Mapa de relevo sombreado* (MRS), obtido da imagem de relevo por simulação direcional da iluminação solar (azimute e elevação solar de 360° e 30°), correspondente área de estudo, Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV), localizado na região norte do Estado de Goiás.

O Mapa da Multiclasses - MMC (Figura 2) é um mapa de classes azimutais, onde trechos retilíneos de bordas, entre elas os lineamentos, ficam localizados por retas de azimute comum. Os lineamentos mais evidentes, nesta figura, são os da tendência regional da área (NE-SW), representados por um sistema de "altos" e "baixos" paralelos, um para o sentido NE (traços vermelhos) e outro, redundante, para o sentido SW (traços verdes). Assim sendo, a tendência regional (NE-SW), é descrita por trechos de lineamentos ou lineamentos estritamente retos, isto é, por linhas retas, formadas por pixels estritamente vermelhos (azimute NE, 45°) que, como é notório e era de esperar-se, têm uma alta frequência de aparição na imagem em questão.

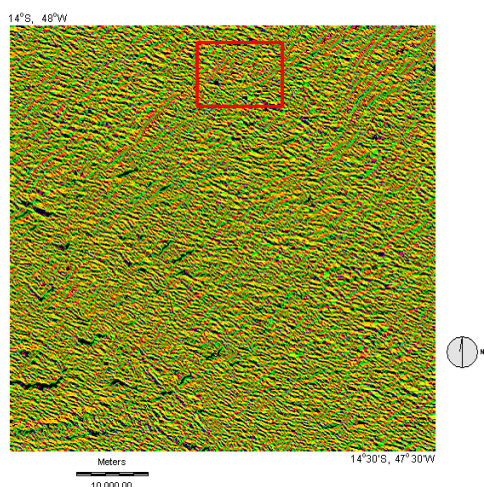


FIGURA 2: Mapa de multiclasses azimutais (MMC). Onde trechos retilíneos de bordas, entre elas lineamentos, ficam localizados por retas de azimute comum.

Comparando o MCE com do MMC (Figura 2), nota-se que a simplificação textural (diminuição de classes) e a homogeneização de azimutes ao redor da tendência regional (que incrementa a continuidade nas regiões curvas dos lineamentos), facilita a identificação e digitalização de lineamentos locais. Estes efeitos tornam-se mais evidente, quando se compara a região em detalhe do retângulo vermelho das Figuras 1, 2 e 3 (Figura 4).

A porção do MRS (Figura 4(a)) visualiza claramente o lineamento estrutural correspondente à rama curva (Carvalho Junior *et al*, 2001), visualmente, nesta figura, a rama é contínua. Isto já não é tão certo na versão da rama mostrada na porção do MMC (Figura 4(b)), aqui a rama tem um trecho reto contínuo (no lado direito da figura) formado por pixels vermelhos (azimute 45°) e outro relativamente curvo (no lado esquerdo da figura), que inclui uma mistura de pixels com azimutes entre 45° e 90° , introduzindo descontinuidades no lineamento.

Isto é concertado na versão da rama curva, na porção do MCE (Figura 4(c), agora em traços pretos), ao homogeneizar os azimutes dos pixels do intervalo 0° - 90° ao valor do azimute da tendência regional (NE = 45°), regenera-se a continuidade, evidente na inspeção visual na porção do MRS (Figura 4(a)), de toda a rama curva.

O indicadores de lineamentos locais, traços vermelhos, sobrepostos na porção do retângulo do MCE (Figura 4(d)), mostram segmentos de lineamentos contínuos de comprimentos maiores de 800 m, seguindo, particularmente a rama curva.

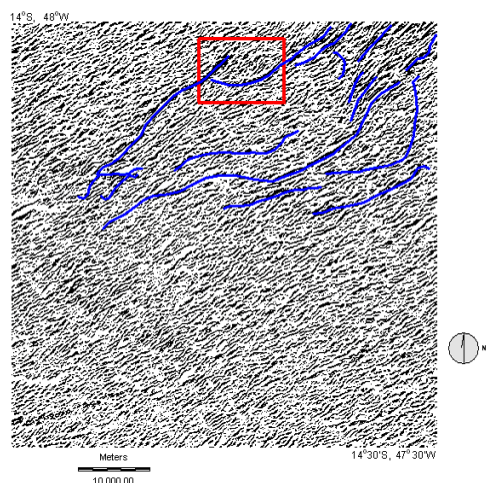


FIGURA 3: Mapa de classe estendida (MCE). Esta é construída re-classificando MMC homogeneizando todos os azimutes das classes, do intervalo N-E, ao valor do azimute da tendência regional NE (45°).

A classe estendida (Figura 3), permite visualizar, localizar e digitalizar lineamentos locais (com porções curvas) controlados estruturalmente, neste caso, por uma tendência regional NE-SW, com maior facilidade que outros métodos.

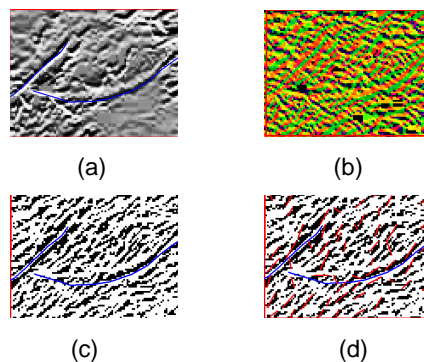


FIGURA 4 - Porções dos mapas (retângulo vermelho): (a) do MRS (Figura 1), (b) do MMC (Figura 2), (c) do MCE (Figura 3). (d) do MCE (Figura 3).

Particularmente, considerando que, os lineamentos locais, para esta área de estudo, obtidos com dados de campo e um modelo digital de terreno (não dados de satélite), no trabalho de Carvalho Junior *et al*, (2001). Tem a sua natureza crustal suficientemente confirmada, começamos a digitalizar trechos de lineamentos no MCE, que foram reflexos dos trechos dos lineamentos do Mapa deles. Desta forma se teve os lineamentos (traços azuis) que aparecem sobrepostos no MCE (Figura 3). Acontece que estes lineamentos, são muito próximos aos localizados por eles, o qual é auspicioso si levamos em conta que estamos comparando lineamentos localizados por satélite com lineamentos localizados por dados de superfície de alta resolução. Por isso, falávamos, anteriormente, que o MRS (Figura 1), é um excelente

visualizador de lineamentos porque, praticamente, reproduz feições correspondentes aos trechos azuis.

Conclusions

1) O método proposto neste trabalho, que identifica e extrai lineamentos locais, controlados por tendências ou lineamentos regionais, a partir de um mapa de classe estendida construído segundo uma reclassificação de classes azimutais, permite uma maior delimitação e definição desses lineamentos, quando comparado com os métodos de visualização e identificação qualitativa existentes.

2) Este método poderá ser empregado como importante subsídio na identificação e localização de feições que acompanham esses lineamentos, como seqüências de pequenos corpos intrusivos, lentes e veios minerais.

3) A detecção e extração de lineamentos estruturais locais, não controlados por tendências ou lineamentos regionais, devido a uma variação azimutal atípica por exemplo, pode ser altamente facilitada, se primeiro são isolados, removendo os lineamentos locais controlados e as tendências regionais, estimados, em uma etapa previa, pelo nosso método.

Agradecimentos

Este trabalho foi patrocinado por CNPQ através de uma bolsa DCR, Processo: 350169/20007-1 e a FAPEMAT segundo um auxílio de pesquisa, processo: 1132/06.

Referências

- Almeida, C. De E Pinheiro R. V. L.**, 2007, O Papel das Falhas na História Tectônica do Domo de Monte Alegre, Bacia do Médio Amazonas (PA), 4o PDPETRO, Campinas, SP. Anais... 2007, ABPG, Campinas, SP. 8p.
- Carvalho Júnior, O. A., Martins E., Guimarães R. F. e Ferreira De Carvalho A. P.**, 2001, Compartimentação Geomorfológica do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros Baseada em Técnicas de Geoprocessamento (Planaltina DF). Documentos 34, EMBRAPA, 20p.
- Cunha, F. S. S.**, 2007, Condicionamento Estrutural das Zonas de Cisalhamento da Região de Forquilha, Domínio Ceará Central: uma Abordagem Integrada de Sensoriamento Remoto e Geologia Estrutural, Tese de Doutorado (PPGG/UFRN), Natal, 151p.
- Desidério, R., Vale R. e Franca-Rocha, W.**, 2007, Aplicações de Geotecnologias na Compartimentação de Unidades Geomorfológicas da Carta de Livramento de Brumado – BA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto XIII, 2007. Florianópolis, Brasil, Anais... São José dos Campos INPE, 2005. Artigos. 2517-2524p.
- Franzoni, A.**, 2005, Diagnóstico das Áreas Favoráveis à Expansão Urbana da Ilha de Santa Catarina a partir de Técnicas de Sensoriamento Remoto como Subsídio à Gestão Ambiental. In: XXV Encontro Nac. De Eng. de Produção, 2005, Porto Alegre, RS, Brasil. . XXI ENEGEP 2005. Porto Alegre : ABEPRO, 2005. V. 1. P. 34-48.
- IDRISI, Worcester.** Massachusetts: Clark University Graduate School of Geography, 1992.
- Justo A. P.**, 2006, Sistemas Orbitais e Aéreos Aplicados à Análise Multi-Escala de Lineamentos na Borda Sudeste da Bacia do Parnaíba. Dissertação de Mestrado (PPGG/UFRN). Natal, 115p.
- Mike J. S. e Clark, C. D.**, 2005, Methods for the Visualization of Digital Elevation Models for Landform Mapping. In: Earth Surface Processes and Landforms. *Earth Surf. Process. Landforms* 30p. 885–900. Published Online in Wiley Interscience
- Miranda, E. E. De**, (Coord.), 2005, Brasil em Relevô. Campinas: Embrapa Monitoramento Por Satélite, Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.Br>>. Acesso em: 27 Fev. 2009.
- Monteiro, C. F., Marques G. C., Silva A., Oliveira C. e Dantas. E. L.**, 2007, Análise e Interpretação de Dados Aerogeofísicos Aplicados ao Mapeamento Geológico no Arco Magmático de Mara Rosa, Goiás, Brasil Central. In: 10th International Congress of the Brazilian Geophysical Society, Rio de Janeiro, Brazil. Anais... 6p.
- Ouattara, T., Couture R., Bobrowsky P. T. e Moore A.**, 2004, Remote Sensing: Theory and Principles. Geological Survey of Canada, Open File 4542, 102 P.
- Pressinotti, P. C., Silva R. B. Da, Stefani F. L., Hasui Y., Trindade M. e Costa M. O.**, 1992, Análise de Lineamentos na Exploração Mineral: Aplicação no Sudeste Paulista, Rev. IG, São Paulo, 13(2), 17-29.
- Roldan, L. F.**, 2007, Tectônica Rúptil Meso-Cenozoica na Região do Domo de Lages, SC, Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Geotectônica). (USP-IGO), 121p.
- Silva, M. F. Da.**, 2007, Aerogeofísica, Litogeoquímica e Geologia na Caracterização do Rifte Intracontinental da Faixa Paraguai, Dissertação de Mestrado (IG/Unb), Brasília DF, 115p.
- Valentim Da Silva, D. R., Amaro, V. E., Souto, M. V., Pereira, B. R., Souza, D.S. e Souza, A. S.**, 2007, Imagens SRTM Aplicadas à Análise do Comportamento Morfotectônico da Paisagem, como Auxílio ao Monitoramento Ambiental no Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte. In: 4o PDPETRO, Campinas, SP. Anais... 2007, ABPG, Campinas, SP.