



MAPEAMENTO SONORO E CLASSIFICAÇÃO ACÚSTICA DE QUADRAS URBANAS

**Marcia Thais Suriano (1); André B. D. Mendonça (2);
Léa Cristina Lucas de Souza (3); Eliane Viviani (3)**

(1) Pós-Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, marcia_suriano@yahoo.com.br

(2) Mestrando, Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana, abdmendonca@gmail.com

(3) Profa. Dra. do Departamento de Engenharia Civil, leacrist.ufscar@gmail.com, eviviani@ufscar.br
Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Conforto e
Eficiência Energética do Ambiente Construído, São Carlos-SP, 13560-000, Tel.: (16) 3306 6586

RESUMO

A poluição sonora é um problema ambiental relacionado aos impactos antrópicos, especialmente nas áreas urbanizadas onde se concentram várias fontes sonoras, como o tráfego de veículos. Essa questão é discutida nesse trabalho, desenvolvendo-se o mapeamento de níveis de ruído e propondo-se classes acústicas para diferenciação do grau de contaminação sonora apresentado por quadras urbanas pertencentes a uma mesma zona de ocupação. Para isso, o método compreende a delimitação de uma área de estudo pertencente a um bairro classificado como zona de ocupação induzida, na cidade de São Carlos-SP. Nessa área são feitas coletas de dados de níveis de ruído em horários de pico de fluxo de veículos, os quais servem de dados de entrada em um modelo de previsão e mapeamento do ruído. Examinam-se a adequação entre os níveis preditos e as normas vigentes para o conforto acústico humano. Em seguida, são delimitadas faixas de ruído para a classificação acústica de quadras urbanas. Os resultados indicam a necessidade de serem distinguidas as condições acústicas por quadras para o controle da qualidade ambiental urbana.

Palavras-chave: mapeamento sonoro, regulamentações acústicas, tráfego de veículos, quadras urbanas

ABSTRACT

Noise pollution is an environmental problem related to the anthropic impacts, especially in urbanized areas where there are multiple sound sources, such as vehicle traffic. This question is discussed in this paper, by the development a noise mapping and proposition of noise classes for the differentiation of the level of acoustical contamination presented in urban blocks placed on the same area of an occupation zone. For this purpose, the method consists on the delimitation of an urban fraction located in a region classified as an induced occupation zone, in the city of São Carlos, SP. Noise levels are registered at peak hours of vehicular flow, serving as input data in a prediction model and noise mapping. The adequacy between predicted noise levels and the current legislation of acoustical comfort was examined. Additionally, ranges of noise were delimited for the classification of urban blocks. The results indicate that the acoustical conditions should be considered per blocks for the control of the urban environmental quality.

Keywords: noise mapping, acoustical regulations, vehicular flow, urban blocks

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, com o desenvolvimento das cidades e o aumento da densidade populacional, vários fatores ambientais são questionados diante da sua integridade. Uma dessas questões diz respeito ao ruído ambiental e seu poder de interferir no meio ambiente e na saúde da população.

Essa questão vem sendo discutida com mais ênfase pela Comunidade Europeia, através de uma política ambiental (DIRECTIVA 2002/49/EC), que implementou mapeamento de ruído como uma ferramenta importante no planejamento urbano. No entanto, na América do Sul, com exceção do Chile (SINIA, 2011), não existe uma política de mapeamento sonoro das cidades.

No Brasil, apesar de alguns dispositivos legais, o mapeamento sonoro não é uma ferramenta amplamente difundida, sendo aplicada, na maioria dos casos, no âmbito acadêmico científico, como por exemplo, os trabalhos de Moraes et al. (2003) em Belém/PA, Pinto e Mardones (2009) no Rio de Janeiro/RJ, Costa e Lourenço (2010) em Sorocaba/SP, Cantieri et al. (2010) em Curitiba/PR, Souza e Giunta (2011) para Bauru, dentre outros. Apenas o estado do Ceará, na cidade de Fortaleza, apresenta um programa de mapeamento sonoro através da Secretaria do Meio Ambiente (SEMAM, 2011).

Os mapas de ruído permitem a quantificação do ruído, a avaliação da exposição da população, o desenvolvimento de cenários futuros, a identificação de área de conflito e propostas de soluções (SANTOS e VALADO, 2004). Também contribuem no controle de evolução com o tempo e verificação de ações efetivas (MARDONES, 2009). Para Moraes (2007), a partir dos resultados encontrados, o mapeamento sonoro pode se destinar a identificar as zonas com maior ou menor grau de contaminação, para que se consiga criar planos de ação no combate ao ruído.

A escala de abordagem da contaminação por divisão da macrozona urbana em zonas de ocupação e recuperação pode não ser suficiente para identificar pontos específicos que já apresentem características acima dos limites aceitáveis de conforto. Nesse caso, propostas de zonas de ocupação induzida, encontradas em alguns Planos Diretores de municípios brasileiros, podem gerar conflitos entre o adensamento permitido e o nível de ruído recomendado por normas vigentes, uma vez que o adensamento é acompanhado pelo aumento do fluxo de veículos (intensificação da fonte sonora). Por isso existe uma necessidade de serem feitas análises em escalas mais detalhadas, que permitam diferenciar o grau de contaminação acústica por quadras urbanas.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é diferenciar o grau de contaminação acústica de quadras urbanas pertencentes a uma mesma zona de ocupação, atribuindo-lhes classes acústicas e descrevendo-se o estado atual do ruído em relação aos níveis aceitáveis pelas Normas Regulamentadoras.

3. MÉTODO

O método empregado neste estudo consiste das seguintes etapas: delimitação e caracterização física de uma área de estudo; coleta dos dados; aplicação dos dados em um modelo de previsão para o mapeamento acústico; verificação da concordância dos níveis sonoros com as normas vigentes; proposta de classes acústicas de quadras urbanas.

3.1. Delimitação e caracterização física da área de estudo

Identificando-se uma zona de ocupação induzida para estudo, foi selecionada uma fração urbana pertencente ao município de São Carlos, para servir de base para o desenvolvimento da proposta de uma classificação acústica de quadras urbanas em função do seu grau de contaminação sonora.

O município de São Carlos está localizado no centro geográfico do Estado de São Paulo (Figura 1), nas coordenadas de referência de 22°01'S e 47°54'O. Possui população estimada em 221.950 habitantes (IBGE, 2010) e área total de 1.137,303 km², sendo que 6% é de área urbana e destes, 33 km² de área urbana ocupada. A fração de estudo, com área de aproximadamente 0,253 km², localiza-se no centro dessa cidade e apresenta uso misto, como: construções residenciais, escolas, comércio e outros serviços.

Foram identificadas as seguintes características do entorno edificado: largura de via e passeios e suas respectivas declividades, altura das edificações, tipo de pavimentação da via, uso e ocupação do solo, altura de muros e distância entre as edificações. Esse levantamento foi realizado

através de mapas cadastrais (disponibilizados pela Prefeitura Municipal de São Carlos), visitas *in loco* e complementado por visualização no Google Earth® (acessadas online).

Sobre a representação da área, elaborou-se uma malha de referência de 100 x 100 m, de forma que os nós da malha fossem distribuídos por ruas e avenidas coletoras de grande importância e consideradas de grande fluxo de veículos para os padrões da cidade. Essa operação resultou na determinação de 18 pontos para medição de níveis de ruído(Figura 2).

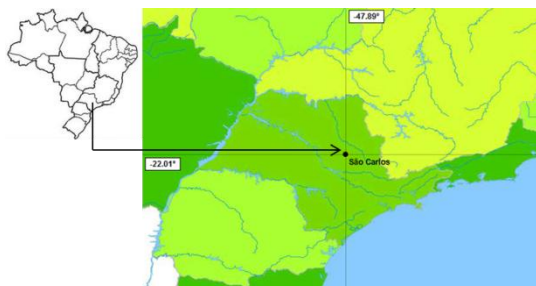


Figura 1 – Localização da cidade de São Carlos, São Paulo, Brasil.

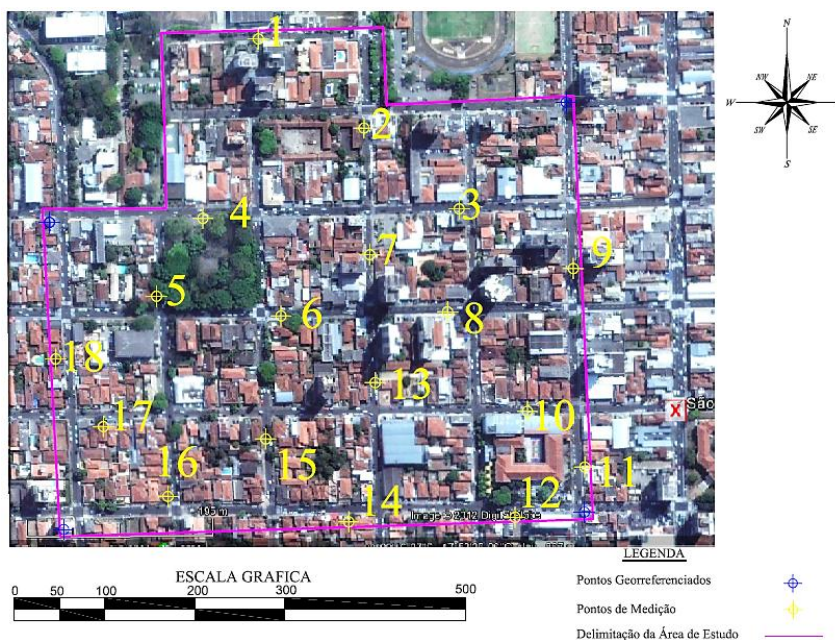


Figura 2 – Localização dos pontos coletados na cidade de São Carlos, São Paulo, Brasil. (adaptado de Google Earth)

3.2. Coleta de Dados

A partir dos pontos de medição, foi caracterizado e contabilizado o fluxo de tráfego, diferenciando a quantidade e composição dos veículos em leves, pesados (ônibus e caminhões) e motocicletas.

As medições de ruído foram realizadas em dias de semana (terças, quartas e quintas-feiras), evitando-se as situações atípicas geradas pelos fins de semana e feriados, e em horários considerados de maior fluxo de veículos (7 às 8 h; 12 às 13 h e 17:30 às 18:30 h).

Para os registros dos níveis sonoros equivalente (LAeq), foi utilizado o equipamento Analyser 2270-L da Brüel&Kjær, tipo Hand-Held, classificado como tipo 1 de precisão. Para minimizar interferências causadas por ventos, foi acoplado um protetor de vento ao microfone. O aparelho foi configurado com as especificações para medições externas de ruído ambiental, atendendo todas as especificações metodológicas indicadas pelas NBR 10.151 (ABNT, 2000) e ISO 1996. Utilizou-se o circuito de compensação em A com ponderação em tempo de resposta lenta (Slow). O tempo de duração de cada medição nos pontos foi de 5 minutos em cada faixa de horário, conforme indicado por Mendonça et al. (2012). O aparelho foi afastado de superfícies refletoras, no mínimo 2,0 m de paredes e 1,2 m do chão, conforme a norma vigente.

3.3. Aplicação dos dados em um modelo de previsão para o mapeamento acústico

A elaboração de mapas acústicos pode ser realizada sob três enfoques: medições dos níveis sonoros realizadas *in loco* e em pontos previamente determinados; simulações computacionais, utilizando modelos de predição acústica, como também a comparação entre as medições reais e as simulações (GUEDES e BERTOLI, 2005).

No caso aqui estudado, os dados de níveis de ruído coletados foram incorporados no software CADNA-A, v.4.1 (Computer Aided Design Noise Abatement, da DATAKUSTIK, 2005), com o intuito de calcular e apresentar os níveis de ruído ambiental em forma de mapa, bem como prever e avaliar o incômodo acústico. Os dados de entrada inseridos foram: as vias e os valores das médias do nível sonoro equivalente (LAeq) para os três períodos de contagem do fluxo de veículos e medição do nível sonoro *in loco*. Para as edificações térreas foram admitidas uma altura de 4,5 m e adicionados 3 metros a cada pavimento. Para as superfícies das fachadas foi considerado um coeficiente de absorção de 0,37 (valor padrão do software).

O programa empregado tem capacidade de simular situações e produzir resultados de acordo com diferentes normas de cálculos. Para este estudo, o método de cálculo utilizado foi o método francês (NMPB Routes-2008), chamado de Novo Método de Previsão do Ruído do Tráfego, recomendado pela Directiva 2009/49/EC. O algoritmo deste método considera o cálculo do nível sonoro equivalente de longa duração (L_{LT}) e as condições meteorológicas da zona em estudo e é calculado segundo a expressão:

$$L_{LT} = 10 \log [p \cdot 10^{L_{LF}/10} + (1-p) \cdot 10^{L_{LH}/10}] \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

p: é a ocorrência das condições meteorológicas favoráveis durante a propagação do som e assume valores entre $0 < p < 1$;

L_{LF}: é o nível sonoro para condições meteorológicas favoráveis do local, segundo a equação 2:

$$L_{LF} = LW - A_{div} - A_{atm} - A_{solo,F} - A_{dif,F} - A_{ref} \quad \text{Equação 2}$$

L_{LH}: é o nível sonoro para condições meteorológicas homogêneas do local, segundo a equação 3:

$$L_{LH} = LW - A_{div} - A_{atm} - A_{solo,H} - A_{dif,H} - A_{ref} \quad \text{Equação 3}$$

A variável LW é incluída neste cálculo e representa a potência acústica associada ao fluxo de tráfego rodoviário, bem como da tipologia e tipo de pavimento da via. Os demais componentes são: A_{div} , atenuação devida à divergência geométrica; A_{atm} , absorção pelo ar; A_{dif} , difração; A_{solo} , efeitos devido ao solo e A_{ref} , absorção das superfícies verticais nas quais o raio foi refletido no plano horizontal (SILVA, 2010).

As vias de tráfego foram simuladas como fontes lineares e para geração do mapa de ruídos os seguintes parâmetros de cálculo foram aplicados: ‘*receiverspacing*’ (espaçamento entre receptores) de 10,00 x 10,00, ‘*receiverheight*’ (altura do receptor) de 1,5 m (nível do usuário) com linhas isofônicas de classe a cada 5 dB(A).

O mapa final gerado pelo modelo considera o valor L_{den} , que representa uma ponderação dos níveis de ruído durante o dia e noite. No caso desse estudo, L_{den} foi calculado pelo modelo a partir dos dados de entrada LAeq medidos *in loco* e correspondentes aos períodos de pico do fluxo de veículos. Tomou-se como referência outros trabalhos que apresentaram resultados aceitáveis e que utilizam este componente para a validação (ex. Mardones, 2009; Silva, 2010).

Para validar o modelo, os valores simulados foram comparados com os valores medidos *in loco* e foi realizada uma análise de correspondência entre eles.

Como o Brasil ainda carece de informações e pesquisas relacionadas ao assunto, adotou-se que a diferença entre os valores simulados e os valores medidos, em áreas urbanas, não deve ultrapassar ± 4 dB(A), seguindo-se assim, o indicado pelo Grupo de Trabalho da Comunidade Europeia, a WG3 (2001).

3.4. Verificação da concordância dos níveis sonoros com as normas vigentes

No que diz respeito às normas brasileiras vigentes, a NBR 10.151 (ABNT, 2000) introduz definições de acústica, especifica o método para a medição do ruído e a aplicação de correções nos níveis medidos. Ainda, estabelece limites para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, através do Nível de Critério de Avaliação (NCA) em ambientes externos, de acordo com o tipo de zoneamento de cada área e período.

No âmbito municipal não há nenhum planejamento ou gestão de ruído específico para a cidade de São Carlos.

De acordo com o Plano Diretor da cidade, instituído pela Lei nº 13.691 de 25 de novembro de 2005, a área selecionada para estudo é considerada como Zona de Ocupação Induzida I e pertencente a uma região central e de uso misto. Com isso, possui incentivo para maior ocupação de uso residencial e possibilidade de adensamento, respeitando os coeficientes máximos de ocupação (70%) e de aproveitamento (1,4). Segundo a classificação NCA, esta área é considerada como “área mista, com vocação comercial e administrativa”. Isso estabelece pela NBR 10.151 (ABNT, 2000) um nível de ruído máximo de 60 dB(A) no período diurno, uma vez que este período é considerado das 7 h às 22 h.

3.5. Proposta de classes acústicas de quadras

Para a proposição de classes acústicas de diferenciação da contaminação sonora por quadras, foram determinados os valores médios de L_{den} para cada quadra. Para isso, a partir do mapa de previsão de ruídos, foram incluídos pontos de leitura (receptores) do ruído predito nas vias para cada quadra da fração estudada, na posição do ponto médio do trecho da via, correspondendo a cada face de quadra (4 pontos no total por quadra).

O mesmo número de pontos foi incluído para leitura de dados preditos no centro das quadras, em posição determinada pelo afastamento de 30 m a partir do ponto de leitura na via, na direção do centro da quadra (Figura 3).

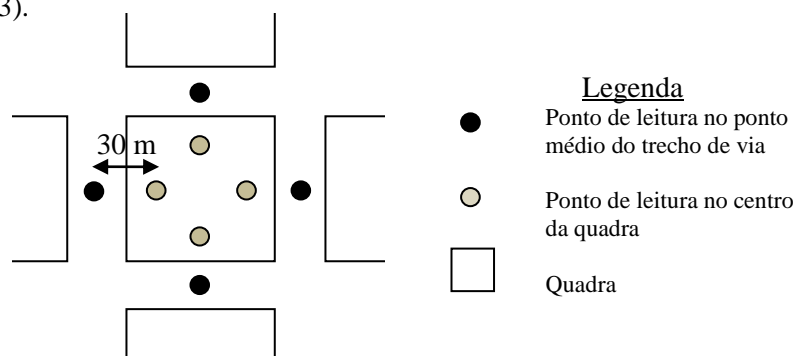


Figura 3—Representação das posições dos pontos de leitura de valores preditos para determinação do ruído médio nas quadras.

Com base no limite de 60 dB (A) aceitáveis na norma vigente para zona de uso misto, foram propostas três classes acústicas de quadras: abaixo de 55 dB (A), de 55 a 60 dB(A) e acima de 60 dB(A). A elas foram atribuídas cores e montado um mapa representativo das classes de quadras.

4. RESULTADOS

Os resultados quanto ao uso do solo destacaram que os usos residencial (31,59%) e comercial (27,73 %) são predominantes na região, chamando ainda a atenção o fato do número de instituições de ensino ser significativo em relação à área de estudo (Figura 4).

As medições realizadas *in loco* para todos os períodos amostrados, de modo geral, apresentaram valores acima dos estabelecidos pela norma vigente. Os valores mais elevados são referentes aos Pontos 3, 6 e 8, que estão situados próximos a escolas ou comércios. Por outro lado, o Ponto 1 apresentou os menores valores e está situado próximo a residências. Nos demais pontos os valores dos níveis sonoros permaneceram entre 60,8 e 69,0 dB(A), ultrapassando o limite crítico estabelecido para o conforto acústico (Figura 5).

Os resultados da aplicação do modelo de predição do ruído demonstraram que os valores dos níveis sonoros simulados estão acima ou próximos a 60 dB(A), valor limite estabelecido (Figura 6).

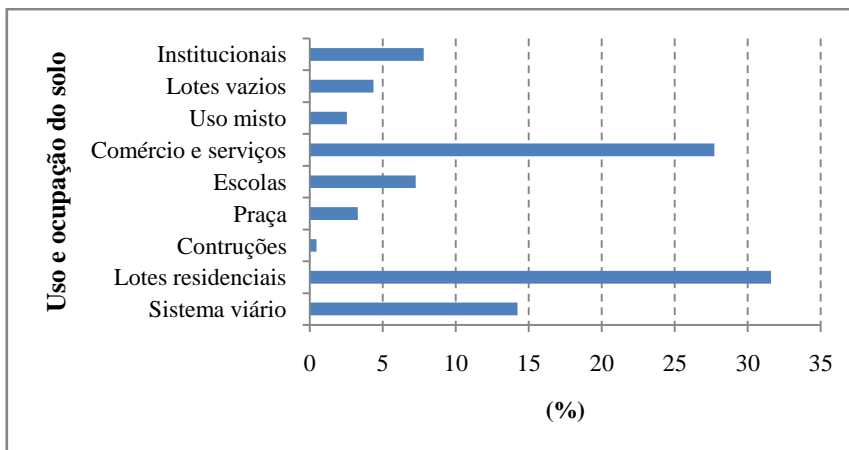


Figura 4 - Uso e ocupação do solo da área de estudo na cidade de São Carlos, SP, Brasil.

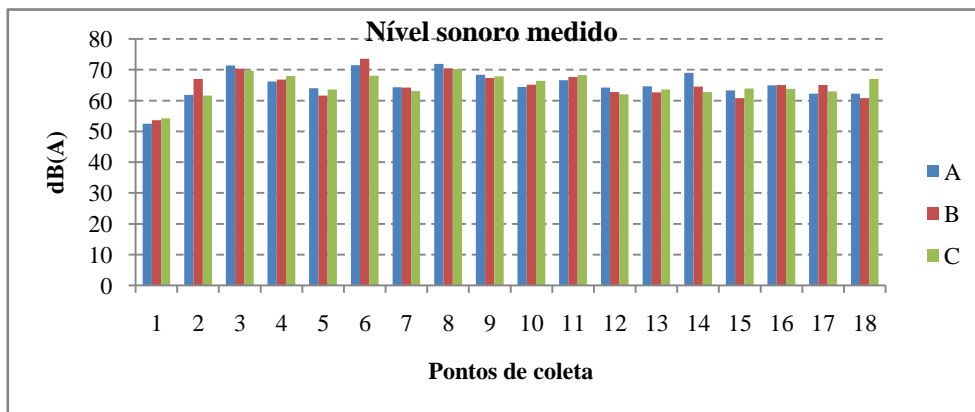


Figura 5 - Valores de LAeq medidos *in loco* para os períodos “A” (7 – 8 h), “B” (12 – 13 h) e “C” (17:30 – 18:30 h), na cidade de São Carlos, SP, Brasil.

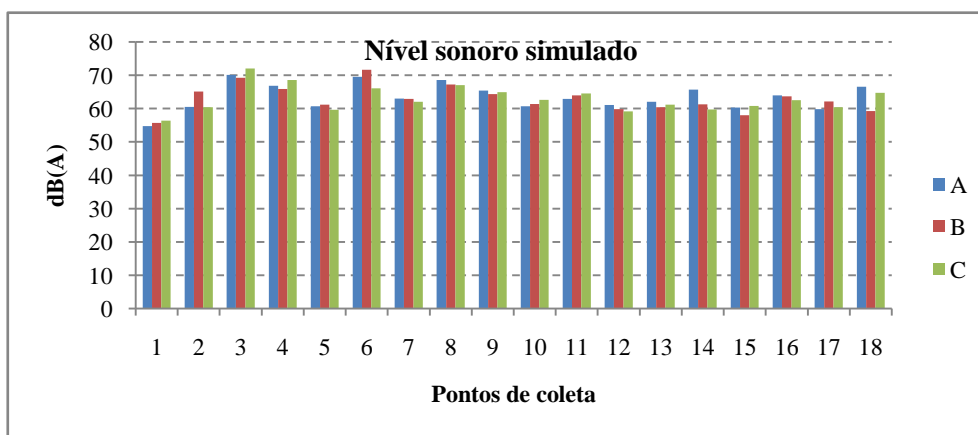


Figura 6 - Valores de LAeq simulados para os períodos “A” (7 – 8 h), “B” (12 – 13 h) e “C” (17:30 – 18:30 h), na cidade de São Carlos, SP, Brasil.

Para uma maior confiabilidade no mapa sonoro, é necessário realizar a validação dos resultados, a qual consiste na comparação dos valores obtidos na simulação com os valores das medições efetuadas nos locais selecionados. Neste procedimento de validação, verificou-se que esses valores não ultrapassam 4 dB(A), exceto para o Ponto 5 no período do início da noite, que atingiu o valor de 4 dB(A) e para o Ponto 18 no período da manhã, com 4,44 dB(A) (Figura 7).

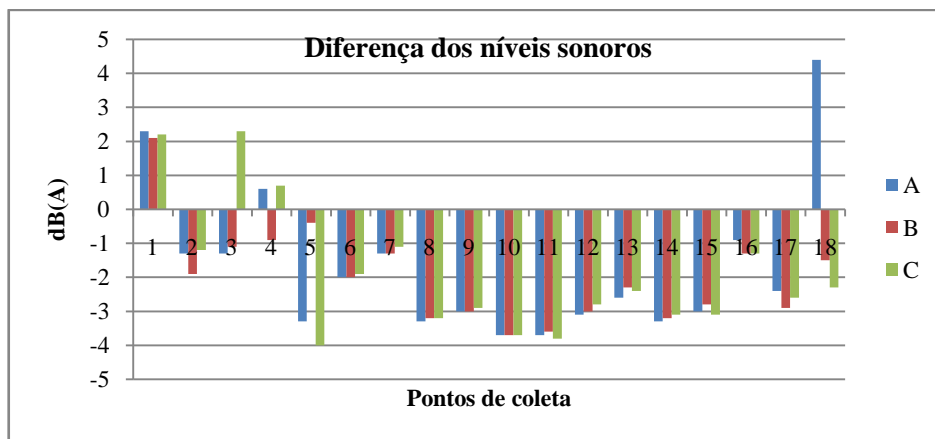


Figura 7 - Diferença dos valores de LAeq medidos *in loco* e os simulados para os períodos “A” (7 – 8 h), “B” (12 – 13 h) e “C” (17:30 – 18:30 h), na cidade de São Carlos, SP, Brasil.

Na análise de correlação entre os dados medidos *in loco* e os simulados (Figura 8), os valores de R^2 para todos os períodos foram considerados elevados, o que confirma a validação dos resultados.

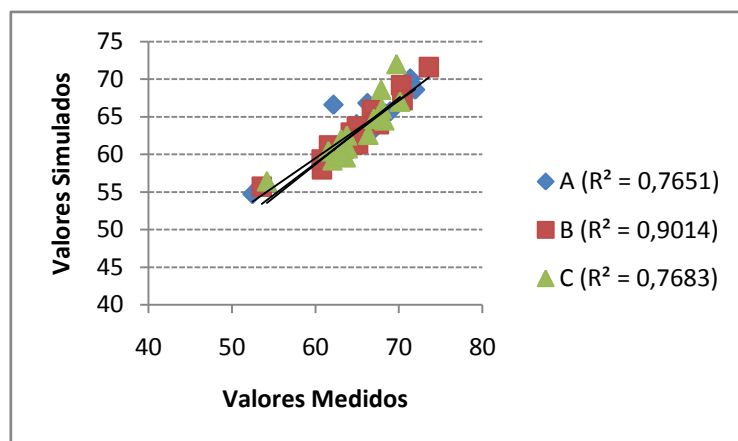


Figura 8 - Análise de correspondência entre os valores obtidos *in loco* e os simulados nos períodos amostrados: “A” (7 – 8 h), “B” (12 – 13 h) e “C” (17:30 – 18:30 h).

Como resultado da simulação, a Figura 9 apresenta o mapa sonoro para a região de estudo a uma altura de 1,5 m em relação ao solo. Pode-se visualizar que as áreas de maiores níveis sonoros estão localizadas nas vias que apresentam maior fluxo de veículos, como é o caso das ruas Carlos Botelho, XV de Novembro e Episcopal.

A partir da Figura 9, é possível analisar também o comportamento acústico no interior das quadras, as quais apresentam níveis sonoros menores que os encontrados nas vias. Em parte, este fato decorre do distanciamento destas regiões em relação à fonte sonora (tráfego de veículos). Porém, associa-se a isso a questão destas regiões encontrarem-se protegidas pelas edificações, que agem como barreiras acústicas, atenuando os níveis de intensidade sonora.

Por fim, foi proposta a classificação das quadras por faixa de ruído médio, resultando no mapeamento demonstrado na Figura 10. Esse permite constatar que dentro da zona de ocupação estudada existem quadras mais críticas, apresentando níveis de ruído que demonstram a incompatibilidade entre uma proposta de adensamento e o conforto acústico. O adensamento representa o aumento no fluxo de veículo e, conseqüentemente, intensificação da fonte sonora. Portanto, as diretrizes gerais de ocupação nessa área deveriam ser mais restritivas em relação às quadras cuja classe corresponde àquela acima de 60 dB (A). Mesmo as quadras que se encontram no limite, entre 55 e 60 dB(A), indicam que o adensamento nessa área deve ser bastante cauteloso.

Outro ponto que pode ser observado é que apenas uma das quadras nessa zona de ocupação induzida possui, de fato, maior aceitação acústica para o adensamento.

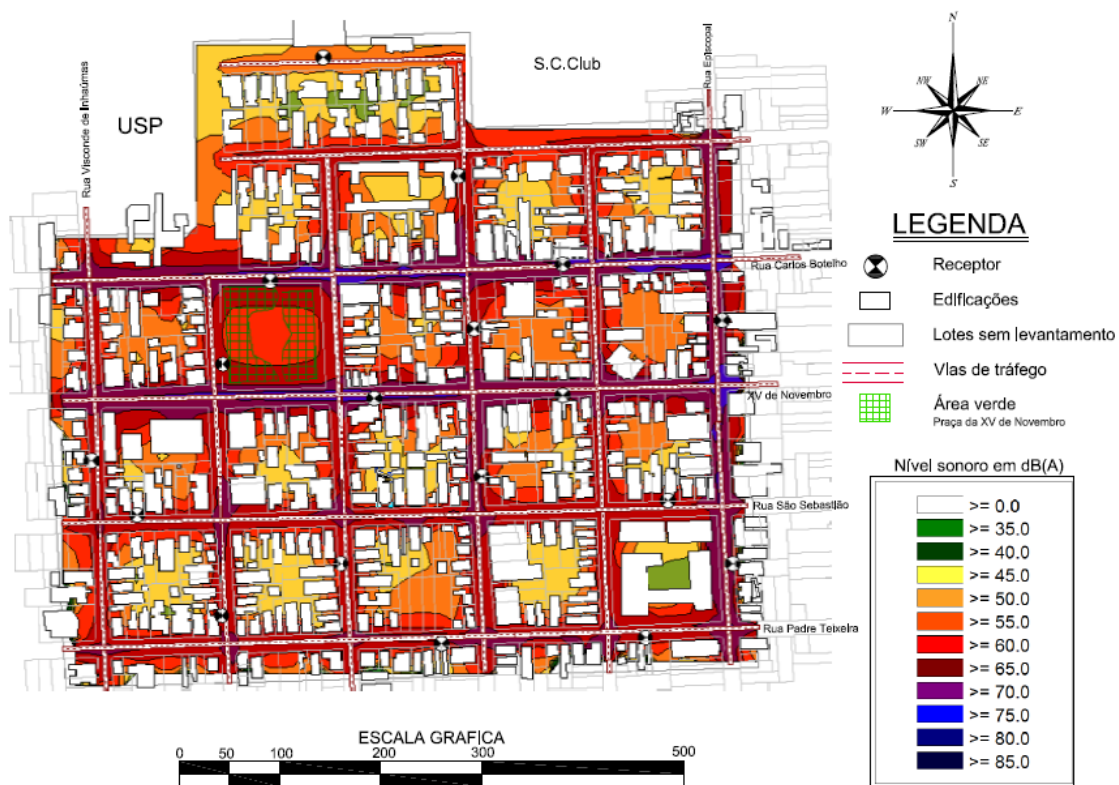


Figura 8 - Mapa de ruído para o período amostrado na cidade de São Carlos, SP, Brasil.

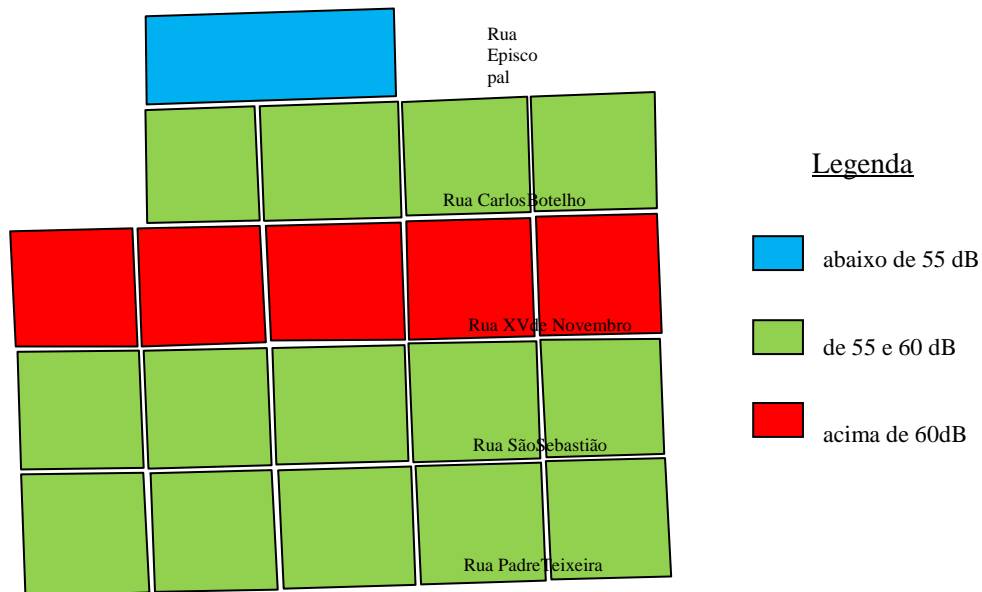


Figura 9 - Mapeamento das Classes acústicas de quadras urbanas na cidade de São Carlos, SP, Brasil.

5. DISCUSSÃO

Neste trabalho, a maioria dos níveis sonoros alcançados ultrapassa o limite estabelecido pelas normas vigentes e, portanto, são considerados altos. Outras cidades brasileiras, consideradas de médio porte, também constataram elevados índices sonoros, como é o caso de Sorocaba (Costa e Lourenço, 2010), Taubaté (Brito e Sinder, 2009), Bauru (Souza e Giunta, 2011) e em algumas cidades de Minas Gerais (Valadares, 2007). Observa-se com isso que a maioria das cidades brasileiras tende a negligenciar os cuidados com os sons emitidos, não existindo de fato um combate mais efetivo ao problema.

As cidades de médio e pequeno porte, apesar de muitas vezes apresentarem este problema, demonstram um potencial mais promissor ao tratamento preventivo dos ruídos do que as grandes

idades. Observam-se, por exemplo, em grandes cidades como Curitiba (Cantieriet al., 2010), valores médios de 81,9 dB(A), representando 16,9 dB(A) acima do estabelecido. No Rio de Janeiro, Pinto e Mardones (2009) encontraram valores superiores a 65 dB(A). Portanto, são níveis ainda mais incômodos do que aqueles verificados na área de estudo em São Carlos, SP.

Os resultados comprovam que os mapas sonoros são capazes de identificar áreas críticas e preservadas, sendo esta tecnologia um excelente meio para lidar com o problema da poluição sonora, além de apresentar subsídios para tomadas de decisão e aplicação no planejamento urbano. Com relação à simulação computacional, o software CADNA-A utilizado, demonstrou ser eficaz para avaliação do impacto sonoro, corroborando com outros trabalhos que também utilizaram esta mesma ferramenta computacional (Pinto e Mardones, 2009; Aranaet al., 2010; Foraster et al., 2011).

A análise de contaminação sonora por pontos receptores permite a identificação dos níveis em pontos urbanos específicos, o que auxilia na tomada de decisão para a prevenção e controle do ruído. Porém, existe uma lacuna entre a escala pontual propiciada pelo mapeamento sonoro e a escala das diretrizes determinadas pelos municípios para cada zona de ocupação. Se por um lado as decisões urbanas não podem ser tomadas por questões apenas pontuais, por outro, a consideração das normas vigentes sob o ponto de vista da escala da zona de ocupação como um todo, acaba por generalizar diretrizes de adensamento que podem intensificar a contaminação sonora já existente. Por essa razão, a abordagem por quadras, após o mapeamento e previsão de níveis de ruído do entorno, pode ser uma solução eficaz, permitindo evidenciar aquelas quadras que não comportam mais adensamento ou intensificação do fluxo de veículos. Assim é possível estabelecer ações mais restritivas para o controle e prevenção do ruído.

A proposta de serem estabelecidas classes por quadras (abaixo do limite, no limite e acima do limite), fixando-se uma faixa limite, ou seja, 5dB(A) a menos do que o limite da norma até o valor limite estabelecido pela norma, pode ser extrapolada para outros tipos de zonas e usos. Isso permite uma comparação entre as normas vigentes para aquele uso e a situação de ruído ocorrida em qualquer zona urbana.

6. CONCLUSÕES

O mapeamento do ruído do ambiente exterior para a situação de pico de tráfego, numa região da cidade considerada como uso misto, constatou que os níveis sonoros, tanto *in loco* como os simulados, estão acima do permitido pela legislação, o que reflete um alerta para o conforto sonoro ambiental.

De forma geral, os resultados da comparação dos valores dos níveis sonoros medidos e dos simulados foram satisfatórios, não ultrapassando 4 dB(A), podendo-se inferir que este modelo experimental encontra-se validado para a região de estudo.

A criação das classes de ruído por quadra é a contribuição mais significativa desse estudo, pois torna-se uma ferramenta de grande utilidade para os responsáveis pelo ordenamento e planejamento do território municipal, em articulação com os responsáveis pela gestão ambiental. O mapeamento dessas classes permitiu evidenciar quadras para as quais ações de controle devem ser tomadas para a garantia da qualidade acústica do local.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e à FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo suporte técnico e financeiro disponibilizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANA, M.; SAN MARTIN, R.; SAN MARTIN, M.L. Strategic noise map of a major road carried out with two environmental prediction software packages. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.163, p.503-513, 2010.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151/2000**: Acústica -Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. Rio de Janeiro, Brasil, 2000.
- BRITO, L. A. P. F. de; SINDER, V. Determinação do nível de pressão sonora das principais vias públicas da região central de Taubaté. In: X Encontro Nacional e V Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído, 2009, Natal. **Anais do X ENCAC e V ELACAC**. Natal, 2009.
- CANTIERI, E.; CATAI, R. E.; AGNOLETTO, R. A.; ZANQUETA, H. F. B.; CORDEIRO, A. D.; ROMANO, C. A. Elaboração de um mapa de ruído para a região central da cidade de Curitiba – PR. **Revista Produção on-line**. Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO, UFSC, Vol. X, Num.I, 2010.

- COSTA, S. B.; LOURENÇO, R. W. Geoprocessing applied to the assessment of environmental noise: a case study in the city of Sorocaba, São Paulo, Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, 2010.
- DATAKUSTIK GMBH (2005).CADNA Manual V3.4, **Datakustik GMBH**. Greifenberg, Germany.
- DIRECTIVE 2002/49/EC of the European parliament and of the council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise, **Official Journal of the European Communities** no L 189 pp. 0012–0026.
- FORASTER, M.; DELTELL, A.; BASAGAÑA, X.; MEDINA-RAMÓN, M.; AGUILERA, I.; BOUSO, L.; GRAU, M.; PHULERIA, H. C.; RIVERA, M.; SLAMA, R.; SUNYER, J.; TARGA, J.; KÜNZLI, N. Local determinants of road traffic noise levels versus determinants of air pollution levels in a Mediterranean city. **Environmental Research**, v. 111, p. 177–183, 2011.
- GUEDES, C. M.; BERTOLI, S. R.. Forma urbana: Um indicativo de sua influência no ambiente sonoro no bairro Jardins em Aracaju (SE). In: VIII Encontro Nacional no IV Ambiente Construído e Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais**. Maceió, 2005.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Indicadores sociais municipais**: uma análise dos resultados do universo do Censo Demográfico, 2010.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1996/2:Acoustics**: description, measurement and assessment of environmental noise - Part 2: Determination of environmental noise levels, 2007/2, Suíça, 2007.
- MARDONES, M. D. M.. **Mapeamento dos níveis de ruído em Copacabana, Rio de Janeiro, através de simulação computacional**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2009.
- MENDONÇA, A. B. D.; SURIANO, M. T.; SOUZA, L. C. L.; VIVIANI, E. Medições acústicas: variação da geometria da via urbana e tempo de amostragem. In: III SIMPÓSIO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA. **Anais**. Maringá, 2012.
- MORAES, E. M. L. Que é e como se faz um mapa estratégico de ruído. In: IX Encontro Nacional no V Ambiente Construído e Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais**. Ouro Preto, ANTAC, 2007.
- MORAES, E.; LARA, L.; TOGUCHI, L.; PINTO, A. Mapa de ruídos da zona comercial de Belém, uma parcela do Mapa de ruídos da cidade de Belém – Brasil. **TecniAcustica**. Bilbao, 2003.
- PINTO, F.A.N.C.; MARDONES, M.D.M. Noise mapping of densely populated neighborhoods – example of Copacabana, Rio de Janeiro – Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 155, p.309-318, 2009.
- SANTOS, L. C., VALADO, F. The municipal noise map as planning tool. **Acústica**, Guimarães, Portugal, PaperID:162, 2004.
- SÃO CARLOS. **Prefeitura municipal**. Disponível em: <<http://www.saocarlos.sp.gov.br>>. Acesso em: 06 abr. 2013.
- SEMAM – SECRETARIA MEIO AMBIENTE E CONTROLE URBANO. **Prefeitura Municipal de Fortaleza**. 2011. Disponível em: <http://www.fortaleza.ce.gov.br/carta-acustica?option=com_content&task=view&id=59> Acessado em 30/01/2013.
- SILVA, A. M. C. **Mapa de Ruído do Bairro “Vila Universitária” Bauru, Brasil -Situação de Pico**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Área de Especialização Planejamento Urbano. Universidade do Minho. Portugal. 2010.
- SINIA – SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN AMBIENTAL. Mapas de Ruído. **Comuna de Providencia y Antofagasta**. 2011. Disponível em: <<http://www.sinia.cl/1292/w3-article-49823.html>> Acessado em 30/01/2013.
- SOUZA, L. C. L.; GIUNTA, M. B. Urbanindices as environmentalnoiseindicators. **Computers, EnvironmentandUrban Systems**, v. 35, n.5, p. 421- 430, 2011.
- VALADARES, V. M.; SOUZA, R. V. G.; CORNACCHIA, G.; GROSCHE, J. G. Considerando a atmosfera acústica na elaboração de planos diretores. Anais XI Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto do Ambiente Construído. **Anais**. Ouro Preto, 2007.
- WG3 -WORKING GROUP 3 (eds.). **Computational and Measurement**. Progress Report.2001.