

MORFOLOGIA URBANA E PROPAGAÇÃO DO RUÍDO: INFLUÊNCIA DO GABARITO E DE ELEMENTOS ARQUITETÔNICOS

Jhonatha Correia Vilela (1); Luciane Cleonice Durante (2); Adriana Eloá Bento Amorim (3); Ivan Julio Apolônio Callejas (4); Karyna de Andrade Carvalho Rosetti (5)

(1) Engenheiro Civil, jcorreivilela@gmail.com

(2) Docente do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, lucianedurante@ufmt.br

(3) Docente do Departamento de Engenharia Civil, adriana.eloa@terra.com.br

(4) Docente do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, ivancallejas@ufmt.br

(5) Docente do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, karynarosetti@ufmt.br

Universidade Federal de Mato Grosso, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Tecnologia e Conforto Ambiental, Cuiabá-MT, 78060-900, Tel.: (65) 3615-8599

RESUMO

O ambiente das cidades apresenta elevados níveis de poluição sonora e o tráfego de veículos é um de seus principais causadores. Este trabalho teve por objetivo analisar o impacto do gabarito das edificações na propagação do ruído gerado pelo tráfego veicular. Adotou-se a metodologia de abordagem por cenários, utilizando-se de simulação computacional para gerar mapas acústicos. Simularam-se dois cenários, com edificações de baixo gabarito (3 m) e alto gabarito (36 m), com 11 receptores em ambos posicionados nas alturas de 1,5; 4,5; 7,5 e 10,5 m. Os resultados demonstraram que, no cenário de baixo gabarito, a propagação do ruído foi mais abrangente no sentido horizontal, causando aumento nos níveis de ruído nas regiões mais afastadas da via e a propagação vertical decaiu com a altura dos receptores em até 2 dB(A). No cenário de alto gabarito, os edifícios funcionaram como barreiras acústicas e a propagação vertical teve acréscimo de 1 dB(A) em relação à situação de baixo gabarito. Tais resultados podem servir de subsídios para o planejamento urbano em geral, considerando os efeitos do ruído ambiental enquanto indicador de qualidade de vida nas cidades.

Palavras-chave: propagação acústica, ruído urbano, reverberação acústica.

ABSTRACT

The environment of cities features high levels of noise pollution, and traffic is one of the main causes. The aim of this study was to analyze the impact of building's heights on propagation of the noise generated by traffic. The methodology of scenario simulation was adopted to generate acoustic maps. Two scenarios were simulated, the first with low template buildings (3 m) and the second with high template buildings (36 m), both with eleven noise receptors placed at heights of 1,5; 4,5; 7,5 and 10,5 meters. The results showed that with the low template buildings, the spread of noise was broader in the horizontal direction, causing an increase in noise levels in the furthest areas of the road and the vertical spread decreased with the height of the receivers by up to 2 dB(A). In the high template scenario, the buildings functioned as noise barriers and the vertical spread had a 1 dB(A) increase in relation to the situation of the low template buildings. These results may provide useful information for urban planning in general, taking into consideration the effects of ambient noise as an indicator for quality of life in cities.

Keywords: acoustic propagation, urban noise, acoustic reverberation.

1. INTRODUÇÃO

Este artigo trata da temática do ruído no ambiente urbano, considerado, atualmente, como um dos poluentes de maior intensidade no mundo (WHO, 2011).

O ruído proveniente do tráfego de veículos, no Brasil, é a parcela que mais contribui para aumentar o ruído ambiental urbano, o qual é definido, segundo Zannin, Diniz e Barbosa (2002), em termos de propagação, como permanente e não pontual, isto é, não se limita a uma única área.

Segundo Bistafa (2011), ruído é um som indesejável e a distinção entre som e ruído varia conforme o ambiente e o estado psicológico em que o indivíduo se encontra. Portanto, uma paisagem sonora compõe-se tanto de sons agradáveis como de ruídos (TORRES, 2005). Para fins de definição, pode-se chamar paisagem sonora de clima acústico, sem alteração de seu significado. Os ruídos cotidianos das cidades e o aumento do tráfego veicular ocorrido nas últimas décadas alteraram o clima acústico das cidades de maneira substancial (GARAVELLI et al. 2013).

Segundo Zannin et al. (2002), em pesquisa sobre a influência do ruído urbano na qualidade de vida das pessoas, seus reflexos e importância, realizada na cidade de Curitiba-PR, o tráfego veicular foi apontado como uma das principais fontes de ruído causadoras de incomodo (73%), sendo que as principais reações ao ruído foram: irritabilidade (58%), baixa concentração (42%), insônia (20%) e dores de cabeça (20%).

Outros autores utilizam softwares para mapeamento e predição acústica, em que se analisam, primeiramente, um cenário acústico atual e, em seguida, cenários hipotéticos simulados em condições distintas do primeiro. Como exemplo, citam-se Garavelli et al. (2013), que estudaram o impacto sonoro devido ao transporte rodoviário em Brasília-DF, realizando medidas acústicas nas vias para validação de mapa e utilizando-se do software de predição acústica SoundPLAN para a elaboração do mapa de ruído. Em continuidade ao estudo, Costa et al. (2013) analisaram o uso de barreiras acústicas como medida de mitigação dos ruídos gerados pelo tráfego rodoviário no setor noroeste de Brasília e, por meio de simulações realizadas pelo mesmo software, constataram que houve redução de mais de 4 dB(A) nos pontos de referência após a inserção das barreiras acústicas.

Diante do problema da poluição sonora presente nas cidades, muitas são as medidas mitigadoras, tais como a redução do número de veículos de passeio, por meio de rodízios, ou pelo investimento na melhoria do transporte público, tornando-o mais confortável e atrativo. Outra forma de abordagem pode ser feita sob a ótica da influência da configuração urbana como elemento mitigador do ruído em sua trajetória, a partir dos conceitos de atenuação sonora, provocada por barreiras acústicas e edificações, bem como de amplificação sonora, devida a reverberação.

Segundo Bistafa (2011), define-se barreira como qualquer estrutura ou obstáculo que impede a visão da fonte pelo receptor. Exemplos de barreiras são as edificações, que atenuam os níveis sonoros quando se interpõem entre a fonte e o receptor. Contudo, como o som que atinge o receptor localizado após uma barreira tem uma parcela contribuinte vinda da difração ocorrida por cima das edificações e outra transmitida através das aberturas entre elas, um conjunto de edificações posicionadas em linha, com aberturas entre si, causa menos atenuação que uma barreira contínua de mesma altura. Quando a fonte sonora está localizada entre duas edificações de no mínimo 10 m de altura, o ruído de tráfego pode ser amplificado, devido às múltiplas reflexões nas fachadas das edificações, que restringem a divergência da onda sonora causando o fenômeno conhecido como reverberação urbana.

Outros elementos urbanísticos influenciam na trajetória do ruído após sua emissão pelos veículos, dentre eles, a morfologia urbana, relevo, recuos, afastamentos, verticalização e adensamento, alterando o clima acústico de uma região. O estudo de Guedes (2005) verificou a interação entre fontes sonoras e a forma urbana, utilizando o bairro Jardins em Aracaju-SE como campo experimental. Os resultados comprovaram que as características físicas da forma urbana como densidade construtiva, existência de áreas livres, forma e disposição das edificações influenciam na propagação sonora ao ar livre e, portanto, no ambiente sonoro de uma determinada região. Também em ambiente brasileiro, na cidade de Natal-RN, Cortês e Niemeyer (2014) destacaram o potencial das ferramentas de mapeamento de ruído, em estudos voltados para a área de planejamento e controle de ruído urbano.

O presente artigo se insere na temática da Acústica Urbana, tratando da forma edificada e sua relação com o ruído ambiental, fornecendo subsídios para considerar seus efeitos enquanto diretriz para o planejamento de cidades.

2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo analisar o impacto do gabarito das construções de uma via na propagação do ruído gerado pelo tráfego veicular, utilizando simulação computacional.

3. MÉTODO

A metodologia consiste de três etapas principais:

1. Definição da área de estudo e justificativa para sua escolha;
2. Modelagem para fins de ajuste, onde se compara o modelo computacional com o cenário real.
3. Elaboração de mapas acústicos dos cenários hipotéticos, por meio dos quais são preditos os níveis sonoros de acordo com as alterações de cada cenário.

3.1. Definição da área de estudo

A área selecionada para o estudo possui dimensões de 350 m x 650 m e localiza-se na Avenida Historiador Rubens de Mendonça, em Cuiabá-MT (Figura 1). Justifica-se a escolha dessa área pela sua tendência de adensamento construtivo, que vem se efetivando por meio de edificações com diferentes formas arquitetônicas e variações de gabaritos (de um a 21 pavimentos).



Figura 1 - Área de estudo (Adaptado de GOOGLE, 2015).

O impacto do ruído foi abordado em duas situações hipotéticas de arranjos espaciais urbanos: as edificações nas margens da via possuindo baixo e alto gabarito, com 1 e 12 pavimentos, respectivamente. Adotou-se a metodologia de abordagem por cenários (SERRA, 2006), por meio de simulações computacionais dos níveis sonoros, sendo o produto das simulações, mapas acústicos. O software de análise e predição acústica adotado foi o SoundPLAN, versão 7.3, desenvolvido pela empresa alemã Braunstein + Berndt GmbH (BRAUNSTEIN; BERNDT, 2015).

3.2. Modelagem para fins de calibração

Na calibração, elaborou-se mapa acústico do cenário real para fins de comparação entre os níveis de pressão sonora equivalente (Leq) do modelo simulado e os que ocorrem no local (cenário real). Os níveis de pressão sonora medidos no cenário real e a contagem de tráfego veicular foram obtidos de dados secundários fornecidos pelo Laboratório de Tecnologia e Conforto Ambiental – LATECA, da Universidade Federal de Mato Grosso.

O cenário da simulação foi importado para o software de predição acústica SoundPLAN, tendo como base uma planta em formato CAD (EQUIPE DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, 2012).

O gabarito das edificações e as características topográficas foram obtidas por meio de consulta ao Google Earth (GOOGLE, 2015). Criou-se o modelo digital do solo, DGM (Digital Ground Model), identificando-se elementos como muros, coberturas e as edificações propriamente ditas. Destaca-se que, edificações que dispunham somente de cobertura, sem paredes laterais, não foram atribuídas como edificações, uma vez que, não tendo fechamentos, pouco ou não interferem na propagação do ruído. Exemplos desse tipo de elemento são postos de gasolina ou estacionamentos cobertos de veículos.

Sendo o tráfego veicular a fonte de ruído nesse cenário, com a utilização de dados secundários anteriormente citados, foram atribuídas linhas de emissão, correspondentes aos dois sentidos da via, com seus respectivos volumes de tráfego, expressos em termos de média de veículos por hora, a saber: no sentido Centro Político Administrativo-Centro, 2618 veículos de passeio/hora (considerando carros e motos) e 75 veículos pesados/hora, e no sentido Centro-Centro Político Administrativo, 2741 veículos de passeio/hora e 87 veículos pesados/hora.

A Figura 2 apresenta a planta do cenário modelado com 11 receptores distribuídos ao longo da via, a 1,5 m do solo. Especificamente, o Receptor 3 foi utilizado para o ajuste do modelo, por ser coincidente com o local de obtenção dos dados secundários.

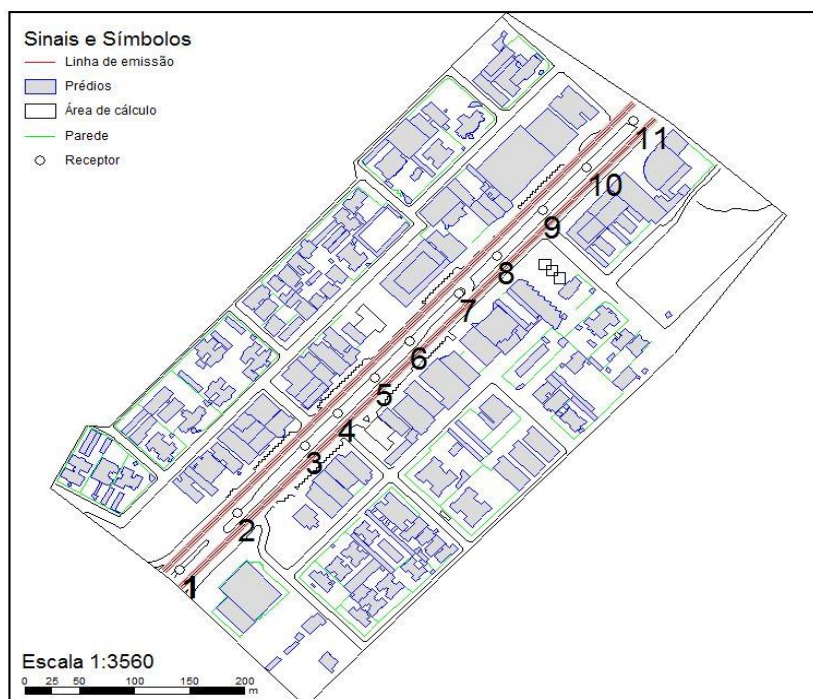


Figura 2 – Planta do cenário modelado.

Os valores simulados e medidos de Leq para o Receptor 3 foram de 74,7 dB(A) e 75,0 dB(A), respectivamente, perfazendo uma diferença entre eles de -0,3 dB(A). Garavelli et al. (2013) admitiram, para validação dos mapas acústicos, o erro máximo de ± 3 dB(A) entre os valores medidos e simulados. Adotando o parâmetro de aceitação proposto por estes autores e considerando a similaridade dos valores medidos e simulados, admite-se que o modelo de simulação pode ser utilizado para avaliação de situações que não as medidas, como forma de prever o ruído resultante das intervenções urbanas, ou seja, para predição de cenários futuros ou hipotéticos.

3.3. Elaboração dos mapas acústicos dos cenários

Em consonância com os objetivos do estudo, os receptores sonoros foram posicionados no modelo computacional com base nos diferentes arranjos presentes ao longo da via. Nos receptores sonoros 3, 5, 7, 8, 9 e 10, existem edificações em ambos os lados da via e nos demais, apenas em um dos lados (Figura 3).

Pontos	Arranjo em relação às edificações
3, 5, 7, 8, 9 e 10.	
1, 2, 4, 6 e 11.	

Figura 3 - Arranjo das edificações em relação aos receptores sonoros.

No cenário de baixo gabarito, todas as edificações lindeiras à via existentes no cenário real foram substituídas por edificações de mesma área em planta, mas com um pavimento (3 m de altura, Figura 4). Já no cenário de alto gabarito, foram substituídas por edifícios de 12 pavimentos (36 m de altura, Figura 5). Foi utilizado o mesmo tráfego veicular para os dois cenários, alterando apenas a altura dessas edificações lindeiras à via.

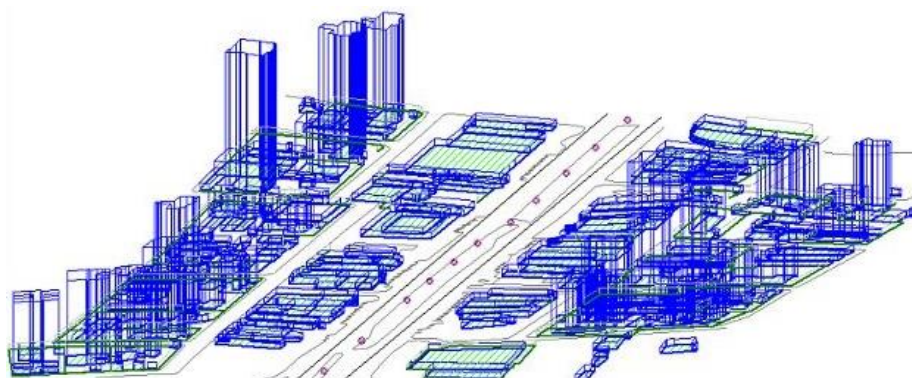


Figura 4 - Modelo de baixo gabarito.

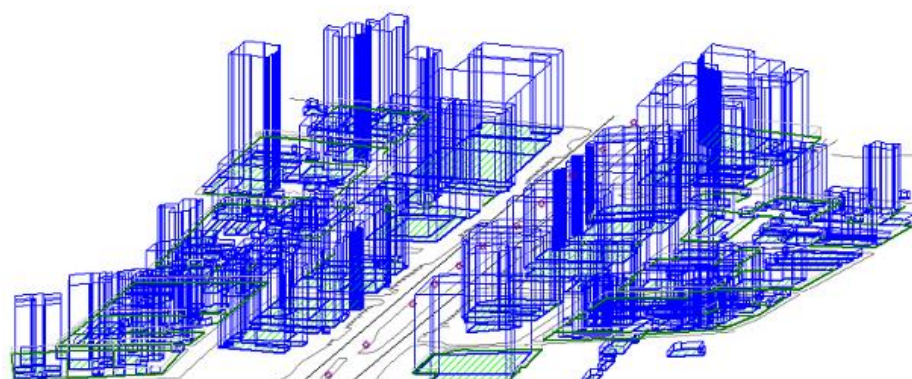


Figura 5 - Modelo de alto gabarito.

Calcularam-se os níveis de pressão sonora nos 11 receptores nas alturas de 1,5 m, 4,5 m, 7,5 m e 10,5 m do solo e foram gerados os mapas acústicos para os cenários de baixo e alto gabarito nas alturas de 1,5 m e 10,5 m do solo.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo, apresentam-se os níveis de pressão sonora simulados nos receptores, os mapas acústicos e, por meio de detalhes dos mapas, discute-se as características urbanas relacionadas ao comportamento do som devido à alteração do gabarito das edificações.

4.1. Níveis de pressão sonora equivalente (L_{eq}) calculados nos receptores

Na Figura 6 apresentam-se os níveis de ruído simulados nos receptores para as alturas de 1,5 m; 4,5 m; 7,5 m e 10,5 m do solo, em ambos os modelos – de baixo e alto gabarito.

Na altura de 1,5 m do solo (Figura 6A), os níveis de pressão sonora equivalente não sofreram acréscimo com o aumento do gabarito das edificações, mostrando que, na altura dos pedestres, os níveis acústicos apresentam similaridade.

O acréscimo de 1 dB(A) obtido no Ponto 7 à altura de 4,5 m (Figura 6B), que se extinguiu nas alturas de 7,5 m (Figura 6C) e 10,5 m (Figura 6D), justifica-se devido às características da fachada de uma das edificações lindeiras mostrada na Figura 7. O formato côncavo da fachada concentrou a energia sonora da via para o receptor localizado a 4,5 m. A influência dessa fachada não foi verificada nas alturas de 7,5 m e 10,5 m do solo, nas quais o ruído no Ponto 7 decresceu 1 dB(A) em relação à altura de 4,5 m.

Com a modificação do cenário de baixo para alto gabarito, observou-se acréscimo de 1 dB(A) nos Receptores 3, 5, 8, 9 e 10, localizados entre dois edifícios lindeiros na altura de 10,5 m do solo (Figura 6D). Justifica-se esse comportamento, conforme Bistafa (2011), pelo fato do ruído ser refletido nas fachadas das edificações, propagando-se verticalmente e configurando o efeito de reverberação urbana. Esse efeito pode ser percebido já na altura de 7,5 m (Figura 6C), nos Receptores 9, 10 e 11, onde as edificações apresentam maior adensamento. No Receptor 1, pelo fato do mesmo estar posicionado em frente à fachada de um edifício e devido as características da propagação sonora, também foi observado acréscimo de 1 dB(A).

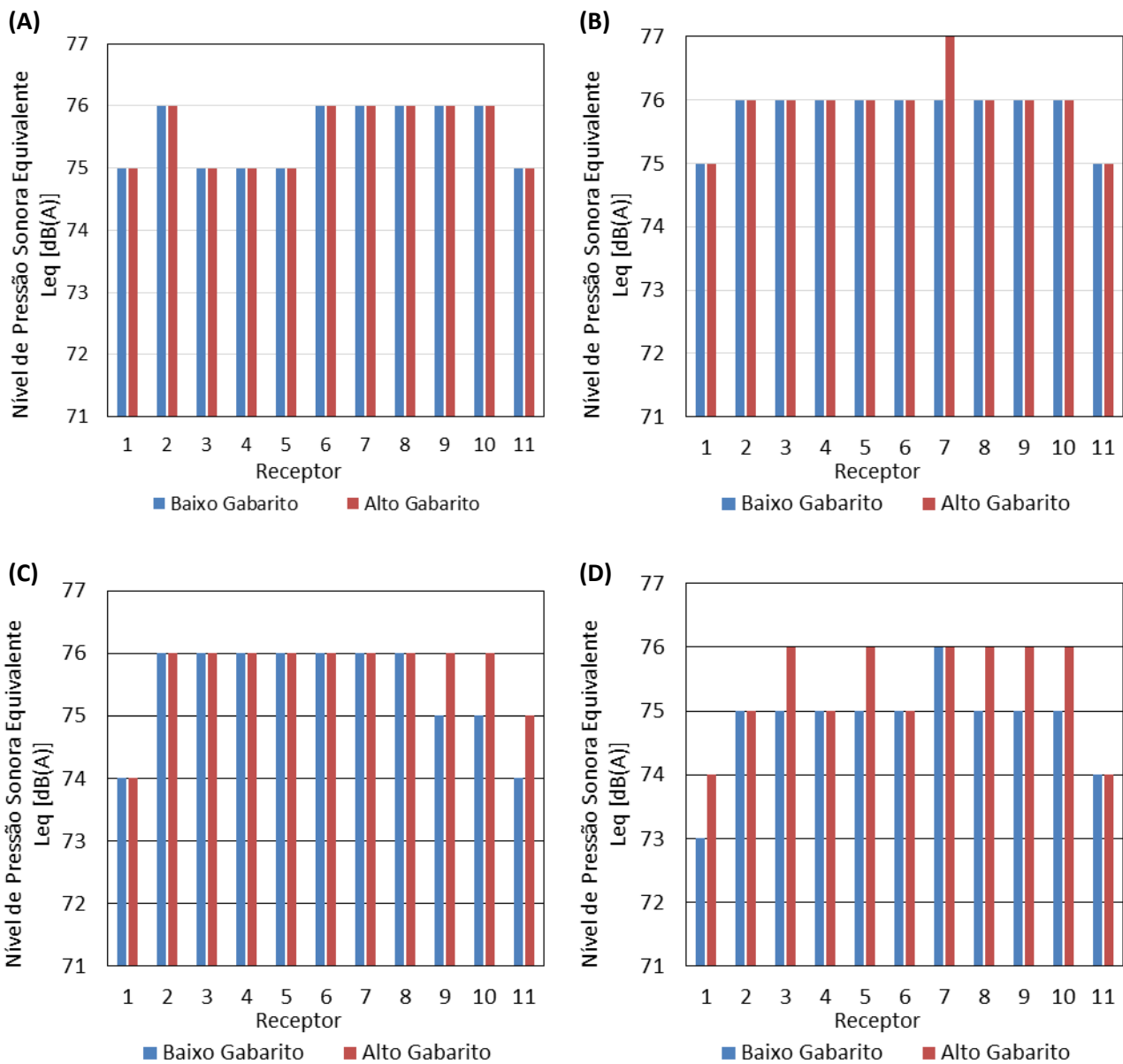


Figura 6 - Níveis de pressão sonora equivalentes nos cenários de baixo e alto gabarito, simulados nos 11 receptores para as alturas de: (A) 1,5 m, (B) 4,5 m, (C) 7,5 m, e (D) 10,5 m do solo.



Figura 7 - Características da fachada da edificação em frente ao Receptor 1 (Adaptado de GOOGLE, 2015).

4.2. Mapas acústicos

A Figura 8 apresenta os mapas acústicos dos cenários de baixo e alto gabarito na altura de 1,5 m do solo, representativos dos níveis de pressão sonora na altura dos pedestres.

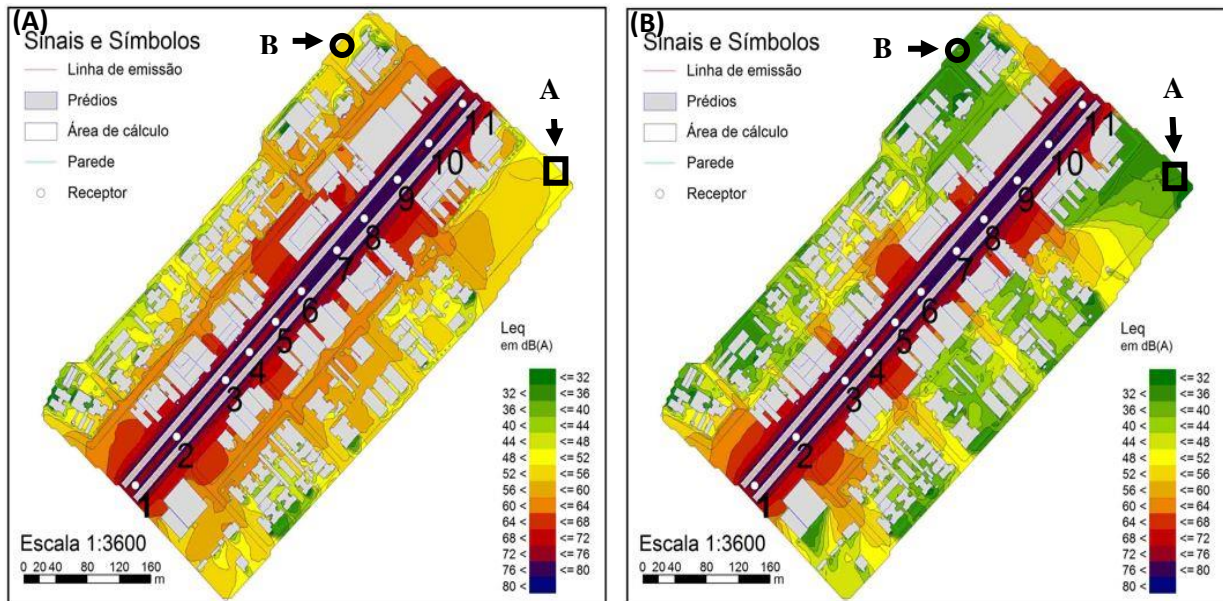


Figura 8 - Mapas acústicos a 1,5 m do solo para situação de: (A) baixo gabarito e (B) alto gabarito.

Observou-se que, quando os edifícios tinham baixo gabarito – 3 m de altura (Figura 8A), o som se propagou horizontalmente vencendo a altura das edificações, o que causou aumento nos níveis de pressão sonora das regiões mais afastadas da via. Na propagação vertical, decaiu com a altura dos receptores em até 2 dB(A). Como evidência, destaca-se o Receptor 1, onde o ruído sofreu decréscimo de 75 dB(A) a 1,5 m, para 73 dB(A) a 10,5 m do solo. Quando aumentado o gabarito dos edifícios para 12 m (Figura 8B), os mesmos se comportaram como barreiras acústicas, confinando a propagação horizontal do ruído, reduzindo os níveis nas regiões mais afastadas da via.

Considerando dois pontos afastados de 120 m da via, no Ponto A indicado nas Figuras 8A e 8B, foi obtida redução dos níveis de pressão sonora do intervalo de 48-52 dB(A) para 32-36 dB(A). Já no Ponto B indicado nas mesmas figuras, a redução foi de 52-56 dB(A) para 32-36 dB(A), considerando os cenários de baixo e alto gabarito, respectivamente.

Para a análise da propagação vertical do som foram gerados os mapas acústicos a 10,5 m do solo nas situações de baixo e alto gabarito (Figura 9).

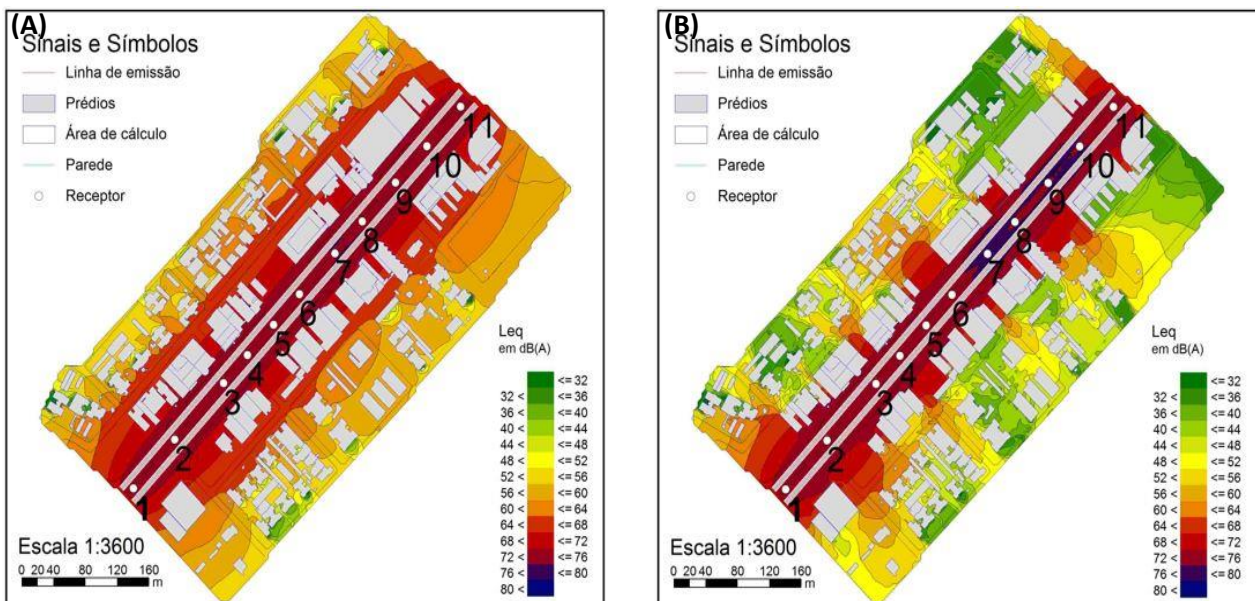


Figura 9 - Mapas acústicos a 10,5 m do solo para situação de: (A) baixo gabarito e (B) alto gabarito.

Os mapas da Figura 9 reforçam a influência do gabarito na propagação sonora, visto que, na situação de baixo gabarito (Figura 9A) o som propagou-se de maneira uniforme na altura de 10,5 m após vencer a barreira das edificações lindeiras à via e se manteve, até atingir as edificações dos quarteirões seguintes. Verificou-se que, os edifícios só se comportaram como barreiras acústicas quando possuíam gabarito maior ou igual a três pavimentos. Já na situação de alto gabarito (Figura 9B), o som encontrou dificuldade para sobrepor as edificações lindeiras à via.

As Figuras 10A e 10B referem-se às alturas de 1,5 m e 10,5 m do solo, ambas na situação de alto gabarito, no local representativo do Receptor 8 mostrado nas Figuras 8B e 9B. Na Figura 10A, percebe-se no Ponto C indicado, que a propagação sonora em nível dos pedestres (1,5 m) ocorreu de forma distinta da altura de 10,5 m (Figura 10B), justificado pelo efeito de barreira proporcionado pela presença de um muro.

Na Figura 10A, a área interna limitada pelo muro e pela edificação, apresentou valores no intervalo 64-68 dB(A), com duas regiões de sombra acústica imediatamente após o muro, com valores no intervalo 56-60 dB(A). Para a mesma área, no mapa a 10,5 m do solo (Figura 10B), percebe-se que o som não encontrou mais o muro como barreira, se propagando de maneira uniforme e penetrando com maior intensidade no vão entre os edifícios (Ponto D).

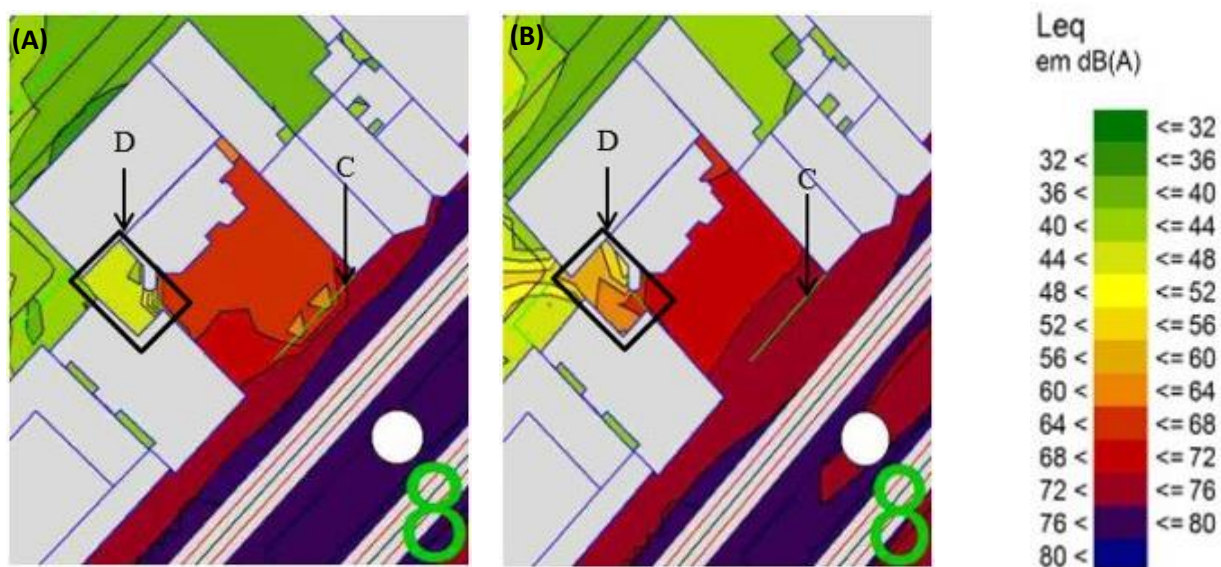


Figura 10 - Detalhe dos mapas acústicos para a situação de alto gabarito nas alturas de: (A) 1,5 m do solo e (B) 10,5 m do solo, no Receptor 8.

A Figura 11 apresenta o detalhe do mapa de ruído para a situação de alto gabarito nas alturas de 1,5 m do solo (Figura 11A) e 10,5m do solo (Figura 11B), no Receptor 6 indicado nas Figuras 8B e 9B.

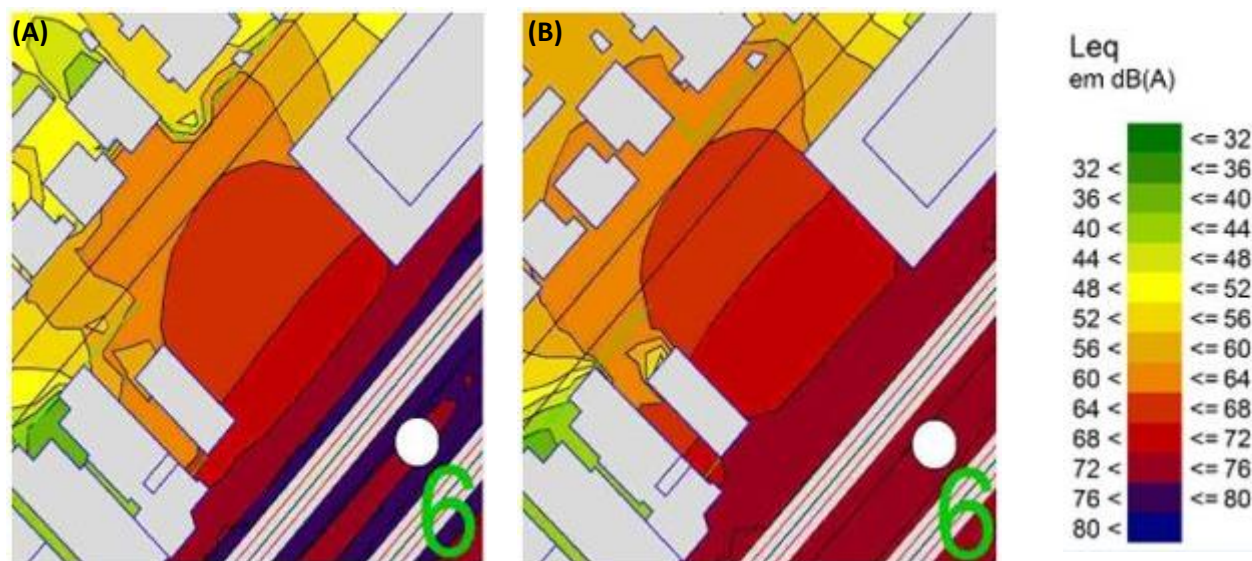


Figura 11 - Detalhe dos mapas acústicos para situação de alto gabarito nas alturas de: (A) 1,5 m do solo e (B) 10,5 m do solo, no Receptor 6.

O vazio urbano promove a propagação sonora para áreas mais distantes da via. No entanto, na altura de 1,5 m (Figura 11A) percebe-se que as fachadas dos edifícios e os muros funcionaram como barreiras acústicas confinando tal propagação. Esse confinamento ocorre com menor intensidade a 10,5 m do solo, e este comportamento se deve a propagação do som após sua emissão. Como se observa na Figura 11B, o nível de pressão sonora nesta área do mapa recebe uma maior contribuição do som propagado pela via, estendendo o limite superior da área com L_{eq} 68-72 dB(A) de 22 m na Figura 11A para 32 m na Figura 11B.

5. CONCLUSÕES

Este artigo tratou da temática do ruído no ambiente urbano e a influência do gabarito das edificações na sua propagação. As simulações e análises realizadas permitiram concluir que, no cenário de baixo gabarito, a propagação no sentido horizontal se deu com maior abrangência que no de alto gabarito, no qual os edifícios constituíram-se em barreiras acústicas, com as suas fachadas promovendo múltiplas reflexões e configurando efeito de reverberação urbana.

Considerando um mapa acústico na altura de 1,5 m, ou seja, em nível dos pedestres, ocorreu redução dos níveis de pressão sonora, quando se passou da situação de baixo para alto gabarito. Observou-se que para dois pontos distantes de 120 m da via, os valores superiores do intervalo decresceram de 16 dB(A) e 20 dB(A), passando de 48-52 dB(A) para 32-36 dB(A) e de 52-56 dB(A) para 32-36 dB(A). Essa observação leva a conclusão de que a construção de edifícios com alto gabarito nas margens de vias com intenso tráfego veicular é efetiva para a redução dos níveis sonoros nos interiores das quadras.

Destaca-se que as fachadas dos edifícios de alto gabarito voltadas para a via, quando verificado o efeito da reverberação, foram submetidas a níveis de pressão sonora 1dB(A) superiores à situação de baixo gabarito, devendo ser considerado o dimensionamento de suas proteções acústicas, tais como, esquadrias acústicas, características de materiais, formas e recuos das fachadas.

Percebendo a relação entre as características e forma das edificações e a propagação do som a partir de seu ponto de emissão, pode-se realizar um planejamento urbano que influencie na concepção de novos projetos em áreas urbanas densamente ocupadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. 2. ed. Edgard Blücher: São Paulo, 2011.
- BRAUNSTEIN + BERNDT GMBH. **User's manual**. SoundPlan International LLC, 2015. 613p. Disponível em: <http://www.soundplan.com/soundplan_en-master.pdf>. Acesso em: mar. 2017.
- CORTÊS, Marina M.; NIEMEYER, Maria L. **O potencial da utilização da ferramenta de mapa de ruído em diferentes escalas de análise**. Paranoá, n. 11, p. 87-98, 2014.
- COSTA, Cleber A.; GARAVELLI, Sérgio L.; SILVA, Edwin F. F.; MELO, Wesley C.; MAROJA, Armando M. **Barreiras acústicas como medida de mitigação dos ruídos gerados pelo tráfego rodoviário: Setor Noroeste-DF**. In: Anais do 19º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito. 2013.
- EQUIPE DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO. **Grupo de Pesquisa e Extensão Estudos de Planejamento Urbano e Regional / Programa EPURAIinQUADRANTES/PROEXT/MEC-SESu/MCidades**, jun/jul 2012.
- GARAVELLI, Sérgio L.; COSTA, Cleber A.; CARVALHO JÚNIOR, Edson B.; MAROJA, Armando M. **Impacto sonoro devido ao transporte rodoviário em Brasília DF**. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 27., 2013, Belém. Anais... Belém: ANPET, p. 1-11.
- GOOGLE. Google Earth. Versão 7.1.5.1557. 2015. **Av. Historiador Rubens de Mendonça**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/download/ge/agree.html>>. Acesso em: mar. 2015.
- GUEDES, Italo C. M. **Influência da forma urbana em ambiente sonoro: um estudo no bairro Jardins em Aracaju (SE)**. 2005. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2005.
- SERRA, Geraldo G. **Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo: guia prático para o trabalho de pesquisadores em pós-graduação**. São Paulo: Edusp, 2006.
- TORRES, Marcos A. **A percepção da paisagem sonora da cidade de Curitiba**. Monografia, Curso de Geografia, Universidade federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- ZANNIN, Paulo H. T.; DINIZ, Fabiano B.; BARBOSA, Wiliam A. **Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil**. Applied Acoustics, v. 63, n. 4, p. 351-358, 2002.
- ZANNIN, Paulo H. T.; CALIXTO, Alfredo; DINIZ, Fabiano B.; FERREIRA, José A.; SCHUHLLI, Rafael B. **Incômodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba, PR**. Revista de Saúde Pública, 2002, v. 36(4). p. 521-524, 2002. São Paulo.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Burden of disease from environmental noise: quantification of healthy life years lost in Europe**. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 2011. Disponível em: <http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/e94888.pdf>. Acesso em: mar. 2016.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de iniciação científica e à FAPEMAT pelo auxílio financeiro para a aquisição de software.