

APLICAÇÕES DO GEOPROCESSAMENTO AO ESTUDO DA MACRODRENAGEM DA ZONA COSTEIRA DE RECIFE

Roberta Guedes Alcoforado¹; Valéria Camboim Góes^{1,2}; Rodrigo Dutra Escarião^{1,2}; José Almir Cirilo³.

RESUMO

As metrópoles da área costeira brasileira, principalmente aquelas situadas em planícies baixas e sujeitas à influência da maré, como é o caso de Recife, estado de Pernambuco, freqüentemente têm problemas de drenagem urbana. A utilização de imagens de satélite tem trazido benefícios significativos para o estudo dos recursos hídricos. Modelos numéricos do terreno para a simulação dos processos físicos, identificação de cobertura vegetal e cultivos no ambiente rural, cadastramento de pequenos reservatórios, uso e ocupação do solo urbano são exemplos de informações espacialmente distribuídas que podem ser geradas a partir das imagens. Para estudos hidrológicos em áreas urbanas, caso deste trabalho, o ajuste do modelo à realidade depende muito da resolução da imagem. Este trabalho apresenta resultados da utilização de imagens de satélite de alta resolução no estudo da drenagem de meios urbanos.

ABSTRACT

The metropolises of Brazilian coastal area, mainly those placed in low plains and subjected to the tide influence, as it is the case of Recife, Pernambuco State, frequently have problems of urban drainage. Satellite images utilization has been providing significant benefits for water resources studies. Terrain Numeric Models for simulation of physical processes, identification of vegetation covering and cultivations in rural regions, identification of small reservoirs, use and occupation of urban soil are examples of spatially distributed information that can be generated with images. For hydrological studies in urban areas, the purpose of this work, the model adjustment reality depends a lot on the resolution of the image. This work deals, therefore, with results of high resolution satellite images utilization in the study of urban areas drainage.

Palavras-Chave: sensoriamento remoto, geoprocessamento, drenagem urbana.

INTRODUÇÃO

A Região Metropolitana de Recife-RMR é cortada por vasta rede de rios e canais, com destaque para as bacias dos rios Capibaribe, Beberibe e Tejipió, nos trechos de maior urbanização e inseridos na planície aluvionar do Recife. Desde o início da colonização, a ocupação territorial do Recife foi marcada predominantemente pela conquista de espaços ocupados pela águas, por meio da prática de aterros. O sistema de drenagem da região é composto, além dos cursos dos três rios citados, de uma série de cursos d'água secundários ou canais, afluentes ou interligados à drenagem principal. O baixo gradiente hidráulico, característico de toda a planície, impõe a mais séria restrição à busca de soluções para o sistema de drenagem.

O conhecimento e a simulação dos processos envolvidos na drenagem dos ambientes urbanos cada vez

mais complexos como o da RMR requerem tecnologia que possa representá-los da maneira mais fidedigna possível para que as intervenções, estruturais ou não, venham a ter sucesso. O conhecimento da realidade de campo, nunca dispensável para a modelagem dos sistemas físicos, pode no entanto ser bastante simplificado quando se dispõe de informações espacializadas como fotografias aéreas e imagens de satélite de grande resolução. Este artigo apresenta os primeiros passos de trabalho que vem sendo desenvolvido pelo Grupo de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pernambuco – GRH/UFPE em parceria com as prefeituras das cidades de Recife e Olinda para aprimorar o conhecimento dos mecanismos que regem a drenagem urbana nas duas cidades. A pesquisa envolve modelagem numérica do terreno no território das duas cidades a partir de curvas de nível a cada dois metros, mapa digital do traçado urbano, mapas temáticos

¹Doutorando - Departamento de Engenharia Civil – Grupo de Recursos Hídricos – UFPE (81)3271-8223
aguarela@uol.com.br,

²Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais – PB (83) 218 4327
valeria@semarh.pb.gov.br

³Departamento de Engenharia Civil – Grupo de Recursos Hídricos – UFPE – Universidade Federal de Pernambuco – Rua Acadêmico Hélio Ramos S/N Cidade Universitária Recife PE CEP 50740-530, tel/fax (81) 3271 8223, jac@ufpe.br

existentes, levantamento de campo da rede de canais nas duas cidades (66 em Recife), fotografias aéreas e mais recentemente imagens de alta definição adquiridas pela Prefeitura da Cidade de Recife. A agregação dessa base de dados e informações está em fase de conclusão e a partir dos resultados já obtidos foi possível realizar simulações para avaliar o efeito de possíveis intervenções e melhorias que podem advir nas condições de drenagem em algumas bacias hidrográficas de canais inseridos nas cidades citadas.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A Planície do Recife possui como influência geológica mais recente o fenômeno do avanço e recuo do mar, ocorrido durante o período Quaternário e responsável por importantes unidades de depósito de sedimentos nesta planície. São testemunhos deste fenômeno de flutuação do nível do mar os bancos de arenito que afloram nas praias de Recife em época de maré vazante. No interior da Planície, após essas transgressões e regressões marinhas, o rio Capibaribe deixou terraços fluviais, meandros abandonados, bancos de areia e uma foz depositária de toneladas de sedimentos trazidos para o mar e retidos pelos arrecifes à frente do continente. Este solo de características complexas é o que abriga a maior parcela da população da RMR. Terraços situados em cotas mais baixas, de 2 a 4m, predominam nessa região da planície e são constituídos por uma camada de arenito situada sobre outra de perfil silto-arenoso ou argilo-arenoso mole. O material resistente só aparece entre 15 e 30m de profundidade. A planície flúvio-marinha aí existente é recortada pelos rios Capibaribe, Beberibe e Tejiptió, que, com seus meandros e a zona estuarina, definem grandes porções de áreas alagáveis (SECTMA, 1997).

BACIA DO TEJIPTÍO

Trata-se de uma bacia preponderantemente urbana, competindo com a do Beberibe em termos de percentual ocupado. Com efeito, apesar de sua pequena extensão superficial, nela estão situados os bairros de Tejiptió, Jardim São Paulo, Ibura e a maior parte da populosa zona praieira de Boa Viagem e Pina. Sua área é de apenas 93,2 km², dos quais 21,4 km² pertencem ao município de Jaboatão, 4,2 km² a São Lourenço da Mata e 67,6 km² fazem parte do município do Recife. A bacia é integralmente contida na Região Metropolitana. O Tejiptió drena na parte superior de sua bacia sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras em cujo domínio o relevo é bastante movimentado, com pontos de altitude próxima aos 150 metros. Porém, são os depósitos mais recentes (aluviões e mangues), já no domínio da Planície Costeira, que cobrem a maior parte da área.

A bacia aqui considerada como do Tejiptió na verdade engloba outros cursos d'água que tem com este praticamente uma foz comum. São eles os rio Jiquiá e Jordão, além do canal do Setúbal, que percorre a faixa costeira paralelamente ao mar. O Tejiptió, o principal da bacia, tem cerca de 20 km de extensão, com a maior parte do curso alinhado perpendicularmente à praia, seguindo a direção NW-SE. O Jiquiá, por se desenvolver quase

integralmente na planície, forma vários meandros e ramificações, guardando porém uma orientação próxima daquela seguida pelo Tejiptió. O rio Jordão nasce nas encostas do morro de mesmo nome, correndo no trecho inicial seguindo a direção NW-SE, para, em seguida, tomar um rumo ao longo da praia, ao atingir a planície. Em conjunto com o Jiquiá, o Tejiptió é o responsável pela drenagem da quase totalidade da área urbanizada situada no setor oeste do município de Recife. Além disso, recebe as contribuições ao escoamento geradas no setor sul, através das linhas de drenagem do rio Jordão e do seu afluente o Canal Setúbal.

OS ESTUÁRIOS, MANGUES E ALAGADOS DA RMR

Os estuários representam zonas de transição entre o continente e o mar e se caracterizam pela existência de mangues. Constituem, portanto, um corpo de água costeira semi-fechado com livre comunicação com o mar e dentro do qual a água salgada é diluída pela água doce proveniente da drenagem continental. Essas áreas, do ponto de vista hidráulico, estão sob domínio e influência das marés, que em determinadas situações impõe restrições ao livre escoamento dos elementos drenantes do continente. Na faixa litorânea da RMR a maré é do tipo semi-diurno com duas preamares e duas baixamares por dia lunar (24 horas e 50 minutos em média). A amplitude da maré (diferença entre uma baixamar e uma preamar) varia regularmente com as posições relativas da lua e do sol. Esta amplitude é máxima em marés de águas vivas de um a quatro ou cinco dias após as sizíguas (lua cheia ou lua nova) e é mínima em marés de águas-mortas, de um a quatro ou cinco dias após às quadraturas (quartos crescentes ou minguantes). As amplitudes das marés são variáveis, sendo que as marés de águas vivas produzidas nos equinócios (fins de março e de setembro) possuem as maiores amplitudes do ano. Para a faixa litorânea da RMR, a maior amplitude das grandes águas-vivas é calculada em 2,76m (a maior altura de maré registrada foi igual a 2,82m de amplitude, no mareógrafo do Porto do Recife, em 15 de março de 1953), de forma que a cota 2,80 pode ser adotada como referencial para estudos hidráulicos na RMR.

USO DAS IMAGENS DE SATÉLITE

As técnicas de geoprocessamento permitem a obtenção de informações por sensoriamento remoto (imagens digitais) e a manipulação dessas informações pelos Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Assim, essas técnicas constituem-se em poderosas ferramentas para auxiliar de forma rápida e eficaz na tomada de decisões em diversas áreas, tais como as áreas de recursos hídricos e meio ambiente (Mendes e Cirilo, 2001).

Existem vários sistemas utilizados para aquisição de informações por sensoriamento remoto e, dentre eles, podem ser citados o SPOT e o Quick Bird II, utilizados neste trabalho. O satélite francês, SPOT (Système Pour l'Observation de la Terre), é composto pelo sensor denominado HRV (Haute Resolution Visible) que possibilita a obtenção de dois tipos de imagens: pancromática e multiespectral, com uma resolução

espacial de 10 e 20 metros, respectivamente e, possui uma resolução temporal variável de 25 a 5 dias. O QuickBird II é um satélite americano, composto pelo sensor Pushbroom Linear Array, que apresenta alta resolução espacial de 0,70 metros no pancromático e de 2,40 metros no multiespectral, sendo capaz de gerar imagens estereoscópicas com uma resolução espacial de dois a três dias. Essa resolução permite medições de ruas, contorno de edificações e até mesmo classificação de ocupação urbana. Também existe a possibilidade de monitorar degradações ambientais, como desmatamento, queimadas e inventário florestal. O satélite tem ainda outros benefícios, como o de levantar rapidamente grandes áreas, devido a grande capacidade de gravação a bordo.

Com as imagens de satélite e com o auxílio de técnicas de geoprocessamento é possível, dentre outras potencialidades, visualizar as características de uso do solo em bacias hidrográficas, permitindo a incorporação dessas características como variáveis explicativas nos modelos para estimar o escoamento superficial. Para isso é preciso classificar a imagem fazendo-se a análise de como os diferentes alvos ou materiais refletem a radiação solar. Segundo Ávila et al. (1999), a utilização das imagens de satélites, dentre eles, o satélite americano LANDSAT-TM e o satélite francês SPOT, permitiram uma grande evolução tecnológica, ampliando as possibilidades de aplicações hidrológicas do geoprocessamento, podendo-se citar:

- Caracterização do uso do solo em microbacias hidrográficas: os avanços mais significativos na avaliação do uso da terra ficam por conta dos classificadores de imagens. A classificação da imagem consiste em delimitar regiões com comportamento espectral homogêneo. O nível de detalhamento da classificação permite identificar, também, vários níveis de degradação de pastagens, responsáveis pelo aumento da erosão, com conseqüências diretas na oferta de água superficial;

- Caracterização da precipitação pluviométrica: partindo de dados pluviométricos de estações de uma região é possível interpolar esses valores para obter um mapa de distribuição espacial da precipitação;

- Mapeamento da rede de drenagem: por meio do modelo numérico do terreno (MNT) é possível delinear automaticamente os lagos e rios de uma bacia hidrográfica.

Segundo Novo (1992), as técnicas de processamento de imagens digitais podem ser classificadas em três conjuntos: técnicas de pré-processamento (preparação de imagens), técnicas de realce e técnicas de classificação. As técnicas de classificação visam o reconhecimento automático de objetos da cena a partir da análise quantitativa dos níveis de cinza. Os objetos são classificados em diferentes categorias em função de algum critério de decisão objetivo. Segundo INPE (1999), a classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos. O resultado final de um processo de classificação é uma imagem onde cada pixel contém a informação de uma classe, ou tema, associada ao pixel da cena

correspondente. Esses diferentes valores de classes são apresentados por símbolos gráficos ou cores.

Conforme Lillessand et al. (1987), dentre os métodos supervisionados de classificação, os mais comuns são a classificação por paralelepípedo e a classificação por máxima verossimilhança. No método do paralelepípedo, as classes são definidas pelo exame dos histogramas, que compõem os atributos espectrais individuais dos dados contidos nas amostras de treinamento. O método de classificação por máxima verossimilhança utiliza amostras de treinamento para cada classe e estima uma função de distribuição para as classes. Essa função descreve a probabilidade de se encontrar um pixel de uma determinada classe em uma determinada posição. A partir daí, uma região de decisão é determinada e cada pixel é avaliado. Um pixel pertence à classe com maior função de distribuição de probabilidade.

Neste trabalho optou-se por utilizar o método de classificação por pixel supervisionada, máxima verossimilhança, através do classificador MAXVER implementado no SPRING, software de domínio público do INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais) que permite a análise das amostras, sendo essa uma etapa importante para se obter uma boa classificação.

As Figuras 1 e 2 mostram respectivamente parte da mancha urbana costeira de Recife em imagem SPOT e em imagem Quick Bird. A altimetria de toda a área das bacias hidrográficas em estudo está em fase final de digitalização, objetivando a geração de subsídios para a montagem do modelo numérico do terreno, separação das bacias hidrográficas, quantificação do uso e ocupação do solo e daí a geração de toda a base de informações para suprir os modelos de simulação de fluxo. Verifica-se pelas figuras que a classificação da imagem obtida por satélite de alta resolução (Quick Bird) tem como proporcionar um grau de detalhamento muito maior do que a classificação da imagem obtida pelo satélite SPOT, representando assim com mais fidedignidade a área em estudo. Esse grau de detalhamento é necessário principalmente quando se trabalha com bacias hidrográficas de áreas urbanas onde a diversidade de informações no espaço é bastante variada.

A Figura 3 mostra a classificação feita a partir da imagem de alta definição.

MODELO NUMÉRICO DO TERRENO

Para gerar o MNT da área em exemplo foram utilizadas 26 cartas altimétricas na escala 1:2000. O resultado pode ser visualizado na Figura 4.

CONCLUSÕES

As modernas técnicas de sensoriamento remoto, de levantamentos em campo e o aprimoramento dos programas de análise e simulação têm simplificado sensivelmente o trabalho de interpretação e organização de dados espacialmente distribuídos. Em paralelo, a qualidade das informações geradas proporciona ganhos significativos de precisão aos resultados obtidos.

A pesquisa da qual resulta este trabalho é fruto de cooperação técnica do Grupo de Recursos Hídricos da

UFPE com órgãos das Prefeituras de Olinda e Recife e do Governo do Estado de Pernambuco, objetivando a melhoria dos processos de drenagem da planície costeira. Os resultados obtidos são discutidos e enviados a estas instituições, buscando-se assim a geração de produtos a partir de pesquisa que possam ter uso imediato ou a médio prazo para benefício da sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ávila, C. J. C. P., Assad, E. D., Verdesio, J. J., Eid, N. J., Soares, W., Freitas, M. A. V. (1999). "Geoprocessamento da Informação Hidrológica". O Estado da Águas no Brasil, ANEEL, 187-196.
EMLURB – Prefeitura da Cidade de Recife (2002). Cadastro de Canais da Cidade do Recife (em meio digital).
GIS Hydro 99. (2003). Watershed Characterization. In: <http://www.cwrw.utexas.edu/gis/gishydro99/watchar/watchar.htm>, 12/06/2003.
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE (1999). Tutorial Spring (Versão Windows).

Lillessand, T. M., Kiefer, R. W (1987). Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley & Sons, New York, 612p.
Maidment, D.R. (1998). "Exercício 4A: Simulação Mensal do Escoamento Superficial em Sub-bacia Amazônica - Excesso de Precipitação x Área." Série de exercícios para ArcView, Center for Research in Water Resources, University of Texas at Austin.
Mendes, C. A. B., Cirilo, J.A., (2001). Geoprocessamento em Recursos Hídricos - Princípios, Integração e Aplicação, Editora ABRH, 533p.
DHI (2002). MIKE11 – A Modelling System for Rivers and Channels – DHI Water & Environment (2002)
Novo, E. M. L. M. (1992). Sensoriamento Remoto – Princípios e Aplicações, 2ª edição, São Paulo, Brasil.
SECTMA - Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco (1997). Projeto de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica das Bacias dos Rios Beberibe, Capibaribe e Jaboatão - PQA / PE, Dez 97

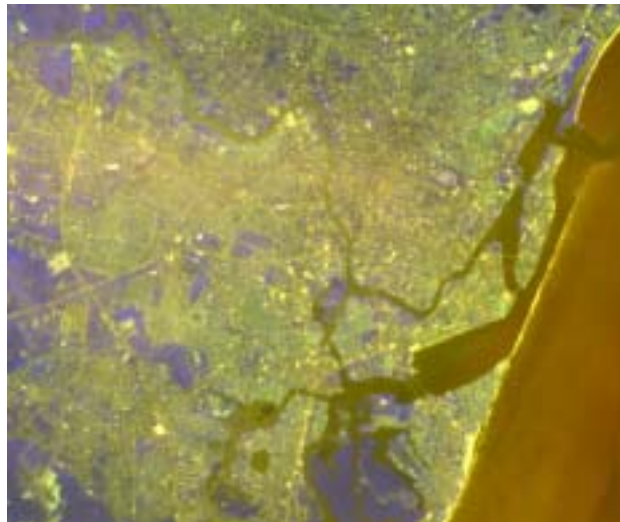


Figura 1 – Imagem SPOT de parte da RMR, com destaque para os principais rios e estuários



Figura 2 – Imagem Quick Bird da orla costeira, bacia e manguezal do Pina



Figura 3 – Imagem classificada da área

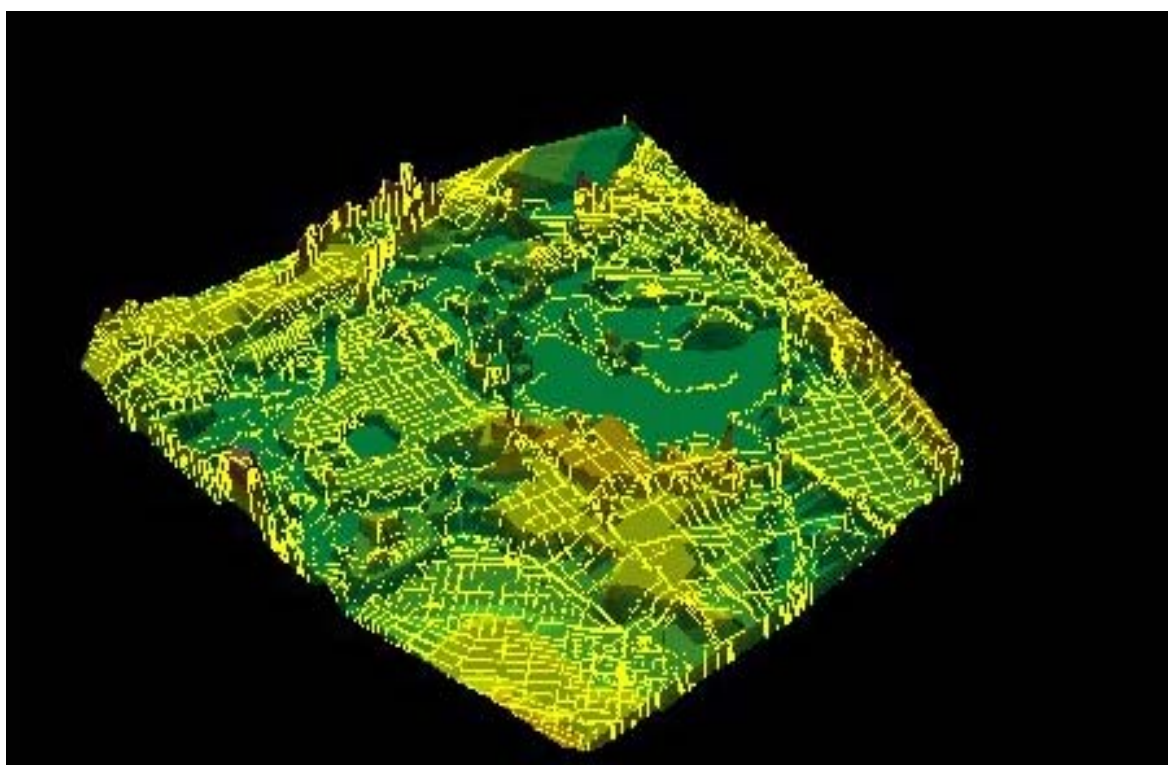


Figura 4 – Perspectiva 3D do modelo numérico do terreno e traçado urbano na área-exemplo