

Integração e Análise de Imagens Multiespectrais na Melhoria da Interpretação Geotectônica da Província Borborema (NE do Brasil)

VENERANDO EUSTÁQUIO AMARO¹
EMANUEL FERRAZ JARDIM DE SÁ¹
ALAIN VAUCHEZ²
MARIA IRIAN DE MASCENA DUARTE¹

¹Departamento de Geologia-CCE-UFRN
Caixa Postal 1639
59072-970 Natal, RN, Brasil

²Laboratoire de TecnoPhysique, USTL
Place E. Bataillon
34095 Montpellier, França

Abstract. The paper aims to demonstrate the usefulness of LANDSAT 5-TM and SLAR remotely sensed data for geotectonic analysis of the Borborema Province. Different types of composite images generated were compared with each other and with previous geological maps to evaluate their efficacy for displaying the relevant content of the data sets.

Introdução

O principal objetivo deste estudo é a definição de uma estratégia de integração e tratamento digital de imagens LANDSAT 5-TM e SLAR como auxílio à resolução dos problemas geotectônicos da Província Borborema, com base no mapeamento geológico-estrutural adequado à região semi-árida do Nordeste. Diferentes métodos de filtrações direcionais e composições coloridas de imagens realçadas foram testados e os resultados obtidos foram comparados a mapas geológicos prévios e dados de campo.

Contexto Geotectônico Regional

Na Província Borborema do Nordeste do Brasil a orogênese Brasileira (700-550 Ma) resultou do desenvolvimento de um complexo sistema de faixas móveis intra-continentais, sobre uma área superior a 200.000 km², envolvendo processos metamórficos de médio-alto grau, fusão crustal e in-

trusão de granitóides (Almeida et al. 1981, Jardim de Sá 1987). Este sistema consiste de zonas de cisalhamento dextrais de escala continental com direções EW e NE associadas a faixas dobradas transpressionais de direção NS a NE. Trabalhos preliminares permitiram a distinção de dois domínios principais, com características estruturais e metamórficas contrastantes (Caby 1989, Corsini et al. 1991). O domínio de oeste /noroeste (Estado do Ceará) é caracterizado por zonas de cisalhamento de direção NE e condições metamórficas de fácies anfíbolito (zona de cisalhamento Sobral) a fácies granulito (zonas de cisalhamento Granja - Senador Pompeu), que atuaram como rampas laterais de extensos nappes. O domínio de leste /central (estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco) mostra um padrão estrutural complexo composto de: (1) duas zonas de cisalhamento EW: o sistema de Patos-Campina Grande e o sistema Pernambuco, e (2) duas faixas transpressionais NE:

a faixa Seridó e a faixa Salgueiro-Cachoeirinha. Ao desenvolvimento deste sistema estrutural complexo acompanhou metamorfismo de fácies anfibolito com intensa fusão crustal.

Produtos Utilizados e Tratamentos Preliminares

Para a Província Borborema dispõem-se dos seguintes produtos:

► Produtos fotográficos do LANDSAT 5-TM, canal 5 e Mosaicos SLAR (Projeto RadamBrasil) em escala 1:250000, que recobrem toda a área estudada;

► Produtos digitais do LANDSAT 5-TM, canais 2, 3 e 4:

- WRS 217/063 de 20/07/1985 (Elev. solar 43°/Az. solar 50°);
- WRS 217/064 de 26/07/1987 (Elev. solar 45°/Az. solar 55°);
- WRS 217/065 de 10/07/1989 (Elev. solar 43°/Az. solar 50°).

Numa primeira etapa de tratamento foi realizada a fotointerpretação monoscópica, em escala 1:250.000, dos principais sistemas de lineamentos da área compreendida entre 36°00'-41°30'W e 05°00'-08°00'S (estados do RN, PB, PE e CE), sobre produtos fotográficos monocanais impressos LANDSAT 5-TM e SLAR (Amaro et al. 1991). A fotointerpretação foi baseada na análise de indicadores morfoestruturais de estruturas dúcteis regionais (foliações e lineações), expressas como feições geomorfológicas alinhadas (segmentos de escarpas, cristas, vales e trechos de drenagens) em padrões lineares e curvilíneos. Este procedimento permite o agrupamento em sistemas de lineamentos, em função de critérios como a orientação azimutal, os comprimentos comparativos, o padrão de distribuição e os espaçamentos mútuos. Tais sistemas de lineamentos correspondem às principais zonas de cisalhamento dextrais brasileiras (zonas de cisalhamento de Patos, Campina Grande, Pernambuco, Orós, Senador Pompeu e Sobral) e demonstrou sua continuidade mecânica e interrelações (Figura 1), bem como o

sincronismo com o evento deformacional D₃ da Faixa Seridó (vide também Jardim de Sá et al., este Simpósio). Aos sistemas de lineamentos foram adicionados alguns dados prévios sobre a geologia da região, obtendo-se assim um mapa geológico-estrutural preliminar.

Numa segunda etapa procurou-se caracterizar os métodos mais pertinentes à acentuação detalhada das descontinuidades litológico-estruturais da região, a partir da aplicação de técnicas de tratamento digital de imagens multiespectrais. Da totalidade das cenas disponíveis, fez-se a extração de 5 subimagens de dimensões variadas, em função da longa duração dos tratamentos matemáticos e da complexidade dos dados geológicos no terreno e suas respostas espectrais. Como critérios na extração buscou-se zonas que apresentassem problemas geológico-estruturais específicos, guardando certa homogeneidade na resolução espacial e espectral com relação à totalidade da cena. Nos tratamentos matemáticos aplicados avaliou-se os mais bem adaptáveis às características particulares das subimagens e aos problemas geológicos específicos.

Para a incrementação dos dados referentes aos sistemas de lineamentos, e conseqüente melhoria da análise morfoestrutural da região, foram aplicadas matrizes de convolução para realçamento de contornos e filtragens direcionais preferenciais. Assim, foram produzidos e avaliados visualmente os seguintes tipos de imagens, para os canais 2, 3 e 4 do LANDSAT 5-TM: (a) imagens somente filtradas; (b) composições coloridas dos canais filtrados; (c) composições lineares ponderadas entre os canais brutos (filtrados para redução de ruídos) e os filtrados: $A \cdot \text{LAND}_{\text{BRUTO}} + B \cdot \text{LAND}_{\text{FILTR}}$, onde A e B são constantes que variam entre 0,4 e 0,6 de tal forma que $A+B = 1$; (d) composições coloridas das combinações lineares ponderadas.

Na região estudada dos filtros testados de dimensões matriciais 3x3 e 5x5, coerentes com as estruturas quilométricas predominantes, os melhores resultados, observados em imagens do tipo monocanal filtrados, foram aqueles 3x3 do tipo Sobel e 5x5 dos tipos Sobel e Prewitt (Figura 2).

Tipo 3x3 (Sobel)					
1	2	1	-1	-2	-1
0	0	0	2	4	2
-1	-2	-1	-1	-2	-1

Tipo 5x5									
2	2	3	2	2	1	1	1	1	1
1	3	4	3	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	-1	-2	-5	1	1
-1	-3	-4	-3	-1	-1	-2	-2	1	1
-2	-2	-3	-2	-2	-1	-1	-1	-1	-1
Sobel					Prewitt				

Figura 2: Matrizes de filtros direcionais utilizados

Outro tratamento foi o de síntese das informações litológicas contidas nos três canais brutos disponíveis, numa única imagem (neocanal), a partir de combinações coloridas de canais realçados, na tentativa de destacar informações litológicas suplementares. Os métodos que apresentaram os melhores resultados para a região são os seguintes: (a) reagrupamentos dos três canais brutos (filtrados para redução de ruídos) em composição colorida RGB; (b) reagrupamentos por ACP e combinações dos três componentes obtidos em composição colorida RGB; (c) criação do neocanal por métodos de ratio entre dois canais e composições coloridas RGB entre os neocanais obtidos; (d) criação do neocanal por métodos de índices (vegetação, férrico e acidez); (e) combinações entre composições coloridas RGB dos vários neocanais obtidos pelos métodos acima entre si e com as imagens resultantes das filtrações para realçamento de contornos.

Conclusões

Dos melhores resultados obtidos, em cada tratamento, para cada uma das 5

subimagens extraídas das cenas disponíveis, foram confeccionados e integrados como mapas temáticos dos elementos geológico-estruturais observados, tendo como base cartográfica o mapa geológico-estrutural preliminar. A inspeção visual dos mapas construídos revela aspectos como as relações entre a deformação sin-Brasiliana e a estruturação dos extensos sistemas de zonas de cisalhamento transcorrentes e faixas transpressivas, a disposição dos granitóides sin- e tardi-tectônicos, e a superposição aos terrenos pré-Brasilianos. Estes dados confirmam que os tratamentos digitais adotados podem favorecer um maior detalhamento do mapa geológico-estrutural da Província Borborema.

Referências

- F.F.M. Almeida, Y. Hasui, B.B. Brito Neves e R. Fuck, Brazilian structural provinces: an introduction, *Earth Science Review* 17 1-29, 1981.
- V.E. Amaro, E.F. Jardim de Sá e A. Vauchez, Foto-análise preliminar dos lineamentos brasileiros da porção central da Província Borborema, *7^o Simp. Geol. Nordeste*, Atas 306-309, 1991.
- R. Caby, Precambrian terranes of Benin-Nigeria and Northeast Brazil and the late Proterozoic South Atlantic fit, *Geol. Soc. Amer., Spec. Pap.* 230 145-158, 1989.
- M. Corsini, A. Vauchez, C.J. Archonjo e E.F. Jardim de Sá, Strain transfer at continental scale from a transcurrent shear zone to a transpressional fold belt: the Patos - Seridó system, northeastern Brazil, *Geology* 19 586-589, 1991.
- E.F. Jardim de Sá, M.H.F. Macedo, J.M. Legrand, I. McReath, A.C. Galindo, J.M. Sá, Proterozoic granitoids in a polycyclic setting: the Seridó region, NE Brazil, *Intern. Symp. Granites Assoc. Mineraliz.*, Ext. Abstr. 103-110, 1987.



FIGURA 1 — SISTEMAS DE ZONAS DE CIBALHAMENTO CONTINENTAIS DA PROVÍNCIA BORBOREMA.