

UTILIZAÇÃO DE FOTOGRAFIAS ORBITAIS MK-4/SOJUZKARTA EM FORMATO DIGITAL  
NA CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL ORIGINAL

Maria de Lourdes Bueno Trindade  
Júlio César de Menezes  
Eliane T. Lorenzoni Pereira  
Aerosul S.A. - Fotogrametria Sul do Brasil  
Avenida República Argentina, 3741  
81050 - Curitiba - Paraná  
BRASIL

RESUMO

O trabalho em questão resultou de um teste executado pela AEROSUL S/A. com o objetivo de avaliar a aplicabilidade de técnicas de processamento digital a produtos orbitais MK-4, fornecidos pela companhia soviética SOJUZKARTA na forma de transparência positiva, os quais foram "Scannerizados" e armazenados em meio magnético. O processamento digital constou de classificação temática Unidimensional que possibilitou a separação da classe referente a cobertura vegetal original, daquelas classes que apresentavam padrões indicativos de intervenção antrópica, e ainda da retificação geométrica da cena classificada, através da identificação de pontos de controle e definição de equações de ajustamento. Os resultados obtidos demonstram a viabilidade da utilização de técnicas de processamento digital aplicadas dos produtos MK-4, todavia espera-se obter melhores resultados utilizando-se dados obtidos diretamente em fitas magnéticas e gerados em três bandas espectrais diferenciadas.

ABSTRACT

The objective of this work was to apply techniques of digital analysis in MK-4/SOJUZKARTA photospace products. For this, a positive film obtained through the camera MK-4 was scannerized and recorded in magnetic tapes. The digital analysis consisted of: a thematic classification, and a geometric retification of the classified area. The results of this work showed that is possible to use techniques of digital processing at MK-4 products. However, we hope best results if we utilize the photospace products recorded in magnetic tapes in three different spectral bands.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho resultou de um teste executado pela AEROSUL S/A, com o objetivo de avaliar a aplicabilidade de técnicas de processamento digital de dados à fotografias orbitais obtidas pela câmera MK-4, visando sua análise automática e retificação geométrica.

Estes produtos espaciais, comercializados pela companhia soviética SOJUZKARTA e distribuídos no Brasil pela AEROSUL S/A, apresentam uma resolução nominal de 20 metros no terreno, com uma escala original variando entre 1:650.000 a 1:1.200.000, em função da altura de órbita do satélite que efetua a cobertura (200 até 350 km). A área do terreno recoberta por cada fotografia espacial, que também varia de acordo com a altura de órbita, é de 117 x 117 km até 216 x 216 km.

A câmera fotográfica MK-4 é instalada a bordo de satélites soviéticos da série COSMOS, de 20 dias de permanência no espaço, e dispõe de um conjunto de lentes e filtros que possibilitam a aquisição de fotografias multiespectrais de uma mesma área simultaneamente. A distância focal da câmera MK-4 é de 200 mm.

Face a sua resolução espacial, e por apresentarem uma superposição longitudinal de 60%, os produtos fotográficos MK-4 podem ser utilizados em mapeamentos planimétricos até a escala 1:100.000, e em pequenas atualizações na escala 1:50.000 (Jardim, 1989).

2. ÁREA DE ESTUDOS

Em função da disponibilidade de uma transparência positiva obtida pela câmera MK-4, abrangendo a região definida na figura 1, selecionou-se uma área representada por um trecho da Serra do Mar, ao norte do litoral paulista como área de estudos, a qual está definida aproximadamente pelas coordenadas geográficas 23°05' a 23°25' de latitude Sul e 45°00' a 45°20' de longitude WGr.

Por outro lado, a área recoberta pela transparência positiva que abrange na sua totalidade a região definida pela figura 1, engloba parte dos Estados de São Paulo e Minas Gerais, incluindo a Serra da Mantiqueira, e algumas cidades como São José dos Campos, Mogi das Cruzes, Taubaté, São Miguel Paulista, Bragança Paulista, Ubatuba, etc.

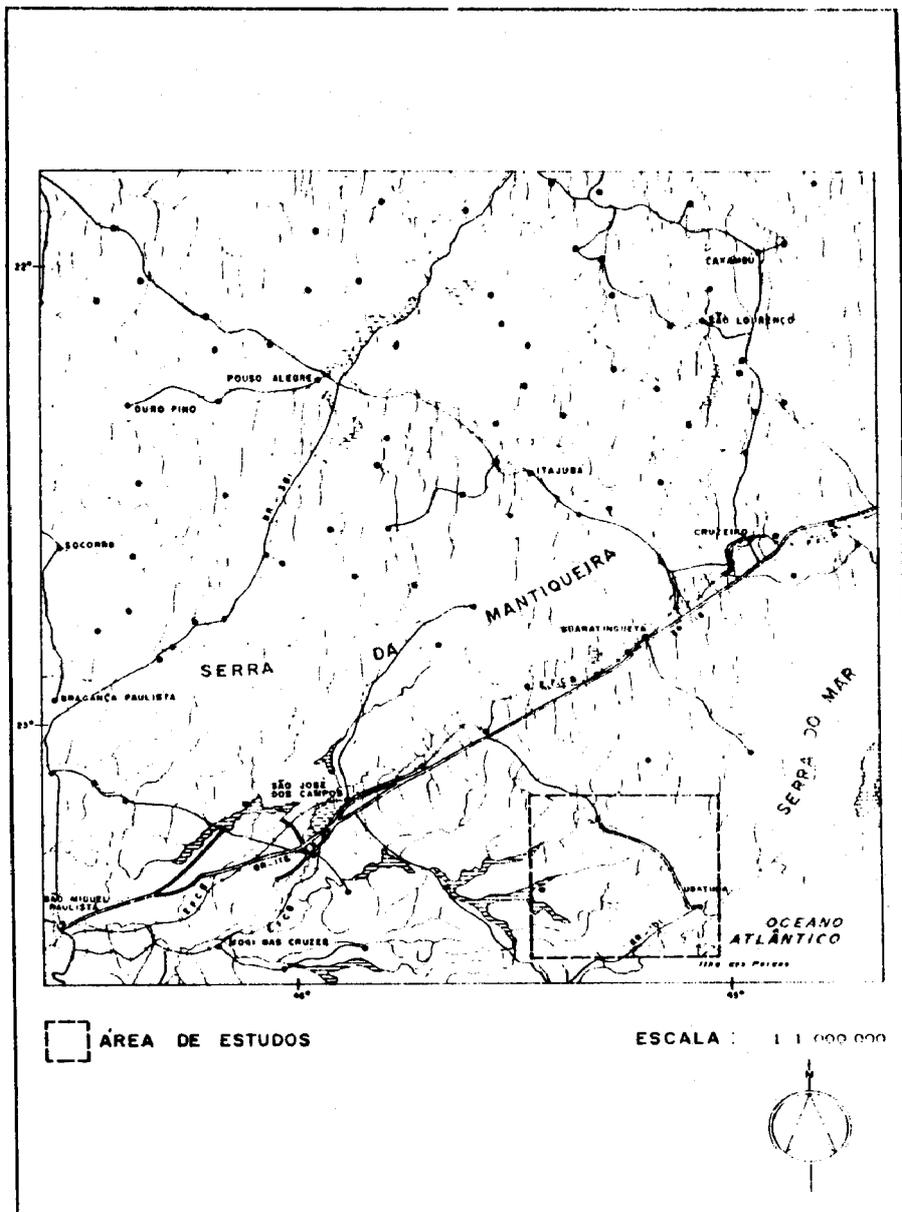


Fig. 1 - Região de abrangência do produto orbital MK-4 utilizado, ilustrando a área de estudos selecionada.

### 3. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

#### 3.1. Fotografia espacial MK-4

Foi utilizada uma fotografia espacial MK-4, adquirida junto à SOJUZKARTA, em transparência positiva colorida espectrozonal (abrangendo um intervalo espectral entre 570 a 810 nm), na escala 1:1.100.000 e tamanho 18 x 18 cm, referente ao "frame" nº 2312, de 12/08/88.

3.2. Cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000, englobando a totalidade da área de estudos.

3.3. "Scanner" da KODAK, com "array" CCD de 4.096 células, de propriedade do IAE/CTA - Instituto de Atividades Espaciais do Centro Tecnológico da Aeronáutica de São José dos Campos - SP.

3.4. Sistema de processamento e tratamento de imagens digitais e "softwares" específicos.

3.5. Impressora HP - Paint Jet.

#### 4. METODOLOGIA

##### 4.1. "Scannerização" do positivo MK-4.

Como não se dispunha do produto MK-4 em formato digital, a primeira etapa do teste foi a "scannerização" da área de estudos definida na transferência positiva MK-4, a fim de dispor-se do produto em meio magnético, tendo sido, para isto, utilizado um "scanner" KODAK do IAE/CTA, com "array" de 4.096 células. Na tentativa de obter-se bandas espectrais distintas, a área de estudos foi "scannerizada" três vezes, utilizando-se em cada uma delas um filtro diferente ("minus blue", "minus green" e "minus red"). A resolução do produto gerado em formato digital foi de linhas/mm.

##### 4.2. Identificação e Extração de pontos de controle.

Com o propósito posterior de ajustar matematicamente o resultado da classificação automática do sistema de projeção UTM, foram selecionados 10 pontos de controle, bem distribuídos e visíveis na cena correspondente à área de estudos visualizada no monitor colorido do sistema de tratamento de imagem, a qual foi reamostrada gerando "pixels" de dimensão de 51 x 51 metros do terreno.

Estes pontos de controle foram identificados nas cartas topográficas na escala 1:50.000, e em seguida, foram extraídas suas coordenadas UTM, E e N. Na tabela 1 estão definidas as coordenadas dos pontos de controle identificados, em coordenadas de vídeo e de terreno.

TABELA 1

IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE EM COORDENADAS DE VÍDEO E DE TERRENO.

PONTOS DE CONTROLE	COORDENADAS DE VÍDEO		COORDENADAS UTM	
	X	Y	E	N
1	497	169	476.130	7.390.350
2	457	233	470.100	7.392.800
3	188	256	470.450	7.407.050
4	6	129	478.080	7.415.090
5	20	59	481.650	7.414.080
6	58	434	462.730	7.414.930
7	409	470	458.260	7.397.190
8	357	32	481.080	7.396.580
9	398	84	478.130	7.394.910
10	22	204	474.100	7.415.010

##### 4.3. Definição do modelo matemático de ajustamento.

Foram testadas três tipos de transformações geométricas a fim de verificar qual o modelo matemático mais adequado para ajustar o espaço da imagem ao espaço UTM, a partir dos pontos de controle selecionados. Os modelos testados, bem como os erros médios quadráticos obtidos (EMQx, EMQy), foram os seguintes:

##### a) Modelo Matemático de Transformação Isogonal (forma invariante)

$$X = a_0 + a_1 E + a_2 N$$

$$Y = b_0 - a_2 E + a_1 N, \text{ onde}$$

X, Y: Coordenadas de Imagem

E, N: Coordenadas UTM

$a_0, a_1, a_2, b_0$ : parâmetros de transformação.

Os valores de erro médio quadrático resultantes da Transformação Isogonal foram:

$$EMQx = 3,45630$$

$$EMQy = 3,76952$$

##### b) Modelo Matemático de Transformação Afim (paralelismo invariante)

$$X = a_0 + a_1 E + a_2 N$$

$$Y = b_0 + b_1 E + b_2 N$$

O erro quadrático médio calculado em X e Y, resultante da Transformação Afim foi:

$$EMQx = 1,98461$$

$$EMQy = 3,09714$$

##### c) Modelo Matemático de Transformação Bilinear (a geometria não fica definida pelos quatro vértices):

$$X = a_0 + a_1 E + a_2 N + a_3 EN$$

$$Y = b_0 + b_1 E + b_2 N + b_3 EN$$

Utilizando-se a Transformação Bilinear para o ajuste geométrico entre a imagem e a carta, obteve-se os seguintes valores de erro médio quadrático:

EMQx = 1,75335

EMQy = 2,15124

Foi selecionado, dentro os modelos testados, aquele que apresentou menor erro médio quadrático em X e Y, ou seja, a transformação bilinear.

- 4.4. Classificação digital da área de estudos previamente à retificação da cena, foi feita a classificação automática da área de estudos, utilizando-se um algoritmo de classificação unidimensional, por fatiamento (a partir da análise do histograma de frequências da banda utilizada). Vários fatores determinaram a utilização de um critério de classificação unidimensional, dentre eles, o mais relevante foi sem dúvida, o fato de trabalhar-se com uma imagem digital obtida a partir da "scannerização" de um positivo. Neste caso, mesmo com a utilização de filtros, diferentes em cada uma das três varreduras da cena, não foi possível a obtenção de imagens em intervalos espectrais distintos. Ocorreu sem pre uma redundância entre as bandas geradas, principalmente para a região espectral do infravermelho próximo, resultando em grande similaridade entre as respostas espectrais de cada uma delas.

#### 4.5. Retificação da cena classificada.

O ajuste geométrico da cena classificada foi feita a partir da aplicação das equações de ajustamento definidas pela Transformação Bilinear, que foi aquela que mostrou-se mais adequada à retificação da cena através dos pontos de controle selecionados.

Tendo em vista a transformação a que foi submetida a área classificada, o espaço geométrico da cena foi sensivelmente alterado.

### 5. RESULTADOS

A classificação unidimensional da cena resultou na definição de quatro classes de uso da terra bastante abrangentes, conforme ilustra a figura 2, resultante da saída em impressora do resultado da classificação.

Após a retificação da cena classificada, o tamanho do pixel, e a escala de representação no vídeo foram alteradas, a fim de que toda a área classificada fosse corrigida geometricamente.

A figura 3, resultante da saída em impressora da cena classificada e retificada, ilustra esta alteração de escala, bem como a transformação ocorrida no espaço geométrico da cena.

### 6. CONCLUSÃO

No tocante à classificação digital da cena selecionada como área de estudos, o processo de "scannerização" utilizado, não permitindo a geração de bandas espectrais distintas e sem redundância, diminui consideravelmente sua performance, apesar de ter-se definido classes bastante abrangentes.

Neste sentido, se ao invés de utilizar-se um produto espectrozonal (abrangendo uma faixa espectral de 0,57 a 0,81 cm) fossem "scannerizados" os produtos multispectrais MK-4 gerados em bandas distintas, e portanto utilizar técnicas de classificação mais rigorosas, os resultados seriam mais satisfatórios.

Por outro lado, os dados espaciais gerados pela câmera MK-4, obtidos diretamente da SOJUZ-KARTA em meio magnético, teriam proporcionado um maior controle do processo em si, principalmente no que se refere às distorções inerentes ao processo de "scannerização".

Quanto à retificação da cena classificada, saliente-se as dificuldades verificadas na seleção dos pontos de controle na imagem visualizada no monitor, face às dimensões do pixel no vídeo. Esta imprecisão resultou de um conjunto de condições impostas em princípio, pela própria resolução do produto "scannerizado" (20 metros), aliadas às distorções inerentes ao processo de "scannerização", e a um aumento nas dimensões do pixel para que toda a cena pudesse ser visualizada no monitor.

Os valores de erro quadrático médio verificados para os modelos matemáticos de retificação da cena, demonstram bem esta situação. Todavia a aquisição de produtos MK-4 mais adequados aos objetivos do teste a que se propôs (obtenção dos dados diretamente em meio magnético e em bandas individualizadas), seguramente forneceriam melhores resultados, tanto na classificação digital como na retificação da cena classificada.

### 7. AGRADECIMENTOS

Através de Convênio firmado com a AEROSUL S/A o Instituto de Atividades Espaciais do Centro Tecnológico da Aeronáutica, muito gentilmente, executou todo o processo de "scannerização" do positivo MK-4, trabalho pelo qual agradecemos encarecidamente.

### 8. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BEIRUTTI VIEIRA, A.J. Implantação de Programas Computacionais para o Tratamento Digital de Imagens de Satélite de Recursos Naturais. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. UFPR, Curitiba, PR. 1983

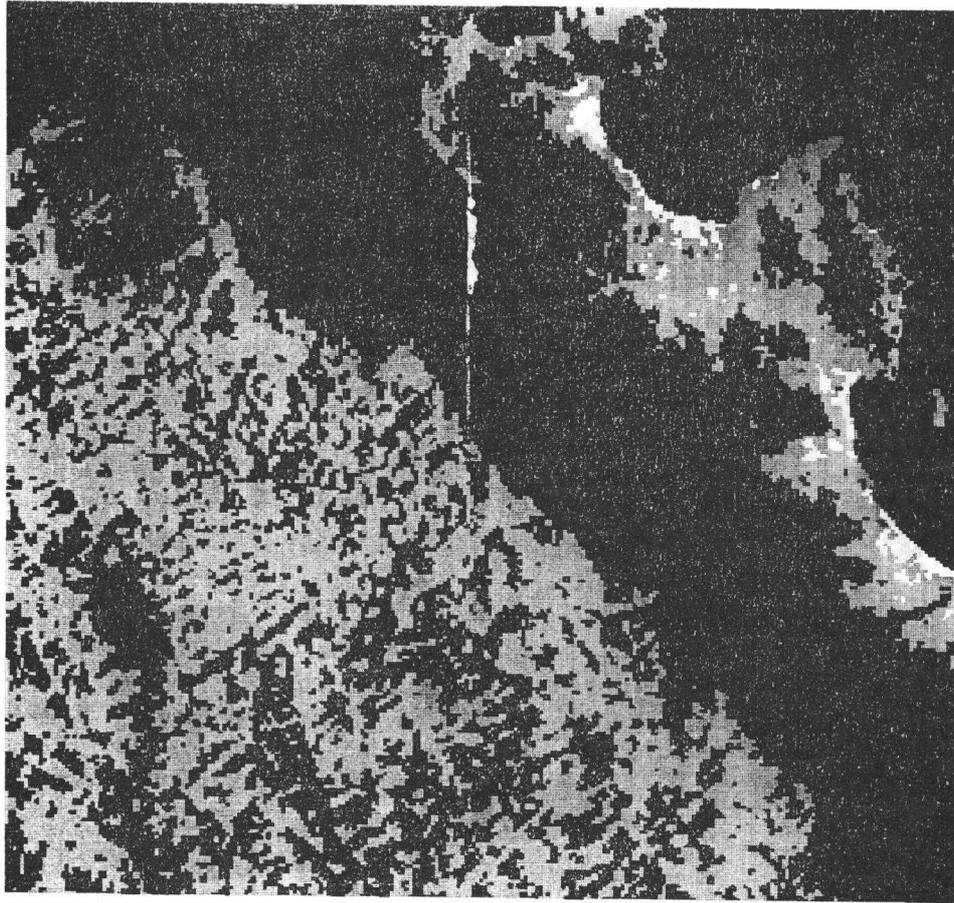
GEMAEL, C. Introdução ao Ajustamento de Observações: Aplicações Geodésicas. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. UFPR, Curitiba, PR. 1984

JARDIM, A.G. Uma Nova Imagem no Mercado Nacional. In: XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. Anais. Gramado-RS. Maio/89

LUGNANI, J.B. Transformações Geométricas. Notas de Aula do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. UFPr, Curitiba, PR. 1981

NOVO, E.M.L.M. Sensoriamento Remoto: Princípios de Aplicações. São Paulo. Editora Edgard Blücher Ltda. 1989.

SCHOWENGERT, R.A. Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing. New York. Academic Press. 1983.



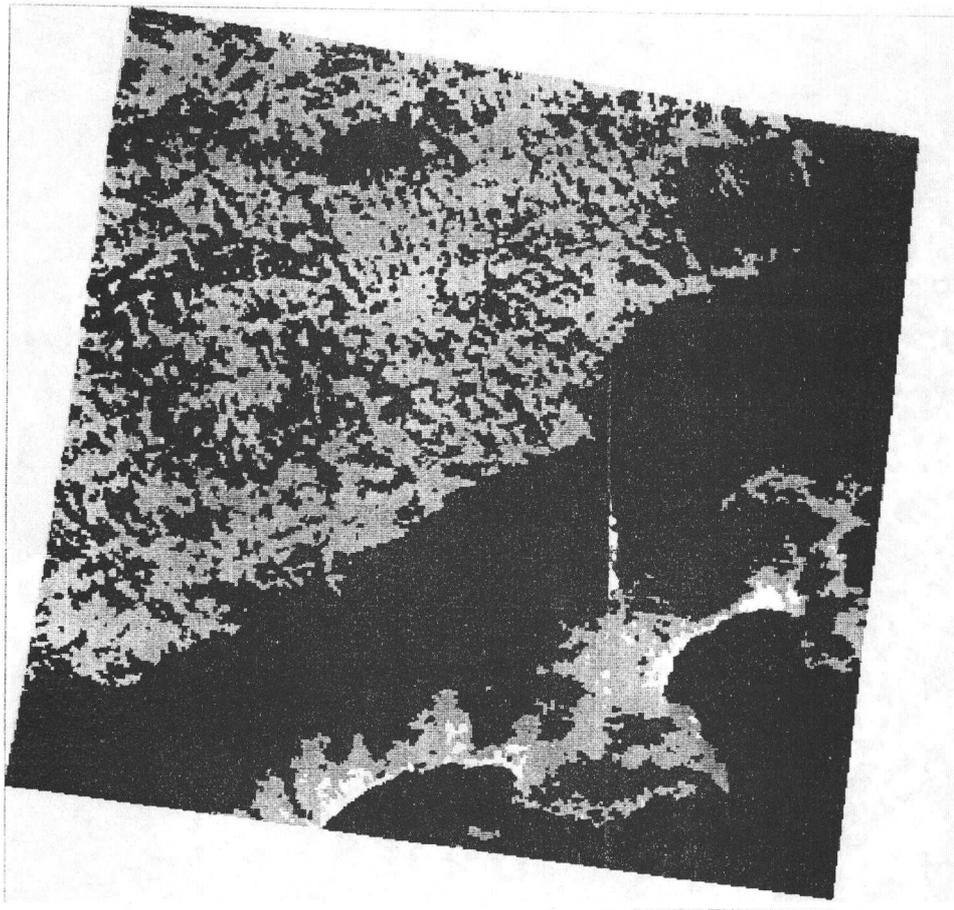
**CLASSIFICACAO AUTOMATICA**

**ESCALA: 1 / 182123. PIXEL 51,4 x 51,4 m.**

**LEGENDA:**

	<b>AGUA</b>	<b>8 685,26 Ha.</b>
	<b>MATA</b>	<b>38 593,77 Ha.</b>
	<b>OCUPACAO ANTROPICA</b>	<b>21 421,37 Ha.</b>
	<b>AREA URBANA</b>	<b>555,59 Ha.</b>

Fig. 2 - Classificação temática digital efetuada para a área teste.



**CLASSIFICACAO AUTOMATICA RETIFICADA**

ESCALA: 1 / 212595. PIXEL 60.0 x 60.0 m.

**LEGENDA:**

■	AGUA	8 685,26 Ha.
■	MATA	38 593,77 Ha.
■	OCUPACAO ANTROPICA	21 421,37 Ha.
□	AREA URBANA	555,59 Ha.

Fig. 3 - Classificação retificada, mostrando a transformação da cena para o Sistema UTM.