

# O Sensoriamento Remoto como Alternativa no Estudo de Áreas de Inundação: um exemplo na região de Caraguatatuba (S.P.)

ROSANA OKIDA<sup>1</sup>  
PAULO VENEZIANI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo  
Caixa Postal 20899, 01498-970, São Paulo, SP, Brasil  
rokida@usp.br

<sup>2</sup>INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 515, 12210-012, São José dos Campos, SP, Brasil  
paulo@ltd.inpe.br

**Abstract.** This paper accounts a simple and lower cost method to flood areas. The method uses products of remote sensing. It is a multispectral-multitemporal study by digital images TM-LANDSAT-5. The images (references to two dates, one of the period of more rain fall and another of minor rain fall) were analysed in a digital image processing and interprets by color compositions 4R/5G/3B and 4R (minor rain fall) /4G (more rain fall). Were delimit two flood areas: in the Pardo River (Paraibuna Dam) and in the Juqueriquerê Basin.

**Keywords:** Flood areas, remote sensing, Caraguatatuba.

## Introdução

Nas áreas urbanas são frequentes os loteamentos instalados nas adjacências de rios, manguezais e áreas alagadiças ou similares. Em períodos chuvosos, essas áreas apresentam graves problemas devido à ocorrência de inundações. Apesar do conhecimento de tal problemática, os órgãos governamentais não conseguem solucioná-lo, cuidando somente da relocação da população no momento ou após a ocorrência da inundação.

Uma forma de solucionar esse problema de inundação seria a partir da delimitação dessas áreas (zoneamento de áreas sujeitas a inundações). Desta forma é possível analisar as dimensões das áreas de inundação, e portanto, caracterizar as regiões mais favoráveis a ocupação, tanto urbana quanto industrial.

Este zoneamento pode ser efetuado de várias formas e fazer uso de diversos métodos e materiais. No caso deste trabalho o zoneamento foi efetuado utilizando os produtos de sensoriamento remoto, pois eles permitem uma análise rápida e de baixo custo, além de uma visão contínua de toda área em análise.

Como área teste foi escolhida uma parte do município de Caraguatatuba, localizado no Litoral Norte do Estado de São Paulo. Esta área encontra-se balizada pelas coordenadas 23°34'00" a 23°44'30" de latitude sul e 45°23'30" a 45°34'00" de longitude oeste, e apresenta duas regiões potenciais à ocorrência de inundações (Planalto - Represa de Paraibuna, e Planície Costeira) que foram aqui analisadas.

## **Materiais e Métodos**

Para este trabalho foram usadas duas imagens TM-LANDSAT-5 em formato digital (órbita/ponto 218/76C). Utilizou-se as bandas 3, 4, 5 e 7 de ambas as passagens, 06 de janeiro de 1987 (referente ao período “chuvoso” na área de estudo) e 30 de julho de 1992 (referente ao período de “estiagem” na região). Essas bandas foram selecionadas por serem as que melhor favorecem a obtenção de dados relativos a áreas ocupadas por corpos d'água, solos com elevado teor de umidade, áreas inundadas e delimitação da planície de inundação, como mencionado por Novo (1983).

Além dessas imagens, fez-se uso das cartas topográficas de Caraguatatuba e do Pico do Papagaio na escala de 1:50.000 (IBGE 1974 a, b) e de vários equipamentos, como: um sistema de tratamento de imagens digitais (SITIM-150 e 340, INPE) e um sistema projetor-amplificador (PROCOM-2).

A metodologia proposta e utilizada neste trabalho baseia-se em Deutsch e Ruggles Jr. (1978 citado por Florenzano et al. 1988) e que foi empregada por outros autores, como Novo (1983), Niero et al. (1984), Florenzano et al. (1988) e Florenzano et al. (1990). Esta metodologia consiste no tratamento de imagens digitais usando técnicas de processamento de composições coloridas. O tratamento contribui para que os dados contidos na imagem sejam mais facilmente identificáveis pelo intérprete.

Assim, realizou-se um estudo multiespectral-multitemporal utilizando as imagens dos períodos de maior e menor precipitação na área teste.

As imagens foram submetidas a um pré-processamento e um realce do tipo linear. Dentre as técnicas de pré-processamento foram feitas a eliminação de ruídos, a correção atmosférica e o registro imagem x imagem.

Posteriormente ao tratamento, as composições coloridas selecionadas foram fotografadas (em diapositivos) no monitor do sistema de tratamento, na escala de 1:50.000 (modo terminal SITIM-150) e interpretadas no sistema projetor-amplificador PROCOM-2 utilizando-se de diapositivos. Para que os dados fossem obtidos na escala de 1:50.000, a área foi dividida e fotografada em quadrantes. Como base cartográfica, utilizou-se as cartas topográficas da área.

Informações mais detalhadas sobre o modo como as imagens foram tratadas podem ser adquiridas em Okida e Veneziani (1995) e Okida (1996).

Desta forma, foram delimitadas as áreas encobertas sazonalmente pelas águas durante os períodos de maior e menor precipitação na área (zoneamento temporal cujo produto foi o mapa de inundação). Foi também elaborado um mapa com as áreas sujeitas a inundações ou potencialmente inundáveis (mapa de áreas inundáveis) utilizando os dados do mapa de inundação, das cartas topográficas e de campo. Salienta-se que nesse último mapa não há distinção temporal das inundações.

Todas as áreas delimitadas foram verificadas em trabalhos de campo (pré e pós o período de chuvas).

## **Resultados**

Os tratamentos efetuados com o sistema SITIM-INPE apresentaram resultados satisfatórios de correção atmosférica e realce dos níveis de cinza e, regulares de eliminação de ruídos e registro imagem x imagem.

Os resultados regulares de eliminação de ruídos e registro devem-se pela não eliminação total dos ruídos existentes na imagem (área do Oceano Atlântico) e pela pequena distorção no registro das imagens na região planáltica-serrana, respectivamente.

A causa da distorção do registro pode ser devido a somatória de outras pequenas distorções e erros, como: sombreamentos diferenciais das duas imagens devido ao ângulo de elevação solar, aquisição de pontos de controle de forma irregular entre as regiões planáltica-serrana e de planície (a região planáltica-serrana apresenta poucos pontos de controle em comparação com a de planície, devido à dificuldade em visualizá-los), erro residual do registro (total = 0,516 pixel), distorções das imagens fotografadas no monitor e erro das cartas topográficas.

Dentre as diversas composições coloridas testadas, as que apresentaram melhor qualidade para a delimitação das áreas úmidas foram: 4R/5G/3B e 4R/5G/7B, sendo a primeira a de melhor qualidade. Essas composições mostram as áreas de solo úmido com tonalidade vermelho-amarronzado e os corpos d'água com tonalidade azul escuro a preto. As composições foram utilizadas somente na delimitação das áreas com solo úmido situadas na planície costeira.

Os corpos d'água localizados na região planáltica-serrana não foram assim delimitados, pois as duas passagens apresentaram-se deslocadas nesta porção (problemas de distorções comentados anteriormente). Assim, para a delimitação dessa porção da área teste, utilizou-se a composição 4R (imagem do período de "estiagem")/4G (imagem do período "chuvoso"). Essa composição mostra os corpos d'água em preto (áreas iguais nas duas passagens) e vermelho (áreas atingidas pela inundação). No entanto, apesar dessa composição apresentar melhor resultado na porção planáltica-serrana, em comparação à composição 4R/5G/3B, ela não individualiza bem as áreas de solo úmido da região da planície.

A partir de tais tratamentos foram observadas duas regiões com incidência de inundações, sendo estas situadas na Represa de Paraibuna e na planície costeira.

Verificou-se que normalmente as áreas de inundações de janeiro (período de maior índice pluviométrico na região) encobrem as de julho (período de menor índice pluviométrico na área), como era de se esperar. No entanto, em algumas regiões ocorre o inverso, pois a imagem de julho (1992) é mais nova que a de janeiro (1987). Desta forma, a área já sofreu modificações significativas quanto à sua dinâmica ocupacional e fluvial.

As áreas de inundação da planície costeira encontram-se principalmente nas adjacências do baixo curso do rio Juqueriquerê. A maior mancha de solo úmido estende-se do Bairro das Palmeiras até o Bairro do Ribeirão, enquanto manchas menores são observadas ao norte do Morro do Indaiaquara e nas adjacências da Barra do Ribeirão da Lagoa.

As áreas de inundação da Represa de Paraibuna são incipientes, sendo a porção de maior destaque aquela situada no braço sul da represa.

Quanto ao mapa de áreas inundáveis, verifica-se que a região situada entre os Bairros do Tinga e do Ribeirão (na planície costeira) é a de maior destaque. Nessa região o problema de inundabilidade é agravado devido à presença de inúmeros loteamentos e construções instaladas. A ocorrência das áreas inundáveis neste local pode ser interpretada como: influência de uma bacia com alta circularidade (Bacia do Rio Juqueriquerê); forte influência das marés altas, visto localizar-se nas proximidades da foz do Rio Juqueriquerê, presença de um lençol freático próximo à superfície; presença de sedimentos impermeáveis e; devido ao acúmulo de material nos leitos dos rios, sendo estes oriundos da ação antrópica (detritos domésticos e portos de areia).

Já na região planáltica (rio Pardo) as áreas são as mesmas que do mapa de inundação. Nesta região o problema de inundabilidade é agravado pela presença de vertentes convexas que formam

vales encaixados em forma de "V". A presença de áreas inundáveis pode estar relacionada à ocorrência de desmatamentos nas cabeceiras das drenagens que aumentam o poder de escoamento nas vertentes em período de alto índice pluviométrico.

A partir de um estudo detalhado na região do vale do rio Santo Antônio (porção nordeste da área teste) utilizando-se fotografias aéreas pancromáticas na escala de 1:8.000, verificou-se que a região apresenta problema similar de inundabilidade. Esse problema está relacionado principalmente à presença de encostas com declividades bastante acentuadas, e é agravado pela proximidade do centro urbano da cidade de Caraguatatuba, e da presença de várias ocupações em suas margens. Essa área não foi delimitada nos mapas anteriormente citados, devido às imagens orbitais somente possibilitarem a delimitação de áreas de inundação com dimensões "expressivas", em virtude da resolução especial do sensor utilizado (30 metros) e da conjugação de vários alvos (áreas urbanas e solo exposto com ou sem umidade). A degradação das cores das imagens ao fotografá-las no monitor também resulta como um fator negativo na definição das áreas de inundação.

### **Considerações Finais e Recomendações**

1. Existe a necessidade de fazer um zoneamento de áreas potenciais a um determinado fenômeno "natural", exemplo inundação, para o planejamento regional;
2. Os produtos de sensoriamento remoto oferecem vantagens no estudo regional, por fornecer uma visão contínua da área de estudo (caráter sinóptico), proporcionando estudos a um baixo custo;
3. Os dados multitemporais de alta repetitividade possibilitam o monitoramento de forma rápida e sistemática;
4. A utilização de diversas bandas espectrais sobre a forma de composições coloridas auxilia na discriminação dos alvos;
5. É preciso utilizar, quando possível, uma saída gráfica para as imagens digitais tratadas ao invés de fotografias via monitor. Assim, evita-se a degradação das cores da imagem ao serem fotografadas e após a revelação. Salienta-se que a interpretação a partir de tal saída gráfica é muito mais apropriada do que a efetuada via monitor, em um sistema de informações geográficas (SIG).

### **Referências Bibliográficas**

Florenzano, T.G.; Valério Filho, M.; Rodrigues, R.L.V. Identificação de áreas submetidas à inundação através de imagens TM/LANDSAT nas Bacias dos Rios Pindaré, Mearim, Jaguaribe, Apodi, Piranhas e São Francisco. INPE, São José dos Campos, Brasil 1990. (INPE-5034-RPE/619).

Florenzano, T.G.; Pinto, S.A.F.; Valério Filho, M.; Novo, E.M.L.M.; Kux, H.J. Utilização de dados TM-Landsat para o mapeamento de áreas submetidas à inundação na Bacia do Rio Parnaíba. INPE, São José dos Campos, Brasil 1988. (INPE-4570-RPE/566).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Folha Topográfica SF-23-Y-D-VI-1 Caraguatatuba; escala 1:50.000. IBGE, Brasil 1974a.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Folha Topográfica SF-23-Y-D-V-2 Pico do Papagaio; escala 1:50.000. IBGE, Brasil 1974b.

Niero, M. et al. Aplicação de dados multitemporais do LANDSAT no acompanhamento da variação da lâmina d'água na área programa do Careiro/PDRI-AM. INPE, São José dos Campos, Brasil 1984. (INPE-3176-RTR/055).

Novo, E.M.L.M. Aplicaciones de los sensores remotos a problemas hidrológicos e inundaciones. INPE, São José dos Campos, Brasil 1983. (INPE-2896-PRE/415).

Okida, R. Técnicas de Sensoriamento Remoto como Subsídio ao Zoneamento de Áreas Sujeitas a Movimentos Gravitacionais de Massa e a Inundações. INPE, São José dos Campos, Brasil 1996.

Okida, R.; Veneziani, P. Zoneamento de áreas de inundações por sensoriamento remoto. Apresentado no IV Simpósio de Geologia do Sudeste, SBG, Águas de São Pedro, Novembro 1995 (no prelo).