

UMA ABORDAGEM PRELIMINAR DOS LINEAMENTOS ESTRUTURAIS DA REGIÃO NOROESTE DA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL

William Medina Leite Féres¹, Pedro Angelo Almeida-Abreu²

¹Programa de Pós-graduação em Geologia (PPGeo) - ICT - UFVJM, Campus JK, Rodovia MGT-367, km 583, nº 5000, Alto da Jacuba, Diamantina-MG, CEP 39.100-000 - williammedinaleite@gmail.com; ²Centro de Estudos em Geociências (CeGeo) - ICT - UFVJM - pangelo.ufvjm@gmail.com

ABSTRACT

The present work uses SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) data for the study of the structural lineaments present in the western region of Serra do Espinhaço Meridional (SdEM). These structures were vectorized, using the shaded relief image generated from SRTM data. The lineaments vectorized comprises ridges and valleys. From the shapefiles created, rosette diagrams and histograms of absolute frequency and average length were generated. Based on the compilation of these products, a map of structural domains was elaborated. The compartmentalization proposed by the map of structural domains subdivides the study region according to the density of the lineaments present. The positive structural domain includes structures resulting from tectonic constraints. However, the negative structural domain encompasses areas razed by the current morphogenesis.

Key words - Digital image processing, Vectoring linear features, Tectonic compartmentalization.

1. INTRODUÇÃO

A exposição natural de estruturas geológicas em superfície e a modelagem do relevo por processos exógenos têm como consequência a geração de lineamentos morfoestruturais. O estudo desses lineamentos, a partir dos produtos de sensoriamento remoto, constituem importante ferramenta para a análise espacial e configuração de estruturas rúpteis de 1ª ordem no âmbito de faixas orogênicas.

A técnica de vetorização de feições lineares vem sendo amplamente aplicada a partir de imagens de sensoriamento remoto em pesquisas relacionadas à tectônica pré-cambriana [1] (Féres e Fortes 2017), neotectônica [2] (Oliveira *et al.* 2009) e geologia estrutural aplicada à prospecção mineral [3] (Hanna *et al.* 2015).

Outra técnica aplicada às investigações de feições lineares consiste na combinação da análise de imagens de satélites com métodos de fotoanálise e fotointerpretação, a exemplo dos estudos de movimentos tectônicos da região do Espinhaço Meridional realizados por [4] Veneziani *et al.* (1988).

Neste trabalho foi realizada a integração de dados gerados a partir da vetorização de lineamentos e métodos fotointerpretativos, visando o reconhecimento da expressão morfoestrutural e o significado dos lineamentos da região noroeste da Serra do Espinhaço Meridional (SdEM).

2. CONTEXTO GEOLÓGICO

A Serra do Espinhaço estende-se por mais de 1200 km na direção meridiana, desde a região central de Minas Gerais até o norte da Bahia. O Supergrupo Espinhaço (SgE), de idade paleo-mesoproterozoica [5] (Almeida-Abreu e Renger, 2002), compõe o edifício orográfico principal da cordilheira, apresentando relevo rugoso, protuberante, dominado por rochas de natureza quartzítica.

O empilhamento estratigráfico adotado até os dias atuais respeita a proposta de [6] Pflug (1968), que subdividiu o SgE (então denominado de Série Minas) em oito formações: (da base para o topo, São João da Chapada, Sopa Brumadinho, Galho do Miguel, Santa Rita, Córrego dos Borges, Córrego da Bandeira, Córrego Pereira e Rio Pardo Grande). Posteriormente, [7] Knauer (1990) agrupou as três formações basais no Grupo Guinda (GG), enquanto [8] Dossin *et al.* (1984) agruparam as cinco formações superiores no Grupo Conselheiro Mata (GCM).

Sob o prisma de análise de bacias, o GCM, representado por uma sequência de ambientes marinho e continentais, tem gênese tectônica e evolução bacinal controversa. Para [9] Martins-Neto (1998) e [10] Martins-Neto *et al.* (2001) o GCM registra a fase de subsidência flexural térmica em resposta à contração termal da litosfera durante seu resfriamento. Por outro lado [11] Almeida-Abreu (1993) considerou a deposição do GCM como consequência da contração termal da bacia pós-rift. Posteriormente, [12] Almeida-Abreu *et al.* (2001) e [5] Almeida-Abreu e Renger (2002) admitem que o GCM foi acomodado em bacia periférica *foredeep*, gerada em resposta isostática ao empilhamento tectônico de cavalgamentos W-vergentes durante a orogênese Espinhaço.

Recentemente, [13] Santos *et al.* (2015) propuseram modelo evolutivo paleogeográfico para o GCM como uma sucessão de ciclos transgressivos-regressivos, responsáveis pela deposição das formações do GCM.

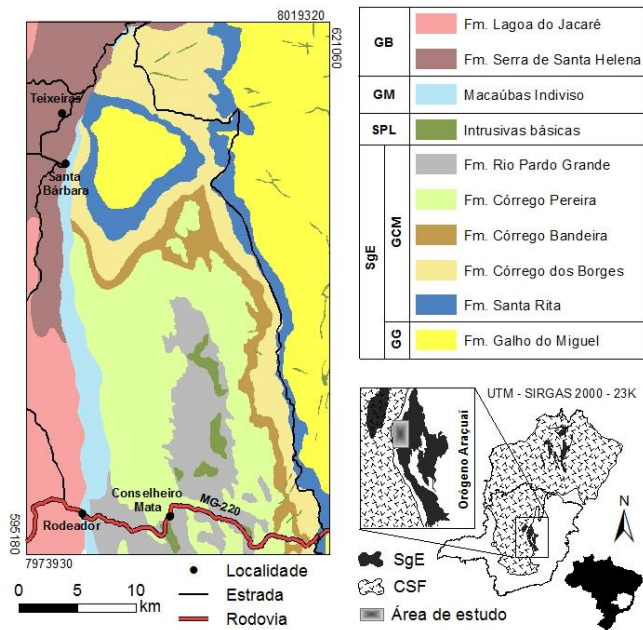


Figura 1. Localização da área de trabalho no contexto da SdEM (Geologia adaptada de [14] [15] CODEMIG e [16] [17] CPRM). Observe que as sequências do SgE são recobertas, a oeste, por unidades neoproterozoicas do GM e GB.

Na área de abordagem (Figura 1) afloram a Formação Galho do Miguel do GG e todas as formações do GCM, que se acham cortadas por metabásicas pós-tectônicas (930 Ma, [18] Machado *et al.* 1989) da Suíte Pedro Lessa (SPL).

Rochas glaciogênicas do Grupo Macaúbas (GM) compõem franjas estreitas ao longo do flanco ocidental da SdEM, recobertas por rochas do Grupo Bambuí (GB).

3. METODOLOGIA

As imagens de sensoriamento remoto utilizadas são dados da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*).

Para a realização do processamento digital de imagens, utilizou-se os *softwares* ArcGis® na versão 10.4 da ESRI, de domínio do Laboratório de Estudos Espeleológicos do CeGeo (ICT-UFVJM), para a extração manual de lineamentos na escala 1:50.000, e o Spring®, na versão 5.5.3 do INPE, para a manipulação dos dados SRTM, para a geração de imagens de relevo sombreado e para a confecção de diagramas de roseta e histogramas.

A Figura 2 indica o fluxograma da rotina metodológica de aquisição e processamento utilizada no trabalho.

Os dados obtidos do projeto SRTM são originalmente disponibilizados com resolução espacial de 90 m. Para otimizar o uso do produto, foi realizado o refinamento da grade do modelo numérico de terreno, convertendo sua resolução espacial para 10 m.

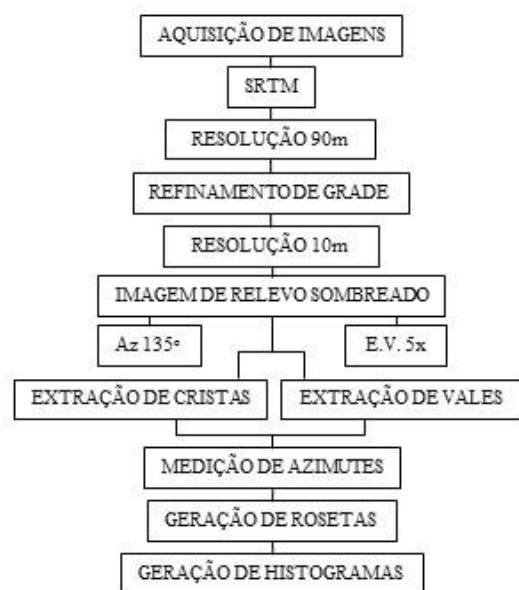


Figura 2. Fluxograma ilustrando a rotina metodológica do processamento digital de imagens.

Em seguida, gerou-se uma imagem de relevo sombreado com exagero vertical de 5 vezes (visando conveniência visual), e azimuth de iluminação de 135°, definido graças à qualidade da imagem gerada em relação ao contingente de feições lineares destacadas.

Sobre a imagem de relevo sombreado foram extraídos manualmente lineamentos associados às feições de drenagem (representando vales ou quebras negativas) e às feições de relevo (representando cristas ou quebras positivas). Através da análise exploratória dos *shapefiles* gerados foram confeccionados diagramas de roseta e histogramas de frequência absoluta e comprimento médio dos lineamentos extraídos, de modo a subsidiar discussões e interpretações a respeito dos domínios estruturais.

4. RESULTADOS

Foram analisados um total de 1027 lineamentos estruturais, que juntos contabilizam cerca de 1400 km de feições lineares esculpidas no relevo.

A orientação preferencial de cristas (Figura 3) e vales (Figura 4) mostra direção NW-SE, como ilustram os diagramas de roseta de frequência absoluta. Dentre as quebras de relevo positivas, as de orientação N35W são maioria e somam 94 km de lineamentos, enquanto nas feições negativas são mais frequentes as de direção N65W, que somam 63 km. Os histogramas de frequência absoluta ilustram este cenário.

Embora predominem lineamentos de direção NW, os de maior comprimento mostram orientação para NE. Os maiores lineamentos registrados estão a N45E, tanto para quebras positivas (cristas com média de 1.77 km), quanto para quebras negativas (vales com média de 3.60 km).

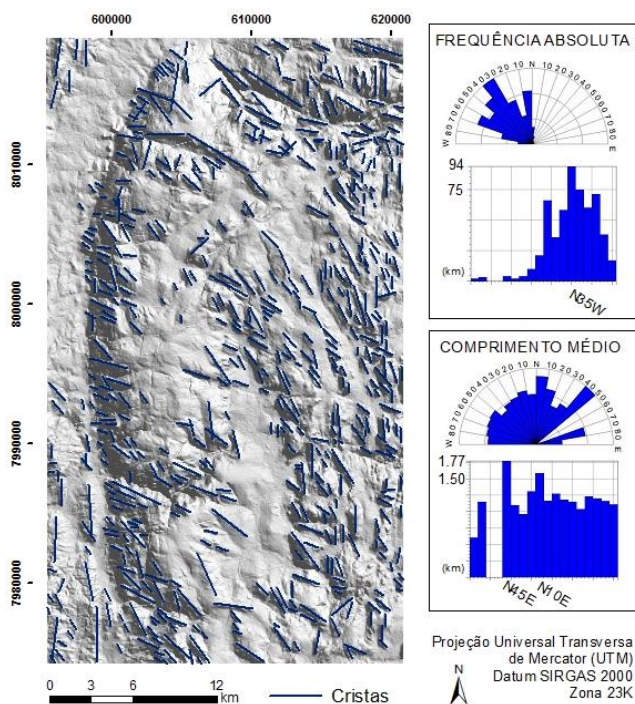


Figura 3. Cristas estruturais, feições positivas do relevo.

A partir da análise da imagem de relevo sombreado e da distribuição e densidade dos lineamentos traçados, destacam-se duas feições de relevo distintas, com características fotointerpretativas contrastantes, conforme expressas na Figura 5: o primeiro domínio - negativo - exibe tonalidade clara, textura lisa e baixa densidade de feições lineares, enquanto o segundo domínio - positivo - mostra tonalidade escura, textura rugosa e é fortemente estruturado, com lineamentos ordenados em feixes oblíquos ou paralelos.

No domínio negativo predominam rochas pelíticas das formações Santa Rita, Córrego da Bandeira e Rio Pardo Grande do GCM, e rochas da Formação Serra de Santa Helena do Grupo Bambuí. O relevo arrasado é resultado das características físicas das litologias aflorantes neste domínio estrutural, enquanto a reologia de suas rochas inibem a expressão rúptil dos lineamentos estruturais, pois observa-se que esses lineamentos geralmente reaparecem após transpostas as faixas de rochas pelíticas (Figuras 3 e 4).

No domínio de relevo positivo afloram, majoritariamente, rochas das demais unidades estratigráficas aflorantes na área, predominando rochas de natureza quartzítica. A orientação dos lineamentos deste domínio permite correlacioná-los ao conjunto de zonas de juntas de orientação NW-SE identificado por [4] Veneziani *et al.* (1988) na SdEM.

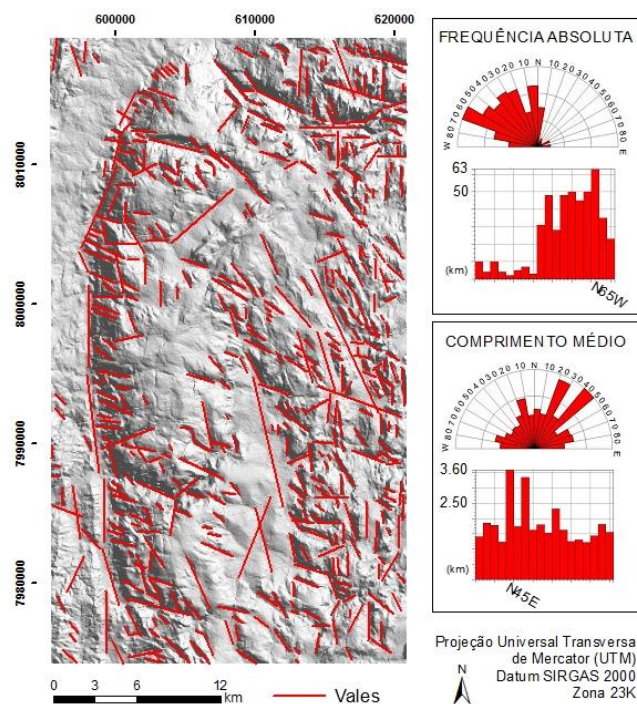


Figura 4. Vales estruturais, feições negativas do relevo.

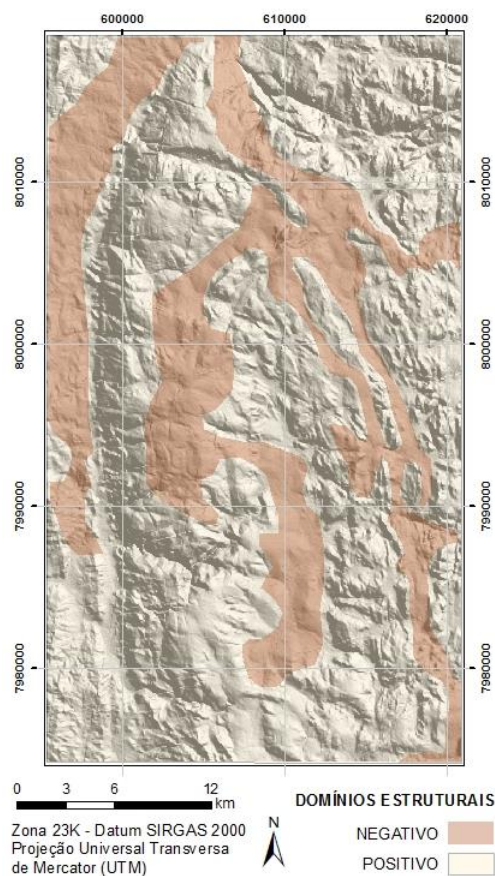


Figura 5. Mapa de domínios estruturais.

5. CONCLUSÕES

Os lineamentos estudados se apresentam como linhas de fraqueza primitivas da área cratônica, haja vista sua expressão regional, ou seja, mostram-se mais ou menos contínuos por centenas de quilômetros (especialmente os de direção WNW-ESE). A atividade tectônica e a reativação frequente dos mesmos é reforçada pelo reconhecimento de sua movimentação na fase de extensão da bacia Espinhaço [11] (Almeida-Abreu, 1993), pela eventual influência no magmatismo portador dos diamantes da SdEM [19] (Miranda *et al.*, 2018 no prelo), na acomodação de diques do magmatismo pós-tectônico da SPL, e ainda pela reativação sofrida no Ciclo Brasileiro, considerando que se apresentam, embora de forma discreta, sobre rochas do Grupo Bambuí (Figuras 3, 4 e 5). Observa-se na Figura 5 que os lineamentos deslocam domínios negativos expressos em rochas do GCM, evidenciando sua atividade durante o processo de edificação da SdEM.

A dinâmica e relações cinemáticas entre os lineamentos estruturais de diferentes orientações aflorantes na área abordada, podem ser determinadas através da integração entre o processamento digital realizado e dados estruturais obtidos em campo, considerando também os modelos de [20] Riedel (1929) e [21] Sadowski (1983).

A pesquisa em desenvolvimento focará a aquisição, em campo, de dados da cinemática dos lineamentos estudados, assim como das demais estruturas tectônicas impressas nas rochas aflorantes (acamamento, xistosidade, clivagens, lineações e fraturas). A análise integrada dos dados estruturais permitirá a construção do elipsoide de deformação, assim como a reconstituição da dinâmica dos lineamentos na acomodação da deformação e na estruturação tectônica da SdEM no âmbito da área abordada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Féres, W. M. L. e Fortes, P. T. F. O. “Lineamentos estruturais da porção sul da Serra do Caparaó, ES/MG”, Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, pp. 6453-6460, 2017.
- [2] Oliveira, D.B.; Moreno, R.S.; Miranda, D.J.; Ribeiro, C.S.; Seane, J.C.S. e Melo, C.L., “Elaboração de um mapa de lineamento estrutural e densidade de lineamento através de imagem SRTM, em uma área ao norte do rio Doce, ES”, Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, pp. 4157-4163. 2009.
- [3] Hanna, M.D.; Costa, M.M.D.; Almeida, T.; Dantas, E.L. e Matos, D. R. “Lineamentos estruturais da área de Vazante-Paracatu, MG”, Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, pp. 5371-5377, 2015.
- [4] Veneziani, P.; Mattos, J.T.; Ohara, T e Schorscher, H.D., “Análise de movimentos tectônicos utilizando produtos de sensores remotos na região do Espinhaço Meridional (MG)”, Anais do V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 2, pp. 341 - 353. 1988.
- [5] Almeida-Abreu, P.A. e Renger, F.E., “Serra do Espinhaço Meridional: um orógeno de colisão do mesoproterozoico”, Revista Brasileira de Geociências, v. 32, n. 1, pp. 1-14, 2002.
- [6] Pflug, R., “Observações sobre a estratigrafia da Série Minas na região de Diamantina, Minas Gerais”, Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia do Departamento Nacional de Produção Mineral, Notas Preliminares 142, 20 pp. 1968.
- [7] Knauer, L.G., “Evolução geológica do pré-cambriano da porção centro-leste da Serra do Espinhaço Meridional e metalogênese associada”, Msc. Thesis, Universidade Estadual de Campinas, pp. 251, 1990.
- [8] Dossin, I.A.; Uhlein, A.; Dossin, T.M., “Geologia da faixa móvel Espinhaço em sua porção Meridional – MG”, Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, v. 7, pp. 3118-3132, 1984.
- [9] Martins-Neto, M.A., “O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: Registro de uma Bacia Rifte-Sag do Paleo/Mesoproterozoico”, Revista Brasileira de Geologia, v. 48, pp. 151-168, 1998.
- [10] Martins-Neto, M.A.; Pedrosa-Soares, A.C. e Lima, S.A.A., “Tectono-sedimentary evolution of sedimentary basins from Late Paleoproterozoic to Late Neoproterozoic in the São Francisco craton and Araçuaí fold belt, eastern Brazil”, Sedimentary Geology, v. 141-142, pp. 343-370, 2001.
- [11] Almeida-Abreu, P.A., “A Evolução Geodinâmica da Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais, Brasil”, Ph. D. Thesis, Univ. Freiburg, Freiburg, Germany, 150 pp., 1993.
- [12] Almeida-Abreu, P.A., Queiroz, W.P., Rosière, C.A. e Renger, F.E., “A bacia *foredeep* do Orógeno Espinhaço da Serra do Espinhaço Meridional em Minas Gerais”, Anais do VIII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, pp. 127-130, 2001.
- [13] Santos, M.N.; Chemale, F.; Dussin, I.A.; Martins, M.S.; Queiroga, G.; Pinto, R.T.R.; Santos, A.N. e Armstrong, R., “Provenance and paleogeographic reconstruction of a mesoproterozoic intracratonic sag basin (Upper Espinhaço Basin, Brazil)”, Sedimentary Geology, v. 318, pp. 40-57, 2015.
- [14] Noce, C.M., “Geologia da Folha Curimataí, Minas Gerais”, In: Grossi-Sad, J.H.; Lobato, L.M.; Pedrosa-Soares, A.C. e Soares-Filho, B.S., “Projeto Espinhaço em CD-ROM (textos, mapas e anexos)”, CODEMIG, pp. 1199-1250, 1997.
- [15] Fogaça, A.C.C. “Geologia da Folha Diamantina, Minas Gerais”, In: Grossi-Sad, J.H.; Lobato, L.M.; Pedrosa-Soares, A.C. e Soares-Filho, B.S., “Projeto Espinhaço em CD-ROM (textos, mapas e anexos)”, CODEMIG, pp. 1575-1665, 1997.
- [16] Romano, A.W., Friedmann, M., Ferreira, M.P. e Knauer, L.G., “Geologia e recursos minerais da folha Corinto: estado de Minas Gerais”, CPRM, Escala 1:100.000, 2014.
- [17] Lopes, T.C., Leite, M.M., Martins, M.S., Uhlein, A., Karfunkel, J., Fonseca, A., Uhlein, G.J. e Freire, G.R., “Geologia e recursos minerais da folha Serra do Cabral SE.23-X-C-V: estado de Minas Gerais”, CPRM, Escala 1:100.000, 72 pp., 2014.
- [18] Machado, N.; Schrank, A.; Abreu, F.R.; Knauer, L.G. e Almeida-Abreu, P.A., “Resultados preliminares da geocronologia U/Pb na Serra do Espinhaço Meridional”, Anais do V Simp. Geol. Núcleo M.G. e I Simp. Geol. Núcleo Brasília, n. 10, pp. 171-174. 1989.
- [19] Miranda, R.F, Battilani, G.A. e Almeida-Abreu, P.A., “Geologia das metabrechas diamantíferas na Formação Sopa-Brumadinho, Serra do Espinhaço Meridional, MG”, Anais do 7º Simpósio Brasileiro de Geologia do Diamante, 2018, no prelo.
- [20] Riedel, W., “Zur Mechanik Geologischer Brucherscheinungen”, Centralbl. f. Mineral, Geol. und Pal., v. 1929, pp. 354-422, 1929.
- [21] Sadowski, G.R., “Sobre a Geologia de Cinturões de Cisalhamento Continentais”, IG, USP, Tese de livre docência, 1983.