

## **MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE INUNDAÇÕES DAS PLANÍCIES ALUVIAIS DE GUARATINGUETÁ ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO**

Meire Regina de Almeida Siqueira<sup>1</sup>, Getulio Teixeira Batista<sup>2</sup>, Marcelo dos Santos Targa<sup>2</sup>, Celso de Souza Catelani<sup>1</sup>

UNITAU -Universidade de Taubaté  
Estrada Municipal Dr.José Luiz Cembraneli, 5000  
CEP 12.081.-010, Taubaté, SP, Brasil. Telefone +55 3625-4116.  
Email: [meirereginaa@gmail.com](mailto:meirereginaa@gmail.com) ; [gibatista@agro.unitau.br](mailto:gibatista@agro.unitau.br);  
[mtarga@agro.unitau.br](mailto:mtarga@agro.unitau.br) ; [celso@agro.unitau.br](mailto:celso@agro.unitau.br)

<sup>1</sup> Aluno do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais de Taubaté. <sup>2</sup> Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais de Taubaté.

### **Resumo**

As inundações são hoje grande problema para as áreas urbanizadas brasileiras, causando prejuízos econômico e social. Entre as cidades brasileiras afetadas por este problema pode-se incluir Guaratinguetá, no Vale do Paraíba, Estado de São Paulo. Contida pela Serra do Quebra-Cangalha, a cidade cresceu às margens do Rio Paraíba do Sul. Durante o verão, principalmente nos verões mais úmidos, as ocupações urbanas junto às planícies aluviais que margeiam o Rio Paraíba do Sul em Guaratinguetá sofrem freqüentemente inundações. A falta de um planejamento urbano que leve em conta as questões hidro-ambientais e técnicas de drenagem eficientes têm agravado ainda mais o problema. O objetivo deste trabalho consistiu em identificar e mapear as áreas de inundações do rio Paraíba do Sul na cidade de Guaratinguetá-SP por meio do uso das técnicas de geoprocessamento. As áreas inundáveis foram caracterizadas levando-se em conta o relevo, a geologia e o comportamento pluviométrico e fluviométrico desta região, utilizando-se dados do DAAE, EMPRAPA e CPTEC/INPE, foram utilizados no geoprocessamento o programa computacional SPRING e imagens CBERS, LANDSAT e ASTER. Como resultado gerou-se uma carta georreferenciada das áreas inundáveis das planícies aluviais urbanas de Guaratinguetá, que poderá contribuir para subsidiar obras de controle de enchentes, bem como para a elaboração de um plano diretor de drenagem urbana. Os dados processados no SPRING indicaram que cerca de 1,3 Km<sup>2</sup> equivalentes a 10% da área urbana de Guaratinguetá estão sujeitos a inundações periódicas pelo rio Paraíba do Sul.

**Palavras Chave:** CBERS, LANDSAT e ASTER geoprocessamento, planejamento urbano, planícies inundáveis.

## **Introdução**

As inundações em áreas urbanizadas acarretam vultuosos prejuízos econômicos e sociais. Entre as cidades brasileiras afetadas por este problema inclui-se Guaratinguetá, no Vale do Paraíba, Estado de São Paulo (Figura 1). Contida pela Serra do Quebra-Cangalha, entre os paralelos 22° 35' 15" e 23° 1' 45" S e 44° 59' 52" e 45° 25' 38" W a cidade se desenvolveu às margens do Rio Paraíba do Sul, que no passado, servia de caminho para exploração dos recursos minerais do Estado de Minas Gerais. Seu desenvolvimento se deu, como em muitas cidades brasileiras, sem o planejamento urbano, caracterizado pela ocupação das áreas de planícies aluviais pela população de baixa renda e mesmo pela destinação destas áreas a loteamentos para classe média e baixa. A planície aluvionar é a mais instável das classes geológicas, pois neste tipo de relevo ocorre a acumulação de sedimentos provenientes do arraste de outras áreas pela ação da água e por si só já consiste na região de acumulação de água das inundações naturais do rio. Dessa forma, a ocupação dessas áreas traz inúmeros problemas para a população e para o poder público. A ocupação urbana se dá principalmente à margem direita e, entre um braço e outro de meandros formados pelo rio. Com média pluviométrica de 1397,7mm (SILVA, 2000), e com a planície formada por depósitos aluviais do tipo argilo-siltosa e síltico-arenosa e solo raso com nível freático variando de 0,60 m a 1,30 m, em média (COLTRINARI, 1975), aliados ao processo de impermeabilização do solo e ausência de vegetação ciliar no curso principal e afluentes do Paraíba do sul. Durante o período de verão, as inundações na cidade de Guaratinguetá são inevitáveis.

É proposto para trabalho mapear as áreas de inundações, através de imagens de satélite, usando técnicas de geoprocessamento na análise do processo de ocupação urbana desenfreada e suas conseqüências no escoamento superficial local, de modo a colaborar com gerenciamento das áreas inundáveis. Este trabalho deverá ser complementado com dados coletados junto à Defesa Civil da cidade de Guaratinguetá para a caracterização dos pontos de inundações da área de estudo. Pretende-se ainda, utilizar imagens CBERS e ASTER para a delimitação das áreas urbanizadas, juntamente com grade topográfica do IBGE (1:50.000). O trabalho de campo, para verificar ocorrências de inundações nos últimos anos, deverá permitir o

cruzamento dos dados e o mapeamento com maior precisão das áreas inundáveis.

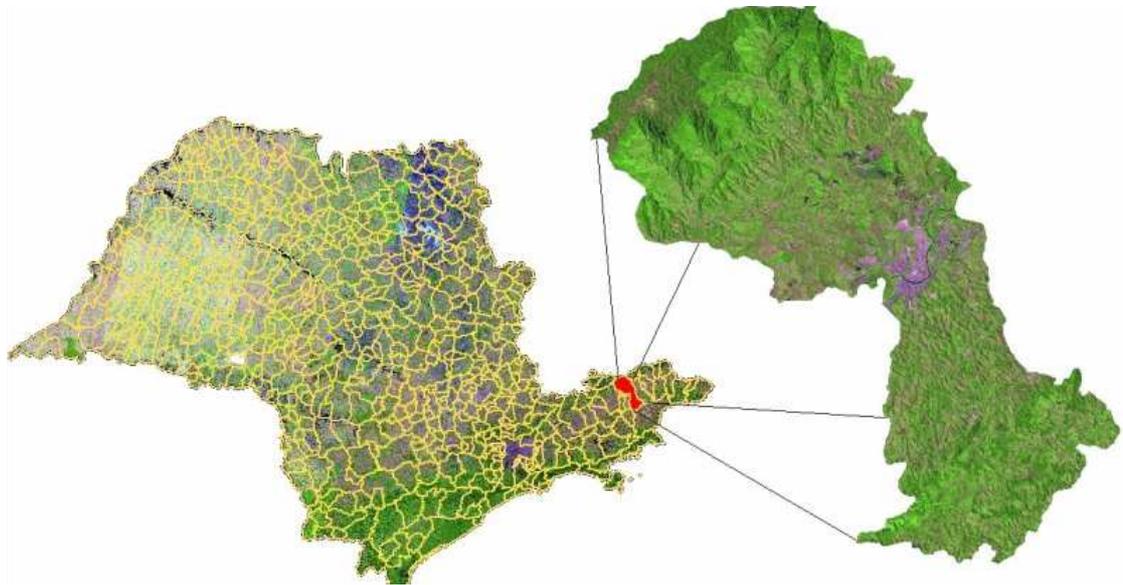


Figura 1: Localização da área de estudo com base na imagem do satélite LANDSAT de 10/09/2006 georreferenciada em banco de dados do SPRING

### **Processo de ocupação urbana de Guaratinguetá**

Ao redor da Matriz de Santo Antônio o sítio urbano de Guaratinguetá surgiu, em 13 de junho de 1630, sobre o alongado do baixo terraço, rodeado por encostas íngremes, e separado das terras vizinhas pelo rio Paraíba e seus afluentes. A planta urbana de Guaratinguetá mostra subjugação às condições topográficas. O relevo da cidade condicionou uma ocupação alongada e estreita, acompanhado as margens do rio Paraíba, ocupando planícies inundáveis (Figura 2).

Até século XVIII Guaratinguetá, e o Vale do Paraíba apresentaram um desenvolvimento modesto. Foi durante o século XIX que a eclosão urbana aconteceu, devido à chegada do café, que proporcionou melhorias urbanas e crescimento populacional, o que obrigou a ocupação da margem esquerda do rio Paraíba, surgindo em 1894 o Bairro do Pedregulho. Na primeira metade do século XX o desenvolvimento da atividade industrial, que marcou este período, leva a uma ocupação populacional mais densa, desta forma surge o Bairro operário da Vila Paraíba e Nova Guará. Foi através do bairro da Vila Paraíba que Guaratinguetá iniciou sua fase de urbanização moderna, com quarteirões amplos e casas bem planejadas. A partir deste momento

inicia-se também a ocupação das planícies inundáveis, sem nenhuma preocupação com as áreas de proteção permanente (APP).

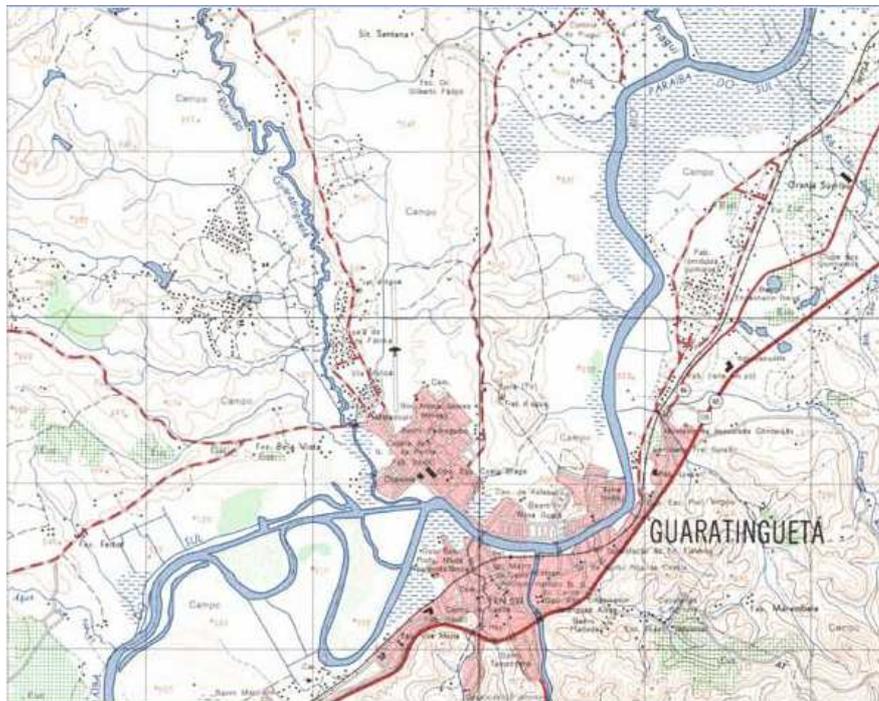


Figura 2: Carta plano-altimétrica 1: 50.000 (IBGE, 1974) mostrando o início da ocupação das planícies aluviais à margem esquerda, ao norte da ocupação inicial

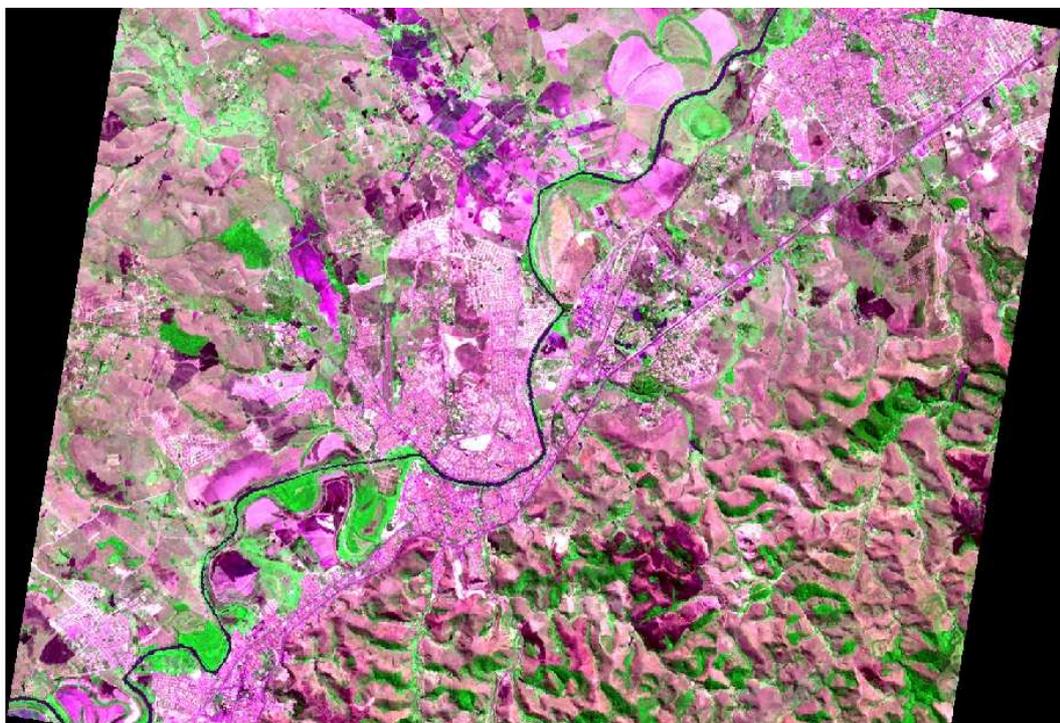


Figura 3: Imagem CBERS, adquirida em 03/08/2006 mostrando o uso e

ocupação do solo.

A observação das Figuras 2 e 3 permite se verificar a ocupação urbana junto às áreas de planícies inundáveis, e pode-se observar que os rios e córregos perderam seus cursos característicos. É notória também a ocupação urbana junto às margens do Rio Paraíba do Sul, que durante o período de cheia (dezembro a março) tende a invadir casas e deixar muitos desabrigados. Foram também construídos vários *polders* destinados a produção de arroz.

É bem verdade que Guaratinguetá surgiu diante das necessidades históricas e econômicas, sem uma visão geográfica analítica de seu território que proporcionasse maior qualidade de sua ocupação urbana. Margeada pela serra do Quebra Cangalha, Guaratinguetá ocupa um dos trechos mais estreitos do Vale do Paraíba. Em média 8,8 km separam a Serra do Quebra Cangalha da Serra da Mantiqueira, intercalados com espigões divisores de água, o que proporciona uma quantidade considerável de nascentes próximas ao perímetro urbano aumentando as APPs e restringindo áreas para urbanização. Sem muitas opções e planejamento urbano, que levassem em conta as questões hidro-ambientais, as áreas de planícies aluviais foram destinadas a loteamentos para classe média e baixa. Entretanto, esta alternativa trouxe problemas de inundações, visto a proximidade do Rio Paraíba, as deficitárias técnicas de drenagem e a ocupação urbana sem a devida preocupação com as questões ambientais. As planícies inundáveis são formadas por aluviais, os quais foram depositados durante o período Quaternário (inferior a 2 milhões de anos), constituídos de textura argilo-siltosa e síltico-arenosa com solos rasos de nível freático de 0,60 m a 1,30 m, em média (COLTRINARI, 1975). Nas planícies aluvionais do Paraíba, em frente à cidade de Guaratinguetá, é visível a formação de meandros, principalmente à margem direita, e entre um braço e outro desses meandros pode ser observada a ocupação urbana.

Para Silva (2000), Guaratinguetá possui uma variabilidade climática que interfere diretamente na vazão do Rio Paraíba do Sul e, conseqüentemente, nas inundações das áreas ribeirinhas (Figura 4). Assim sendo, com base na análise de anos chuvoso, seco e médio, ele observou que durante os anos úmidos há um excedente hídrico médio de 697,8 mm e as inundações das áreas ribeirinhas são mais freqüentes. Segundo esse autor, dois fenômenos colaboram para o aumento pluviométrico neste

período o El Niño e a formação da ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul).

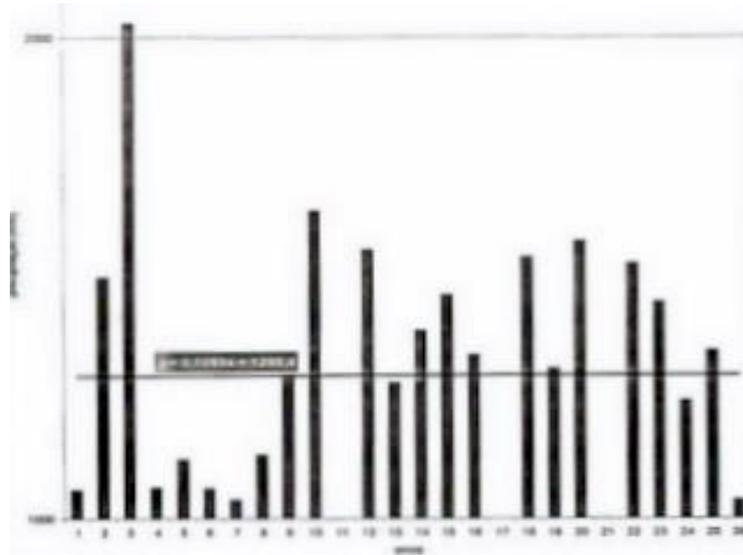


Figura 4 -Precipitação anual na região de Guaratinguetá, SP de 1974 a 1999  
Fonte: Silva (2000).

Para Simões et al. (2000), o quadro climatológico de Guaratinguetá apresenta duas estações do ano bem distintas: verão úmido e inverno seco, e as chuvas concentram-se em um período curto do ano, provocando inundações. Essas observações estão de acordo com dados da EMBRAPA/DAAE, em seu banco de dados climáticos do Brasil referente ao período de 1941 a 1965 (Figura 5).

## Material e Método

Foi verificado junto a Defesa Civil de Guaratinguetá o registro sobre áreas inundáveis nas planícies aluviais do rio Paraíba do Sul, no perímetro urbano, nos últimos dez anos, em especial em oito áreas de risco:

-Margem direita: Campo do Galvão, Jardim Esplanada, Jardim Primavera e alguns pontos da Avenida Beira Rio, no bairro de Santa Rita.

-Margem Esquerda: Jardim Esperança, Jardim do Vale e com a influência do afluente Ribeirão Guaratinguetá os bairros Jardim Rony e Comendador Rodrigues Alves.

**Município:** Guaratinguetá - SP

**Latitude:** 22,81 S      **Longitude:** 45,18 W      **Altitude:** 530 m      **Período:** 1941-1965

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP	ARM (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	24,7	221	127	100	127	0	94
Fev	24,9	224	118	100	118	0	106
Mar	24,3	177	118	100	118	0	59
Abr	22,0	63	84	81	82	2	0
Mai	19,7	37	62	63	55	7	0
Jun	18,4	28	49	51	40	9	0
Jul	18,2	20	48	39	33	16	0
Ago	19,9	24	63	26	36	26	0
Set	21,4	52	77	21	58	19	0
Out	22,5	126	95	51	95	0	0
Nov	23,3	140	106	86	106	0	0
Dez	24,0	204	122	100	122	0	68
<b>TOTAIS</b>	<b>263,3</b>	<b>1.316</b>	<b>1.069</b>	<b>818</b>	<b>990</b>	<b>79</b>	<b>326</b>
<b>MÉDIAS</b>	<b>21,9</b>	<b>110</b>	<b>89</b>	<b>68</b>	<b>82</b>	<b>7</b>	<b>27</b>

Fonte: DAEE

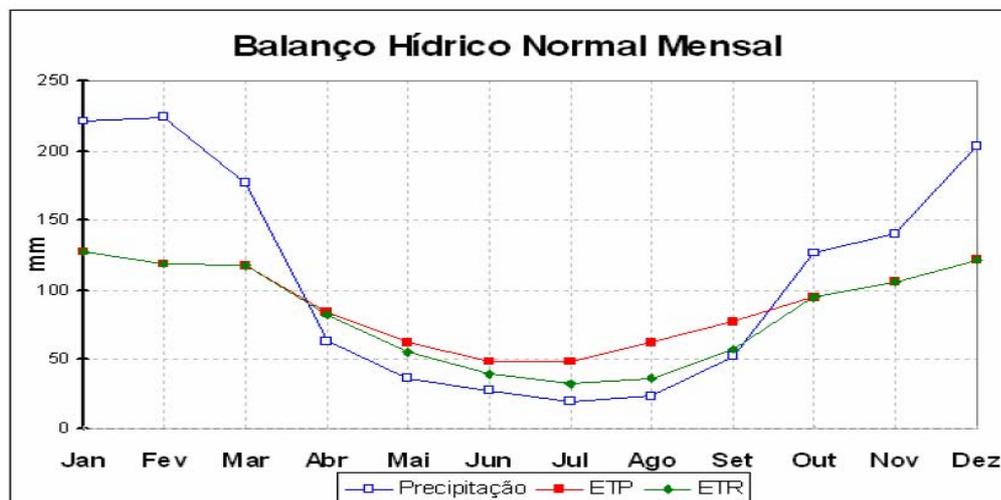


Figura 5. Balanço hídrico de Guaratinguetá

Fonte: EMBRAPA/DAEE (<http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br.php?UF=&COD=323>)

Para verificar a ocupação urbana desenfreada das planícies aluviais foram utilizados os dados de imagens da carta topográfica segundo IBGE 1:50.000 de 1974 (Figura 7) e imagem dos satélites CBERS e ASTER e fotos aéreas da enchente do mesmo ano (PONTE e BERNARDES, 2002). Ao se georreferenciar esta mesma carta, com técnicas do software SPRING (Figura 8), verificou-se que, naquela data, a área urbana ocupada em Guaratinguetá era de 7,6 Km<sup>2</sup>.

Buscou-se dados junto à EMBRAPA e ao Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo sobre o comportamento pluviométrico de Guaratinguetá de modo a identificar os períodos úmidos, onde as

áreas estudadas estão mais expostas a inundações.

Usando uma imagem ASTER de 2006 e técnicas de geoprocessamento e o software SPRING, foi possível verificar a mancha urbana de Guaratinguetá (Figura 6) constando de ocupação urbana de 14 Km<sup>2</sup>, aproximadamente. Com a mesma técnica observou-se que cerca de 2,4 Km<sup>2</sup> das planícies aluviais, em Guaratinguetá, encontram-se em área de APP do Rio Paraíba do Sul e sujeitas a inundações.

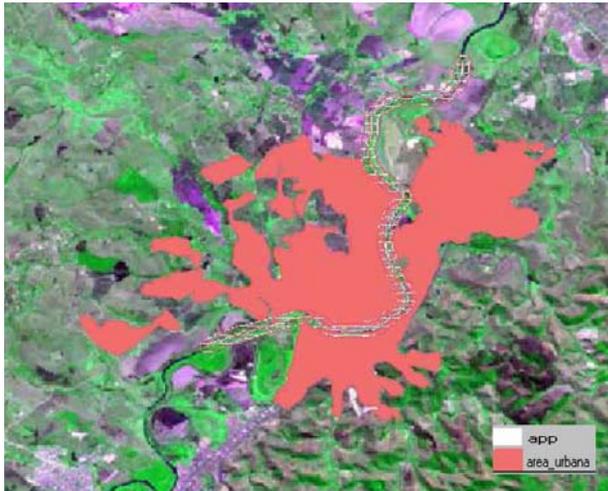


Figura 6. Imagem ASTER de 2006 mostrando a área urbana e de APP de Guaratinguetá processada no SPRING

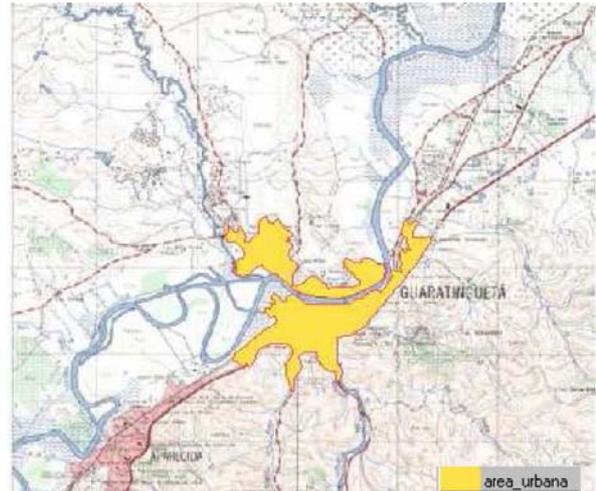


Figura 7. Carta do IBGE, escala 1:50.000 com a área urbana de Guaratinguetá realçada em amarelo (IBGE, 1974)

## Resultados e Discussão

Com base em diversas fontes, incluindo dados da Defesa Civil, dados obtidos da análise de imagens dos satélites ASTER e CBERS, carta do IBGE de 1974 (modelo digital de elevação do terreno) e fotos da enchente de 2000, foram geradas imagens em 3-D e delimitadas as áreas sujeitas a inundações pelo Rio Paraíba do Sul junto às planícies inundáveis (Figuras 8, 9). Os dados processados no SPRING indicaram que cerca de 1,3 Km<sup>2</sup> equivalentes a 10% da área urbana de Guaratinguetá estão sujeitos a inundações periódicas pelo rio Paraíba do Sul.

O comprometimento social econômico das áreas inundáveis pôde ser comprovado por fotos tiradas pela Escola de Especialista da Aeronáutica da enchente de 2000, considerada uma das piores de todos os tempos provocada por um alto índice pluviométrico na primeira semana de Janeiro deste mesmo ano, onde choveu 80% de todo índice esperado para o mês (BERNADES, 2002).



Figura 8: Fonte Imagem do satélite CBERS 03/08/2006 – Georreferenciada pelo SPRING

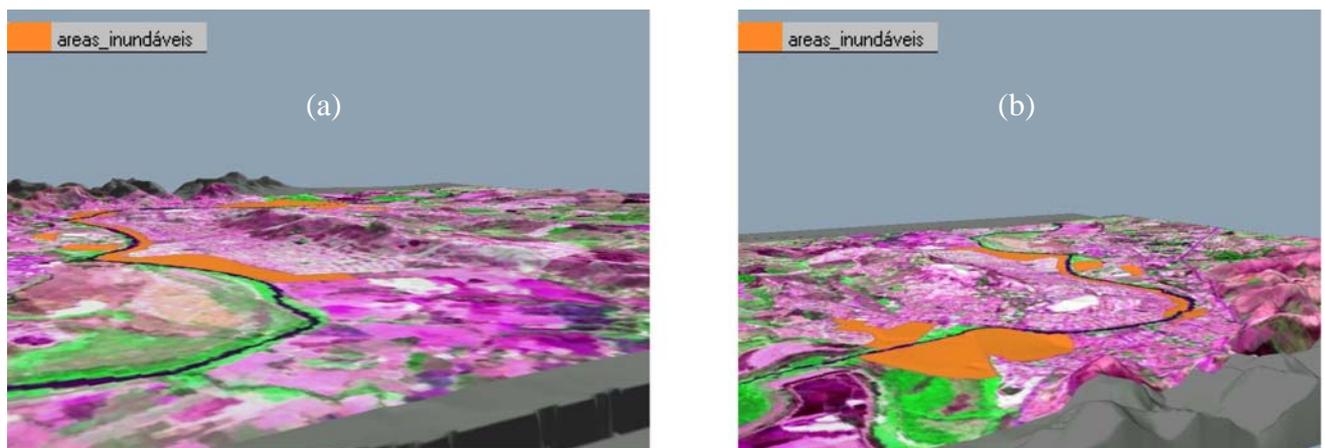


Figura 9 (a,b). Vista obliqua de Guaratinguetá resultante do processamento da imagem CBERS de 3/08/2006, processada em 3-D

As áreas das planícies inundáveis ocupadas pelos bairros Jardim do Vale I e II, Jardim Esperança, Chácaras Beira Rio (Figura 10a) e os bairros Campo do Galvão, Jardim Esplanada, Comendador Rodrigues Alves e Jardim Rony, invadidos pelas águas do Paraíba do Sul durante a enchente de 2000 (Figura 10b).

A análise de dados hidroclimáticos (SILVA, 2000) indicou que a temperatura mínima de Guaratinguetá nas últimas quatro décadas aumentou 1,7°C e a temperatura máxima em 0,2, portanto, uma média de 0,9 de aumento na temperatura no perímetro urbano e o índice pluviométrico em 0,7 mm. Estes dados demonstram que num futuro bem próximo pode haver um crescimento nas áreas de inundações, devido ao aumento

no índice pluviométrico e, conseqüentemente, na vazão do rio Paraíba do Sul e seus afluentes. É urgente que se faça um estudo em busca de soluções para as áreas inundáveis, dentro de um plano de drenagem urbana sustentável, de forma a minimizar os efeitos destas inundações periódicas.



Figura 10 (a,b). Vista aérea de Guaratinguetá mostrando aspectos da inundação de 2000

Fonte: Fernando C.W. Ananias (EEAR).

## Conclusão

A análise das imagens e cartas georreferenciadas permitiu se observar que a área urbana nas últimas quatro décadas praticamente dobrou. Houve uma maior concentração urbana junto às áreas de planícies inundáveis da margem esquerda, que cresceu de forma irregular, sem nenhuma preocupação com as APPs do Rio Paraíba do Sul. Cerca de 1,3 km<sup>2</sup> da área da planície inundável está sujeita a inundações periódicas.

Faz-se necessário, ainda, uma análise hidro-ambiental das áreas destinadas a futuros loteamentos, de modo a protegê-los de danos ambientais, sociais e econômicos, promovendo melhor qualidade de vida aos seus moradores.

## Referências

COLTRINARI, L.Z. **Contribuição à Geomorfologia da Região de Guaratinguetá –Aparecida**. Tese de doutorado da USP, 1975.

EMPRABA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Banco de Dados Climáticos do Brasil**. 2003. Disponível em <<http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br> (Acesso em 12/09/2006).

- IBGE. **Carta Topográfica de Guaratinguetá** 1:50.000( SF 23 Y B – 4) Ministério do Planejamento e Coordenação Geral, IBGE, Departamento de Cartografia, 1974. Disponível no site: <<http://www.ibge.gov.br>> (Acesso em 18/09/2006).
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS -INPE -**SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas**. <http://www.dpi.inpe.br/spring>. 2006;
- LINHARES, C. de A.. Soares, J V.. Batista, G. T.. Influência do desmatamento na dinâmica da resposta hidrológica na bacia do Ji-Paraná. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 3097-3105.
- PONTE, C. P.; BERNARDES, G. P. . **Análise e Soluções Mitigadoras das Regiões Afetadas pela Inundação de Janeiro de 2002, Município de Guaratinguetá**. In: I Seminário Nacional de Impactos Ambientais Urbanos, 2002, Curitiba. SENISA-URB, 2002.
- SIMÕES, S. J. C., BERNARDES, G. P., SILVA. J. U. **Monitoramento dos processos Geo-hidrológicos na bacia hidrográfica dos Mottas, Médio Vale do Paraíba do Sul, SP**, In: V SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 2000. Anais – Volume 1.
- SILVA, J. U. L.; SILVA, E. A. N.; BERNARDES, G. P.. **Mudanças Climáticas na Região de Guaratinguetá, SP**. In: I Seminário Nacional de Impactos Ambientais Urbanos, 2002, Curitiba. SENISA-URB, 2002.
- SILVA, J. U. L.. **A dinâmica Atmosférica e a Distribuição das Chuvas na Região Oriental Paulista**. In: Defesa de tese, 2000, Rio Claro. Defesa de tese, 2000.
- SILVA, J. U. L. Balanço hídrico na região de Guaratinguetá-SP-Brasil. In: **Congresso de Engenharia sanitária, 2000**. Balanço hídrico. SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS-SIGRH-Disponível na Word Wide Web: <UTL:<http://www.sigrh.sp.gov.br>>, consultado em 08/08/2006 as 15horas.
- SOUZA, I. M.; PEREIRA, M. N.; GARCIA, L. M. F.; KURKDJIAN, M. L. N. O. Mapeamento do uso do solo urbano através da classificação por regiões baseada em medidas texturais. In: **XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2003, Belo Horizonte. XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2003. p. 1967-1968.

## COMO CITAR ESSE ARTIGO

Siqueira, M.R.A.; G.T. Batista; M.S.Targa; C.S. Catelani. 2006. **Mapeamento das áreas de inundações das planícies aluviais de Guaratinguetá através de técnicas de geoprocessamento**. Artigo apresentado no PRIMEIRO SEMINÁRIO DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO PARA ESTUDOS AMBIENTAIS NO VALE DO PARAÍBA - GEOVAP 2006, 07 de dezembro, Universidade de Taubaté, Taubaté, São Paulo, Brasil. Disponível em <http://www.agro.unitau.br/soac/viewabstract.php?id=35&cf=1> - Página 54-64.