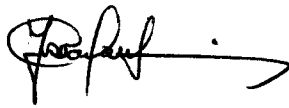
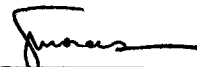


1. Publicação nº <i>INPE-2644-PRE/262</i>	2. Versão	3. Data <i>Fev., 1983</i>	5. Distribuição ☐ Interna ☒ Externa ☐ Restrita
4. Origem <i>DSR</i>	Programa <i>ANAMB</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>ILUMINAÇÃO DA CENA</i> <i>PROCESSAMENTO DIGITAL</i> <i>LANDSAT</i>			
7. C.D.U.: <i>528.711.7:621.376.5</i>			
8. Título <i>EFEITO DAS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO DA CENA</i> <i>SOBRE TÉCNICAS DE REALCE DIGITAL DE</i> <i>IMAGENS MSS/LANDSAT</i>		10. Páginas: <i>41</i>	
		11. Última página: <i>32</i>	
		12. Revisada por  <i>José Carlos Moreira</i>	
9. Autoria <i>Evelyn M. L. M. Novo</i>		13. Autorizada por  <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor	
Assinatura responsável 			
14. Resumo/Notas <i>O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do ângulo de incidência solar sobre o realce topográfico através de processamento digital. Utilizaram-se dois conjuntos de dados MSS/LANDSAT com elevação solar variando de 22° a 41°, que permitiram implementar no Sistema I-100 o realce digital da topografia. A técnica de Eliason et alii foi selecionada por se tratar de um "sistema de realce completamente baseado nas informações contidas na imagem". Através de uma técnica de classificação não supervisionada usando razões entre canais, criou-se uma imagem contendo classes com características de albedo semelhantes. O componente de modulação topográfica foi posteriormente obtido dividindo-se a imagem original pela imagem com semelhantes propriedades de brilho, canal por canal, respectivamente. O procedimento foi aplicado para ambos os conjuntos de dados. A análise dos resultados mostrou que a técnica de extração do componente de modulação topográfica é mais apropriada para dados MSS obtidos sob condições de altos ângulos de elevação solar. Baixos ângulos de elevação solar aumentam a variância de cada cluster de modo que o brilho médio das classes não represente suas propriedades de albedo. A técnica de modulação topográfica aplicada a imagens com baixo ângulo de elevação não realça as informações topográficas, e muitas vezes degrada a qualidade visual da imagem. Verificou-se, também, que a técnica produz melhores resultados para os canais 4 e 5 que para os canais 6 e 7. Os aspectos relacionados ao ângulo de elevação solar devem ser cuidadosamente verificados antes de selecionar o tipo de processamento digital, por que eles afetam a distribuição de níveis de cinza dentro da imagem.</i>			
15. Observações <i>Trabalho a ser submetido no 17th International Symposium on Remote Sensing of Environment, May, 9-13, 1983 - Ann Arbor - Michigan.</i>			

ABSTRACT

The main objective of this work was to evaluate the effects of solar incidence angle over the enhancement of topographic features by means of digital processing. Two sets of MSS/LANDSAT data with solar elevation ranging from 22° to 41° were used to implement at the Image-100 System the selected technique for digital topographic enhancement. Eliason et alii technique for extracting the topographic modulation component was chosen because it is a "completely closed system employing only the image data". By means of an unsupervised cluster analysis using multispectral ratios, an average brightness image was obtained for each channel. The topographic modulation component was further obtained dividing the original image by the average brightness image for each MSS channel. The procedure was applied for both set of data. The analysis of the enhanced images for each overpass showed that the technique for extracting topographic modulation component is more appropriated to MSS data obtained under high sun elevation angles. Low sun elevation increases the variance of each cluster so that the average brightness doesn't represent its albedo properties. Topographic modulation component applied to low sun elevation angle damages rather than enhances topographic information. The results permitted verify that the technique produced better results when applied to channel 4 and 5 rather than for channel 6 and 7. It was possible to conclude that sun elevation aspects must be carefully checked before selecting the type of digital processing, because they affect the gray level distribution within the image.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vii
<u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</u>	1
<u>CAPÍTULO 2 - EXTRAÇÃO DE INFORMAÇÕES TOPOGRÁFICAS EM IMAGENS MULTIESPECTRAIS</u>	3
<u>CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS</u>	7
<u>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS</u>	15
<u>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES</u>	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
3.1 - Localização da área teste	8
3.2 - Fluxo de Atividades executadas com o auxílio do Sistema IMAGE-100	9
4.1 - Imagem original do canal 5 com correção atmosférica (1978)	15
4.2 - Imagem do canal 5 com modulação topográfica (1978)	16
4.3 - Imagem original do canal 6 (1978)	17
4.4 - Imagem do canal 6 com modulação topográfica (1978)	18
4.5 - Imagem original do canal 4 com correção atmosférica (1976)	19
4.6 - Imagem do canal 4 com modulação topográfica (1976)	20
4.7 - Imagem original do canal 5 (1976)	21
4.8 - Imagem do canal 5 com modulação topográfica (1976)	22
4.9 - Imagem original do canal 6 (1976)	23
4.10- Imagem do canal 6 com modulação topográfica (1976)	24

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
3.1 - Relação de Imagens	7
3.2 - Razões entre canais e respectivos valores de ganho e "offset"	11
4.1 - Valores médios de cinza das classes de igual brilho referentes à passagem de 31.01.1978	25
4.2 - Valores médios de cinza das classes de igual brilho referentes à passagem de 25.06.1976	26

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A existência de grande número de trabalhos de aplicação de dados do sistema LANDSAT (MSS e RBV) em mapeamento geomorfológico de mostra que esses dados constituem uma fonte de informações fundamental ã pesquisa.

Por outro lado, os métodos de aquisição de informações geológicas, a partir de dados do Sistema LANDSAT, são amplamente dependentes da configuração topográfica das diferentes unidades geológicas (Robchevisky, 1979; Huntington and Raiche, 1978; Kayan, 1978; Gardner and Miller, 1977).

Neste contexto, a pesquisa de técnicas de realce das feições topográficas em imagens LANDSAT é de interesse tanto para geomorfo^logos quanto para geólogos. Assim sendo, o presente trabalho tem como objetivo testar a metodologia desenvolvida por Eliason et alii (1981) para realçar as feições topográficas registradas digitalmente em imagens MSS do sistema LANDSAT.

Levando-se em conta que trabalhos anteriores (Miller, 1978, Kitcho, 1979; e Novo, 1982) já demonstraram a grande importância dos parâmetros de iluminação da cena (ângulo de elevação e de azimute) sobre a detecção de feições topográficas através de imagens MSS do LANDSAT, o presente estudo também avaliará o efeito da variação daqueles parâmetros sobre a eficácia do método de Eliason et alii (1981).

CAPÍTULO 2

EXTRAÇÃO DE INFORMAÇÕES TOPOGRÁFICAS EM IMAGENS MULTIESPECTRAIS

A principal vantagem da metodologia desenvolvida por Eliason et alii (1981) é que seu processo de realce topográfico representa um sistema fechado, que depende apenas dos dados contidos na imagem multiespectral.

O procedimento utilizado por Eliason et alii (1981) consiste basicamente em separar, num conjunto de dados multiespectrais, a radiância intrínseca do alvo da radiância resultante da modulação topográfica.

Eliason et alii (1981) consideram que o dado registrado num elemento de resolução de imagem contém, em geral, dois tipos de informação: 1) variação na reflectância espectral relacionada às propriedades intrínsecas dos materiais da cena (albedo e cor) e 2) variação na intensidade refletida, devido à declividade que modula o fluxo iluminante. Na ausência da variação devido ao albedo, o brilho registrado pela imagem será devido apenas à topografia. Neste caso, identificando na imagem a componente de brilho relacionada às diferentes matérias da superfície (cobertura), pode-se chegar a um realce da topografia. Para isso os autores fizeram algumas suposições básicas: 1) a modulação da iluminação da cena devido à topografia independe do material e do comprimento de onda; 2) as funções fotométricas independem do comprimento de onda.

A distribuição de níveis de cinza numa imagem pode ser definida por:

$$B(x,y,\lambda) = R(x,y,\lambda) * M_T T(x,y), \phi(\alpha, i, \epsilon) + H(\lambda)$$

onde:

$B(x,y,\lambda)$ = valor de brilho registrado na imagem;

$R(x,y,\lambda)$ = brilho da cena para um dado λ , numa superfície plana;

M_T = modulação do brilho introduzida pela topografia $T(x,y)$ e pela função fotométrica $\{\phi(\alpha,i,\epsilon)\}$;

H_λ = efeito aditivo do espalhamento.

Após a correção atmosférica (admitindo-se que o espalhamento atmosférico é apenas aditivo), a distribuição de níveis de cinza numa imagem pode ser expressa pela relação:

$$B = R * M_T$$

Para gerar uma imagem cujo nível de cinza representasse apenas a modulação topográfica bastaria então a realização de uma razão entre o brilho registrado na imagem (B) e o brilho devido à cobertura (R), ou seja:

$$M_T = \frac{B}{R}$$

Para obter os valores de R, na imagem MSS do LANDSAT, os autores utilizaram um programa de agrupamento (clustering), aplicando razões entre canais como atributos. Considerando-se que, teoricamente, as técnicas de "ratio" eliminam o efeito topográfico, as classes resultantes do agrupamento representariam materiais com propriedades semelhantes de cor e albedo. Este procedimento também considerou que dentro de cada classe as vertentes eram simetricamente distribuídas em relação à fonte de iluminação. Com base nesses pressupostos, foi computada a média dos níveis de cinza da imagem original para cada classe, em cada canal do MSS/LANDSAT. O valor original de cada "pixel" foi substituído pelo valor médio de nível de cinza de cada classe, gerando-se assim um mapa de valores de R.

Após a obtenção dos valores de R, a imagem com efeito topográfico foi gerada, dividindo a imagem original pela imagem com os valores de R, ou seja:

$$M_T = \frac{B}{R}$$

onde:

M_T = imagem com realce topográfico;

B = imagem original com correção atmosférica;

R = imagem com os "pixels" originais substituídos pela média dos níveis de cinza das classes com materiais semelhantes quanto ao albedo e cor.

Os autores também sugerem, no mesmo trabalho, uma metodologia para gerar o que eles denominam "estereopar sintético", através da combinação da imagem com efeito topográfico com os correspondentes componentes de declividade. O presente estudo entretanto, limitará-se a testar a metodologia de geração de imagem com realce topográfico.

Todos os procedimentos utilizados por Eliason et alii (1981) foram desenvolvidos com o auxílio de um minicomputador, o que levou os autores a trabalharem com uma resolução de 64 níveis de cinza e a desenvolverem um valor ponderado da razão entre canais para representar os valores de "ratio" ($R_{5,4}$; $R_{6,5}$; $R_{7,6}$).

No presente trabalho, pretende-se demonstrar que o método desenvolvido por Eliason et alii (1981) apresenta sérias limitações ao ser aplicado para imagens com baixo ângulo de elevação, uma vez que a variância interna dos níveis de cinza em cada "cluster" faz com que o valor médio não represente as propriedades dos materiais nele contido.

A falha principal do método reside no fato de que, embora os "clusters" sejam definidos sobre os "ratios" que amenizam o efeito topográfico, a média é calculada sobre os dados originais de cada canal, onde o efeito topográfico sobre os registros de nível de cinza é acentuado. Desta maneira, os pressupostos teóricos de Eliason et alii (1981) são válidos para áreas com pequena variação topográfica e para passagens tomadas a altos ângulos solares de elevação, onde a variância interna dos níveis de cinza das classes é menor.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizadas imagens MSS do LANDSAT referentes à órbita 150, ponto 28, relacionadas na Tabela 3.1, disponíveis na forma de fitas compatíveis com computador.

TABELA 3.1

RELAÇÃO DE IMAGENS

POSIÇÃO DO SOL DATA	ÂNGULO DE ELEVAÇÃO (EM GRAUS)	AZIMUTE (EM GRAUS)
25/06/1976	22°	49°
31/01/1978	41°	93°

As datas das passagens utilizadas foram selecionadas levando-se em conta a necessidade de avaliar o efeito dos parâmetros de iluminação da cena sobre as técnicas de realce da topografia. A determinação da amplitude máxima de variação desses parâmetros, na área em estudo, foi feita com o auxílio de nomogramas de altura solar (Steffen, 1977).

Como área teste selecionou-se um setor do médio Vale do rio Paraíba do Sul (Figura 3.1) que apresenta um quadro geomorfológico diversificado a nível morfoestrutural, mas bastante homogêneo a nível de padrões de dissecação. Isto torna essa área bastante didática para um teste de metodologia de realce topográfico.

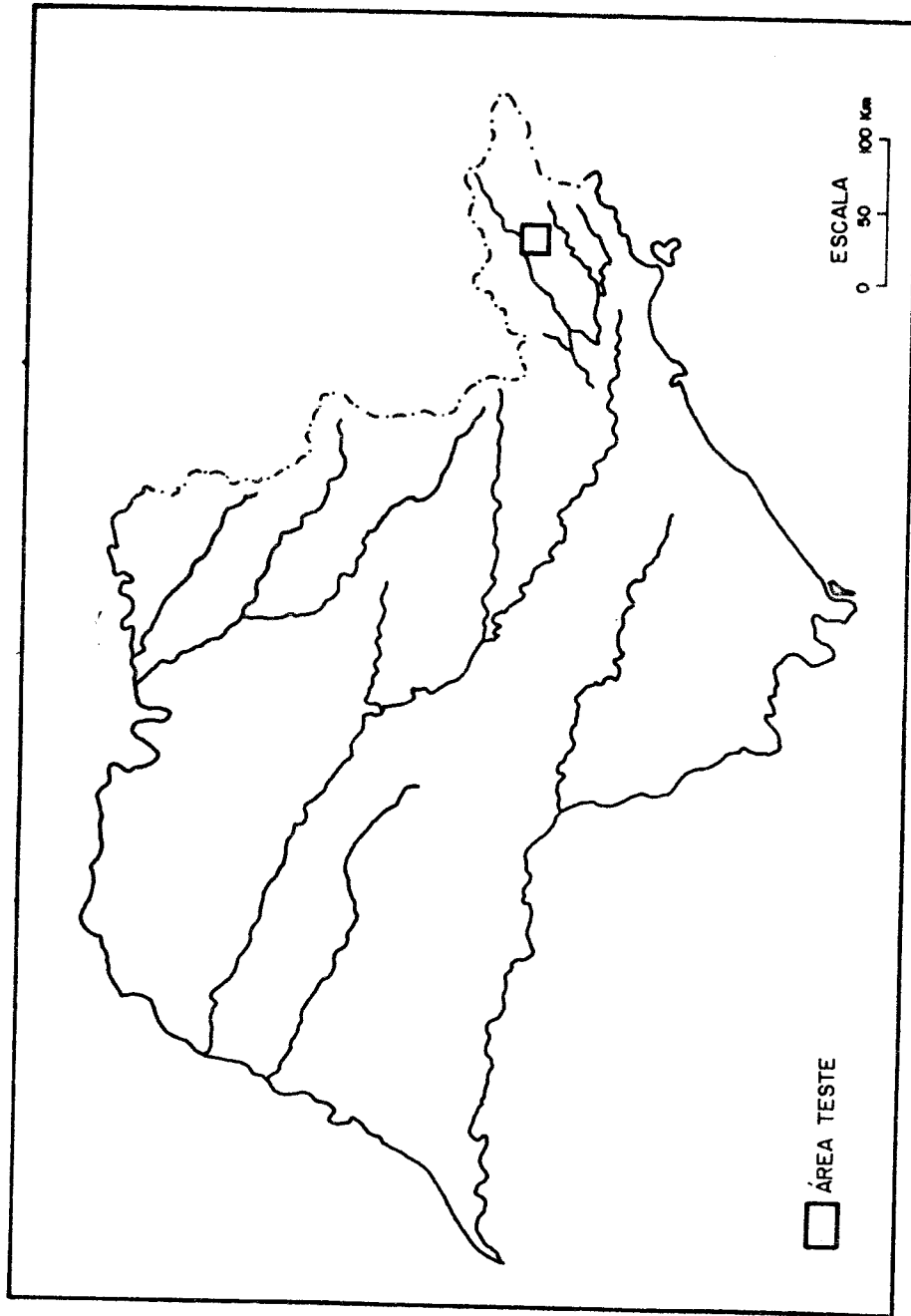


Fig. 3.1 - Localização da área teste

O processamento automático das imagens LANDSAT foi realizado com o auxílio do Analisador Interativo de Imagens Multiespectrais IMAGE-100. Os procedimentos utilizados encontram-se resumidos na Figura 3.2.

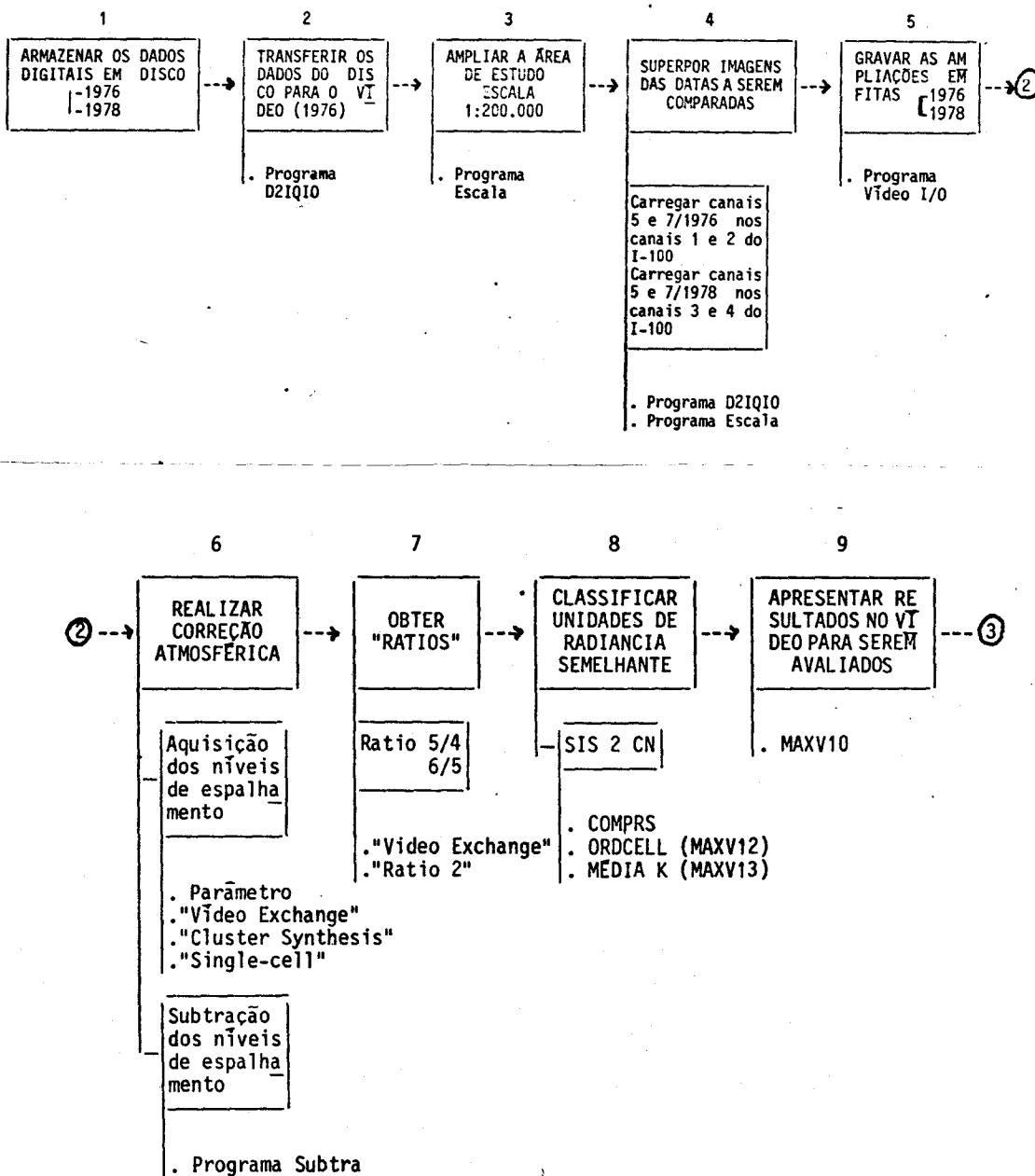


Fig. 3.2 - Fluxo de Atividades executadas como auxílio do Sistema IMAGE-100.

(continua)

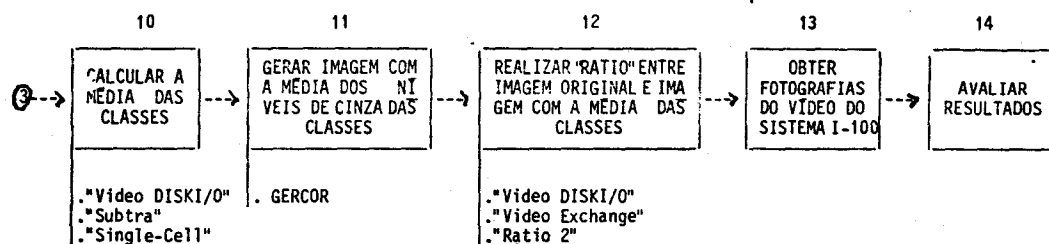


Fig. 3.2 - Conclusão

Como o objetivo do trabalho é avaliar o efeito da variação dos parâmetros de iluminação da cena sobre a técnica de realce topográfico, o procedimento resumido na Figura 3.2 foi realizado para duas passagens com condições de iluminação contrastantes (alto ângulo de elevação e azimuth; baixo ângulo de elevação e azimuth).

Os passos 1 até 3 no fluxograma da Figura 3.2 são procedimentos de rotina no sistema IMAGE-100. A partir do passo 4, a sequência de atividades é mais específica para o trabalho em desenvolvimento.

Para garantir a comparação multitemporal de uma mesma área, procedeu-se à superposição das imagens de duas épocas diferentes. Para isso, os canais 5 e 7 do módulo ampliado (1:200.000) referente ao ano de 1976 foram carregados nos canais 1 e 2 do sistema IMAGE-100. Os canais 5 e 7 referentes à imagem de 1978 foram carregados nos canais 3 e 4 do sistema I-100. Com o auxílio de referências do terreno (cruzamento de estradas, cidades, rios, etc) por sucessivas tentativas superpõe-se a imagem de 1978 à de 1976. Após o ajustamento entre as duas passagens, as coordenadas dos módulos foram anotadas e os quatro canais de cada passagem (1976 e 1978) ampliados para a escala 1:200.000 e gravados em fitas para uso posterior. Este procedimento agiliza a entrada de dados no sistema IMAGE-100.

Após essa fase, os dados originais ampliados para a escala 1:200.000 foram submetidos à correção atmosférica. Com o auxílio do

programa *Parâmetro* (Sistema IMAGE) considerou-se a resolução de 256 níveis de cinza (General Electric Company, 1975). Com base na imagem do canal 7 (Robinove et alii, 1981), que teoricamente apresenta o nível mínimo de espalhamento, o nível de cinza 1 é classificado através do programa *Cluster Synthesis*. A área classificada no canal 7 é então utilizada como amostra de treinamento para a classificação dos demais canais com auxílio do programa *Single-Cell*. Os níveis médios de cinza da área alarmada foram então considerados como níveis de espalhamento e subtraídos de cada canal original respectivamente, utilizando para isto o programa *Subtra* (Dutra et alii, 1982).

Após a correção atmosférica, obtiveram-se as razões entre canais, utilizando para isso o Programa RATIO tipo 2 (Razão = $R_i/R_j \times \text{Ganho} + \text{"offset"}$; onde R_i = nível de cinza no canal i e R_j = nível de cinza no canal j), que obedece aos seguintes procedimentos: 1) transferência do canal numerador para o canal 1 do sistema I-100 com o auxílio do programa *Video Exchange*; 2) fornecimento de valores de ganho e "offset". Neste trabalho utilizaram-se empiricamente as razões entre canais e respectivos valores de ganho e "offset", resumidos na Tabela 3.2.

TABELA 3.2

RAZÕES ENTRE CANAIS E RESPECTIVOS VALORES DE GANHO E "OFFSET"

RAZÃO	GANHO	OFFSET
5/4	50	50
6/5	30	50

Os novos canais resultantes do "ratio" foram então utilizados para implementar uma classificação não-supervisionada de unidades com propriedades de brilho semelhantes. Para isso utilizou-se o sistema de

2 canais que permite separar os "pixels" existentes numa dada área amostral em k agregamentos, em função das características espectrais apresentadas (Dutra et alii, 1982).

Para que esse programa fosse utilizado, procedeu-se à compressão da imagem para 64 níveis de cinza, através do programa *Compressão* que faz parte do sistema de 2 canais. Para isso, definiu-se uma área de treinamento para a compressão que consiste em atribuir a um "pixel" pouco populoso o valor de nível de cinza mais semelhante existente entre os 64 níveis mais populosos (Dutra et alii, 1982).

Para a implementação da classificação não-supervisionada foram definidas áreas amostrais na tela com o auxílio do cursor. Estas áreas forneceram a distribuição de níveis de cinza de modo a permitir a definição dos centros iniciais dos "clusters". Isto é possível através do programa *ORDCELL*, onde as celas definidas pelo espaço de atributos de 2 canais são ordenadas em função da população. Os oito centros mais populosos foram então selecionados como centros iniciais para a classificação não-supervisionada, utilizando o algoritmo das K médias (Dutra et alii, 1982). Este algoritmo, a partir de um número prefixado de centros iniciais, implementa uma partição inicial dos "pixels" existentes na área de interesse em K agregamentos. Através do cálculo das médias de cada agregamento e do cálculo das distâncias entre cada "pixel" e as médias dos agregamentos, novos grupamentos são formados, atribuindo cada pixel ao grupo mais próximo. O procedimento é repetido até que não haja mais rearranjo entre os grupos ou que o número máximo de iterações seja atingido.

No presente trabalho, foram realizadas 22 iterações e de finida uma precisão de 0,1 para a implementação da classificação não-supervisionada. Utilizou-se a população unitária como ponderação para obter os valores médios dos centros de cada "cluster" (Dutra et alii, 1982).

Os temas resultantes da classificação foram então utilizados como áreas de treinamento para a classificação da imagem original

com correção atmosférica. Com a utilização do programa *Single-Cell* foram anotados, para cada tema alarmado, os valores médios de nível de cinza em cada canal. Com o auxílio do programa GERCOR, o valor de nível de cinza de cada "pixel", em cada canal, foi substituído pelo valor médio de nível de cinza da classe a que pertencia. As imagens "R" resultantes foram armazenadas em disco para uso posterior. Utilizando os programas Vídeo Disk I/O, Vídeo Exchange e Ratio 2 procedeu-se à obtenção das imagens com modulação topográfica para cada canal. Para isso, cada canal original foi dividido pelo respectivo canal em valores médios de nível de cinza (imagem R) com o auxílio do programa Ratio 2. A imagem com modulação topográfica resultante (MT) e a imagem original foram fotografadas para posterior análise. Este procedimento foi executado de forma semelhante para as passagens referentes a 31 de janeiro de 1978 e 25 de junho de 1976. A descrição adequada dos programas utilizados pode ser obtida em General Electric Company (1975) e Dutra et alii (1982).

A comparação entre as Figuras 4.1 e 4.2 permite verificar que o processamento aplicado aos dados originais do canal 5 realçou a planície aluvial do Ribeirão Piquete (1), o canal fluvial do rio Paraíba (2) e o padrão de dissecação (3) pela supressão da variação de tonalidade atribuída à cobertura. Neste caso, melhores resultados não foram alcançados provavelmente devido à presença de ruído na imagem que alterou sua distribuição de níveis de cinza (Swain and Davis, 1978).

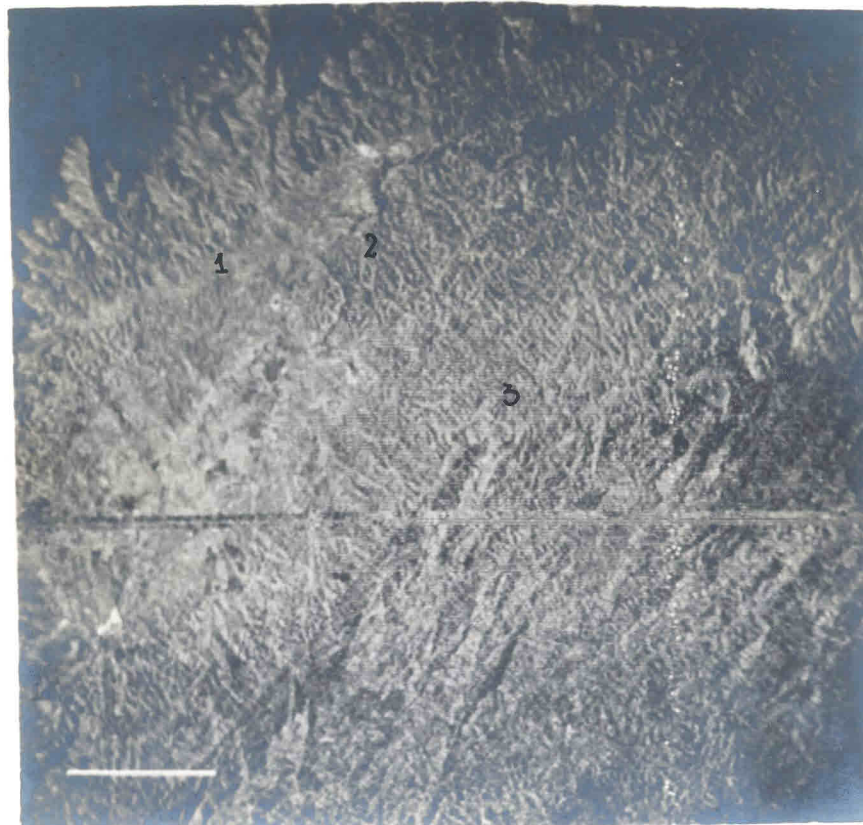


Fig. 4.2 - Imagem do canal 5 com modulação topográfica(1978).

As Figuras 4.3 e 4.4 representam as imagens do canal 6 com e sem processamento respectivamente. A comparação entre elas permite verificar que o processamento aplicado aos dados do canal 6 não alteram de forma substancial as informações sobre a topografia da área. De modo geral, há um

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

As fotografias resultantes do processamento adotado pela metodologia anteriormente exposta foram analisadas em termos de sua potencialidade para extração de informações sobre o relevo e outros temas de interesse. Observou-se desta análise que o efeito de realce do processamento utilizado é muito variável, podendo degradar ou melhorar as condições de interpretação visual dos dados do sistema LANDSAT.

Tomando por base inicialmente a passagem de 31.01.1978, observou-se que o processamento foi mais eficiente nos canais 5 e 6 do MSS do LANDSAT.



Fig. 4.1 - Imagem original do canal 5 com correção atmosférica (1978).

realce do lineamento na base da cna do Quebra-Cangalha (1) na imagem com processamento. As demais feições apresentam-se com pouco realce de uma imagem para outra. Os pequenos vales perpendiculares ao canal do Paraíba do Sul (2) encontram-se ligeiramente realçados na imagem com processamento. Esta pequena diferença entre as imagens com e sem processamento pode ser atribuída ao fato de que os canais 6 e 7, em geral, já apresentam um realce das feições topográficas, e um processamento adicional pouca informação acrescentaria.

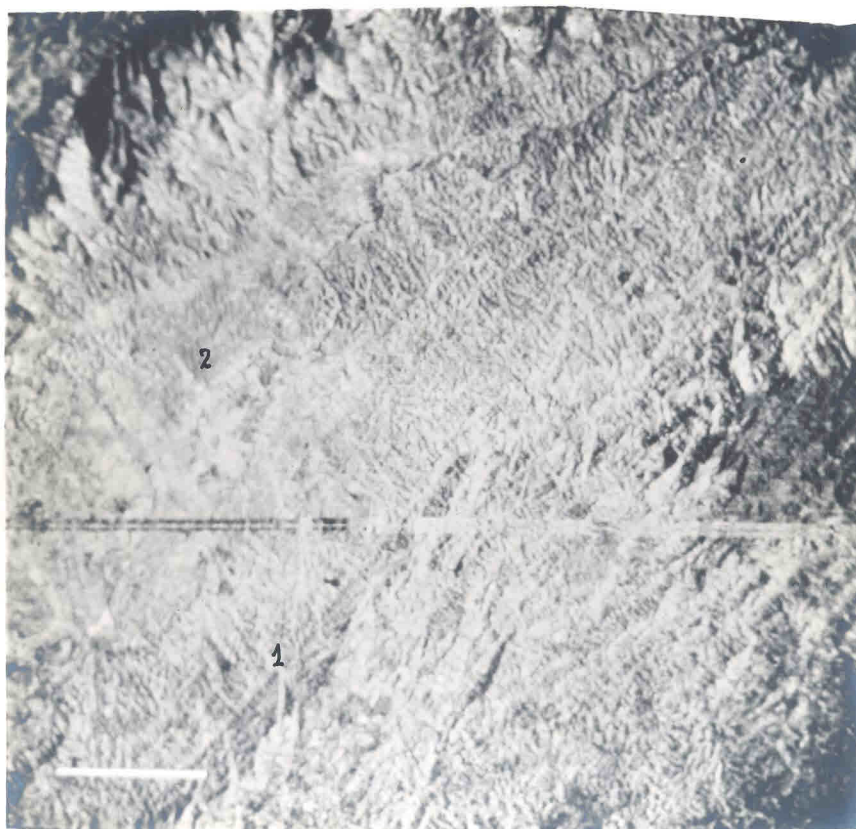


Fig. 4.3 - Imagem original do canal 6 (1978).

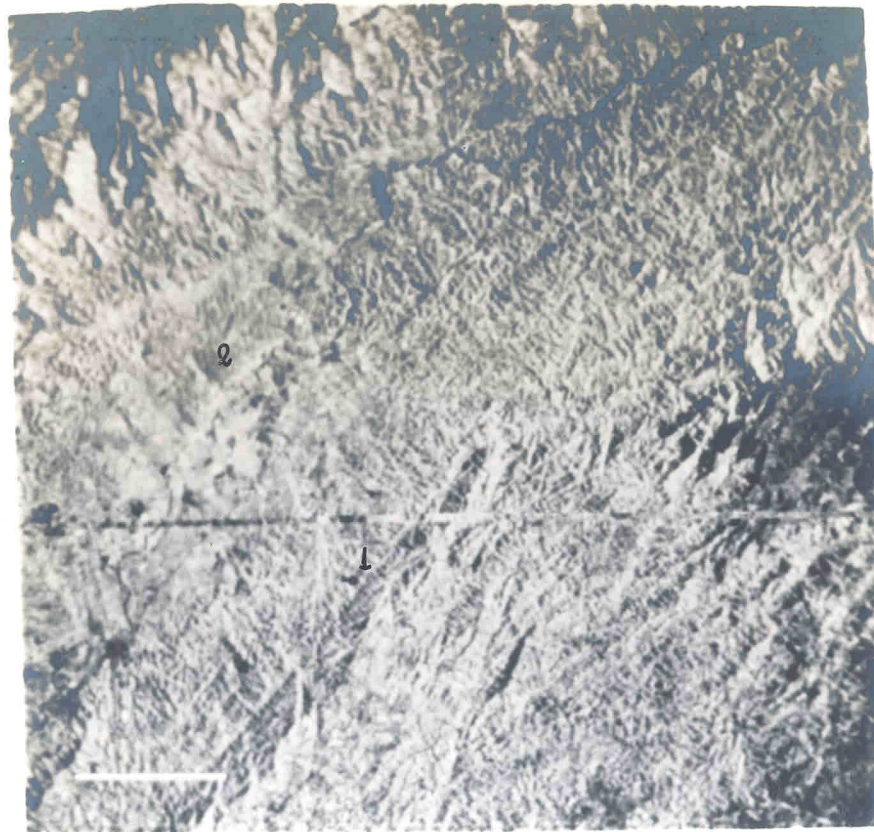


Fig. 4.4 - Imagem do canal 6 com modulação topográfica(1978).

A avaliação do efeito do processamento sobre a imagem de 25 de junho de 1976 demonstrou que, nesta época, a diferença de desempenho entre canais é mais acentuada. À medida que a variância interna dos níveis de cinza no interior dos "clusters" aumenta em virtude do baixo ângulo de elevação do canal 4 para o canal 7, a degradação da imagem aumenta. A comparação das Figuras 4.5 e 4.6, que representam imagens do canal 4 original e com processamento respectivamente, permite verificar que este alterou de forma significativa os dados.



Fig. 4.5 - Imagem original do canal 4, com correção atmosférica (1976).

Na imagem com processamento há o realce não só das feições da topografia, como também da ocupação da área. Neste ponto cabe salientar que o realce da imagem sob o aspecto de visualização das características do terreno não significa uma maior adequação dos dados para análises espectrais. Na imagem da Figura 4.6, observa-se o realce dos sítios urbanos, estradas e áreas de ocupação agrícola, que se tornaram mais fáceis de serem mapeados. Entretanto, a classificação automática desses temas poderia dar resultados não satisfatórios. Trabalhos de avaliação desses aspectos deverão ser realizados futuramente.

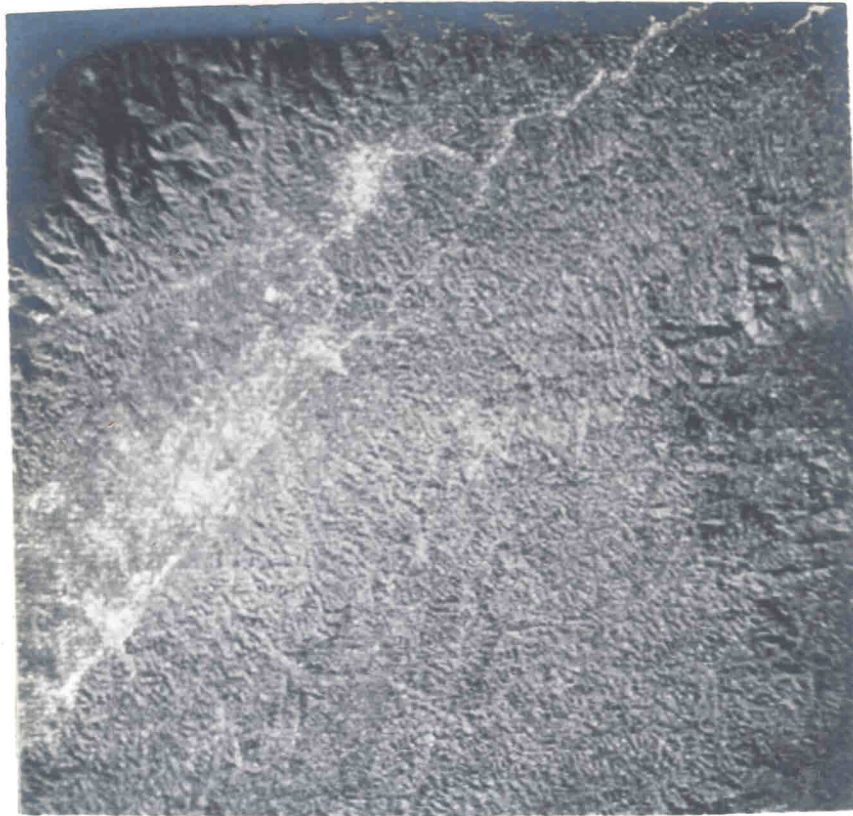


Fig. 4.6 - Imagem do canal 4 com modulação topográfica(1976).

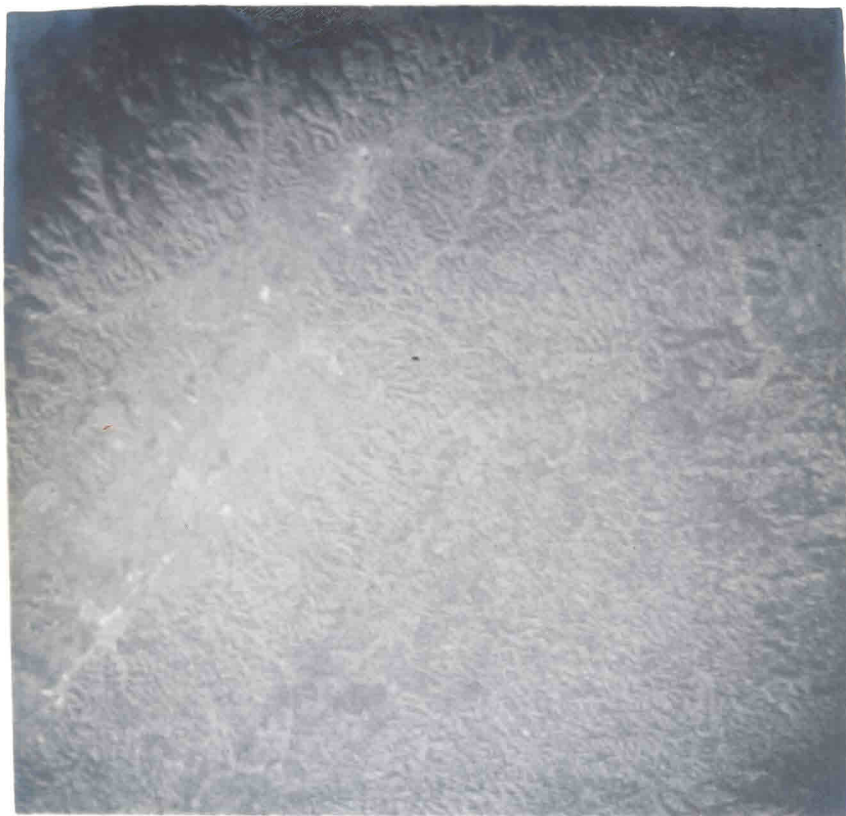


Fig. 4.7 - Imagem original do canal 5 (1976).

A comparação das Figuras 4.7 e 4.8 também permite verificar um aumento do nível de informação sobre o relevo. Entretanto, a imagem com modulação topográfica do canal 5 apresenta-se mais degradada que a imagem com modulação do canal 4 (Figura 4.6). Na imagem do canal 5 observam-se ruídos referentes às linhas de varredura.

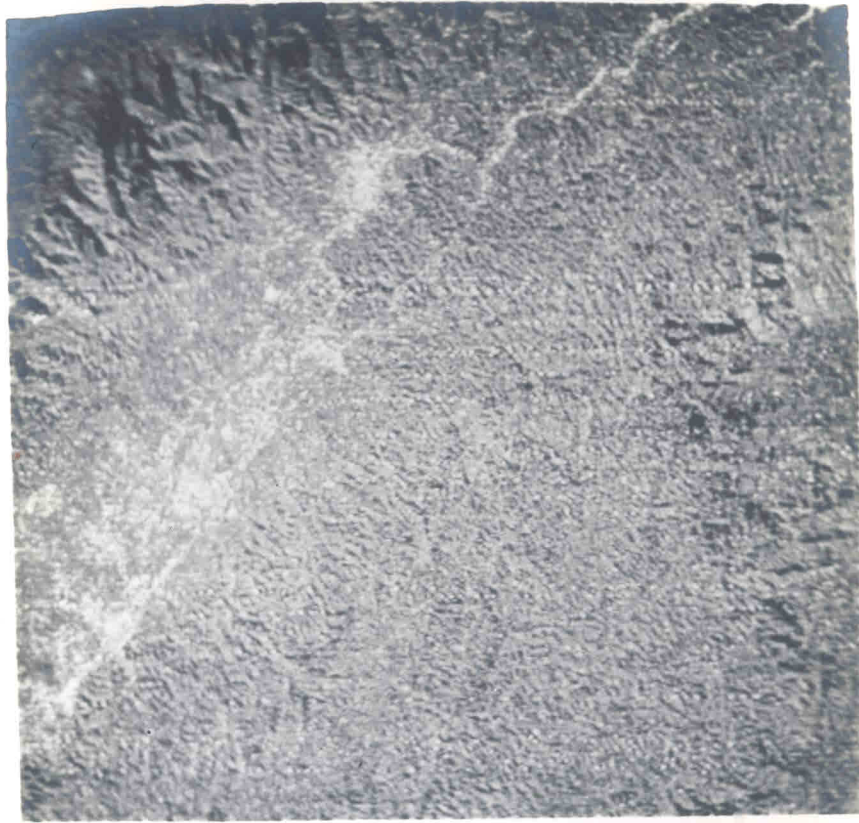


Fig. 4.8 - Imagem do canal 5 com modulação topográfica(1976).

A maior degradação da imagem sob efeito do processamento verificou-se na imagem do canal 6. A comparação das Figuras 4.9 e 4.10 indica que o processamento não só reduziu o efeito topográfico em relação à imagem original, como também degradou a qualidade da imagem pelo aparecimento de faixas de ruídos referentes às linhas de varredura do sensor MSS/LANDSAT.

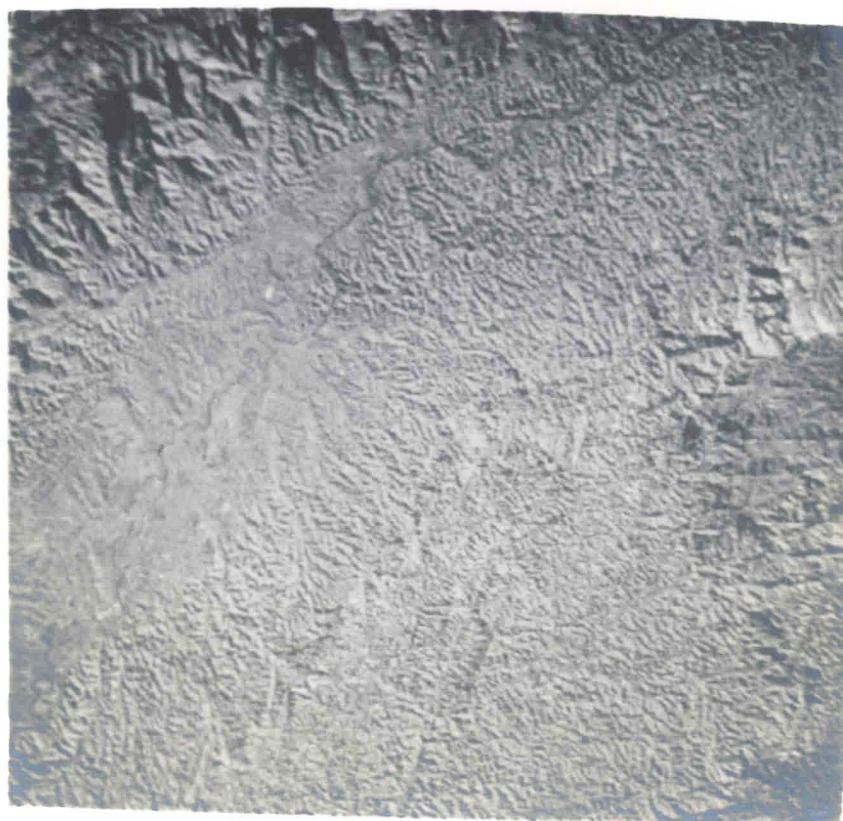


Fig. 4.9 - Imagem original do canal 6 (1976).



Fig. 4.10 - Imagem do canal 6 com modulação topográfica(1976).

A avaliação dos resultados do processamento para o canal 7 de ambas as datas demonstrou a impossibilidade de aproveitamento futuro devido à alta degradação da imagem. Assim sendo, não foram tomadas fotografias dos resultados.

Embora se reconheça a necessidade de estudos mais profundos sobre o tema, os resultados alcançados até o presente momento permitem algumas generalizações, tais como:

- 1) A técnica de modulação topográfica desenvolvida por Eliason et alii (1981) parece ser mais adequada aos canais 4 e 5, onde as variações de níveis de cinza devidas à cobertura são mais intensas.

2) A variação da época de tomada da imagem altera substancialmente os resultados do realce. No caso em estudo, a imagem referente ao ano de 1976 (com baixo ângulo de elevação e azimuth) apresentou-se mais susceptível à degradação que a referente ao ano de 1978.

A análise das Tabelas 4.1 e 4.2 podem auxiliar na compreensão do efeito temporal sobre a degradação da imagem alterada pelo processamento de Eliason et alii (1981). Os valores das Tabelas 4.1 e 4.2 representam as médias de níveis de cinza das classes de igual brilho que foram utilizados para gerar a imagem R (definição no Capítulo 2) para 1978 e 1976, respectivamente.

TABELA 4.1

VALORES MÉDIOS DE CINZA DAS CLASSES DE IGUAL BRILHO
REFERENTES À PASSAGEM DE 31.01.1978

CANAL MSS CLASSES	4	5	6	7
A	17	27	52	68
B	17	11	63	85
C	26	18	64	83
D	7	11	53	76
E	24	27	55	70
F	19	21	59	78
G	14	14	66	89
H	15	18	62	83

TABELA 4.2

VALORES MÉDIOS DE CINZA DAS CLASSES DE IGUAL BRILHO
REFERENTES À PASSAGEM DE 25.06.1976

CANAL MSS CLASSES	4	5	6	7
A	9	14	20	37
B	5	5	8	23
C	8	9	23	41
D	5	4	19	38
E	10	13	28	47
F	7	9	31	52
G	6	10	28	49
H	8	13	27	46

A comparação das Tabelas 4.1 e 4.2 permite verificar que para todas os canais MSS as classes de brilho dos materiais de superfície apresentaram valores mais elevados para a passagem de 1978. Isto pode ser explicado pelo fato de que a imagem referente a 1976 foi tomada a um ângulo de elevação muito baixo (22^0), determinando um acentuado padrão de sombreamento, que tende, em geral, a abaixar a média dos níveis de cinza (escurecer a cena) principalmente nos canais 4 e 5.

Observa-se também que os valores médios de brilho no canal 7 apresentam maior dispersão para os dados de 1976 (CV = 22%) que para 1978 (CV = 9%), refletindo maior controle topográfico sobre os registros de níveis de cinza. Este fato foi cuidadosamente estudado por Kowalik (1981) que concluiu que os valores de níveis de cinza são mais fortemente controlados pela topografia da superfície em imagens adquiridas a baixos ângulos de elevação solar.

Face às observações anteriormente expostas, e considerando o modelo utilizado para produzir os valores de R_i , é de se esperar que estes representem mais adequadamente os valores de brilho das diferentes coberturas na imagem de 1978 (ângulo de elevação 41^0) que na de 1976 (ângulo de elevação 22^0). A variância interna das classes de R_i é muito maior para a imagem de 1976 que para a de 1978, fazendo com que o valor médio de nível de cinza seja pouco representativo. Como essa variância aumenta do canal 4 para o canal 7, a degradação da cena em decorrência do processamento aplicado à imagem também aumenta, uma vez que a técnica de Eliason et alii (1981) pressupõe que a média dos níveis de cinza das classes esteja variando apenas em função das propriedades de cor e albedo dos materiais da superfície.

Deve-se salientar também que Eliason et alii (1981) testaram a técnica sobre uma imagem MSS do canal 5, referente ao mês de setembro. Embora os autores não tenham informado no texto o ângulo de elevação solar com que foi registrada a cena, pôde-se estimar seu valor entre 40^0 e 50^0 , tomando a latitude de 40^0N como base (a imagem localiza-se na bacia do rio Gunnison, Estado do Colorado, EUA) através de um gráfico de elevação solar (NASA, 1976). Portanto, presume-se que o processamento se ajusta melhor a dados com altos ângulos de elevação solar.

Novos testes deverão ser feitos para se alcançar uma melhor compreensão dos efeitos temporais sobre o processamento digital de imagens LANDSAT. Em etapas subsequentes do trabalho, procurar-se-á avaliar o efeito de diferentes valores de ganho e "offset" sobre o processamento, bem como a utilização de correção radiométrica anteriormente ao processamento. Eliason et alii (1981), cientes do efeito nocivo do ruído sobre o processamento, sugerem que os dados acima de um certo limiar sejam excluídos no cálculo das médias das classes de igual brilho. Estes procedimentos não foram aplicados nesta fase de trabalho, porque pretendeu-se aproveitar o conjunto de programas já disponíveis no sistema IMAGE-100 e adaptar o máximo possível a técnica proposta por Eliason et alii (1981) para avaliar o efeito temporal sobre o processamento.

Nesta perspectiva, os resultados demonstraram que há uma dependência temporal no processamento utilizado por Eliason et alii (1982). A reaplicação da técnica a dados de passagens com baixos ângulos de elevação solar deve ser feita com cuidado pois pode levar à degradação da imagem. A imagem resultante em ambas as épocas proporcionam bom realce visual do relevo, mas são necessários testes futuros para avaliar sua adequação e classificações temáticas.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

Os resultados alcançados permitiram verificar que a técnica de modulação topográfica é um processamento alternativo para realce de topografia, mas seu desempenho é altamente variável em função do canal MSS/LANDSAT para o qual é utilizado e da época de tomada das imagens MSS.

Os resultados demonstram também que existem inúmeras possibilidades alternativas de manipular os dados segundo o modelo proposto por Eliason et alii (1981), o que abre uma inesgotável fonte de pesquisas de aplicação de dados digitais do MSS/LANDSAT à análise ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DUTRA, L.V.; MOREIRA, J.C.; Ii, F.A.M. *Manual de usuário dos sistemas de tratamento de imagens digitais*. São José dos Campos, INPE, 1982. No prelo.
- ELIASON, P.T.; SODERBLOM, L.A.; CHAVEZ, P.S. Extraction of topographic and spectral albedo information from multispectral images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 48(11): 1571-1579, 1981.
- GARDNER, J.V.; MILLER, V.C. A comparative study of the amount and types of geological information received from visually interpreted V. 2 and LANDSAT imagery. *ITC Journal*, 3:384-405, 1977.
- GENERAL ELECTRIC *Image 100 user manual*. Flórida, 1975.
- HUNTINGTON, J.F.; RAICHE, A.P. A multi-attribute method for comparing Geological Lineament Interpretation. *Remote Sensing of Environment*, 7:145-161, 1978.
- KAYAN, I. Application of LANDSAT imagery to studies of structural Geology and Geomorphology to the Mantese Region of Southwestern Turkey. *Remote Sensing of Environment*, 7:51-60, 1978.
- KOWALIK, W.S. *Atmospheric Correction to LANDSAT DATA for Limonite Discrimination*. A dissertation of the Degree of Doctor of Philosophy. Stanford, Department of Applied Earth Sciences and the Committee on Graduate Studies of Stanford University, jan. 1981.
- KITCHO, C.A. Optimum LANDSAT sun angles for extreme contrasts of terrain. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 13., Ann Arbor, MI, 1979. *Proceedings*. Ann Arbor, ERIM, 1979. V.2, p. 1213-1221.
- MILLER, V.C. Solar stereo LANDSAT imagery. *ITC Journal*, 1:158-165, 1978.
- NASA. LANDSAT data user handbook, Greenbelt, 1976.

- NOVO, E.M.L.M. *Efeito do ângulo de elevação solar e azimute na determinação de comportamentos geomorfológicos. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2. Brasília, maio 1982.*
- ROBCHEVISKY, G.A. LANDSAT geologic reconnaissance of the Washington, D.C. Area Westward to the Appalachians. *Photogrammetry Engineering and Remote Sensing*, 45(5):611-621, 1979.
- ROBINOVE, C.J.; CHAVEZ, P.S.; GEHRING, D.; HOLMGREEN, R. Arid Land Monitoring Using LANDSAT Albedo Difference Images. *Remote Sensing on Environment*, 11:133-156, 1981.
- STEFFEN, C.A. *Nomogramas de altura Solar. São José dos Campos, INPE, 1977. (INPE-1083-PE/069).*
- SWAIN, P.H.; DAVIS, S.M. *Remote sensing; The quantitative approach. New York, McGraw-Hill, 1978.*