

EFEITO DO ÂNGULO DE ELEVAÇÃO SOLAR E DO AZIMUTE NA DETERMINAÇÃO DE
COMPARTIMENTOS GEOMORFOLÓGICOS

E.M.L.M. Novo

Instituto de Pesquisas Espaciais

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Caixa Postal 515, 12200 - São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

O objetivo deste trabalho é verificar o efeito da variação do ângulo de elevação solar e do azimute sobre a identificação de feições geomorfológicas em dados do sistema LANDSAT. Como área teste selecionaram-se as bacias dos Ribeirões Canas e Caninhas e Rio Bocaina, (Rio Paraíba do Sul). Na realização do trabalho utilizaram-se dados referentes a cinco passagens da órbita 150, ponto 28, com ângulos de elevação solar que variam de 22° a 41° e com azimutes que variam de 43° a 93° . A análise visual de imagens com diferentes ângulos de elevação solar e de azimute foi realizada conforme metodologia convencional. Os resultados demonstraram que, para cada passagem com um dado ângulo de elevação e de azimute, a capacidade de identificar zonas homólogas variou. Concluiu-se que, para a área em estudo, a conjugação de ângulo de elevação e de azimute solar que mais favoreceu a discriminação de unidades do relevo foi a de 31/01/1978.

ABSTRACT

The objective of this study is to verify how sun elevation angle and sun azimuth of LANDSAT data can affect geomorphological mapping. Bocaina, Canas and Caninhas drainage basins (Paraíba do Sul Valley) were selected as test site. Five different LANDSAT data sets (path 150, row 28) were used covering the range of sun elevation from 22° to 41° and sun azimuth from 43° to 93° . These data were submitted to conventional visual analysis. The results showed that the homologous units varied according to sun elevation and sun azimuth. The best performance for the studied area was presented by 01/31/78 overpass.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho faz parte de uma pesquisa mais ampla que visa avaliar o efeito da variação da elevação e do azimute solar sobre a discriminação de feições de relevo.

Pela análise bibliográfica (Verstappen, 1977; Gardner and Miller, 1977; Robchevsky, 1979; Barzegar, 1979; Novo, 1980; Veneziani, 1980) pode-se depreender que este assunto ainda não foi abordado em profundidade. Liu et alii, 1980, embora salientem a importância de considerar as condições de elevação solar e de azimute no processo de seleção de imagens, não se dedicam especialmente ao estudo do problema.

Se a bibliografia referente à aplicação de dados LANDSAT em Geomorfologia não se aprofunda no tema, o mesmo não se pode dizer da literatura que aborda resultados nas áreas de Mapeamento de Solos, Litologias, Culturas, etc. Nestes trabalhos pode-se verificar uma preocupação crescente com a avaliação dos efei-

tos de iluminação de cena sobre a precisão de classificação de diferentes temas de interesse. Isto porque, apesar da órbita heliossíncrona, as diferentes passagens do LANDSAT sobre uma mesma região são realizadas com o sol ocupando diferentes posições relativas ao alvo. Donker and Meijerink (1977) calcularam que, para um dado ângulo de elevação solar, a radiância relativa varia com a diferença entre o azimute solar (ϕ_S) e o azimute da vertente (ϕ_N). Para $\phi_S - \phi_N = 0$, a radiância relativa é máxima em vertentes com declives superiores a 30° , e tende a diminuir com a diminuição da declividade. Deste trabalho pode-se concluir que os parâmetros de iluminação da cena (elevação solar e azimute) podem influir drasticamente na classificação de diferentes temas principalmente em áreas de relevo montanhoso. Nestas áreas também torna-se difícil avaliar modificações no comportamento espectral dos alvos, uma vez que a variação dos parâmetros de iluminação da cena associada às altitudes determinarão uma grande variância nos dados.

Kowalik (1981) salienta que a análise de resultados de diversos trabalhos tem demonstrado que a suposição lambertiana não é aplicável quando a diferença entre o ângulo de iluminação e a normal à superfície excede a 50° e 60° .

A variação de radiância em virtude da interação entre os parâmetros de iluminação da cena e a topografia tem sido corrigida através da eliminação do que os autores convencionaram chamar "efeito topográfico". Kowalik (1981), por exemplo, sugere que a utilização de razões entre canais reduz o efeito topográfico e permite a comparação de imagens em datas diferentes. Justice et alii (1981) já consideram o uso de razões entre canais uma técnica ineficiente na eliminação do efeito topográfico e sugerem, isto sim, a utilização da razão pelo co-seno do ângulo de incidência solar.

Para o indivíduo interessado nas feições do terreno, no entanto, o problema não é eliminar o efeito topográfico, mas realçá-lo, ou melhor, descobrir em que condições de iluminação a topografia aparente na imagem representa uma melhor aproximação da topografia real.

Assim sendo, este trabalho tem por objetivo avaliar o efeito do ângulo de elevação e de azimute sobre a identificação de feições geomorfológicas através de técnicas de análise visual de dados MSS do LANDSAT, e sugerir as passagens mais favoráveis à caracterização do relevo.

2. ÁREA TESTE

Para a realização do trabalho selecionou-se a região compreendida pelas bacias dos rios Canas, Caninhas e Bocaina, afluentes da margem direita do Rio Paraíba do Sul (Figura 1).

Estas bacias foram selecionadas por se encontrarem numa região de ocorrência de relevo heterogêneo. Neste tipo de região, devido ao alto grau de dissecação, é praticamente impossível o mapeamento da rede de drenagem em imagens MSS (Santos et alii, 1982), tornando-se, portanto, fundamental a aquisição de dados que permitem a análise dos padrões de textura. Outro aspecto relevante para a seleção desta área foi a homogeneidade da cobertura vegetal, que vem realçar o efeito da topografia sobre os registros de níveis de cinza.

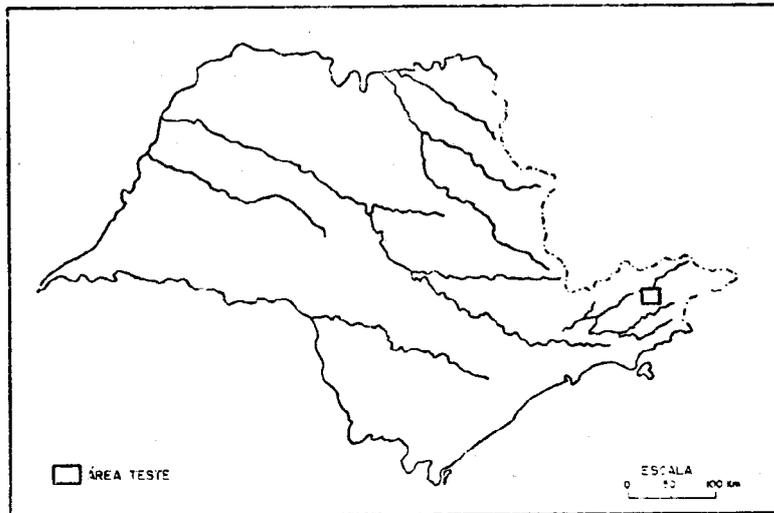


Fig. 1 - Localização da Área Teste.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizadas 5 passagens da órbita 150, ponto 28 relacionadas na Tabela 1; disponíveis na escala 1:250.000. Utilizaram-se também cartas topográficas na escala 1:50.000 (IBGE, 1974) e mapas geológicos nas escalas 1:200.000 e 1:250.000 (Hasui et alii, 1978; Santos et alii, 1982).

TABELA 1

RELAÇÃO DE IMAGENS UTILIZADAS NO TRABALHO

DATA	POSIÇÃO DO SOL	ELEVAÇÃO (em graus)	AZIMUTE (em graus)
11/07/1973		30	43
25/06/1976		22	49
09/09/1977		36	64
31/01/1978		41	93
01/06/1979		28	45

Procurou-se avaliar o efeito dos parâmetros de iluminação da cena sobre a compartimentação do relevo através dos seguintes procedimentos:

3.1 - IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE UNIDADES DE RELEVO

Nesta etapa do trabalho utilizaram-se técnicas convencionais de análise visual de imagens (Novo, 1980; Veneziani, 1980). A interpretação

visual foi realizada sobre imagens do canal 7, na escala 1:250.000, levando-se em conta que estudos anteriores já demonstraram a maior adequação dessa faixa para a caracterização de feições do relevo (Verstappen, 1977).

Durante a fase de interpretação foi preenchida uma ficha de caracterização de cada unidade fotogeomorfológica (Tabela 2) para cada passagem analisada.

TABELA 2

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE UNIDADES FOTOGEOMORFOLÓGICAS

NÚMERO DA UNIDADE	TEXTURA	TONALIDADE	AMPLITUDE APARENTE	ORIENTAÇÃO DOS VALES	ALTIMETRIA RELATIVA	LIMITES	OBSERVAÇÕES GERAIS E RELEVO PROVÁVEL

3.2 - AQUISIÇÃO DE DADOS MORFOMÉTRICOS DE VARIÁVEIS DESCRITIVAS DO RELEVO

As variáveis selecionadas para caracterizar o relevo foram: amplitude altimétrica, declividade, extensão de vertente, orientação de vertente (azimute) e cota máxima. A amplitude altimétrica descreve a profundidade da dissecação pela diferença de altitude entre o talvegue e o divisor. As vertentes se caracterizam pela inclinação (declividade) e pela orientação (azimute). A declividade controla a força gravitacional disponível para o trabalho geomorfológico, enquanto a orientação afeta o intemperismo a nível microclimático. As vertentes podem ainda ser caracterizadas pela sua extensão, que expressa o espaçamento entre os canais fluviais. A cota máxima caracteriza a massa rochosa disponível para a erosão.

Na coleta dos dados morfométricos utilizou-se um sistema de amostragem em grades de 0.25 km² (Evans, 1972). O tamanho da grade foi ajustado previamente à textura do relevo avaliada pela inspeção de cartas topográficas.

As unidades fotogeomorfológicas identificadas na fase anterior foram consideradas como tratamentos, para os quais se coletaram amostras com o auxílio da tabela de números alea-

tórios. Os dados foram obtidos em cartas topográficas na escala 1:50.000.

3.3 - ANÁLISE DE PERFIS TOPOGRÁFICOS

Para auxiliar a compreensão do efeito do ângulo de elevação solar e do azimute sobre a identificação de unidades de relevo construíram-se perfis topográficos. Para cada perfil topográfico foram transferidos os limites das unidades identificadas em imagens, em cada data analisada, de modo a verificar a de maior ajuste médio.

3.4 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Considerando-se uma distribuição normal para os dados, calculou-se o valor F para cada variável (Steel and Torrie, 1960; Cole and King, 1969). A hipótese nula estabeleceu que não havia diferenças significativas entre os tratamentos (unidades fotogeomorfológicas) quanto as variáveis representativas do relevo. A aceitação da hipótese nula levaria a se concluir que as unidades identificadas na imagem não correspondem a unidades de relevo diferenciáveis em função da amplitude, da dissecação, da declividade e da altitude. A rejeição da hipótese nula conduziria ao fato de que as uni-

dades fotogeomorfológicas identificadas na imagem têm uma alta probabilidade de representarem certas condições particulares do terreno.

4. RESULTADOS

4.1 - EFEITOS DA VARIAÇÃO DO ÂNGULO DE ELEVACÃO E DO AZIMUTE SOLAR SOBRE A ANÁLISE DO RELEVO EM IMAGENS MSS DO LANDSAT

A simples inspeção visual de uma mesma cena tomada a diferentes ângulos de elevação e de azimute já evidencia que as mesmas feições do terreno são registradas segundo padrões de tonalidade e de textura totalmente diversos. Este fato pode ser observado pela comparação entre as Figuras 2, 3, 4 e 5 que apresentam a mesma área imageada segundo ângulos de elevação e azimutes diferentes.

Se as diferenças de contraste entre as passagens forem abstraídas, ainda restarão diferenças visíveis entre as cenas que não podem ser atribuídas apenas à variação na transmissão atmosférica, na irradiância solar, nas condições intrínsecas ao alvo e no processamento fotográfico. Estas diferenças resultam da variação do ângulo de incidência solar de uma data para outra. Miller (1978) já havia associado distorções na elevação relativa de uma cena às variações da posição do sol de uma passagem para outra.

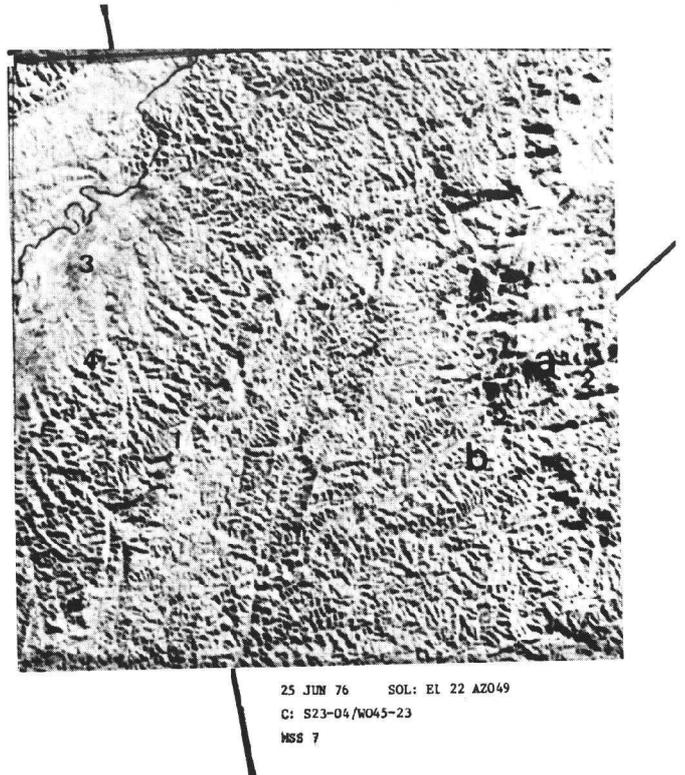


Fig. 3 - Imagem tomada em 25/06/76.



Fig. 2 - Imagem tomada em 11/07/73.

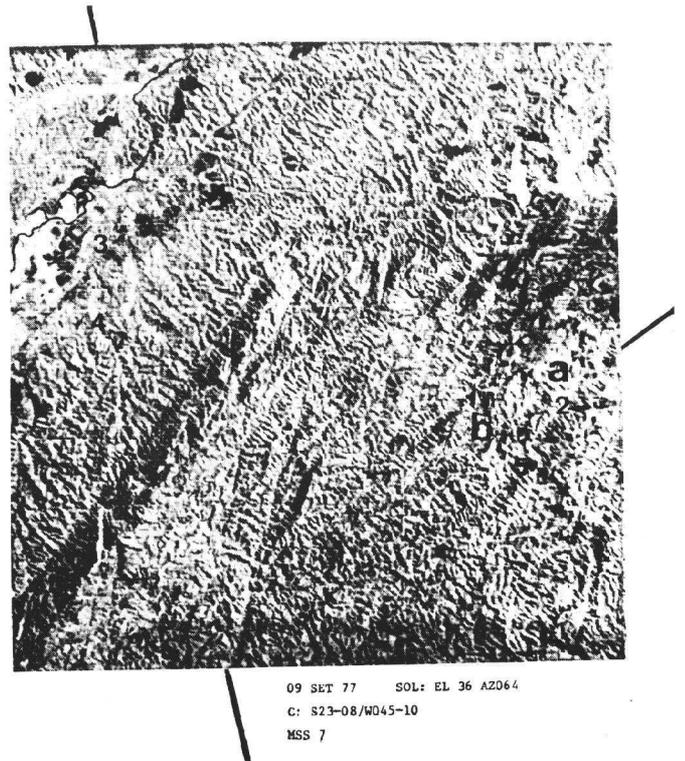


Fig. 4 - Imagem tomada em 09/09/77.

de azimute (49°), a disposição altimétrica das unidades fica realçada. Na cena da Figura 3 produz-se uma impressão de desnível entre o compartimento a e b, impressão esta realçada pelas sombras que sugerem escarpas (5) e que não ocorrem nas demais cenas.

Os perfis topográficos da Figura 6 dispõem-se paralelamente à direção de iluminação e ilustram como uma mesma feição do relevo pode ser registrada segundo diferentes padrões em função da variação do azimute solar. Uma mesma feição exposta à iluminação proveniente de direções diferentes revela aspectos distintos. A Serra da Bocaina é uma feição alongada no sentido SW-NE, portanto, quando recebe iluminação de NE ($AZ = 45^\circ$) vai apresentar alto contraste entre vertentes orientadas para NE ($\phi S - \phi N = 0^\circ$) e aquelas voltadas para NN ($\phi S - \phi N = 180^\circ$). Assim sendo, o perfil A produziria teoricamente na imagem um padrão de textura mais fino que o perfil B, dado pela sucessão de níveis C (claros), M (médios) e E (escuros). Isto se deve tanto às diferenças de direção de iluminação quanto às diferenças na própria feição que, observada a ângulos diferentes, revela aspectos diversos.

A Figura 7 ilustra o problema da direção de iluminação em área. Pela sequência de perfis, pode-se observar que a maior variação de altitude é na direção NW-SE, enquanto a maior dissecação pela drenagem se verifica na direção NE-SW. Desta forma, uma imagem tomada com azimute perpendicular à direção de maior variação de cota será teoricamente menos hábil para discriminar unidades de relevo que se distingam pela altimetria, mas será bastante eficiente em discriminar unidades que se diferenciem pelo grau de dissecação, admitindo-se, obviamente um ângulo de elevação constante. Imagens com azimutes oblíquos ou perpendiculares à direção de maior variação de altitude serão, teoricamente, mais favoráveis para discriminar unidades de relevo que se diferenciem quanto à altitude.

A dificuldade que se encontra ao trabalhar com os dados do MSS, entretanto, é que o ângulo de elevação e de azimute variam juntos no tempo. Desta forma, o problema que se coloca é: dado um conjunto de imagens com diversas combinações de ângulos de elevação e de azimute, qual deles conteria o maior volume de informações sobre o relevo e de que natureza seria essa informação?

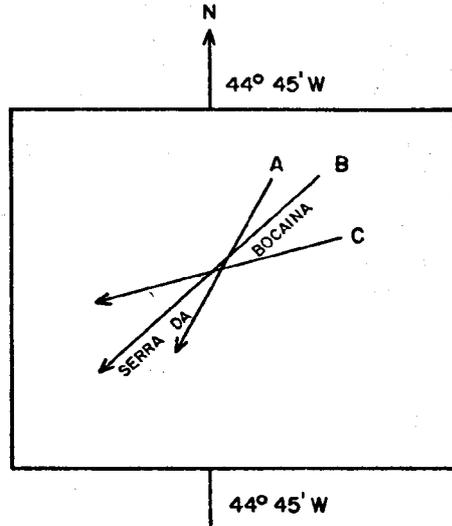


Fig. 5 - Imagem tomada em 31/01/78.

As cenas das Figuras 2 e 3 foram imageadas com um azimute solar entre 40° e 50° . Desta forma, as principais estruturas regionais orientadas segundo $N 45^\circ E$ (Hasui et alii, 1978) dispõem-se paralelamente à direção de iluminação. Isto faz com que a Serra do Quebra-Cangalha (1) apareça pouco realçada quando comparada às imagens com azimute solar de 60° e 93° nas Figuras 4 e 5 respectivamente.

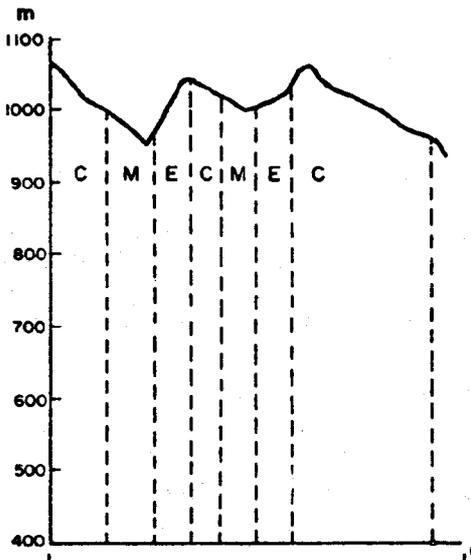
Por outro lado, as cenas das Figuras 2 e 3 realçam um conjunto de feições paralelas (2) que são dificilmente identificáveis na imagem da Figura 4 e inexistentes na Figura 5.

Em função da variação do ângulo de elevação solar observa-se que a cena da Figura 3 permite uma distinção mais precisa entre o domínio de colinas terciárias (3) e a região de morros cristalinos (4) quando se leva em conta a variação de textura da imagem. Isto se explica pelo fato de que grande parte dos vales que se dirigem para o rio Paraíba do Sul se dispõem perpendicularmente à fonte de iluminação, a qual, devido ao baixo ângulo de elevação, realça o efeito de sombreamento. Outra diferença entre as cenas das Figuras 2 e 3 é que nesta última, devido ao maior valor



LEGENDA
C - NÍVEIS CLAROS
M - NÍVEIS MÉDIOS
E - NÍVEIS ESCUROS

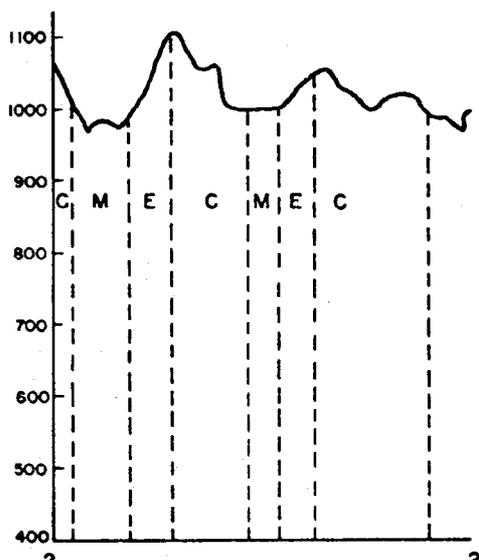
LOCALIZAÇÃO APROXIMADA DOS PERFIS



SERRA DA BOCAINA OBSERVADA SOB
UM AZIMUTE DE 45°
ELEVAÇÃO DE 22°

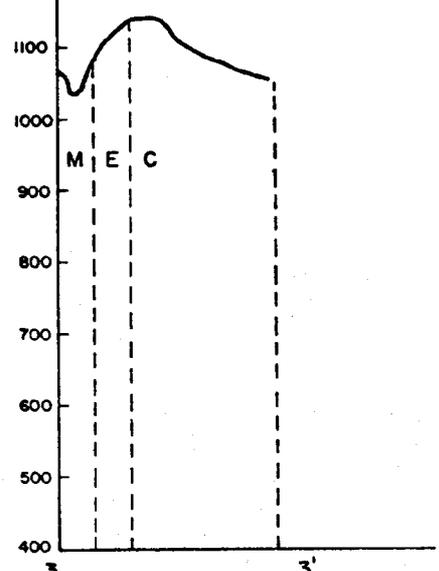
A

EH = 1:50 000
EV = 1:100 000



SERRA DA BOCAINA OBSERVADA SOB
UM AZIMUTE DE 64°
ELEVAÇÃO DE 36°

B



SERRA DA BOCAINA OBSERVADA SOB
UM AZIMUTE DE 93°
ELEVAÇÃO DE 41°

C

Fig. 6 - Perfis topográficos da Serra da Bocaina, orientados segundo o azimute solar de imagens LANDSAT.

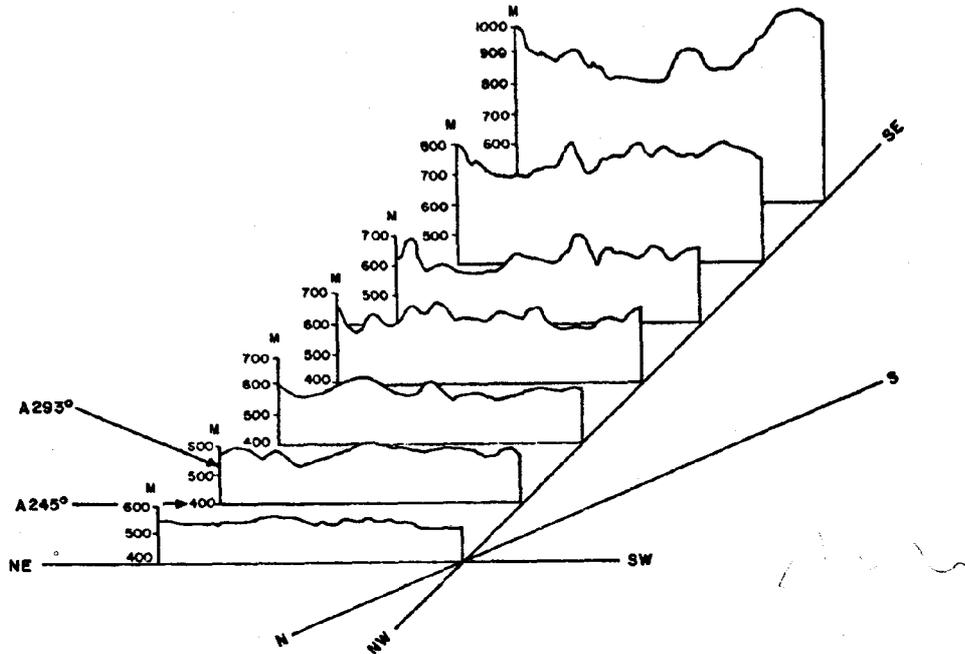


Fig. 7 - Direções de variação do relevo x direções de iluminações.

4.2 - VARIAÇÃO DE NÚMERO, TAMANHO E CARACTERÍSTICAS FOTOGRÁFICAS DE ZONAS HOMÓLOGAS IDENTIFICADAS VISUALMENTE

As Figuras 8 a 12 representam as zonas homólogas identificadas a partir de análise visual do canal 7 do MSS. A numeração das unidades não indica correspondência entre as diferentes datas. As figuras estão ordenadas segundo o valor crescente do azimute solar.

Pela análise das figuras pode-se observar que não só o formato das unidades variou de uma data para outra mas também o número de unidades. O cotejo entre o número de classes e a variação do azimute e da elevação permitiu verificar que na área em estudo, para azimutes baixos ($40^{\circ} - 50^{\circ}$), o aumento do ângulo de elevação determina o aumento do número de classes, ao passo que, para azimutes elevados ($> 60^{\circ}$), a diminuição do ângulo de elevação determina o aumento do número de classes.

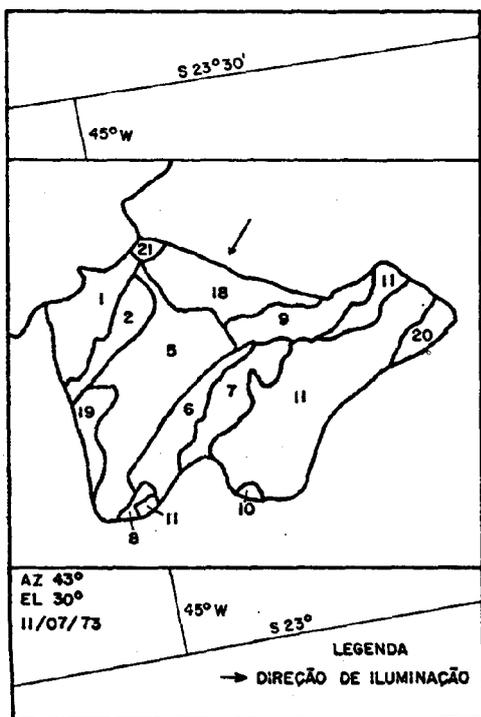


Fig. 8 - Unidades Fotogeomorfológicas - 11/07/73.

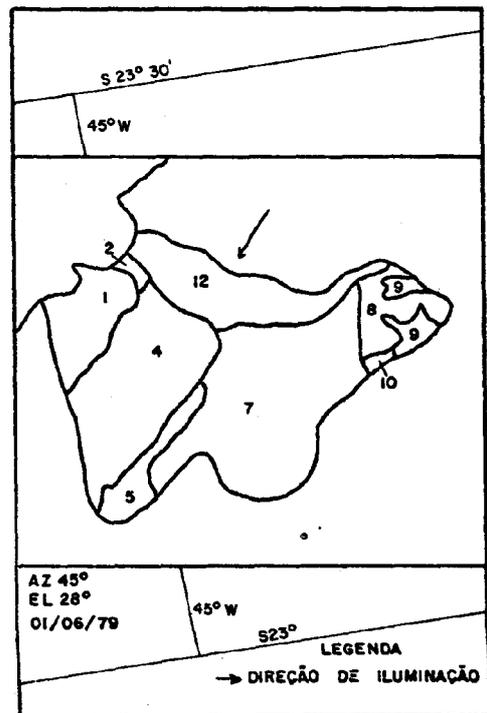


Fig. 9 - Unidades Fotogeomorfológicas - 01/06/79.

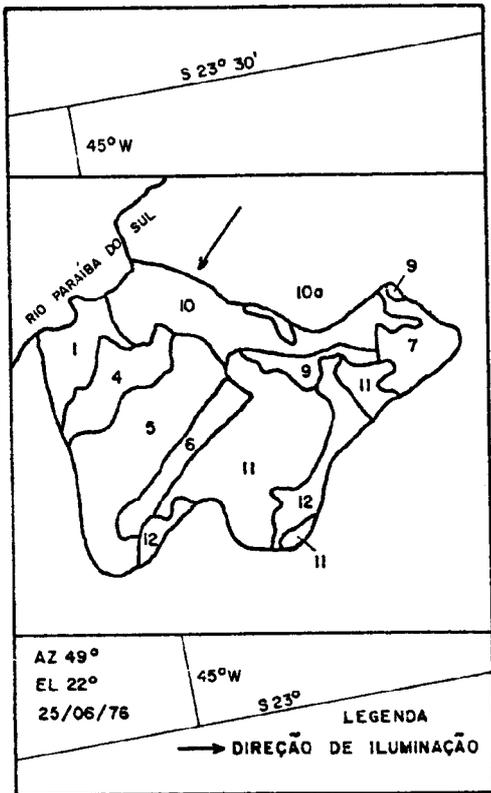


Fig. 10 - Unidades Fotogeomorfológicas - 25/06/76.

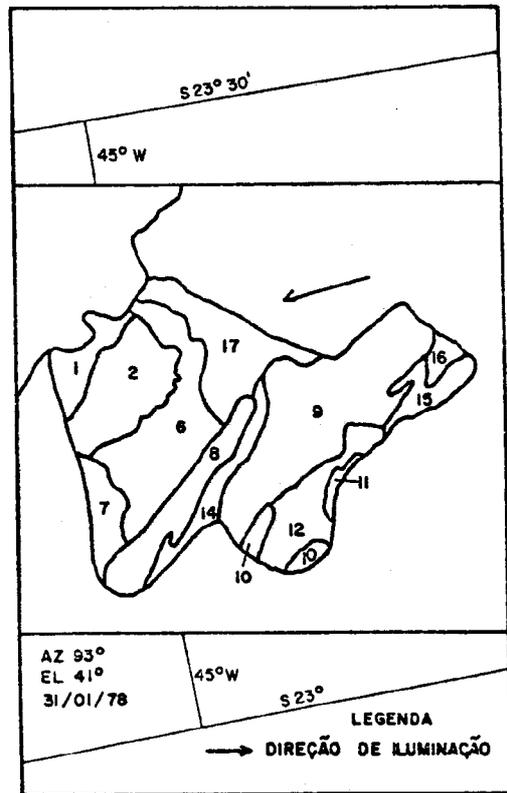


Fig. 12 - Unidades Fotogeomorfológicas - 31/01/78.

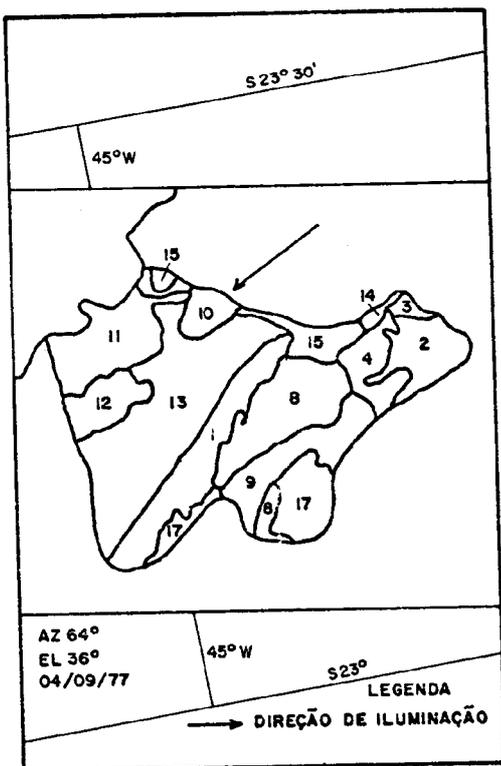


Fig. 11 - Unidades Fotogeomorfológicas - 09/09/77.

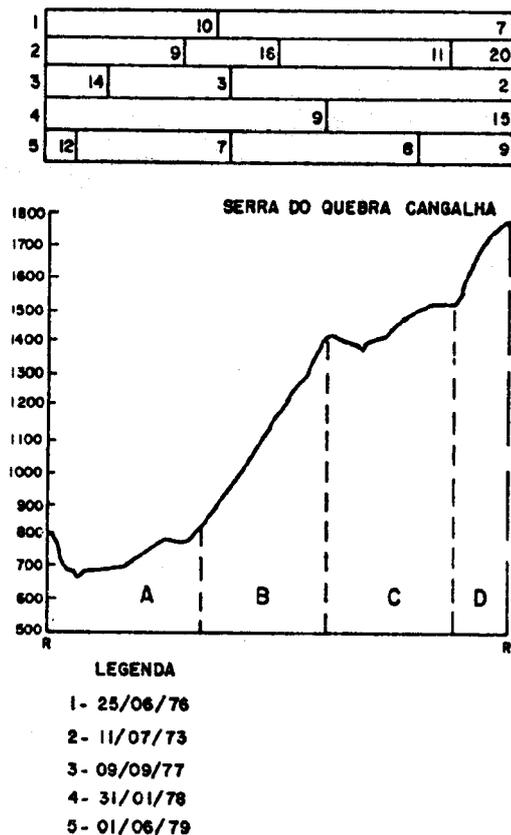
A variação no número de classes leva à variação no seu tamanho e nas suas características descritivas. Assim, uma mesma unidade, a Serra do Quebra-Cangalha, é descrita nas fichas de caracterização de unidades de forma diversa (Tabela 3).

A construção de perfis topográficos em áreas típicas auxilia avaliar as distorções no registro do relevo em diferentes datas. A Figura 13 apresenta um perfil perpendicular à Serra do Quebra-Cangalha. Neste perfil puderam ser identificados 4 grandes setores do relevo (A = Vale do Bocaina, B = 1ª escarpa da Serra do Quebra-Cangalha; C = 1º degrau do Planalto do Bocaina; D = 2ª escarpa da Serra do Quebra-Cangalha). Na porção superior da figura estão os limites das unidades identificadas nas imagens. A comparação das informações permite verificar que a passagem que melhor se aproximou da realidade foi a referente a 11/07/73. Ela praticamente reproduz os comparimentos existentes no terreno. Já pela análise da Figura 14, a passagem que parece ter apreendido melhor as características do terreno foi a referente a 31/01/1978. Disto se pode concluir que o poder discriminatório de uma imagem depende muito das condições de terreno.

TABELA 3

COMPARAÇÃO ENTRE CARACTERÍSTICAS DESCRITIVAS DE UNIDADES FOTOGEOMORFOLÓGICAS EM DIFERENTES DATAS

UNIDADE	DATA	TEXTURA	TONALIDADE	AMPLITUDE APARENTE	ORIENTAÇÃO DOS VALES	LIMITES	OBSERVAÇÕES GERAIS
SERRA DO QUEBRA-CANGALHA	11/07/73	rugosa	heterogênea	moderada	S-NNW	Difusos	
	01/06/79	rugosa	escura	moderada	SE-NNW	Nítido ao norte Difuso ao sul	Estrutura alongada com direção NE
	25/06/76	rugosa	clara	moderada	SE-NW	Difusos	Escarpas da Serra do Quebra-Cangalha
	09/09/77	rugosa	escura	elevada	SE-NW	Nítidos ao norte Difusos ao sul	Bloco alçado com direção N50°E. Vertente mais íngreme inclinada para NW
	31/01/78	rugosa	escura	elevada	SE-NW	Nítidos	Bloco alçado alongado para NE



- A - Vale do Bocaína
- B - 1ª escarpa da Serra do Quebra-Cangalha
- C - 1º degrau do Planalto do Bocaína
- D - 2ª escarpa da Serra do Quebra-Cangalha

Fig. 13 - Perfil comparativo entre unidades fotogeomorfológicas e unidades de relevo.

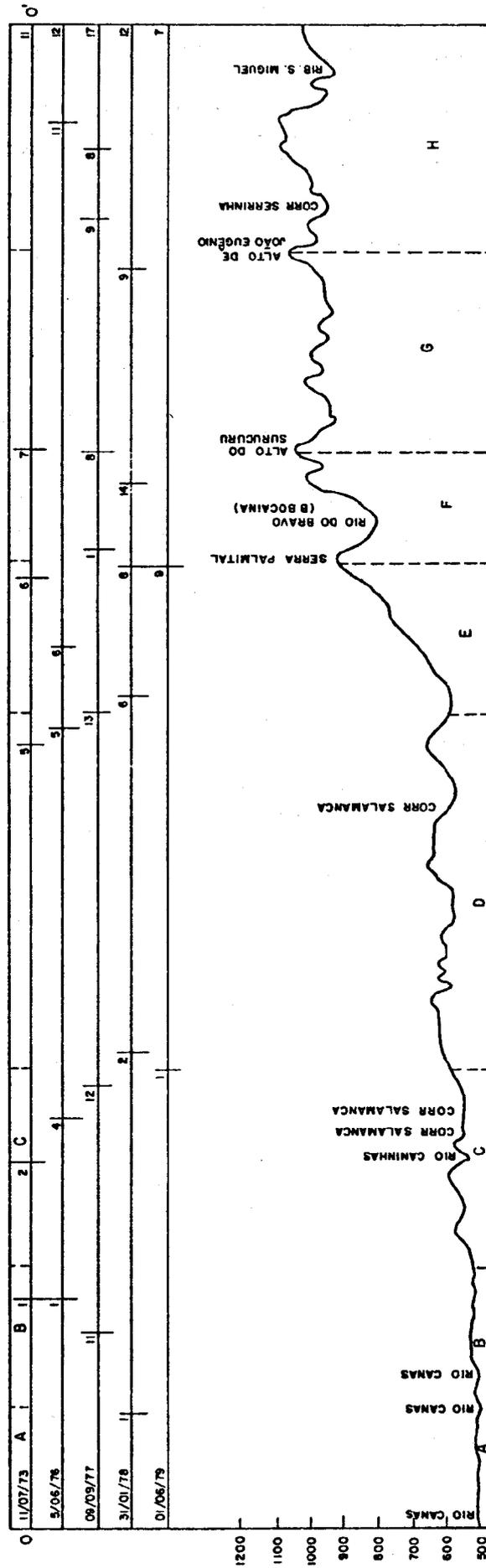


Fig. 14 - Perfil comparativo entre unidades fotogeomorfológicas e unidades do relevo.

A análise dos perfis também demonstrou que algumas passagens são melhores para detectar variações na frequência de dissecação (11/07/73) enquanto outras são melhores para detectar variações na altimetria.

Tendo em vista esses aspectos, considerou-se que a análise de variância aplicada a parâmetros do relevo poderia indicar as características de maior influência para cada passagem analisada.

4.3 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Os resultados da análise de variância demonstraram que todas as passagens apresentam

diferenças altamente significativas ($p=0.01$) entre as unidades fotogeomorfológicas quanto às variáveis amplitude e cota máxima. A variável que menos influência tem sobre os padrões de imagem parece ser o valor do azimute de vertentes, que apresentou diferenças significativas ($p=0.01$) em apenas duas passagens (25/06/76 e 11/07/73).

O grupamento das unidades fotogeomorfológicas, utilizando-se a técnica de cálculo da Menor Diferença Significativa (Steel and Torrie, 1960), resultou nas classes resumidas nas Tabelas 4 a 8.

TABELA 4

CLASSES RESULTANTES DA ANÁLISE DE GRUPAMENTO - AZIMUTE DE VERTENTE

CLASSES DATA	AZIMUTE DE VERTENTE (EM GRAUS)				
	1	2	3	4	5
11/07/73	110-226	231-282	-	-	-
31/01/78	-	-	-	-	-
01/06/79	-	-	-	-	-
09/09/77	-	-	-	-	-
25/06/76	-	-	-	-	-

TABELA 5

CLASSES RESULTANTES DA ANÁLISE DE GRUPAMENTO - EXTENSÃO DE VERTENTE

CLASSES DATA	EXTENSÃO DE VERTENTE (METROS)				
	1	2	3	4	5
11/07/73	193-303	340-423	-	-	-
31/01/78	0-223	260-290	300-346	353	390-413
01/06/79	-	-	-	-	-
09/09/77	257-340	390-466	-	-	-
25/06/76	242-351	> 410	-	-	-

TABELA 6

CLASSES RESULTANTES DA ANÁLISE DE GRUPAMENTO - DECLIVIDADE MÁXIMA

CLASSES DATA	DECLIVIDADE MÁXIMA (EM GRAUS)				
	1	2	3	4	5
11/07/73	0°-5°	12°-18°	> 19°	-	-
31/01/78	2°-5°	9°-15°	16°-21°	22°-25°	-
01/06/79	7°-16°	19°-23°	-	-	-
09/09/77	2°-14°	14°-23°	-	-	-
25/06/76	-	-	-	-	-

TABELA 7

CLASSES RESULTANTES DA ANÁLISE DE GRUPAMENTO - COTA MÁXIMA

CLASSES DATA	COTA MÁXIMA (EM METROS)					
	1	2	3	4	5	6
11/07/73	542-697	828-880	990-1027	> 1337	-	-
31/01/78	517-711	959-1128	1236	> 1604	-	-
01/06/79	547-880	1134-1366	> 1768	-	-	-
09/09/77	532-580	668-676	898	1053-1170	1194	1500
25/06/76	538-613	663-683	870	1039-1142	1360	-

TABELA 8

CLASSES RESULTANTES DA ANÁLISE DE GRUPAMENTO - AMPLITUDE

CLASSES DATA	AMPLITUDE (EM METROS)					
	1	2	3	4	5	6
11/07/73	17-40	70-100	130-136	-	-	-
31/01/78	7-45	64-94	109-116	178-185	-	-
01/06/79	38-76	110-150	-	-	-	-
09/09/77	9-65	78-140	155-193	-	-	-
25/06/76	19-72	77-119	133-140	-	-	-

A análise das tabelas permite verificar que certas unidades fotogeomorfológicas discriminadas em determinadas passagens respondem de forma inadequada às características do terreno. Tomando-se como exemplo a passagem que apresentou o mais baixo desempenho (Tabela 9), para todas as variáveis, verifica-se que as unidades identificadas visualmente no canal MSS 7 respondem de forma inadequada às variações de declividade, gerando classes que não correspondem às características do terreno. Isto ocorre porque a iluminação da cena paralelamente às estruturas não evidencia as rupturas de declive mais significativas. Além disso, o baixo ângulo de elevação (28°) determina um padrão de sombreamento homogêneo dentro da bacia de Canas, do baixo curso (várzea do Rio Paraíba do Sul) ao alto curso (morros cristalinos). O mapeamento resultante inclui a Serra da Canastra na mesma classe de declividade que a várzea do Paraíba, o que absolutamente não condiz com a realidade.

TABELA 9

FREQÜÊNCIA DE DISCRIMINAÇÃO MÍNIMA DE CARACTERÍSTICAS DO TERRENO PARA AS DIFERENTES PASSAGENS UTILIZADAS

DATA	FREQÜÊNCIA DE DISCRIMINAÇÃO MÍNIMA
01/06/79	4
09/09/77	1
25/06/76	2
31/01/78	1

A Tabela 10 apresenta a freqüência de discriminação máxima para as diferentes passagens. Sua análise permite concluir que para a região em estudo a passagem com melhor desempenho foi aquela caracterizada por azimute e por ângulo de elevação elevados (31/01/78). De vertentes na declividade e na amplitude, a passagem de 31/01/78 apresentou o melhor desempenho, enquanto para discriminar altitudes a melhor passagem foi a de 09/09/77. Devido ao azimute elevado (64°), a iluminação da cena na área em estudo é oblíqua às estruturas, realçando as rupturas de declive. Esse efeito é acentuado em relação à passagem de 31/01/78 devido ao mais baixo ângulo de elevação solar.

TABELA 10

FREQÜÊNCIA DE DISCRIMINAÇÃO MÁXIMA DE CARACTERÍSTICAS DO TERRENO PARA AS DIFERENTES PASSAGENS UTILIZADAS

DATA	FREQÜÊNCIA DE DISCRIMINAÇÃO MÁXIMA
11/07/73	1
31/01/78	3
09/09/77	1

5. CONCLUSÃO

Dos resultados obtidos até o momento pode-se concluir que em regiões de grande amplitude altimétrica, como a região em estudo, imagens com azimute perpendicular ou oblíquo às principais linhas do relevo tendem a fornecer padrões de textura mais fortemente associados às características do terreno. Entretanto, reconhece-se a necessidade de maiores investigações sobre o assunto para se alcançar conclusões mais sólidas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARZEGAR, F. Rock type discrimination using enhanced LANDSAT imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. (45), 3:605-610, 1979.
- COLE, J.P.; KING, C.A.M. Quantitative geography techniques and theories in geography. New York, John Wiley, 1969.
- DONKER, N.H.W.; MEIJERINK, A.M.J. Digital processing of LANDSAT imagery to produce a maximum impression of terrain ruggedness. *ITC Journal*, 4:683-704, 1977.
- EVANS, I.S. General geomorphology of altitude and descriptive statistics. IN: Chorley, R. Spatial analysis in geomorphology. London, Harper & Row, 1972. cap. 2, p. 17-20.
- GARDNER, J.V.; MILLER, V.C. A comparative study of the amount and types of geological information received from visually interpreted V2 and LANDSAT imagery. *ITC Journal*, 3:384-405, 1977.

HASUI, Y.; PONÇANO, N.L.; BISTUCHI, C.A.;
STEIN, D.P.; GALVÃO, C.A.; GIMENEZ, A.F.;
ALMEIDA, M.A.; NETO, A.G.P.; MELO, M.S.;
SANTO, M.C.R. *Geologia da região adminis-
trativa 3 (Vale do Paraíba) e parte da re-
gião administrativa 2 (Litoral) do Estado
de São Paulo*. São Paulo, IPT. Divisão de
Minas e Geologia Aplicada, 1978.

JUSTICE, C.O.; WHARTON, S.W.; HOLBEN, B.N.
Application of digital terrain data to
quantify and reduce the topographic effect
on LANDSAT data. *International Journal
of Remote Sensing*, (2) 3:213-230, 1981.

KOWALIK, N.S. *Atmospheric correction to
LANDSAT DATA for LIMONITE discrimination*.
Thesis for the Degree of Doctor of
Philosophy. Stanford, Stanford University,
1981.

LIU, C.C.; VITORELLO, I.; MENESES, P.R. *Al-
guns aspectos das informações geológicas
contidas em imagens LANDSAT*. São José dos
Campos, INPE, 1980. (INPE-1822-RPE/188).

MILLER, V.C. Solar stereo LANDSAT imagery.
ITC Journal, 1:158-166, 1978.

NOVO, E.M.L.M. Metodologia de Interpretação
de Dados Orbitais (LANDSAT) em Geomorfolo-
gia. IN: INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. DE-
PARTAMENTO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Curso
de Treinamento: Aplicações de Sensoriame-
to Remoto, com ênfase em imagens LANDSAT,
no levantamento de recursos naturais. São
José dos Campos, INPE, 1980. cap. 5, p.
5.1-5.25. (INPE-1949-MD/006).

ROBCHEVSKY, G.A. LANDSAT geologic
reconnaissance of the Washington, DC, area
westward to the Appalachians.
*Photogrammetric Engineering and Remote
Sensing*, 45(5):611-621, 1979.

SANTOS, A.R.; ANJOS, C.E.; BARBOSA, M.P.; VE-
NEZIANI, P. *Projeto Intrusivas*. São José
dos Campos, INPE. No prelo.

STEEL, R.G.; TORRIE, J.H. *Principles and
procedure of statistics*. New York,
McGraw-Hill, 1960.

VENEZIANI, P. Metodologia de interpretação
de dados orbitais (LANDSAT) no mapeamento
geológico regional. IN: INSTITUTO DE PES-
QUISAS ESPACIAIS. DEPARTAMENTO DE SENSÔ-
RIAMENTO REMOTO. Curso de Treinamento:
Aplicações de Sensoriamento Remoto, com ên-
fase em imagens LANDSAT, no levantamento
de Recursos Naturais, São José dos Campos,
INPE, 1980. cap. 4, p. 4.1-4.16. (INPE-
-1945-MD/006).

VERSTAPPEN, H. Th. *Remote sensing in
geomorphology*. Amsterdam. Elsevier
Scientific, 1977.