

# METODOLOGIA DE UTILIZAÇÃO DE DADOS ESPACIAIS LANDSAT MSS E TM NO ESTUDO DE USO DO SOLO: REGIÃO DE MARILIA, SP

J. Pellerin\*  
J. Pouget\*\*  
M. V. Filho\*\*\*  
M. A. Santana\*\*\*\*

## Resumo

São apresentados resultados de tratamentos de imagens Landsat MSS e TM de estação úmida e estação seca da região de Marília. Inicialmente foram classificadas imagens MSS pelo método dos hipercubos utilizados no ORSTOM (Bondy, França). Cerca de quinze temas foram buscados, alguns não apresentando problemas de identificação, mesmo em modo monotemporal (florestas, solo nu e superfícies urbanizadas perfeitamente diferenciadas em estação úmida). Os resultados sobre a cana-de-açúcar e as classes de pastagens são melhores em estação seca, enquanto outros só puderam ser separados por tratamentos multitemporais (café, diversas pastagens, culturas anuais).

Os dados TM (visível, infra-vermelho próximo e médio) exploram as contribuições fornecidas de uma parte por uma maior resolução espacial, d'outra parte pela contribuição dos canais 5 e 7. Os principais resultados obtidos à partir duma imagem de estação seca foram:

---

\*Professor Visitante do CNPq no Departamento de Geociências, CFH, UFSC.

\*\*Pesquisador no ORSTOM, Bondy, França.

\*\*\*Pesquisador no INPE, São José dos Campos, SP.

\*\*\*\*Instituto de Geografia, USP, SP.

— a contribuição da resolução espacial, capital para uma região onde as parcelas são relativamente pequenas e o relevo contrastado. As composições mais interessantes foram, em ordem decrescente: 7-5-4 e 1-4-5 associadas, 2-3-4, e 1-2-3;

— o acesso à heterogeneidade das parcelas ou grupos de parcelas obriga à efetuar classificações sobre zonas reduzidas, através de mascaramento com um zoneamento em função das unidades geomorfológicas;

— a interpretação e a utilização completa de dados TM não podem ser efetuadas senão através de um conhecimento aprofundado do campo e exige assim observações permanentes;

— a utilização de tratamentos multitemporais e o desenvolvimento de novos tratamentos, tais como testes de textura, permitem avançar na identificação de diferentes tipos de uso do solo.

A avaliação de um método de classificação multitemporal, utilizando um banco de dados regional elaborado no IGN (França) é sumariamente exposto.

## Introdução

No âmbito de um projeto de estudos da cobertura pedológica, tendo em vista o seu manejo (agricultura, floresta, hidrologia, urbanismo, prospecção geológica ou mineira...), o impacto da ocupação humana sobre os solos é parte integrante da história e do funcionamento destes (Queiroz Neto et al., 1986).

Na região de Marília, SP, um dos problemas foi identificar qual o impacto dos modos de ocupação do solo sobre o início e a evolução dos fenômenos de erosão; este fenômeno traz prejuízos financeiros anuais à todas as propriedades.

Como as modalidades de ocupação do solo podem variar rapidamente, é necessário elaborar um mapa de uso do solo o mais detalhado possível. As coberturas aéreas (fotografias) são muito espaçadas no tempo; em Marília elas datam de 1962, 1972 e 1984; assim, é necessário atualizá-las, principalmente após 1980, quando assistimos a profundas modificações do uso do solo:

— regressão acelerada do café por geadas sucessivas desde 1975, acompanhada do abandono de partes das vertentes mais sensíveis à erosão, portanto muito problemáticas a manejar;

— extensão rápida desde 1980 de pastagens cultivadas (principalmente com braquiária) e de culturas anuais, deixando o solo descoberto ou mal coberto durante alguns meses. Pôde-se notar conseqüências nefastas durante

chuvas intensas em 1972 (Pellerin et al., 1975), 1982-83, 1988, fenômenos frequentes na região (Santana, 1991).

## 1. Dados Básicos

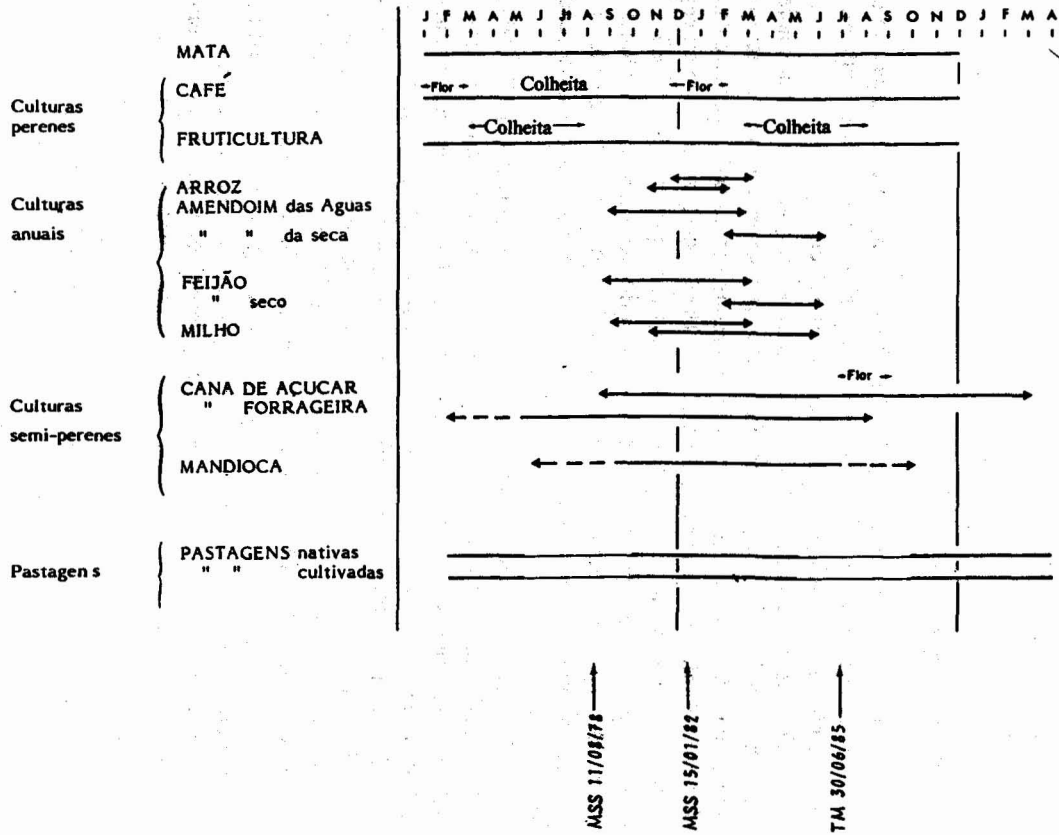
O calendário do ciclo vegetativo regional (figura 1) e os mapas de uso do solo de algumas zonas representativas da região (figura 2) constituem os documentos iniciais indispensáveis à toda interpretação.

Os mapas das zonas de referência, estabelecidos através de fotos aéreas de 1984 (escala 1:25.000) foram atualizados por levantamentos de campo e fotografias de avião à baixa altitude, realizadas em estação seca e estação úmida, durante todo o período de estudos (1983-1988), para os tratamentos MSS. A exploração dos dados TM mostrou que a identificação da heterogeneidade das parcelas de cultivo (identificação ligada à melhoria da resolução espacial) exigiu acompanhamento de campo mais frequente: seria necessário observar permanentemente o campo para otimizar o uso dos dados disponíveis.

O relevo da região de Marília (Queiroz-Neto e Journaux, 1978; Pellerin e Queiroz-Neto, 1992) apresenta uma escarpa de arenito muito digitada, de 120 à 150 metros de altura, separando um platô suavemente ondulado (altitude de 620 à 670 metros) com interflúvios geralmente maiores, e um nível mais baixo (altitude 480 à 500 metros) com interflúvios menores onde o Rio do Peixe e seus afluentes se encaixam. Sobre o nível superior, as coberturas pedológicas apresentam um sistema de transformação latossolos com forte diferenciação vertical (solos podzolizados Marília). No nível inferior existem duas áreas: as coberturas pedológicas do pé das escarpas apresentam somente perfis diferenciados; à jusante, quando os interflúvios são novamente mais amplos, os latossolos reaparecem. Nas imagens de satélites, uma zona de sombra reforça as cornijas de arenito; mesmo nos outros lugares, desde que as superfícies planas não são muito extensas, a exposição ao Sol é um fator que deve ser considerado.

Quatro zonas foram escolhidas como representativas dos tipos de uso de solo:

Fig. 1 - Ciclos vegetativos de diferentes culturas na região de Marília - SP



## Legenda da Fig. 2

	Curso d'água permanente
	Curso d'água temporário
	Área urbana
	Sítios em construção
	Habitat
	Rodovia e estrada secundária
	Ferrovias
	Escarpa
	Café
	Cultura anual
	Pomar
	Capim-braquiária
	Gramma-batataia
	Capim-colonião
	Gramma-mato grosso
	Cana-de-açúcar
	Capim-elefante ou napier
	Terreno não cultivado temporariamente
	Pastagem nativa
	Eucalipto
	Mata
	Árvores esparsas
	Vegetação de área úmida
	Cultura abandonada
	Vegetação invasora
	Terra nua

} Pastagem cultivada

} Capineira ou plantas forrageiras



Area de Padre Nobrega



Area de Corrego do Barbosa

1000 m



Area de Avencas

Fig. 2 - Mapas de uso do solo em 1984-1985 (segundo Santana, 1991)

— uma área de grande cultivo de cana-de-açúcar com diversos estágios de desenvolvimento (Usina Paredão, perto de Oriente);

— uma área do platô superior com plantio de café (Padre Nóbrega: 1.258ha; café: 28%; mata: 13,4%; pastagens naturais (não cultivadas, também chamadas pastagens antigas): 43,1%; área urbana: 6,7%);

— uma área do nível inferior com grandes fazendas de criação de gado (Córrego Barbosa: 1.620ha; pastagens naturais: 53,5%; pastagens cultivadas com capins braquiária e mato grasso: 25,9%; vegetação de zona úmida: 10,3%);

— uma zona de grandes fazendas com criação de gado intensiva e/ou extensiva, juntamente com pequenas propriedades (Avencas: 3.378ha; pastagens naturais: 72,2%; pastagens cultivadas: 13,6%; zonas úmidas: 5,7%).

Nas quatro áreas pode-se notar também presença de parcelas de culturas anuais (2,3 à 3,8% da superfície), de eucalipto (0,7 à 1,8%) e de pomar (0,7 à 1,1%).

## **2. Tratamentos Numéricos de Dados MSS: os Problemas de Interpretação**

Os primeiros tratamentos de imagem foram feitos com dados Landsat 2: uma imagem de estação seca (11/08/78) e uma de estação úmida (14/01/82). As classificações realizadas, seja no INPE (classificação por máxima verossimilhança), seja no ORSTOM (análise multivariável do tipo hipercubo: ORSTOM, 1978; Pouget et al., 1981) forneceram resultados próximos.

a) Alguns temas não apresentam problemas particulares:

— florestas nativas, parte dos reflorestamentos (eucaliptos adultos), solos nus e superfícies urbanizadas (centro de Marília antes de 1972, e extensão da cidade, que dobrou a área ocupada entre 1972 e 1985) são perfeitamente diferenciados em estação úmida;

— os resultados sobre a cana-de-açúcar são melhores na estação seca; na estação úmida, há confusões com gramíneas de alto porte das pastagens;

— as vegetações de fundo de vale fornecem respostas semelhantes nas duas estações (baixas reflectâncias); elas confundem-se com plantações de laranjeiras, mas essas são pouco importantes na região e situadas sobre os interflúvios.

b) Para todos os outros temas (café, pastagens naturais bem cuidadas ou mais ou menos degradadas, pastagens cultivadas, culturas anuais), os resultados obtidos em tratamento monotemporal ordenam-se de maneira clássica em um "continuum", que vai das parcelas com cada vez menor quantidade de plantas lenhosas até as pastagens e as culturas anuais mais ou menos "ativas" cobrindo o solo. Nesse conjunto, os piores resultados concernem o café, cujas parcelas repartem-se em diversas classes, que vão da floresta às culturas anuais em função da altura das árvores, da transparência da cobertura vegetal e das práticas culturais sazonais efetuadas entre as linhas (solos nus, culturas intercalares de milho, feijão, arroz de sequeiro, capim etc); só algumas plantações em grandes parcelas e árvores de tamanho médio (1,5 à 2 metros de altura) são bem identificadas. Em estação úmida, pastagens e culturas tem a mesma resposta espectral; as classes de pastagens separam-se melhor na estação seca.

O mapa obtido, com subdivisões as mais detalhadas possível, permanece apenas como um mapa radiométrico ligado aos estados de superfície da vegetação e dos solos numa data determinada. É, com certeza, um momento importante do funcionamento da paisagem, mas representa somente uma primeira aproximação do mapa do uso do solo, que só poderia ser obtido através de tratamentos multitemporais. Para isso, dever-se-ia utilizar dados multitemporais de um mesmo ciclo vegetativo; isso, porém, apresenta dificuldades superiores àquelas encontradas em países temperados (Brunet et al., 1984; Pausader e Béranger, 1986; Pausader et al., 1986), em função da diversidade e da duração de alguns ciclos vegetativos, bem como o fato de que uma parte da vegetação é ativa todo o ano.

### **3. A Contribuição dos Dados TM na Gama Visível e no Infravermelho Próximo e Médio**

#### **3.1. Estudo das composições coloridas**

A principal contribuição dos dados TM está relacionada à sua resolução, tornando-os utilizáveis para fotointerpretação visual. Essa melhor resolução é acompanhada de aumento do registro espectral, evidenciados por numerosas combinações de canais.

Com um bom conhecimento de campo, indispensável para entender o significado de todas as nuances constatadas, os documentos coloridos podem se constituir numa base de cartografia detalhada. Essa possibilidade de



interpretação visual facilita igualmente a preparação da análise numérica, reduzindo o custo de mobilização dos sistemas de imagem.

Neste estudo utilizamos a imagem TM 221-75 C de 30/06/85 (estação seca). Dentro da gama possível de composições coloridas com os seis canais, para o estudo do uso do solo trabalhamos essencialmente com composições usando o canal 4. Para uma otimização da visualização, fez-se uma ampliação linear de contrastes dos canais usados. Foram realizados 10 tipos de composições, as mais úteis parecendo ser as seguintes (por ordem de coloração dos canais: o 1º em azul, o 2º em verde e o 3º em vermelho):

— 1.2.3.: o aspecto "cores naturais", apesar da fluidez ligada à difusão atmosférica, permite evitar os erros de interpretação devido às composições usando somente os canais infravermelhos. A nitidez visual desta composição pode ser melhorada com uso a **substituição do 3 pelo 7**: justifica-se porque todos os temas são ordenados da mesma maneira (figura 3), e os dois canais são bem correlacionados. Por outro lado, a dinâmica do canal 7, largamente distribuída nas altas frequências correspondentes aos solos nus (figura 3), implica numa valorização dos diversos estados de superfície: essa composição seria muito interessante nas áreas com superfícies importantes sem vegetação; assim, na composição 1.5.7 pode-se ver a transparência das culturas, onde a taxa de cobertura não é total (café de médio e pequeno porte).

— 2.3.4.: o clássico "standard" falsa cor serve apenas como guia de interpretação das diferenças da atividade clorofiliana.

— 7.5.4.: o interesse dessa composição supera o quadro de um estudo de uso do solo, pois representa uma base de trabalho comparável ao falsa cor "standard": as zonas cobertas por vegetação ativa permanecem em vermelho. A rede das parcelas é perceptível. Considerando a atividade clorofiliana, o teor em água dos vegetais e a percentagem de lenhosas, a visualização desta composição permite a separação da vegetação ativa e da pouco ativa: em estação seca, pastagens aparecem em verde e azul-esverdeado, a cana-de-açúcar em vermelho etc.

Para os estudos sobre o meio físico, as formas do relevo tornam-se nitidamente visíveis pelo efeito de sombra; porém nas zonas com sombras muito fortes (como em Marília, com as cornijas verticais de arenito) a combinação 4.5.7 pode ser melhor, pois permite diminuir esses efeitos de sombra, mas reduzindo igualmente os contrastes visuais entre vegetação de mesmo tipo (pastagens).

A composição 5.7.4 é quase equivalente à 7.5.4 ou 1.4.5, realçando os contrastes nos extremos.

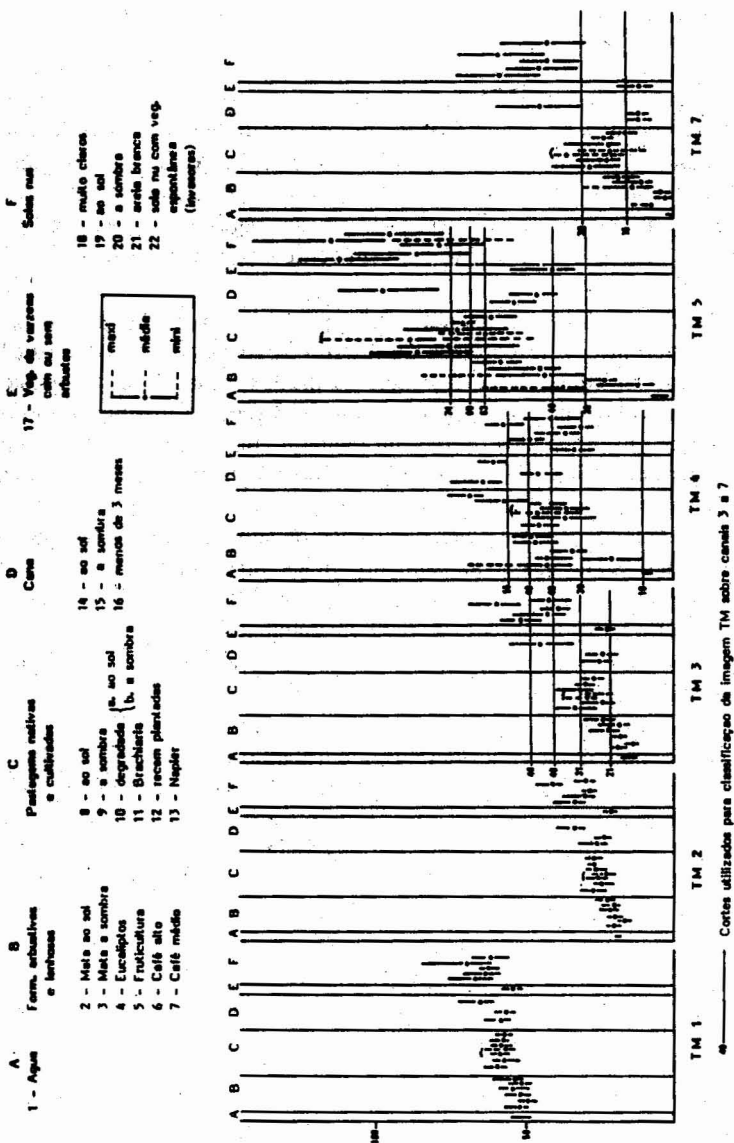


Fig. 3 - Amplitude dos valores radiométricos

— 1.4.5 e 1.5.4.: são complementares à 7.5.4., pois algumas informações são reforçadas. São documentos úteis para o desenho das parcelas e, de uma maneira mais geral, para a visualização de todas as formas lineares e redes: cursos d'água, rede urbana e rodoviária, curvas de níveis anti-erosivas, etc. A composição 1.4.5. mostra os cursos d'água em azul escuro somente à partir de 10 metros de largura; uma textura nítida das florestas e dos bosques com algumas árvores (grupos de mangueiras) permite sua separação das plantações lenhosas de textura lisa (café). Esta composição ressalta igualmente detalhes nas zonas de vegetação ativa, enquanto que a 1.5.4 o faz nas zonas de solos nus.

— uma composição mais complexa, por adição dos canais 1+2+3 em azul, 5+7 em verde e 4 em vermelho, corresponde à uma síntese das melhores composições; as redes citadas anteriormente são particularmente nítidas; algumas grandes voçorocas perpendiculares à iluminação solar podem ser identificadas. Nuances múltiplas aparecem nas superfícies de vegetação: textura das florestas é conservada, e a heterogeneidade das pastagens é bastante visível.

Constata-se que, para os estudos temáticos, as melhores composições coloridas são as que compreendem os canais 5 e 7 do TM, juntos ou isoladamente. Essas conclusões já haviam sido assinaladas em estudos teóricos de Sheffield (1985) sobre o conteúdo estatístico das imagens TM.

### 3.2. Resultados da análise numérica

A análise numérica foi realizada no ORSTOM com os mesmos objetivos da análise dos dados MSS: mostrar todos os temas de ocupação do solo, obter um resultado válido sobre uma zona de 30 x 40 km a partir de 4 zonas de referência, e verificar a contribuição dos canais 5 a 7 a fim de reduzir o número necessário de imagens.

#### 3.2.1. Metodologia seguida para a análise multivariável

— estudo da dinâmica dos canais e suas relações: histogramas de frequência e histogramas bidimensionais; na imagem de 30/06/85, as quatro bandas 3, 4, 5 e 7 possuem distribuições largas, especialmente a banda 5; os canais 1 e 2, fortemente correlacionados, apresentam uma dinâmica muito fraca;

— análise da resposta espectral de cada um dos temas identificados sobre as composições coloridas à partir de 98 polígonos de referência (conjuntos de pixels homogêneos) conhecidos no campo (figura 4). O quadro de valores mínimo, máximo, médio e variância assim estabelecido para os 6 canais permite identificar os canais mais discriminantes em relação aos temas retidos. Foram selecionados os canais 3-4-5-7 para a análise do tipo hipercubos após uma limiarização sobre os valores digitais (3 à 6 lotes por canal); o resumo das operações apresentado na figura 3 permite algumas observações:



*Fig. 4 - Área do Córrego Barbosa: localização das zonas de amostragem radiométrica correspondentes aos principais temas de uso do solo*

- o canal 1 não foi utilizado pois duplica as informações mais completas de outros canais, apesar de permitir separar os temas em 3 grupos: arbustivo, não arbustivo, solo nu;
- os canais 3 e 7 não são perfeitamente correlacionados, mas os temas são ordenados no mesmo sentido, sendo a dinâmica do canal 7 superior à do canal 3;

- o canal 5 com a dinâmica mais elevada intervém de forma importante nos resultados da classificação;

- a influência da exposição ao Sol é mais marcada no canal 4 (quadro 1).

— classificação, reagrupamento de lotes de modo interativo e traçado a cores da classificação com a individualização de 20 temas se reagrupando conforme 9 grandes conjuntos (quadro 2);

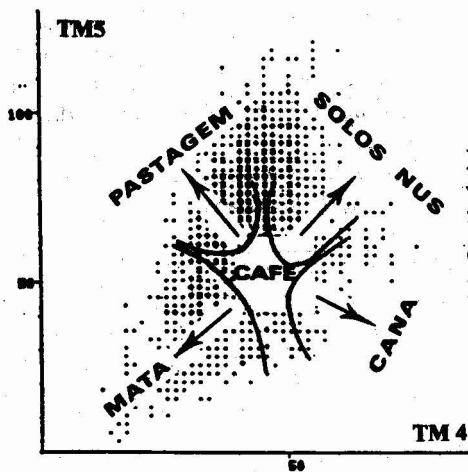
— avaliação dos resultados por sondagens localizadas: o resultado global das superfícies delimitadas é notadamente melhor que o obtido com os dados MSS monotemporais, exceto no que concerne às florestas (acesso na heterogeneidade). O problema da individualização do café não foi resolvido.

*Quadro 1 - Influência da exposição ao Sol sobre os valores médios radiométricos dos principais temas de tipo de vegetação*

		TM 1	TM 2	TM 3	TM 4	TM 5	TM 7
Floresta	à sombra	48	17	14	16	11	2
	ao Sol	52	20	19	43	36	7
Pastagem	à sombra	57	25	24	37	75	22
	ao Sol	59	27	35	46	85	28
Cana	à sombra	56	24	25	45	45	11
	ao Sol	58	26	26	64	53	12

### 3.2.2. A separação floresta/café por um algoritmo de textura

Radiometricamente constata-se que o café é um limite entre vários temas (figura 5). Se vários entre eles (solo nu, cana, pastagem) podem ser isolados pela utilização de dados multitemporais, este não é o caso para a floresta sempre ativa. Desta forma, tentou-se utilizar um algoritmo muito simples (Lortic/Rakoto: ORSTOM/ATOB) que consiste no cálculo de um índice que corresponde à média dos valores absolutos da diferença de 4 pixels contínuos ao pixel central; uma homogenização ponderada (função do Pericolor 1.000 do ORSTOM) e uma delimitação em 3 classes encerram a operação. O resultado do teste de homogeneidade foi aplicado, com sucesso aos lotes café/floresta assim separados na classificação.



Localização do café no cruzamento de vários temas no histograma bidimensional 4/5: as informações de luminância não são suficientes para isolá-lo.

*Fig. 5 - Uso da textura para separar café e floresta.*

**Quadro 2 - Comentário sobre a legenda de classificação sobre TM 281-75C de 30/06/85 (ORSTOM/ATOB/85)**

Temas	Canais com maior influência na discriminação (valores radiométricos)	Avaliação
Água	Canal 4 - valores baixos sobre todos os canais	Excelente - poderia ter sido subdividida em 2 grupos (água clara/água turba); tema com pouca extensão na zona
Florestas e vegetação arbustiva	Divisão em 4 grupos separados segundo os valores crescentes do canal 5: eucaliptos/floresta-café alta densidade/floresta-café densidade menor/diversas vegetações arbustivas	A floresta discriminada em todas as estações sobre MSS é aqui misturada a outros temas; o problema do café não foi resolvido (cf. mais adiante)
Cana e capim-nápiér	Canal 4 - altos valores	Excelente - a cana é a principal cultura "ativa" em estação seca; algumas confusões locais café/cana à sombra na classificação final regroupando todas as zonas
Fundos de vale, pastagens com sombra forte e muito degradadas (voçorocas), queimadas	Zonas com franca reflectância sobre todos os canais subdivididos em 3 sub-grupos graças à contribuição do canal 7	Classes mistas à diferenciar em modo multitemporal (porém com problema de resolução insuficiente)
Pastagens naturais	Individualização pelo canal 5 e subdivididos em 3 grupos segundo a exposição (canal 5: 1º e 2º grupos) e o grau de cobertura vegetal ao Sol (canal 7: 3º grupo)	Classes mais importantes em superfície. Os resultados excelentes sobre o estado superficial das pastagens constituem a contribuição principal dos dados TM
Pastagens cultivadas (braquiária)	Separadas das pastagens naturais pelos altos valores sobre o canal 3 (2 classes: sombra e Sol)	Idem pastagens naturais. A distinção das pastagens naturais está relacionada à cor (verde claro da braquiária) e à rugosidade menor da superfície (aumento do brilho)
Culturas ativas (jovens)	Canal 4. Valores muito altos - subdivididos em 2 classes pela contribuição do canal 7 (taxa de cobertura vegetal ao Sol)	Excelente
Solo nu	Discriminados sobre os canais 3 e 7. Zonas lineares de areia branca (perfeitamente identificáveis pelo seu valor radiométrico elevado sobre todos os canais) mostram as zonas aluviais nos eixos de drenagem e nas voçorocas mais importantes	Sempre bem individualizados. As diferenciações visíveis estão ligadas às características físicas, principalmente crosta superficial; em fim de junho/85 os solos estão muito secos e a influência da cor e da umidade evidentes em estação úmida entre solos do platô e solos do nível inferior desapareceram
Cidade		Não estudados especificamente na classificação <sup>1</sup>

(1) Porém estudos complementares efetuados especificamente sobre a zona urbana mostraram que a filtragem (filtro 5x5) permite melhorar a visualização da rede urbana. Uma classificação feita no Instituto Oceanográfico da USP, SP, permitiu a diferenciação de vários bairros da cidade de Marília, anteriores e posteriores a 1972, segundo sua estrutura e reflectância. Notou-se a importância dos canais infravermelho 4, 5 e 7.

## **Conclusão**

Para a cartografia temática a partir da experiência com os dados MSS, pode-se analisar as contribuições dos dados TM para a identificação de temas de uso do solo, verificando quais os problemas resolvidos e quais novos apareceram.

### **a) Comparação dos resultados MSS/TM**

A contribuição fundamental dos dados TM está ligada à uma melhoria da resolução espacial que permite uma abordagem da cartografia a escalas médias; seria interessante, agora, aprofundar os tratamentos cujos resultados podem ser monitorados em permanência para cada ponto perfeitamente localizado. Porém, a heterogeneidade agora perceptível das parcelas parece constituir uma dificuldade suplementar à generalização cartográfica dos resultados.

Para a região de Marília, sobre uma imagem de estação seca, a contribuição do canal 5 foi fundamental: pôde-se separar corretamente as pastagens dos outros tipos de vegetação. O canal 7 permitiu uma boa discriminação das variações da taxa de cobertura vegetal, mesmo para vegetações pouco "ativas", evidenciando, também, numerosas variações de solos nus.

### **b) Sob o ponto de vista metodológico**

Foi possível constatar que:

— o conjunto de dados TM valoriza a análise visual das composições coloridas, algumas apresentando uma zonagem temática bastante confiável;

— o caminho da exploração completa dos dados TM exige a multiplicação das informações de campo: mostra a necessidade da observação permanente, a fim de utilizar-los plenamente e poder interpretá-los aumentando a precisão cartográfica. A precisão obtida sobre os conjuntos homogêneos (cana, pastagem) é tão boa, que pode-se evidenciar (e acompanhar por várias estações) as múltiplas variações relacionadas à topografia, aos solos, à taxa de cobertura vegetal e às práticas culturais;

— o acesso à média escala permite enfrentar a complexidade crescente da cartografia temática de ocupação do solo, mesmo em zonas onde as parcelas são pequenas. Mas os tratamentos multitemporais devem ser sistematicamente utilizados, pois sua eficiência está comprovada (Pausader et



Beranger, 1986; Pausader et al., 1986; anexo). No que concerne a região em estudo, preconizamos a utilização de, no máximo 3 datas, passagens que seriam ainda conveniente testar: início da estação seca, fim da estação úmida, estação seca. As duas primeiras datas servem, particularmente para evidenciar os tipos de culturas anuais (figura 1);

— alguns problemas podem receber por tratamentos particulares, entre os quais, os testes de textura que devem ser desenvolvidos (exemplo: separação café/floresta).

## **Bibliografia**

- BRUNET, P., DIONNET, M.C., FOIN, P., HELLUIN, M. e PELLERIN, J. 1984. Deux ans de recherches sur l'utilisation de la télédétection pour l'étude de l'occupation du sol dans le Calvados. *Bull. du Centre de Géomorphologie*, Caen, France, n. 28, p.16-17.
- ORSTON, 1978. *Analyse multivariable; procédure "Loterie"; applications à l'analyse multispectrale en télédétection*. I.D.T., ORSTOM éd., Paris, n. 34, 42p.
- PAUSADER, M. e BÉRANGER, A.C. 1986. Cartographie d'occupation du sol dans le département du Calvados à partir d'images satellitaires Landsat et de données externes. *Rapport interne IGN/SAN*, St-Mandé, France, 52p.
- PAUSADER, M., PELLERIN, J., BÉRANGER, A.C., BRUNET, P. e HELLUIN, M. 1986. Amélioration de la cartographie des données de l'environnement par utilisation de traitements multitemporels: exemple en Basse-Normandie à partir de données MSS Landsat. Colloque UGI "Cartographie de l'Environnement", IGN, Madrid, Espana.
- PELLERIN, J., QUEIROZ-NETO, J.P. e HERZ, R. 1975. Formations superficielles et érosion des sols dans la région de Marília, SP, lors des pluies exceptionnelles du 2 au 4 octobre 1972. *Comm. Int. Symposium on the Quaternary (Southern Brazil, July 15-31, 1975)*, *Bol. Paranaense de Geociências*, n. 33, Curitiba, PR, p.37.
- PELLERIN, J. e QUEIROZ-NETO, J.P. 1992. Relations entre la distribution des sols, les formes et l'évolution géomorphologique du relief dans la haute vallée du Rio do Peixe (Etat de São Paulo, Brésil). *Science du Sol*, Paris, vol. 30, 3, p.133-147.
- POUGET, M., LORTIC, B., SANISSI, A., ESCADAFAL, R. e MUTIMET, A. 1984. Contribution of Landsat data to mapping of land resources in arid regions ("Tatahouine" and "Zarsis" sheets of 1/200.000 Soil Maps of

Tunisia). 18th. Int. Symp. on Remote Sensing and Environment, Paris, France, oct. 1-5, 1984.

QUEIROZ-NETO, J.P. e JOURNAUX, A. (ed.) 1978. Carta geomorfológica e carta de formações superficiais do vale do Rio do Peixe em Marília, SP, 1/100.000. *Sedimentologia e Pedologia*, n.10 e 11, USP/Geografia, São Paulo, 2 mapas coloridos.

QUEIROZ-NETO, J.P., RUELLAN, A. e PELLERIN, J. 1986. Análise estrutural de cobertura pedológica: uma experiência de ensino e pesquisa. *Bol. inf. Soc. Brasil. Ciência do Solo*, p.34-35.

SANTANA, M.A. 1991. Avaliação dos fatores responsáveis pela fragilidade dos solos na região de Marília, SP. São Paulo, USP/FFLCH, Departamento de Geografia, Dissertação de Mestrado, 111p.

SHEFFIELD, C. 1985. Selecting band combinations from multispectral data. *Photog. Engineering and Remote Sensing*, vol. 51, n. 6, p.681-687.

### **Agradecimentos**

O estudo foi realizado no INPE, São José dos Campos, SP, Brasil e no ORSTOM, Bondy, França, dentro do convênio CAPES/COFECUB 35/87. Os primeiros resultados foram apresentados no IVº Simpósio Latino-Americano de Sensoriamento Remoto, Gramado, RS, 10-15 Agosto 1986 (ver-Anais, vol. 1, p.101). O texto aqui completado beneficiou-se dos trabalhos efetuados posteriormente com alunos de pós-graduação de Geografia da USP, São Paulo, no Instituto Oceanográfico em 1988 e 1991, com ajuda da equipe do Prof. Renato Herz.

## ANEXO

### TRATAMENTOS MULTITEMPORAIS

Os resultados obtidos no IGN (Institut Géographique National, St Mandé, France) sobre dados de imagens MSS da Normandia (Pausader e Béranger, 1986; Pausader et al., 1986) mostraram a possibilidade de avaliar as áreas de uso do solo a partir das imagens satélite, com uma precisão quase equivalente aos dados dos organismos agrícolas (quadro 3). O erro em relação aos dos inquéritos localizados (inquéritos Teruti) é muito pequeno e sempre inferior à 10% para pixels puros: a precisão dos resultados, estando relacionada à qualidade dos dados radiométricos puros (quer dizer, à relação entre resolução espacial e tamanho dos objetos procurados), seria muito melhor com dados provenientes dos satélites de alta resolução (Spot, Landsat TM).

Na metodologia de classificação multitemporal foram utilizados:

— os 4 canais de duas imagens MSS de 1979 (primavera: 15/05 e outono: 17/09) corrigidas geometricamente e cruzadas após terem sido classificadas parcialmente, sobre 4 temas (água, solo nu, floresta e vegetação mediantemente ativa, vegetação ativa). Assim, 8 variáveis estavam disponíveis correspondendo aos 8 temas descritos.

— um banco de dados para avaliar os resultados classificados, composto de: mapa digitalizado das superfícies em florestas e pomares; mapa topográfico 1/100.000; fichário dos limites dos municípios; estatísticas agrícolas de 1979 de "Recensement Général de l'Agriculture" (R.G.A.: engloba somente a superfície dos solos cultivados denominada "S.A.U. — Superficie Agricole Utilisée") e do inquérito Teruti (sondagem sistemática do território com resultados localizados) da Direction Départementale de l'Agriculture, França.

O mapa obtido corresponde a duas folhas 1/100.000 da França (Caen e Falaise, Basse Normandie), possuindo 8 temas clássicos de uso do solo, que foram avaliados por comparação com os inquéritos citados:

- água: mar e rios largos;
- superfícies urbanizadas (solos nus nas 2 datas com intensidade fraca em setembro: as aglomerações com mais de 1.000 habitantes são representadas; abaixo desse limite, o habitat é muito disperso para ser identificado);
- florestas;
- pastagens;
- "bocage" (vegetação ativa em maio, floresta em setembro);

— culturas de inverno (cereais, linho, colza e leguminosas forrageiras: vegetação ativa em maio, solo nu em setembro);

— culturas de primavera (milho e beterraba açucareira: solo nu em maio e vegetação ativa em setembro);

— solos nus (nas 2 datas): pedreiras, dunas, bem como algumas superfícies pouco extensas de batatas (plantadas na primavera e colhidas em torno de 15 de setembro), áreas em repouso, e extensões urbanas recentes da cidade de Caen.

**Quadro 3 - Comparação dos resultados da classificação multitemporal sobre imagens MSS**

	RGA % estatística da classificação	Teruti % estatística da classificação	Classificação
Superfície total	78,72	100,0	100,0
Culturas de inverno	26,80	-	23,5
Culturas de primavera	11,26	-	11,9
<i>Total culturas</i>	38,06	33,89	35,4
Pastagens	35,85	48,52	48,8
S.A.U.	76,48	84,94	84,3
Florestas	-	7,49	5,1
Área não agrícola		8,23	10,6