

Attilio Antonio Disperati\*\*

## ABSTRACT

*This paper deals with digital image processing of Landsat imagery applied to forest mapping. The value of forest map is considered in the forestry context. The current procedures for digitally processing and analysing the data from multispectral scanner systems are discussed.*

*An example of digitally processing Landsat data applied to mapping stands of Paraná Pine (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze) in one natural forest of southwest of Paraná State is given.*

## 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Um dos principais usos dos produtos finais de sensores remotos (tais como fotografias aéreas, imagens de satélites e de radar) para a ciência florestal tem sido para a elaboração de mapas florestais.

Estes podem ser considerados uma valiosa ferramenta para aqueles que trabalham com os recursos florestais. Todavia, nem para todos os aspectos da ciência florestal os mapas florestais são necessários.

Para muitos tópicos em silvicultura, manejo, inventário florestal não são necessários mapas florestais, todavia algumas vezes sua elaboração pode ser justificada. Um mapa mostrando as principais estradas, cidades, rios e tipos florestais pode ser necessário para muitas disciplinas da ciência florestal assim como também para finalidades ilustrativas. Um mapa florestal para manejo é primariamente um meio de orientação, planejamento, execução e anotação de operações florestais. Um mapa florestal para inventário serve para alocação das amostras a serem sorteadas, análise do melhor caminho para se chegar às amostras a serem medidas e a determinação da área ocupada por cada tipo florestal. Também mapas atualizados podem ser necessários como um resultado das operações de corte, danos, regeneração e crescimento da floresta. Complementarmente, as informações advindas de mapas

atualizados podem servir de base para decisões a serem tomadas nas áreas de política e planejamento florestal.

Até cerca de 10 anos atrás, os mapas florestais eram elaborados basicamente através da interpretação de fotografias áreas. Desde então, novas plataformas além do avião (tais como foguetes tripulados ou não), novos sensores e técnicas tem sido introduzido e como resultado novas imagens estão disponíveis aos interessados e usuários.

Estes sistemas diferem, em larga extensão, em aspectos técnicos como também em custo quando comparados com a tradicional câmara aérea. Os sistemas mais usados são: Câmera e imageadores multiespectrais, radar e imageadores termais infra-vermelho. As características técnicas dos três primeiros mencionados sistemas, seus produtos finais e suas aplicações no mapeamento florestal estão amplamente analizados e discutidos na literatura especializada sobre sensoriamento remoto. Do ponto de vista prático e brasileiro, considerável experiência tem sido adquirido com o uso de imagem de radar e imagens de satélite Landsat devido a atuação do Projeto Radam e do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) respectivamente.

A interpretação das fotografias aéreas, imagens de satélite Landsat e imagem de radar pode ser feita através do processo manual e visual ou então através de computadores eletrônicos. Para o

\* Palestra proferida no Seminário: O papel do computador na Agricultura, realizado no 4.º Congresso Regional de Informática e 1.ª Feira Nacional de Informática, no Parque Barigui, Curitiba, 3 a 6 de maio de 1982.

\*\* Prof. Adjunto do Departamento de Silvicultura e Manejo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

primeiro caso, pode ser feita por qualquer pessoa que tenha apreciação da escala, mapa e geografia regional do local no qual se refere o material a ser interpretado. Ainda a interpretação pode ser dirigida para uma determinada área do conhecimento dos recursos naturais no caso de que seja feito por um especialista ou grupo de especialistas da área. O segundo processo, i.e., através de computadores eletrônicos\*, é muito mais complexo, necessita-se de especialistas e de equipamentos.

As principais vantagens dos métodos de processamento digital são: versatilidade, repetibilidade e a preservação da precisão dos dados originais (SABINS, 1979). Dificilmente uma pessoa repetirá identicamente a interpretação manual e visual de uma fotografia aérea ou parte de uma imagem de satélite feita anteriormente. Com o passar dos anos, negativos das fotografias aéreas coloridas perdem um pouco a tonalidade das cores.

O processamento de imagens através de computadores eletrônicos não é recente e nem restrito somente ao aspecto de mapeamento florestal, mas também tem sido aplicado a estudos agrícolas, médicos, de interesse militar, astronômicos e em outras áreas do conhecimento.

VAN ROESSEL (1971) comenta que a importância da automatização no processo de mapeamento florestal foi reconhecido por Langley em 1961 e que a primeira tentativa de identificação automática de tipos florestais sobre fotografias aéreas, nos Estados Unidos, foi feita em 1969.

Limitaremos nossa apresentação apenas à interpretação das imagens de satélite Landsat e dos sistemas de imageadores multiespectrais através dos computadores eletrônicos. A principal vantagem desses dois sistemas é que captam e registram informações da superfície da terra em diferentes faixas de comprimentos de onda do espectro eletro-magnético e cujas informações já estão disponíveis em forma digital\*\* adequado para o processamento eletrônico.

## 2. PROCESSAMENTO DIGITAL DA IMAGEM

Segundo HOFFER (1976), os procedimentos usuais para o processamento digital e a análise dos elementos de imagens do satélite Landsat e outros sistemas imageadores multiespectrais (MSS) envolvem as quatro seguintes etapas: reformatação e pré-processamento, análise e classificação dos dados, "display" dos resultados e tabulação, e finalmente a avaliação dos resultados.

A etapa da reformatação e pré-processamento não envolve nenhuma análise dos elementos que formam a imagem, mas simplesmente favorece que as posteriores etapas sejam conduzidas de maneira mais eficiente. Como exemplo dessa etapa podem ser citadas: correção geométrica da imagem, eliminação dos "ruidos" na imagem e, realce ("enhancement") das imagens para futura interpretação visual.

A análise e classificação dos elementos MSS da imagem são os aspectos mais importantes no processo do mapeamento. A etapa pressupõe interação homem/computador, através do qual o homem (interpretador ou analista) "treina" o computador a reconhecer particular combinações de números os quais representam medidas de reflectância em cada um dos comprimentos de onda das diferentes bandas espectrais, para um particular tipo de cobertura (classe de material) de interesse. Este processo de treinamento é feito utilizando os elementos da própria imagem, mas só que para uma pequena área geográfica. Então após a definição das melhores áreas representativas de cada classe de interesse ter sido feito, o computador é programado a classificar os valores de reflectância para cada elemento de resolução da imagem. Com este procedimento, o computador pode mapear e tabular tipos de cobertura sobre uma extensa área geográfica em uma velocidade muito rápida do que seria possível para um homem usando as convencionais técnicas de interpretação de imagem" (HOFFER, 1976, pp 104).

\* A interpretação através de computadores ("computer-aided analysis techniques") também tem recebido a denominação de processamento digital da imagem ("digital image processing").

\*\* As fotografias aéreas também podem ser interpretadas automaticamente, desde que tenham digitalizadas, usualmente através de microdensitômetros.

Uma das principais considerações na etapa de análise e classificação dos elementos da imagem envolvem a definição das categorias ou classes de material que o computador deveria ser treinado para reconhecer. Como exemplo poderia ser definida a seguinte tipologia: áreas densas de Pinheiro do Paraná, áreas de florestas, áreas agrícolas e áreas não florestais.

A maior parte das pesquisas aplicadas ao mapeamento da vegetação, natural e ou em forma de reflorestamento, tem sido conduzida para verificar o nível de detalhamento na tipologia e a precisão dos resultados possíveis de se obter com as imagens de satélite Landsat..

SAY — WITTGENSTEIN (1977) acredita que somente o nível de reconhecimento (a separação de coníferas e folhosas) pode ser satisfatoriamente obtida com imagem de satélite aplicado ao mapeamento florestal. KALENSKY & SCHERK (1975) apresentaram os resultados de estudos de dois anos de mapeamento usando classificação por computador eletrônico. Eles afirmaram que para o mapeamento de folhosas e coníferas, a média geral de classificação dos resultados variou de 67 a 81% com o processamento de imagens de apenas uma data. SHIMABUKURO et al (1980) relataram o mapeamento de áreas de reflorestamento. Eles separaram áreas reflorestadas com *Pinus elliottii* de outras áreas suportando outras espécies de *Pinus* e também classificaram 2 classes de idades de *Eucalyptus sp* (de oito meses a dois anos e outra classe representando áreas acima de dois anos). A média final de classificação foi de 81,8% enquanto que a diferença média na estimativa da área foi de 6,3%.

A classificação de imagens de satélite através de computadores é baseado principalmente na técnica de "padrões de reconhecimento" ("pattern recognition"). Esta técnica foi primeiramente aplicada em sensoriamento remoto no ano de 1966 no Laboratório de Aplicação de Sensoriamento Remoto (LARS) da Universidade de Purdue nos Estados Unidos, usando dados obtidos por um siste-

ma multiespectral (MSS) instalado a bordo de um avião. O estudo era de natureza agrícola. Posteriormente, a técnica foi aperfeiçoada e utilizada para a classificação das imagens de satélite Landsat.

Existem basicamente dois métodos para "treinar" o computador. O primeiro método é conhecido como "técnica supervisionada" e consiste em selecionar áreas representativas na imagem\* para cada classe de material a ser mapeada e definida anteriormente na tipologia. Após concluída a estatística (média aritmética, matriz variância-co-variância), das áreas representativas das classes de material na imagem, através de um algoritmo o computador classifica cada elemento de resolução (pixel) da imagem para uma das classes de material definida. Uma das principais limitações dessa técnica é a dificuldade em definir áreas representativas para todas as variações espetrais de cada classe de material a ser definida.

O segundo método para "treinar" o computador é conhecido como técnica "não supervisionada" e para tal utiliza-se principalmente como algoritmo de classificação a técnica estatística conhecida como "agrupamento" ("clustering"). Neste método o analista simplesmente fornece ao computador o número de classes espetrais (grupos) diferentes que deseja com que todos os elementos da imagem analisada seja dividida. Após a classificação pelo computador, o analista compara o "mapa" resultante do computador com as informações de que possui e então atribui a cada classe espectral um significado real. Como exemplo, a classe espectral 1 representa áreas densas do Pinheiro do Paraná, as classes espetrais 2 e 5 representam áreas de reflorestamento, a classe espectral 3 representa áreas agrícolas, etc. O problema da "técnica não supervisionada" é que o analista não sabe certamente quantas classes espetrais estão presentes na imagem. É comum encontrar na imagem que uma classe de material apresenta sutis diferenças espetrais enquanto que outras classes podem ser facilmente se-

\* No presente artigo, imagem de satélite pode se referir tanto a uma inteira cena de satélite (e que abrange uma área aproximada de 185 km de lado) ou então a uma parte da cena de satélite que foi selecionada para particular estudo.

paradas espectralmente na imagem mas como classes materiais são de pouco valor informacional. Uma outra limitação desse método quanto ao seu uso é no mapeamento de extensas áreas geográficas, devido a grande quantidade de dados\* a serem analisados e ao excessivo número de classes espectrais necessárias para um correto estudo.

Os resultados da classificação por computador podem ser mostrados usando-se duas técnicas. A primeira envolve a impressão dos resultados em folha de computador usando-se código alfanumérico e/ou símbolos, cada qual representando uma classe de material (para a técnica não supervisionada). A vantagem dessa técnica é que não exige nenhum equipamento especial para a saída dos dados afora a impressora de linhas. Porém, uma completa impressão de toda a área de uma imagem de satélite Landsat necessitaria cerca de 2.500 páginas (KALENSKY & WIGHTMAN, 1976). A segunda técnica mais sofisticada, permite que os resultados finais sejam mostrados em um terminal tipo "aparelho de TV", podendo as classes serem mostradas em diferentes cores ou tonalidade de cinza na escala de preto a branco. Mesmo que não haja perda de informações temáticas devido ao tamanho dos elementos de resolução no "aparelho de TV", (video), as distorções geométricas da imagem impedem "medidas" exatas na imagem. Porém a vantagem dessa técnica é que permite mostrar os resultados da classificação de uma larga área geométrica sobre uma pequena imagem. Em outra opção que elimina as distorções geométricas, os resultados da classificação podem ser ainda mostrados através de microfilmes ou então de filmes fotográficos.

A tabulação dos resultados da classificação, ie, a determinação da área em hectares ocupada por cada classe de material, pode ser facilmente obtida pelo computador. Desde que programado para tal, o computador pode sumarizar o número de elementos de resolução atribuídos a cada classe. E através de fator de conversão, o número de elementos de

resolução é convertido em área (em hectares). Em específico para a imagem de satélite Landsat, cada elemento de resolução representa uma área de aproximadamente 0,46 ha. Complementarmente a percentagem que ocupa cada classe de material em relação à área total também pode ser calculada.

A última etapa da classificação se refere à avaliação dos resultados, que permite saber se os resultados e tabelas obtidas são precisos e se possuem confiabilidade. Três diferentes métodos (um qualitativo e dois quantitativos) podem ser utilizados para a referida avaliação.

A avaliação qualitativa consiste na comparação visual dos resultados da classificação com um mapa temático existente ou com as fotografias aéreas existentes do local. A avaliação é subjetiva porém fornece uma rápida estimativa da confiabilidade dos resultados.

Um dos métodos quantitativos envolve o uso de específicas áreas (denominadas de áreas testes) das quais se conhece a classe de material existente. Através de um sistema estabelecido de amostragem, as áreas testes são selecionadas sobre a imagem e suas coordenadas de posição assim como também a classe de material são fornecidas ao computador. A comparação entre os resultados da classificação automática com os fornecidos pode ser estabelecida. O resultado pode ser estabelecido individualmente para cada área teste ou então para o total de áreas testes de cada classe de material assim como também envolvendo todas as áreas testes de todas as classes.

O segundo método quantitativo consiste na comparação dos resultados das áreas em hectares, fornecidos pelo computador com os obtidos através de mapas florestais.

### 3. PROCESSAMENTO DIGITAL DA IMAGEM DE SATELITE PARA O MAPEAMENTO DO PINHEIRO DO PARANÁ. — CASO PRÁTICO\*

O presente exemplo ilustra etapas do processamento digital da imagem comentado na primeira parte desse artigo.

\* O imageador multiespectral (MSS) instalado em cada um dos três satélites da série Landsat até agora colocados em órbita da Terra, fornece imagens em quatro bandas espectrais para cada cena. Cada banda, referente a um determinado comprimento de onda, é constituído de aproximadamente 7,5 milhões de elementos de resolução.

O exemplo enfatiza aspectos da análise e classificação dos dados da imagem, e avaliação quantitativa dos resultados.

A área florestal do presente exemplo está localizada no sudoeste do Paraná e foi selecionada devido a grande quantidade de áreas nativas de Pinheiro do Paraná. Fotografias aéreas em preto e branco, na escala de 1:10.000 e obtidas em 1972, foram utilizadas para a elaboração de um mapa florestal que serviu de base para a análise digital da imagem de satélite Landsat II obtida em 24 de outubro de 1976. A referida imagem estava sob a forma digital e os dados gravados em fita de computador. A área florestal de estudo correspondeu, na imagem de satélite, a uma área de 302 x 400 pixels. A referida imagem foi analisada e comparada com o mapa florestal. Porém, a classificação digital se limitou apenas a uma pequena área, equivalente a 32 km<sup>2</sup> no terreno, de 100 x 72 = 7200 pixels para cada banda, (com as quatro bandas de imagem o total foi de 28.800 pixels). O tamanho da área para a classificação foi condicionada pelo fato que utilizando-se o algoritmo de classificação, baseado no processo não supervisionado, o conjunto de dados não podia exceder um total de 30.000 pixels. Com o uso do algoritmo do programa supervisionado, praticamente não havia limite de tamanho de área a ser classificada.

A área em estudo foi classificada usando-se um algoritmo da "técnica supervisionada" \*\* e um algoritmo referente à técnica "não supervisionada"\*\*\*. Complementarmente para cada algoritmo a imagem foi classificada usando-se os dados das seguintes combinações de bandas: 5 e 7; 4, 5, e 7 e 4, 5, 6 e 7.

As imagens das bandas 4, 5 e 7, referentes à área do estudo, foram produzidas em microfilme. As referidas imagens foram usadas para produzir uma composição em cores que foi projetada, numa tela, na escala de 1:15.000. Devido ao fato

de que a imagem de satélite ter sido obtida 4 anos após as fotografias aéreas, uma comparação visual, entre a composição em cores e o mapa florestal foi feito para atualização do mapa florestal a fim de que os resultados pudessem ser comparados. Também baseados na mencionada comparação, quatro classes de material foram selecionados para serem mapeados, a saber: Pinheiro do Paraná tipo I (alta densidade de copas de Pinheiro), Pinheiro do Paraná tipo II (baixa densidade de copas de Pinheiro), áreas florestais e áreas não florestais (que incluíam áreas agrícolas, áreas com vegetação rasteira, áreas desprovidas de vegetação e estradas).

Áreas de treinamento foram escolhidas para cada classe de material, tais que representassem todas as variações em resposta espectral existentes na imagem. A figura 1 mostra a posição das áreas de treinamento usadas para a classificação supervisionada enquanto que a figura 2 mostra os resultados da mencionada classificação. Para a classificação através da técnica "não supervisionada" os dados constituintes da imagem foram divididas em 12 classes espectrais (grupos). Esse número foi escolhido subjetivamente dada a pequena área geográfica do estudo. O algarismo usado para a classificação divide os dados da imagem em um número progressivamente maior de grupos e o resultado é mostrado em uma série de microfilmes (em um número total de um menos o número total de classes espectrais). A figura 3 mostra o dendrograma de uma das classificações não supervisionadas enquanto que as figuras 4 a 7 mostram a seqüência da divisão dos dados das imagens até 5 grupos espectrais.

Devido a pequena extensão territorial da área em estudos, áreas testes não foram utilizadas para avaliação quantitativa dos resultados. A avaliação foi efetuada sobre as áreas de treinamento usados para a classificação supervisionada.

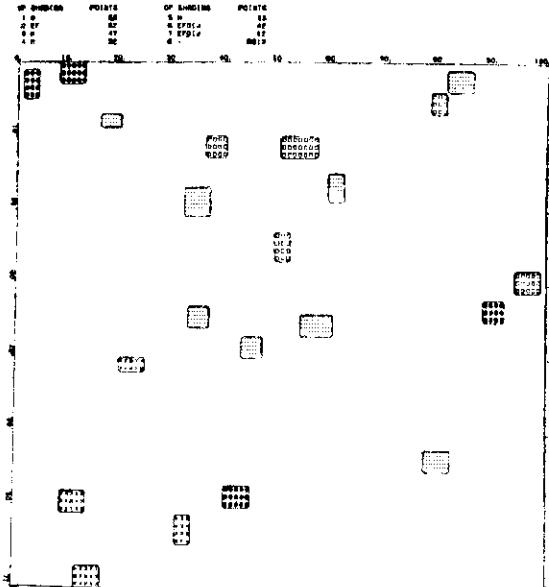
\* O presente exemplo está baseado no estudo realizado por DISPERATI (1981) sobre o mapeamento do Pinheiro do Paraná.

\*\* Existem inúmeros algoritmos que podem ser usados nas técnicas supervisionadas e não supervisionadas. Porém, no local da execução de estudo, havia disponível apenas um específico algoritmo para cada uma das mencionadas técnicas. Enfim, os resultados fornecidos por esses específicos algoritmos foram comparados.

Os resultados da avaliação quantitativa estão nas tabelas 1 e 2 evidenciado que usando-se qualquer das 3 combinações de bandas usadas na classificação supervisionada os resultados foram praticamente idênticos. O mesmo, não ocorreu com a classificação não supervisionada. O uso das combinações das bandas 5 e 7 forneceram melhores resultados do ponto de vista qualitativo e quantitativo em relação às outras combinações de bandas testadas e com valores praticamente iguais aos provenientes da classificação supervisionada. O motivo dessa não uniformidade de resultados advindos da classificação não supervisionada foi atribuída a aspectos inerentes ao próprio algoritmo usado para a classificação, tais como: uso da técnica de "principal component analysis" para reduzir

o número de variáveis e a medida utilizada para avaliar a heterogeneidade das classes espectrais. Para proceder a combinação de duas, três e quatro bandas MSS através do programa não supervisionado, o computador necessitou alocar 50, 57 e 65 vezes mais espaço (contado em K de memórias no computador), respectivamente, do que para processar a mesma combinação de MSS bandas através da classificação supervisionada. O considerado aspecto, junto com a limitada restrição do tamanho (inerente ao algoritmo utilizado) da área a ser processado pelo programa não supervisionado, enfatiza a vantagem técnica do utilizado programa supervisionado contra o utilizado programa não supervisionado para classificar áreas de Pinheiro do Paraná usando dados digitais de imagens de Landsat.

MANGUEIRINHA ARAUCARIA TESTE FIRST STRIP X=(560,659) Y=(11381,14511) ARAUCARIA=SELPAR  
8 GROUPS + FIELD MAP FOR TSI ARAUCARIA TESTE AREA JUNCDO DE 1 ORTE 17/04/80



Alta densidade de copas de Pinheiro do Paraná

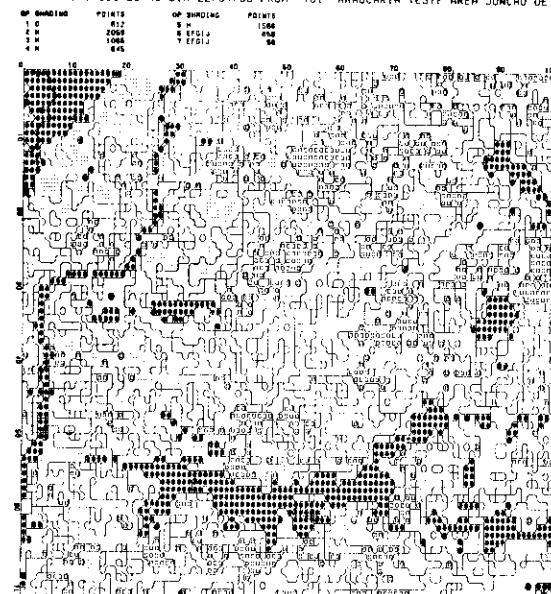
Baixa densidade de copas de Pinheiro do Paraná

Áreas florestais.

Áreas não florestais.

**FIGURA 1.** Posição das áreas de treinamento para as classes usadas na classificação supervisionada da área florestal de estudos localizada em Mangueirinha (Estado do Paraná).

MANGUEIRINHA ARAUCARIA TESTE FIRST STRIP X=(560,659) Y=(11381,14511) ARAUCARIA=SELPAR  
7 GROUPS+SCOPED NO BIN 22/04/80 FROM TSI -ARAUCARIA TESTE AREA JUNCDO DE



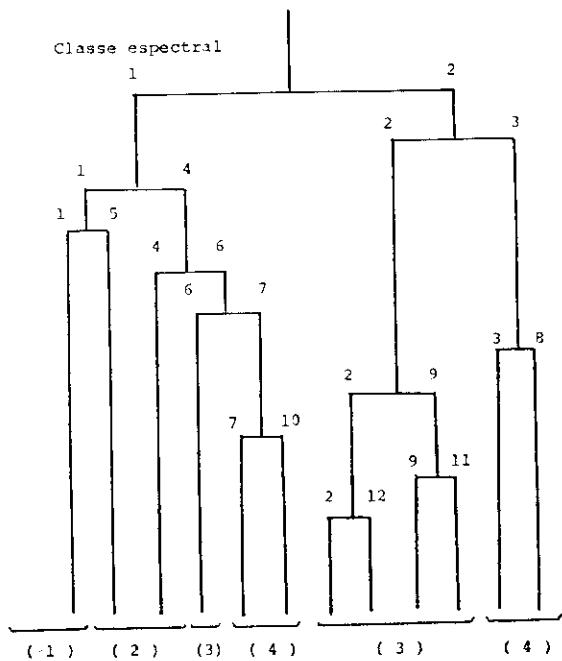
Alta densidade de copas de Pinheiro do Paraná

Áreas florestais e áreas com baixa densidade de copas de Pinheiro do Paraná

Áreas não florestais.

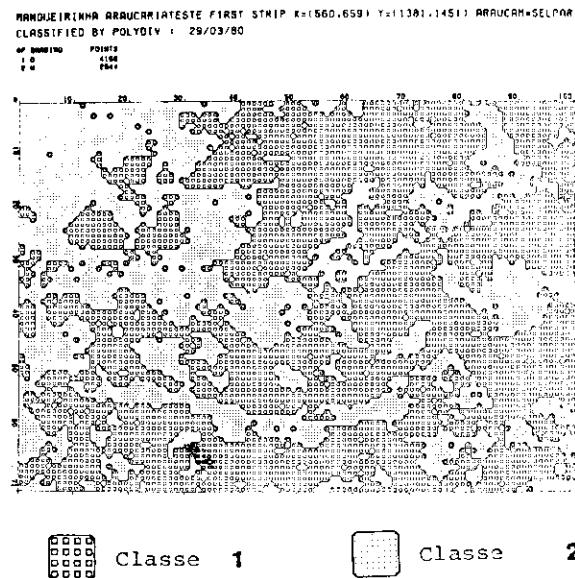
**FIGURA 2.** Mapa de computador da área selecionada para estudos em Mangueirinha. Classificação supervisionada usando os dados das bandas 5 e 7.

## CONJUNTO DE DADOS

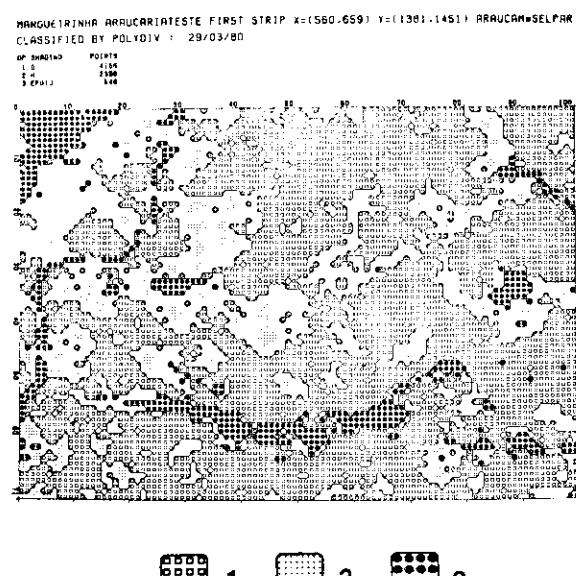


- (1) Alta densidade de copas de Pinheiro do Paraná.
- (2) Baixa densidade de copas de Pinheiro do Paraná.
- (3) Áreas florestais.
- (4) Áreas não florestais.

**FIGURA 3.** Dendrogramma da classificação não supervisionada em doze classes espectrais usando os dados das bandas 5 e 7 referentes à área florestal de estudos localizada em Mangueirinha.

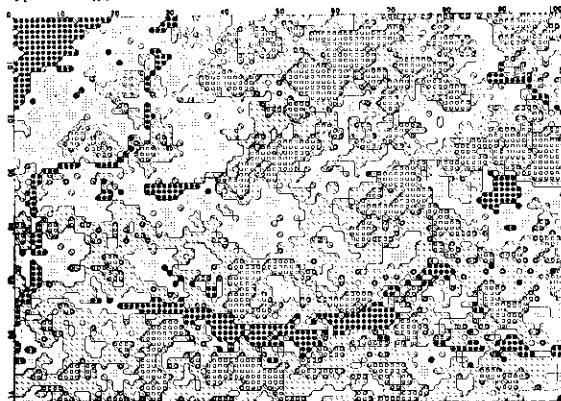


**FIGURA 4.** Mapa de computador para a área de estudos localizada em Mangueirinha. Classificação não supervisionada em duas classes espectrais usando os dados referentes às bandas 5 e 7.



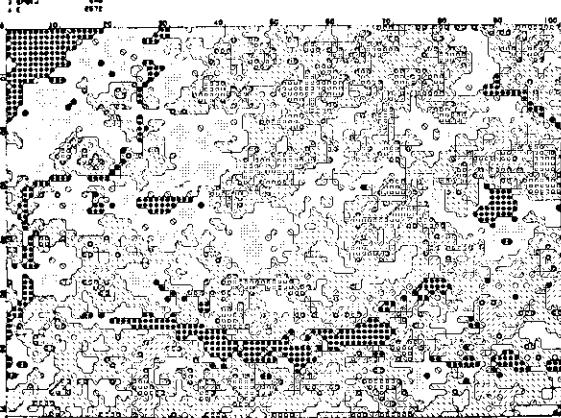
**FIGURA 5.** Mapa de computador da área selecionada para estudos em Mangueirinha. Classificação não supervisionada em três classes espectrais usando os dados referentes às bandas 5 e 7.

OF MINDIV POINTS  
0 1000  
1 1000  
2 1000  
3 1000



**FIGURA 6.** Mapa de computador para a área de estudos localizada em Mangueirinha. Classificação não supervisionada em quatro classes espectrais usando os dados referentes às bandas 5 e 7.

OF MINDIV POINTS  
0 1000  
1 1000  
2 1000  
3 1000



**FIGURA 7.** Mapa de computador para a área de estudos localizada em Mangueirinha. Classificação não supervisionada em cinco classes espectrais usando os dados referentes às bandas 5 e 7.

Densas áreas de Pinheiros do Paraná foram corretamente classificados através dos programas classificatórios. Todavia, os resultados não foram confiáveis para a classificação de baixa densidade de copas de Pinheiros do Paraná. Isto foi devido ao recobrimento do intervalo espectral definido para a referida classe com o definido para a classe "floresta". Segundo KAN (1976) o problema relacionado ao mapeamento de classes de material não espectralmente uniforme, como acima mencionado, tem sido encontrado como uma das principais limitações das técnicas estatísticas convencionais de padrões de reconhecimento.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de computadores eletrônicos para o mapeamento florestal tem a sua principal aplicação na interpretação da imagem e na tabulação dos resultados. Esses por sua vez são partes integrantes da complexa tarefa do mapeamento florestal. Nem todos os aspectos do mapeamento podem ser completamente automatizados, como por exemplo: a transferência dos resultados da interpretação visual ou de classificação automática da imagem sobre planimétrico, desenho cartográfico final do mapa. Segundo SABINS (1979), a disponibilidade de imagens digitais e multiespectrais do programa Landsat acelerou o desenvolvimento do processamento digital da imagem na metade da década de 70.

A utilização do processamento digital de imagens tem exigido uma preparação mais científica e tecnológica dos que trabalham com mapeamento florestal. Até a última década só era necessário razoável conhecimento teórico e muita experiência prática para a interpretação florestal de fotografias aéreas. Atualmente, para uma adequada e correta extração de informações das imagens de satélite Landsat, sob a forma digital, além dos convencionais conhecimentos de interpretação de imagens, pode ser necessário conhecimentos de programação e computação eletrônica assim como também de estatística.

**TABELA 1.** Resultados da classificação (em %) para as classes usadas nos programas classificatórios da área de estudo localizada em Mangueirinha (Estado do Paraná).

CLASSE	N.º de pixels usados	Classificação supervisionada			Classificação não supervisionada		
		MSS 4,5,6,7	MSS 4,5,7	MSS 5,7	MS 4,5,6,7	MSS 4,5,7	MSS 5,7
Pinheiro do Paraná Tipo I	69	94,2%	92,8	92,8	94,2	69,6	97,1
Pinheiro do Paraná Tipo II	52	50,0%	50,0	46,2	26,9	48,1	46,2
Floresta	112	91,1%	91,1	92,0	83,0	76,8	90,2
Áreas não Florestais	54	98,1%	98,1	98,2	59,2	22,2	96,3

**TABELA 2.** Resultados dos cálculos das áreas (em hectares) ocupadas pelas classes usadas nos programas classificatórios da área de estudo localizada em Mangueirinha (Estado do Paraná).

CLASSE	Mapa Florestal	Classificação supervisionada			Classificação não supervisionada		
		MSS 4,5,6,7	MSS 4,5,7	MSS 5,7	MS 4,5,6,7	MSS 4,5,7	MSS 5,7
Pinheiro do Paraná Tipo I	481,6 ha	365,7 ha	373,6	374,9	656,9	595,7	392,3
Pinheiro do Paraná Tipo II	287,5 ha	942,1 ha	945,8	899,5	598,5	701,1	997,7
Floresta	2023,6 ha	1617,4 ha	1598,9	1617,3	1336,8	1306,8	1491,0
Áreas não Florestais	473,3 ha	340,8 ha	347,7	374,5	673,8	662,4	385,0

Diferentes equipamentos e pacotes de programa de computador "(Software)" podem ser adquiridos para a finalidade de processamento digital da imagem. Os custos dos computadores dependem da finalidade do seu uso e capacidade enquanto que os dados dos programas dependem do seu tamanho e complexidade. Complementarmente os pacotes de programas podem ser desenvolvidos especificamente para os equipamentos disponíveis em uma instituição. Segundo BAKER (1972), um sistema de processamento digital deve propiciar uma grande capacidade de processamento de dados para não se tornar rapidamente obsoleto e ainda flexibilidade e adaptabilidade para aceitar uma grande variedade de informações advindas das diferentes técnicas de sensoriamento remoto.

## 5. RESUMO

O presente artigo analisa o processamento digital da imagem de satélite Landsat aplicado ao mapeamento florestal. Inicialmente a importância de mapas florestais no contexto de engenharia florestal é discutida. Os procedimentos usuais relacionados ao mapeamento digital e à análise dos elementos que constituem a imagem são apresentados. Complementarmente, o artigo mostra um exemplo prático de mapeamento de áreas de Pinheiro do Paraná em uma área florestal nativa do sudoeste do Estado do Paraná.

## 6. LITERATURA CITADA

1. BAKER, S.T. The design of a universal data analysis system. In **Remote Sensing of Earth Resources**, Volume I edited by F. Shahrokhi, The University of Tennessee, Tullahoma, 1972, pp 702-721.
2. DISPERATI, A.A. The mapping of stands of Parana Pine (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze) in the forest of southwest Parana State (Brazil) using computer — aided analysis of Landsat MSS data. Universidade de Londres. 1981. 250 p. Tese de doutoramento.
3. HOFFER, R.M. Techniques and applications for Computer-Aided Analysis of Multispectral Scanner Data. In **Remote Sensing in Forestry**. Proceedings of the Symposium held during the XVI IUFRO World Congress, Oslo 21-26 june, 1976, pp 103-113.
4. KAN, E.P. A new computer approach to map mixed forest features and post-process multiespectral data. In **Proceedings of the American Society of Photogrammetry, Fall Convention**, Washington, September 28-october 1, 1976, pp 386-402.
5. KALENSKY, Z. & SCHERK, L.R. Accuracy of forest mapping from Landsat computer compatible tapes. In **Proceedings of the Tenth International Symposium on Remote Sensing of Environment**, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, 1975, pp 1159-1167.
6. KALENSKY, Z. & WIGHTMAN, J.M. Automatic forest mapping using remotely sensed data. In **Remote Sensing in Forestry**. Proceedings of the Symposium held during the XVI IUFRO World Congress, Oslo 21-26 june, 1976, pp 115-135.
7. VAN ROESSEL, J. Automated mapping of forest resources from digitized aerial photographs. **Aplication of Remote Sensors in Forestry**. International Union of Forest Research Organization, Joint Report by Working Group, 1971, pp 177-188.
8. SABINS JR. F.F. **Remote Sensing. Principles and Interpretations** — São Francisco, W.H. Freeman, 1978. 426 p.
9. SAY-WITTGENSTEIN, L. Remote sensing and today's forestry issues. In **Proceedings of the Eleventh International Symposium on Remote Sensing of Environment**, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, 1977, pp 267-276.
10. SHIMABUKURO, Y.E.; HERNANDES FILHO, P.; SCHEN, S.C. Automatic classification of forested Pine Eucalyptus using Landsat data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 46 (2): 201-219, 1980.