

O potencial da utilização da ferramenta de mapa de ruído em diferentes escalas de análise

CORTÊS, Marina M. ¹
NIEMEYER, Maria Lygia

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. marinameco@hotmail.com

Resumo

O mapeamento acústico é uma importante ferramenta de planejamento e controle do ruído urbano. Pode ser utilizado para diversos fins, dependendo da escala e objetivo do estudo. No Brasil, apesar do estado da arte das pesquisas nesta área, os métodos de simulação computacional de impacto sonoro não são exigidos nem mesmo para infraestruturas rodoviárias de grande porte. Além disso, é bastante comum ser utilizado no nível da escala municipal ou de uma área urbana, como em um bairro. Entretanto, o uso do mapa de ruído na escala da quadra, como ferramenta de auxílio nas decisões projetuais, ainda é bastante escasso. Assim, o artigo tem o objetivo demonstrar o potencial dessa ferramenta em diferentes escalas de avaliação. O campo experimental ocorre no Bairro de Petrópolis em Natal/RN, que a exemplo de outras cidades de médio porte, passa por acelerado crescimento urbano. Através do programa SoundPLAN, foram realizados estudos para todo o Bairro, previsões com modelos futuros para uma parcela do mesmo e verificado a influência de decisões iniciais de projeto. A pesquisa demonstra que os níveis sonoros atuais no Bairro já estão elevados, principalmente ao longo das vias arteriais e que a tendência da situação é se agravar no futuro. Além disso, no meio urbano, as edificações podem influenciar a propagação sonora tanto como barreiras, como objetos de reflexão. Para a gestão do ruído no edifício, as decisões de projeto devem ser pensadas juntas, pois a escolha da forma está intimamente ligada à implantação do edifício no lote.

Palavras-Chave: Conforto acústico, Processo de projeto, Mapeamento sonoro, Simulação.

Abstract

The acoustic mapping is an important tool to plan and control urban noise. It can be used for various purposes, depending on the scale and objective of the study. In Brazil, despite the state of the art research in this area, the methods of computer simulation of impact sound are not required not even to large road infrastructure. Furthermore, it's very commonly used in a level of municipal scale or an urban area, such as a neighbourhood. However, the use of noise mapping on the scale of the city block, as a tool to assistance in project decisions, is still enough scarce. Thus, the paper aims at demonstrating the potential of this tool in different scales of evaluation. The experimental field occurs in the neighborhood of Petrópolis, Natal / RN, which like other medium-sized cities, goes through rapid urban growth. Through the program SoundPLAN, studies were performed for all neighborhood, predictions with future models for part of the same were made and the influence of initial project decisions were verified. The research demonstrates that the current noise levels are already high in the neighborhood, principally along the arterial roads and the tendency of this situation is to worsen in the future. In addition, in urban areas, buildings can influence the propagation of sound as barriers, such as objects of reflection. To manage noise on the building, project decisions must be thought together, because the choice of form is intimately linked to the implantation of the building on the lot.

Keywords: Acoustic comfort, Project process, Sound mapping, Simulation.

1. Introdução

Um dos efeitos negativo da urbanização é o nível de ruído que se torna cada vez mais perturbador. O ruído urbano é um exemplo de poluição ambiental, comparável com a do ar, da água e do solo. A poluição sonora provoca a degradação na qualidade do meio ambiente e se apresenta como um dos maiores problemas de saúde pública das grandes cidades (WHO, 2003). Em relação à acústica do espaço urbano, parece que foi assumida a premissa de que nas cidades, devido à necessidade do tráfego de veículos, o ruído é inevitável e que pouco pode ser feito. Entretanto, no livro “Quando a rua vira casa”, Carlos Nelson (1985) exemplifica como a qualidade ambiental de uma via depende do controle entre a densidade do uso do solo e a capacidade de suporte do sistema de circulação.

Além disto, grande parte do território brasileiro possui o clima do tipo quente e úmido e tem a ventilação natural como uma estratégia de fundamental importância. Em locais com este tipo de clima não existe uma fronteira rígida entre o interior e o exterior, já que as janelas permanecem sempre abertas e o uso de espaços transitórios, também abertos, como varandas, terraços ou pátios é um traço muito presente na arquitetura. Entretanto, a utilização da ventilação natural como estratégia de conforto higrotérmico entra em conflito com a necessidade do isolamento sonoro das fachadas. Nesse contexto, o conforto no interior do edifício também está condicionado às características microclimáticas e acústicas do meio em que está inserido. Assim, essa preocupação deve ultrapassar os limites físicos do edifício, abrangendo os espaços externos, de forma que também ocorra uma gestão do ruído no entorno.

Uma importante ferramenta de planejamento e controle do ruído urbano é a cartografia sonora, que possibilita a criação de mapeamentos de ruído. O mapa acústico nada mais é do que a informação gráfica da distribuição dos níveis de ruído, sobre uma determinada área. Com essa ferramenta é possível, por exemplo, identificar o nível de ruído percebido por pedestres ou nos edifícios, verificar quais áreas estão com níveis acima do permitido pela legislação, simular cenários futuros e avaliar o desempenho de medidas para mitigação. Os países da Comunidade Europeia utilizam a Diretiva 2002/49/EC, cujos mapas de ruído estratégico são exigidos em aglomerações com mais de 250.000 habitantes e para atividades potencialmente capazes de gerar poluição sonora. Por outro lado, no Brasil, apesar do estado da arte das pesquisas nesta área, os

métodos de simulação computacional de impacto sonoro não são exigidos nem mesmo para infraestruturas rodoviárias de grande porte. Percebe-se, então, que o mapa de ruído pode ser utilizado para diversos fins, dependendo da escala e objetivo do estudo. No Brasil, é bastante comum ser utilizado no nível da escala municipal, como Moraes (2006) que elaborou o mapa acústico na cidade de Belém/PA ou na escala de um bairro como Pinto e Mardones (2009) que trouxe o exemplo do Bairro de Copacabana/RJ e Garavelli et al. (2010) em Águas Claras/DF. Entretanto, se verifica que o estudo do mapa de ruído na escala de uma quadra, como ferramenta de auxílio nas decisões projetuais, ainda é bastante escasso.

A pesquisa teve como campo experimental a cidade de Natal/RN (CORTÊS, 2013), que a exemplo de outras cidades de médio porte, passa por acelerado crescimento urbano, caracterizado pela expansão de sua malha em direção às cidades vizinhas e pela criação de estruturas verticais em alguns bairros (ARAÚJO et al., 2000). Há uma forte tendência do processo de verticalização ocorrer normalmente em áreas nobres e valorizadas. Assim, bairros residenciais como Petrópolis, por exemplo, já enfrentam dificuldades com esgotamento dos espaços. Por dispor de infraestrutura urbana básica, o Plano Diretor de Natal (2007) o classifica como “zona adensável”, permitindo a construção de edifícios com até 90 metros de altura.

2. Objetivo

Este artigo tem como objetivo estudar o potencial do uso da ferramenta de mapeamento de ruído em diferentes escalas de avaliação.

3. Método

Para este trabalho, foi aplicada a metodologia de mapa de ruído através de simulações com o SoundPLAN, que é um software comercial desenvolvido pela empresa alemã Braunstein + Berndt GmbH (2004).

Selecionou-se o Bairro de Petrópolis, um dos pioneiros no processo de verticalização da cidade, para a elaboração dos mapas de ruído (Figura 1). O trabalho se apresentou dividido em duas escalas de estudo. A primeira engloba todo o Bairro e a segunda apenas uma parcela do mesmo (Figura 2). Para a escala da quadra se pretendia analisar um espaço que possuísse alguns exemplares verticais, demonstrando a já manifestada tendência à verticalização, porém

Figura 1: Mapa de Natal/RN com destaque para o Bairro de Petrópolis. Fonte: SEMURB, 2008.



Figura 2: Mapa com escalas de estudo – Escala do bairro e da quadra. Fonte: Elaborado a partir de imagem do Google Earth.



que não estivesse totalmente consolidado, como já ocorre em algumas regiões do bairro. Destaca-se, então, a Av. Hermes da Fonseca, que é uma das vias mais importantes da cidade e uma das mais críticas em relação à poluição sonora.

Além disso, geralmente é necessário considerar uma “área de estudo” maior do que a “área do mapa” onde se pretende conhecer os níveis

sonoros. Podem existir fontes de ruído que apesar de se localizarem fora da área do mapa, influenciam os níveis sonoros aí existentes (PINTO et al., 2004). Por isso, a parcela do bairro foi delimitada a partir da escolha de uma quadra para aprofundamento dos estudos em outras escalas de avaliação. A quadra se situa entre as vias Potengi, Trairí, Av. Hermes da Fonseca e Av. Afonso Pena, justificando-se por diversos motivos: localização; tamanho; características dos lotes, com dimensões que facilitam o remembramento; possibilidade da substituição de construções baixas, já que não possui nenhuma edificação de grande porte. Assim, oferecia mais flexibilidade para estudos com variadas formas e implantações para edifícios hipotéticos verticais.

3.1. Modelo atual para escala do bairro

Este primeiro mapa, na escala do bairro, foi desenvolvido com a intenção de se obter um reconhecimento inicial em relação às características acústicas da região. Percebe-se que quanto maior a escala de estudo se permite um menor nível de detalhamento do mapa de ruído. Assim, as informações do bairro foram extraídas de outras pesquisas como teses, dissertações, artigos e trabalhos diversos. A primeira etapa realizada foi a coleta de dados, que serviram de base necessária à alimentação do modelo, divididas em três grupos:

- A introdução de dados meteorológicos: Temperatura e Umidade Relativa do ar, que foi retirada do trabalho de Araújo, Martins e Araújo (1998).

- A base cartográfica: contendo topografia, localização e altura das edificações. Teve como subsídio os trabalhos de Costa (2003), PINTO et al. (2011) e da planta cadastral de 2007, fornecida pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA).

- Os dados das fontes de ruído: A via como fonte linear. Assim, as vias foram caracterizadas em relação ao número de faixas, largura, presença e dimensão de canteiro central. Além disso, em 2009, a Secretaria Municipal de Mobilidade Urbana (SEMOB) realizou uma pesquisa com contagem de veículos de ruas e avenidas da cidade, incluindo algumas de Petrópolis. Notou-se que existia um número de veículos aproximado para cada categoria da rede viária (via local, coletora e arterial), no Bairro em questão. Além disso, as características das ruas em relação à largura da via e pavimentação também eram, na maioria dos casos, semelhantes por tipo de via.

Tabela 1: Parâmetros gerais de cálculo adotados

Dados gerais	
Índice calculado	LAeq, diurno
Normas e legislações	RLS 90, ABNT NBR 10151/2000, Lei nº 6.621/1994
Dados climáticos	Temperatura do ar - 26°C e Umidade relativa de 80%
Mapa acústico horizontal	
Tipo de simulação	Módulo gráfico <i>Grid noise map</i>
Altura do mapa acima da cota do solo	1,20 m
Espaçamento dos pontos da malha de simulação	25 m
Número de reflexões	2

Por ser um bairro planejado, contribuiu para que essas características fossem parecidas. Dessa forma, os níveis sonoros foram calculados seguindo os procedimentos do Guide du Bruit des Transportes Terrestres (CETUR, 1980), de acordo com o padrão para cada tipo de via, ou seja, cada categoria recebeu um valor igual do nível sonoro. A intenção deste primeiro mapa seria o de criar um “esboço” inicial, como forma de partida para analisar o Bairro em termos acústicos.

A segunda etapa de elaboração do mapa são os parâmetros de cálculo. Definiu-se, então, o número de pontos de cálculo e altura da simulação, o número de reflexões, as normas e legislação que serviram de base e os indicadores de níveis sonoros (Tabela 1). No processo de cálculo propriamente dito, essas variáveis que tornam ou não o processo mais simples e menos demorado. São intrínsecas do modelo e dependem do grau de precisão que se pretende obter, além da escala em que o mapa está sendo realizado (PINTO et al., 2004).

3.2. Modelo atual para escala da quadra

Na escala da quadra, os dados de morfologia urbana foram atualizados a partir de levantamento em campo. Além das informações de alturas das edificações e uso do solo, também se mostrou verificada a presença de muros nos lotes (Figura 3 e Figura 4).

Para a introdução dos níveis sonoros, também foram realizadas medições in loco, com o Medidor de Nível Sonoro 01dB, modelo SOLO SLM, Tipo 2. As medições se apresentaram em conformidade com os procedimentos da ABNT NBR 10151/2000. Em relação aos parâmetros da simulação, com a área de estudo menor, foi possível modificar o espaçamento dos pontos da malha para 15 m e utilizar o número de 3 reflexões. Além disso, os valores simulados se mostraram confrontados com os medidos, validando o mapa de ruído atual. Segundo Pinto et al. (2004), a simulação é aceita caso a diferença entre os valores simulados e medidos não ultrapasse ± 2 dB(A).

Figura 3: Mapa de Uso do Solo.

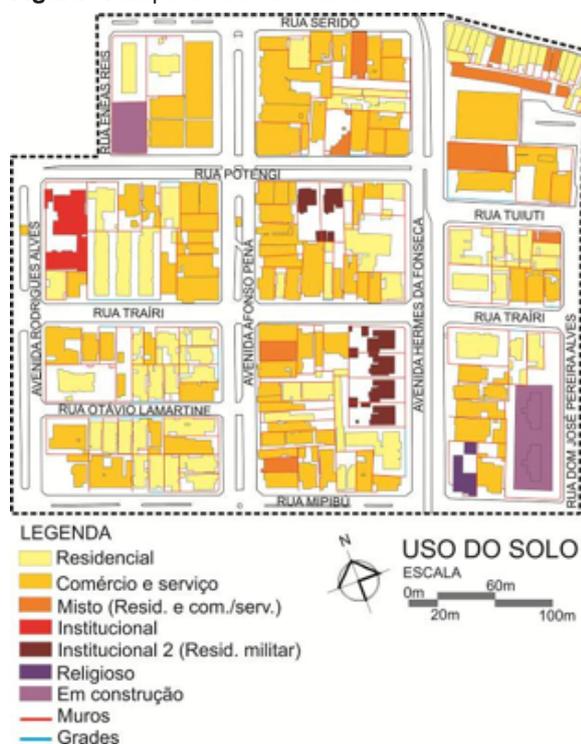
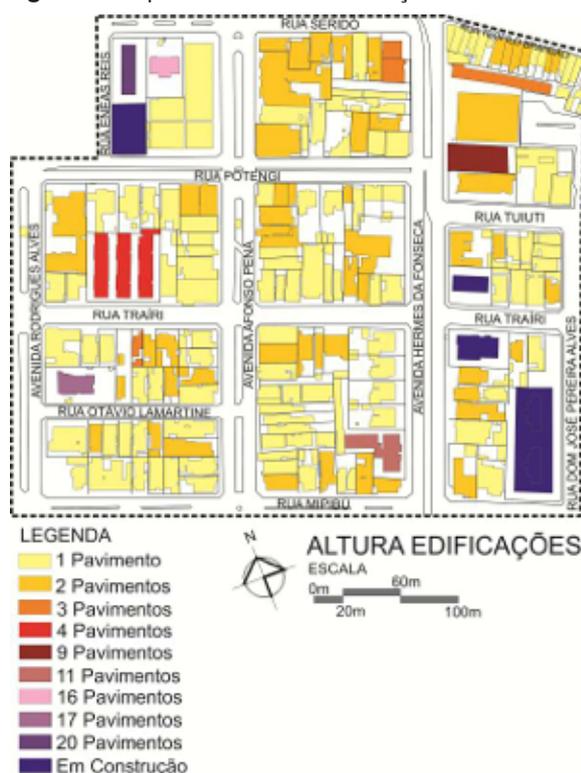


Figura 4: Mapa de Altura das edificações.



3.2. Modelo futuro para escala da quadra

Para a elaboração do modelo futuro se apresentou selecionada a hipótese de ocupação por edifícios de 20 pavimentos, a que mais se aproximou da tendência observada pelos edifícios projetados e em construção no bairro. As edificações hipotéticas também seguiram a legislação vigente (Plano Diretor de Natal de 2007), utilizando o máximo do potencial construtivo dos terrenos e mantendo a área padrão da unidade habitacional verificada em Petrópolis. Outro fator considerado, por estar presente na maioria dos edifícios do bairro, é a bandeja como lugar para vagas de estacionamento e ambientes de uso comum. Para melhor comparação, seguem os modelos tridimensionais utilizados na situação atual (Figura 5) e no cenário futuro (Figura 6).

Figura 5: Modelo de ocupação da situação atual.

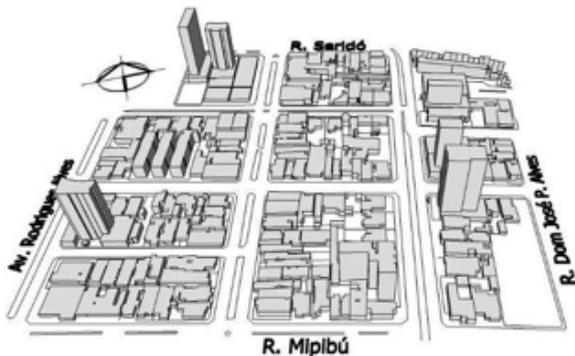
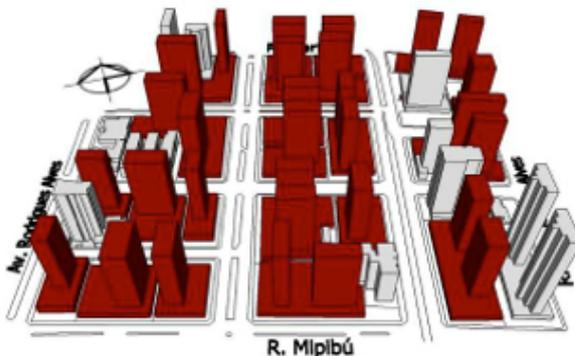


Figura 6: Modelo de ocupação da situação futura, com edificações hipotéticas em vermelho.



Na previsão do nível sonoro futuro foi feito um levantamento na quantidade atual de unidades residenciais, o fluxo de veículos atual e o número de unidades futuras. Percebeu-se que os níveis sonoros para o modelo futuro possui fluxo de veículos 5 vezes maior do que o atual. Não se pode esquecer que Natal é uma cidade com sistema de transporte público bastante deficiente. A população, principalmente de bairros classe média/alta como Petrópolis, utiliza o automóvel praticamente como único meio de transporte.

4. Análise de resultados

Pinto et al.(2004) estabelece algumas generalizações sobre o tipo de informação contida nos mapas de ruído, de acordo com a escala urbana trabalhada. Descreve, assim, que o mapa de ruído na escala municipal facilita a visão estratégica de gestão territorial, fornecendo linhas de orientação para toda a cidade, relativas às zonas a preservar e a corrigir, do ponto de vista acústico. Para a escala urbana como, por exemplo, em um bairro, o mapa se torna uma peça importante nos efeitos de licenciamento para atividades de uso sensível ou com emissões sonoras significativas para o exterior. Além disso, nessa escala já é possível começar a realizar uma estimativa do número de pessoas expostas a diferentes classes de níveis sonoros.

Na escala da quadra se verifica o potencial do mapa de ruído como ferramenta de subsídio de decisões nas etapas preliminares de concepção de projetos (volumetria, implantação, setorização, gabarito, etc.). Com este tipo de abordagem é possível prever o desempenho de uma edificação antes ser construída, causando impacto na maneira em como se pensa, se percebe e se concebe um projeto arquitetônico (CORTÊS, 2013).

4.1. Mapa de ruído atual na escala do bairro

Percebe-se que os níveis sonoros no bairro já se encontram elevados, com grande parte acima dos limites colocados pela Lei nº 6.621/1994, que dispõe sobre o controle da poluição sonora e condicionantes do meio ambiente no Rio Grande do Norte. Entretanto, merece a discussão de que essa lei possui uma nomenclatura muito abrangente para as zonas diversificadas. Além disso, deveria ser mais restritiva do que a norma da ABNT NBR 10151/2000, o que não ocorre em alguns casos, como pode ser visto na Tabela 2. Para a legislação do RN, uma zona residencial tem 55 dB(A) como limite diurno e a NBR 10151, possui 5 dB(A) a menos. Para zonas mistas, a zona diversificada do RN tem valores iguais ao limite utilizado para a área mista com vocação recreacional. Entretanto, ao comparar com a área mista predominantemente residencial, mais semelhante com o que ocorre no bairro, o nível limite diurno da ABNT apresenta 10 dB(A) a menos.

No mapa do bairro, as manchas verdes, que compreendem as faixas sonoras de 60 a 70 dB(A), predominam. As manchas azuis, até 59 dB(A), estão localizadas no interior das quadras e em trechos de algumas ruas. As amarelas e laranjas, que são de 70 a 80 dB(A), nas vias principais. Além disto, não apresentou nenhum nível acima de 83dB(A) (Figura 7).

Tabela 2: Limites permissíveis de ruído, em dB(A).

Lei nº 6.621/1994			ABNT NBR 10151/2000		
Tipos de áreas	Diurno	Noturno	Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Residencial (ZR)	55	45	Área estritamente residencial urbana, de hospitais ou de escolas	50	45
Diversificada (ZD)	65	55	Área mista, predominantemente residencial	55	50
			Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
			Área mista, com vocação recreacional	65	55

Figura 7: Mapa de ruído atual, para todo o Bairro de Petrópolis.

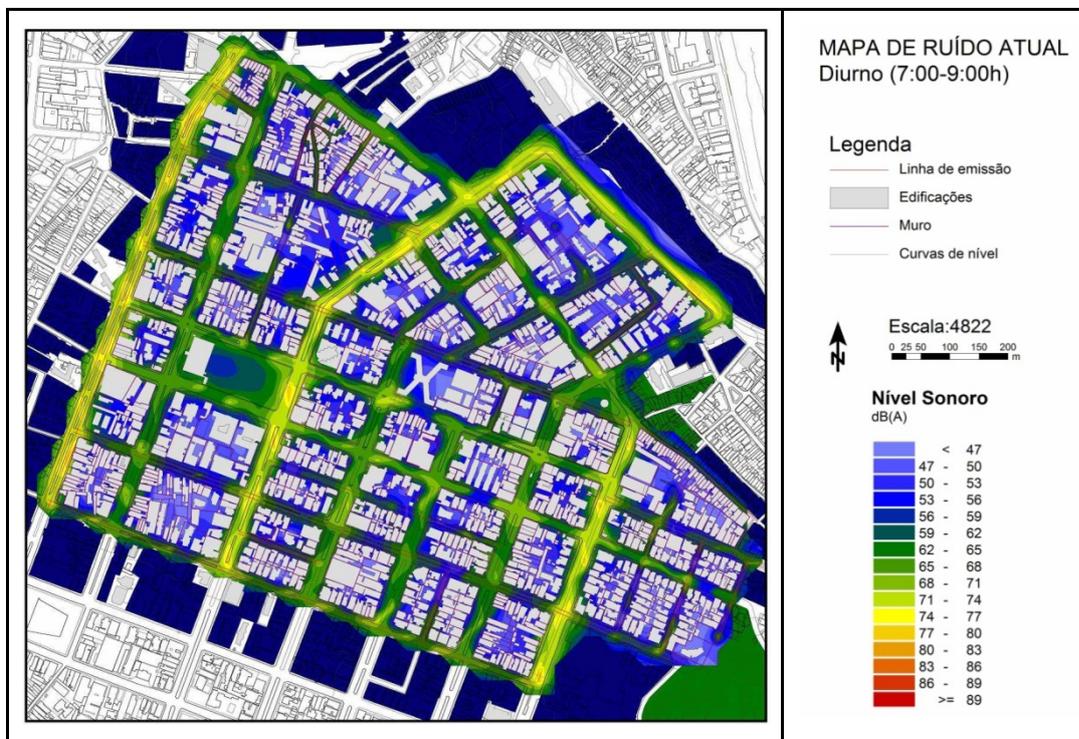
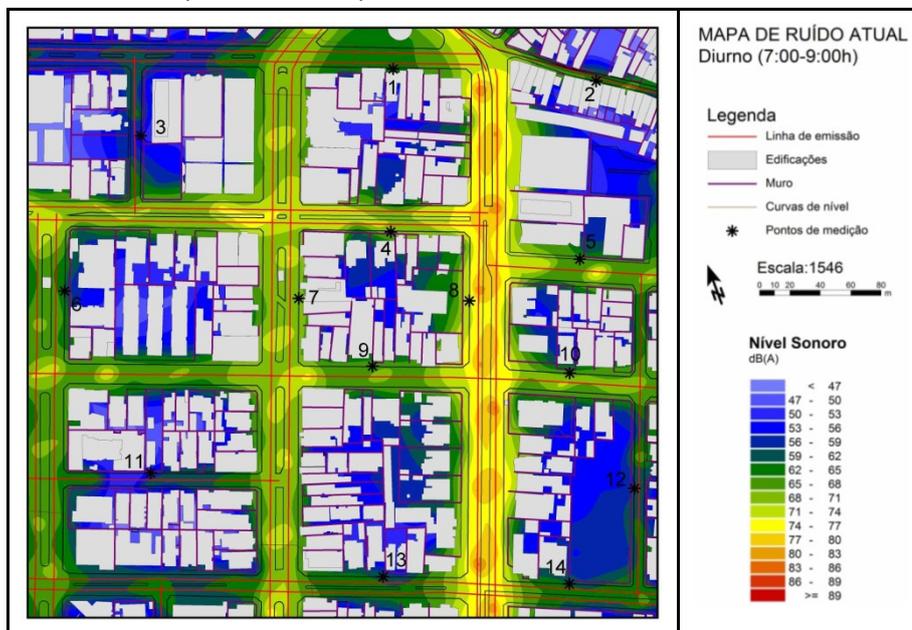


Figura 8: Mapa de ruído atual, para escala da quadra.



4.2. Mapa de ruído atual na escala da quadra

A Figura 8 apresenta o mapa de ruído diurno atual, demarcando também os pontos de medição. A simulação demonstra que a Av.

Hermes da Fonseca (Ponto 08) é a via com maiores problemas de ruído, com níveis na faixa dos 70 dB(A). Nas demais vias, a cor verde claro – 65 a 68 dB(A) – prevalece, porém com a presença de diversas manchas amarelas, principalmente nos cruzamentos. No centro das

Figura 9: Mapa de ruído futuro, para escala da quadra.

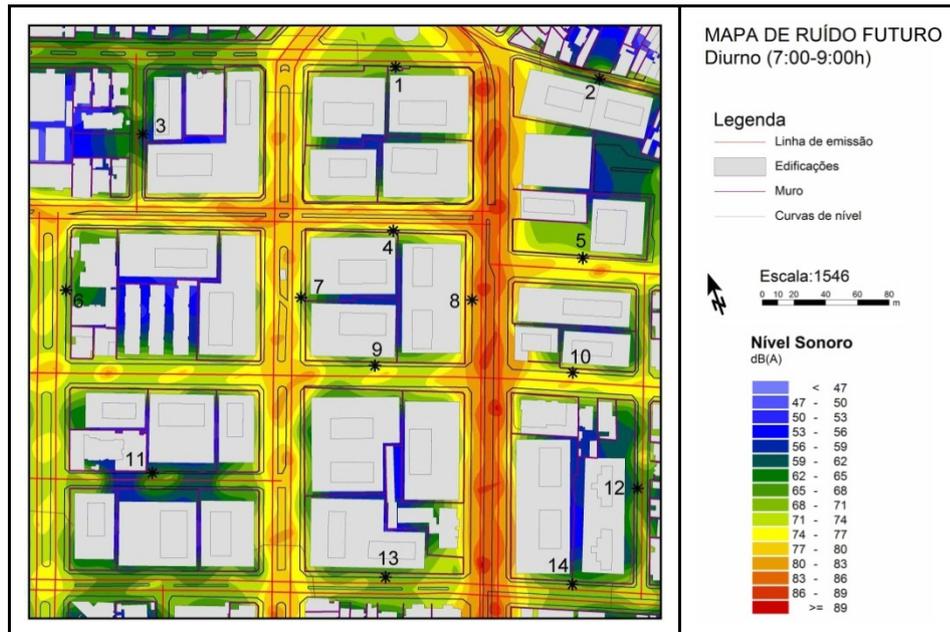
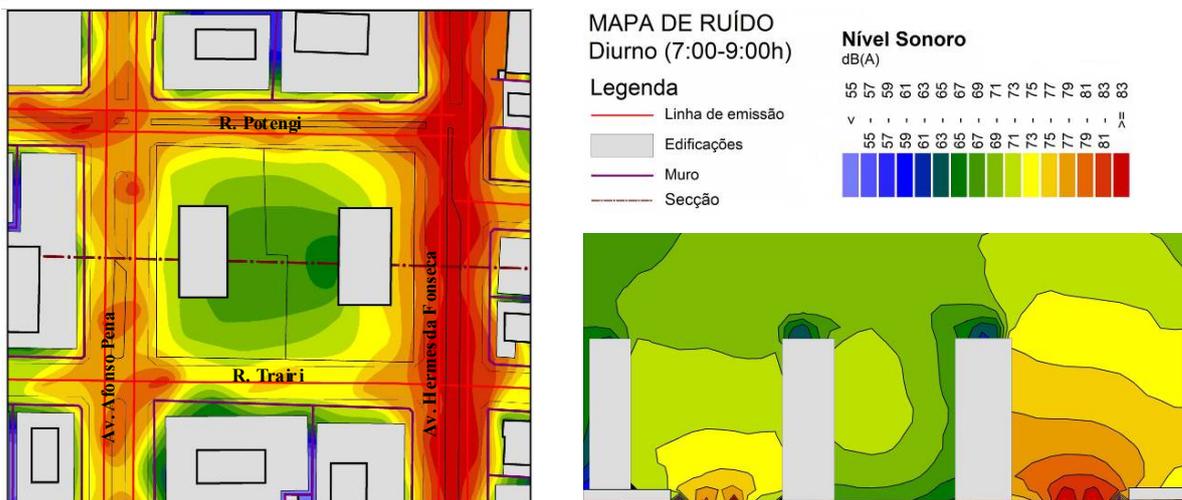


Figura 10: Forma retangular.



quadras e em pequenos trechos de poucas ruas que aparece o azul, com os níveis sonoros mais baixos, menores do que 59 dB(A).

4.3. Mapa de ruído futuro na escala da quadra

O mapa de ruído futuro (Figura 9), com edificações hipotéticas verticais, mostra que se não forem tomadas medidas para mitigação da poluição sonora, principalmente na Av. Hermes da Fonseca, que é uma via arterial com intenso fluxo de veículos, a situação ficará bastante problemática. Todos os pontos apresentaram níveis sonoros acima dos limites tanto da NBR 10151/2000, como da Lei nº 6.621/1994.

Percebe-se que o processo de verticalização tem a capacidade de interferir nas condições

sonoras do espaço. A modificação do perfil das ruas implica no aumento da contribuição no campo direto (consequência do aporte de tráfego) e do campo refletido (sobre as fachadas).

Assim, para melhor verificar a influência de algumas decisões iniciais de projeto, aspectos como forma, implantação e altura das edificações foram abordados na quadra selecionada, utilizando como base o mapa de ruído futuro. Mesmo mostrando apenas a quadra em questão, todos os mapas a seguir foram simulados para a parcela do bairro apresentada anteriormente. Contam também com a mesma configuração dos lotes e os mesmos níveis de ruído das vias. Além do mapa horizontal, foram criados mapas de secção, através do Cross Section Map.

De forma geral, os níveis sonoros ao redor da quadra, no caso, nas vias, não tiveram muitas

diferenças. O que modifica é que a fachada fixada no limite do recuo recebe maior poluição sonora e, quanto maior comprimento tiver, esse nível sonoro mais elevado se prolonga por toda a sua extensão. Isto ocorreu em todos os casos, podendo ser percebido no intervalo 75 a 77 dB(A), voltado para a Av. Hermes da Fonseca. Entretanto, em relação ao efeito dentro dos lotes, os resultados foram diferentes. Os edifícios serviram como barreira sonora, com alguns casos protegendo mais do que outros.

Na forma retangular, a implantação utilizada deixa uma das maiores fachadas dos edifícios totalmente exposta aos efeitos do ruído. Porém, proporciona uma grande área interna dos lotes com níveis sonoros no intervalo de 67 a 69 dB(A) (Figura 10).

A forma circular, entretanto, foi a que menos protegeu o interior dos lotes. Na sua simulação não apareceu o intervalo de 65 a 67 dB(A), que está presente nos outros casos (Figura 11).

A forma em “L” obteve um bom resultado. Porém, dependendo da sua implantação pode ter um maior número de fachadas prejudicadas. Por exemplo, o edifício da esquerda, em relação à Av. Afonso Pena, apresenta uma grande fachada prejudicada, mas as outras duas voltadas para a parte interna do lote estão protegidas, além de criar uma área como pátio interno também bem protegido. Já o edifício do lado direito, em relação à Av. Hermes da Fonseca, só possui uma fachada bem protegida (Figura 12). Devem-se evitar aberturas nas fachadas voltadas para as vias com intenso fluxo de veículos e garantir nas laterais, esquadrias com bom desempenho sonoro.

Como a maioria dos edifícios possui a forma retangular como padrão e utilizam a bandeja, optou-se em realizar um estudo considerando esses aspectos. Devido à bandeja foi necessário fazer outra simulação com a malha na altura de 10m, para ver o resultado por cima da bandeja. Além disso, foram utilizados dois volumes de edifícios por lote.

Figura 11: Forma circular.

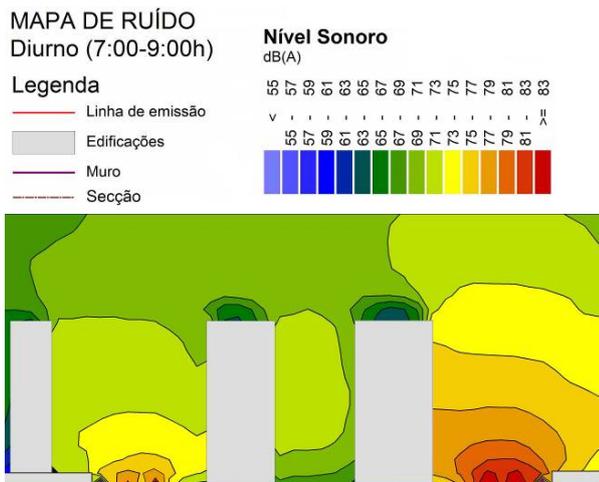
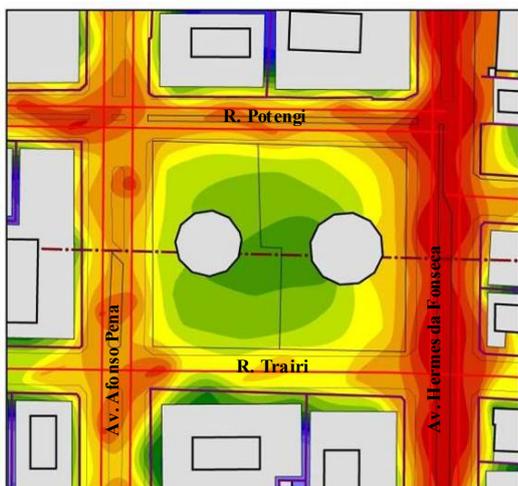


Figura 12: Forma em “L”.

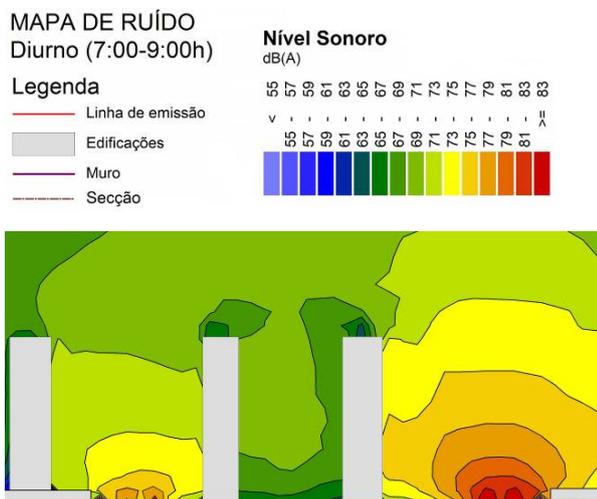
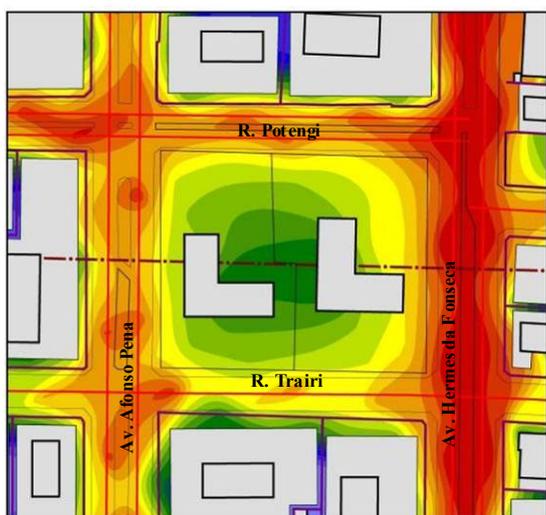
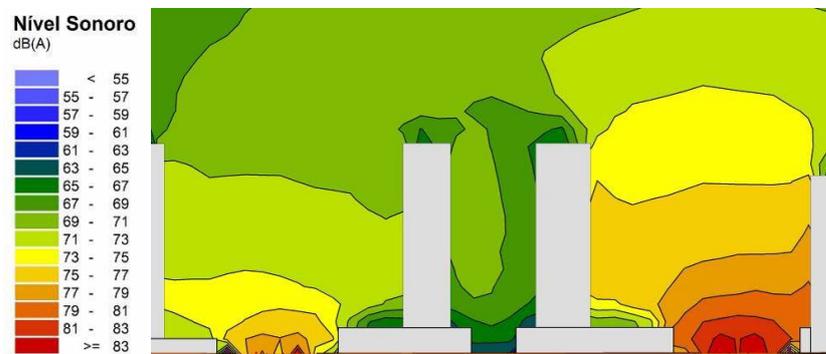
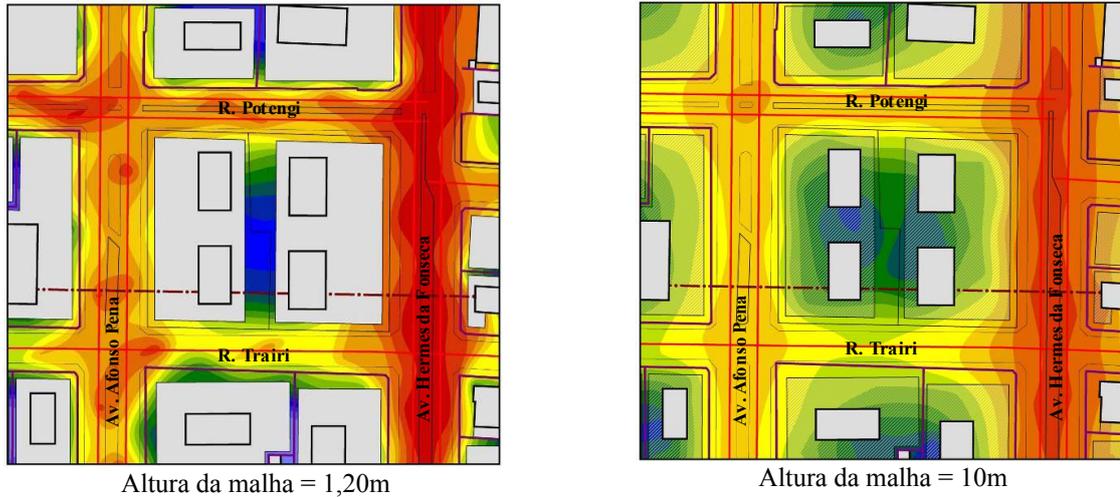


Figura 13: Configuração com edifícios paralelos à Av. Hermes da Fonseca

A bandeja criou uma região de sombra acústica bastante eficiente, nos pavimentos inferiores. Devido à bandeja e ao recuo, as fachadas mais prejudicadas em relação ao ruído ficaram mais protegidas. O nível sonoro de 77 a 79 dB(A) não atingiu a lâmina do edifício voltado para a Av. Hermes da Fonseca e a faixa de 73 a 75 dB(A) também não alcançou o edifício voltado para a Av. Afonso Pena. Na simulação do mapa de ruído horizontal a 10m de altura, percebe-se que grande parte da quadra apresentou níveis entre 65 e 67 dB(A) e que entre as torres, os valores foram ainda mais baixos (Figura 13).

Dependendo da situação, se tiver uma via com níveis de ruído muito elevados e não existir o cuidado com o recuo frontal, essa configuração da Figura 13 pode comprometer uma das maiores fachadas do edifício. Ao utilizar edifícios perpendiculares à via deixa o interior dos lotes mais desprotegidos. Porém, as fachadas menores, que estariam voltadas para as vias, podem ser de empenas cegas ou com ambientes que não sejam de uso prolongado.

As simulações também demonstram a grande influência da altura, fazendo com que os níveis sonoros mais elevados permaneçam nas vias por um maior período de tempo e de espaço,

prejudicando a sua propagação no meio. Entretanto, isso não pode dizer que edifícios verticais irão sempre criar ambientes urbanos do tipo cânion, pois a existência de recuos, as diferentes alturas e as discontinuidades entre as fachadas vizinhas também podem tornar o espaço permeável ao ruído, contribuindo para uma menor permanência e concentração dos raios refletidos (GUEDES, 2005).

5. Conclusões

Percebe-se que o mapeamento de ruído demonstra ser uma excelente ferramenta de planejamento urbano para tratar o problema da poluição sonora. Também tem se mostrado importante tanto nos momentos de diagnóstico da problemática, quanto nas ações para prevenir ou obter soluções. Apresenta-se, assim, como um banco de informações essenciais para o desenvolvimento de estratégias de controle do ruído. A pesquisa também demonstra o potencial da ferramenta em estudos com diferentes escalas de avaliação, destacando o uso na escala da quadra, no auxílio às decisões iniciais de projeto.

Na análise geral das características acústicas do Bairro de Petrópolis, em Natal/RN, verificou-se

que os maiores níveis sonoros estão presentes nas vias arteriais, que são as que possuem o maior volume de tráfego. Essas áreas são as mais expostas ao ruído e carecem de uma série de tratamento para melhoria da qualidade acústica. O mapa de ruído futuro mostra como a situação se agravará, caso não seja tomada nenhuma providência, podendo atingir valores acima de 80 dB(A), no nível da calçada.

No meio urbano as edificações podem influenciar a propagação sonora tanto como barreiras acústicas e como objetos de reflexão. Isso demonstra a importância acerca da relação entre morfologia e acústica urbana. Embora o espaço urbano seja extremamente suscetível às modificações em sua forma, é possível atingir uma relação equilibrada. O que destaca ainda mais a ligação entre a densidade construída, as características geométricas da rua e a presença de espaços abertos, com vegetação, como caminho para compatibilização do conforto térmico, acústico e lumínico.

Em relação às simulações na quadra selecionada, o que mais chamou a atenção é que para o controle do ruído no edifício, a escolha da forma está intimamente ligada à implantação do mesmo no lote. As decisões devem ser pensadas juntas e também aliadas à setorização dos ambientes internos. O mapa de ruído também se mostrou como uma ótima ferramenta para essa escala de estudo.

A pesquisa demonstrou a importância da utilização da ferramenta de mapa acústico. Caso fosse instrumento presente nas normas e legislações brasileiras, seria dada muito mais importância aos problemas da poluição sonora. Os governantes teriam informações sobre os pontos mais críticos, podendo ser levado em consideração nas intervenções urbanas e não colocados à margem, como normalmente ocorre. Além disso, os arquitetos teriam um instrumento em mãos, mostrando o ambiente sonoro do espaço em que irão atuar, tornando o estudo mais prático, com soluções arquitetônicas mais eficientes, sem partir apenas para a questão dos materiais das fachadas.

6. Referências Bibliográficas

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151**: Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro, 2000.

ARAÚJO, Eduardo H.S.; Araújo, VIRGÍNIA M.D.; COSTA, Angelina D. L. Forma Urbana e

climatologia em Natal-RN. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8, Salvador, 2000. **Anais...** Salvador: FAUFBA, ANTAC, 2000. p.1282-1289.

ARAÚJO, Eduardo H. S., MARTINS, Themis L. F., ARAÚJO, Virgínia M. D. **Dias típicos para o projeto térmico de edificações em Natal - RN**. Natal: EDUFRN, 1998.

BRAUNSTEIN + BERNDT GMBH. **Handbook user's manual**. SoundPlan LLC, 2004. Disponível em: < <http://www.soundplan.com>>. Acesso em 22 de abril de 2012.

CERTU - Centre d'Études des Transpostes Urbaines. **Guide du Bruit des Transportes Terrestres. Prevision des Niveaux Sonores**. França: Ministère de l'Équipement et de Lâmenagement du Territoire, 1980.

CORTÊS, Marina Medeiros. **Morfologia e qualidade acústica do ambiente construído**: estudo de caso em Petrópolis, Natal-RN. Rio de Janeiro: UFRJ/FAU, 2013.

COSTA, Angelina Dias Leão. **Análise bioclimática e investigação do conforto térmico em ambientes externos**: uma experiência no bairro de Petrópolis em Natal/RN. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Natal, RN, 2003.

DIRECTIVA 2002/49/EC do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de 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. M.; 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. In: **Actas do 4º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável**, Faro, Portugal, outubro 2010.

GUEDES, Italo César Montalvão. **Influência da forma urbana em ambiente sonoro**: um estudo no bairro Jardins em Aracaju (SE). Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, SP, 2005.

MORAES, E. M. L. de. Poluição sonora em Belém – Brasil: identificação, caracterização e medidas de controle do ruído urbano. II Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento,

Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. In: **Anais do PLURIS** 2006, Portugal, 2006.

PINTO, D. N.; ARAÚJO, B.C.D.; BRAGA, Nathália; CAMPOLINA, Matheus; SAVALI, Renato. Análise Bioclimática em Áreas Urbanas: Estudo comparativo no Bairro de Petropolis, Natal/RN. **Anais do XI ENCAC/ VII ELACAC**, Búzios- RJ, 2011.

PINTO, F.; MARDONES, M. Noise mapping of densely populated neighborhoods: example of Copacabana, Rio de Janeiro – Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**. Vol. 155, 309-318, 2009.

PINTO, Francisco Ramos; GUEDES, Margarida Guedes; LEITE, Maria João. **Projecto-piloto de demonstração de mapas de ruído - escalas municipal e urbana**. Portugal: Instituto do Ambiente, 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DO NATAL. **Plano Diretor de Natal**: Lei Complementar nº 082 de 21 de junho de 2007. Natal, 2007.

_____. SEMURB - Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo. **Conheça melhor o seu bairro**: Petrópolis. Natal, 2008.

RIO GRANDE DO NORTE (Estado). **Lei nº. 6.621**, de 12 de julho de 1994. Dispõe sobre o controle da poluição sonora e condicionantes do meio ambiente no Estado do Rio Grande do Norte e dá outras providências. Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Norte, Palácio José Augusto, Natal, 1994.

SANTOS, Carlos Nelson Ferreira dos; VOGEL, Arno. **Quando a rua vira casa**: a apropriação de espaços de uso coletivo em um centro de bairro. 3ª ed. São Paulo: Projeto FINEP/IBAM, 1985. 156p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Occupational and community noise**. Fact Sheet n. 258, 2001. Disponível em: <http://www.who.int/peh/Occupational_health/OCHweb/OSHpages/OSHDocuments/Factsheets/noise.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2013.

7. Agradecimentos

À CAPES, pela bolsa de mestrado concedida a uma das autoras do artigo; À Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pelo equipamento fornecido para as medições em campo.