

## **Detecção de mudanças e elaboração de cartas de unidades de paisagem e de uso do solo a partir de imagens TM-LANDSAT: o exemplo de São José dos Campos - SP**

Daniela de Azeredo França  
Delano Menecucci Ibanez  
Nelson Jesus Ferreira

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{franca, delano, nelson}@ltid.inpe.br

**Abstract.** Following the growing necessity of urban and regional management and planning, the use of remote sensing has shown a fundamental technique to assess and monitor regularly large areas. In order to explore this approach the objective of the current study is to produce landscape units and land use charts and detect changes through visual interpretation of satellite images. TM-LANDSAT images of São José dos Campos – SP for two distinct periods were used. The results have shown that TM data are very useful to these applications.

**Palavras-chave:** thematic charts, change detection, visual interpretation, cartas temáticas, detecção de mudanças, interpretação visual.

### **Introdução**

A definição de paisagem é algo complexo de se estabelecer, pois de acordo com Santos (1996), a dimensão da paisagem é a dimensão da percepção, o que chega aos sentidos, ou seja, paisagem é tudo aquilo que vemos. Assim, unidade de paisagem é reconhecida como resultado da conjunção de fatores distintos, como a história geológica, a morfogênese do relevo, o clima em seu movimento, a dinâmica biológica e a participação da ação humana em sua evolução histórica (Beroutchachvilli e Bertrand, 1978 e Ferreira, 1997).

A análise da paisagem representa a busca pelo entendimento das relações entre a sociedade e o meio e mostra as formas de ocupação da terra por ações antrópicas. As cartas de unidades paisagísticas são utilizadas na elaboração de zoneamentos ou diagnósticos territoriais; como reveladores dos processos de transformação socioeconômica da região em uma análise multi-temporal; e são utilizadas ainda na geração de cenários prospectivos visando auxiliar o estabelecimento de políticas de desenvolvimento.

A paisagem do município de São José dos Campos apresentava originalmente a expressão concreta e espacial dos ecossistemas que o compunham. Aspectos como extensão em área (com 1.102km<sup>2</sup>, é um dos maiores municípios do Estado de São Paulo), localização e posicionamento do município em relação ao Vale do Paraíba (transversal ao Vale – sentido de maior variação das características ambientais) condicionam o município a possuir alta heterogeneidade ambiental, física e biológica. Fisicamente, compreendendo desde os Morros da Serra do Mar, a transição dos morros cristalinos desta Serra, até as Colinas Tabuliformes (terraços fluviais) e destas até a Várzea do Rio Paraíba do Sul e, novamente, a passagem por colinas e morros até encontrar as Escarpas da Serra da Mantiqueira, (com uma variação altitudinal de 1500 m). Enquanto que biologicamente, ocorrem a Floresta Ombrófila Densa Montana e Alto-Montana e a Floresta Ombrófila Mista nas escarpas da Serra da Mantiqueira, a Floresta Estacional Semidecidual Montana, nos morros da Serra do Mar e da Mantiqueira, a Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, nas várzeas do Rio Paraíba do Sul e de seus afluentes e enclaves típicos de Savana Arbórea Aberta nas colinas tabuliformes (Ab’Saber, 1965), constituindo ecótonos com altíssima biodiversidade florística e faunística (IBGE, 1988, 1992).

Entretanto, a paisagem atual de São José dos Campos encontra-se bastante alterada no que se refere às características originais, que estão ameaçadas de desaparecer pelas atividades humanas. Por exemplo, dos ecossistemas naturais originais (a Mata Atlântica e o Cerrado) restam apenas fragmentos, que compreendem, apenas uma pequena porcentagem da área total do município e que estão ameaçados de destruição pela urbanização e pela ausência de políticas públicas e estratégias de conservação. Cabe ressaltar que os campos cerrados, vegetação original do local onde se assentou a vila de São José e que deu origem ao seu topônimo, são os ecossistemas mais ameaçados no município pelo próprio processo de urbanização da cidade que lhe empresta o nome.

Neste trabalho, imagens TM do satélite LANDSAT, de dois períodos distintos (1984 e 2004) do município de São José dos Campos, foram utilizadas como uma das principais ferramentas para identificar os modelos de paisagem e tipo de uso do solo. Através da análise do tamanho, forma, continuidade, tipo de uso e proporção dos elementos na imagem, em associação com a tipologia descrita por Florenzano (1993) que representa a trajetória de evolução das atividades humanas foi possível identificar três diferentes tipos de paisagem: Serra da Mantiqueira, Bacia de Taubaté e Planalto de Piratininga.

Com a definição dos tipos paisagísticos foi possível a elaboração das cartas com as unidades de paisagem e uso do solo. Enquanto que a comparação das imagens multi-temporais permitiu acompanhar a evolução, quantificar, posicionar e analisar a trajetória de ocupação da superfície. Trabalhos como este podem auxiliar o tomador de decisão, tanto da administração municipal, quanto regional ou estadual no direcionamento da aplicação dos recursos e na elaboração de políticas de desenvolvimento para a região.

## Área de estudo

O município de São José dos Campos está localizado no médio vale do rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo (**figura 1**) e limita-se ao norte com os municípios mineiros de Camanducaia e Sapucaí Mirim; ao sul com Jacareí e Jambuí; a leste com Monteiro Lobato e Caçapava e a oeste com Igaratá, Joanópolis e Piracaia.

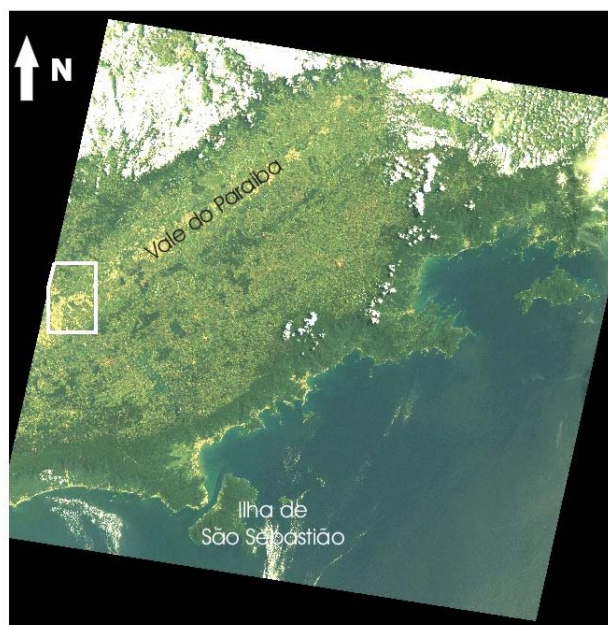


**Figura 1:** Localização do município de São José dos Campos.

## Materiais e método

Utilizaram-se imagens TM-LANDSAT pertencentes à órbita 218, ponto 76 e às datas 8/7/1984 e 9/3/2004, para a identificação dos diferentes tipos de paisagem, na área referente às coordenadas 23°02'44" e 23°15'16" de latitude Sul e 45°47'04" e 45°56'34" de longitude oeste (**figura 2**).

Neste processo também foram utilizados, como suporte à interpretação visual das imagens orbitais, mapas de uso de solo (São José dos Campos SF-23-Y-D-II-1) confeccionados pelo IBGE e pelo INPE, nas escalas 1:50.000 e 1:100.000, respectivamente.



**Figura 2:** Localização da área de estudo.

O procedimento metodológico correspondeu às seguintes etapas:

- Revisão bibliográfica sobre os tipos paisagísticos na região de São José dos Campos, na qual se procurou estabelecer uma relação entre a paisagem original e a urbanização e outras atividades humanas;
- Interpretação visual das imagens das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 de uma das datas, realçadas por ampliação linear de contraste, individualmente, bem como das seguintes composições coloridas, obtidas a partir da associação destas bandas com as cores primárias vermelho (R), verde (G) e azul (B), respectivamente: 321, 432, 453, 543, 473, 475;
- Seleção das melhores bandas e composições coloridas para identificação dos diferentes alvos, feições e limites das unidades de paisagem, nelas representados são mais destacados;
- Construção de chaves de interpretação para os alvos e feições representados nas imagens, com base nos seguintes elementos de interpretação: tonalidade/cor, textura, forma, tamanho, sombra, padrão, localização, associação e contexto;
- Comparação entre as imagens orbitais e os mapas de uso do solo para melhor identificação dos alvos e das áreas que apresentaram dificuldades de interpretação através das imagens;
- Classificação das imagens, através da separação nas classes: Floresta, Reflorestamento (todos os níveis de regeneração), Agricultura e Pastagem (incluindo anuais e perenes em todos os níveis de manejo), Construções Antrópicas (área urbana, estradas, ferrovias), Portos

de Areia, Drenagem (rios, córregos, lagos) e limites entre as paisagens originais (Serra Mantiqueira, Bacia de Taubaté e Planalto de Piratininga);

- Elaboração das cartas de uso do solo e de unidades de paisagem;

- Comparação das composições coloridas 453 (RGB) das duas datas, destacando as principais diferenças observadas entre elas.

Todos os procedimentos acima foram realizados por meio dos *softwares* Spring 4.01 Beta e SCARTA 4.01 Beta.

## Resultados e discussões

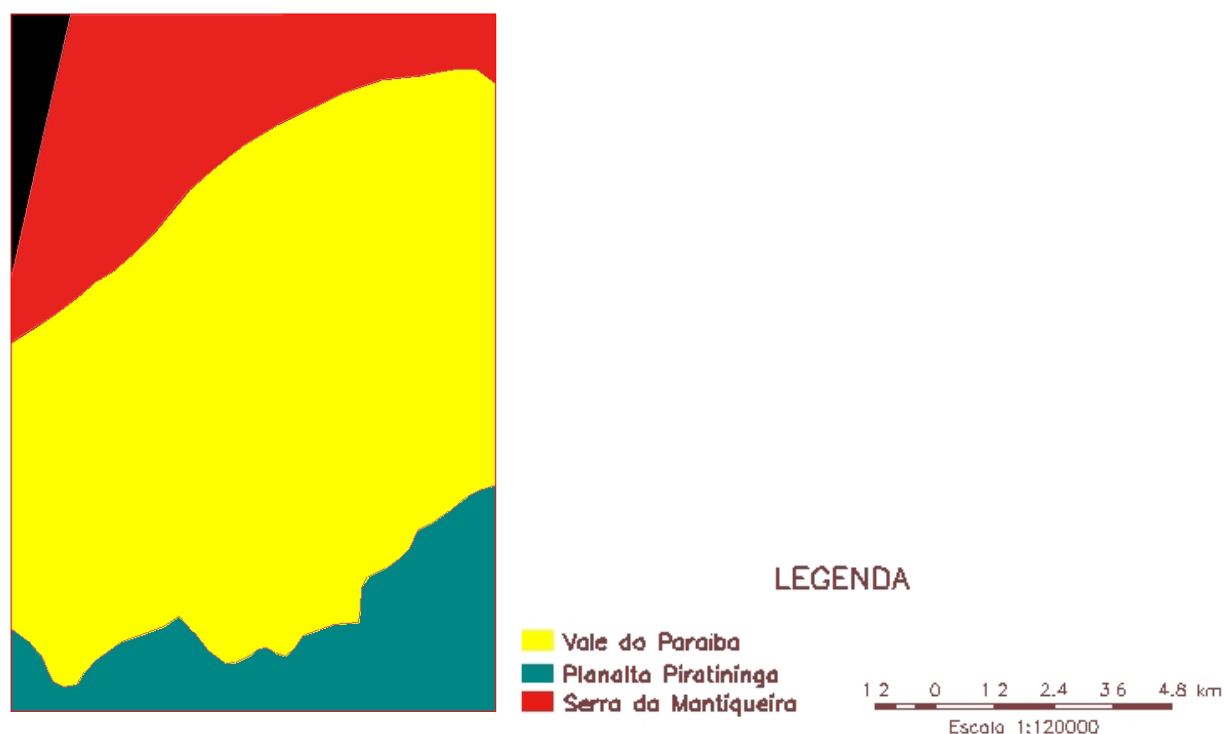
Através da interpretação visual, verificou-se que os alvos se comportam de forma diferente em cada banda e composição colorida. Portanto, foi possível criar chaves de interpretação e determinar as melhores bandas e composições para identificar cada alvo (**tabela 1**).

Alvos/ feições	Imagens	Chaves de interpretação
Estradas	São mais destacadas na banda 3 e na composição 321.	Tons de cinza claro na banda 3 e cor amarronzada na composição 321; forma linear; localização; tamanho.
Drenagem/ Corpos d'água	O rio Paraíba do Sul e os lagos são mais destacados nas bandas 4 e 5 e nas composições 453, 475 e 543.	Rio Paraíba: tonalidade escura nas bandas 4 e 5; cores azul escura nas composições 453 e 543 e preta na 475; forma curvilínea (canal meândrico). Lagos: tonalidade escura nas bandas 4 e 5; cores preta e azul escuro em 453 e 543 e preta na 475; forma irregular. Localização; tamanho.
Contatos/ limites	Melhor observados na banda 5 e na composição 453.	Bem definido entre a Serra da Mantiqueira e a planície do rio Paraíba, devido à textura rugosa do relevo montanhoso e à textura lisa do relevo plano. Já a área de contato entre o Planalto de Piratininga e o Vale é de difícil definição, devido à textura rugosa do relevo ondulado.
Mata	É mais destacada nas bandas 2 e 5 e nas composições 321, 453 e 475.	Tons de cinza escuro nas bandas 2 e 5; cores verde escuro em 321, marrom em 453 e vermelho escuro em 475; forma irregular; localização; tamanho.
Refloresta- mento	É mais destacado na banda 4 e nas composições 453, 473, 475 e 543.	Tons cinza claro na banda 4; cores avermelhada em 453, vermelho claro em 473, vermelho em 475 e verde claro em 543; forma regular.
Área Urbana	É mais destacada nas bandas 3 e 7 e nas composições 321, 432, 453, 473 e 475.	Tons de cinza claro nas bandas 3 e 7; cores avermelhada em 321, ciano em 432 e 453, esverdeada em 473 e ciano em 475; forma irregular; textura rugosa.
Área Agrícola	É mais destacada na banda 4 e nas composições 453 e 475.	Tons de cinza claro na banda 4; cores verde e laranja em 453 e magenta escuro em 475; forma regular; textura lisa; padrão.
Portos de Areia	São mais destacados nas bandas 2 e 5 e nas composições 321, 453 e 543.	Tonalidade clara na banda 2 e escura na 5; cores amarelo claro em 321 e azul em 453 e 543; formas irregulares; localização; tamanho.

**Tabela 1:** Chaves de interpretação e melhores bandas e composições para a identificação dos alvos.

A partir da identificação dos alvos, dos elementos e chaves de interpretação foi possível elaborar as cartas de unidades de paisagem e de uso do solo. Foram identificados três diferentes tipos paisagísticos, que puderam ser associados à evolução da urbana de São José dos Campos: Serra da Mantiqueira, Bacia de Taubaté e Planalto de Piratininga (**figura 3**).

A Serra da Mantiqueira e o Planalto de Piratininga são caracterizados pelas rochas do embasamento cristalino, atribuídas ao Grupo Paraíba e ao Grupo Açungui (Prefeitura Municipal de São José dos Campos, 1998). Esta região apresenta morros arredondados, com declividade de 20 a 40 % e dissecação alta, e solos podzólicos. Já a Bacia de Taubaté constitui-se de sedimentos terciários do Grupo Taubaté e, nas calhas do rio Paraíba do Sul, sedimentos aluvionares (Prefeitura Municipal de São José dos Campos, 1998). Ela possui relevo plano com declividade menor do que 2 % e baixa dissecação e solos latossolos.



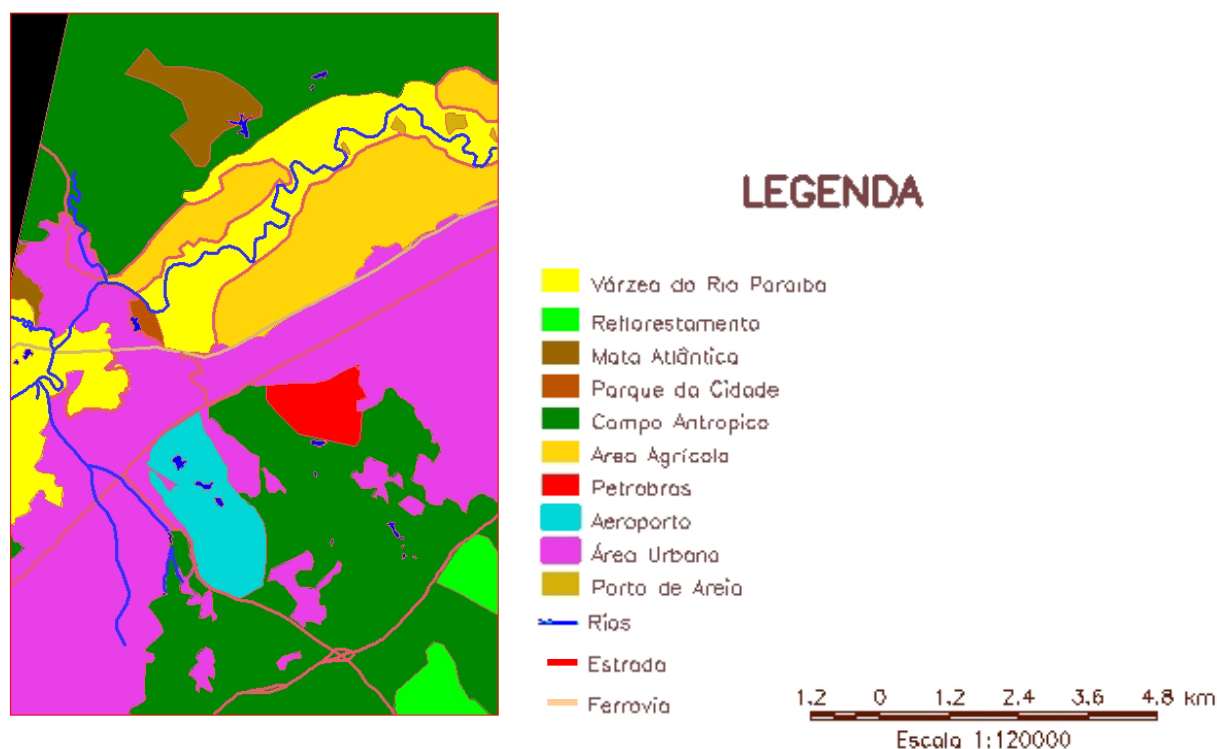
**Figura 3:** Unidades de paisagem.

Na Bacia de Taubaté, encontra-se a maior parte da área urbana, onde a forma de relevo plana é propícia para assentamentos, e toda a área agrícola, principalmente na planície de inundação do rio Paraíba. Tanto a Serra da Mantiqueira quanto o Planalto de Piratininga possuem grandes áreas de campo antrópico, em virtude do desmatamento provocado pelo crescimento da região. A Mata Atlântica remanescente ocupa apenas uma pequena área na Serra da Mantiqueira, enquanto no Planalto de Piratininga não foi observada a presença da mata original, apresentando porções de reflorestamento de eucalipto (**figura 4**).

A comparação das imagens multi-temporais possibilitou observar a transformação da paisagem ao longo do tempo e estabelecer uma relação com as políticas adotadas para o desenvolvimento da região. Verificou-se um maior crescimento nas regiões Leste, em torno da Dutra, e, principalmente, Sul, em direção à rodovia Carvalho Pinto. Ao contrário da zona Norte que apresentou um pequeno crescimento, devido a sua localização próxima à Serra da Mantiqueira, onde o terreno acidentado serve como fator inibidor para a ocupação nesta área. Além disso, a instalação de indústrias e centros tecnológicos nas proximidades da rodovia Presidente Dutra exerceu atração da população para as zonas Sul e Leste. Outro aspecto

marcante do processo de ocupação é a presença de vazios urbanos no Banhado, por ser esta uma área de proteção ambiental, na zona Sul e na zona Leste, devido à presença do CTA e da Petrobrás. Outra mudança observada diz respeito ao uso do solo da planície de inundação do Paraíba, com o aumento da quantidade de portos de areia de 1984 para 2004.

Quanto à forma de ocupação, bairros mais antigos, como Santana e o centro da cidade, com maior adensamento de construções e que se desenvolveram com menor planejamento no traçado de suas ruas, apresentam nas duas imagens um padrão irregular. Diferente do observado no Jardim Satélite e Bosque dos Eucaliptos, bairros mais novos, com menos densidade de construção e cujo traçado das ruas foi previamente planejado, apresentando um padrão regular.



**Figura 4:** Uso do solo.

### Considerações finais

A interpretação visual constitui-se em um importante recurso, de custo relativamente baixo, para o estudo da paisagem. Contudo, é necessário o conhecimento da área a ser analisada, o que auxilia a identificação e descrição dos diferentes alvos. No que se refere à elaboração de cartas temáticas, sabe-se da importância de uma validação quantitativa da precisão e exatidão do mapeamento, com idas a campo, por exemplo. No entanto, o objetivo deste trabalho não incluiu obter confiabilidade estatística, pois se buscou apenas ilustrar qualitativamente, de forma simplificada, as aplicabilidades das imagens TM-LANDSAT para este fim.

As imagens multi-temporais se mostraram de grande utilidade para detectar mudanças na paisagem no decorrer de um determinado período, provocadas, principalmente, pela ação antrópica. A sua análise é essencial para a verificação de tendências do crescimento de uma região, servindo, assim, como subsídio ao direcionamento de políticas de gestão e planejamento urbano e regional.

## Referências

- Ab'Saber, A. N. **Da participação das depressões periféricas e superfícies aplainadas na compartimentação do Planalto Brasileiro**. 1965. 180 p. Tese de Livre-Docência - FFLCH/USP, São Paulo. 1965.
- Beroutchachvilli, N; Bertrand G. Le géossystème ou système territorial naturel. **Révue Géographique des Pyrénées, et du Sud-Ouest**, v. 49, n. 2, p. 167-180, 1978.
- Ferreira, M. C. Mapeamento de unidades de paisagem com Sistemas de Informação Geográfica: alguns pressupostos fundamentais. **Geografia**, v. 22, n. 1, p. 23-36, 1997.
- Florenzano, T.G.; Csordas, S. M. **Mapa geomorfológico da região do Vale do Paraíba e litoral norte do estado de São Paulo**. São José dos Campos: INPE, 1993. 15p. (INPE-5531-PRP/179).
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: 1992. n. 1. 92 p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Mapa de vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro: 1988. Escala 1: 50.000.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **São José dos Campos – SP**. SF-23-Y-D-II-1 MI-2769-1. Rio de Janeiro: 1973. Mapa Topográfico. Escala 1: 50.000.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Mapa de Uso da Terra: atualização do uso da terra no município de São José dos Campos**. SF-23-Y-D-II-1 MI-2769/1. São José dos Campos: 1987. Mapa Temático. Escala 1:100.000.
- Prefeitura Municipal de São José dos Campos. **São José em Dados**. São José dos Campos: 1998. 87 p.
- Santos, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Hucitec, 1996. 120 p.