

## **AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA POLUIÇÃO SONORA DA OPERAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTES, ESTUDO DE CASO EM FORTALEZA/CE**

**Nara Gabriela de Mesquita Peixoto**  
**Mário Angelo Nunes de Azevedo Filho**

Universidade Federal do Ceará  
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes

### **RESUMO**

O intenso tráfego de veículos nas cidades provoca várias externalidades que prejudicam a população. Dentre elas está a poluição sonora, considerada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como a segunda maior causa de poluição mundial. Segundo a OMS, o ruído em excesso pode acarretar problemas de saúde, distúrbios de sono e perda de concentração ao realizar atividades. Entretanto, percebe-se pouca preocupação com o tema devido, entre outros fatores, à dificuldade em adquirir e processar dados de ruído urbano. O objetivo desse trabalho é propor procedimentos de avaliação do ruído gerado pelo sistema de transportes. Através do estudo dos níveis de pressão sonora em avenidas da cidade de Fortaleza, serão propostas adequações de modelos já desenvolvidos às condições locais. Como resultado espera-se realizar o mapeamento acústico no entorno das vias, possibilitando avaliar os efeitos de cenários de diferentes condições de tráfego auxiliando políticas de gerência da mobilidade.

### **1. INTRODUÇÃO**

Com o intenso crescimento urbano ocorrido nas últimas décadas, os modais de transporte sobre superfície são muitas vezes a solução mais utilizada para a condução das pessoas, resultando em alto fluxo de veículos e a malha viária cada vez mais saturada. Em consequência, a preocupação com os impactos ambientais das atividades antrópicas tem sido cada vez maior por todo o mundo em destaque a poluição sonora, atmosférica e visual.

A poluição sonora é apontada pela Organização Mundial da Saúde – OMS (BERGLUND *et al.*, 1999) como a segunda principal causa de poluição mundial, onde o nível de ruído nos centros urbanos aumenta na razão de 2dB(A) por ano. No sistema de transportes, o ruído rodoviário é classificado como um dos mais agressivos devido ao seu predomínio em relação aos demais (comunitário, tráfego aéreo, industrial), sendo causador de grandes perturbações e desassossegos. Os efeitos do ruído na saúde física e comportamental humana são diversos, a depender do tempo de exposição e da suscetibilidade de cada indivíduo. Powazka *et al* (2002) aponta que o ruído afeta a liberação de adrenalina na corrente sanguínea, além de alterações no batimento cardíaco e na pressão sanguínea. A OMS aponta dentre os efeitos do ruído sentimentos negativos como fadiga cognitiva, prejuízos de memória, compreensão reduzida em tarefas complexas, aborrecimento, tensão e dores de cabeça.

Para minimizar os efeitos do ruído urbano sobre o bem-estar da comunidade e despesas públicas, faz-se necessário compreender os fatores que influenciam o fenômeno. No âmbito do planejamento de transportes, percebe-se pouca preocupação com o tema no discurso de gestores, técnicos e acadêmicos. Isto se deve, entre outros fatores, à dificuldade em adquirir e processar dados de ruído urbano. Nesse sentido, a previsão de ruído vem ganhando importância como estratégia para gerenciar e reduzir a exposição das pessoas, uma vez que permite estimar os valores na área de estudo, além de desenvolver cenários que possam amenizar o problema. Entretanto, a maioria desses modelos são baseados em cenários de países europeus que possuem suas próprias especificações quanto a divisão modal, tipos de veículos, tipos de pavimentos dentre outros aspectos. Como essas condições são distintas da realidade brasileira, pode haver incertezas quanto a qualidade dos dados e validade da aplicação.

Esta pesquisa busca compreender os fatores envolvidos na emissão e propagação do ruído rodoviário em centros urbanos afim de validar e comparar procedimentos que possam ser utilizados na gestão da poluição sonora. Essa aferição será baseada na adequação de modelos internacionais de cálculo às condições locais e sua aplicação em programas de georreferenciamento, gerando simulações que serão comparadas com medições acústicas reais realizadas em cenários urbanos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Desde a década de 70 vários autores buscam compreender os fatores que influenciam a emissão e propagação do ruído dos meios de transporte, sendo desenvolvidas diversas pesquisas complementares posteriores (RAU, 1980; BERANEK, 1998). Valadares (1997) indica que a principal parcela do ruído presente nos centros urbanos é oriunda do tráfego veicular. Na composição do tráfego, os veículos pesados (ônibus e caminhões) são as fontes sonoras mais potentes já que cada carro de passeio (veículo leve) é uma fonte de ruído de cerca de 70-75 dB(A) a uma distância de 7 metros, enquanto um veículo pesado atinge 80-85 dB(A). Rodrigues (2010) realizou medições e propôs um modelo explicativo sobre o fenômeno do ruído urbano. Ele comparou avenidas das cidades de Belo Horizonte, Bogotá e Rio de Janeiro, onde foram analisados vários aspectos de tráfego viário como fluxo ao longo do dia, divisão modal e tipos de pavimentação.

Algumas pesquisas enfatizam o ruído causado pelos meios de transporte e realizam diagnóstico através de mapeamento acústico. Os mapas geralmente são produzidos através de programas como o CADNA-A e apresentam os valores dos níveis sonoros em intervalos de 5db com codificação de cores (DATAKUSTIK, 1999). Os modelos de cálculo utilizados por esses programas são desenvolvidos por entidades governamentais de países como EUA (FHWA), Alemanha (RLS-90), Grã-Bretanha (CRTN) e França (NMPB) como aponta OSIFEKO e ODUFUWA (2018). Havendo diferenças conceituais, os dados de entrada geralmente são: número de faixas de tráfego, largura total da via, distância ao semáforo mais próximo, presença de estacionamento, tipo de pavimento, presença de vegetação, velocidade média do tráfego no local e fluxo de veículos.

Pozzer *et al.* (2018) avaliou a adequação de dados de medições urbanas com os modelos RLS90, NMPB-2008, NMPB-1996 e CNOSSOS-2012 através do programa CADNA-A. Em 80% dos pontos, a metodologia do modelo CNOSSOS criado em 2012 para a União Europeia (KEPHALOPOULOS *et al.*, 2012) foi mais próxima dos dados medidos. Isso porque o CNOSSOS tem a caracterização de veículos e pavimentos mais próximos da realidade da cidade. Embora esse modelo considere também o efeito de aceleração e desaceleração devido à presença de semáforos, a melhor representação ocorreu sem o uso de semáforos.

Além dos programas de mapeamento acústico citados, Murphy e King (2011) utilizaram programas de georreferenciamento (GIS) para representar espacialmente os dados obtidos em campo ou através dos modelos de cálculo. Nessa pesquisa foi utilizado o método da interpolação espacial para construção de novos pontos na cidade de Dublin a partir de dados obtidos pelo modelo CRTN-1988 da Grã-Bretanha. Kluijver e Stoter (2003) também utilizaram GIS atentando para o fato que a interpolação não necessita de uma malha regular de pontos, sendo necessário apenas 10% do tempo de cálculo que seria gasto nos programas específicos de modelagem.

O mapeamento do ruído também vem sendo utilizado para avaliação de cenários de tráfego e crescimento urbano. Sapata (2010) simulou o cenário da implantação do sistema binário de tráfego com a mudança do sentido de fluxo em algumas avenidas. Com a intervenção, níveis de pressão sonora diminuíram, ficando entre 65 a 69dB(A) nas fachadas, ainda permanecendo entre 10 e 14 dB acima dos permitidos.

### 3. OBJETIVOS

A revisão apresentada aponta uma variabilidade de modelos de cálculo e representação gráfica de níveis sonoros a depender das diferentes localidades. Em Fortaleza está sendo elaborado com o software CADNA-A a carta acústica para a cidade pela Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente, que já possui alguns trechos disponíveis que revelam altos índices de ruído ao longo de trechos de ruas e avenidas. Entretanto, não há estudos acadêmicos que analisem os modelos preditivos de ruído utilizados e a devida adaptação às condições locais.

O objetivo dessa pesquisa de mestrado é desenvolver procedimentos de avaliação do impacto da poluição sonora do sistema de transportes, sendo elencados os seguintes objetivos específicos: 1) Investigar os fatores que contribuem para a geração e propagação do ruído dos meios de transportes nos centros urbanos; 2) Avaliar métodos e ferramentas para previsão do ruído de tráfego em áreas urbanas; 3) Propor um procedimento de avaliação do ruído gerado pelos transportes, adaptado às condições locais; 4) Avaliar cenários modelados de possíveis melhoramentos nas condições de tráfego dos locais analisados.

### 4. METODOLOGIA

Para que os objetivos expostos sejam alcançados, é proposto o seguinte método baseado na revisão bibliográfica e em análises e coletas piloto realizadas até o momento.

**Definição dos modelos de cálculo:** Através dos estudos dos parâmetros de tráfego de emissão e propagação do ruído serão analisados dentre os modelos de cálculo citados na revisão bibliográfica quais permitem adequações que melhor se aproximam da realidade da local, sendo implementadas as equações de predição de ruído em planilha eletrônica.

**Escolha dos locais de estudo:** Serão escolhidas vias de diferentes características físicas afim de obter variabilidade de situações a serem validadas. Para escolha das vias serão considerados aspectos referentes à geometria, tais como dimensão da pista, tipo de pavimentação, sentido da via de circulação (mão dupla, sentido único), número de veículos leves (carros, motos) e pesados (ônibus, caminhões) por hora e velocidade média de veículos leves e pesados. Além disso, serão analisados alguns fatores que influenciam na propagação no som, como obstáculos, vegetação, quantidade de reflexões e difrações em superfícies.

**Representação gráfica:** Será utilizado programa de georreferenciamento para representação gráfica dos dados modelados, sendo inseridos os aspectos físicos dos locais como geometria das vias e edificações, tipo de uso do solo e topografia. Será utilizado o método de interpolação pela distância de uma quantidade de pontos modelados afim de obter um mapeamento de toda a região analisada.

**Coleta de dados no local:** Predefinidos os aspectos físicos dos locais de medição, serão coletados dados de tráfego viário (fluxo e velocidade) classificatório por categoria de

veículos, sendo elas: carros de passeio, motos, veículos pesados de 2 eixos e 3 eixos. As medições sonoras serão realizadas com decibélmeters de propriedade do Departamento de Transportes da Universidade Federal do Ceará, em conformidade com a norma NBR 10151 - Procedimento para avaliação de ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade.

**Análise de dados modelados x medidos:** Os dados de tráfego coletados serão inseridos nos modelos de cálculo e comparados com os dados medidos, analisando assim a influência de cada atributo na predição do ruído. O método gráfico de interpolação também poderá ser comparado com os dados medidos verificando sua eficácia.

**Avaliação de cenários:** Caso haja evidências da validação dos modelos será proposta uma análise de cenários futuros nos locais estudados alterando parâmetros da divisão modal dos veículos. Com isso poderá ser averiguado se mudanças decorrentes da substituição do modo de transporte individual por modo coletivo acarretam em mudanças nos níveis de ruído.

#### 4. RESULTADOS ESPERADOS

Como resultado espera-se a validação de um ou mais modelos de predição de ruído internacionais para os locais analisados, verificando também a metodologia utilizada pela prefeitura de Fortaleza para preparação da carta acústica, afim de melhorar os resultados tornando-os mais compatíveis à situação real. Os dados serão representados como mapas acústicos facilitando a compreensão e utilização em políticas públicas direcionadas para conter o agravamento das condições de salubridade das cidades brasileiras.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (2000) *NBR 10151 - Procedimento para avaliação de ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- BERANEK, Leo L; ISTVAN, L. (1998) *Noise and Vibration Control Engineering-Principles and Applications*, 1nd Ed, Wiley, USA.
- BERGLUND, B., LINDVALL, T., e SCHWELA, D. H. (1999) *Guidelines for community noise* (Guideline). World Health Organization, Geneva.
- DATAKUSTIK (1999). *CADNA-A Specification Road Traffic Noise Calculation with CADNAA*. Munich January.
- KEPHALOPOULOS, S; PAVIOTTI, M; ANFOSSO-LÉDÉE, F. (2012). *Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU)*. European Commission Joint Research Centre Institute for Health and Consumer Protection. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2012, 180 p.
- KLUIJVER, H., STOTER, J., 2003. *Noise mapping and GIS: optimising quality and efficiency of noise effect studies*. *Comput. Environ. Urban. Syst.* 27, 85–102.
- MURPHY, E., KING, E.A., 2011. *Scenario analysis and noise action planning: modelling the impact of mitigation measures on population exposure*. *Appl. Acoust.* 72 (8), 487–494.
- OSIFEKO M.O; ODUFUWA B.O. (2018) *Evaluation Of Models For Predicting Highway Traffic Noise*. *Journal of Experimental Research*. v. 6, n. 5, p. 55-62.
- POWAZKA, E, et al (2002) *A cross-sectional study of occupational noise exposure and blood pressure in steelworkers*. *Noise and Health*, 5(17), 15.
- POZZER, T; HOLTS, M; PIERRARD, J, F. (2018) *The pilot noise map of São Paulo: first findings and next steps*. *International Congress and Exposition on Noise Control Engineering*. Chicago, Illinois, USA
- RAU, J. G., WOOTEN, D. C. (1980) *Environmental impact analysis handbook*. McGraw-Hill Book Company, New York, USA.
- RODRIGUES, F. (2010) *Metodologia para investigação de relação entre ruído de tráfego e condições operacionais do fluxo em centros urbanos*. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- SAPATA, A. M. A. (2010) *Monitoramento, modelagem e simulação dos Impactos e efeitos do ruído de tráfego em trecho de cânion urbano da Avenida Horácio Racanello da cidade de Maringá – Pr*. Dissertação (Mestrado) Programa de pós-graduação em engenharia urbana, Maringá.
- VALADARES, V.M. (1997) *Ruído de tráfego veicular em corredores de transporte urbano: estudo de caso em Belo Horizonte–MG*. Programa de pós-graduação em engenharia civil, Florianópolis.