

## **Análise sonora dos municípios paraibanos afetados pela Rodovia BR 230**

Tamáris Brasileiro<sup>1</sup>

Contato: tamarisbrasileiro@gmail.com

Linha de pesquisa: Tecnologia e Conforto no Ambiente Construído

### **INTRODUÇÃO**

As antigas estradas em leito natural, utilizadas para comércio, formaram a estrutura principal das rodovias atuais. A maioria dos contornos rodoviários próximos às cidades foi absorvida pela malha urbana, exercendo funções intraurbanas. O potencial de concretizar acessibilidade e mobilidade induz ao crescimento urbano de sua região lindeira. Contudo, as rodovias surgem sob interesses internacionais, nacionais e regionais, e não considera a sua relação com o espaço intraurbano (VILLAÇA, 2001).

O crescimento desordenado das cidades, atrelado ao aumento do número de rodovias urbanas, resulta no aparecimento de fontes de ruído capazes de gerar grande dano à população. Essas fontes, quando em excesso, resultam no aparecimento da chamada poluição sonora (GUEDES, 2005). Este tipo de poluição já é considerado pela Organização Mundial de Saúde - OMS a segunda causa de poluição no mundo, perdendo apenas para a poluição do ar (WHO, 2017).

Como exemplo dos danos causados a saúde das pessoas, tem-se a perda parcial ou total da audição, problemas gastrointestinais, cardiovasculares e respiratórios, e distúrbio no sistema nervoso. Além disso, pode gerar sensações generalizadas de fadiga e depressão. As repercussões na saúde e maneiras de estabelecer controles têm sido objeto de crescentes estudos e de preocupações no campo da saúde pública, da fisiologia, da acústica e da engenharia (CARVALHO, 2010; WEBER; HAASE; FRANCK, 2014).

O ruído ambiental, também denominado ruído urbano, é decorrente da combinação entre as diferentes fontes sonoras, a exemplo do ruído proveniente de fábricas e veículos automotivos, como carros, trens e aviões (BRÜEL & KJÆR, 2000).

Segundo Bistafa (2011), a preocupação maior no setor de transporte se refere aos impactos locais do automóvel, em termos de poluição do ar e sonora, e de desperdícios de tempo resultante dos

congestionamentos, além dos enormes custos envolvidos em se lidar com o problema da maneira convencional, ou seja, construindo mais vias.

Ao avaliar possíveis soluções, os modelos computacionais se tornam facilitadores, uma vez que os ambientes urbanos apresentam cenários acústicos complexos e seus estudos precisam considerar a participação de várias fontes sonoras e a necessidade de se avaliar inúmeros pontos. Para esse fim, os modelos computacionais se tornam imprescindíveis, uma vez que possibilitam a realização de cálculos, análises e relatórios rápidos e com certa precisão (VENTURA *et al.*, 2008).

Com o auxílio das ferramentas computacionais, em especial do mapeamento acústico, é possível propor diretrizes de planejamento urbano e comprovar sua eficácia no combate à poluição sonora.

Em meio à expansão urbana no Brasil, foi inaugurada, no ano de 1972, a terceira maior rodovia do país. Possuindo 4.223 km de distância, a Rodovia Transamazônica BR 230 percorre sete estados brasileiros (OLIVEIRA NETO, 2013).

Em decorrência desta construção, houve transformações nas áreas urbanas citadas (CASTRO, 2014), de modo especial, no Estado da Paraíba, visto que o mesmo é cortado pela rodovia supracitada ao longo de sua maior extensão, que compreende o sentido Leste-Oeste. Destaca-se que dentre os sete estados por onde a Transamazônica percorre, a Paraíba é o que resulta na maior quantidade de municípios afetados por tal rodovia.

Tendo em vista a problemática acima pontuada, surgem os seguintes questionamentos: a) Qual é o comportamento sonoro do ruído de tráfego rodoviário nos aglomerados urbanos?; b) Qual é a influência das características morfológicas e ambientais na propagação da onda sonora do ruído de tráfego rodoviário?

Para responder às questões da pesquisa, levantam-se as seguintes hipóteses: a) O ruído causado pelas vias com alto fluxo de veículos, a exemplo da Rodovia Transamazônica BR 230, nos aglomerados urbanos,



apresenta índices sonoros elevados, ocasionando o surgimento de pontos críticos e sensíveis, em desconformidade com as normas vigentes; b) A morfologia urbana e as características ambientais influenciam no direcionamento da onda sonora, podendo gerar áreas como maiores concentrações de energia sonora.

A pesquisa se torna relevante visto que traz as seguintes contribuições:

a) Contexto internacional: parâmetros de análise para auxiliar o planejamento urbano das cidades; aplicação de ferramentas de combate à poluição sonora; influência da ventilação na propagação da onda sonora; e correlações estatísticas entre o ruído de tráfego e a morfologia urbana;

b) Contexto nacional: referência para o estudo do impacto do ruído de tráfego rodoviário em aglomerados urbanos afetados por rodovias com alto fluxo de veículos;

c) Contexto estadual: contribuir com informações para auxiliar o Plano Diretor de seis municípios do Estado, para que o ruído seja introduzido como variável no planejamento urbano.

## OBJETIVOS

Compreender o impacto sonoro provocado pelo ruído de tráfego rodoviário em aglomerados urbanos, tendo como estudo de caso seis municípios paraibanos afetados pela Rodovia Transamazônica, para identificar pontos críticos e sensíveis quanto ao ruído, estabelecer parâmetros de análise e estudar a aplicação de instrumentos de combate à poluição sonora como ferramenta para o planejamento urbano.

## MÉTODO

Para alcançar os objetivos desejados, metodologicamente o trabalho será dividido em seis etapas:

### 1ª Etapa – Pesquisa bibliográfica

Trata-se da revisão bibliográfica, a nível internacional e nacional, acerca de conceitos fundamentais de acústica urbana e gestão do ruído urbano, a exemplo das fontes sonoras no espaço urbano, propagação sonora ao ar livre, forma urbana e comportamento do som, e normas e legislações vigentes quanto à poluição sonora.

### 2ª Etapa – Pesquisa documental

Para elaborar mapas acústicos é necessário, inicialmente, construir o modelo geométrico da área. Desta forma, será necessário obter nos órgãos municipais e estaduais os mapas dos seis aglomerados urbanos paraibanos. Posteriormente, essa base de dados será exportada para o *software* acústico SoundPLAN a fim de elaborar os mapas sonoros da área.

### 3ª Etapa – Pesquisa de campo

Para que o *software* acústico elabore os mapas sonoros é necessário informar uma série de dados referentes à área objeto de estudo, em especial os de natureza geométrica (altimetria, hierarquia das vias, tipo de recobrimento do solo, uso e ocupação do solo, áreas verdes, gabarito das edificações), de tráfego (volume do tráfego, velocidade média dos veículos leves e pesados, percentual de veículos leves e pesados), meteorológica (temperatura e umidade relativa do ar) e acústica (níveis de pressão sonora equivalente).

Para coletar os dados acústicos é necessário definir algumas questões, tais como:

- **Delimitação da área de influência:** Para a realização do mapeamento acústico deve-se considerar uma “área de estudo” maior que a área que se pretende conhecer os níveis sonoros.

- **Pontos de medição:** Serão definidos, ao longo da área objeto de estudo, alguns pontos para a coleta dos dados de tráfego e acústicos.

- **Dias de medição:** Como o intuito dos mapas sonoros é registrar os maiores níveis de ruído presentes em determinada área, julga-se necessário escolher os dias em que o fluxo de veículos é mais intenso, visto que o conjunto de automóveis resulta na maior fonte de ruído urbano. Sendo assim, será coletada na Polícia Rodoviária Federal a contagem de veículos que trafegam nas áreas estudadas. Através da análise dos dados será possível determinar os dias que ocorrerão as medições sonoras.

- **Horários de medição:** O mesmo critério adotado para a escolha dos dias de medição – fluxo intenso de veículos – será empregado para definir dos horários.

- **Duração das medições:** Observa-se que apesar de o tempo de medição variar bastante (segundos, minutos ou horas), normalmente utiliza-se intervalos de 5, 10 ou 15 minutos (NARDI, 2000). O tempo será determinado após a análise das características gerais da área.

- **Instrumentos utilizados:** Para medição dos níveis sonoros será utilizado o medidor de nível de pressão sonora (sonômetro) da marca 01dB modelo SOLO SLM, Tipo 2, disponibilizado pelo laboratório de conforto ambiental da UFRN.



- **Grandeza coletadas:** O equipamento de medição permite a coleta dos níveis percentuais, níveis de pressão sonora equivalente-contínuo e níveis de pressão sonora máximo e mínimo;

- **Procedimentos para as medições:** Serão seguidas as recomendações estabelecidas pela norma NBR 10151 (ABNT, 2000), a exemplo do posicionamento do equipamento (altura e distância das superfícies). Com o levantamento físico da área será possível organizar uma base de dados para construção e calibração do modelo acústico da região estudada.

#### **4ª Etapa – Análise estatística**

Para realizar o mapeamento sonoro proposto na pesquisa é necessário introduzir os dados de tráfego pertencentes à área objeto de estudo. Desta forma, surge a necessidade de introduzir uma base estatística para calcular e justificar a adoção do volume de tráfego correspondente às vias em que os dados não foram coletados.

#### **5ª Etapa – Mapeamento sonoro**

#### **6ª Etapa – Análise e discussão dos resultados**

### **DESENVOLVIMENTO**

Uma das ferramentas disponíveis para auxiliar o planejamento urbano das cidades e combater a poluição sonora é o mapa acústico (APA, 2011; LEE; CHANG; PARK, 2008; SUÁREZ & BARROS, 2014). Também denominado mapa de ruído, mapa sonoro ou carta do som, o mapa acústico é a representação geográfica do ruído emitido nas cidades, por meio das curvas isofônicas (APA, 2011; LEE; CHANG; PARK, 2008; SUÁREZ & BARROS, 2014; GARAVELLI et al., 2010). Segundo Silva (2011), curvas isofônicas constituem a interligação dos pontos de medição e representam graficamente a topografia sonora da cidade.

Os mapas acústicos podem representar uma situação sonora existente ou prevista (APA, 2011; RELATÓRIO Dblab, 2009). Desta forma, enquanto o mapeamento sonoro analisa o cenário acústico com base nos dados coletados em campo, a predição sonora possibilita uma previsão do ruído, com base em cálculos matemáticos, mediante a elaboração de cenários sonoros hipotéticos (GARAVELLI et al., 2010; PINTO, 2013).

Os mapas acústicos e os mapas de conflito podem ser utilizados para diversos fins, como: identificar as principais fontes de ruído urbano; demonstrar a propagação de ruído no meio ambiente; utilizar como base para a elaboração de políticas públicas de controle de ruído considerando o custo x benefício das ações;

ajudar a desenvolver ações de punição a nível regional e nacional para reduzir a emissão de energia sonora; garantir a existência de áreas tranquilas próximas aos centros urbanos; monitorar o processo de redução de ruído durante a implantação de políticas públicas; monitorar as alterações no padrão acústico das cidades; e servir de base para estudos do efeito do ruído na população em geral (APA, 2011; BRITO, 2013; TSAI et al, 2009).

A Agência Portuguesa do Ambiente afirma que o mapa sonoro é uma ferramenta que tem como principal atribuição o apoio à decisão sobre o planejamento e ordenamento do território, permitindo a visualização de condicionantes espaciais voltados à qualidade acústica. Deve-se, portanto, ser utilizado na preparação dos instrumentos de ordenamento do território e na sua aplicação (APA, 2011).

O ano de 1929 foi marcado pela origem dos estudos sobre ruído de tráfego, em Barkausen na Alemanha. No ano seguinte, em 1930, realizou-se um estudo do ruído de tráfego em Frankfurt. Em 1932 iniciaram-se os estudos em Berlim, na Alemanha, e em 1938 foi realizado o primeiro mapa de ruído por meio de medições em 260 pontos. De 1942 a 1957, Leed e Bonvallet estudaram o ruído na cidade de Chicago. Em 1956 deu início da elaboração de diversas pesquisas no mundo sobre o ruído de tráfego (DEL CARLO, 1979).

Como forma de aumentar a qualidade acústica das cidades europeias, o Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia instituíram, em 25 de junho de 2002, a Diretiva 2002/49/CE (HINTZSCHE; HEINRICHS, 2016; SOUZA, 2012). Essa Diretiva define “uma abordagem comum para evitar, prevenir ou reduzir, numa base prioritária, os efeitos prejudiciais da exposição ao ruído ambiente, incluindo o incômodo dela decorrente” (DIRECTIVE 2002/49/EC, 2002). Desta forma, os países e cidades deveriam se responsabilizar pelo controle do ruído ambiental de suas respectivas áreas (KAVAKITA, 2008 *apud* SOUZA, 2012).

Para atingir os objetivos propostos, a Diretiva (DIRECTIVE 2002/49/EC, 2002) exigiu que os aglomerados com mais de 250.000 habitantes elaborassem, até 30 de junho de 2012, seus mapas de ruído. Com base nos resultados encontrados nos mapas, os aglomerados deveriam estabelecer, até 18 de julho 2013, planos de ação para a mitigação do ruído urbano em excesso, especialmente níveis que pudessem trazer efeitos negativos à população.

A Diretiva forneceu instrumentos para o desenvolvimento de medidas comunitárias de redução do ruído emitido pelas principais fontes sonoras



(HINTZSCHE; HEINRICHS, 2016; SOUZA, 2012). Destaca-se que as indicações expostas na Diretiva aplicam-se ao ruído ambiental em que os seres humanos estão expostos, especialmente em áreas construídas, parques públicos ou em outras zonas tranquilas de uma aglomeração, em zonas tranquilas em campo aberto, nas imediações de escolas, hospitais e outros edifícios e zonas sensíveis ao ruído (DIRECTIVE 2002/49/EC, 2002).

Como consequência da Diretiva Europeia (DIRECTIVE 2002/49/EC, 2002), foram desenvolvidos diversos modelos computacionais capazes de representar as fontes sonoras que se propagam no espaço urbano, em especial o ruído de tráfego rodoviário, ferroviário e aeronáutico. Além disso, muitas cidades e municípios tomaram medidas para reduzir a poluição sonora, incluindo a redução da velocidade máxima permitida em estradas com uso frequente (HINTZSCHE; HEINRICHS, 2016). Dentre os modelos computacionais criados destaca-se o *software* acústico Alemão SoundPLAN®, que será utilizado nessa pesquisa.

Dentre os mapas de ruído elaborados na Europa, destacam-se os desenvolvidos nas seguintes cidades: Paris, na França; Berlim, na Alemanha; Guimarães, em Portugal; Londres, na Inglaterra; Tianjin e de Hong Kong, na China; e Quito, no Equador.

No Brasil, ainda é reduzido o número de municípios cujo mapa de ruído já foi elaborado ou está em desenvolvimento. Destaca-se que a primeira cidade a ser mapeada no Brasil foi Belém, no estado do Pará, no ano de 2002 (MORAES et al., 2007).

O segundo mapa elaborado no Brasil foi o da cidade de Fortaleza, no estado do Ceará. O projeto foi criado pela Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF) em conjunto com a Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente (SEUMA) e intitulado como “Tolerância Zero em Fortaleza” ou, simplesmente, “Carta Acústica em Fortaleza”. O projeto foi elaborado pelo especialista em acústica urbana, o Português Dr. Jose Luis Bento Coelho, e coordenado pelo Fiscal Municipal de Fortaleza, Francisco Aurélio Chaves de Brito.

Ainda no cenário nacional, pontua-se que foi recentemente sancionada pela Prefeitura da Cidade de São Paulo a Lei 16.499/2016. Essa Lei, de autoria dos vereadores Andrea Matarazzo e Aurélio Nomura, define a obrigatoriedade, com estabelecimento de prazos e metas, da elaboração do mapa sonoro de toda a cidade de São Paulo (BRASILEIRO, 2017; CRUZ et al., 2017). O objetivo é que a leitura dos mapas permita identificar áreas prioritárias para atenuação do nível sonoro e

preservação das zonas com níveis de ruído apropriados (CRUZ et al., 2017).

Souza (2012) afirma que “os estudos de mapeamento acústico têm sido desenvolvidos mais nos meios acadêmicos que por iniciativa do poder público”.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa encontra-se em fase de elaboração da revisão bibliográfica, onde já foi realizado o estado da arte sobre o mapeamento sonoro. A próxima etapa refere-se ao levantamento dos dados cadastrais dos municípios em análise.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Ao CAPES pelo apoio financeiro; Ao Laboratório de Conforto Ambiental da UFRN (LabCon) pela disposição dos equipamentos de medição; À professora Dr.<sup>a</sup> Virgínia Araújo, orientadora da tese em desenvolvimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APA (Agencia Portuguesa do Ambiente). **Directrizes para Elaboração de Mapas de Ruído**. Ed. Amadora. Edição electrónica em pdf, 2011. Disponível em <[https://www.apambiente.pt/\\_zdata/DAR/Ruido/NotasTecnicas\\_EstudiosReferencia/DirectrizesMapasDez2011\\_todo\\_2.pdf](https://www.apambiente.pt/_zdata/DAR/Ruido/NotasTecnicas_EstudiosReferencia/DirectrizesMapasDez2011_todo_2.pdf)>. Acessado em setembro de 2017.
- BRASILEIRO, Tamáris da Costa. **Mapeamento Sonoro: Estudo do Ruído Urbano no bairro Castelo Branco**, em João Pessoa/PB. 2017. Dissertação em andamento (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.
- BISTAFA, Sylvio R. **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2011.
- BRITO, Aurélio. **Tolerância Zero em Fortaleza**. Fortaleza: Premium, 2013.
- BRÜEL & KJÆR. **Environmental noise**. Denmark: Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S, 2000.
- CASTRO, A. A. B. da C. **Interfaces rodoviário-urbanas na produção da cidade: Estudo de caso do contorno rodoviário de João Pessoa-PB**. 2014. Dissertação (Mestrado em







Engenharia Civil e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

CARVALHO, Régio Paniago. **Acústica Arquitetônica**. 2ª ed. Brasília: Thesaurus, 2010.

CRUZ, Mauro; MAZIVIERO, M. C.; SAMPAIO, Isabel. **A percepção do ruído na cidade de São Paulo em contraponto ao planejamento urbano**. In: XXVII Sobrac, 2017, Anais... Brasília.

DIRECTIVE 2002/49/EC do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 e Junho de 2002, relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente. **Official Journal of the European Communities**, p.12-25, 2002.

GARAVELLI, S. L.; MORAES, A. C.; NASCIMENTO, J. R. R.; NASCIMENTO, P. H. D. P.; MAROJA, A. M. **Mapa de ruído como ferramenta de gestão da poluição sonora: Estudo de caso de Águas Claras-DF**. 2010. Disponível em: <<http://pluris2010.civil.uminho.pt/Actas/PDF/Paper377.pdf> >

GUEDES, I. **Influência da Forma Urbana em Ambiente Sonoro: Um estudo no bairro de Jardins em Aracaju (SE)**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

HINTZSCHE, Matthias; HEINRICHS, Eckhart. **Noise action planning in Germany**. 2016. In: ICA, 2016, Anais... Buenos Aires.

KAVAKITA, Cristina Yukari. **Medição do ruído de tráfego na rodovia SP 270 e avaliação da satisfação quanto ao conforto acústico de seus moradores**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

LEE, S.W.; CHANG, S.I.; PARK, Y.M. **Utilizing noise mapping for environmental impact assessment in a downtown redevelopment area of Seoul, Korea**. (2008) *Applied Acoustics*, v. 69, n. 8, p. 704-714.

MORAES, Elcione; SÍMON, Francisco; GUIMARÃES, Luis; MORENO, Antônio. **Modelling the urban noise of the city of Belém (Brasil)**. In: 19 International Congress on Acoustics, Madrid, 2007.

NARDI, Aline Souza Lopes Ventura. **Mapeamento sonoro em ambiente urbano. Estudo de caso: área central de Florianópolis**. 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

OLIVEIRA NETO, Thiago. **Rodovia Transamazônica: Falência de um grande Projeto Geopolítico**. 3 ed. rev., Geonorte. Amazonas: Revista Geonorte, 2013.

PINTO, Débora Nogueira. **Mapeamento acústico como ferramenta para predição de ruído urbano na área de influência do Estádio Arena das Dunas, Natal/ RN**. 2013. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

RELATÓRIO dBLAB. **Mapa de Ruído do Município de Guimarães**. 2009. Disponível em <<file:///D:/Tese/Fontes%20bibliogr%C3%A1ficas/mapeamento%20em%20guimar%C3%A3es%202007.pdf>>.

SILVA, Prof. Pérides. **Acústica Arquitetônica & Condicionamento de AR**. 6ª ed. Belo Horizonte: Empresa Termo Acústica LTDA, 2011.

SOUZA, Danilo Fortuna Mendes de. **Mapeamento acústico do ruído de tráfego rodoviário do bairro Imbuí, Salvador-BA**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2012.

SUÁREZ, E. & BARROS J.L. **Traffic noise mapping of the city of Santiago de Chile**. (2014) *Science of the Total Environment*, v. 466-467, p. 539-546.

TSAI, K.T.; LIN, M.D.; CHEN, Y.H. (2009) **Noise mapping in urban environments: a Taiwan study**. *Applied Acoustics*, v. 70, n. 7, p. 964-972.

VENTURA, A. N.; VIVEIROS, E; COELHO, J. L. B; NEVES, M. m. (2008). **Uma contribuição para o aprimoramento do Estudo de Impacto de Vizinhanças: a gestão do ruído ambiental por mapeamento sonoro**. In: SOBRAC, 2008, Anais... Belo Horizonte.

Villaça, Flávio. **O Espaço Intraurbano no Brasil**. 2ª ed. São Paulo: Studio, Nobel.

WEBER, N.; HAASE, D.; FRANCK, U. (2014) **Assessing modelled outdoor traffic-induced noise and air pollution around urban structures using the concept of landscape metrics**. *Landscape and Urban Planning*, v. 125, p. 105-116.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for community noise**, 2017. Disponível em:<<http://www.who.int/docstore/peh/noise/gu>> Acesso em: jan. 2017.