



## MODELAGEM TOPOGRÁFICA E HIDROLÓGICA DE REGIÕES PROPENSAS A ALAGAMENTOS E INUNDAÇÕES EM ÁREA URBANA DE ARACAJU - SE

S. D. R. S. e SILVA<sup>1</sup>, F. das D. A. MIRANDA<sup>2</sup>, F. A. MIRANDA<sup>3</sup>, L. A. MENDES<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal da Bahia, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Federal de Sergipe, Brasil

Comissão II - Geodésia, Astronomia, Topografia e Agrimensura

### RESUMO

A cidade de Aracaju – SE sofre há muitos anos com problemas de alagamentos e inundações decorrentes do processo de transformação do espaço urbano sem um planejamento prévio ou adequado. O reflexo disto traz inúmeras complicações à população, impactando sobremaneira a mobilidade urbana nessas regiões e a qualidade de corpos receptores por meio de poluição difusa. A investigação da extensão das regiões suscetíveis aos problemas de inundações e alagamentos pode ser realizada de forma remota, utilizando para tanto ambiente computacional. São usados softwares que permitem realizar o gerenciamento dessas áreas, proporcionando otimização de tempo, redução de custos e possibilidades de geração de diferentes cenários, oportunizando, ainda, a realização de análises temporais bem como a predição de cenários futuros. Os resultados desta pesquisa buscam mostrar as potencialidades do uso do Software livre QGis como uma ferramenta de gestão, proporcionando a criação de cenários de análises hidrográficas e topográficas.

**Palavras chave:** Bacias Hidrográficas, Modelagens, Inundações.

### ABSTRACT

The city of Aracaju - SE has been suffering for many years with problems of flooding and inundations resulting from the process of transformation of urban space without prior or adequate planning. The reflex of this brings innumerable complications to the population, impacting greatly the urban mobility in these regions and the quality of receiving bodies through diffuse pollution. The investigation of the extension of the regions susceptible to the problems of inundations and floods can be carried out remotely, using for such a computational environment. Softwares are used to manage these areas, providing optimization of time, cost reduction and the possibility of generating different scenarios, also offering the possibility of performing temporal analyzes as well as predicting future scenarios. The results of this research seek to show the potential of using the Free Software QGis as a management tool, providing the creation of scenarios of hydrographic and topographic analyzes.

**Keywords:** Watersheds, Modeling, Floods.

### 1- INTRODUÇÃO

O uso e ocupação do solo em ambientes físicos caracterizados como frágeis vêm gerando uma série de problemas, como aumento da frequência de alagamentos e inundações, que impactam a mobilidade urbana e a qualidade de corpos receptores através da poluição difusa. Uma das razões é que o desenvolvimento urbano de regiões, principalmente de grande densidade populacional como a cidade de Aracaju – SE, não são acompanhados por políticas públicas e implantação de infraestrutura convenientes, ou seja, não há planejamento urbano adequado.

Considerando-se que a expansão da cidade de Aracaju – SE, ocorreu em uma área inundável repleta de lagoas, pântanos, manguezais, relativamente baixa em relação ao nível do mar, e de pequenos cursos d'água tais como os riachos Aracaju, Caborge, Tramandaí e Olaria, elementos estes que foram sendo totalmente descaracterizados por meio de aterros com materiais de vizinhança ou que acabaram canalizados (SOUZA, 2005 E VILAR, 2006) fica demasiadamente claro que não foram observadas as características naturais dos ambientes ocupados, uma vez que a porcentagem de solo coberta por superfícies impermeáveis é elevada. Essa situação se agrava com a influência das marés e afogamento dos sistemas de

macro e microdrenagem existentes, sobretudo em áreas de baixas altitudes, mais vulneráveis a alagamentos, pois o direcionamento das águas pluviais da cidade se dá exclusivamente por gravidade (GIAU, 2010).

Sabendo-se que as principais condições naturais para ocorrência de inundações e alagamentos são relevo, precipitação, cobertura vegetal e a capacidade de drenagem, para esse trabalho utilizou-se o Modelo Digital de Elevação – MDE, dados pluviométricos de épocas de grandes volumes de chuva, curvas de nível da área de estudo e o Software QGis para manipulação e análise dos dados.

Ao final da pesquisa pôde-se realizar a identificação das áreas que sofrem com inundações decorrentes do processo de transformação do espaço urbano sem um planejamento prévio. Tais resultados foram validados a partir de informações coletadas em pontos de alagamento. Os resultados desta pesquisa buscam mostrar as potencialidades do uso do Software livre QGis, como uma ferramenta de gestão, proporcionando a criação de cenários de análises hidrográficas e topográficas.

## 2-IMPORTÂNCIA DE MODELAGENS TOPOGRÁFICAS E HIDROLÓGICAS EM AMBIENTE SIG PARA A PREVISÃO DE ÁREAS INUNDÁVEIS

Segundo Maidment (2002), um gerenciamento de recursos hídricos adequado, aliado a uma política pública de uso e ocupação do solo são fundamentais para evitar as grandes catástrofes oriundas da ocupação irregular das margens dos rios, já que os fenômenos hidrológicos ocorrem de forma aleatória sendo impossível determinar a sua intensidade, frequência ou onde irá ocorrer.

A identificação de áreas vulneráveis a inundações e alagamentos se faz relevante e urgente, uma vez que estudos realizados por meio de modelagens topográficas e hidrológicas podem apontar possíveis alternativas à expansão urbana e a soluções de problemas relacionados ao escoamento de chuvas em ambientes mal planejados, impermeabilizados ou com infraestrutura de drenagem inadequada ou inexistente.

A investigação da extensão das regiões pode ser realizada com o uso de geotecnologias, em ambiente SIG, reduzindo custos, otimizando o tempo de manipulação de dados, predizendo diferentes cenários com análises temporais destes. Atualmente diferentes softwares são utilizados para realização de análises hidrológicas e topográficas, dentre eles, o Software QGis, que, dentre outras funções, possibilita a realização de análises de bacia hidrológicas, permite a criação de modelos de inundação, modelos de cheias de rios, assim como outras modelagens de cunho ambiental.

## 3- METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizado o programa QGis 2.41.13, bem como imagens SRTM correspondentes à área do estado de Sergipe. Essas imagens possuem resolução espacial de 30m e foram adquiridas na página do TopoData – Banco de Dados Geomorfológicos do Brasil, estando referenciadas ao sistema WGS84.

Para a geração dos modelos hidrológicos e topográficos a partir de imagens SRTM foi necessário realizar a mosaicagem das mesmas e, posteriormente, realizar a conversão do sistema de referência WGS84 para o sistema de referência SIRGAS 2000, projeção cartográfica UTM e fuso zona 24 S. O passo seguinte consistiu na extração das curvas de nível com equidistância vertical de 10m. A partir das curvas de nível foi possível gerar o Modelo Digital de Terreno – MDT. Para otimizar o processo, realizou-se o recorte da área de estudos por meio de um shape com os limites do município de Aracaju.

A partir do complemento Grass 7.2.0, do programa QGis 2.41.13, foi possível realizar a delimitação automática das microbacias e a extração da hidrografia sob o MDT gerado. Este complemento permite a realização de quatro processos em um único passo, sendo eles: direção de fluxo, fluxo acumulado, extração da hidrografia e geração das bacias hidrográficas.

Além disso, as áreas de inundações foram extraídas a partir do MDT, onde foram gerados curvas de níveis com equidistâncias igual a 1m. Após a geração das curvas de nível foi realizado uma extração de nós, uma interpolação dos dados em seguida e por último uma matemática no resultado da interpolação.

## 4- RESULTADOS E ANÁLISES

Como resultados do processo, têm-se: mapa de direção de fluxo (figura 1), mapa de fluxo acumulado (figura 2), hidrografia (figura 3), mapa das microbacias (figura 4) e mapas que apresentam áreas suscetíveis a inundação (figura 5 e 6).

O mapa de direção de fluxo de água apresenta a direção do escoamento da mesma, o que possibilita verificar a tendência e avaliar quais regiões de fato influenciam nas áreas de inundação.

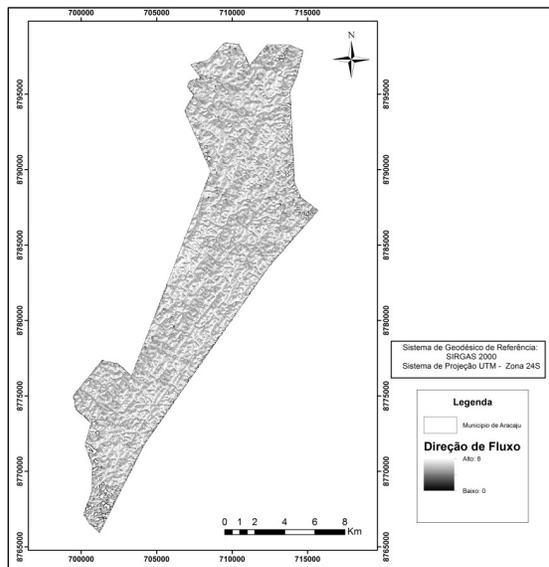


Figura 1- Mapa de direção de fluxo

A partir do mapa de fluxo de direção de água foi possível gerar o mapa de fluxo acumulado. Nele podem ser observadas as regiões que possuem maior concentração de água dentro da bacia, o que possibilita demarcar a rede de drenagem, isto é, rios principais e seus afluentes.

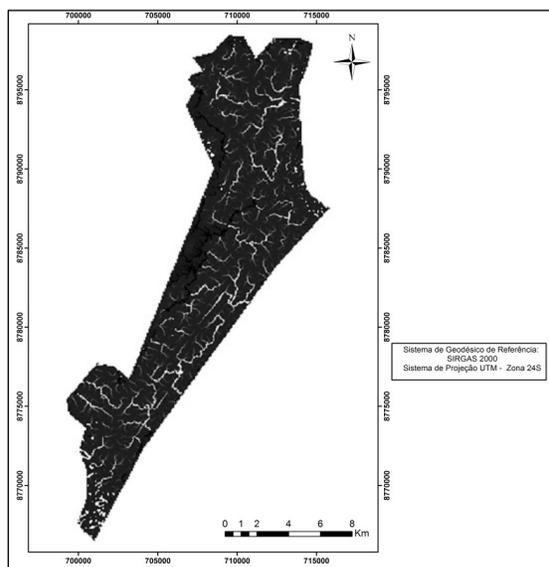


Figura 2- Mapa de fluxo acumulado

A rede de drenagem, bem como sua classificação hierárquica, foi obtida a partir da determinação do fluxo de direção e de acumulação. A ordem dos rios é um fator importante para o estudo de

áreas de inundação, pois ela permite identificar, qualitativamente, a magnitude de um rio e o grau de ramificação dentro de uma bacia.

Uma vez identificada a rede de drenagem, é possível determinar a densidade de drenagem da bacia, característica morfométrica relevante para avaliar se uma bacia tem maior ou menor propensão a inundações. A densidade de drenagem é definida como a relação entre comprimento total da rede de drenagem e a área da bacia. Quanto maior a densidade de drenagem, mais rapidamente o escoamento alcança a seção de controle e maior o pico de vazão de cheia.

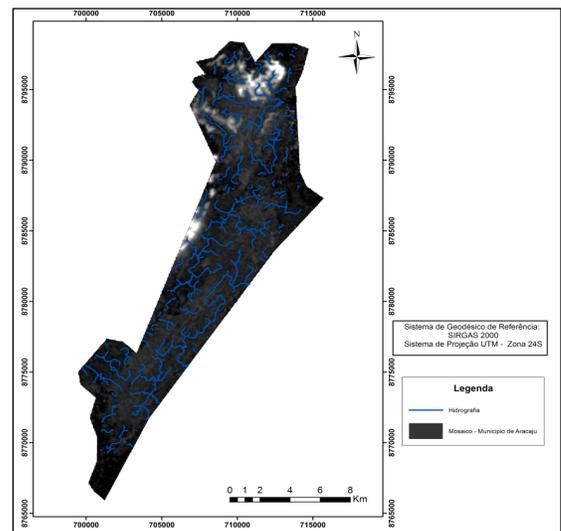


Figura 3- Hidrografia extraída do MDT

A seguir podem ser visualizadas as microbacias existentes no município de Aracaju – SE, delimitadas a partir do uso de imagens SRTM. Ao se comparar os limites das microbacias com a rede de drenagem verifica-se que os resultados são satisfatórios.

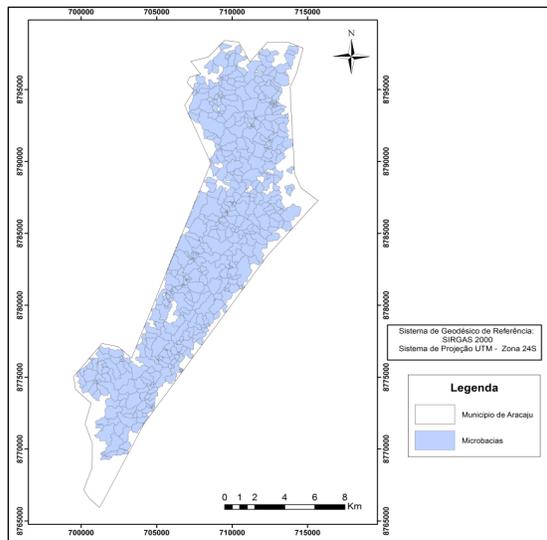


Figura 4- Microbacias hidrográficas do Município de Aracaju - SE

A partir da delimitação das microbacias, torna-se possível avaliar outra característica associada à resposta da bacia às chuvas, que é a forma da bacia. Bacias de formato mais alongado respondem de maneira mais lenta às chuvas do que as bacias de formato mais circular, pois nestas últimas o escoamento de um grande número de cursos d'água tende a chegar aproximadamente ao mesmo tempo à seção de controle. Há diferentes coeficientes utilizados para quantificar a forma da bacia ou seu grau de compactidade, associados à área e ou ao perímetro da bacia.

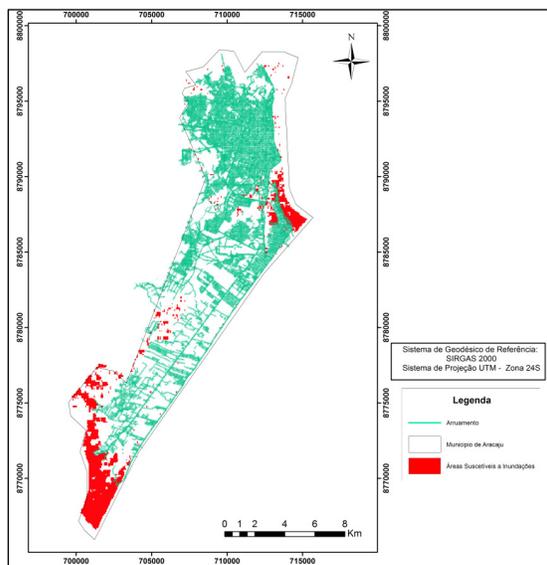


Figura 5- Áreas suscetíveis à ocorrência de inundações no município de Aracaju – SE

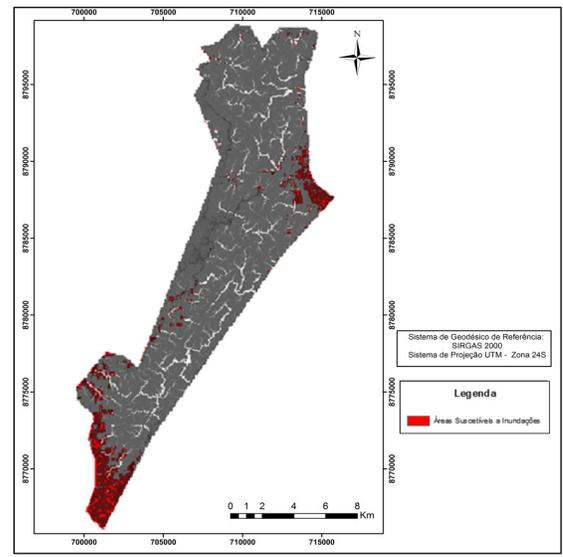


Figura 6- Áreas suscetíveis à ocorrência de inundações no município de Aracaju – SE sobre o mapa de fluxo e acumulação da drenagem

A partir da análise gerada torna-se possível identificar as áreas mais propensas a inundações. As áreas destacadas em vermelho, figuras 5 e 6, representam as regiões suscetíveis à ocorrência de inundações. As mesmas foram geradas a partir das curvas de nível, extraídas do MDT, o que pode ter proporcionado algumas inconsistências no mapa e ainda descontinuidades na detecção dessas áreas.

Essas descontinuidades e falhas podem ser percebidas nas áreas dos bairros Coroa do Meio e 13 de Julho, onde foram detectados apenas alguns pixels do MDT para a caracterização das áreas sujeitas a inundações. Entretanto, ao se analisar somente a figura 6, onde as áreas suscetíveis a inundações foram sobrepostas ao mapa de fluxo e acumulação da drenagem, percebe-se a detecção de alguns pixels nas áreas próximas dos principais canais.

## 5 – CONCLUSÕES

Aracaju é uma cidade cercada por rios, córregos e manguezais, além de possuir inúmeros canais. Devido a esses fatores, sempre apresentou histórico de alagamentos e inundações. Essa situação se agrava ainda mais quando chuvas intensas ocorrem justamente no período de alta de marés, as quais avançam pelos canais, impedindo que estes conduzam as águas da chuva. Tais circunstâncias causam inúmeros transtornos à população pelo transbordamento dos mesmos.

Devido a isso, constata-se que a modelagem das áreas que sofrem inundações não se mostrou adequada com o uso apenas do MDT para alguns

bairros da cidade, principalmente os da zona Sul como o bairro 13 de Julho. Essas áreas possuem altitudes próximas ao nível do mar, que é um fator que favorece a invasão das marés, conseqüentemente, provocando inundações e alagamentos.

Assim, para uma melhor análise e modelagem dos dados dessas regiões específicas, se faz necessário a inserção de índices de marés ao conjunto de observações.

Na região do bairro Coroa do Meio, a modelagem com MDT se mostrou eficiente, pois a mesma apresenta a área de risco de inundação condizente com a realidade. Nesta região, houve uma invasão do nível do mar e atualmente existe um sistema de proteção, feito a base do aterramento de pedras (quebra-mar) para conter o avanço das águas e minimizar a ocorrência de alagamentos.

Para a obtenção de um melhor cenário, recomenda-se o uso de alguns dos plug-ins do QGIS, como Grass e SAGA, uma vez que esses plug-ins fazem uma análise de multicritério a partir de um conjunto de informações, tais como: uso do solo, curvas de nível, informações das bacias, mapas de fluxo e mapa de acumulo e dados pluviométricos.

Entretanto, apesar de algumas inconsistências, a metodologia utilizada se mostra eficiente, principalmente para ser aplicada em condições onde existem poucas informações espaciais, isto é, torna-se possível fazer uma avaliação primária de áreas sujeitas a inundação, dispondo apenas de imagens SRTM, disponibilizadas de forma gratuita.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Giau - Gestão Integrada das Águas Urbanas em Aracaju SE/Brasil. Relatório do Diagnóstico Qualitativo Grupo Técnico GIAU. Aracaju, 2010. Disponível em: < [http://www.semarh.se.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/gestao\\_integrada\\_aguas\\_urbanas\\_aracaju.pdf](http://www.semarh.se.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/gestao_integrada_aguas_urbanas_aracaju.pdf) >. Acesso em: 12 setembro 2017.

Maidment, D. 2002. Arc Hydro GIS for water resources, Redlands, California, USA, 203 páginas.

Souza, F. A. S. 2005. Um olhar sobre Aracaju em busca de um novo paradigma urbano em Aracaju: 150 anos de vida urbana, PMA/SEPLAN, Aracaju – SE, Brasil, pp. 41-52.

Vilar, J. W. C. 2006. Evolução da Paisagem Urbana do Centro de Aracaju em O Ambiente Urbano: Visões Geográficas de Aracaju. Editora da UFS, 1 ed. São Cristóvão – SE, Brasil, pp. 45-67.