

Localização e mapeamento de rochas ultramáficas no Rio Grande do Sul por imagens digitais TM – Landsat 5

Dejanira Luderitz Saldanha¹
Maria do Carmo Lima e Cunha¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
Caixa Postal 15001 – 91501-970- Porto Alegre - RS, Brasil
dejanira.saldanha@ufrgs.br

Abstract - From spectral characteristics of autochthonous soils of ultramafic terrains, Landsat TM multispectral images were submitted to various digital processing, aiming to identify the occurrence of ultramafic rocks situated in Rio Grande do Sul State, Brazil, by remote sensing. The Principal Component technique employed reveals that the pairs of bands TM1/TM5, TM4/TM2 and TM5/TM7 are the best discriminant composition for the present purpose.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, ultramafic rocks, sensoriamento remoto, processamento de imagens, rochas ultramáficas.

1.Introdução

As rochas ultramáficas mapeadas que ocorrem na porção oeste do Escudo Sul-rio-grandense estão associadas a estruturas lineares tanto de direção NW (Ibaré) como inflexões do sistema NE (Cerro Mantequeira). Sua principal composição mineralógica as define como harzburgitos serpentinizados em diferentes graus, e que por processos metamórficos metassomáticos posteriores, podem originar e associar xistos magnesianos. Em conjunto, estas litologias se apresentam na superfície do terreno como afloramentos com pouca cobertura edáfica revestida por uma vegetação de baixa densidade, onde determinadas espécies de plantas são endêmicas.

O conhecimento e o mapeamento destas rochas no Rio Grande do Sul têm seus primeiros registros à época dos anos 60. A partir daí tem sido realizados diversos estudos relativos às suas origens e evolução, em especial aqueles relativos a sua distribuição espacial, que permite compreender o arcabouço da evolução geotectônica do Escudo Sul-rio-grandense. Desta forma, aquisição sistemática de novos dados sobre a distribuição espacial destas ocorrências, a partir de metodologias alternativas, constitui-se em um alvo importante no estudo geotectônico. A tecnologia do sensoriamento remoto pode ser um dos métodos, visto que possibilita a análise de amplas áreas, com um detalhamento compatível às dimensões dos corpos já conhecidos. Não existem na literatura registros relativos à identificação de ocorrências já descritas no Rio Grande do Sul, em imagens multiespectrais orbitais, e tão pouco, registros de métodos que definem o padrão de comportamento espectral desses corpos nestas imagens, possibilitando a identificação de novas ocorrências em nível regional. Os trabalhos existentes referem-se ao uso de imagens para realçar o condicionamento de estruturas controladoras de mineralização e mapeamento espectral de outras litologias (Offield *et al.* 1977); Ohara (1982) e Ribeiro de Almeida *et al.* (1997);

A identificação de rochas ultramáficas por análise visual em imagens Landsat TM é dificultada pela baixa resolução espacial e espectral dessas imagens, pelas sutilezas espectrais destas rochas, e também, como é o caso do Rio Grande do Sul, pelo pequeno porte das ocorrências. Para que estes terrenos sejam identificados e realçados, e posteriormente mapeados, são empregadas técnicas de processamento de imagens, onde os parâmetros geológicos, geomorfológicos, geobotânicos e espectrais são determinantes na estratégia a ser adotada.

2. Objetivos

A partir da análise das características espectrais dos solos autóctones de terrenos ultramáficos, as imagens multiespectrais foram submetidas a diferentes técnicas de processamento digital, com o objetivo de identificar, por sensoriamento remoto, as rochas ultramáficas no contexto geológico ambiental do Rio Grande do Sul. Os produtos obtidos foram confrontados com dados de campo, visando à veracidade das informações extraídas das imagens.

3. Material e Métodos

Para o processamento das imagens digitais, foram utilizadas aquelas adquiridas pelo sensor TM, Landsat 5, nas 6 bandas do espectro óptico refletido. A partir de vários métodos de realce de imagens foram selecionadas as bandas espectrais que continham mais e melhores informações relativas a separabilidade dos alvos visados. Levantamentos sobre a melhor época de aquisição da imagem também foram feitos, visto que fatores ambientais são determinantes para a discriminação proposta, em especial os que se referem à cobertura vegetal, cuja variação pode ser pronunciada dada às oscilações climáticas ao longo do ano, além das variações da posição solar (ângulo azimutal e de elevação solar) (Vitarello & Almeida Filho 1984).

Para o realce de feições espectrais características dos diferentes alvos que compõem uma cena, a técnica de Componentes Principais (CP) foi utilizada, pelo fato de concentrar em uma imagem CP1 os efeitos da irradiância solar e do albedo da superfície, permitindo que mesmo pequenas diferenças na variação das feições de reflectância espectral dos alvos nas demais CP's sejam realçadas e, conseqüentemente, melhor interpretadas. Como o processamento CP resulta de cálculo estatístico com base nas características da distribuição dos valores de níveis de cinza (DN's) originais (correlação e covariância), os resultados serão dependentes da cena. O número de imagens componentes principais é o mesmo que o de bandas espectrais utilizadas na transformação, sendo os valores dos pixels das CP's uma combinação linear aditiva das bandas originais. Outra vantagem deste processamento é a redução da dimensionalidade dos dados espectrais, já que condensa a informação (variância) nas primeiras componentes, além de eliminar o elevado grau de correlação inerente às bandas. As imagens componentes principais geradas são definidas a partir de um autovalor que reflete a sua variância, e por um conjunto de autovetores representativos da contribuição ou do peso de cada banda espectral original, na nova imagem CP. Os autovalores e os autovetores podem ser calculados a partir da matriz de covariância ou da matriz de correlação dos dados originais.

O sistema de classificação por fatiamento ou "*density slice*" foi utilizado de forma complementar às CP's, para individualizar alvos com reposta espectral semelhantes aos alvos da área Cerro Mantiqueira, considerada área teste pelas suas características geológicas já conhecidas e pela sua dimensão em área. O processamento empregado nas diferentes bandas das composições coloridas, gerou para cada banda uma imagem binária, onde ao intervalo de níveis de cinza característico das ocorrências ultramáficas foi atribuído valor zero (0), e para os níveis restantes, o valor 255. O resultado da soma das três imagens binárias foi novamente fatiado para retratar somente os pixels com valor zero, que foram vetorizados. Este arquivo vetorial foi sobreposto à imagem que lhe deu origem, para identificar a rocha visada e os alvos promissores para estudos mais detalhados.

Com o objetivo de inserir as áreas alvo em um contexto geológico maior e de definir uma metodologia própria para diferenciação de terrenos ultramáficos no Rio Grande do Sul por imageamento orbital, foi processada uma imagem de âmbito regional, abrangendo a parte oeste do Escudo Sul-rio-grandense. A cena constitui-se em um mosaico composto por janelas das imagens WRS 223/81 de 20.12.99 e WRS 222/81 de 06.01.2000, processadas por

Componentes Principais, envolvendo duas bandas, à semelhança do tratamento feito para a área Cerro Mantiqueira.

4. Resultados e Conclusões

O mapeamento regional das ocorrências ultramáficas descritas na bibliografia está representado na figura 1. A partir da disposição espacial destas ocorrências foram concebidos os atuais modelos geotectônicos do Escudo Sul-rio-grandense sobre o qual se pretende inserir novas ocorrências aqui identificadas por processamento das imagens Landsat colaborando para novas reavaliações da evolução geotectônica do Escudo sul-rio-grandense.

A composição colorida RGB que mais destacou as rochas ultramáficas da área Cerro Mantiqueira foi gerada pelas imagens contraste obtidas pelas CP's 2 das bandas TM1eTM5, TM4eTM2, TM5eTM7, utilizando-se a matriz de correlação ao invés da matriz de covariância para normalizar a variância das bandas. Este mesmo processamento foi aplicado à imagem regional, que destacou diversos novos alvos de comportamento espectral semelhante, sugestivos de novas ocorrências de rochas ultramáficas. Na imagem, esta distinção é perceptível pelo contexto geológico circundante. O corpo ultramáfico é destacado pela cor vermelha circundada pela cor azul, relacionada a solos expostos e rochas graníticas. É possível também perceber uma variação composicional no corpo ultramáfico com zonas mais enriquecidas em ferro (em vermelho) e zonas mais enriquecidas em serpentina e talco (em azul). Cabe salientar que algumas áreas que também foram destacadas representam pixels ruído, decorrentes das limitações próprias do sensor utilizado, não sendo, portanto, indicativas da presença de rochas ultramáficas (Figura 2).

Para conferir os resultados obtidos no processamento das imagens com a verdade terrestre, foram realizados levantamentos de campo, selecionando-se as coordenadas de pontos com expressivo realce na composição colorida da figura 2. Além desta sistemática, a imagem também foi comparada com mapeamentos geológicos inéditos, efetuados na região de abrangência da imagem. Na figura 2 encontram-se discriminadas as novas ocorrências, cuja localização (setas brancas) coincide com as áreas dos grandes lineamentos que compartimentam o Escudo sul-rio-grandense (Chemale Jr. 2000).

Os resultados obtidos neste trabalho levam a conclusão de que é possível mapear rochas ultramáficas no Escudo-sul-rio-grandense, com base no seu comportamento espectral, definido partir de ocorrências conhecidas.

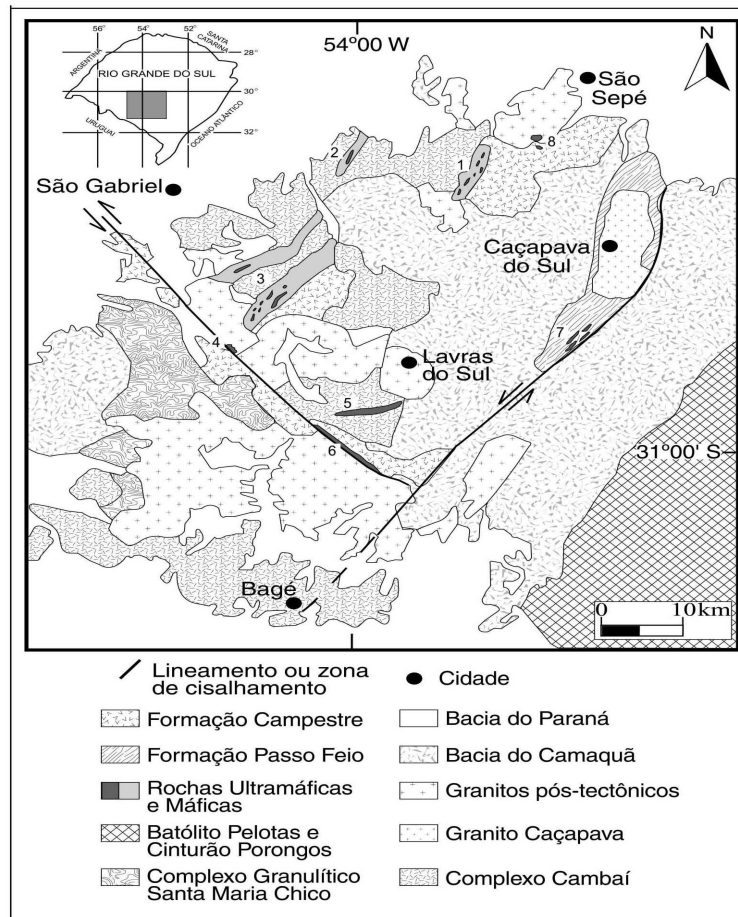


Figura 1 - Contexto geológico regional (Bloco São Gabriel) das unidades máficas ultramáficas. 1-Complexo Bossoroca; 2-Complexo Cambaizinho; 3-Complexo Palma; 4-Complexo Ibaré; 5 - Maciço Máfico-Ultramáfico Cerro da Mantiqueira; 6-Complexo Marmeleiro; 7-Complexo Passo Feio; 8- Complexo Máfico-Ultramáfico Pedras Pretas e Santa Catarina (Modificado de Chemale Jr. 2000).

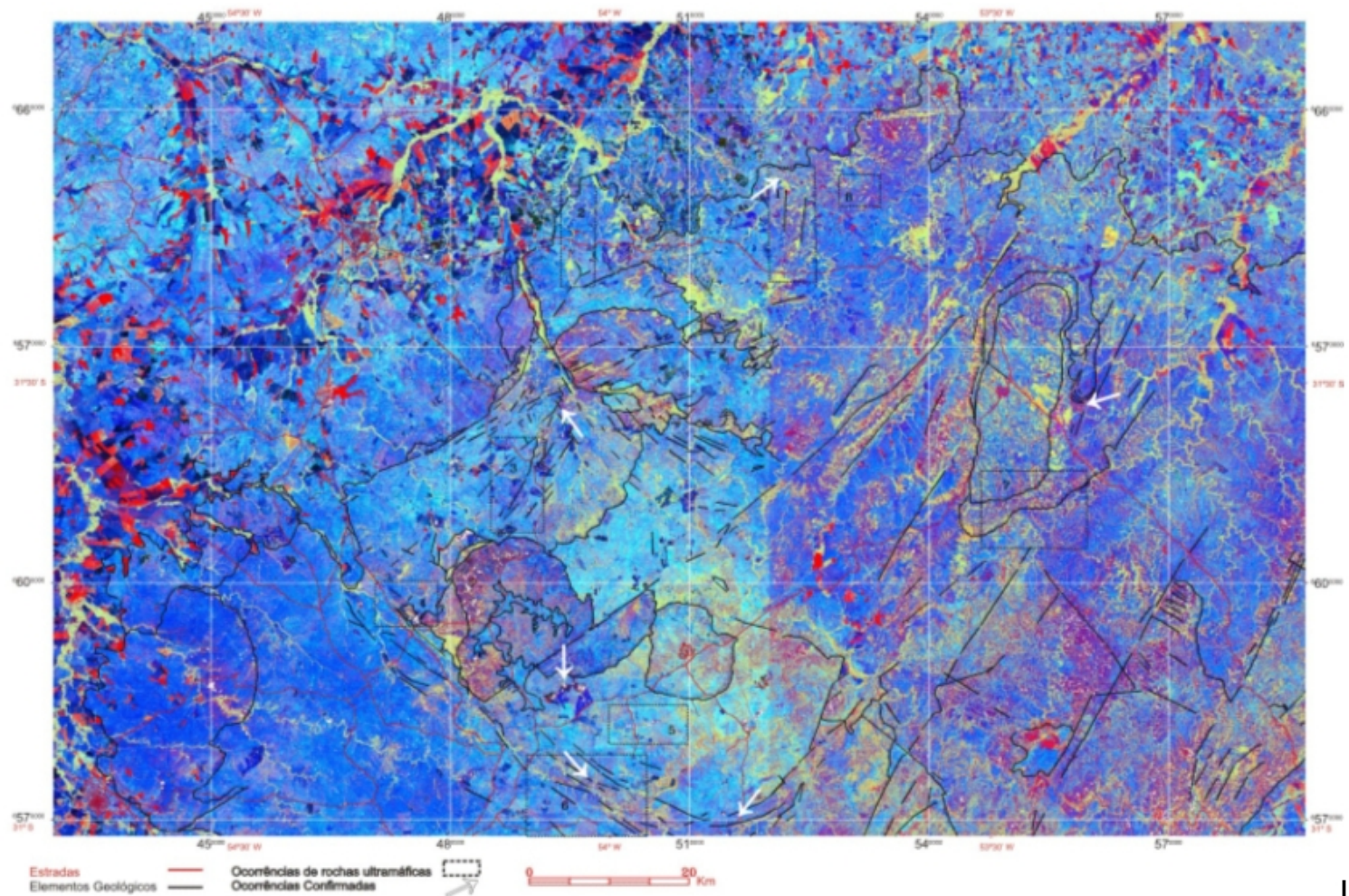


Figura 2 - Imagem CP2 (TM1-TM5), CP2 (TM4-TM2), CP2 (TM5-TM7) em RGB com sobreposição de áreas com resposta espectral semelhante a da área Cerro Mantiqueira, elementos geológicos e indicação das ocorrências conhecidas das rochas ultramáficas.

Referências

- Chavez Jr., P.S.; Kwarteng,A.Y. Extracting spectral contrast in Landsat Thematic Mapper image data using selective principal component analysis. **Photogrammetric Engineering and remote Sensing** , v. 55, n. 3, p.339-348, 1989.
- Chemale Jr.,F. Evolução geológica do Escudo Sul-rio-grandense. In: **Geologia do Rio Grande do Sul**. Eds. M.Holz & L.F. De Ros. Universidade Federal do Rio Grande do sul, CIGO, Porto Alegre, p.13-52,2000.
- Crosta, A.P. Mapping of residual soils by remote sensing for mineral exploration in SW Minas Gerais State, Brazil.1990. 452p. Phd Thesis, Imperial College of Science, Technology and Medicine, University of London. 1990.
- Lamb,A.D., Pendock,N.E. Band prediction techniques for the mapping of hydrothermal alteration. In: Thematic Conference on Remote Sensing for Exploration Geology, 7, 1989. Calgary, Canada. **Proceedings...** v.2, p.1317-1329. 1989.
- OFFIELD,T.W.;ABBOTT,E.A.;GILLESPIE,A.R.;LOGUERCIO,S.O. Structure mapping on enhanced Landsat images of Southern Brazil: Tectonic control of mineralization and speculations on metallogeny. **Geophysics**, v. 42, 3, p.482-500, 1977.
- OHARA, T. Aplicação do programa realce pelas componentes principais na região das Minas do Camaquã – RS. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Brasília. **Anais...**, v. 1, p.39-45, 1982.
- RIBEIRO DE ALMEIDA,T.I.;CRÓSTA,A.P. Reflectance spectrometry of rocks from the Comstock Lode (Virginia City, Nevada, USA) and its comparison with X-Ray diffraction. **Boletim do IG-USP, Série Científica**, v. 28, p.85-100, 1997.
- Saldanha, D.L. **Características espectrais de unidades ultramáficas do sudoeste do Rio Grande do Sul: integração de dados orbitais, geobotânicos e geoquímicos**. 2003. 279p. Porto Alegre. Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.2003.
- VITORELLO,I., ALMEIDA FILHO,R. Multiseasonal variables in digital image enhancements for geological applications. **INPE 3100 - PRE/499**, p.1-12, 1984.