



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

AVALIAÇÃO DO CONFORTO ACÚSTICO EM EDIFICAÇÕES LOCALIZADAS EM REGIÃO DE CÂNION URBANO

Ana Maria A. Sapata (1); Paulo Fernando Soares (2); Aline Lisot (3); Laura Granzotto (4); Rafael A. de Souza (5)

- (1) Departamento de Engenharia Civil – Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana – Universidade Estadual de Maringá – e-mail: anam_arquitetura@hotmail.com
- (2) Departamento de Engenharia Civil – Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana – Universidade Estadual de Maringá – e-mail: pfsoares@uem.br
- (3) Departamento de Engenharia Civil – Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana – Universidade Estadual de Maringá – e-mail: alinelisot@gmail.com
- (4) Departamento de Engenharia Civil – Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana – Universidade Estadual de Maringá – e-mail: laura.granzotto@gmail.com
- (5) Departamento de Engenharia Civil – Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana – Universidade Estadual de Maringá – e-mail: rsouza@uem.br

RESUMO

O ruído pode ser considerado como sons sem harmonia, sensações auditivas indesejáveis pelo homem, ou, sons que excedam os níveis estabelecidos pelas normas. Devido ao progresso, crescimento da frota de veículos e falta de planejamento territorial, o ruído de tráfego é considerado como uma das maiores fontes de poluição sonora urbana. Nos centros urbanos existem espaços que podem concentrar e acentuar problemas relacionados ao ruído de tráfego. Essas áreas são chamadas de cânions urbanos e são caracterizadas como corredores formados por edificações em ambos os lados. Este trabalho tem como objetivo realizar um estudo sobre os impactos do ruído de tráfego em um trecho da Avenida Horácio Racanello (Maringá – Pr) e avaliar o conforto acústico nas edificações. Por ser um local com desenvolvimento recente, ainda são encontrados alguns vazios urbanos; portanto, a análise do ruído foi efetuada por meio de simulação computacional através do software SoundPLAN 6.4[®], com medições dos dados de nível de pressão sonora com base na modelagem do gabarito máximo das edificações estabelecido pela legislação municipal. Devido ao alto gabarito das edificações e aos altos coeficientes de construção, as medições e a simulação mostraram que a região se caracteriza como cânion urbano. Esse trabalho busca realizar através da modelagem e da simulação computacional o estudo do comportamento do som na avenida, nas fachadas dos edifícios e no entorno. Para a avaliação do conforto no interior das edificações serão utilizadas as Curvas-critério de ruído, NC (*Noise Criteria*), que é um índice baseado em dados estatísticos e expresso em dB(A) e representa o nível de ruído interno em edifícios. Este estudo representa contribuição como ferramenta de planejamento urbano, em especial na questão ambiental de ruído de tráfego e também na discussão das possibilidades de atenuação nas fachadas dos edifícios para a garantia do conforto previsto em normas.

Palavras-chave: ruído urbano, conforto acústico, cânion urbano.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Souza, Almeida e Bragança (2006), a preocupação com o controle do ruído é uma forma de assegurar a qualidade ambiental, pois, a quantidade de fontes geradoras de ruído está aumentando cada vez mais, especialmente no meio urbano devido ao ruído produzido pelo tráfego de veículos. Segundo Huang et al. (2009), existem determinados espaços que podem concentrar e acentuar problemas como ruídos de tráfego, problemas climáticos, desenvolver microclimas e também configurar túneis de vento. Essas áreas são chamadas de cânions urbanos e são caracterizadas como corredores formados por edificações em ambos os lados, cuja geometria do cânion está relacionada à altura e largura dos prédios. O objetivo deste trabalho é realizar um estudo sobre os impactos do ruído de tráfego na Avenida Horácio Racanello, localizada no Novo Centro da cidade de Maringá – PR. Segundo Andrade (2008), o Novo Centro é resultado de um projeto de ocupação urbana que teve como objetivo adequar a densificação e o tráfego intenso da cidade através da determinação de altos coeficientes de aproveitamento para os terrenos. Por ser um bairro com desenvolvimento recente, ainda são encontrados alguns vazios urbanos; portanto, a análise do ruído será feita por meio de simulação computacional através do software SoundPLAN®, onde serão analisados os dados do nível de pressão sonora com base na modelagem do gabarito máximo das edificações estabelecidos pela legislação municipal de Maringá. Serão considerados ainda o volume de tráfego e os principais materiais construtivos utilizados nas fachadas dos prédios.

2 RUÍDO URBANO E RUÍDO DE TRÁFEGO

Existem várias definições para ruído. É importante lembrar que um ruído é considerado som, mas o som não é essencialmente um ruído. Dentre as definições, o ruído pode ser considerado como um conjunto de sons sem harmonia, sons confusos ou qualquer sensação auditiva que incomode ou perturbe o homem nas suas atividades, sendo assim associado, normalmente, a sons desagradáveis e indesejáveis (GERGES, 2000). O ruído é decorrência do progresso, assim, conforme as cidades se desenvolvem, ele aumenta de maneira proporcional (SILVA, 1971). Atualmente, a sociedade tem entendido a poluição sonora como um problema social que está diretamente ligado ao conforto e qualidade de vida para garantir bem estar social e da saúde. Segundo Nunes e Ribeiro (2008), devido ao crescimento da frota de veículos nas cidades e a falta de planejamento territorial para qualidade de vida nos centros urbanos, o ruído de tráfego é considerado como uma das maiores fontes de poluição sonora urbana, intensificando os efeitos negativos da exposição a altos níveis de pressão sonora da população.

Como forma de tentar minimizar o problema do ruído de tráfego urbano alguns países estão desenvolvendo leis que determinam a intensidade dos ruídos gerados pelos veículos. As normas brasileiras que estabelecem procedimentos referentes ao controle de ruído e conforto acústico são a NBR 10151 e a NBR 10152 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Para se medir o ruído de tráfego pode-se utilizar o nível equivalente (L_{eq}), que é a medida da média energética temporal, independente das características aleatórias do ruído de tráfego, ou seja, não considera se o tráfego flui livremente ou se ocorrem congestionamentos, como no caso do tráfego urbano. Outra forma de medida do ruído de tráfego são os níveis estatísticos L_{10} , L_{50} e L_{90} , que são sensíveis às características aleatórias do tráfego, sendo difíceis de estimar (BISTAFA, 2006). Souza, Almeida e Bragança (2006) afirmam que a análise e controle do ruído de tráfego rodoviário devem considerar o tipo de rodovia; as condições de manutenção das vias; a velocidade dos veículos, pois, quanto maior a velocidade, mais intenso será o ruído; o tipo de veículo (leve, médio ou pesado) – veículos mais pesados geram ruídos mais intensos; e, a hora do dia, pois, por exemplo na madrugada, é mais frequente a ausência de sons mascarantes, pode ocorrer o aumento da percepção do ruído. Azurro, Ercoli e Namuz (2000) descrevem diversos estudos desenvolvidos por outros autores que utilizam os índices L_{10} , L_{50} , L_{90} e L_{eq} em dB(A) em modelos de previsão do ruído de tráfego no meio urbano.

2.1 Comportamento das ondas sonoras

Para ondas de qualquer natureza, os ângulos dos raios incidentes e refletidos são iguais em uma mesma superfície. No entanto, a direção do raio refletido pode ser alterada de acordo com a forma da

superfície – plana, convexa ou côncava (AMORIM e LICARIÃO, 2005). A difração é a capacidade que as ondas sonoras têm de contornar obstáculos. A curvatura que uma onda desenvolve ao passar um objeto pode variar de acordo com a forma e as dimensões do objeto e pode ocorrer em maior ou menor grau. Esses obstáculos são também chamados de barreiras acústicas, que são elementos que possuem massa e altura determinadas e são instalados entre a fonte sonora e o receptor com o intuito de reduzir o nível de pressão sonora por meio da difração do som. Quando a difração ocorre em barreiras com orifícios, o som passa e a onda difratada passa a ter seu centro de propagação a partir desse orifício. Os fatores que influenciam a difração são: a fonte, o topo da barreira e o receptor.

Segundo Souza, Almeida e Bragança (2006), a atenuação sonora está relacionada com a frequência dos sons, sendo que sons de alta frequência, que possuem pequeno comprimento de onda, estão mais sujeitos a sofrerem reflexões do que os de baixa frequência que apresentam comprimentos de onda maiores. Para que as barreiras atuem como refletoras, as superfícies devem ser grandes. Para as ondas de baixa frequência, normalmente ocorre a difração ao invés da reflexão. Quando uma onda sonora se depara com um obstáculo, uma parede, por exemplo, o choque das moléculas faz com que parte da energia seja refletida pelo objeto, parte seja absorvida e dissipada em forma de calor, e o restante produza a vibração das moléculas do ar do lado oposto ao obstáculo, fazendo com que a parede se comporte como uma nova fonte sonora.

2.2 Tipos de fonte sonora

De acordo com Gerges (2000), a atenuação do nível de pressão sonora com a distância depende da distribuição das fontes de ruído, ou seja, depende do tipo da fonte sonora. Rodovias, ferrovias e pistas de aeroporto, são consideradas como fontes lineares ao invés de fontes pontuais. De acordo com Souza, Almeida e Bragança (2006), a fonte sonora do ruído de tráfego é considerada como fonte linear, pois, embora o ruído seja o resultado de diversos veículos atuando de forma individual, a fonte se comporta como linear em razão do deslocamento desses veículos. Conforme os automóveis se deslocam e se afastam do receptor, o ruído tende a sofrer atenuação. De acordo com Souza, Almeida e Bragança (2006), grande parte dos sons que ouvimos é resultado da composição do som direto gerado na fonte e que chega diretamente ao receptor sem ser influenciado por obstáculos, com as reflexões que a onda sofre no ambiente. Os fatores que minimizam a diretividade das fontes sonoras de tráfego rodoviário são as múltiplas reflexões e o espalhamento sonoro ocasionado por superfícies e obstáculos próximos; espalhamento sonoro devido às turbulências atmosféricas; e, múltiplas fontes que adquirem diferentes posições angulares em um determinado momento, por exemplo quando os veículos ficam enfileirados em uma via de tráfego. Quando existem grandes superfícies perto de uma fonte que impeçam a propagação do som nas direções afetadas, a energia sonora se concentra nas direções de propagação sonora que não estejam obstruídas. Para uma fonte localizada no solo ou próxima a ele, a energia sonora de propagação das ondas para baixo é refletida para cima e sofre uma duplicação do valor.

2.3 Controle do ruído

Todo problema de controle de ruído envolve uma fonte sonora, a trajetória de transmissão e o receptor, sendo que a atenuação pode ser feita em um desses três elementos. Para ruído externo, a intensidade sonora que atinge o receptor pode ser alterada por características climáticas do ambiente, como por exemplo, pelo vento e temperatura. Atualmente, os diversos materiais leves utilizados nas edificações e que promovem baixo isolamento acústico, atrelados a traçados urbanos sem planejamento adequado, resultam em configurações espaciais que podem apresentar problemas ambientais acústicos (SOUZA, ALMEIDA e BRAGANÇA, 2006). Niemeyer e Slama, (1998) afirmam que as edificações são elementos que também podem interferir no campo acústico do local, gerando sombras acústicas ou intensificando o som. Isso pode acontecer de acordo com a maneira espacial que uma edificação se relaciona com as outras. Ou seja, construções que ocupam o logradouro e formam um corredor de fachadas paralelas, como os cânions urbanos, tendem a aumentar o número de reflexões dos ruídos gerados nesse corredor, intensificando o ruído urbano (SOUZA, ALMEIDA e BRAGANÇA, 2006). A Figura 1 a seguir ilustra a implantação de uma barreira acústica localizada na beira de uma avenida. De acordo com Niemeyer e Slama (1998), a forma do tecido urbano, ou seja, os edifícios, as

construções, elementos arquitetônicos e vegetação, determinam características sonoras específicas para cada ambiente, fazendo com que as ondas sonoras ao encontrarem obstáculos possam ser parcialmente refletidas, voltando ao meio de incidência; parcialmente absorvidas pelo material utilizado no obstáculo; parcialmente transmitidas ao meio de propagação do obstáculo; e parcialmente difratadas ao contornar o obstáculo e passar por pequenas aberturas existentes.

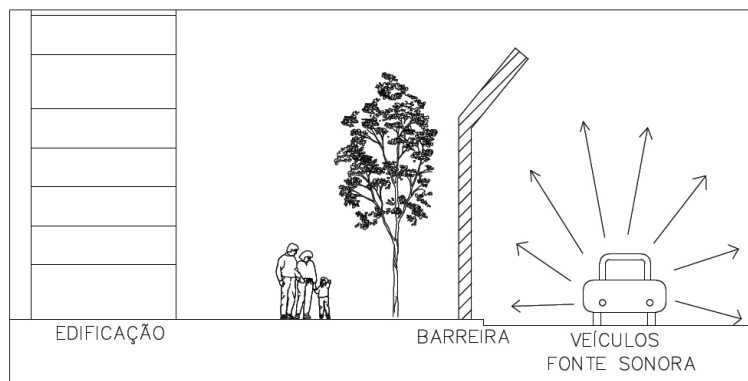


Figura 1 - Barreira acústica

3 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO E CONFORTO

O “*noise criteria*” (NC), também chamado de “critério de ruído” é um índice baseado em dados estatísticos e expresso em dB(A) que representa o nível de ruído interno em edifícios. Para garantir uma qualidade ambiental e evitar riscos à saúde, recomenda-se não exceder esses níveis além de um determinado tempo durante o dia. Assim, os níveis sonoros medidos em cada faixa da banda de oitava devem estar abaixo da curva NC, com uma tolerância de 2dB. Nos ambientes internos, o controle do ruído requer exames de monitoração e de medida através de equipamentos adequados que forneçam um espectro sonoro detalhado. Dessa forma, são utilizadas as bandas de um terço de oitava (ESI ENGINEERING, 2010). O método consiste na análise das curvas dos critérios que estendem de 63 a 8.000 Hz, e na da avaliação da tangência. As curvas dos critérios definem os limites de espectros de faixa da oitava que não devem ser excedidos para garantir o conforto ambiental em determinados espaços (THE ENGINEERING TOOLBOX, 2005).

4 CÂNIONS URBANOS

De acordo com Arnfield e Grimmond (1998), os cânions urbanos são caracterizados por intervalos ou espaços entre duas construções contíguas em um meio urbano. Karam e Filho (2006) complementam a definição dizendo que os cânions urbanos estabelecem um espaço aéreo aberto entre as paredes verticais e as ruas da cidade com a abóbada celeste. Os cânions podem ter diferentes geometrias, que variam de acordo com a altura e largura dos prédios que o compõem (KOVAR-PANSKUS, 2002). Segundo Huang et al. (2009), considerados como um tipo de superfície urbana, os cânions urbanos são configurados ao longo de ruas relativamente estreitas em áreas densamente construídas com prédios altos e alinhados de modo contínuo dos dois lados da rua, caracterizando corredores. De acordo com o trabalho de Panão, Gonçalves e Ferrão (2009), os cânions podem ser estudados através da relação entre a altura dos edifícios e a largura da rua H/W (h =altura, w = largura).

Esse fenômeno presente no meio urbano vem se tornando comum devido ao aumento das construções nas cidades. Áreas como o Novo Centro na cidade de Maringá (PR) apresentam altos gabaritos construtivos, o que resulta em edifícios contíguas bastante altos. De acordo com Niemeyer e Slama (1998), a forma urbana influencia diretamente na propagação sonora, especialmente no ruído gerado pelos veículos. Determinada pela legislação e pela evolução dos materiais e técnicas construtivas, a malha urbana é composta pela altura das edificações, densidade, volumetria e distribuição espacial dos edifícios. A Figura 2 mostra a modelagem no software Autocad do cânion a ser formado na Avenida Horácio Racanello, e o comportamento das ondas sonoras do veículo de tráfego nas fachadas dos edifícios:

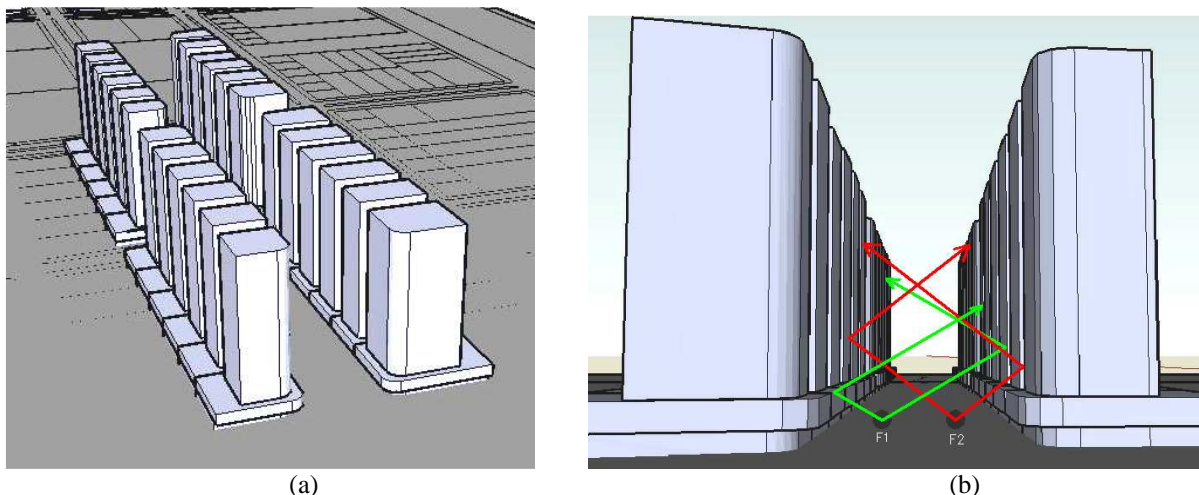


Figura 2 - Modelagem do cânion urbano da Av. Horácio Racanello (a) e comportamento das ondas sonoras (b).

5 MAPEAMENTO E MODELAGEM DO RUÍDO

A Avenida Horácio Racanello, por ter desenvolvimento urbano recente, ainda apresenta alguns vazios urbanos. Acredita-se, no entanto, que o alto gabarito das edificações e altos coeficientes de construção estabelecidos pela legislação urbana poderão caracterizar a região como cânion urbano. A análise dos impactos do ruído no cânion urbano e na região do entorno será realizada através de simulações feitas no software SoundPLAN®. Serão utilizados na modelagem dados como a relação entre altura e largura e geometria do cânion, gabarito máximo permitido por lei para as edificações, materiais utilizados nas fachadas, tipo de pavimentação utilizada na superfície das ruas e calçadas, e, volume e velocidade média dos veículos que transitam na avenida. Pearlmutter, Berliner e Shaviv (2007), afirmam que a modelagem oferece flexibilidade para analisar uma larga escala urbana, e é considerada uma ferramenta valiosa para caracterizar os efeitos dos elementos urbanos. Maciel et al. (2009), utilizou a modelagem do ruído urbano como instrumento de gestão ambiental, através da análise do ruído causado pelo tráfego urbano nas principais avenidas da cidade que são caracterizadas como cânions urbanos. Os cânions podem favorecer a propagação e a intensificação dos efeitos e incômodos provocados pelo excesso de ruído. O software SoundPlan permite a avaliação dos impactos de cada fonte poluidora em uma determinada região de forma individual e previsões gerais sobre a evolução do ruído para esses locais. Esquemas de redução de ruído para cânions urbanos foram avaliados por Hornikx e Forssén (2009). As áreas selecionadas para estudo foram modeladas juntamente com as fontes de ruído de tráfego. Os resultados da pesquisa mostraram que as maiores reduções de ruído acontecem nas áreas localizadas abaixo do observador. A absorção nas fachadas é mais eficaz na parte superior do cânion, sendo que a atenuação do ruído na fonte é mais eficaz que a atenuação nas fachadas.

6 PROCEDIMENTOS E MÉTODOS

6.1 Levantamento das características geométricas do entorno

De acordo com o Projeto de Lei Complementar nº416 da Câmara Municipal de Maringá (PR), a Zona Especial 1 “Novo Centro” corresponde à área da Zona 01 delimitada pelas Avenidas João Paulino, São Paulo, Tamandaré e Paraná. É uma região que constitui duas glebas A e B e uma gleba central C, identificadas pelas quadras 51-A. Como objetos de estudo para o trabalho foram selecionadas as glebas A e B por apresentarem padrões construtivos exigidos pela lei de uso e ocupação do solo – ver Figura 3. De acordo com o Projeto de Lei Complementar n.416, os lotes das glebas A e B deverão ser edificados com um embasamento formado por dois pavimentos – térreo e sobreloja – e por um bloco vertical.

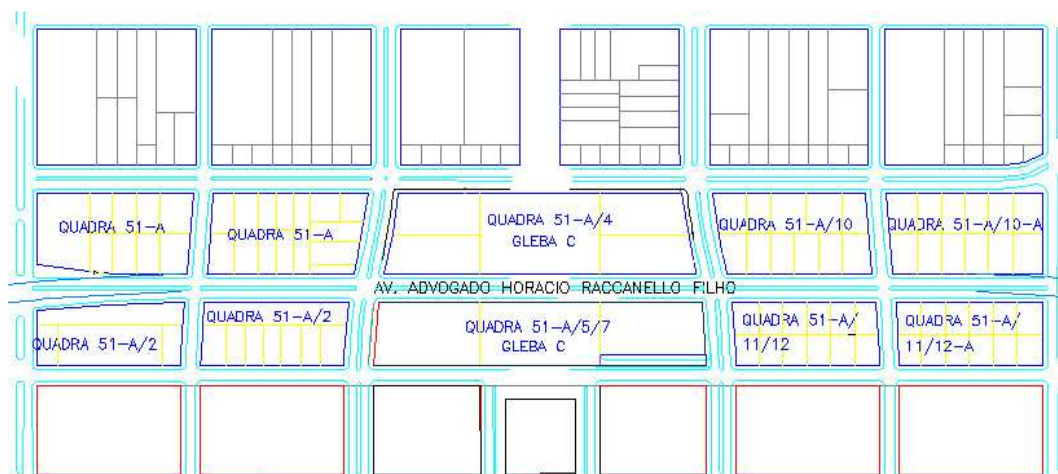


Figura 3 - Glebas da Av. Horácio Racanello

O coeficiente de aproveitamento do Novo Centro é o maior de toda a cidade, com índice de 6,0 para as glebas A e B. A Zona Central da cidade, segunda região com os maiores índices, tem coeficientes de aproveitamentos de 4,5 e 3,5. Com esses dados, pode-se concluir que a área do Novo Centro será a região mais densamente urbanizada da cidade de Maringá. A seguir, a Figura 4 mostra o embasamento padrão das edificações da Avenida Horácio Racanello formado pelos pilares e pela torre e a Avenida Horácio Racanello ainda com alguns vazios urbanos.



(a)



(b)

Figura 4 – Embasamento padrão das edificações da Avenida Horácio Racanello (a) e vazios urbanos (b)

6.2 Monitoramento do ruído urbano

Foram locados 5 pontos *in loco* para medição, dispostos em todo o trecho da via em estudo, nos cruzamentos e nos canteiros centrais. A determinação desses pontos foi feita de modo a caracterizar toda a extensão da via. A avenida apresenta duas vias de sentido opostos do fluxo de veículos e cada via possui duas pistas de rolamento e uma para estacionamento. Utilizou-se simultaneamente dois medidores de nível de pressão sonora da marca 01dB, modelo SdB02+; o primeiro mediu o espectro sonoro e o outro os níveis estatísticos L_{10} , L_{50} e L_{90} , que são sensíveis às características aleatórias do tráfego.

As medições foram realizadas durante três dias aleatórios durante a semana (19/11/2010, 20/11/2010 e 24/11/2010), nos horários de pico: 07:00h (período 1), 12:00h (período 2) e 17:00h (período 3) nos pontos 1,2,3,4 e 5 localizados no canteiro central da avenida a 1,20m de altura. Os monitoramentos tiveram duração de dezoito minutos em cada ponto e foram realizados em dias com condições climáticas similares de verão. Por ser uma região de desenvolvimento e expansão, a área de estudo sofre influência do ruído proveniente da construção civil. Simultaneamente às medições acústicas foi realizada a contagem dos veículos em cada ponto. Os automóveis foram classificados em leves (motocicletas), médios e pesados (caminhões e ônibus). Após a coleta, elaborou-se uma planilha com

os dados, que, em seguida, foram inseridos no software de simulação computacional SoundPLAN 6.4[®]. O programa simulou o comportamento do ruído de tráfego para o gabarito máximo das construções da avenida.

6.3 Modelagem e simulação

A digitalização em planta (2D) das edificações e da avenida foi realizada primeiramente através do software AutoCad. Em seguida a modelagem em 3D foi desenhada no software SoundPLAN 6.4[®], utilizando o gabarito máximo para todas as construções. Foram utilizados na modelagem dados como a relação entre altura, largura e geometria do cânion, gabarito máximo permitido por lei para as edificações, materiais utilizados nas fachadas, tipo de pavimentação utilizada na superfície das ruas e calçadas, localização de fontes sonoras e receptores e topografia do terreno. O SoundPLAN 6.4[®] é um software que permite a modelagem de ambientes internos e externos e possibilita a análise dos impactos das fontes sonoras poluidoras e previsões sobre o comportamento do ruído. Considera fontes (com características espectrais e diretividade 2D ou 3D) dos tipos pontuais, extensas (linear e superficial); ambientes físicos com curvas de nível; edificações; absorção do solo e barreiras, como paredes e taludes, por exemplo. O software utiliza o método de procura por ângulo para o processamento dos dados da construção do mapa de ruído. Após a modelagem da área de estudo, realizou-se a simulação no programa SoundPLAN 6.4[®]. Foram inseridos no programa os receptores medidos *in loco* e foram simulados mais 22 pontos distribuídos entre os canteiros centrais e nas fachadas dos edifícios nas alturas de 22m, 35m e 48m para análise do comportamento do som nas fachadas das edificações. Como resultados da análise foram gerados mapas de ruído do entorno e na seção transversal do cânion urbano em dB e dB(A) e planilha com os níveis sonoros médios (Ld) para todas as frequências de um terço da banda oitava: 63Hz, 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1KHz, 2KHz, 4KHz e 8KHz.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 Monitoramento do ruído de tráfego antes da inversão da Av. São Paulo

Através dos dados medidos *in loco*, calculou-se o espectro sonoro para cada um dos pontos em cada frequência da banda de um terço de oitava. Os valores podem ser observados na Tabela 1. Os menores valores obtidos foram para os pontos localizados nos canteiros centrais da via; os pontos de maior ruído foram nos cruzamentos – pontos 1, 3 e 5, respectivamente, sendo o ponto 1 localizado no cruzamento da Avenida Horácio Racanello com a Avenida São Paulo. Esses pontos também apresentaram um número maior de veículos.

Tabela 1- Espectro sonoro para banda de um terço de oitava

<i>Frequência</i>	<i>Valores em dB</i>				
<i>Hz</i>	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
63	84,2	80,2	82,1	80,3	81,3
125	80,5	77,0	78,7	76,7	77,4
250	75,4	71,6	72,5	69,8	73,1
500	70,9	67,9	67,6	66,4	68,0
1K	68,8	65,9	68,2	66,9	67,7
2K	68,6	62,6	67,6	65,6	65,3
4K	61,7	58,7	60,1	56,4	58,5
8K	74,2	51,5	58,6	52,6	53,8

7.2 Mapeamento do ruído do entorno

Foram gerados na simulação mapas do ruído do entorno em dB e dB(A). Os mapas mostram que a conformação do cânion urbano no trecho em estudo da Avenida Horácio Racanello atenua o ruído em seu entorno, reduzindo em até 12dB o nível sonoro nas quadras vizinhas (ver Figura 5). Observa-se

que esse valor está de acordo com Bistafa (2006), que afirma que a atenuação sonora por barreiras de edificações tem limite entre 10 a 15dB. O Projeto de Lei Complementar N° 218/98 da cidade de Maringá, de acordo com o zoneamento estabelecido para a área em análise, limita em 55dB(A) o nível de ruído durante o dia. O mapa gerado na simulação mostrou que o nível sonoro na fachada dos edifícios da avenida em estudo está entre 71 e 75dB(A), ultrapassando em até 20 dB(A) o nível permitido pela legislação. A EPA – Agência de Proteção Ambiental norte- americana, adotou o índice L_{dn} como grandeza de avaliação da exposição do ruído em comunidades. Para obter o critério de ruído para o L_{dn} exterior às habitações, a EPA recomenda que não seja ultrapassado o valor de 45dB(A) para o L_{eq} interno à edificação. Para as janelas abertas, aceita-se o valor de 15dB entre o nível de ruído externo e o interno, sendo admissível o L_{eq} de 60dB(A) para o ambiente externo. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estipulou recomendações para proteção contra o ruído, estabelecendo critério de ruído L_{eq} de 50dB(A) para assegurar o conforto acústico; nível critério L_{eq} de 55dB(A) para áreas habitadas durante o dia; nível critério de 45dB(A) em áreas habitadas durante a noite; e, nível de 30dB(A) no interior dos dormitórios com as janelas abertas (BISTAFA, 2006)

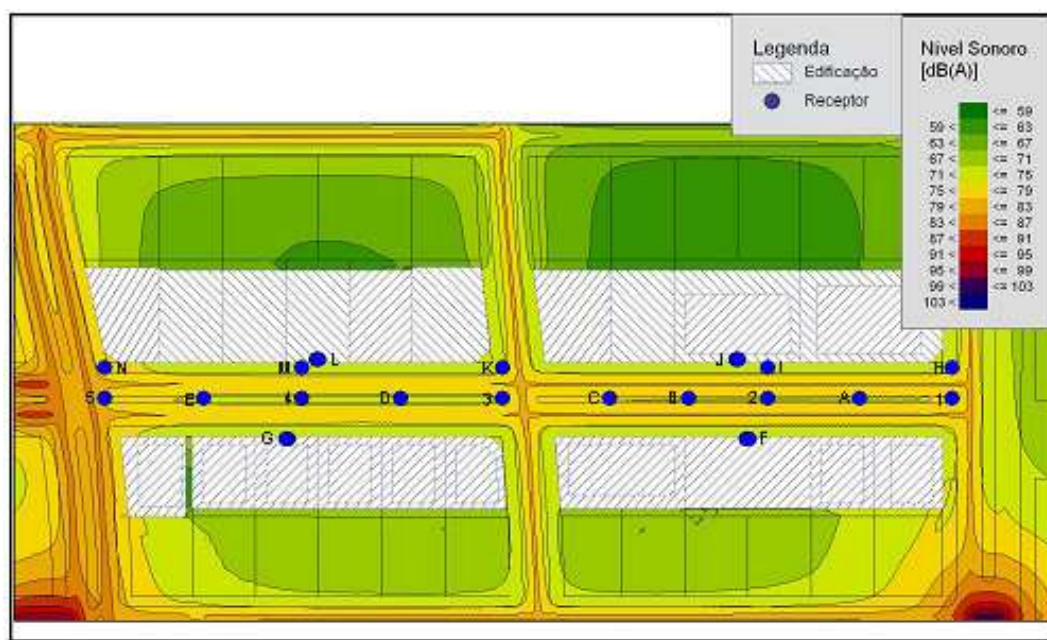


Figura 5- Mapa do ruído em dB(A)

A determinação da locação *in situ* dos cinco receptores foi feita através de malhas, com locações equidistantes, de modo a estarem localizadas ao longo da via e nos cruzamentos da avenida. Dessa forma buscou-se uma caracterização representativa da via e seu entorno. O Novo Centro se encaixa em duas tipologias de área, segundo a NBR 10 10151: área mista com predominância residencial, e área mista com vocação comercial e administrativa. Para o primeiro caso, o nível de critério de avaliação do ruído é de 55dB(A) para o período diurno e 50dB(A) para o período noturno. Se analisarmos de acordo com o segundo caso, o nível aumenta para 60dB(A) para o período diurno e 55dB(A) para o noturno.

7.3 Mapeamento do ruído na seção transversal e longitudinal do cânion urbano

Os mapas de ruído da seção transversal do cânion urbano gerados na simulação do Software SoundPLAN 6.4[®] mostram atenuação escalonada conforme aumenta a altura das edificações. A seguir estão as Figuras 6 e 7, referentes aos valores em dB(A).

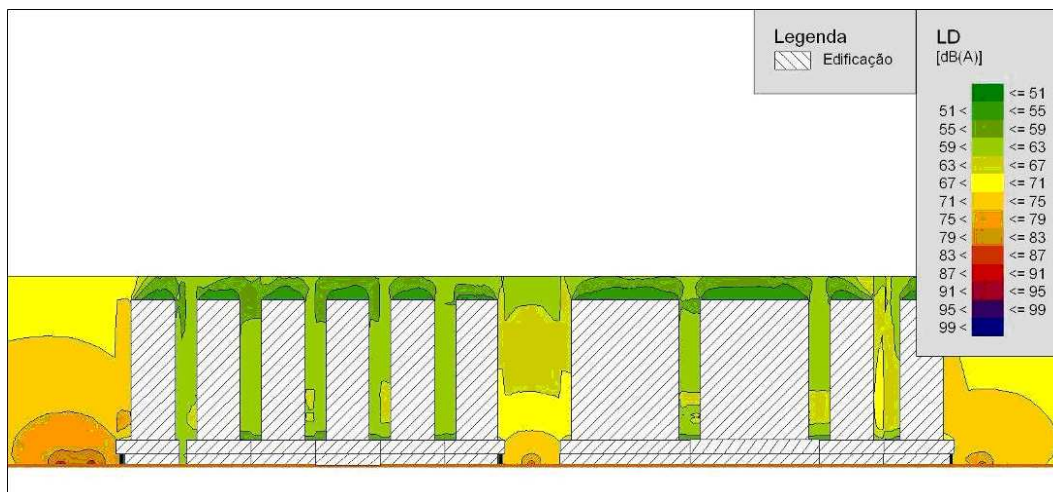


Figura 6- Mapa do ruído da seção transversal em dB(A)

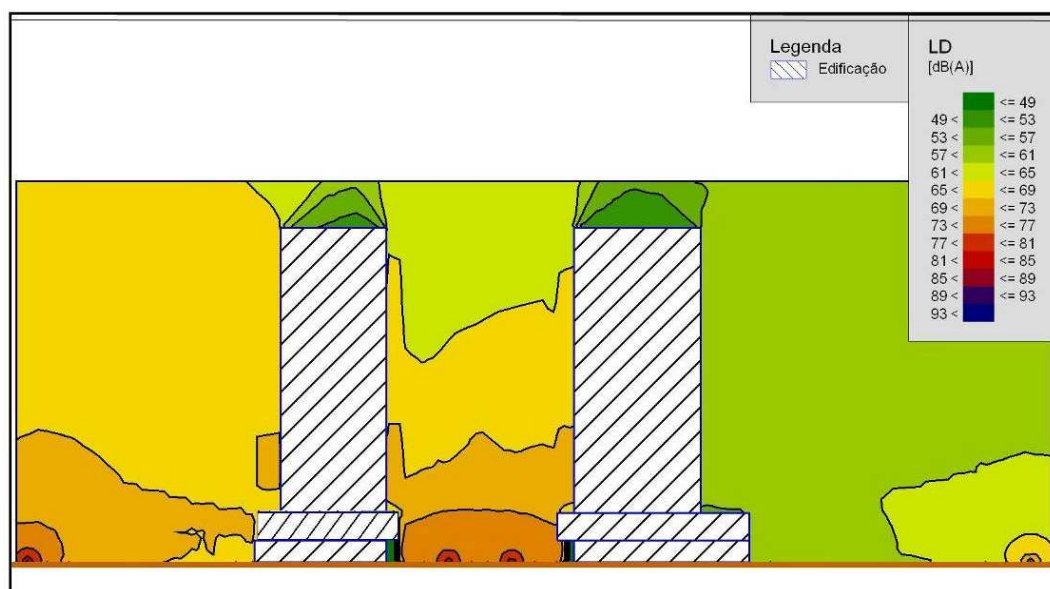


Figura 7 - Mapa do ruído da seção longitudinal em dB(A)

8 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Através das medições *in loco* e da simulação computacional, observou-se que a região da Avenida Horário Racanello no Novo Centro se caracterizará como cânion urbano quando as edificações estiverem construídas com o gabarito máximo permitido pela legislação municipal. Dessa forma, o trecho em estudo da avenida apresentará problemas de conforto ambiental, gerando concentração do ruído proveniente do tráfego urbano.

Os principais métodos para o controle do ruído envolvem legislação, educação e intervenção. No entanto, é importante considerar que a intervenção no ambiente deve evitar a interferência na funcionalidade das atividades e dos espaços existentes. Algumas formas de intervenção para controle do ruído urbano relacionadas ao planejamento urbano são: adequação do uso do solo e do tipo de ocupação; disposição arquitetônica e adequada utilização dos materiais construtivos dos edifícios; planejamento das vias de tráfego, para impedir que ocorram congestionamentos; permissão e horário de circulação de veículos pesados; controle de velocidade e sentido de fluxo dos veículos; alteração de eixos viários; utilização de pavimentos rígidos em vias de tráfego, sem juntas para auxiliar na sonorização da pavimentação; áreas abertas como praças para auxiliar na atenuação sonora; e, implantação de barreiras acústicas.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, Adriana, LICARIÃO, Carolina. **Introdução ao conforto ambiental**. FEC-UNICAMP, 2005. 2008.
- ANDRADE, C. R.; CORDOVIL, F. C.S. A cidade de Maringá, Pr. O plano inicial e as “requalificações urbanas”. **Scripta Nova**, Barcelona, v.12, n.270, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento**. Rio de Janeiro 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152: níveis de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro 1987.
- AZURRO, A.; ERCOLI, L.; NAMUZ, F. Uma revisión de modelos predictivos de ruído urbano. **TecniAcustica**, Madrid, 2000.
- BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. São Paulo: Edgar Blucher, 2006.
- ESI ENGINEERING, INC. **Brief Technical Notes on Sound & Noise Control**. An Informational Series N9701, Minnesota, 2010.
- GERGES, Samir Nagi Yousri. **Ruído: fundamentos e controle**. 2ed. Florianópolis: S.N.Y, 2000.
- HORNIKX, M.; FORSSÉN, J. Noise abatement schemes for shielded canyons. **Applied acoustics**. Sweden, v.70, n. 1, p. 267-283, 2009.
- HUANG, Yuandong. et al. Impact of wedge-shaped roofs on airflow and pollutant dispersion inside urban street canyons. **Building and Environment**, Shanghai, v.1, n. 1, p1-13, 2009.
- KOVAR-PANSKUS, A. et al. Influence of geometry on the mean flow within urban street canyons – a comparison of wind tunnel experiments and numerical simulations. **Klwer Academic Publishers**, Ontário, v.1, n. 1, p. 365-380, 2002.
- NIEMEYER, M. L.; SLAMA, J. G. in *Arquitetura: Pesquisa e Projeto*. São Paulo: Proeditores, 1998.
- NUNES, Monica; RIBEIRO, Helena. Interferências do ruído do tráfego urbano na qualidade de vida: zona residencial de Brasília/DF. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, v.1, n. 1, p.319-338, 2008.
- PEARLMUTTER, D.; BERLINER, P.; SHAVIV, E. Integrated modeling of pedestrian energy exchange and thermal comfort in urban street canyons. **Building and Environment**, Haifa, v.42, n. 1, p. 2396-2409, 2007.
- SILVA, P. (1971) **Acústica Arquitetônica**. Belo horizonte: Edições Engenharia e Arquitetura.
- SOUZA, Lea C. L. de; ALMEIDA, Manuela G. de; BRAGANÇA, Luís. **Bê-á-bá da acústica arquitetônica**. Bauru: Edufscar, 2006.
- THE ENGINEERING TOOLBOX, 2005.
- MARINGÁ (Câmara de Vereadores). Lei Complementar nº 416/2001 de 21 de Dezembro de 2001. *Lex*: Regulamenta o parcelamento, o uso e a ocupação do solo na área denominada Zona Especial 1 – Novo Centro. Maringá.