

## Análise das lineações e lineamentos geológicos da Folha Topográfica Currais Novos na Província Pegmatítica Borborema no Estado do Rio Grande do Norte

Paulo Sérgio de Rezende Nascimento<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Geoprocessamento – Departamento de Engenharia Ambiental – UFS  
Caixa Postal 1607 – 59.078-970 – Natal – RN, Brasil  
psrn.geologia@gmail.com

**Abstract.** Geological alignments reflect the features of the subsurface. These features are essential for studies of economic geology and are likely to be interpreted on satellite images. The present study aims at extracting relief and drainage lineations and lineaments, using the CCD-CBERS-2B images aiming to analyze the structural control metallogenic in the scale of 1:50.000 of Currais Novos Topographic Map. This area is at the central-south part of the Mesoregion Central Potiguar, economically characterized by mining, activity usually related to structural control. The steps of the work were: creation of a georeferenced database; image restoration; transformation through main component; extraction of relief and drainage alignments; and rose diagrams. After extracted, the lineations and lineaments were interpreted as possible fracture systems. The study of the properties of alignments characterizes the homologous zones, which indicate different geologic-structural domains, which probably influenced the metallogenesis of mineral occurrences, due to the structural control.

### 1. Introdução

A área de estudo desse trabalho localiza-se na porção centro-sul da Mesorregião Central do semiárido do Estado do Rio Grande do Norte, delimitada pelos paralelos 6°00' a 6°30' de latitude Sul e pelos meridianos 37°00' a 36°30' de longitude Oeste, na região geológica conhecida como Província Pegmatítica Borborema. Nessa província geológica, a produção mineral é de grande importância geoeconômica nacional, regional e local.

A mineração na área de estudo é a principal atividade econômica decorrente da vasta gama mineralógica associada aos corpos pegmatíticos, aos demais litotipos e ao controle estrutural. Este controle geológico é advindo da configuração atual definida durante o Ciclo Brasileiro. As feições estruturais decorrentes desse evento geológico são visíveis nos produtos sensoriados remotamente pelas lineações e lineamentos geológicos. As lineações são pequenas feições de comprimentos métricos e os lineamentos são feições de comprimentos maiores (Peter et al., 1986). Ambos são fotointerpretados como alinhamentos de relevo e de drenagem, feições marcantes em imagens orbitais (Veneziani e Anjos, 1982). Os elementos de relevo e drenagem nas imagens são as menores superfícies contínuas e homogêneas e passíveis de repetição. Esses elementos quando fortemente estruturados são interpretados como estruturas geológicas. Dessa forma, essas estruturas geológicas seguem os conceitos de qualquer feição natural linear ou curvilínea mapeável da superfície terrestre que podem estar relacionadas às falhas, fraturas, xistosidades ou contatos litológicos.

De acordo com CPRM (2006), foram identificadas 118 ocorrências minerais na Folha Currais Novos (SB-24-Z-B-II, escala 1:100.000): scheelita - 47; mármore - 25; berilo/água-marinha - 11; rocha ornamental - 6; barita - 5; ferro - 4; columbita-tantalita - 3; talco - 3; areia - 3; argila - 2; granada - 2; feldspato - 2; amianto - 2; urânio - 1; enxofre - 1 e zircão - 1. Essas ocorrências representam 6% do total cadastrados no Rio Grande do Norte. Os estudos metalogenéticos são guias prospectivos de novas ocorrências, destacando aquelas relacionadas às intrusões de suítes de corpos graníticos brasileiros na área de estudo. Os lineamentos principais são zonas de cisalhamento transcorrentes de direções principais E-W e NNE. O conhecimento mais detalhado do controle estrutural metalogenético das ocorrências minerais é de grande importância na descoberta de novas jazidas minerais, conseqüentemente, ao desenvolvimento socioeconômico local e estadual.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi a extração e a análise dos alinhamentos de relevo e de drenagem, utilizando imagens do sensor CCD do satélite CBERS-2B para analisar o controle estrutural relacionado aos processos metalogenéticos da Folha Topográfica Currais Novos, na escala de 1:50.000; cujos produtos cartográficos nessa escala são escassos ou inexistentes no semiárido Potiguar.

## **2. Material e Método**

Os materiais utilizados para a extração das lineações e lineamentos de relevo e drenagem foram: Carta Topográfica de Currais Novos na escala 1:100.000 (SB-24-Z-B-II); imagens orbitais CCD-CBERS-2B (órbita/ponto 148/107 datada de 23/02/2008) sem cobertura de nuvens; e o programa computacional de geoprocessamento SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas). As etapas de operacionalização realizadas para atingir o objetivo desse trabalho corresponderam: criação do Banco de Dado Georreferenciado (BDG); Restauração e Registro das imagens; Transformação por Principais Componentes; Extração Manual das Lineações e Lineamentos de Relevo e Drenagem; e Análise Exploratória e Filtragem das Lineações e Lineamentos.

### **2.1 Banco de Dado Georreferenciado**

Tanto o BDG quanto o projeto foram denominados de Currais Novos com gerenciador SQLite, na projeção UTM/SIRGAS-2000 com meridiano central 24° Oeste, cujo retângulo envolvente da área de estudo possui as coordenadas plano-retangulares:  $X_{min} = 721094$  metros,  $X_{max} = 776884$  metros e  $Y_{max} = 9281031$  metros e  $Y_{min} = 9336269$  metros. Apesar da escala da base topográfica adotada ser de 1:100.000, as fotoestruturas geológicas, interpretadas a partir das lineações e lineamentos de relevo e drenagem, foram geradas na escala de 1:50.000, proporcionados pelos procedimentos de restauração de imagens, com resolução espacial dos Planos de Informação (PIs) de 10 metros por 10 metros (Silva, 2003).

### **2.2 Restauração das imagens**

As bandas 2, 3 e 4 das imagens CCD-CBERS-2B passaram pelo procedimento de restauração para a correção radiométrica e aumento dos tamanhos dos pixels para 10m por 10m, obtendo uma imagem realçada e com o dobro da resolução espacial das imagens originais. Esse procedimento foi realizado em um projeto sem projeção cartográfica para garantir que as mesmas não fossem reamostradas e perdessem suas características originais antes do processo, pois o filtro de restauração é específico, ou seja, de acordo com as características do sensor. Além disso, os dados originais são essências para a interpretação dos alvos terrestres (Novo, 2011).

### **2.3 Registro das imagens**

Após o procedimento de restauração, as imagens foram registradas ou georreferenciadas para estabelecer uma relação entre as coordenadas da imagem e as coordenadas geográficas e inseridas no banco de dados. Tomou-se o cuidado na escolha dos pontos de controle, esses pontos foram espaçados por toda a imagem para evitar distorções e bem definidos tanto na imagem quanto na carta topográfica para se obter uma precisão de acordo com o padrão de Exatidão Cartográfica Planimétrica Estabelecido (BRASIL, 1996), que no presente trabalho foi de 0,2 pixel.

### **2.4 Transformação por Componente Principal**

Esse procedimento visou à redução da dimensionalidade dos dados e a remoção da redundância de informações, mas, sobretudo, a concentração da informação topográfica total no primeiro principal componente  $PC_1$  (Meneses e Almeida, 2012), sendo, assim, o

componente ideal para atingir o objetivo do trabalho, proporcionando maior visualização das estruturas lineares e curvilíneas de relevo e drenagem. As imagens PCs foram geradas a partir das bandas 2, 3 e 4 do sensor CCD do satélite CBERS-2B, pois a banda 1 apresentava muitos ruídos e foi descartada. Posteriormente, a banda monocromática PC<sub>1</sub> foi realçada por contraste linear, que destacou ainda mais as lineações e lineamentos de drenagem e relevo.

## 2.5 Extração das lineações e lineamentos de drenagem e relevo

O procedimento metodológico adotado para a extração das lineações e lineamentos foi a fotoleitura, que é o reconhecimento e identificação dos elementos das imagens com os objetos correspondentes e sua repartição (Soares e Fiori, 1976). Esse procedimento é baseado no processo sistemático e lógico de fotointerpretação de imagens de satélites, cuja premissa é que são passíveis de identificação através de produtos de sensoriamento remoto (Veneziani e Anjos, 1982). Para a extração desses alinhamentos geológicos utilizou-se a banda monocromática Principal Componte PC<sub>1</sub>.

## 2.6 Análise exploratória e filtragem das lineações

Os resultados das análises exploratórias são apresentados em relatórios, que fornecem o número total de lineações e lineamentos, juntamente com seu comprimento total e médio. Outra forma de apresentação dos resultados é por gráficos, assim, os elementos texturais de relevo e drenagem foram analisados por diagramas de roseta, agrupados em intervalos de 10° (concentração relativa). A filtragem das lineações permitiu subdividir as lineações em quatro faixas angulares previamente definidas: N-S, E-W, NE-SW e NW-SE. Esse procedimento permitiu analisar os principais *trends* direcionais e defini-los como prováveis direções para o acúmulo de minerais de interesse econômico (Nascimento, 2003).

## 3. Resultados e Discussão

As Figuras 1 e 2 apresentam as lineações de relevo e drenagem, respectivamente, sobrepostos à imagem Principal Componente PC<sub>1</sub>, sobre a qual essas feições foram extraídas. O total de lineações extraídas foi de 7.671, com 2.060 lineações de drenagem e 5.611 lineações de relevo. Essas direções das lineações de drenagem e relevo são apresentadas por cores diferentes, facilitando tanto a análise das principais direções, quanto a visualização dessas direções. Esse procedimento foi possível pela técnica de filtragem das lineações, rotina disponível no SPRING.

As direções de lineações de drenagem foram definidas em quatro grupos, a saber: (i) N20-70E; (ii) N20-70W; (iii) N70-90E e N70-90W; e (iv) N20E a N20W. O total de lineações para cada grupo foi de 762, 577, 515 e 206, respectivamente. O primeiro e o segundo grupos possuem duas direções principais N50-60E, N30-40E, N60-70W e N20-30W. As direções ortogonais N50-60E/N20-30W e N30-40E/N60-70W indicam um controle estrutural muito forte, principalmente se unirmos também as direções perpendiculares N-S e E-W, mais incipientes, porém não menos significativas geologicamente.

Ao analisar as lineações de relevo, é nítida a estruturação tectônica da área de estudo, a qual está em concordância com as zonas de cisalhamento transcorrente da geologia regional da Província Borborema (CPRM, 2006). Das 5.611 lineações de relevo, 2.525 lineações estão concentradas na direção N20-60E; 1.683, na direção E-W; 1.122 em N-S; e 280 em NW. Dessa forma, a grande quantidade de lineação de relevo na direção NE pode significar uma peculiaridade da estruturação tectônica da área de estudo com relação à estruturação tectônica regional, que é essencialmente E-W e N-S. Esse resultado pode significar que o controle metalogenético na área de estudo pode possuir uma particularidade que deve se investigada com trabalhos tradicionais de geologia de campo. É importante ressaltar que somente o contato direto com os afloramentos rochosos permite avaliar o verdadeiro significado

geológico das feições extraídas de dados de sensoriamento remoto. Os produtos sensoriais remotamente possibilitam pré-avaliações, minimizando custos e maximizando tempo de trabalho de campo.

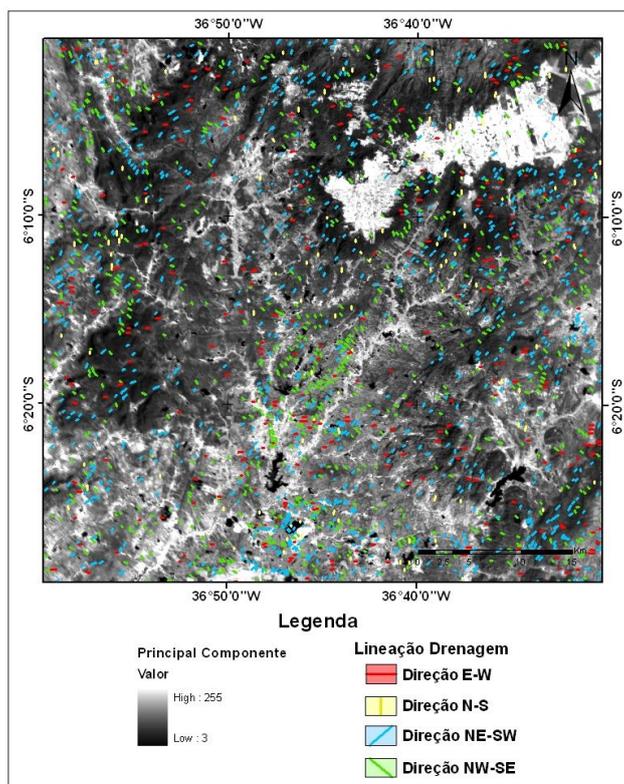


Figura 1. Fotomapa de lineações de drenagem.

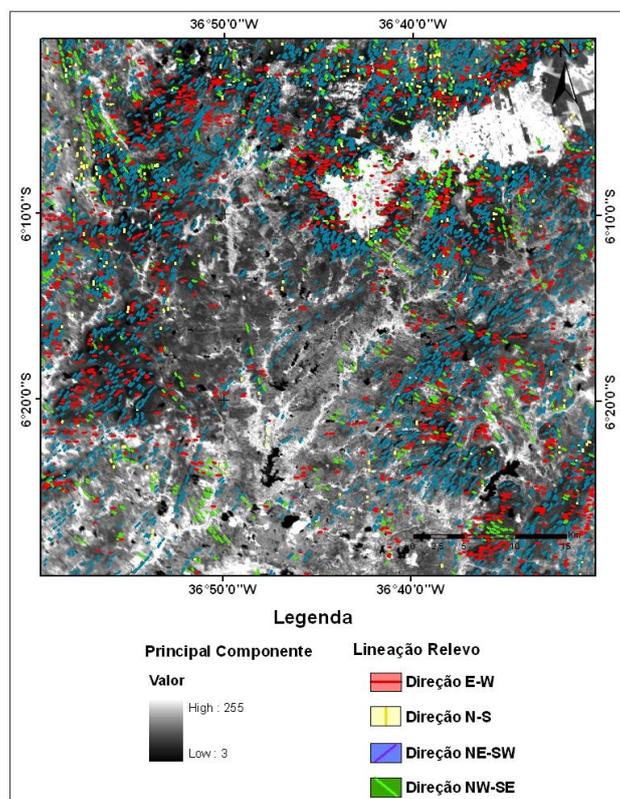


Figura 2. Fotomapa de lineações de relevo.

As principais direções das lineações de drenagem e de relevo evidenciando uma estruturação concordante com a tectônica regional da Província Pegmatítica e ao mesmo tempo, demonstrando uma particularidade local podem ser visto nas Figuras 3 e 4. Na Figura 3a, os principais *trends* das lineações de drenagem são nas direções NE-SW e NW-SE e secundariamente nas direções E-W e N-S, apesar das direções das lineações apresentarem uma certa distribuição homogênea. Na Figura 3b, nota-se que a direção preferencial das lineações de relevo é NE-SW, seguida da direção E-W e por fim, das direções N-S e NW-SE, sendo essa última muito incipiente.

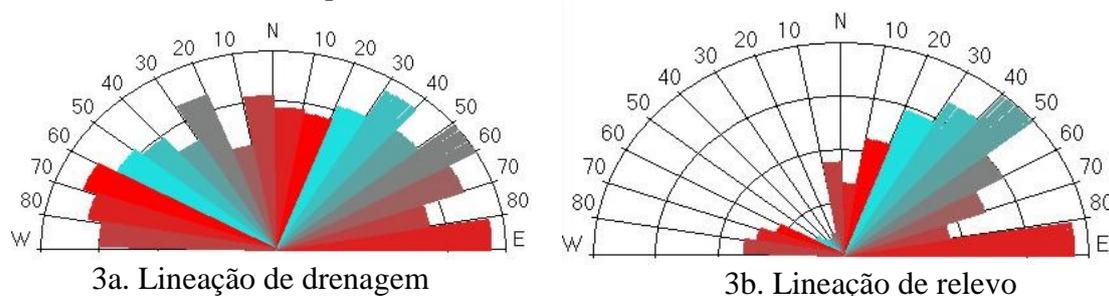


Figura 3. Diagrama de roseta de frequência absoluta das direções das lineações extraídas.

Pela Figura 4, o forte controle estrutural da área de estudo é marcante e claramente visível ao sobrepor na composição colorida falsa-cor 4R/3G/2B das imagens CBERS-2B. Desse modo, na porção superior esquerda, as lineações de drenagens NE são cortadas pelas lineações de relevo NNW. Essas lineações provocaram o encurvamento das lineações NE, que também pode ser observado nas porções inferior esquerda e direita, e superior direita da área de estudo. Nessas porções, a densidade das lineações de relevo NNW é menos significativa, no entanto, o encurvamento das estruturas é marcante. Por outro lado, na porção central, não há evidência da interferência das lineações de relevo NNW, o que explica a sua baixa frequência absoluta (Figura 3b). Dessa forma, pode-se supor um controle rúptil nessa porção e com influência pouco significativa das lineações de relevo NW; em oposição ao comportamento dúctil a rúptil-dúctil e forte influência nas demais porções da área de estudo. Esse controle estrutural é mais bem compreendido ao extrair e interpretar os lineamentos (Figura 5).

Os lineamentos curvilíneos foram aqui interpretados como sistemas de dobramentos (ambiente dúctil), cujos eixos indicam concordância com sistemas de fraturamentos de direções, preferencialmente, NNE e NE, secundariamente, NW. Essa direção também foi interpretada como uma particularidade da área de estudo, pois como já descrito, as zonas de cisalhamento transcorrente regional possuem direções preferenciais E-W e N-S.

Ainda não é possível afirmar, mas provavelmente, os regimes dúcteis são mais antigos que os rúpteis, pois esses, em muitos locais, cortam aqueles. As direções NW e NE podem estar relacionadas por movimentos crustais mais recentes (neotectônica), com reativação de antigas estruturas e formando outras novas estruturas. Essa interpretação ou qualquer afirmação neste sentido necessita de verificação em campo. Essa verificação é essencial para analisar se o controle estrutural da área interferiu na geração dos depósitos minerais, como também para elaborar o arcabouço estrutural geológico da área de estudo. Nesse sentido, os resultados obtidos pela análise dos alinhamentos geológicos nas imagens CBERS-2B, especificamente, a primeira principal componente PC<sub>1</sub>, otimizará o tempo e minimizará o custo do trabalho de campo. Este visa realizar a primeira etapa da prospecção e pesquisa mineral, isto é, seleção de áreas promissoras ao jazimento mineral.

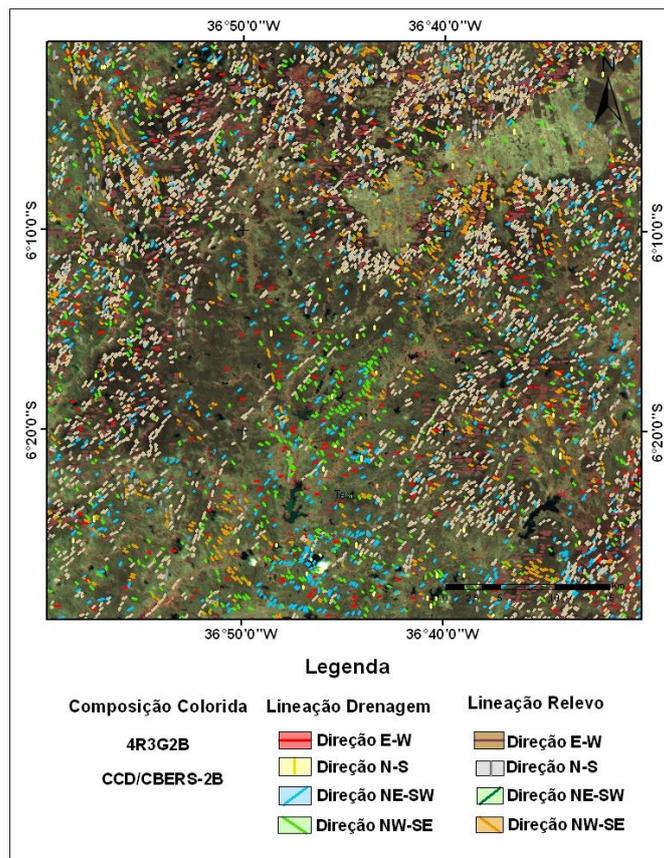


Figura 4. Fotomapa de lineações de relevo e de drenagem.

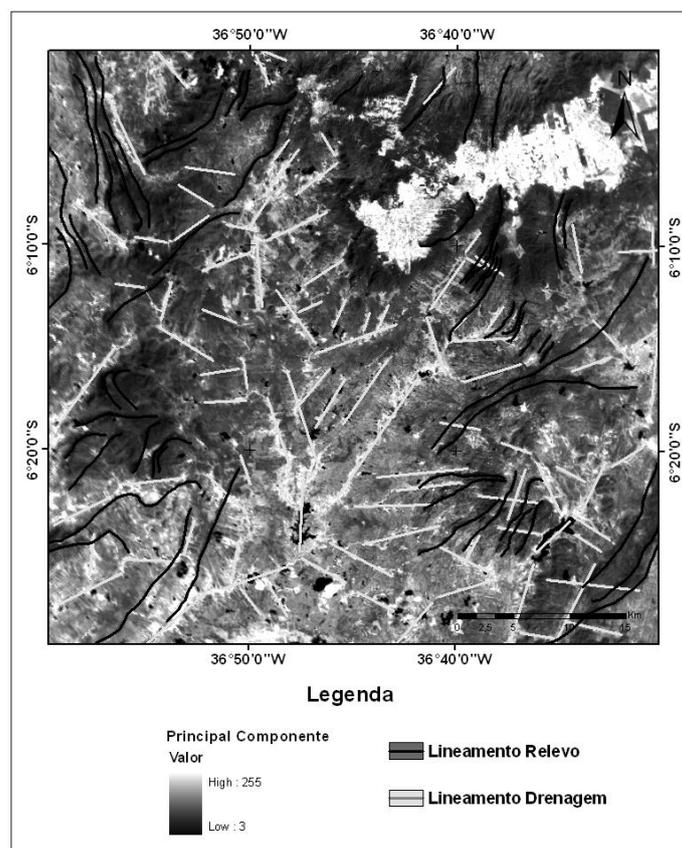


Figura 5. Fotomapa de lineamentos de relevo e de drenagem.

#### 4. Conclusões

A extração dos alinhamentos geológicos da primeira principal componente PC<sub>1</sub> das imagens CBERS-2B restauradas para 10mx10m permitiu a elaboração dos fotomapas de lineações e lineamentos de relevo e de drenagem da área de estudo na escala 1:50.000. A identificação das feições texturais lineares e curvilíneas baseou-se nos critérios com conotação geológica, que refletindo o comportamento geoestrutural das litologias. A análise dos fotoalinhamentos geológicos definiu regiões promissoras de jazimentos minerais através da identificação do controle estrutural regional E-W e N-S; e de uma provável estruturação neotectônica local perpendicular NE e NW.

#### Referências bibliográficas

BRASIL, Ministério da Ciência e Tecnologia e Comissão de Cartografia. **Cartografia e aerolevanteamento – legislação**. Brasília, 1996. p.26-27.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte**. Escala 1:500.000. Texto explicativo dos mapas geológico e de recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM/SEDEC-RN/FAPERN, 2006, 119p.

Meneses, P. R.; Almeida, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB, 2012. 276p.

Nascimento, P. S. R. Análise de lineamento da rede de drenagem da Sub-bacia do Baixo Piracicaba no Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 42., 2004, Araxá. **Anais...** São Paulo: SBG, 2004. Resumos. p184.

Novo, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2011, 376p.

Peter, K. D.; Kolm, K. .; Downey, J. S.; Nichols, T. C. Lineaments: significance, criteria for determination and varied effects on groundwater systems – A case history in the use of remote sensing. **Geotechnical applications of remote sensing and remote data transmission**, v.6, n.37, p. 46-68, 1986.

Silva, A. B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 2003, 236p.

Soares, P. C.; Fiori, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícias Geomorfológicas**, v. 6, n.32, p.71-104, 1976.

Veneziani, P.; Anjos, C. E. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1982. 54 p. (INPE-2227-MD/014).