



## XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

### **SUORTE DE INFORMAÇÕES GEORREFERENCIADAS PARA PLANEJAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS – PROGRAMA PERNAMBUCO TRIDIMENSIONAL**

*José Almir Cirilo<sup>1</sup>; Fellipe Henrique Borba Alves<sup>2</sup>; Luis Augusto Clemente da Silva<sup>3</sup> &  
João Henrique de Andrade Lima Campos<sup>4</sup>*

**RESUMO** – Este trabalho apresenta o programa Pernambuco Tridimensional, destinado a gerar base de dados espaciais de alta definição para todo o território do estado, por meio de varredura a laser. O objetivo do programa é prover o estado de modelagem numérica detalhada do terreno e fotografias aéreas de alta resolução, gerando base de dados espaciais para suporte à ampliação da infraestrutura hídrica e sanitária e outras obras, bem como melhoria do planejamento territorial, minimizando os impactos sobre os recursos naturais e os custos decorrentes das intervenções.

**ABSTRACT**– This work presents the Three-Dimensional Pernambuco Program, to generate spatial database of high definition for the entire territory of the state, by means of laser scanning. The program's goal is to provide the state of detailed numerical modeling of terrain and aerial high-resolution photographs, generating spatial database to support the expansion of water and sanitation infrastructure and other works, as well as improvement of territorial planning, minimizing impacts on natural resources and the costs of the interventions.

**Palavras-Chave** – Geoprocessamento, LiDAR, Gestão Pública

---

1) Professor Titular do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru – PE, Brasil. Secretário Executivo de Coordenação Geral da Secretaria de Infraestrutura de Pernambuco (SEINFRA). [almir.cirilo@gmail.com](mailto:almir.cirilo@gmail.com)

2) Mestrando em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Depto. de Engenharia Civil da UFPE. Gestor de Planejamento de Obras Hídricas da Secretaria de Infraestrutura de Pernambuco (SEINFRA). [fellipehba@hotmail.com](mailto:fellipehba@hotmail.com)

3) Graduado em Geografia pela UFPE. Analista de Geoprocessamento da Agência Pernambucana de Águas e Clima, Secretaria de Infraestrutura de Pernambuco. [augusto.clemente@apac.pe.gov.br](mailto:augusto.clemente@apac.pe.gov.br)

4) Estudante de Graduação em Engenharia Civil no Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco. Recife – Brasil. [joaohalcamos@yahoo.com.br](mailto:joaohalcamos@yahoo.com.br)

## 1 – INTRODUÇÃO

A ausência de informações sobre as características do terreno, seu uso e ocupação é um grande entrave para a elaboração de planos e projetos que possibilitem o uso sustentável do solo urbano e rural. Projetos inadequados ou ausência de qualquer planejamento, associados à deficiência dos sistemas de fiscalização, trazem como consequência a proliferação de habitações em áreas de risco e danos aos recursos naturais, degradação e perda dos solos e da vegetação, contaminação das águas superficiais e subterrâneas, degradação de nascentes e áreas de recarga de aquíferos, entre tantos outros impactos. No caso de implantação de infraestruturas que requerem detalhamento preciso do terreno, como estradas, ferrovias, barragens, sistemas de irrigação, redes de água, esgotos, energia, gás, serviços de mineração e toda a gama de empreendimentos públicos e privados de maior porte, torna-se necessário realizar levantamentos da área a ser utilizada, para subsidiar os projetos e estudos ambientais.

A utilização de técnicas avançadas de planejamento do uso do solo urbano e rural pode trazer sensíveis ganhos de qualidade e rapidez para a elaboração de estudos, como planos diretores, e projetos de engenharia de maneira geral. Nesse contexto, a identificação adequada do relevo da área de interesse e a possibilidade de quantificar as transformações a serem nela implantadas são fundamentais para que as intervenções sejam as mais adequadas dos pontos de vista técnico, ambiental, econômico e social. Essa atividade, para grandes extensões territoriais, pode ser associada à aquisição, processamento e atualização de informações espaciais obtidas através de sensoriamento remoto. A fonte de dados e informações provém de varredura por satélites, levantamentos aerofotogramétricos convencionais ou perfilamentos a laser de superfície terrestre, com correções a partir de marcos georreferenciados em campo, que posteriormente geram os produtos desejados com a utilização de técnicas de geoprocessamento.

O programa Pernambuco Tridimensional (PE 3D), iniciado pela SEINFRA em março de 2014 e com conclusão prevista para junho de 2015, tem o objetivo de realizar varredura a laser e obter ortoimagens de alta resolução de toda a superfície territorial pernambucana, cuja área é de 98.148 km<sup>2</sup>. A tecnologia utilizada é a LiDAR (Light Detection And Ranging), com captura de dados realizada por sensores e câmeras instalados em oito aviões, operados pelas empresas contratadas para o serviço. O trabalho está sendo realizado em cinco frentes simultâneas, divididas territorialmente como mostra a Figura 1, cobrindo as 12 regiões de desenvolvimento do estado de Pernambuco.

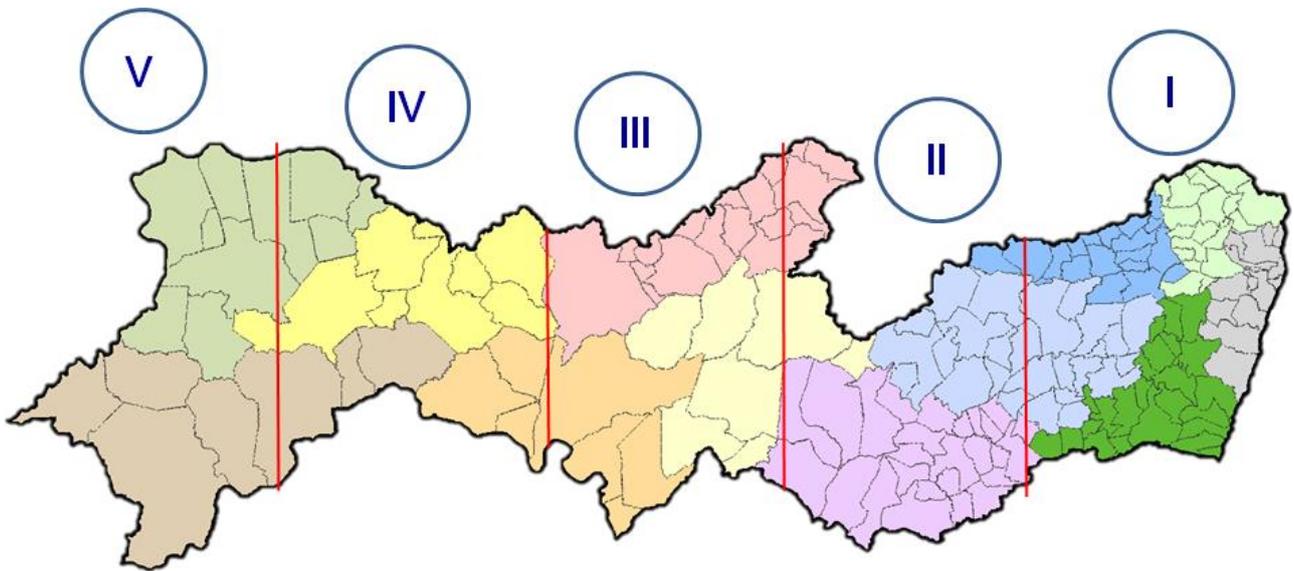


Figura 1 – Divisão do território de Pernambuco em cinco lotes para cobertura do perfilamento a laser.

O PE 3D é a extensão de trabalho concluído em 2011, pela então Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos (SRHE), antecessora da SEINFRA, logo após as grandes inundações ocorridas em diversas regiões do estado, principalmente na Mata Sul (2010/2011) e no Agreste Meridional (2010), provocando inundações catastróficas em Alagoas. Esse levantamento foi restrito aos estirões dos rios e áreas alagáveis adjacentes (compatível com escala 1:5000) e cidades atingidas (escala 1:2000) nas bacias hidrográficas dos rios Una, Mundaú e Sirinhaém, ilustradas na Figura 2, em área pouco superior a 1 200 km<sup>2</sup>.

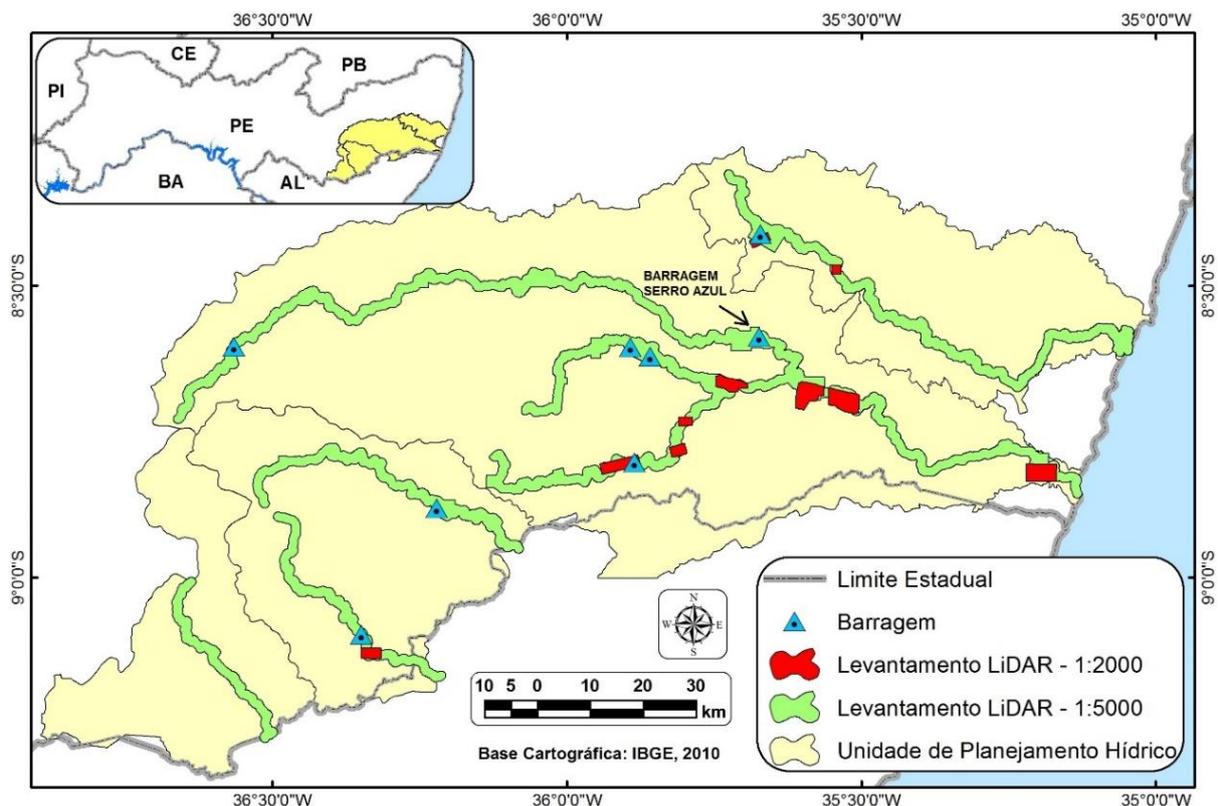


Figura 2 – Representação das áreas atendidas pelo primeiro perfilamento a laser em Pernambuco.

Os produtos contratados são:

- Recobrimento aerofotogramétrico e geração de ortoimagens (1:5000) com GSD de 50 cm
- Recobrimento aerofotogramétrico e geração de ortoimagens (1:1000) com GSD de 12 cm
- Perfilamento laser e geração de modelos digitais de terreno (1:5000) com erro altimétrico

menor que 25 cm

- Perfilamento laser e geração de modelos digitais de terreno (1:1000) com erro altimétrico menor que 10 cm

- Implantação de 40 marcos geodésicos.

O perfilamento a laser está levantando 4 pontos cotados para cada m<sup>2</sup>. Considerando a área a ser coberta, a base de dados contará com 392 bilhões de pontos com coordenadas planas e altitude conhecidas. Os levantamentos compatíveis com a escala 1:1000 estão sendo realizados para as principais sedes municipais de Pernambuco, enquanto que na escala 1:5000 o recobrimento se fará para todo o território. Na medida em que os dados do PE 3D forem consistidos e validados, a SEINFRA os disponibilizará para uso geral pela internet.

Embora a tecnologia LiDAR tenha tido as primeiras aplicações no final do século passado, ainda poucas regiões do mundo aproveitaram o potencial da ferramenta para cobrir integralmente o seu território.

O método mais tradicional, a Fotogrametria, concentra-se essencialmente na aquisição e processamento de imagens, obtidas através de câmeras analógicas ou digitais, para obtenção de imagens retificadas, Modelos Digitais de Terreno (MDT) e restituição das principais feições da área de interesse. Segundo Brandalize (2003), na Fotogrametria pode-se obter um MDT, manualmente, a partir da coleta de pontos com o uso de Estereoscopia em aparelhos restituidores ou estações digitais. Os pontos são obtidos através da leitura de coordenadas em perfis consecutivos ou através da obtenção de uma grade regular de pontos extraídos por curvas de nível, pontos cotados e linhas estruturais, obtidos por captação fotogramétrica.

Os satélites espaciais, por sua vez, possuem diversas finalidades de uso e especificidades que caracterizam as imagens geradas em diferentes resoluções espacial, temporal, espectral ou radiométrica. Um satélite possui sensores que medem a radiação eletromagnética, transformada em um sinal elétrico, proveniente dos objetos imageados (Moraes, 2002). Os intervalos de comprimento de onda captados pelo sensor são chamados de bandas. A partir das informações contidas em cada banda é possível adotar metodologias aplicadas para geração de produtos em diversas áreas de conhecimento como meteorologia, agricultura e estudos ambientais (Meneses *et al.*, 2012).

A necessidade de se obter uma base altimétrica global confiável fez com que, em fevereiro de 2000, fosse estabelecido um projeto de cooperação entre diversas instituições, entre elas a National Aeronautics and Space Administration (NASA). Essa cooperação realizou uma missão com duração

de 10 dias, a bordo da nave Endeavour, que coletou dados topográficos de alta resolução da superfície terrestre entre as latitudes -54° e 60° tanto Norte quanto Sul. Os dados foram coletados usando um método denominado de interferometria radar por única passagem, que é um sistema de imageamento radar Shuttle com espaçamento de 60 metros. Esta tecnologia é baseada no Imageamento Radar Espacial (RIVIX, 2000). Para as regiões imageadas, com exceção dos Estados Unidos, a base de dados disponibilizada publicamente é a SRTM-90, com pontos cotados espaçados aproximadamente 90 m entre si. Sobre ela o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) realizou trabalho de preenchimento de falhas e interpolação, o que deu origem ao TOPODATA – base de dados espaciais de todo o território nacional equivalente, segundo os autores, à base de dados SRTM com pontos cotados a cada 30 m (Valeriano, 2008). Dependendo dos objetivos que se deseja alcançar, um MDT gerado a partir da base de dados SRTM-90 pode ser bastante satisfatório, como mostrado por Liu et al. (2005). Como exemplo pode ser citado um trabalho relevante para o Nordeste, o Atlas Nordeste Abastecimento Urbano de Água, desenvolvido pela Agência Nacional de Águas – ANA (ANA, 2006). O Atlas envolveu a avaliação da disponibilidade hídrica de todo o Nordeste. Para isso, foi modelado o relevo, divisores de água e a rede hidrográfica utilizando o SRTM-90, como suporte aos estudos hidrológicos.

A precisão altimétrica da base global SRTM, porém, não atende aos requisitos de precisão demandadas para muitos estudos e projetos. Assim, com o objetivo de complementar e integrar um novo recurso de aquisição de dados surgiu uma técnica propondo aerolevantamentos para obter uma varredura a laser do terreno. Usualmente conhecida como tecnologia LiDAR (Light Detection And Ranging), o método consiste na emissão de feixe de laser, emitido com auxílio de espelhos, em direção a objetos. Um sistema é encarregado de captar o tempo entre a emissão e a recepção do pulso para obter a distância entre o receptor e o objeto. O emissor e receptor dos pulsos é, normalmente, instalado em aeronaves, havendo também a possibilidade de instalação de câmeras para obtenção de ortofotografias no mesmo aerolevantamento.

O recobrimento laser gera uma nuvem de pontos com distribuição irregular que, após pós-processamento, permite a geração de Modelos Digitais do Terreno e de Elevação, MDT e MDE. A superfície do terreno gerada a partir de perfilamento a laser pode auxiliar nas inúmeras áreas de conhecimento que dependem de informações altimétricas como Cartografia, Geografia e Engenharia.

## **2- APLICAÇÕES DE PERFILAMENTO A LASER EM PERNAMBUCO**

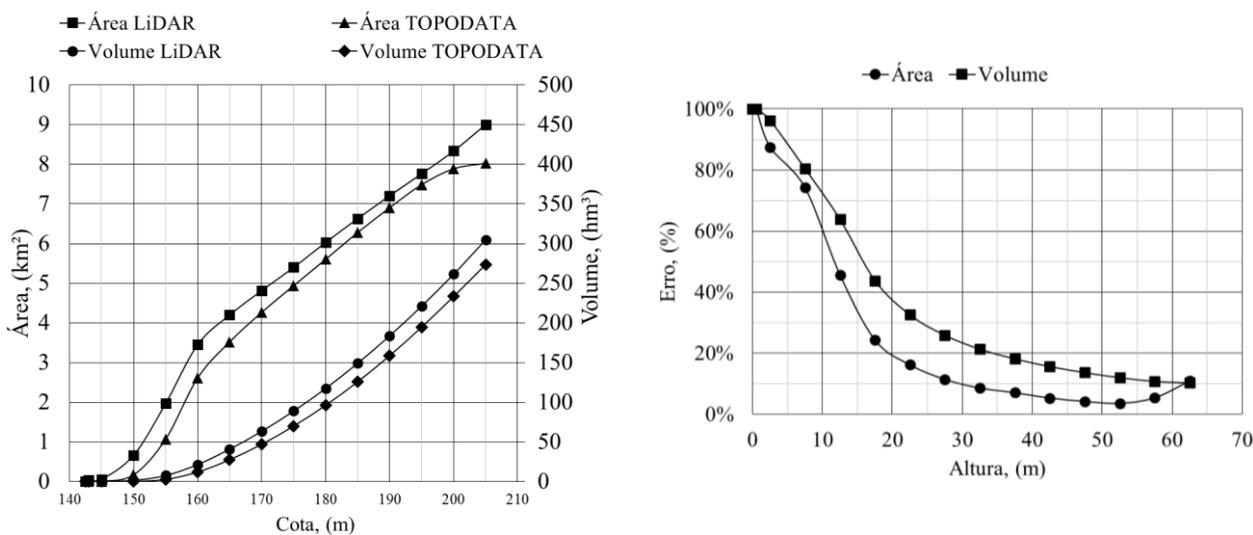
Desde 2010, a Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos de Pernambuco e agora sua sucessora, a Secretaria de Infraestrutura, tem desenvolvido e/ou contratado estudos e projetos para implantação de oito barragens destinadas a controle de cheias e outros usos, nas regiões da Mata Sul

e Agreste do estado. A locação das obras está indicada na Figura 2. Todas as áreas de influência das barragens foram mapeadas por varredura a laser, com erro altimétrico atestado após a execução do levantamento menor que 16 cm. Destas barragens, a de maior porte é Serro Azul, cuja locação é destacada na Figura 2. Sua capacidade de acumulação de 303 milhões de m<sup>3</sup> lhe atribui o papel principal entre as quatro barragens da bacia do rio Una no controle de cheias.

Uma análise essencial para definição das dimensões do barramento é a curva cota-área-volume, que define, para diferentes cotas, qual a área do espelho d'água e o volume possível de acumulação.

Alguns autores têm comparado a precisão de MDT gerado a partir do SRTM-90 em relação ao MDT gerado com levantamentos a laser (Liu *et al.*, 2005, Shi *et al.*, 2012). Identificadas as deficiências, resta avaliar se as mesmas prejudicam o objetivo a ser alcançado.

Comparando as bases de dados TOPODATA/SRTM e LiDAR, apresenta-se na Figura 3 a comparação dos resultados obtidos com as duas bases de dados e os desvios para diferentes alturas da barragem. Esses desvios, elevados para as primeiras cotas, tenderam a se estabilizar em patamares da ordem de 10% para as cotas maiores. Considerando situações onde não se disponha de varredura a laser, os dados obtidos por meio do TOPODATA/SRTM são razoáveis para estudos de concepção e escolha dos eixos barráveis.



a) Curvas cota-área-volume

b) Desvios dos valores de área e volume

Figura 3 – Cálculo de áreas e volumes correspondentes ao eixo da barragem de Serro Azul utilizando dados TOPODATA e LiDAR.

Além da construção das barragens, o perfilamento a laser serviu como base para projeto de ampliação da calha fluvial e retirada de singularidades do curso do rio Una no perímetro urbano de Palmares, bem como para programa de reordenamento da ocupação das margens, como ilustrado na. A definição dessas intervenções teve suporte de modelo matemático de simulação hidrológica, para avaliar a formação das enchentes na bacia do rio Una a partir das precipitações, e de modelo matemático para simular os efeitos hidrodinâmicos de propagação das ondas de cheia ao longo dos

rios, para eventos ocorridos entre 2000, 2004, 2010 e 2011. Em 2010 a consequência foi inundação devastadora ocorrida principalmente nas cidades de Palmares (Figura 4), Água Preta e Barreiros, ao longo do rio Una, na zona da mata sul pernambucana.

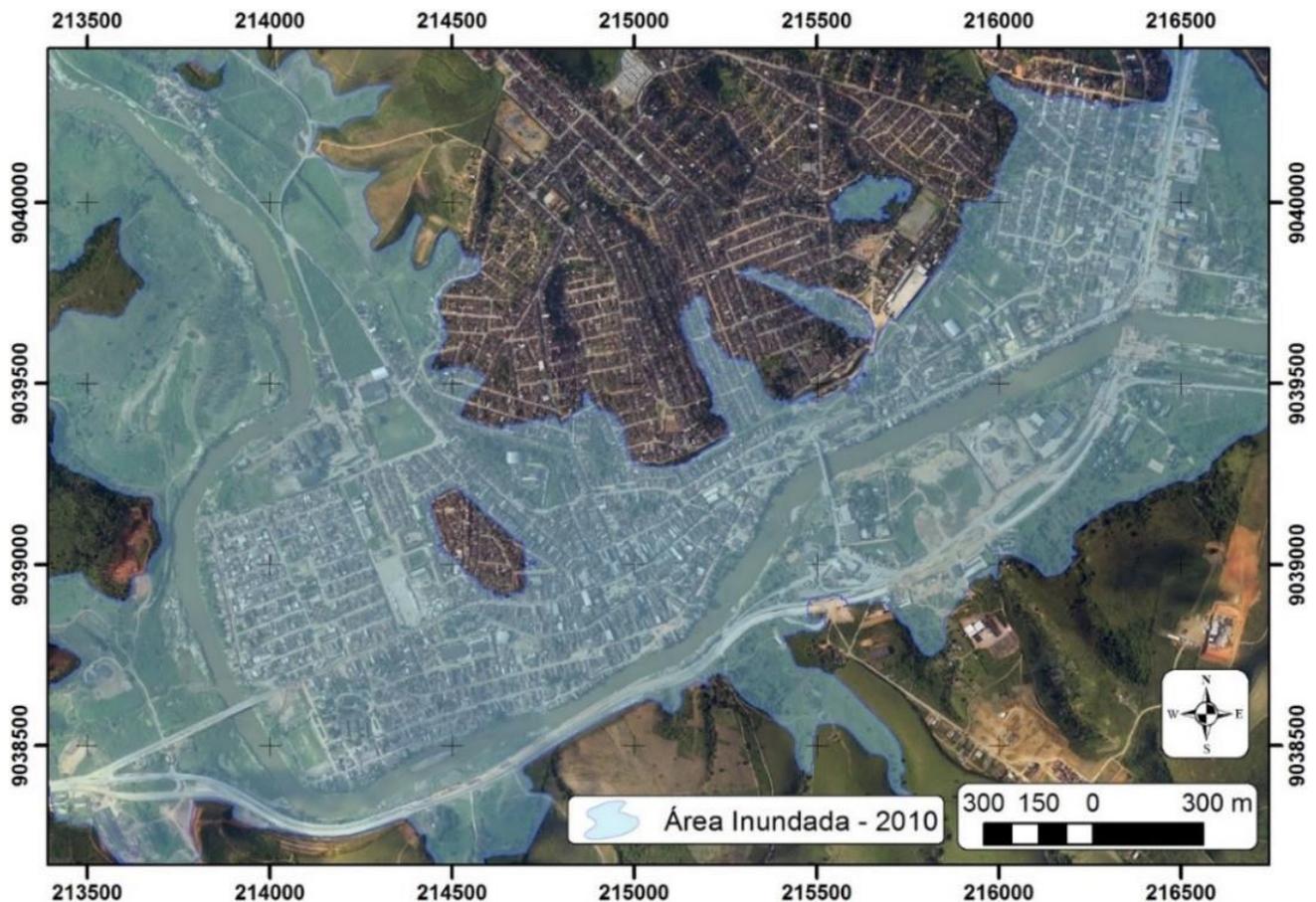


Figura 4 – Simulação da área inundada em Palmares no evento de 2010 (Dantas, 2012).

Uma das vantagens da representação do relevo em MDT's é a possibilidade da discretização dos pontos que compõem o modelo. A partir da distribuição dos pontos pode-se empregar técnicas de análise espacial para identificação de elementos de interesse, como por exemplo estudos de rotas e caminhos. Para o caso de implantação de infraestrutura, é possível identificar possíveis traçados levando em consideração a distância do trecho e a variação das declividades. Essas variáveis são calculadas para representar uma matriz de custos que define a melhor alternativa para o problema de engenharia. Tais técnicas possibilitam o desenvolvimento de projetos melhores e redução de custos de implantação para obras como canais, adutoras, redes elétricas, gasodutos e estradas, como exemplos.

## 4 – CONCLUSÕES

Os modelos digitais gerados a partir dos dados LiDAR têm proporcionado o desenvolvimento de projetos e implantação de obras hídricas em Pernambuco com sensível melhora de qualidade e redução de tempo de execução. O Programa Pernambuco Tridimensional tem o objetivo de ampliar a base de conhecimento do território pernambucano com a mesma qualidade das áreas levantadas nas regiões mais atingidas pelas inundações. Desta forma, Pernambuco passará a dispor de uma notável base de dados espaciais para todas as atividades que requeiram o conhecimento do terreno, tanto nas áreas urbanas como nos ambientes rurais. O programa Pernambuco Tridimensional, na medida em que os levantamentos sejam disponibilizados, possibilitará o planejamento da ocupação do território e a implantação de infraestruturas com muito mais rapidez, economia e sustentabilidade.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às instituições envolvidas neste trabalho: Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos/Secretaria de Infraestrutura de Pernambuco, Agência Pernambucana de Águas e Clima, Universidade Federal de Pernambuco, ITEP – Instituto de Tecnologia de Pernambuco, CPRM – Serviço Geológico do Brasil, CNPq, Banco Mundial. Igualmente agradecem às pessoas que representam esses órgãos no desenvolvimento dos produtos aqui descritos, especialmente aos Engenheiros Carlos Eduardo Dantas e Keyla Almeida, da CPRM, Prof. Alfredo Ribeiro Neto e doutorando Edilson R. Silva, da UFPE, e ao Eng. Ivan Dornelas, Diretor do ITEP.

## 5 – BIBLIOGRAFIA

ANA. (2006). “Atlas Nordeste: abastecimento urbano de água: alternativas de oferta de água para as sedes municipais da Região Nordeste do Brasil e do norte de Minas Gerais”. Agência Nacional de Águas (ANA), Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília: ANA, SPR, 80p.

Brandalize, A.A. (2003). “Perfilamento a laser: Comparação com Métodos Fotogramétricos.” Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S/A. Curitiba/PR. Disponível em: <[www.lidar.com.br/arquivos/brandalizeperf.pdf](http://www.lidar.com.br/arquivos/brandalizeperf.pdf)>. Acesso em: 20/05/2014.

Dantas, C.E.O. (2012). “Previsão e Controle de Inundações em Meio Urbano com Suporte de Informações Espaciais de Alta Resolução.” Tese de Doutorado, UFPE, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Recife. 221p.

Dantas, C.E.O.; Cirilo, J. A.; Ribeiro Neto, A.; Silva, E. R. (2014). “*Caracterização da Formação de Cheias na Bacia do Rio Una em Pernambuco – II: Análise Estatística Regional.*” Revista Brasileira de Recursos Hídricos, (aceito para publicação).

Liu, X.; Peterson, J.; Zhang, Z. (2005). “*High-Resolution DEM Generated from LiDAR Data for Water Resource Management.*” Centre for GIS, School of Geography and Environment Science Monash University.

Mendes, C.A.B.; Cirilo, J.A. (2013). “*Geoprocessamento em Recursos Hídricos Princípios, Integração e Aplicação.*” 2ª. Edição Revista e Ampliada. Porto Alegre: ABRH,533p.

Meneses, P. R.; Almeida, T.; Santa Rosa, A. N. C.; Sano, E. E.; Souza, E. B.; Baptista, G. M. M.; Brites, R. S. (2012). “*Introdução ao Processamento de Imagens e Sensoriamento Remoto.*” Brasília: CNPq, 276p.

Moraes, E. C. (2002). “*Fundamentos de Sensoriamento Remoto.*” Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 23p. Disponível em: <[http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/CAP1\\_ECMoraes.pdf](http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/CAP1_ECMoraes.pdf)>Acesso em: 20/05/2014.

RIVIX, (2000). “*RiverTools User Guide.*” Rivix Co. UsGuide.pdf. 486 p.

Shi, X.; Girod, L.; Long, R.; DeKett, R.; Philippe, J.; Burke, T. (2012). “*A comparison of LiDAR-based DEMs and USGS-sourced DEMs in terrain analysis for knowledge-based digital soil mapping.*” Geoderma, v. 170, p. 217-226.

Valeriano, M. M. (2008). “*TOPODATA: Guia para utilização dos dados geomorfológicos locais.*” Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 75p. Disponível em: <<http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.11.19.24/doc/publicacao.pdf>> Acesso em: 20/05/2014.