

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTENUCCI, J.C.; BROWN, K.; CROSWELL, P.L.; KEVANY, M.J.; ARCHER, H. 1991 - *Geographic Information Systems: A guide to the technology*. New York, 1991. 301 p.
- INPE/IMAGEM GEOSISTEMAS. 1995a Manual do Sistema Geográfico de Informações (SGI). Versão 2.5. Manual do Usuário. 1995. 282 p.
- MARQUES, J.N.; BRAGA, E.L.; MEDEIROS, J.S. (1993) - Utilização de Banco de Dados de Solos Integrado com Sistema de Informações Geográficas para Identificação da Aptidão Edáfica das Terras. In: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, maio 10-14, 1993. *Anais*, Curitiba, BRASIL, 1993, pp.165-169.
- PONÇANO, W.L.; GIMENEZ, A.F. (1987) - Reconhecimento Sedimentológico do Estuário do Rio Itajaí-Açu (SC). *Revista Brasileira de Geociências*. 17(1): 33-41, março de 1987.
- QUILIEIRE, L.F. - Geologia da Bacia Balarina-Simples Paraisópolis In: Santos, E.L. et al. - Os Escudos Sul-Rio-grandense e Catarinense e a Bacia do Paraná. *Geosul* n° 1. 1986.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.M.; AZEVEDO, A.E.G. (1985) - Flutuações do Nível Relativo do Mar Durante o Quaternário Superior ao Longo do Litoral Brasileiro e suas Implicações na Sedimentação Costeira. *Revista Brasileira de Geociências*. 15(4):273-286, agosto de 1985.

## O SENSORIAMENTO REMOTO COMO ALTERNATIVA NO ESTUDO DE ÁREAS DE INUNDAÇÃO: UM EXEMPLO NA REGIÃO DE CARAGUATATUBA (SP)

Rosana Okida  
Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo - USP  
Paulo Veneziani  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

---

### INTRODUÇÃO

A instalação de casas e loteamentos nas adjacências de rios, manguesais e áreas alagadiças ou similares representa problema constante aos moradores de tais áreas, principalmente nos períodos chuvosos. Essas áreas são aqui denominadas de áreas de inundações.

Apesar do conhecimento de tal problemática, os órgãos governamentais não conseguem solucioná-lo adequadamente, cuidando somente da relocação da população após a ocorrência da inundação (acidente).

Uma forma rápida e eficiente de solucionar o problema de inundação é pela delimitação dessas áreas através de um zoneamento, que favorece a escolha de regiões a serem ocupadas pela população.

O zoneamento pode ser efetuado de várias formas e fazer uso de diversos métodos e materiais, como atestado pela literatura. No caso deste trabalho o zoneamento foi efetuado com os produtos de sensoriamento remoto, pois eles permitem uma análise rápida, contínua e de baixo custo, além de apresentarem características importantes para tal tipo de análise (características multiespectral e multitemporal).

Como área-teste foi escolhida uma parte do município de Caraguatatuba (S.P.), balizada pelas coordenadas 23°34'00" a 23°44'30" de latitude sul e 45°23'30" a 45°34'00" de longitude oeste.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para fazer o zoneamento foram usadas duas imagens TMLANDSAT-5 em formato digital (órbita/ponto 218/76C), com passagens em 30 de julho de 1992, referente ao período de 'estiagem', e 06 de janeiro de 1987, referente ao período "chuvoso", na região. As bandas utilizadas (3, 4, 5 e 7) foram selecionadas por serem as que apresentam melhores resultados na discriminação de áreas ocupadas por corpos d'água, solos com elevado teor de umidade, áreas inundadas e delimitação da planície de inundação.

Além das imagens, fez-se uso das cartas topográficas de Caraguatatuba e do Pico do Papagaio na escala de 1:50.000 (I.B.G.E) e de vários equipamentos, como o sistema de tratamento de imagens digitais SITIM-150 e 340/I.N.P.E. e o sistema projetor-amplificador PROCOM-2.

A metodologia proposta consiste basicamente no tratamento das imagens digitais utilizando um sistema computadorizado e na posterior interpretação de tais imagens.

Assim, realizou-se um estudo multiespectral-multitemporal.

As imagens foram submetidas a um pré-processamento (eliminação de ruídos, correção atmosférica e registro imagem x imagem) e um realce do tipo linear.

Posteriormente ao tratamento, as composições coloridas selecionadas foram fotografadas (em diapositivos) diretamente do monitor do sistema de tratamento, na escala de 1:50.000 (modo terminal SITIM-150) e interpretadas no sistema projetor-amplificador PROCOM-2. Para que os dados fossem obtidos na escala de 1:50.000, a área foi dividida e fotografada 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 & VENEZIANI (1995) e OKIDA (1995).

Desta forma, foram delimitadas as áreas encobertas sazonalmente pelas águas durante os períodos de maior e menor precipitação na área (zoneamento temporal - mapa de inundação), e as áreas sujeitas a inundações ou potencialmente inundáveis (mapa de áreas inundáveis). Esse último mapa não apresenta conotação temporal e foi confeccionado utilizando os dados do mapa de inundação, das cartas topográficas e de campo.

Todas as áreas delimitadas foram verificadas em trabalhos de campo (antes e após o período de chuvas de 1995).

## RESULTADOS

O tratamento das imagens digitais apresentou resultado regular devido à pequena distorção das imagens registradas na região planáltica-serrana. A distorção do registro foi interpretada como devido à 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, erro residual do registro (erro 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 melhor. Essas composições mostram as áreas de solo úmido com tonalidade vermelho amarronzado e os corpos d'água com tonalidade azul escuro a preto e 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, devido à imprecisão do registro. A delimitação dessa porção da área-teste foi feita pela composição 4R (imagem do período de "estiagem") /4G (imagem do período "chuvoso"), que reduz um pouco mais as distorções mencionadas. Essa composição mostra os corpos d'água em preto (áreas iguais nas duas passagens) e vermelho (áreas atingidas pela inundação). Apesar dessa composição apresentar melhor resultado na porção planáltica-serrana em comparação à composição 4R/5G/3B, ela não individualiza bem as áreas úmidas na região da planície.

A partir de tais tratamentos verificou-se que as áreas de inundações de janeiro normalmente encobrem as de julho, enquanto em algumas regiões ocorre o inverso. Tal fato deve-se pela imagem de julho (1992) ser mais nova que a de janeiro (1987), apresentando portanto modificações significativas quanto à dinâmica ocupacional e fluvial.

As áreas inundáveis situadas na Planície Costeira encontram-se entre os Bairros do Tinga e do Ribeirão. 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. Nessa região o problema de inundabilidade é agravado devido à presença de inúmeros loteamentos e construções instaladas (fato verificado no início de 1995 e em fevereiro do presente ano). A ocorrência das áreas inundáveis neste local pode ser interpretada como devido: à influência de uma bacia com alta circularidade (Bacia do Rio Juqueriquerê); a forte influência das marés altas, visto localizar-se nas proximidades da foz do Rio Juqueriquerê, à presença de um lençol freático próximo à superfície; à presença de sedimentos impermeáveis e ao acúmulo de material nos leitos dos rios (detritos domésticos e portos de areia).

As áreas inundáveis localizadas na Represa de Paraibuna são incipientes, sendo a porção de maior destaque aquela situada no braço sul da represa. Nesta região o problema de inundabilidade é agravado pela presença de vertentes convexas que formam vales encaixados em forma de "V". Nessas áreas a ocorrência de desmatamentos nas cabeceiras das drenagens aumenta o poder de escoamento nas vertentes em período de alto índice pluviométrico.

A partir de um estudo mais detalhado (escala de 1:8.000) na região do vale do Rio Santo Antônio (porção nordeste da área-teste) utilizando-se fotografias aéreas pancromáticas, verificou-se que a região apresenta problema similar de inundabilidade. Esse problema está relacionado principalmente pela presença de encostas com declividades bastante acentuadas, e é agravado pela proximidade 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 utilizadas apresentarem uma resolução espacial de 30 metros. Assim as áreas de inundação desta porção não apresentam uma resposta espectral definida devido à conjugação de vários alvos (áreas urbanas e solo exposto com ou sem umidade).

#### **CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES**

1. Existe a necessidade de fazer um zoneamento de áreas potenciais a um determinado fenômeno "natural", como por 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, proporcionando estudos a um baixo custo;
3. A utilização de diversas bandas espectrais sobre a forma de composições coloridas auxilia na discriminação dos alvos;

4. Os dados multitemporais de alta repetitividade possibilitam o monitoramento de forma rápida e sistemática;

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.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

OKIDA, R. 1995. *Técnicas de Sensoriamento Remoto como Subsídio ao Zoneamento de Áreas Sujeitas a Movimentos Gravitacionais de Massa e a Inundações*. São José dos Campos, INPE (Dissertação de Mestrado)

OKIDA, R. & VENEZIANI, M. 1996. *Zoneamento de Áreas de Inundações por Sensoriamento Remoto*. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 4. Águas de São Pedro.