

ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPACIAL DOS CONGESTIONAMENTOS EM REDES URBANAS DE TRÁFEGO. ESTUDO DE CASO: FORTALEZA, CEARÁ

Eugenio de Sá Cavalcante Pacheco

Francisco Moraes de Oliveira Neto

Universidade Federal do Ceará

Departamento de Engenharia de Transportes

RESUMO

O desequilíbrio entre oferta e demanda de transportes tem sido apontado como problema recorrente em grandes centros urbanos, tendo como principal consequência os congestionamentos. Considerando o aspecto espacial do fenômeno dos deslocamentos urbanos, a caracterização e diagnóstico das possíveis causas de congestionamento são essenciais nas tomadas de decisões. Neste contexto, este estudo objetiva efetuar análise da variabilidade espacial dos congestionamentos em Fortaleza, identificando seus principais fatores de influência. Tem-se como etapas metodológicas: i) definição de indicadores de congestionamento, com base em dados obtidos de equipamentos de fiscalização eletrônica e equipamentos de controle de tráfego; ii) caracterização espacial do congestionamento; iii) identificação dos possíveis fatores relacionados à variação espacial do congestionamento; iv) modelagem espacial do congestionamento para identificar o efeito dos fatores de influência. Espera-se contribuir com novos indicadores e, através das análises, identificar a influência dos fatores causadores dos congestionamentos, auxiliando orientações de políticas públicas e intervenções na malha viária.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Ortúzar e Willumsen (2011), o mundo, incluindo transporte, está mudando de forma rápida. Ainda encontramos muitos dos mesmos problemas de transportes do passado: congestionamento, poluição, acidentes, déficits financeiros e bolsões de baixa acessibilidade. No município de Fortaleza não é diferente, temos que de acordo com o Plano de Mobilidade Urbana de Fortaleza (2015), ocorreram poucos ajustes à rede viária perante o rápido crescimento na utilização do automóvel particular dos últimos anos, fato este evidenciado por dados de registro de veículos divulgados pelo DENATRAN de Janeiro de 2010 a Janeiro de 2018 a frota cresceu em média 8,04% ao ano. Com os problemas no sistema de transportes, a qualidade de vida da população em geral é fortemente afetada, sendo de extrema importância que estes problemas sejam devidamente conhecidos para que possam ser mitigados.

Considerando que a saúde econômica e social de uma região metropolitana depende fortemente da performance de seu sistema de transportes (Meyer e Miller, 2011), que para o controle efetivo no sistema de transportes urbano, é necessário, principalmente, um conhecimento contínuo e sistêmico do comportamento dos deslocamentos efetuados sobre a malha viária e que a variabilidade temporal e espacial dos fluxos de tráfego é influenciada diretamente pela dinâmica das atividades urbanas (Oliveira, 2004), este trabalho tem como principal questão de pesquisa analisar como se dá a variabilidade espacial dos congestionamentos em um meio urbano, utilizando como estudo de caso os dados do município de Fortaleza e identificar os principais fatores que os influenciam.

Para responder a principal questão deste trabalho, faz-se necessário primeiro definir o que são os congestionamentos. De acordo com Bertini (2005) a definição de congestionamento é imprecisa e dificultada já que pessoas têm diferentes percepções e expectativas sobre a performance do sistema de transportes dependendo se estão em área rural ou urbana, em horários de pico ou não, e como um resultado do histórico da área. Ainda de acordo com Bertini (2005), o congestionamento tem sido definido, por profissionais e acadêmicos da área de transporte, através do nível de serviço da via (proporção entre volume e capacidade), do tempo perdido ou atrasos, do tempo parado em fila, da falha em escoar todos os veículos em

um ciclo semafórico, dentre outros. Também podem ser definidos como filas de veículos parados ou andando a baixíssima velocidade de acordo com a percepção do usuário. Isto mostra que a definição de congestionamento é realmente imprecisa e necessita-se para este trabalho uma definição única que faça sentido para a realidade do município estudado.

Os congestionamentos são influenciados por diferentes fatores em suas diversas características, desde onde e quando ocorrem até sua intensidade e duração. De acordo com publicação do escritório de operações do Departamento de Transportes dos Estados Unidos da América de 2005, trabalhos passados demonstram que congestionamentos são resultados de sete causas principais, geralmente interagindo entre si: i) gargalo físico (capacidade), ii) incidentes de tráfego, iii) obras, iv) clima, v) dispositivos de controle de tráfego, vi) eventos especiais, e vii) flutuações no tráfego formal. Zhang *et al.* (2017) mostra que o uso do solo também afeta congestionamentos no meio urbano, além de esclarecer que poucos modelos foram propostos na literatura para identificar esta relação. Assim esta pesquisa também tem como questão a identificação de como estes diversos fatores afetam os congestionamentos no meio urbano, fazendo-se necessário definir indicadores tanto para as características da rede viária, como para o uso do solo nas áreas estudadas.

Definidos os indicadores, para a análise espacial em questão, necessita-se definir um método de análise de dados e modelos de análise espacial de forma a relacionar os fatores que causam os congestionamentos e as ocorrências destes no meio urbano. Zhang *et al.* (2017) utilizou regressão linear múltipla, associando o tempo médio de congestionamento na malha urbana da cidade de Beijing, como variável dependente, às proporções de área para os tipos de pontos de interesse divididos em categorias: educação, comercial, residencial, trabalho e lazer. Para sua análise, viram que a categoria lazer era irrelevante, chegando à conclusão que grandes proporções de áreas comerciais afetam significativamente o tempo de congestionamento, corroborando com a hipótese levantada de que em meios urbanos como o da cidade de Fortaleza, em regiões com maiores proporções de áreas comerciais, localizam-se os maiores tempos de congestionamento. Já Kuzmayak (2012) fez um estudo mais detalhado utilizando dados sócio-econômicos, de tráfego, uso do solo e topologia física da rede para analisar corredores em diferentes partes da região metropolitana de Phoenix, fazendo então comparação através de gráficos e análise de regressão dos dados.

Diante do exposto, esta pesquisa tem como objetivo geral prover o conhecimento fenomenológico do sistema de transporte urbano de Fortaleza, propondo metodologia que possa ser aplicada a outros meios urbanos para descrever como se dá a variabilidade espacial dos congestionamentos e identificar os principais fatores que os influenciam, a partir dos seguintes objetivos específicos:

- Definir e formular indicadores que representem o congestionamento no meio urbano;
- Consolidar uma base de dados para análise de congestionamento no sistema viário de Fortaleza, utilizando dados do sistema de fiscalização eletrônica e de controle de tráfego;
- Identificar os fatores relacionados às características físicas e operacionais das vias e o uso do solo que influenciam o congestionamento no meio urbano da cidade de Fortaleza;
- Formular e calibrar modelos que expliquem a variação espacial dos congestionamentos no meio urbano do município analisado;
- Avaliar os efeitos dos fatores que influenciam os congestionamentos em redes urbanas de tráfego.

2. MÉTODO

Para atingir os objetivos desta pesquisa, o método proposto foi dividido em 4 etapas descritas a seguir:

2.1. Coleta, análise e consolidação dos dados

O indicador de congestionamento, a ser definido, será determinado a partir de dados de tráfego (fluxo, velocidade, saturação e leitura de placas) obtidos a partir de coletas de equipamentos de controle semafórico de tráfego e de fiscalização eletrônica localizados em arcos e nós da rede viária de Fortaleza.

As características físicas e operacionais da rede, bem como características de uso do solo vieram de dados obtidos junto à Prefeitura Municipal de Fortaleza e em coletas feitas em campo, com informações de tipo e quantidade de área construída (densidade e mix de uso), presença e localização de estacionamentos e a forma de seus acessos, semáforos para pedestres, ciclovias, faixas exclusivas e parada de ônibus, retornos, canteiro central e tipos de vias.

Estes dados foram tratados conforme as variáveis a serem utilizadas sendo feita análise de outliers, identificação de dados faltosos e remoção de períodos em que os equipamentos apresentaram defeitos.

2.2. Definição de indicadores e da área de estudo

Através de revisão bibliográfica e após feito o tratamento dos dados utilizados, serão definidos indicadores que possam descrever corretamente congestionamentos em meio urbano. Também serão definidos indicadores dos principais fatores que os influenciam.

Após estas definições, serão selecionadas áreas de diferentes regiões comerciais, residenciais, industriais e mistas do meio urbano da cidade de Fortaleza com o intuito de obter regiões com diferentes características físicas e operacionais de vias e uso do solo. A seleção das regiões levará em consideração a heterogeneidade destas características com o intuito de comparar as diferenças de intensidade, tempo e localização dos congestionamentos. Esta seleção também deverá levar em consideração a localização espacial dos equipamentos de forma a garantir a presença dos dados para as áreas analisadas.

2.3. Caracterização do congestionamento

Nesta etapa será feita a análise descritiva e exploratória dos dados e indicadores. Para a caracterização serão realizados os seguintes passos:

- Aplicação de técnicas de análise espacial aplicadas a dados de área com o objetivo de detectar e explicar a presença de padrões e tendências observadas.
- Análise da variação espacial dos congestionamentos, na tentativa de identificar regiões ou pontos críticos (aglomerados em que os níveis de congestionamento são mais elevados);
- Análise espacial dos fatores, conforme visto na revisão da literatura, que se acredita influenciar os congestionamentos;
- Comparação da variação espacial do congestionamento com a variação espacial dos fatores para levantar hipóteses de relações entre as diferentes variáveis para diversos pontos da rede viária do meio urbano da cidade de Fortaleza.

2.4. Modelagem do congestionamento

Nesta etapa será definido o modelo que acredita-se representar as relações entre os congestionamentos e os fatores que os influenciam de acordo com a caracterização feita anteriormente. Também serão realizadas inferências buscando responder como se dá a variabilidade espacial dos congestionamentos no meio urbano de Fortaleza e quais os principais fatores que os influenciam. As análises executadas permitirão verificar as relações causais entre os fatores e os congestionamentos, evidenciando a parcela de como cada fator explica o congestionamento no meio urbano. Esta inferência tem como intuito prover base para orientações nas políticas públicas de uso do solo e de intervenções na malha viária.

3. RESULTADOS ESPERADOS

Com esta pesquisa espera-se contribuir com a geração de indicadores que possam ser utilizados para o maior entendimento fenomenológico da distribuição espacial dos congestionamentos em uma rede de tráfego urbano, utilizando como estudo de caso a cidade de Fortaleza. Através da aplicação de técnicas de análise espacial, propõe-se uma metodologia que possa prover melhor entendimento sobre a caracterização e diagnóstico da problemática dos congestionamentos em meio urbano.

Por fim, espera-se aumentar a compreensão da influência de fatores ligados à topologia da rede e uso do solo sobre os congestionamentos, com o intuito de tentar embasar as orientações nas políticas públicas de uso do solo e intervenções na malha viária.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro do CNPq para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bertini, R. L. (2005) Congestion and Its Extent. *In*: Levinson, D. M. e K. J. Krizek (eds.) *Access to Destinations*. West Yorkshire, England.
- Instituto de Planejamento de Fortaleza (2015) *Plano de Mobilidade de Fortaleza - PlanMob*. Prefeitura Municipal de Fortaleza, Fortaleza, CE.
- Kuzmyak, J. R. (2012) *Land Use and Traffic Congestion*. Arizona Department of Transportation and U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Arizona, USA.
- Meyer, M. D., Miller, E. J. (2001) *Urban transportation planning: a decision-oriented approach* (2ª ed). McGraw-Hill, New York, USA.
- Ortúzar, J. de D. e L. G. Willumsen (2011) *Modelling Transport*. (4ª ed). John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK.
- Oliveira, M. V. (2004) *A natureza dos padrões de variação espaço-temporal do volume veicular em ambiente urbano: estudo de caso em Fortaleza*. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, Ceará, Brasil.
- Zhang, T.; L. Sun; L. Yao e J. Rong (2017) Impact Analysis of Land Use on Traffic Congestion Using Real-Time Traffic and POI. *Journal of Advanced Transportation*, v. 2017, p. 1–8.