

## MODELAGEM DE REDE APLICADA A ELABORAÇÃO DE ROTAS ALTERNADAS À PONTOS DE ALAGAMENTOS NA CIDADE DE TERESINA – PIAUÍ

*A. P. S. F. Mendes<sup>1</sup>, M. F. L. O de Sousa<sup>1</sup>, D. A. Santos<sup>1</sup>, F. P. R. De Sousa<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Piauí, Brasil

**Comissão VI - Sistemas de Informações Geográficas e Infraestrutura de Dados Espaciais**

### RESUMO

A ineficiência na rede de drenagem associada a outras condições originam às áreas alagadas, produzindo riscos socioambientais e econômicos a comunidade. Diante disso, esse trabalho desenvolveu um estudo sobre alagamentos em dois bairros de Teresina, usando Sistema de Informações Geográficas (SIG), Banco de Dados Geográficos (BDG) e modelagem de rede para traçar rotas alternativas aos pontos de alagamento. Como resultado estruturou-se uma base de dados onde os usuários obtiveram caminhos entre dois pontos quaisquer do mapa, evitando as restrições (pontos de alagamentos), apontando assim para a eficiência dessas metodologias na aplicação proposta para a região.

**Palavras-chave:** Banco de Dados Geográficos, Mobilidade Urbana, Sistema de Informações Geográficas.

### ABSTRACT

The inefficiency in the drainage network associated with other conditions originates to flooded areas, producing socio-environmental and economic risks to the community. This work developed a study on flooding in two districts of Teresina, using Geographic Information System (GIS), Geographic Database (BDG) and network modeling to trace alternative routes to flood points. As a result a database was structured where users obtained paths between any two points of the map, avoiding the restrictions (flood points), thus pointing to the efficiency of these methodologies in the proposed application for the region..

**Keywords:** Geographic Database, Urban Mobility, Geographic Information System.

## 1- INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado da população e a expansão urbana transformam a paisagem e o ambiente das cidades, como o uso indiscriminado do solo, substituição da cobertura vegetal por construções civis, impermeabilização do solo, entre outras. Essas transformações do ambiente são mais perceptíveis nos centros urbanos. (Monteiro et. al, 2012) afirma que as áreas urbanas são atualmente o grande ambiente de vivência da humanidade e onde as mudanças estão sendo mais percebidas e, de grande parte, são resultantes da ação do homem sobre o meio.

Segundo a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA, 2015) sistema de drenagem é um sistema composto por estruturas e instalações de engenharia destinadas ao transporte, retenção, tratamento e disposição final das águas das chuvas. Quando há problemas no Sistema de drenagem urbana, normalmente há a ocorrência de problemas, dentre eles o alagamento.

De acordo com (Trentin et al., 2013) os alagamentos são águas acumuladas no leito das ruas e nos perímetros urbanos por fortes precipitações pluviométricas em cidades com sistemas de drenagem deficientes.

Diante disso pode-se afirmar que a deficiência no funcionamento na drenagem e manejo das águas pluviais (que diz respeito à forma como as águas das chuvas são escoadas na superfície urbana), dificulta a mobilidade urbana

Um meio para a fuga dos problemas ocasionados pela dificuldade da mobilidade urbana, como o engarrafamento, seria a roteirização. De acordo com (Neto, 2008 apud HOUAISS, 2007), a palavra roteirização é a ação ou efeito de roteirizar, ou seja, elaborar ou desenvolver um roteiro, o qual tem o objetivo de indicar o itinerário a ser seguido. Para a definição das rotas utilizar-se-á do uso de Sistemas de Informação Geográfica.

Para definir as rotas utilizou-se o problema do caminho mais curto, no qual (Carvalho, 2001) o apresenta que o problema de caminho mínimo consiste em achar, em um grafo ponderado, um caminho de peso mínimo conectando dois vértices especificados, com base do algoritmo *Dijkstra*.

Com isso a modelagem de redes pode ser um fator alternativo atuando como uma medida paliativa, aos problemas ocasionados pelos alagamentos ao tráfego de veículos e pessoas, por meio da identificação e elaboração de rotas alternativas e disponibilizando-as a população. Trabalhos semelhantes podem ser encontrados, no qual foram geradas rotas para determinados fins, como os desenvolvidos por (Galvão et al, 1997), (Stringher, 2004), (Maggio, 2005), (Marques et al, 2008), dentre outros.

Dessa forma, o presente trabalho visa desenvolver um estudo de caso sobre o alagamento das principais ruas do bairro Jóquei e Fátima, visando através da modelagem de rede, traçar rotas alternativas para os usuários que utilizam as vias da área de estudo oferecendo agilidade no trânsito em períodos chuvosos evitando transtornos como engarrafamentos nas áreas alagadas e adjacências.

## 2- METODOLOGIA

### 2.1 Área de Estudo

A área de estudo compreende dois bairros: Jóquei e Fátima (Figura 1), caracterizados como áreas centrais, ambos ficam localizados na zona Leste do município Teresina, estado do Piauí. Em 2010 a população estimada dos dois bairros eram de aproximadamente 15.000 habitantes (SEMPPLAN, 2014).

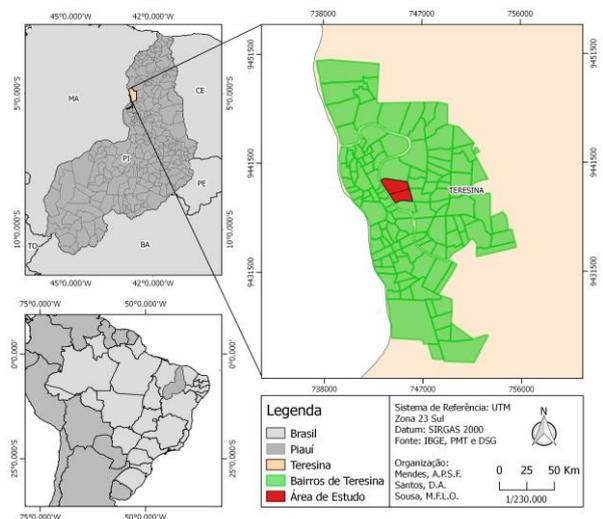


Fig. 1 – Mapa de localização. Fonte: Autores (2016).

Os dois bairros possuem diversos pontos propícios ao alagamento em sua rede viária, fato apresentado pela (SEMPPLAN, 2014) ao afirmar que na urbanização acelerada de Teresina houve falta de disciplinamento do uso e ocupação do solo, acarretando inclusive na ocupação das áreas de inundação natural dos rios urbanos, e, ainda sofrer com a falta de investimentos em drenagem das águas pluviais.

Segundo dados da Estação Meteorológica Automática de Teresina - INMET (AGRITEMPO, 2015) a precipitação média da capital piauiense no ano de 2015 concentrou-se entre os meses de janeiro a maio. A combinação de fatores como período de chuva concentrado, impermeabilização do solo devido a pavimentação e rede de drenagem deficiente gera as condições que favorecem a ocorrência de alagamentos.

### 2.2 Materiais e Métodos

Além da pesquisa em diversos noticiários jornalísticos para executar o estudo, foi realizada visita

in locu para avaliação da área de estudo com levantamento GNSS de navegação nos pontos de alagamentos identificados.

Posteriormente todos os dados coletados foram implementados em um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) e Sistema de Informações Geográficas (SIG) de onde foram realizadas as consultas de roteamento. Foi usado a ferramenta *online OpenStreetMap* como molde e principal fonte de dados, após a atualização manual pelos autores, extraiu-se a malha viária utilizada na pesquisa, através do arquivo no formato .osm, gerado com a extensão presente no *software QGIS* versão 2.8.3 Wien e em seguida importado para o mesmo.

Após a importação para o *software QGIS*, conectou-se ao *software SGBD*, de licença livre, PostgreSQL 9.4, onde criou-se as extensões postGIS e pgRouting, e inserido alguns atributos como: source (origem), target (destino), cost (custo), alaga (se existia a possibilidade de alagamento ou não), altura\_ala (altura da água inundada), posteriormente sendo utilizado no algoritmo Pgr\_Dijkstra na consulta e criação das rotas.

### 3- RESULTADOS

Como resultado foram gerados alguns mapas apresentando roteamentos em dias normais e roteamentos em dias chuvosos, que por conseguinte acarreta nos alagamentos. Para demonstrar o funcionamento do algoritmo, utilizando a metodologia mencionada no tópico anterior, foram inseridos ao trabalho duas imagens (figuras 2 e 3).

A análise da figura 2, mostra o resultado do algoritmo em um roteiro convencional, por uma via em condições normais, com origem na Av. Senador Area Leão, seguindo pela mesma, em direção oeste, sem restrição da via. O algoritmo gerou um trajeto mais curto, levando em consideração o custo e as condições dessa via.

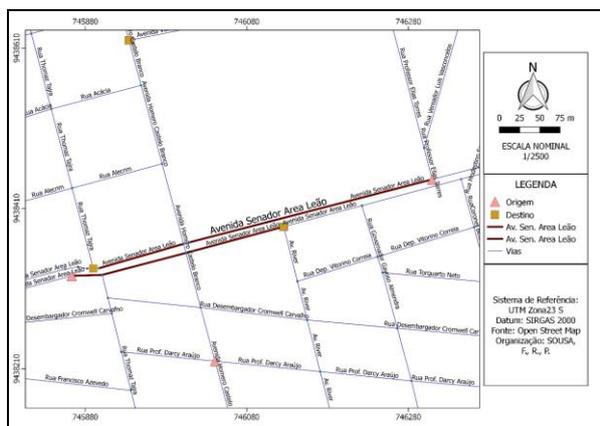


Fig. 2 – Mapa de roteamento sem alagamento. Fonte: Autores (2016).

Já a análise do resultado do roteamento na figura 2, tem-se a geração de rota alternativa, devido ao trecho de alagamento existente na Av. Senador Area

Leão. A rota foi gerada pelo algoritmo pgDijkstra, que seleciona os trechos que não possui restrição de alagamento. A existência do alagamento, e o custo, são as principais condições de restrição de uma via que alaga.

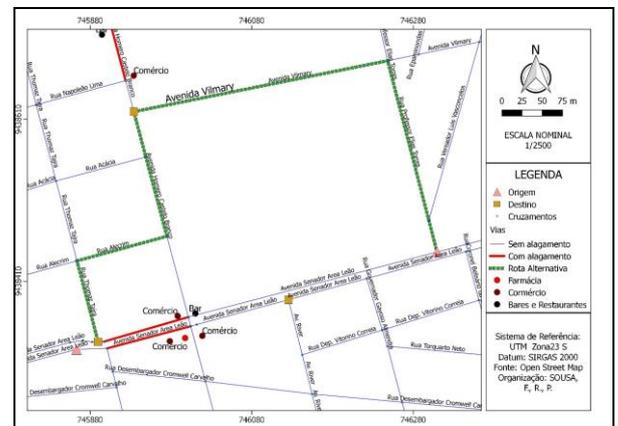


Fig. 3 – Mapa de roteamento com alagamento. Fonte: Autores (2016).

### 4- CONCLUSÕES

A pesquisa apresenta relativa importância pois traz uma discussão acerca do impacto socioeconômico, do fenômeno estudado, que com o uso de sistemas de Geoinformação tem o intuito de amenizar os efeitos causados pelos alagamentos evidenciando as áreas de maiores ocorrências. Com este trabalho comprovou-se a eficiência da modelagem de redes como ferramenta de obtenção de rotas com orientações e restrições, que podem vir a ser utilizadas em diversas finalidades, como o abrandamento dos problemas de mobilidade urbana.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADASA, Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. Drenagem de Águas Pluviais – Conceito. Disponível em: <[http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=840%3Adrenagem-de-aguas-pluviais&catid=74&Itemid=316](http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=840%3Adrenagem-de-aguas-pluviais&catid=74&Itemid=316)>. Acesso em: 25 de Abril de 2017.

AGRITEMPO. Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Disponível em <<http://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Estatisticas/index.jsp?siglaUF=PI>>. Acesso em: 25 de Outubro de 2016.

CARVALHO, L. E. X. Desenvolvimento de Solução Integrada de Sistemas de Limpeza Urbana em Ambiente SIG. 2001. 340 p. Tese (Doutorado em Engenharia de transportes) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro

GALVÃO, B. N. et al. 1997. Roteamento de Veículos Com Base Em Sistemas de Informação Geográfica. GESTÃO & PRODUÇÃO, v. 4, n.2, p. 159-173.

MAGGIO, E.G.R. Uma heurística para a programação da produção de sistemas flexíveis de manufatura usando modelagem de redes de Petri. 2005. 107 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

MARQUES, E.C. et al. Roteamento de veículos em plataforma SIG assistidas por colônias de formigas. HÍFEN v. 32, n. 62, 2008 – II sem. Uruguaiana: PUCRS Campus Uruguaiana, 2008.

MONTEIRO, F. F.; SILVEIRA, A. L. R. C. Uso de Dados de Sensoriamento Remoto para Identificação de Ilhas de Calor em Teresina-PI. 5º Seminário Internacional de Planejamento e Gestão Ambiental - URBENVIRON Brasília. 2012.

NETO, J. A. S.; Desenvolvimento de uma Aplicação SIG para Análise Logística. Disponível em: <[https://andersonmedeiros.files.wordpress.com/2010/06/sig\\_logistica.pdf](https://andersonmedeiros.files.wordpress.com/2010/06/sig_logistica.pdf)>. Acesso em: 25 de Abril de 2017.

SEMPPLAN – Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação, 2014. Dinâmica Populacional. Teresina – PI. Disponível em: <<http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2014/09/TERESINA-POPULA%C3%87%C3%83O.pdf>>.

STRINGHER, F. G. Designação de rotas para frota dedicada em uma rede de distribuição de linha branca. São Paulo, 2004. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos). Universidade de São Paulo, São Paulo.

TRENTIN, R.; ROBAINA, S. E. L.; SILVEIRA, S. V. Zoneamento do risco de inundação do Rio Vacacaí no município de São Gabriel, RS, 2013. Disponível em: <<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/viewFile/3808/5036>>. Acesso em: 14 de Junho de 2017.