

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

ANA MARIA ALVES SAPATA

**MONITORAMENTO, MODELAGEM E SIMULAÇÃO DOS
IMPACTOS E EFEITOS DO RUÍDO DE TRÁFEGO EM TRECHO
DE CÂNION URBANO DA AVENIDA HORÁCIO RACANELLO
DA CIDADE DE MARINGÁ - PR**

MARINGÁ

2010

ANA MARIA ALVES SAPATA

**MONITORAMENTO, MODELAGEM E SIMULAÇÃO DOS
IMPACTOS E EFEITOS DO RUÍDO DE TRÁFEGO EM TRECHO DE
CÂNION URBANO DA AVENIDA HORÁCIO RACANELLO DA
CIDADE DE MARINGÁ - PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Fernando Soares.

MARINGÁ

2010

RESUMO

Na sociedade atual as atividades urbanas produzem impacto sonoro, e a preocupação com o controle do ruído é uma forma de assegurar a qualidade ambiental, já que é crescente a quantidade de fontes geradoras no meio urbano devido ao ruído produzido pelo tráfego de veículos. Nos centros urbanos existem espaços que podem concentrar e acentuar o ruído de tráfego – os cânions urbanos. São áreas caracterizadas como corredores formados por edificações em ambos os lados. Este trabalho teve como objetivo realizar um estudo sobre os impactos do ruído de tráfego na Avenida Horácio Racanello da cidade de Maringá – PR. Por ser um local com desenvolvimento recente e com vazios urbanos, a análise do ruído foi efetuada através de monitoramento *in loco* para obtenção de dados das fontes sonoras e por simulação computacional através do software SoundPLAN 6.4[®], onde foram analisados os dados do nível de pressão sonora com base na modelagem do gabarito máximo das edificações estabelecido pela legislação municipal. Como resultados principais, observou-se que o trecho em estudo se caracterizou como cânion urbano, causando concentração de ruído proveniente do tráfego urbano, com níveis acima dos permitidos pelas normas brasileiras.

Palavras - chave: ruído urbano, cânion urbano, modelagem computacional, simulação computacional.

ABSTRACT

In the society, most of human activities produces sounds, and the concern with the noise control is a way to ensure an environmental quality, since it's increasing the amount of creating sources, especially on urban environment, due to the noise produced by vehicles traffic. In the urban centers exists places that could concentrate and increase problems related to traffic noise – the urban canyons. Are characterized by hallways formed by buildings on both sides. The present work's main goal was to perform a study about the impact of noise traffic in a passage of Avenida Horácio Racanello, located on Novo Centro in Maringá city, state of PR. Because this place is being recently developed, still are found some empty areas; therefore, the noise analyze was performed by measurement to take data's sources and by computer simulation through SoundPLAN 6.4[®] software, where the data of the level's sound pressure were analyzed based on the current template pattern, and the most of the established buildings by Maringá's municipal legislation. As the main results it was observed that the passage in study characterized as an urban canyon, causing noise concentration coming from the urban traffic, with level higher than the ones allowed by Brazilian standards.

Key - words: urban noise, urban canyon, computer modeling, and computer simulation.

SUMÁRIO

RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
SUMÁRIO.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE EQUAÇÕES	xi
GLOSSÁRIO	xii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 HIPÓTESES	2
1.2 OBJETIVO GERAL.....	2
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.4 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO.....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 SOM E RUÍDO.....	4
2.2 RUÍDO URBANO E RUÍDO DE TRÁFEGO.....	5
2.3 AS ONDAS DE PRESSÃO SONORA.....	8
2.3.1 DESEMPENHO DAS ONDAS SONORAS.....	10
2.4 TIPOS DE FONTE SONORA.....	13
2.5 INTENSIDADE ACÚSTICA.....	17

2.6 POTÊNCIA SONORA.....	18
2.7 O DECIBEL.....	19
2.8 ESPECTRO SONORO.....	19
2.8.1 ESPECTRO SONORO EM BANDAS DE FREQUÊNCIA.....	20
2.9 DESCRITORES DE RUÍDO: L_{EQ}, L_{10}, L_{50} E L_{90}.....	21
2.10 ATENUAÇÃO SONORA.....	22
2.11 CONTROLE DO RUÍDO.....	25
2.11.1 CONTROLE DO RUÍDO ATRAVÉS DE BARREIRAS ACÚSTICAS.....	25
2.12 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO E CONFORTO.....	29
2.13 CÂNIONS URBANOS.....	30
2.14 MAPEAMENTO DO RUÍDO.....	32
2.15 MONITORAMENTO.....	39
2.16 MODELAGEM	41
2.17 SOUNDPLAN	43
3 PROCEDIMENTOS E MÉTODOS.....	45
3.1 LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DO ENTORNO.....	45
3.2 MONITORAMENTO DO RUÍDO URBANO	51
3.3 MODELAGEM	53
3.4 SIMULAÇÃO.....	55
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	57

4.1 MONITORAMENTO DO RUÍDO DE TRÁFEGO ANTES DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA BINÁRIO 57

4.2 MAPEAMENTO DO RUÍDO DO ENTORNO..... 58

4.3 MAPEAMENTO DO RUÍDO NA SEÇÃO TRANSVERSAL E LONGITUDINAL DO CÂNION URBANO..... 62

4.4 ANÁLISE DO RUÍDO APÓS A IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA BINÁRIO DE TRÂNSITO 64

4.4.1 MONITORAMENTO DO RUÍDO URBANO APÓS A IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA BINÁRIO 65

4.4.2 MAPEAMENTO DO RUÍDO DO ENTORNO 67

4.4.3 MAPEAMENTO DO RUÍDO NA SEÇÃO TRANSVERSAL E LONGITUDINAL DO CÂNION URBANO 71

5 CONCLUSÕES..... 76

6 REFERÊNCIAS..... 78

ANEXOS

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Espectro sonoro para banda de oitava 57

Tabela 2: Espectro sonoro para banda de oitava em dB(A) 60

Tabela 3: Espectro sonoro para banda de oitava em dB 61

Tabela 4: Espectro sonoro para banda de oitava 66

Tabela 5: Variação em dB em relação às medições antes e depois da implantação do binário 67

Tabela 6: Espectro sonoro para banda de oitava em dB(A) 69

Tabela 7: Espectro sonoro para banda de oitava em dB(A) 70

Tabela 8: Espectro sonoro para banda de oitava na altura de 22m 75

Tabela 9: Espectro sonoro para banda de oitava na altura de 35m 75

Tabela 10: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 1 para o período 1.....97

Tabela 11: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 2 para o período 1.....98

Tabela 12: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 3 para o período 1.....98

Tabela 13: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 4 para o período 1.....99

Tabela 14: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 5 para o período 1.....99

Tabela 15: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 1 para o período 2.....100

Tabela 16: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 2 para o período 2.....100

Tabela 17: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 3 para o período 2.....101

Tabela 18: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 4 para o período 2.....101

Tabela 19: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 5 para o período 2.....102

Tabela 20: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 1 para o período 3.....102

Tabela 21: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 2 para o período 3.....103

Tabela 22: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 3 para o período 3.....103

Tabela 23: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 4 para o período 3.....104

Tabela 24: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 5 para o período 3.....104

Tabela 25: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 1 para o período 1.....105

Tabela 26: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 2 para o período 1.....105

Tabela 27: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 3 para o período 1.....106

Tabela 28: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 4 para o período 1.....106

Tabela 29: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 5 para o período 1.....107

Tabela 30: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 1 para o período 2.....	107
Tabela 31: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 2 para o período 2.....	108
Tabela 32: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 3 para o período 2.....	108
Tabela 33: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 4 para o período 2.....	109
Tabela 34: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 5 para o período 2.....	109
Tabela 35: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 1 para o período 3.....	110
Tabela 36: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 2 para o período 3.....	110
Tabela 37: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 3 para o período 3.....	111
Tabela 38: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 4 para o período 3.....	111
Tabela 39: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 5 para o período 3.....	112
Tabela 40: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 1 para o período 1.....	112
Tabela 41: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 2 para o período 1.....	113
Tabela 42: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 3 para o período 1.....	113
Tabela 43: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 4 para o período 1.....	114
Tabela 44: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 5 para o período 1	114
Tabela 45: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 1 para o período 2.....	115
Tabela 46: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 2 para o período 2.....	115
Tabela 47: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 3 para o período 2.....	116
Tabela 48: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 4 para o período 2.....	116
Tabela 49: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 5 para o período 2.....	117
Tabela 50: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 1 para o período 3.....	117
Tabela 51: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 2 para o período 3.....	118
Tabela 52: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 3 para o período 3.....	118
Tabela 53: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 4 para o período 3.....	119
Tabela 54: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 5 para o período 3.....	119

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Difração	10
Figura 2 – Comportamento do som incidente em uma superfície.....	11
Figura 3 – Reflexão difusa e especular.....	13
Figura 4 – Efeito Doppler para receptor em repouso.....	14
Figura 5 – Diretividade da fonte sonora.....	16
Figura 6 – Efeito de barreira sonora.....	27
Figura 7 – Barreira acústica.....	28
Figura 8 – Novo Centro.....	45
Figura 9 – Anteprojeto de Maringá (1940), mostrando o Novo Centro e a linha férrea.....	46
Figura 10 – Maquete do projeto Ágora de Oscar Niemeyer para o Novo Centro.....	47
Figura 11 – Novo Centro após o projeto de urbanização.....	47
Figura 12 – Glebas da Avenida Horácio Racanello.....	48
Figura 13 – Perfil da Avenida Horácio Racanello.....	49
Figura 14 – Embasamento padrão das edificações da Avenida Horácio Racanello.....	50
Figura 15 – Avenida Horácio Racanello com vazios urbanos.....	50
Figura 16 – Locação dos pontos de medição na Avenida Horácio Racanello.....	51
Figura 17 – Medições <i>in loco</i> com os sonômetros 01dB, modelo SdB02+.....	52
Figura 18 – Tela do Software AutoCAD com a digitalização do Novo Centro.....	53
Figura 19 – Modelagem do cânion urbano da Avenida Horácio Racanello.....	54
Figura 20 – Modelagem do cânion urbano e comportamento das ondas sonoras.....	54
Figura 21 – Ilustração dos pontos inseridos na simulação.....	55
Figura 22 – Ilustração dos pontos inseridos na simulação em alturas.....	56
Figura 23 – Pontos de maior ruído na Avenida Horácio Racanello.....	58
Figura 24 – Cruzamento Avenida Horácio Racanello com Rua Piratininga.....	58
Figura 25 – Mapa do ruído em dB(A)	59
Figura 26 – Mapa do ruído em dB.....	59
Figura 27 – Mapa do ruído da seção transversal em dB (A)	62
Figura 28 – Mapa do ruído da seção transversal em dB.....	63
Figura 29 – Mapa do ruído da seção longitudinal em dB (A)	63
Figura 30 – Mapa do ruído da seção longitudinal em dB.....	64

Figura 31 – Novo sentido de tráfego do Novo Centro após a implantação do sistema binário.....	65
Figura 32 – Medição <i>in loco</i> com o sonômetro da Solo, modelo 01dB.....	65
Figura 33 – Sonômetro da Solo, modelo 01dB.....	66
Figura 34 – Mapa do ruído em dB(A)	68
Figura 35 – Mapa do ruído em dB.....	68
Figura 36 – Mapa do ruído da seção longitudinal em dB(A)	71
Figura 37 – Mapa do ruído da seção longitudinal em dB.....	72
Figura 38 – Mapa do ruído da seção transversal em dB(A)	72
Figura 39 – Mapa do ruído da seção transversal em dB(A)	73
Figura 40 – Indicação das alturas das medições simultâneas no térreo e na fachada do edifício.....	74
Figura 41 – Indicação do local de medição simultânea no térreo e na fachada do edifício.....	74

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Velocidade do som	9
Equação 2: Redução da pressão sonora para fontes lineares	15
Equação 3: Fator de diretividade da fonte sonora	16
Equação 4: Nível de pressão sonora percebida pelo ouvido humano	17
Equação 5: Nível de intensidade sonora percebida pelo ouvido humano	17
Equação 6: Potência sonora	18

GLOSSÁRIO

L_{01} : Valor acima do qual os demais níveis permanecem 1% do tempo total de medida.

L_{10} : Valor acima do qual os demais níveis permanecem 10% do tempo total de medida.

L_{50} : Valor acima do qual os demais níveis permanecem 50% do tempo total de medida.

L_{90} : Valor acima do qual os demais níveis permanecem 90% do tempo total de medida.

S : (SEL) é o Nível Sonoro medido no instante de leitura como se toda a energia fosse emitida em um segundo.

L_{eq} : Nível Sonoro Contínuo Equivalente – grandeza adotada para descrever a exposição ao ruído.

L : L_{eq} medido desde o início da medição.

L_{dn} : grandeza desenvolvida para avaliar o ruído nas comunidades no período de 24 horas.

L_{max} : nível de ruído máximo durante o período de amostragem.

L_{min} : nível de ruído mínimo durante o período de amostragem.

L_{Aeq} : nível sonoro contínuo equivalente, na escala A.

M : Máximo valor de L_{eq} (curto: 0,125s) medido desde o início da medição;

m : Mínimo valor de L_{eq} (curto: 0,125s) medido desde o início da medição.

EPA: Environmental Protection Agency.

NBR: Norma Brasileira.

OMS: Organização Mundial da Saúde.

GPS: Sistema Global de Posicionamento.

SIG: Sistema de Informação Geográfica.

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

NCA: Níveis de Critério de Avaliação

NC: “*Noise criteria*”; curvas-critério de ruído

1 INTRODUÇÃO

Inseridas numa sociedade em que a maior parte das atividades humanas produz sons, as pessoas expostas a elevados níveis de pressão sonora podem sofrer de estresse, irritabilidade, esgotamento psíquico e fisiológico e desenvolver problemas auditivos. O efeito do ruído no indivíduo não depende somente das suas características (amplitude, frequência, duração, etc.), mas também da atitude do indivíduo frente a ele. Segundo Gerges (2000), o ouvido humano tem a capacidade de responder à uma larga faixa de frequência que vai de 20Hz à 20.000Hz.

De acordo com Souza, Almeida e Bragança (2006), 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 Novo Centro da cidade de Maringá – PR é uma área de vazios urbanos por onde passa a linha férrea subterrânea e que recentemente está sendo ocupada. Segundo Andrade e Cordovil (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 estabelecido pela legislação municipal de Maringá. Serão considerados ainda o volume de tráfego e os principais materiais construtivos utilizados nas fachadas dos prédios.

* Área máxima de construção permitida para as edificações.

1.1 HIPÓTESES

Algumas hipóteses que podem ser levantadas sobre os princípios que deram origem ao presente trabalho são:

- a) O cânion urbano que será formado na Avenida Horácio Racanello, entre a Avenida Herval e a Avenida São Paulo, atenuará o ruído nas quadras adjacentes;
- b) O efeito cânion no trecho em estudo concentrará ruído entre as fachadas dos edifícios;
- c) Em função da concentração de ruído no cânion urbano formado, ocorre um escalonamento da atenuação sonora conforme aumenta a altura das fachadas dos edifícios.

1.2 OBJETIVO GERAL

Esse trabalho tem como objetivo principal avaliar os impactos causados pelo ruído de tráfego no trecho da Avenida Horácio Racanello, compreendido entre a Avenida São Paulo e a Avenida Herval.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são:

- a) avaliação do impacto do ruído gerado pelo tráfego de veículos no entorno da Avenida Horácio Racanello;
- b) monitoramento do ruído de tráfego no trecho da Avenida Horácio Racanello, compreendido entre as Avenidas São Paulo e Avenida Herval;
- c) modelagem computacional para estudo do comportamento do ruído na avenida e nas fachadas dos edifícios;

- d) simulação do impacto no entorno, supondo gabarito máximo antes e depois da implantação do sistema binário de tráfego;
- e) simulação do impacto nas fachadas, supondo gabarito máximo antes e depois da implantação do sistema binário de tráfego;

1.4 JUSTIFICATIVA

Nesse estudo serão analisados os impactos do ruído no cânion da Avenida Horário Racanello do Novo Centro da cidade de Maringá (PR) para possibilitar a prevenção de problemas que possam surgir devido à alta densidade populacional, volume de tráfego e alto gabarito das construções dessa região. Este estudo representa uma importante contribuição como ferramenta de planejamento urbano, em especial na questão de ruído de tráfego para assegurar qualidade ambiental para a população.

Deste modo este trabalho poderá servir como auxílio na busca de soluções de controle do ruído urbano, em especial no caso apresentado dos cânions urbanos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão apresentados alguns conceitos fundamentais da acústica para subsidiar a pesquisa sobre ruído de tráfego e modelagem computacional do nível sonoro na área de estudo, através de levantamento bibliográfico, análise de estudos de caso, artigos científicos, legislações e normas.

2.1 SOM E RUÍDO

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). Segundo Souza, Almeida e Bragança (2006), o ruído é o som que interfere no desempenho das atividades do homem, podendo inclusive ser considerado como uma música que influencia na concentração da pessoa causando incômodo. Os ruídos são considerados como sons vocais, musicais ou aleatórios que excedam os níveis estabelecidos pelas normas, e que possam, dessa forma, prejudicar a segurança, conforto e saúde das pessoas, provocando problemas cardiovasculares, hormonais, estresse, dificuldade de comunicação e concentração. Entretanto, segundo Bistafa (2006), os sons que são classificados como ruídos podem transmitir informações úteis, como problemas em motores e maquinários, entre outros avisos. O ruído também pode ser compreendido como todo som que o receptor não deseja escutar (MARCO, 1982).

O som é conceituado como a variação de pressão atmosférica dentro da banda de frequência audível ao ouvido humano. Esses sons estão presentes no dia a dia das pessoas, como por exemplo, a música, o toque do telefone, os sons da natureza. Já o ruído é um tipo de som definido como som desagradável e indesejável que depende das suas características como amplitude, frequência e duração. De acordo com Henrique (2002), o som também pode ser classificado de acordo com sua altura, intensidade e timbre. Como a altura e timbre são características psicológicas e específicas de cada indivíduo, o som pode

provocar sensações auditivas diferenciadas e subjetivas, portanto, é importante realizar estudos através de equipamentos adequados que permitem medições rigorosas das características físicas do som e que expressam os resultados em valores numéricos.

Segundo Bistafa (2006), a Organização Mundial da Saúde (OMS) afirma que o nível médio sonoro a que as pessoas podem ser expostas sem prejudicar a qualidade de vida e a saúde é de 55dB(A), sendo que durante o sono, o nível deve diminuir para 45dB(A). Níveis de pressão sonora acima de 65dB(A) podem gerar efeitos negativos como interferência na compreensão da fala, dificuldades para dormir ou descansar, incômodo, queda na qualidade de realização de atividades de trabalho e lazer. Níveis de pressão sonora acima de 85dB(A) podem acarretar perdas de audição nas pessoas. Ambientes que extrapolem esses níveis de ruído precisam de soluções de controle acústico para atenuação desse ruído.

2.2 RUÍDO URBANO E RUÍDO DE TRÁFEGO

O ruído é decorrência do progresso, assim, conforme as cidades se desenvolvem, ele aumenta de maneira proporcional (SILVA, 1971).

Considerado como uma forma de poluição, o ruído urbano difere das outras formas de poluições urbanas por ser caracterizado apenas no período de tempo em que é emitido, sendo limitado entre o início e o fim do tempo de emissão, e ainda por não ter limites espaciais, forma ou odor que possam caracterizá-lo fisicamente. 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. O ruído do tráfego mascara os outros sons cotidianos da cidade, atrapalhando a comunicação verbal e interfere na identidade sonora que os ambientes possuem (NIEMEYER E SLAMA, 1998).

De acordo com Bragança, Freitas e Pinheiro (2009), o tráfego rodoviário acarreta fortes impactos no ambiente, na saúde e na qualidade de vida das pessoas. O ruído gerado pelo tráfego urbano é considerado um som desagradável por não transmitir mensagens aos ouvintes, desprovido de harmonia e que na maioria das vezes está acima dos limites de ruídos permitidos pela legislação. É produzido por vários veículos em diferentes posições, velocidades e acelerações, onde o ruído provocado pelo veículo quando está em circulação é o resultado da sobreposição de vários ruídos provenientes de diferentes partes do veículo. Segundo Niemeyer e Slama, 1998, aproximadamente 80% da energia acústica urbana é

proveniente da circulação de veículos automotores, sendo que os automóveis quando estão em conjunto, são mais ruidosos do que os veículos pesados. A motocicleta, seguida dos veículos pesados, é a mais ruidosa (MACIEL et al., 2009). 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. Segundo Renterghem e Botteldooren (2009), a fonte do ruído de tráfego depende da frequência, velocidade e do tipo de veículo.

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).

O controle do ruído a fim de atenuar a poluição sonora e seu efeito nocivo sobre as pessoas não propõe a eliminação da fonte causadora do ruído, mas sim uma manipulação e atenuação desse efeito. Todo controle de ruído envolve uma fonte sonora, a trajetória de transmissão e o receptor, permitindo formas de controle do ruído na fonte, no meio de propagação e no receptor. Para que a análise e atenuação do ruído sejam eficazes, Ramis et. al (2003) sugere que durante o desenvolvimento da pesquisa é importante diferenciar e separar o ruído de tráfego do ruído gerado pelas atividades urbanas.

Segundo Bistafa (2006), o controle do ruído de tráfego (rodoviário, ferroviário e aéreo) tem papel importante no planejamento de novas vias ou ampliações, sendo parte do relatório ambiental estimativas do ruído para avaliação do impacto sonoro. Ele afirma ainda que essa estimativa envolva um processo complexo que necessita de programas computacionais específicos para uma modelagem detalhada do ruído.

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, onde é mais frequente a ausência de sons mascarantes, pode ocorrer o aumento da percepção do ruído.

Para a obtenção do nível sonoro do ruído de tráfego rodoviário deve-se considerar o nível sonoro de referência para o tipo de veículo, ou seja, o nível sonoro emitido por um determinado tipo de veículo e que pode ser encontrado através de medições ou em publicações especializadas; número do tipo de veículo que trafega no intervalo de tempo em horas; tempo de duração; distância perpendicular à via de tráfego até o receptor para estimar o nível equivalente; e, fator de absorção, que depende das características de absorção sonora da cobertura do solo entre a rodovia e o receptor (BISTAFA, 2006). 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.

O nível equivalente (L_{eq}) é calculado de forma separada para automóveis, caminhões leves e caminhões pesados, e o nível equivalente total é calculado através da soma logarítmica. Para casos em que o volume de tráfego entre as pistas não for uniforme, sendo fluxo intenso em um sentido e mais leve no outro, a modelagem das vias pode ser feita como vias independentes, pois, o nível equivalente total será a soma logarítmica dos níveis equivalentes das duas vias (BISTAFA, 2006).

Alternativas para tentar solucionar o problema do ruído urbano são citadas por Silva (1971): sistematização da rede viária através da distribuição e traçado das vias considerando os níveis de ruído; regulamentação do tráfego através da regularização da distribuição do fluxo de veículos buscando descongestionar as vias que apresentam fluxo intenso; e, utilização de silenciadores nos veículos para diminuir o ruído.

2.3 AS ONDAS DE PRESSÃO SONORA

De acordo com Bistafa (2006), o som pode ser definido como a vibração das moléculas do ar que se propagam a partir de estruturas vibrantes – sendo que nem todas as estruturas que vibram podem gerar sons audíveis. As estruturas vibrantes movimentam ciclicamente as moléculas do ar ao seu redor, causando concentração e rarefação, e assim, provocando as variações de pressão. Gerges (2000), afirma que o som é resultado de flutuações de pressão em um meio compressível, sendo que não são todas as flutuações de pressão que produzem a sensação de audição quando atingem o ouvido humano. As ondas sonoras são produzidas por deformações provocadas pela diferença de pressão em um meio elástico qualquer (ar, metais, isolantes, etc.), e necessita desse meio para se propagar. Assim, o som é caracterizado como uma onda mecânica e que não se propaga no vácuo.

A geração do ruído é causada pela variação da pressão ou da velocidade das moléculas do meio. Como não existe o deslocamento permanente das moléculas, não ocorre transferência de materiais, apenas de energia (com exceção, por exemplo, em pontos nas proximidades de grandes explosões) (GERGES, 2000).

A sensação sonora acontece quando a amplitude das flutuações e a frequência com que elas se repetem estão dentro da faixa de valores audível pelo ouvido humano. De acordo com Bistafa (2006), a audibilidade humana é definida como a variação da pressão ambiente detectável pelo sistema auditivo, ou seja, o sistema auditivo humano consegue reconhecer sons com frequências na faixa de 20Hz e 20kHz; essa faixa de frequência é chamada de faixa de audição. As ondas que apresentam frequências inferiores a 20Hz são denominadas infra-sônicas e as superiores a 20.000 Hz (20kHz) são chamadas de ultra-sônicas. Gerges (2000) afirma que o ouvido humano não é igualmente sensível ao longo desta faixa de frequência e que é necessária uma pequena variação de pressão acústica para produzir um ruído desconfortável na faixa de frequência entre 1.000Hz a 4.000Hz que é a mais sensível da audição humana. Portanto, a frequência e a amplitude do som são levadas em consideração na determinação da audibilidade.

Frequência de um som é a quantidade de oscilações completas em um segundo pela partícula vibrante. Tem como unidade de medida c.p.s. (ciclos por segundo) ou o Hz (Hertz) (SILVA, 1971). O som pode ser analisado por faixa de frequência, ou seja, a composição por frequência dos sinais sonoros pode ser descrita através da análise da

energia sonora existente nos intervalos de frequência, que podem ser em banda constante ou em banda percentual constante de 1/1 ou 1/3 de oitava (MAGRINI e RICCIARDI, 2009).

Amplitude do som é o maior valor atingido pela onda sonora em um período. O espectro sonoro também indica essa oscilação sonora através da amplitude em função da frequência (MARCO, 1982).

A velocidade com que a onda sonora se propaga é chamada de velocidade do som, sendo que para a velocidade do som no ar, à temperatura ambiente, o valor é de 340ms^{-1} (BISTAFA, 2006). A velocidade do som pode ser dada pela equação seguinte, válida para temperaturas menores ou iguais a 30°C :

$$C(\text{ms}^{-1}) = 331,4 + 0,607[T(^{\circ}\text{C})] \quad (1)$$

Outra grandeza bastante utilizada é o comprimento da onda acústica, que é a distância entre duas frentes de ondas consecutivas, ou seja, é a distância percorrida pela onda em um período (MARCO, 1982).

De acordo com Bistafa (2006), a propagação sonora ao ar livre é analisada de acordo com a fonte sonora e a trajetória de transmissão da fonte ao receptor. A fonte sonora emite uma potência sonora gerando um nível sonoro medido perto da fonte, e, conforme o som se propaga entre a fonte e o receptor (a trajetória de transmissão) ocorre a atenuação do som. Essa atenuação aumenta com a distância à medida que o som diverge da fonte com a absorção sonora do ar atmosférico, e pode ainda ser influenciada pelas reflexões no solo (podendo também ocorrer a amplificação da fonte sonora). Áreas densamente arborizadas, barreiras naturais e artificiais auxiliam na atenuação do mesmo. A atenuação para áreas densamente vegetadas, com espécies nativas da região de Maringá – Pr, pode ser vista em Lisot, Valques e Soares (2009), que utiliza o L_{eq} como medida da atenuação por representar a variação da pressão sonora em um valor único.

2.3.1 DESEMPENHO DAS ONDAS SONORAS

Segundo Gerges (2000), a propagação de uma onda acústica no ar se dá apenas por ondas do tipo longitudinal, isto é, a vibração das partículas de ar ocorre na mesma direção da propagação da onda. Já para os sólidos, existem vários tipos de ondas.

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. Os obstáculos com pequenas dimensões não tem a capacidade de promover grandes alterações na qualidade do som, sendo que a difração de uma onda incidente em um obstáculo é semelhante à difração de ondas por aberturas. 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. A figura 1 ilustra o fenômeno da difração.

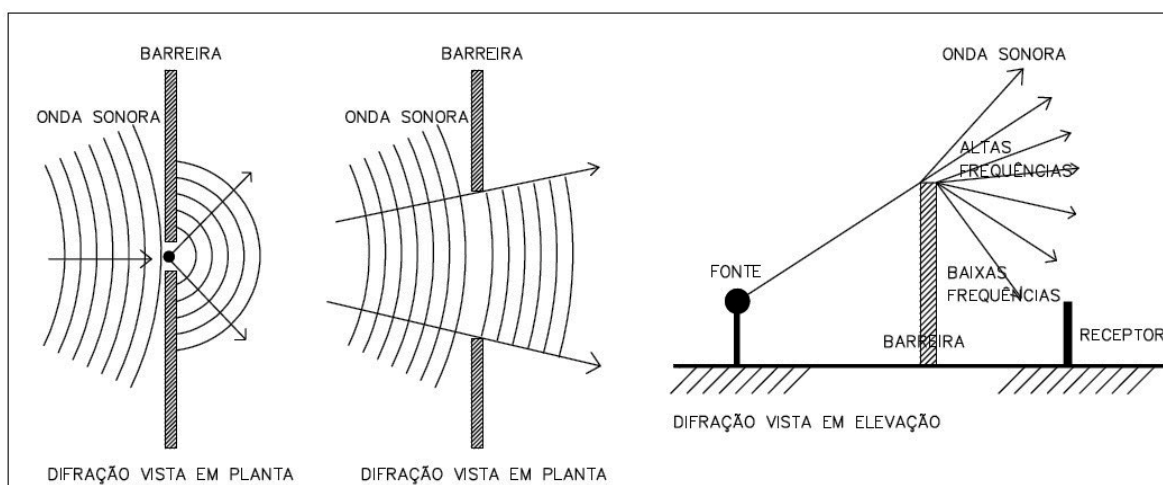


Figura 1 – Difração

Segundo Souza, Almeida e Bragança (2006), a atenuação sonora está relacionada com 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. Dessa forma, sons de alta frequência são mais comumente refletidos por pequenos objetos, podendo provocar sombras acústicas nas regiões posteriores aos objetos. 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.

As ondas sonoras podem se propagar por diferentes meios. 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, como ilustrado na figura 2:

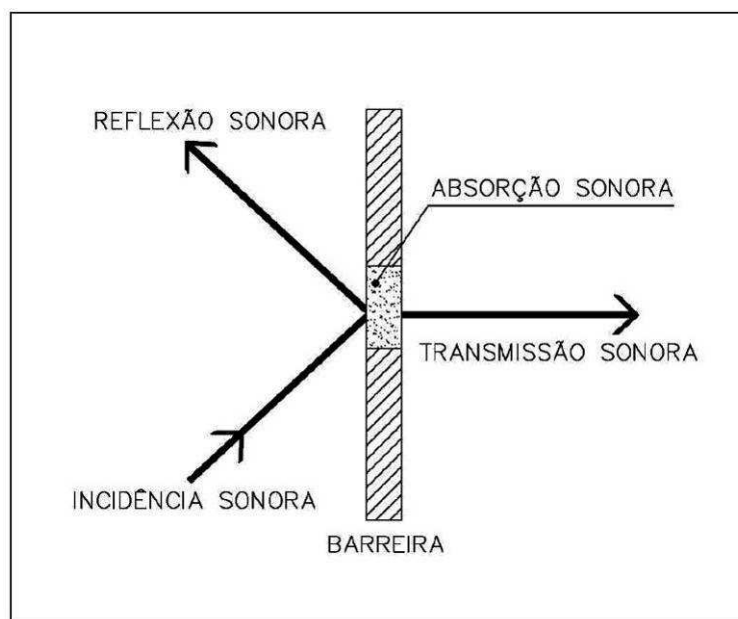


Figura 2 – Comportamento do som incidente em uma superfície

A absorção do som que ocorre nas superfícies incidentes é uma forma de atenuação sonora. Essa energia absorvida pelo material pode ser transformada em outros tipos de energia e

pode produzir uma nova fonte sonora no material incidente ou sofrer refração (AMORIM e LICARIÃO, 2005).

Os espaços acústicos podem ser diferenciados por abertos e fechados. Os abertos apresentam campo sonoro direto, onde a atenuação do som emitido varia com a distância entre a fonte e o receptor, pois a onda sonora se dispersa na atmosfera e não volta. Nesses ambientes o nível sonoro aumenta conforme a fonte se aproxima do receptor e diminui quando se afasta. Dessa forma, o receptor consegue estimar a localização da fonte sonora. Também pode ser chamado de ambiente acusticamente aberto os locais que apresentam um obstáculo que, ao ser encontrado pelas ondas sonoras, as reflete apenas uma vez. Já os ambientes fechados resultam em campos sonoros reverberantes, provocando diversas reflexões das ondas sonoras, fazendo com que a atenuação ocorra lentamente pela perda de energia das reflexões (dependendo também dos tipos de materiais utilizados no ambiente).

Em ambientes fechados que sofrem múltiplas reflexões sonoras, pode ocorrer a reverberação. Esse é um fenômeno causado quando, após o fim da emissão da fonte sonora, as reflexões são ouvidas como um prolongamento do som produzido por um intervalo de tempo determinado de tempo de reverberação, sendo que essa atenuação do nível sonoro varia de acordo com o ambiente, seu volume e composição dos materiais de revestimento (SOUZA, ALMEIDA e BRAGANÇA, 2006).

Segundo Guedes (2007), as ondas sonoras quando se propagam em linha reta são submetidas aos efeitos de dissipação, causados, por exemplo, pela viscosidade do ar e pelas superfícies dos materiais em que ela incide. Os principais fenômenos da propagação do som que as ondas sonoras podem sofrer são a absorção e reflexão. A reflexão pode acontecer de duas maneiras: de forma especular ou de forma difusa (Figura 3). Segundo Fujimoto (2004), a reflexão especular acontece de acordo com a Lei de Snell, que estabelece que o raio incidente e o raio refletido no mesmo plano têm ângulos de incidência e reflexão idênticos. Na reflexão difusa o raio refletido espalha energia em todas as direções.

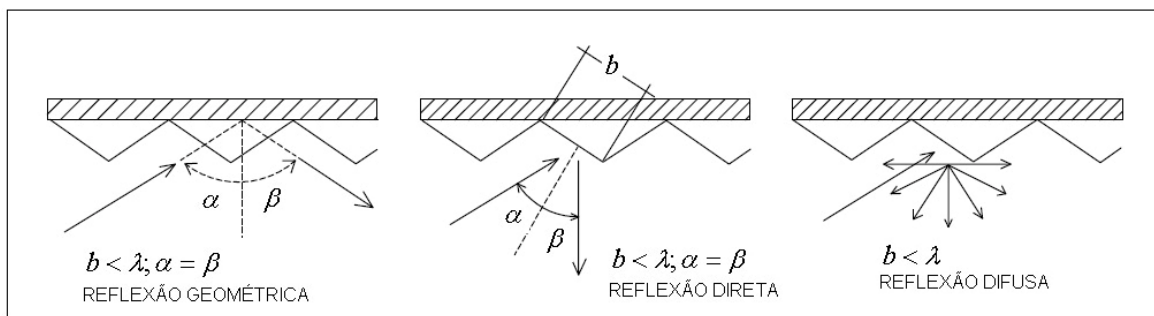


Figura 3 – Reflexão difusa e especular
Fonte – Adaptado de Ballou, 2005.

De acordo com Camilo, Tenenbaum e Coelho (2002), as reflexões especulares acontecem quando os planos da superfície de incidência são rígidos e possuem dimensões maiores do que o comprimento da onda incidente. A reflexão difusa, também chamada de reflexão não-especular é resultado da energia da onda que se difunde e se propaga por direções diferentes da especular. De acordo com Gerges (2000), a reflexão difusa tem o efeito de espalhamento do som devido às formas irregulares presentes nas superfícies refletoras.

O fenômeno de ressonância acontece quando a frequência de uma onda causa a vibração de outra onda, como por exemplo a vibração do copo de cristal em resposta ao som agudo. Isso acontece porque todo material tem uma capacidade para vibrar em alguma faixa de frequência (ALMEIDA E BRAGANÇA, 2006).

2.4 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. As ondas sonoras podem ser planas ou esféricas. Segundo Bistafa (2006), as ondas planas ocorrem em situações muito particulares, não sendo muito comuns nos sons que ouvimos diariamente. De acordo com Gerges (2000), a partir de uma fonte pontual o som se propaga na forma de ondas esféricas, sendo que, quando existem obstáculos na trajetória de propagação da onda ou em campo aberto, a falta de uniformidade do meio junto com os ventos e gradientes de temperaturas podem alterar a trajetória de propagação.

As fontes sonoras podem ser do tipo pontual simples, que são as fontes unidirecionais; fonte linear, como por exemplo, o fluxo de veículos ao longo de uma via; ou, fontes pontuais em linha, como uma linha de máquinas idênticas (GERGES, 2000). Rodovias, ferrovias e pistas de aeroporto, são consideradas como fontes lineares ao invés de fontes pontuais. As fontes lineares discretas são formadas por um alinhamento de fontes pontuais (MAGRINI e RICCIARDI, 2009). 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 veículos se deslocam e se afastam do receptor, o ruído tende a sofrer atenuação.

Além disso, há o efeito doppler, que pode ocorrer quando a fonte está parada e o ouvinte se aproxima dela, ou quando o ouvinte está em repouso e a fonte se aproxima. No primeiro caso, quando o receptor está em deslocamento e se aproxima da fonte em repouso, ele perceberá um som mais agudo, com frequência maior do que quando ele está parado; quando ele se afasta da fonte sonora, percebe um som mais grave, de menor frequência do que se estivesse em repouso. Para o segundo caso, em que o receptor está parado e a fonte se aproxima, ocorre uma diminuição do comprimento de onda da fonte, aumentando a frequência. Se a fonte se afasta do receptor, o comprimento de onda aumenta, a frequência diminui e o ouvinte percebe o som mais grave (ACIOLI, 1994). A figura 4 mostra o efeito doppler para o receptor em repouso:

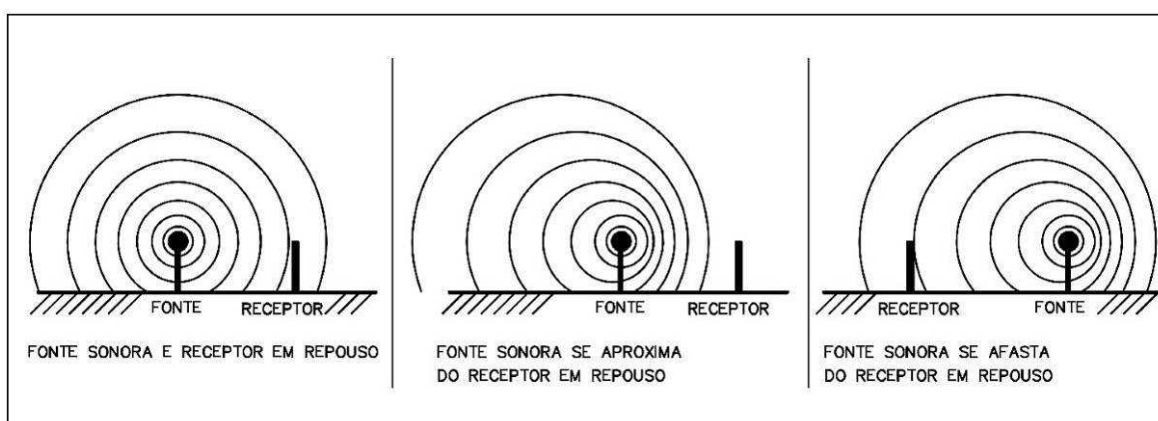


Figura 4 – Efeito doppler para receptor em repouso

Bistafa (2006) afirma que as fontes pontuais geram fontes esféricas. Para esse tipo de fonte a pressão sonora diminui pela metade quando a distância da fonte é dobrada, resultando numa redução de 6dB no nível de pressão sonora ou 20dB quando essa distância é aumentada por um fator 10 (ver equação 2). Para fontes lineares o nível de pressão sonora cai 3dB ao se dobrar a distância da fonte, pois o som espalha-se a partir da fonte linear como uma frente de onda cilíndrica.

$$\Delta P = 10 \log \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 \quad (2)$$

As ondas esféricas são geradas quando o comprimento de onda é maior que a dimensão da fonte e as ondas direcionais acontecem quando o comprimento de onda tem a mesma dimensão da fonte ou é menor. Para altas frequências com pequenos comprimentos de onda, a fonte apresenta direções preferenciais de radiação sonora. As fontes omnidirecionais, como por exemplo, as esferas pulsantes, não apresentam direções preferenciais. Quando as fontes sonoras apresentam formas não esféricas ou quando a amplitude e fase das vibrações da superfície não são uniformes, elas perdem a omnidirecionalidade, tendo como resultado o som mais irradiado em determinadas direções. Essas fontes são chamadas de fontes direcionais, pois geram pressão sonora diferentes para as diferentes direções. Para fontes omnidirecionais o nível de pressão sonora é sempre o mesmo em qualquer direção para uma mesma distância “r”, já para as fontes direcionais o nível de pressão sonora depende da direção do receptor em relação à fonte (BISTAFA, 2006).

Para se obter uma caracterização acústica completa de uma fonte direcional é necessário saber, além da potência, o índice de diretividade da fonte em todas as direções. Esse índice é comumente apresentado através de diagramas polares nas bandas de 125Hz a 16kHz, e pode ser obtido por ensaios em campo livre através de medidas de níveis de pressão sonora (BISTAFA, 2006). Magrini e Ricciardi (2009) definem o fator de diretividade (Q) de uma fonte sonora como a relação entre a intensidade sonora em uma direção e a intensidade sonora esférica (ver equação 3, seguinte), considerando a relação entre a intensidade sonora em uma direção ϑ e a intensidade sonora esférica:

$$Q = \frac{\frac{p(v)^2}{pc}}{4\pi r^2} \tag{3}$$

A diretividade das fontes pode ser observada na figura 5, que compara uma fonte pontual com as fontes colocadas em diversas situações de planos:

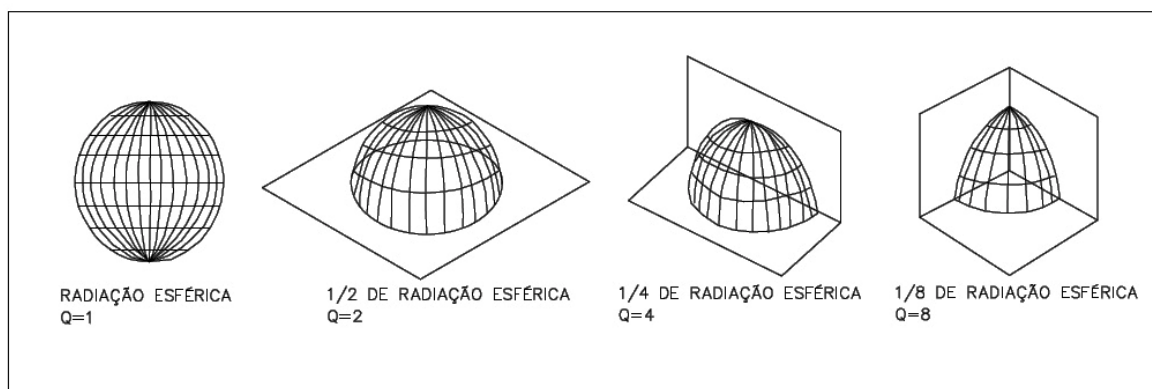


Figura 5 – Diretividade da fonte sonora
Fonte – Adaptado de Berger, 2003.

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 certo 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. Por exemplo, 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.

É importante lembrar ainda que as fontes sonoras podem ser exteriores ou interiores. O ruído de tráfego rodoviário é uma fonte externa considerada como problema acústico urbano devido ao desenvolvimento do setor. Nas cidades, a superposição dos ruídos dos veículos é responsável por um ruído sonoro contínuo (MARCO, 1982).

2.5 INTENSIDADE ACÚSTICA

De acordo com Henrique (2002), o som se propaga no ar por ondas esféricas e a intensidade com que se ouve um som é apenas uma pequena parte da potência sonora irradiada pela fonte sonora.

Um corpo quando está em vibração transmite para o ambiente energia em forma de onda sonora. Quanto mais longe o receptor se encontra dessa fonte sonora, menor é a quantidade de energia que chega até ele. Assim, tem-se que a intensidade sonora é a quantidade de energia transportada pela onda sonora por unidade de superfície até o receptor (MARCO, 1982).

A intensidade sonora é medida através de uma pressão de referência (P_0). Essa pressão de referência pode ser, por exemplo, uma pressão sonora aproximada a 1.000Hz, que por ser próxima ao limiar de audibilidade do homem é suficiente para ser ouvida. Esta pressão é $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$, assim, a escala de intensidade do som percebida pelo ouvido humano é então dada por:

$$NPS = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 \quad (4)$$

A intensidade (I_0) do som no limiar da audibilidade do homem é 10^{-12} W/m^2 . A intensidade do som indica o fluxo da potência acústica sobre uma dada área. Para o nível de intensidade sonora percebido pelo ouvido humano, tem-se a equação:

$$NIS = 10 \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad (5)$$

Segundo Bistafa (2006), para fontes esféricas a potência pode ser calculada multiplicando a intensidade sonora da distância da esfera pulsante pela área da superfície que envolve a

esfera. Assim, observa-se que a intensidade sonora é diretamente proporcional à potência sonora, pois, segundo Souza, Almeida e Bragança (2006), conforme aumenta a distância da fonte, a área de distribuição da energia sonora também aumenta. Já a amplitude da onda esférica diminui com o aumento da distância da fonte, ou seja, a amplitude é inversamente proporcional à distância.

Os medidores de nível de pressão sonora (MNPS), também conhecidos como sonômetros ou decibelímetros (nome popular), são aparelhos sensíveis às pequenas variações de pressão e são utilizados para medir a pressão sonora. De acordo com Silva (1971), esses medidores fazem a leitura do som em dB e medem o nível sonoro corrigido, ou seja, compensado de forma como fosse escutado pelo ouvido humano (escala A, por exemplo).

2.6 POTÊNCIA SONORA

Uma propriedade importante da fonte sonora é a sua potência (W), ou seja, a energia acústica total emitida pela mesma unidade de tempo. A potência sonora depende das características da própria fonte e independe do meio onde ela se encontra. Por exemplo, se o nível de pressão sonora (NPS) de uma máquina for medido em determinado ambiente, quando essa máquina for levada a outro ambiente (do campo livre para uma pequena sala, por exemplo), a pressão acústica resultante no ambiente pode variar, enquanto a potência sonora permanece inalterada. Isso acontece porque o ambiente influencia a pressão acústica resultante através da absorção e reflexão, e não altera a potência acústica da fonte. Com o valor da potência sonora pode-se calcular a pressão acústica em qualquer tipo de ambiente, com diferentes formatos e coeficientes de absorção (GERGES, 2000).

$$NPS(r) = NWS(r_0) - 11 - 10 \log \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 \quad (6)$$

2.7 O DECIBEL

O bel é uma medida do nível da potência em relação à potência de referência que pode adquirir valores tanto positivos (quando a potência é superior à potência de referência) como negativos (a potência é inferior à potência de referência) (BISTAFA, 2006).

De acordo com Souza, Almeida e Bragança (2006), para os valores em decibéis não é possível fazer adição simples somando os NPS ou NIS, pois, o decibel é uma escala logarítmica. Dessa forma, quando ocorre a sobreposição de duas fontes sonoras de mesma intensidade, ocorre um aumento máximo de 3 dB do nível de pressão sonora. Segundo GERGES (2000), um decibel corresponde a $10^{0,1} = 1,26$, ou seja, é igual a variação na intensidade de 1,26 vezes. Uma mudança de 3 dB corresponde a $10^{0,3} = 2$, ou seja, quando a intensidade sonora dobra de valor, tem-se como resultado um acréscimo de 3 dB.

Um decibel, 1 dB, é a menor variação sonora que o ouvido humano consegue perceber. Um acréscimo de 6 dB no nível de pressão sonora equivale a dobrar a pressão sonora. Por isso, a escala decibel é a que melhor apresenta uma correlação com audibilidade humana, sendo mais adequada que a escala absoluta pressão em Nm^{-2} , por exemplo (GERGES, 2000).

2.8 ESPECTRO SONORO

A altura do som permite classificar os sons quanto à frequência, ou seja, em agudos, médios e graves. Por exemplo, o som do violino é considerado agudo ou alto e o do violoncelo baixo ou grave. Essa altura do som depende da frequência, quanto maior a frequência, mais agudo será o som, e quanto mais baixa a frequência, mais grave é o som. Os sons graves estão classificados nas frequências inferiores a 200Hz; os médios entre 200 e 2.000Hz, e os agudos acima de 2.000Hz (BISTAFA, 2006).

Quando os sons estão em uma mesma frequência são chamados de tons puros. Entretanto, a maioria dos sons que ouvimos dificilmente são puros, ou seja, são combinações de vários sons puros em frequências diferentes. A frequência mais baixa é chamada de frequência fundamental e os sobretons de harmônicos do fundamental (BISTAFA, 2006). De acordo

com Silva (1971), qualquer onda sonora pode ser considerada como resultado da superposição de vários tons simples ou puros.

As perturbações são consideradas como a soma finita ou infinita de perturbações harmônicas. Os sons complexos sempre podem ser subdivididos em um determinado número de componentes senoidais. Essas componentes quando são combinadas formam as ondas complexas (MAGRINI e RICCIARDI, 2009).

Sons estacionários são aqueles em que as condições de geração e de transmissão não se alteram durante o intervalo de tempo de registro. A ausência do som ocorre quando são combinados dois tons puros com amplitude e frequências iguais, mas em oposições de fases. Dessa forma, o valor eficaz da pressão sonora combinada é zero, resultando na ausência de som. Os sons de curta duração, como um tiro ou de uma batida do martelo, são formas de ondas discretas e são chamados de sons impulsivos ou sons de impacto (BISTAFA, 2006). O espectro sonoro fornece o valor eficaz da pressão sonora para cada frequência encontrada no som. É no espectro que está representada a amplitude do som em função da frequência.

2.8.1 ESPECTRO SONORO EM BANDAS DE FREQUÊNCIAS

Os medidores de nível sonoro fazem as medições em decibels, que é um número único representativo da energia sonora em uma determinada faixa de frequência. Dessa forma, não é possível analisar a distribuição da energia nas frequências. Para avaliar o espectro sonoro utilizam-se os filtros do tipo passa-banda. Os filtros de 1/n de oitava são os mais utilizados, onde a largura de cada banda é uma porcentagem constante da frequência central do filtro. A banda frequentemente adotada é a banda de oitava, que mede a energia sonora da banda de passagem de um filtro passa-banda e fornece um espectro detalhado. Cada banda de um filtro de oitava possui 3 filtros de 1/3 de oitava. Nessa banda, o valor da frequência de corte superior é o dobro da frequência de corte inferior da banda (BISTAFA, 2006). Esta escala de frequência possui segmentos desiguais chamados faixas de oitava, que apresentam a duplicação da frequência, por exemplo, 63, 125, 250... 8.000 Hz (ESI ENGINEERING, 2010).

Os equipamentos utilizados para as medições acústicas fornecem o espectro sonoro em bandas ou faixas de frequências. A largura da banda é um dos parâmetros que caracterizam a banda de frequência, podendo ser estreita ou larga. O espectro de bandas estreitas pode ser medido com bandas de largura de 1Hz ou menor, enquanto que para os espectros de bandas largas com bandas de largura variável normalmente são utilizadas as bandas de oitava. Nessa banda, a largura de cada banda é aproximadamente 70% da frequência central, ou seja, se essa frequência for de 100Hz a largura da banda é de 70Hz . Os sons puros sobrepostos ao espectro contínuo são reconhecidos pelos espectros de banda estreita, pois o espectro de banda larga não detecta os sons puros existentes no som (BISTAFA, 2006).

Como o nível de pressão sonora da banda larga é um somatório da energia de bandas estreitas, pode-se obter o espectro de banda larga a partir do espectro de banda estreita pelo processo de sintetização. A soma de decibéis é utilizada para obter o nível de pressão sonora total em determinado ponto do espaço quando existem duas ou mais fontes sonoras produzindo níveis de pressão sonora individuais. Assim, o nível de pressão sonora total é resultado da soma da energia dos níveis de pressão sonora individuais quando as fontes sonoras são mutuamente incoerentes, ou seja, quando geram ruído de banda larga independente umas das outras. Um exemplo dessas fontes incoerentes é o ruído de fundo em um escritório provocado pelo tráfego de veículos, que independe do ruído gerado pelo aparelho de ar condicionado da sala (BISTAFA, 2006).

2.9 DESCRITORES DE RUÍDO: L_{EQ} , L_{10} , L_{50} E L_{90}

Os descritores de ruído são níveis estatísticos que representam a classificação dos níveis sonoros de forma gráfica (histograma), mostrando a porcentagem de tempo em que o nível sonoro se manteve em determinada faixa de frequência. Também chamados de níveis de excedência, os descritores mais usuais são o L_{90} – nível sonoro que foi excedido em 90% do tempo de medição e representa o ruído residual; L_{50} – nível sonoro que foi excedido em 50% do tempo de medição e considera o ruído mediano; e, L_{10} – nível sonoro que foi excedido em 10% do tempo de medição e capta os ruídos de pico. Quanto maior a variação entre o L_{10} e o L_{90} , maior será o incômodo gerado pelo ruído (BISTAFA, 2006).

O nível equivalente (L_{eq}) é uma grandeza adotada para descrever a exposição ao ruído. O nível de dia e noite (L_{dn}) é uma grandeza desenvolvida pela Agência de Proteção Ambiental Norte-americana (EPA – Environmental Protection Agency) para avaliar o ruído nas comunidades. O L_{dn} é uma medida calculada durante o período de 24 horas; é similar ao L_{eq} , porém, para o período noturno (de repouso) deve-se diminuir 10dB. O L_{dn} é a média durante o período de 24 horas, resultante da soma dos L_{eq} de cada hora durante o dia e a noite (BISTAFA, 2006).

A pesquisa de Azurro, Ercoli e Namuz (2000) faz um levantamento de diversos trabalhos desenvolvidos por outros autores que envolvem métodos de previsão do ruído no meio urbano. Um modelo computacional para medir o ruído de tráfego urbano foi desenvolvido por Jraiw (1987) apud Azurro, Ercoli e Namuz (2000). O modelo utiliza informações como classificação dos tipos de veículos e velocidade, distância entre a fonte e a fachada dos edifícios e distância das esquinas. Os índices avaliados são L_{10} , L_{50} , L_{90} e L_{eq} em dB(A). Os resultados mostraram um bom nível de concordância entre os valores medidos e os valores previstos pelo programa. Um outro modelo de previsão do L_{eq} e L_{10} foi desenvolvido por Fossa e Schenone (1995) apud Azurro, Ercoli e Namuz (2000), que afirma que somente o L_{eq} é insuficiente para caracterizar o ruído de tráfego, pois não considera a existência dos semáforos e intersecções. Foram comparados os dados medidos com os dados do modelo e os resultados foram positivos, confirmando a validade do modelo proposto. Outro trabalho citado por Azurro, Ercoli e Namuz (2000) é o de Chakrabarty et al. (1997), que analisa o ruído de tráfego em Calcutá, Índia. O ruído foi medido em 24 cruzamentos com contagem simultânea dos veículos. Os valores analisados foram $L_{eq(24)}$, L_{dn} , L_{10} , L_{90} , L_{99} .

2.10 ATENUAÇÃO SONORA

Segundo Gerges (2000), a energia das fontes sonoras pode sofrer atenuação ao se propagar ao ar livre. Os fatores que causam essa atenuação são: distância percorrida, barreiras, absorção atmosférica, vegetação, variação de temperatura e efeito do vento. Para a análise

do campo acústico é importante analisar as relações entre a potência sonora das fontes, os níveis de pressão sonora no receptor e a influência dos diferentes caminhos de propagação.

Quando uma onda sonora encontra um obstáculo com dimensões semelhantes ao seu comprimento de onda, esse obstáculo pode provocar o impedimento da passagem do som; se o obstáculo apresentar dimensões menores do que o seu comprimento de onda, esse efeito de barreira sonora não acontece (GERGES, 2000). Barreiras acústicas são consideradas elementos localizados entre a fonte e o receptor, que dificultem ou impeçam a visualização da fonte pelo receptor. No caso do meio urbano, edifícios, desníveis no terreno, árvores e muros são considerados como barreiras (LISOT et al., 2007).

2.10.1 Absorção de ar:

A absorção sonora depende da frequência da onda e acontece quando o ar, por ser um meio elástico, sofre compressões e rarefações que provocam a absorção sonora. Segundo Cordeiro (2009), a absorção sonora depende da frequência, temperatura, umidade relativa do ar e pressão; e, a absorção acontece quando o ruído ao se propagar através do ar atmosférico, altera o estado de equilíbrio do fluido, fazendo com a energia do fluido seja redistribuída.

2.10.2 Efeito da vegetação:

Lisot (2009), analisa o desempenho de massas arbóreas na atenuação do ruído urbano, envolvendo um parque e o ruído emitido na via que o circunda. Os resultados mostraram que em média obteve-se uma atenuação de 9,4 dB a cada trinta metros de vegetação. De acordo com a autora, para que uma faixa de vegetação ofereça um efeito de atenuação do ruído considerável, ela deve ser densa e extensa e as árvores devem ter uma altura de no mínimo 5 metros e uma faixa de 30 metros de largura, tendo densidade suficiente para obstruir o caminho visual entre fonte e receptor. Essas características podem permitir uma atenuação de até 10 dB(A), que é o valor limite de atenuação que se pode obter nessas condições.

A atenuação sonora provocada pela vegetação depende da densidade, largura e altura da vegetação, e não tanto pelo tipo de folhas e galhos existentes, pois, folhagens, pequenos ramos e arbustos têm capacidade de absorver o som, enquanto ramos grandes e folhagens

densas espalham o som. A absorção sonora do cinturão verde é relevante para ondas de altas frequências (BISTAFA, 2006).

Esse tipo de atenuação acontece geralmente para ondas de altas frequências. Para faixas entre 160 e 450Hz a atenuação pode ser de até 4,5dB/10m de distância para árvores de porte alto e vegetação densa baixa. Em média, para uma área de vegetação densa de 10m de distância e 20m de largura a atenuação sonora para frequência de 1KHz é de 2dB. Se o solo apresentar grama densa ou uma camada de folhagem, a atenuação pode chegar a 4 dB. A vegetação é considerada densa se ao longo do caminho de transmissão não se pode ver através das árvores e arbustos, pois o caminho é visualmente bloqueado (GERGES, 2000).

2.10.3 Atenuação sonora do solo:

As ondas sonoras ao se deslocarem por um terreno podem interagir com o solo e serem refletidas ou absorvidas, e ainda sofrer interferência da onda original com a onda que é refletida pela superfície (CORDEIRO, 2009). Magrini e Ricciardi (2009) afirmam que a atenuação depende do tipo de superfície do solo, do ângulo de reflexão, da diferença de percurso entre o raio refletido e o raio direto e da frequência do som, sendo que deve ainda ser considerado se a distribuição do espectro ocorre de forma regular pelo solo.

De acordo com Niemeyer e Slama (1998), na prática, o solo sempre se comporta como plano refletor, sendo que a reflexão pode variar de acordo com as características do solos: solos duros são mais reflexivos, enquanto solos macios são absorventes. Quando o solo é revestido por vegetação, ele promove a absorção e influencia no espectro sonoro, atenuando os sons agudos.

Segundo Bistafa (2006), a reflexão no solo pode gerar atenuação ou amplificação do nível sonoro, pois a reflexão causa um raio sonoro que provoca interferência com o raio direto da fonte dependendo das frequências sonoras e das duas fases. Reduções de 20 a 30 dB são chamadas de interferências destrutivas nas frequências em que os raios sonoros ultrapassam 180° e para as amplificações pode ocorrer redução de até 6 dB quando a pressão sonora é duplicada e os raios sonoros estão na mesma fase. As propagações não-rasantes que acontecem sobre os solos considerados acusticamente duros, que são os solos de asfalto, terra batida, água, solo inundado, etc., provocam regiões de interferências

destrutivas e construtivas, resultando em uma amplificação média de 3 dB em relação ao som direto para as bandas de oitava e para o nível sonoro total A-ponderado.

2.11 CONTROLE DO RUÍDO

Para Banerjee (2009), os métodos de controle do ruído mais utilizados são: controle de ruído na fonte, instalação de barreiras entre a fonte de ruído e o receptor e aplicação de materiais absorventes nas fachadas dos edifícios. Segundo Bistafa (2006), o controle do ruído é uma tecnologia multidisciplinar que tem como objetivo alcançar um nível de ruído aceitável em determinado ambiente.

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. Quando o controle do ruído acontece na fonte, é necessário conhecer como o som é produzido, pois esse mecanismo de atenuação altera o processo de geração do som. Considerada como a segunda forma de controle do ruído, a atenuação sonora realizada na trajetória de transmissão acontece especialmente quando os problemas acústicos não são analisados e resolvidos durante a fase de projeto.

2.11.1 CONTROLE DE RUÍDO ATRAVÉS DE BARREIRAS ACÚSTICAS

A eficiência de uma barreira acústica envolve alguns fatores como: frequência dos sons, pois são mais eficientes para sons de alta frequência que tendem a sofrer reflexão, enquanto os de baixa frequência provocam difração no topo da barreira; proximidade da barreira em relação à fonte ou ao receptor, pois quanto menor a distância entre eles, melhor será a função acústica; altura da barreira, pois é necessário que a barreira tenha altura suficiente entre a projeção do raio sonoro direto incidido sobre o receptor e o topo do elemento de barreira; massa da estrutura, pois quanto maior a espessura de uma barreira, a capacidade de vibração é menor e assim maior é a eficiência; estanqueidade para evitar que os sons de baixa frequência possam se propagar pelas aberturas; e, o formato da barreira e a maneira com que os raios são refletidos pela barreira para que sejam adequadamente direcionados (SOUZA, ALMEIDA e BRAGANÇA, 2006). Assim, Cordeiro (2009)

ressalta que é importante calcular a barreira para todas as faixas de frequência do ruído em análise.

De acordo com Bistafa (2006), para garantir a eficácia de uma barreira acústica, é importante que a barreira não tenha aberturas na sua face nem na área de contato com o solo, para evitar a transmissão sonora por esses tipos de aberturas. Considera-se que a transmissão sonora nas barreiras entre a fonte e o receptor aconteça somente por difração no topo. É necessário também, que a barreira apresente densidade superficial de 20Kg m^{-2} , sem o peso da estrutura de suporte. Normalmente os materiais que fornecem a estabilidade mecânica da barreira já apresentam essa espessura necessária. Assim, observa-se que a eficácia depende de forma e tamanho e não do material utilizado nas barreiras (MAGRINI e RICCIARDI, 2009). As barreiras implantadas em rodovias normalmente apresentam longa continuidade e grande altura (em média 6m). Dessa forma, esses elementos provocam mudanças visuais significativas no ambiente urbano, podendo passar a sensação de barreira física e psicológica de separação do espaço (MALAFAIA, 2005).

Nas barreiras que são instaladas nas beiras de rodovias, as áreas próximas às bordas laterais dos lados da barreira podem ficar sem proteção, ocorrendo a passagem do ruído pelos flancos. Essa penetração do som é menor para os solos acusticamente macios e para ruídos de altas frequências. Quando existem barreiras paralelas, a atenuação pode ser reduzida pelas reflexões entre elas. Bistafa (2006), afirma que a redução pode ser superior a 5 dB e pode aumentar quando o receptor consegue enxergar a barreira oposta por cima da barreira interveniente. Algumas soluções para evitar a redução da reflexão são: utilização de material fonoabsorvedor nas superfícies da barreira ao lado fonte; inclinação da barreira para cima para refletir as ondas sonoras para o céu; e, aumentar a altura das barreiras.

Quando as barreiras são longas, a difração sonora nas bordas laterais da barreira não interfere no nível sonoro do receptor. Nesse caso, o som que atinge o receptor é aquele que, a partir da fonte, ao alcançar o topo da barreira, é curvado para baixo pela difração, resultando em uma zona de sombra acústica atrás da barreira conhecida como Zona de Fresnel (LISOT, 2008). O som que adentra nessa zona de sombra sofre redução sonora por difração, resultando na atenuação da barreira. Gradientes verticais de temperatura e de vento, como por exemplo, a copa das árvores e edificações com altura superior à da barreira, e turbulência atmosférica, podem diminuir a eficácia das barreiras acústicas. Esses

elementos verticais causam refração na trajetória do som para cima e para baixo, geram regiões de sombras acústicas (ver Figura 6):

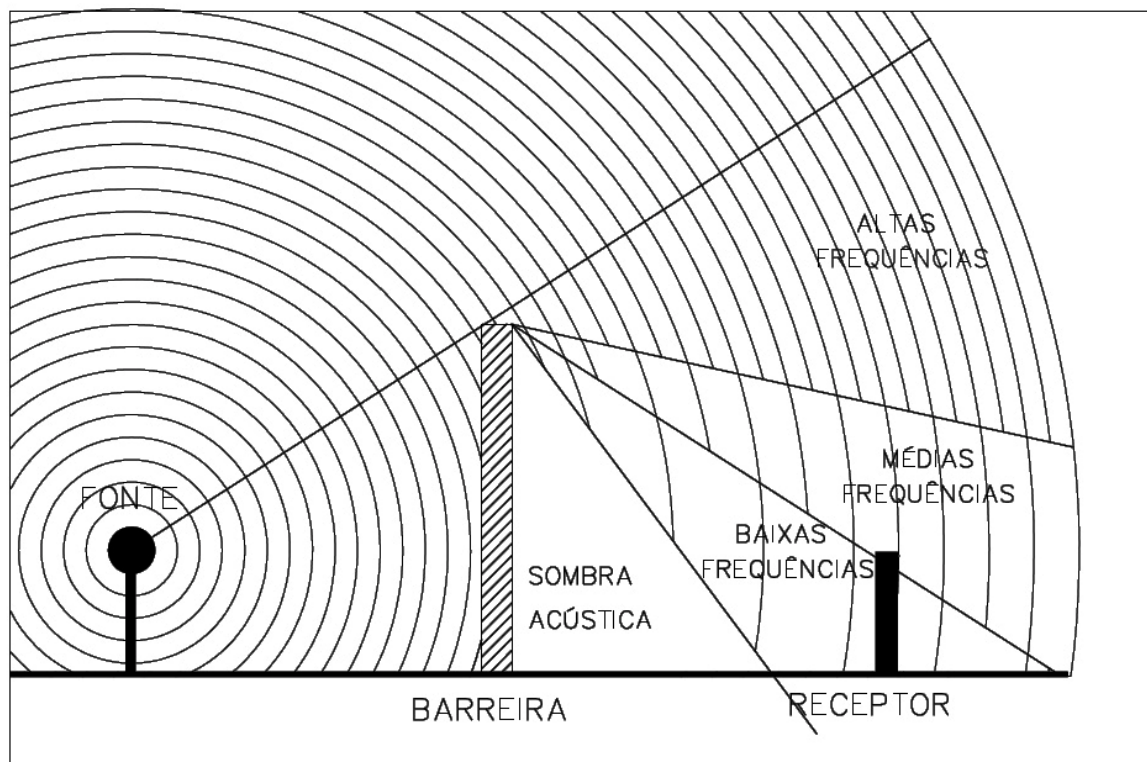


Figura 6 – Efeito de barreira sonora
Fonte – Adaptado de Sound Research Laboratories, 1991.

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).

Como afirma Bistafa (2006), as edificações quando estão localizadas entre a fonte e o receptor podem atenuar os níveis sonoros. O som que chega ao receptor é a soma do som que é difratado a partir da fonte no topo das edificações, com o som que é transmitido pelas aberturas das edificações. Uma barreira contínua e sem aberturas tem atenuação sonora máxima de 10 dB, para edificações esse valor é menor, devido às aberturas. Se houverem fileiras subsequentes de edificações, a atenuação para cada uma delas é de aproximadamente 1,5dB, até chegar ao limite total de 10 a 15 dB. Se os prédios não

estiverem enfileirados, como por exemplo em regiões industriais, ocorre o espalhamento sonoro pelas edificações e a atenuação cai para 0,05dB/m.

Os ruídos externos, em especial o ruído urbano, podem provocar problemas acústicos no ambiente urbano e também no ambiente interno. Isso acontece quando as fontes externas de ruído se propagam para o interior dos edifícios. Para o ruído de tráfego urbano, as fontes sonoras são os automóveis que, quando se deslocam em um sentido único de fluxo, formam junto com as fachadas das edificações, áreas de incidência sonora e outras de sombra acústica, fazendo com que tenham edifícios que apresentem problemas acústicos em seu interior, originados do ruído externo (SOUZA, ALMEIDA e BRAGANÇA, 2006). A Figura 7 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.

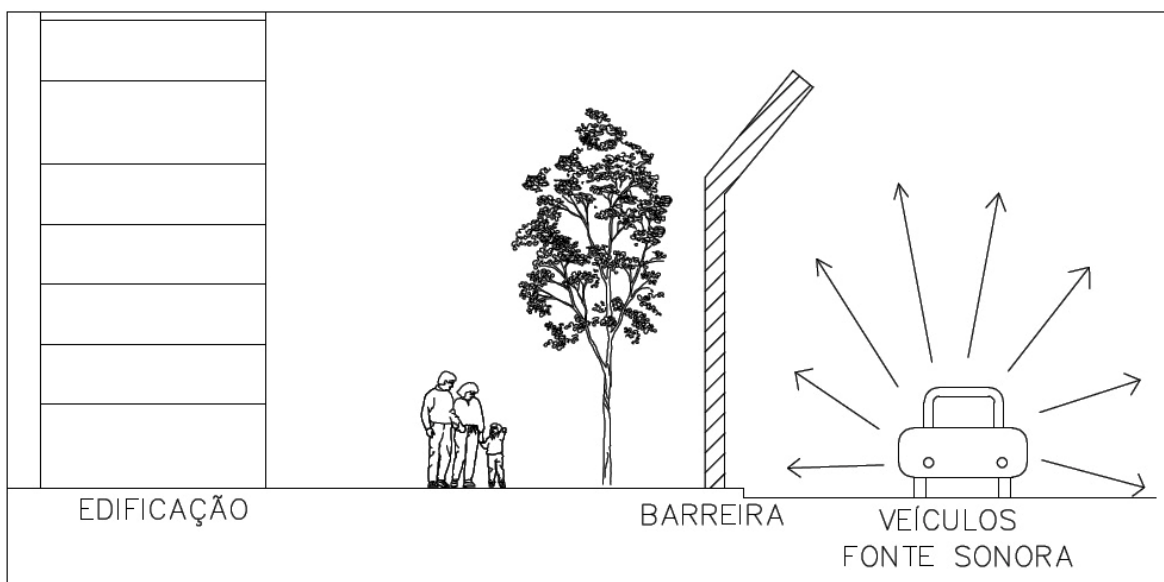


Figura 7 – Barreira acústica
Fonte – Adaptado de Niemeyer e Slama, 1998.

Segundo Bistafa (2006), em algumas ocasiões é conveniente utilizar a técnica de mascaramento sonoro. Esse procedimento é aplicado quando se procura utilizar um ruído para combater outro indesejável, como por exemplo, a utilização em escritórios

panorâmicos de ruídos de baixa intensidade para mascarar outros sons, de modo a torná-los menos intrusivos. Vale lembrar que, não é interessante que se elimine completamente o ruído, pois, essa ausência do ruído principal é sobreposta pelo ruído secundário, que gera o ruído de fundo e que dificilmente é eliminado. Assim, a redução do ruído principal é indicada até o ponto em que deixe de ser percebido acima do ruído de fundo. Portanto, algumas vezes o objetivo da atenuação sonora baseia-se no controle do ruído e não na sua completa eliminação. De acordo com Souza, Almeida e Bragança (2006), o mascaramento depende dos níveis sonoros das fontes e das frequências, sendo que esse fenômeno acontece mais facilmente quando as ondas de frequências mais baixas mascaram melhor as mais altas. Para que a fonte de interesse não seja influenciada pelo efeito de mascaramento sonoro, ela deve apresentar nível sonoro acima de 15 dB sobre o som mascarante.

2.12 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 de uma comunidade, ruído interno em edifícios e ruído ocupacional. 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. Os níveis NC englobam o ruído constante e o ruído de fundo em oposição aos ruídos das atividades que ocorrem dentro do espaço. 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 oitava (ESI ENGINEERING, 2010).

O método consiste na análise das curvas dos critérios que estendem de 63 a 8.000 Hz, e na 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).

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; para períodos noturnos, o critério de ruído apresenta redução de 10 dB, com 5dB de segurança, permitindo L_{dn} de 55dB(A) em áreas residenciais. No ano de 1993 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)

No Brasil, como regulamentação acústica, existe a NBR 10.151 (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 2000), que estabelece condições para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades. A norma exige a medição do L_{eq} A-ponderado, corrigido com +5dB para ruídos com características impulsivas ou de impacto e para componentes tonais. O nível sonoro corrigido deve ser avaliado respeitando os critérios de ruído de avaliação (NCA). (BISTAFA, 2006)

2.13 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 contíguos 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.

Segundo Shashua-Bar e Hoffman (2003), os efeitos desses “corredores” envolvem vários aspectos do conforto ambiental como fluxo de ar, sombreamento, aquecimento e resfriamento. Huang et al. (2009) mostrou que os cânions urbanos também ocasionam alterações na dispersão de poluentes gerados pelos veículos, problemas de radiação ao solo e concentração de ruídos, especialmente o ruído de tráfego.

Picaut et al. (2005) realizou um estudo experimental da propagação do som em uma rua considerada como cânion urbano. Foram medidas as respostas de impulso em vários locais ao longo da rua em diversas posições da fonte sonora. Os dados forneceram valores exatos de tempo de reverberação e níveis de pressão sonora do estado estacionário, incluindo a atenuação atmosférica. De acordo com o autor, como forma de analisar o comportamento do som nas áreas urbanas, muitos estudos tem sido realizados através da modelagem teórica da propagação do som nas ruas, sendo que alguns deles consideram a reflexão especular das fachadas das edificações e a reflexão difusa causada pelas irregularidades e protusões da superfície dos prédios. No entanto, a utilização da reflexão difusa ao invés da reflexão especular no modelo de propagação do som pode resultar em diferenças consideráveis entre os resultados do campo sonoro. Um dos problemas é a falta de comparações com dados reais da propagação do som com os dados da modelagem. Essa ausência de resultados de comparação é um problema para a validação dos modelos e estudos da propagação do som em áreas urbanas. Algumas das justificativas para a falta desses dados é a complexidade de realização desses experimentos nas áreas urbanas, pois, em alguns casos as ruas devem ter o tráfego interrompido, é preciso liberação das autoridades, os efeitos meteorológicos não podem ser controlados, entre outros. Por esses motivos foram desenvolvidos os modelos experimentais para estudar a propagação do ruído nas ruas. No trabalho de Picaut et al. (2005) foram utilizados 9 microfones numa

parte da via para medir os impulsos da fonte sonora em diversas posições ao longo da área. Como resultado foi observado que houve aumento do tempo de reverberação com o aumento da distância entre fonte e receptor; a atenuação sonora foi menor para as baixas frequências, pois a fachada dos edifícios favoreceu as reflexões de alta frequência, e as baixas frequências foram canalizadas dentro da rua.

O efeito de dimensões da rua e de densidade de tráfego no nível de ruído e da ventilação natural nos cânions urbanos foram analisados por Nicol e Wilson (2004). Os resultados foram: os altos níveis de ruído mostram uma predominância no final do cânion e apresentam baixa frequência do espectro do ruído, apesar de uma proporção elevada de motocicletas no tráfego; o nível de ruído do cânion aumenta com a densidade de tráfego e diminui nas alturas maiores do cânion; o modelo utilizado apresenta uma componente direta e uma componente sonora.

2.14 MAPEAMENTO DO RUÍDO

O desenvolvimento de mapas de ruído permite traçar o perfil da distribuição do ruído em áreas urbanas, buscando uma visão global, identificando e caracterizando as principais fontes e as zonas de maior e menor intensidade sonora. Moraes e Lara (2003) desenvolveram um método de elaboração de mapas de ruído e compara-os com os indicadores de ruído obtidos nas medições *in loco*. Quatro maneiras de determinar os locais de medição: de forma aleatória; por amostra estratificada de acordo com fontes específicas de ruído, conforme a densidade da população ou de acordo com o uso do solo; seguindo os pontos de interseção de uma malha (quadrícula); e/ou, pela predição dos níveis de ruído sustentado por equações de forma empírica. O método adotado por Moraes e Lara (2003) foi o de pontos de inserção de quadrícula, pois é a maneira mais direta de obter os dados para formação das linhas de contorno do mapa. A coleta de dados foi realizada nos dias úteis, de segunda a sexta-feira, no período comercial das 8:00 às 18:30h. Foram utilizados dois sonômetros locados na borda das vias e as medições foram realizadas de hora em hora, com durações médias de 5 a 15 minutos, embora os autores afirmem que o período de duração da amostra não interfere de forma significativa nos valores obtidos. Os dados também foram medidos diretamente em níveis sonoros equivalentes na curva de ponderação “A”. As medidas foram realizadas seguindo a norma ISO 1996/2, obedecendo

aos afastamentos mínimos de 1,20m a 1,50m para piso e 3,50m para as superfícies refletoras verticais, aplicando correção de 3 dB no caso de distâncias inferiores.

Moraes et al. (2003) elaborou o mapa de ruído para uma zona comercial em Belém. Foram consideradas todas as fontes sonoras do ambiente urbano e o ruído de tráfego. As análises da área foram feitas em três períodos de medição: manhã (8 às 11h), intermediário (12 às 15h) e tarde (até as 18:30h). Os pontos de medição foram locados nos cruzamentos das principais vias da zona comercial, sendo nove pontos equidistantes aproximadamente 250 metros. Utilizou-se para as medições dois sonômetros de precisão da marca Rion, modelos NL-18 e NA-27, equipados com filtros de 1/3 de oitava de banda de frequência. Os sonômetros foram locados na borda das vias e as medições tiveram duração de 30 minutos, realizadas de hora em hora. Os dados foram medidos diretamente em níveis sonoros equivalentes na curva de ponderação “A”.

Banerjee (2009) realiza um estudo sobre a distribuição espacial e temporal do ruído de tráfego em uma estrada urbana. Foram selecionados 35 pontos para a coleta dos dados e as medições foram realizadas durante os períodos da manhã e da noite. Os dados foram mapeados com o auxílio do SIG (Sistema de Informação Geográfica), que permite a visualização e identificação da extensão e distribuição da poluição sonora da área, sendo uma ferramenta adequada para realizar avaliações de impacto do ruído em áreas urbanas. O uso e a aplicação do mapeamento do ruído pelo SIG é uma metodologia que permite a aquisição eficiente, gerência e elaboração de dados geo-referenciais que representam o território, fontes e receptores.

O objetivo principal de Banerjee (2009) foi de enumerar a distribuição espacial e temporal do ruído do tráfego urbano na cidade e desenvolver adequados mapas de ruído para a avaliação do impacto da poluição sonora. As verificações foram conduzidas com a intenção de avaliar e determinar a extensão do teste padrão da distribuição do ruído de tráfego de estrada no ambiente urbano. Outros objetivos foram: desenvolver práticas de gestão do ruído na área de estudo, auxiliar no planejamento de desenvolvimento da cidade, e, conscientizar a população local para identificar as fontes de ruído. Os trinta e cinco pontos (posições da amostragem) selecionados para o levantamento dos dados foram caracterizados em quatro tipos: o primeiro considerando o método de amostragem de receptor-orientador; o segundo pelo método de amostragem orientado pela fonte; o terceiro pela utilização aleatória de seleção das posições de medida regular ou sistemas de grade

não-regulares; e, o último método a área de estudo é dividida em zonas de acordo com a população, densidade do receptor, características da utilização da terra e importância das estradas. A computação da amostragem e dos dados foi feita com o auxílio de um medidor de nível sonoro digital, com escala de frequência de 31.5Hz a 8.000Hz. As leituras foram feitas na frequência A-Ponderada, com o equipamento posicionado a uma altura de aproximadamente 1,5 m do terreno, com a ponderação do tempo em escala “rápida”. Os dados sonoros foram gravados em um intervalo de 15 segundos durante um período de amostragem contínuo de 1h durante alguns dias com condições climáticas normais. Os seguintes índices do ruído foram computados: L_{eq-d} e L_{eq-n} (nível sonoro equivalente de classificação A de hora em hora para o período do dia e da noite); L_{dn} : nível sonoro médio de dia-noite; TNI (Índice do ruído do tráfego); e, L_{max} e L_{min} (nível de ruído máximo e mínimo durante o período de amostragem). A posição do medidor do nível sonoro a partir da linha central da estrada não foi igual para todos os pontos. A distância variou de acordo com a geometria específica da estrada, da largura e de acessibilidade. Para manter uma uniformidade todo o campo de nível sonoro gravado (L_{eq-r}) foi transformado em valores. As coordenadas para o posicionamento dos pontos de coleta da amostragem foram determinadas com o auxílio do GPS - dispositivo geográfico do sistema de posicionamento. Os resultados mostraram que os níveis de ruído são mais elevados nas áreas próximas às estradas. As áreas abertas reduzem os níveis de ruído de tráfego. Os locais onde o fluxo de veículos pesados era menor apresentaram menores níveis de ruído. As áreas de cruzamentos foram as mais ruidosas. O autor indica como método de controle do ruído o controle na fonte; instalação de barreiras entre a fonte de ruído e o receptor; ou, utilização de materiais absorventes nas fachadas dos edifícios.

Calixto, Diniz e Zannin (2001) afirmam que a escolha das medições para estudo do ruído ambiental pode ser feita de duas maneiras: medição por grade de pontos equidistantes, ou, por classificação prévia do ruído urbano de acordo com a utilização da área, densidade demográfica ou importância das vias urbanas. Em seu trabalho o autor utiliza o segundo método, onde as medições foram realizadas com o mesmo tempo de duração para amostra, com contagem simultânea da quantidade de veículos e níveis equivalentes e estatísticos do ruído. O autor defende que, como o fluxo e a composição do tráfego não são parâmetros controláveis, para garantir uma variação significativa dos parâmetros de entrada as medições devem ser realizadas em diferentes horários durante a semana, junto com a

variação do tempo de duração de cada medição, como tentativa de regularizar o fluxo de tráfego.

Almeida, Bragança e Nogueira (2004) tiveram como objetivo mostrar a precisão e comparar os resultados utilizando um método comum de previsão e de medições *in situ*. Foi utilizado o modelo de simulação MITHRA para a previsão de níveis sonoros, considerando o desenho de edifícios, topografia local, barreiras acústicas, o tipo de solo e efeitos meteorológicos, aplicados a uma zona restrita da área urbana. Avaliou-se o ruído ambiental através do modelo e de medições *in situ* em pontos representativos, e, os resultados mostraram que em algumas situações os modelos de simulação não retratam a realidade, principalmente nos cruzamentos, passagens desniveladas e locais de confluência de vias com tráfego intenso, sendo necessária a complementação dos mapas com medições acústicas. O autor lembra que, para a elaboração dos mapas de ruído é importante analisar alguns parâmetros como a variação da intensidade de tráfego; a variação da velocidade de circulação; o modo de deslocamento dos veículos; o tipo de pavimento; a percentagem de veículos pesados em circulação e a opção entre a execução do cálculo utilizando os valores definidos pelo programa ou introduzindo manualmente os dados obtidos no local; variação da malha de cálculo; a variação da largura das ruas; e, a variação da altura dos edifícios.

Segundo Brambilla (2007), a Diretiva Européia de Ruído Ambiental 2002/49/ec regulamenta que os valores dos parâmetros acústicos L_{den} (níveis sonoros equivalentes para dia, tarde e noite) e L_{night} (nível equivalente noturno) são representantes para o período de um ano. No entanto, o monitoramento do ruído contínuo para esse período pode ser dispendioso e exigir recursos, por isso, são realizadas amostras temporais para as medições do nível de ruído. Estudos têm sido realizados envolvendo o ruído de tráfego para desenvolver critérios para amostra temporal apropriada à variação ambiental de ruído com o objetivo de aumentar a exatidão da estimativa de valor a longo prazo. Por exemplo, para monitoramento do ruído a longo prazo, Brambilla (2007) recomenda que seja utilizada como estratégia a medição em quatro diferentes dias da semana. Os dados acústicos analisados (total L_{Aeq} e bandas de 1/3 oitava com níveis a cada 1 segundo) foram armazenados em um sistema de monitoramento instalado em 5 diferentes locais para medições de hora em hora do L_{Aeq} . Os locais foram selecionados de acordo com o tempo de variação das fontes sonoras (estrada, autoestrada, linha férrea, área residencial e um pequeno aeroporto) e a distância do receptor entre 10 e 600m. Para cada um dos 5 pontos

foram realizadas amostras durante 24 horas para o cálculo do L_{den} diário. A estratégia determinada para a seleção dos dias de medição foi a dos dias aleatórios. A amostragem foi realizada durante uma semana, sendo suficiente para a medição do ruído de tráfego segundo recomendações da legislação italiana. Três parâmetros foram observados na estimativa a longo prazo de L_{den} : as estatísticas descritivas dos subconjuntos de dados gerados de acordo com a amostragem temporal; a probabilidade do módulo do erro estar dentro de um intervalo específico; as estatísticas de erro mostraram diferenças maiores entre as distribuições cumulativas do L_{Aeq} de hora em hora a longo prazo e nas correspondentes a cada amostragem temporal (aproximação cautelosa). Com os resultados observou-se que uma monitoração com duração de 5 a 7 dias aleatórios e não consecutivos é suficiente para estimar o valor a longo prazo de L_{den} , mesmo quando as grandes variações de L_{Aeq} de hora em hora ocorrem. Além disso, a aproximação cautelosa fornece valores de erro, em média, 33% maior do que aqueles obtidos pelas análises estatísticas descritivas dos subconjuntos de dados gerados de acordo com a amostragem temporal.

Procedimentos recomendados para a realização de medições de ruído próximos às estradas foram descritos por Lee e Fleming (1996). O estudo envolveu medições do nível sonoro antes da conclusão do projeto de uma estrada (expansão da via) e medições depois do projeto executado. Os níveis de ruído medidos antes e depois da execução do projeto permitiram uma previsão do impacto do ruído previsto. Foram considerados aspectos como a geometria da área, as condições meteorológicas e o tráfego do local (volume, índice espectral, e diretividade da fonte). O microfone foi igualmente posicionado em relação à fonte para as medições de antes e depois. Utilizou-se também um microfone de referência, posicionado a uma altura de 1,5m, situado dentro de uma faixa de 30m a partir da linha central da pista (da fonte sonora), que permitiu a calibração dos níveis medidos, mostrando as variações nas características da fonte de ruído como a velocidade, volume e tipo de tráfego.

A cidade de Valencia, na Espanha, possui um controle de poluição atmosférica através de monitores conectados à estação de controle da poluição onde são armazenados os dados de medição em tempo real. Gaja (2003), analisou o ruído com o auxílio de sonômetros programados para enviar informações contínuas de níveis sonoros equivalentes em intervalos de 15 minutos (L_{Aeq}), instalados a 4 metros de altura no centro da área medida.

Foram utilizados dois indicadores: L_{den} (níveis sonoros equivalentes para dia, tarde e noite) e L_{night} (nível equivalente noturno). Nesses casos, cada indicador é considerado como o nível equivalente do período específico durante todos os períodos em um ano.

Os procedimentos de medição adotados foram: calibração do instrumento de medição acústica antes do levantamento de dados inicial, em intervalos de hora em hora e no final do dia de medição, sendo que as características meteorológicas (velocidade do vento e sentido, temperatura, umidade) devem ser documentadas antes do levantamento de dados, em um mínimo de intervalos de 15 minutos, e sempre que as mudanças dessas características forem observadas; as características de resposta da frequência do sistema devem igualmente ser determinadas em uma base diária medindo e armazenando 30 segundos do ruído rosa de um gerador de ruído-aleatório; os níveis ambientais devem ser medidos, ou seja, deve-se medir o nível sonoro em cada receptor e no microfone da referência pelo mínimo de 10 segundos com a fonte sonora silenciada ou removida do local, sendo que se a fonte sonora não pode ser silenciada ou removida, um limite superior ao nível ambiental usando um descritor estatístico, tal como L_{90} , pode ser utilizado; os níveis sonoros devem ser coletados simultaneamente com a coleta de dados do tráfego, incluindo o registro de tipos do veículo e a velocidade média do veículo (LEE e FLEMING, 1996).

Um dos problemas que aparecem durante a previsão de modelos de ruído ambiental é o evento sonoro anômalo, caracterizado quando o nível de ruído gerado excede o nível de ruído de fundo. Estes eventos estão mais presentes nas aglomerações urbanas e podem ser sirenes, paradas abruptas de automóveis, latido de cães, gritos, etc. O estudo de Torija (2007) tem como objetivo obter um método para a predição desses eventos sonoros anômalos dos fluxos de veículos de tráfego. Este fator adicionado ao nível de ruído de fundo permite uma caracterização mais exata do nível de ruído ambiental. Uma das formas de avaliar o impacto sonoro causado pelo ruído de tráfego é pelo indicador de ruído L_{Aeq} . Entretanto, Torija (2007) afirma que esse indicador é insuficiente e inadequado em determinados tipos de situações. Portanto, ele analisa os indicadores de ruídos percentuais L_{A50} , L_{A10} , L_{A90} como representantes mais exatos do ruído gerado pelo tráfego de veículos. Foi elaborada uma base de dados com os resultados da monitoração contínua do ruído em diferentes pontos da cidade de Granada. Foram consideradas nos pontos de medição as características do local: sentido de tráfego, inclinação, largura da calçada, altura das

construções e, principalmente, os diferentes tipos de veículos de circulação. As medições foram feitas em 14 dias. Os microfones foram posicionados a uma altura de 4 metros. As medições feitas durante o dia (entre 7:00 e 19:00h) tiveram duração de 3 horas e as medições durante a noite (19:00 – 7:00h) duração de 2 horas. Durante o dia são maiores porque nesse período a flutuação do ruído é considerável, e durante a noite é praticamente estável. Este trabalho avalia qual a correlação (linear, logarítmica ou potencial) mais adequada entre o fluxo de circulação dos veículos e os indicadores do ruído ambiental.

Os indicadores do ruído ambiental para fluxo de tráfego apresentam intervalos com relações do tipo linear. Fluxos com valores maiores que 750 veículos/hora não mostram relação linear entre o fluxo de tráfego e os indicadores de ruído ambiental, sendo que a partir desse valor os índices do ruído de tráfego passam a se tornar estáveis, pois, o aumento no número de veículos reflete no aumento dos índices de ruído ambiental. Surgiu então a necessidade de estudar essa correlação para medidas de longa duração. Nesses casos, os indicadores que representam o ruído de fundo (L_{A90} e L_{A99}) e os L_{A50} têm um grau mais elevado de correlação com o fluxo de tráfego do que os valores que representam os eventos que aparecem durante os picos do ruído (L_{A1} e L_{A10}) e do L_{Aeq} . O parâmetro mais utilizado para o ruído de tráfego e medidas de longa duração é o L_{A90} ; para medições com 1 hora de duração o L_{A50} é o melhor indicador de ruído de tráfego na estrada. (TORIJA, 2007)

Segundo Jain et al. (2001), o sistema de transporte, embora tenha tido grande contribuição para o desenvolvimento da civilização humana, causou fortes impactos ambientais, dentre eles a poluição do ar e do ruído. Seu trabalho buscou formas para amenizar essas poluições através da criação de uma base de dados relacionada com o tráfego; desenvolvimento de um modelo padrão de predição para a poluição do ar e do ruído (para relacionar a escala do transporte urbano e o nível de qualidade ambiental); e, do desenvolvimento de medidas para a redução da poluição dos veículos. A coleta de dados caracterizou os seguintes elementos: volume de tráfego; velocidade dos automóveis; níveis de ruído ambiental; parâmetros geométricos da via (largura da pista, número de pistas, presença de passeio de pedestre e largura); distância do ponto do receptor e da fonte; nível da natureza e de ruído das fontes; e, propagação ao longo dos trajetos entre fontes e receptores e a posição dos receptores. Como formas de atenuação do ruído, o autor recomenda a implantação de barreiras ao longo das posições sensíveis nas áreas urbanas, que podem promover

atenuação sonora de até 15dB(A) no receptor. Para o controle da poluição causada pelos veículos, as indicações são melhorias na qualidade do combustível e nas tecnologias dos veículos; provisão do transporte público; incentivo ao transporte não-motorizado; aplicação dos impostos sobre o combustível e outras medidas fiscais; manutenção do veículo; diminuição da congestão, e, melhoria da mobilidade.

A avaliação de barreiras acústicas pode ser vista no trabalho de Bragança, Freitas e Pinheiro (2009), que apresentaram os resultados da avaliação da eficácia de três barreiras acústicas colocadas em vias de comunicação com diferentes volumes de tráfego. Os materiais que constituíram as barreiras foram blocos de concreto parcialmente preenchidos com lã de rocha, chapa metálica perfurada com lã de rocha e painéis pré-fabricados de concreto com inertes leves. A avaliação da eficácia de cada barreira acústica foi realizada através de três sonômetros colocados à frente, na face posterior e em uma área contígua não influenciada pela mesma. A metodologia de ensaio consistiu na medição do nível sonoro contínuo equivalente ponderado A (L_{Aeq}) durante 15 minutos. Na avaliação foram comparados os valores medidos com os valores obtidos a partir de modelos simplificados de comportamento. Os locais das medições foram selecionados de acordo com a facilidade de acesso, características das barreiras acústicas e cotas do terreno na parte posterior das barreiras de forma a colocar os sonômetros na mesma cota. Os valores das reduções sonoras foram medidos *in situ* e registraram reduções de 16dB à 21dB, dependendo dos materiais utilizados, sendo que a maior redução está associada à barreira de chapa metálica perfurada com lã de rocha.

2.15 MONITORAMENTO

Ramis et. al (2003) realiza um estudo comparativo dos níveis de ruído sonoro antes e depois da abertura de uma estrada que resultou em aumento de tráfego. O tempo foi um dos fatores decisivos para a seleção do método de medida, pois a data para abertura da estrada tinha de ser respeitada. Foi determinado o método dinâmico, que permite a coleta de grande quantidade de informação em um curto intervalo de tempo para cada ponto de medida. O processo de medição foi repetido duas ou três vezes para cada ponto num mesmo período de tempo e em dias diferentes.

Dados do levantamento dos níveis de pressão sonora equivalente da cidade de Porto Alegre foram analisados por Maia (2003). As informações coletadas foram processadas através de

análises estatísticas e com resultados de equações de predição do ruído urbano. O levantamento dos dados do ruído urbano foi feito em 14 pontos durante 24 horas para garantir maior nível de detalhes para geração de modelos de predição de níveis de pressão sonora e para auxiliar na visualização das curvas de padrões de ruído dos horários. Os resultados mostraram que os níveis sonoros não dependem necessariamente da densidade populacional e que os pontos com maiores níveis de intensidade sonora foram localizados no interior do quarteirão e não nos pontos de distribuição do tráfego de veículos. Como proposta para trabalhos futuros, o autor sugere que sejam estudados um número maior de pontos para elaboração de um real mapeamento sonoro e também o levantamento detalhado de uma parcela da cidade, como por exemplo um bairro, para que seja possível comparar os dados coletados dessa área menor com os diferentes fluxos de veículos e atividades, elaborando assim um mapeamento completo dos “climas de ruídos” do local.

Ferreira e Zannin (2007) utilizaram medições *in situ* e simulação computacional para a determinação de coeficientes de isolamento acústico de 11 residências, medidos entre cômodos e a fachada das edificações. Os resultados foram valores abaixo dos recomendáveis para conforto acústico pela norma alemã DIN 4109 (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG – DIN 4109: Schallschutz im Hochbau. Germany, 1989). Os dados medidos e simulados foram submetidos à análise estatística de T-Hotelling (pequenas amostras, com $n < 30$), e pôde-se observar que os resultados obtidos *in situ* e simulados foram os mesmo ou similares. Os dados acústicos obtidos em laboratório, em geral, como, por exemplo, os índices de isolamento acústico, são maiores que os obtidos *in situ*, pelo fato de que em laboratório é garantido que a energia sonora só é transmitida através do material que está sendo testado, enquanto nas medições *in situ* existe o efeito da transmissão da energia sonora através dos flancos. Este trabalho apresenta também a simulação do isolamento acústico via *software* Bastian, que trabalha baseado no procedimento de cálculo das normas europeias EN 12354-1 (EN. EUROPEAN NORM. EN 12354-1, 2000). A dificuldade encontrada para a realização das simulações foi a modelagem da geometria do ambiente avaliado, pois o *software* Bastian 2.2 só permite a inclusão de geometrias retangulares. A solução encontrada para solucionar esses problemas foi a de alterar a geometria do ambiente avaliado, porém mantendo-se o mesmo volume do ambiente, a mesma área da partição exposta direta ao ruído e a mesma proporção entre a área de parede e a área dos elementos. Este trabalho mostrou que as medições *in situ* são de extrema importância, uma vez que elas apresentam o desempenho real dos ambientes e

elementos construtivos. Uma alternativa às medições *in situ* é a simulação computacional, que permite a avaliação acústica da edificação ainda na fase de projeto, possibilitando a simulação de modificações para solucionar deficiências de desempenho encontradas. A similaridade dos resultados mostra a confiabilidade das medições *in situ* e da simulação.

2.16 MODELAGEM

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 para as edificações permitido por lei, materiais utilizados nas fachadas, tipo de pavimentação utilizada na superfície das ruas e calçadas, 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.

Estudos já realizados consideram a reflexão especular nas fachadas dos edifícios e/ou a reflexão difusa por irregularidades e saliências nas superfícies das construções. Entretanto, o uso da reflexão difusa ao invés da reflexão especular no modelo de propagação do som pode levar a diferenças consideráveis entre os resultados dos campos sonoros. O principal problema é a insuficiência de comparações com os dados reais da propagação do som nas ruas. É ainda difícil determinar com exatidão qual legislação utilizar no modelo. Esses são apenas alguns exemplos da necessidade de dados experimentais, sendo que a falta desses resultados é o maior problema para a validação de modelos e do estudo da propagação do som nas áreas urbanas (PICAUT et al., 2005).

Maciel et al. (2009), utilizaram 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 autor utilizou em seu estudo sobre a modelagem do ruído em cânion o software SoundPlan para desenvolver a espacialização dos níveis de pressão sonora e modelagem do ruído. O software 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. Como metodologia de desenvolvimento do mapa de ruído foi realizada uma contagem simples dos veículos na via, com duração média de 15 minutos, onde os veículos foram divididos em “Veículos Pesados” (caminhões e ônibus); “Veículos Intermediários” (vans, microônibus, caminhonetes); “Veículos Leves” (carros); e “Motocicletas”. Um dos resultados do trabalho mostra que uma avenida com maior fluxo de veículos não apresentou maior Nível de Pressão Sonora (NPS), característica atribuída ao fato da avenida ter edifícios em construção que resultam em espaços abertos, ainda não ocupados, que contribuem para a atenuação do ruído. Nos locais onde ocorre reverberação das ondas sonoras pode ocorrer a amplificação dos sons do tráfego de veículos. Para áreas abertas esse fenômeno não acontece.

O mapa de ruído é capaz de representar a distribuição geográfica dos níveis de ruído permitindo a compreensão da propagação do ruído no espaço e a indicação dos pontos sensíveis. É uma ferramenta útil que auxilia no planejamento e ordenamento da cidade, contribuindo para a definição de centros urbanos, de forma a assegurar o correto uso e ocupação do solo, evitando problemas de poluição sonora. Também são utilizados para preservar zonas com níveis sonoros regulamentados pela legislação; corrigir zonas com níveis sonoros não regulamentares; e, avaliar o desenvolvimento das fontes sonoras de infra-estruturas de transporte existente, identificando a necessidade de medidas de redução de ruído. Outras soluções para controle do ruído propostas por Maciel et al. (2009) são: engenharia de tráfego, materiais absorventes e/ou refletores e barreiras acústicas.

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 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. Os efeitos da redução de ruído foram analisados dependendo da frequência, da posição do observador e da relação entre a altura e largura (geometria) do cânion. Este estudo foi modelado em 2D, entretanto, segundo os

autores, para uma medição mais exata da atenuação do ruído seria necessária a modelagem em 3D.

Horoshenkov (1999), também utilizou a modelagem acústica para avaliar a propagação do som em cânion urbano. O desempenho acústico e redução de ruído foram analisados para diversas alturas do receptor, sendo o ruído produzido pelas diferentes categorias de veículos. O objetivo principal do estudo foi analisar o efeito no cânion urbano quando a fonte de ruído é o tráfego de veículos. Os efeitos principais considerados neste trabalho foram as múltiplas reflexões do ruído de tráfego que ocorrem nas fachadas dos edifícios e no solo. A metodologia aplicada propôs a produção de um modelo na escala 1:20 da rua analisada, construído em uma câmara anecóica. Os volumes dos veículos não foram simulados nas experiências, pois acreditou-se que essa dispersão do som dos volumes do veículo modificaria os resultados. Foram utilizados dois critérios no estudo: atenuação ao longo do cânion e a perda de inserção relativa para as superfícies rígidas.

O trabalho de Walerian (2001) desenvolve uma previsão do nível sonoro em um cânion urbano. Foi utilizado para a simulação do ruído o programa PROP5, onde foram modelados os elementos do cânion. Klaeboe (2007) analisou a relação entre áreas silenciosas e áreas ruidosas, simultaneamente, através do mapa de ruído da cidade. Para a medição do nível de ruído nos apartamentos foi utilizado o método Nórdico de cálculo, e os resultados foram comparados com o mapa de ruído e estudos sócios acústicos.

2.17 SOUNDPLAN

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.

As medições *in loco* foram importantes para caracterizar as fontes, pois, os dados obtidos com o monitoramento foram inseridos no software, indicando para cada um dos cinco pontos medidos os valores medidos pelos equipamentos; bem como os tipos de materiais

das fachadas e da avenida (concreto, alvenaria e vidro para as fachadas e asfalto para a avenida).

O software utiliza o método de procura por ângulo para o processamento dos dados da construção do mapa de ruído, que pode ser determinado o grau de incremento temporal e/ou de números de reflexão, onde quanto mais estreito, mais detalhados são os resultados e mais demorada é a simulação.

É um software que simula situações reais para análise acústica de um ambiente. Oferece como resultado a modelagem, cálculos e mapas dos níveis de pressão sonora.

O software gera mapas de ruído de entorno e de fachada dos edifícios. Para isso, é necessária a inserção dos seguintes dados no programa: extensão da área de estudo; área, altura e localização das edificações; tipos de materiais utilizados nas fachadas; tipo de solo; tipo, quantidade, localização e potência das fontes sonoras; localização e quantidade de receptores; dados dos níveis de pressão sonora medidos *in loco*; barreiras existentes, entre outros.

O cálculo é feito através da varredura da geometria em 360 graus, incluindo as reflexões que podem ocorrer nos edifícios e nas barreiras. Os resultados oferecem o L_{eq} e os descritores estatísticos (L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{max} , L_{min}). Todas as fontes são consideradas de forma independente e podem ser calculadas separadamente. O software também tem a capacidade de calcular o efeito de difração do som, no entanto, é necessário selecionar essa opção na simulação, pois, o tempo de cálculo dobra quando essa ferramenta está acionada. Durante o processo de cálculo, os dados podem ser vistos na tela em duas dimensões e em três dimensões, podendo até mesmo serem impressos. Após a verificação, é feito o cálculo do ruído para cada receptor, sendo que a velocidade e incremento do cálculo podem ser ajustados de acordo com a modalidade desejada.

3 PROCEDIMENTOS E MÉTODOS

Nesse capítulo serão descritos os procedimentos e métodos utilizados no desenvolvimento do trabalho para as medições, modelagem e simulação.

3.1 LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DO ENTORNO (NOVO CENTRO)

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 (Figura 8):

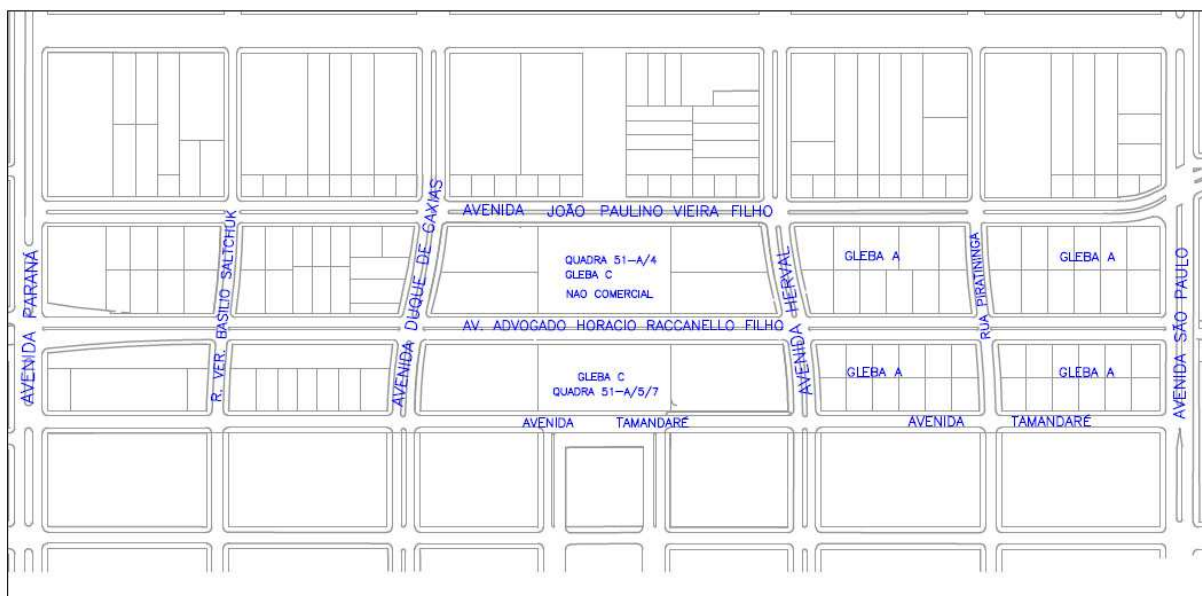


Figura 8 – Novo Centro
Fonte – Urbamar, 2005

É nessa região que estava localizada a estação ferroviária, a linha férrea e o pátio de manobras (Figura 9).



**Figura 9 – Anteprojeto de Maringá (1940), mostrando o Novo Centro e a linha férrea
 Fonte – Adaptado de Andrade e Cordovil (2008)**

O projeto inicial de urbanização do Novo Centro não contemplava a grande quantidade de edifícios que poderão ser edificadas. Antes da pressão do mercado imobiliário, Oscar Niemeyer realizou em 1985 um projeto para a região, chamado de Projeto Ágora, que oferecia como proposta de urbanização do Novo Centro à retirada da estação ferroviária, do pátio de manobras e rebaixamento da linha férrea, um novo conceito urbano e arquitetônico (Figura 10). O projeto tinha no programa três superquadras, sendo a central uma área pública, mantendo a estação rodoviária. O projeto foi revisto e finalmente inaugurado no ano de 1992, com o aumento da quantidade de lotes e diminuição do tamanho dos lotes de 4.000m² para 700m² a 1.100m², retirada da rodoviária e alteração do nome de Projeto Ágora para “Novo Centro” (Andrade e Cordovil, 2008 apud Grzecorzyc, 2000).

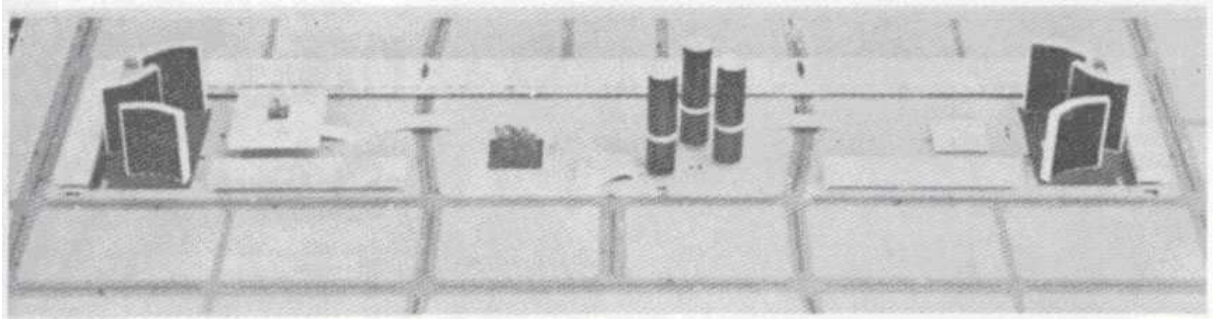


Figura 10 – Maquete do projeto Ágora de Oscar Niemeyer para o Novo Centro
Fonte – Andrade e Cordovil (2008)

Segundo Andrade e Cordovil (2008) devido à densificação e expansão do perímetro urbano e às aspirações do mercado imobiliário de Maringá, surgiu a necessidade de novos arranjos urbanos para solucionar problemas de infra-estrutura urbana, em especial a viária, para atender ao aumento do tráfego e escoamento da produção, de pessoas e de serviços. A região do Novo Centro foi alvo dessa discussão, tendo como resultado a retirada do pátio de manobras, o rebaixamento da linha férrea, e a criação de três superquadras, sendo a quadra central destinada para área pública e as duas outras loteadas para venda ao mercado imobiliário (ver Figura 11).



Figura 11 – Novo Centro após o projeto de urbanização (2003)
Fonte – Google Earth (2010)

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 12, e por serem quadras localizadas entre duas das principais avenidas da cidade: a Avenida São Paulo e a Avenida Herval.

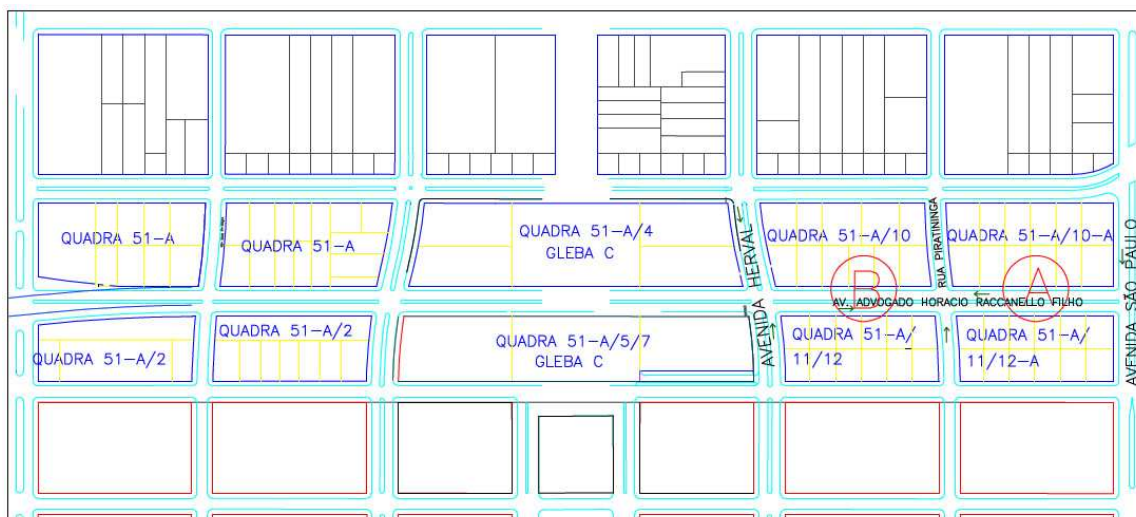


Figura 12 – Glebas da Avenida Horácio Racanello
Fonte – Urbamar, 2005

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. Esse embasamento deverá ocupar o mínimo de 50% da área do terreno, sendo distribuído por toda a testada do lote, com aberturas permitidas para acesso a garagens, estacionamento e galerias transversais ao alinhamento predial. Os pilares são permitidos no alinhamento predial com a face externa concordante com o alinhamento e dimensões máximas de oitenta centímetros em paralelo ao alinhamento predial e cinquenta centímetros transversalmente ao mesmo. As galerias do embasamento deverão respeitar a altura do forro em no mínimo 3,50 e máximo 5,50m, e a altura máxima do embasamento em 10m, considerando a altura entre a soleira da edificação e a face superior da platibanda, guarda-corpo ou cobertura. Todos os lotes deverão ter recuo frontal do pavimento térreo de três metros, dando continuidade ao passeio, livres de degraus, desníveis e rampas. O perfil da avenida Horácio Racanello pode ser observado na Figura 13.

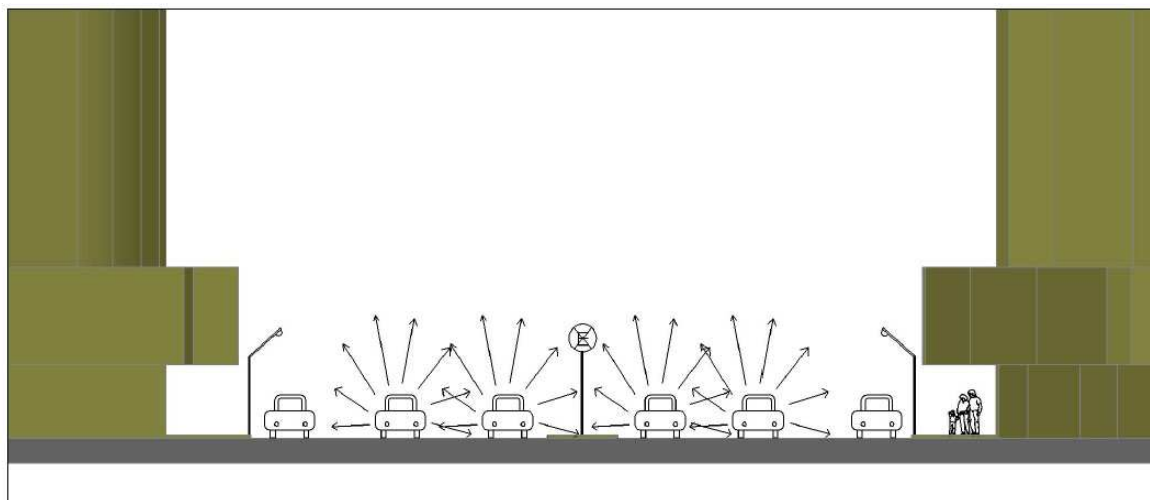


Figura 13 – Perfil da Avenida Horácio Racanello

Não é permitida a instalação e uso de equipamentos sobre o passeio público e a faixa de recuo. O coeficiente de aproveitamento do Novo Centro, ou seja, a relação numérica entre a área de construção permitida e a área do lote, é o maior de toda a cidade, com índice de 6,0 para as glebas A e B. A taxa de ocupação – relação entre a projeção da edificação sobre o terreno e a área do lote, expressa em valores percentuais, também é bastante grande, sendo de 50% para as torres e 90% para os demais pavimentos. 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 gleba C não será estudada por não apresentar exigência de padronização das construções. A seguir, a Figura 14 mostra o embasamento padrão das edificações da Avenida Horácio Racanello formado pelos pilares e pela torre. A Figura 15 mostra uma foto da Avenida Horácio Racanello ainda com alguns vazios urbanos.



**Figura 14 – Embasamento padrão das edificações da Avenida Horácio Racanello
Fonte – Maringá em Destaque, 2009**



**Figura 15 – Avenida Horácio Racanello com vazios urbanos
Fonte – Maringá em Destaque, 2009**

3.2 MONITORAMENTO DO RUÍDO URBANO

Foram analisadas duas quadras do Novo Centro, as Glebas A e B. Foram locados 5 pontos *in loco* para medição, dispostos em todo o trecho da via em estudo, nos cruzamentos e nos canteiros centrais (Figura 16). 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 para caracterizar toda a extensão da via. Dessa forma buscou-se uma caracterização representativa da via e seu entorno. A avenida apresenta duas vias de sentido opostos do fluxo de veículos e cada via possui duas pistas de rolamento e uma para estacionamento.

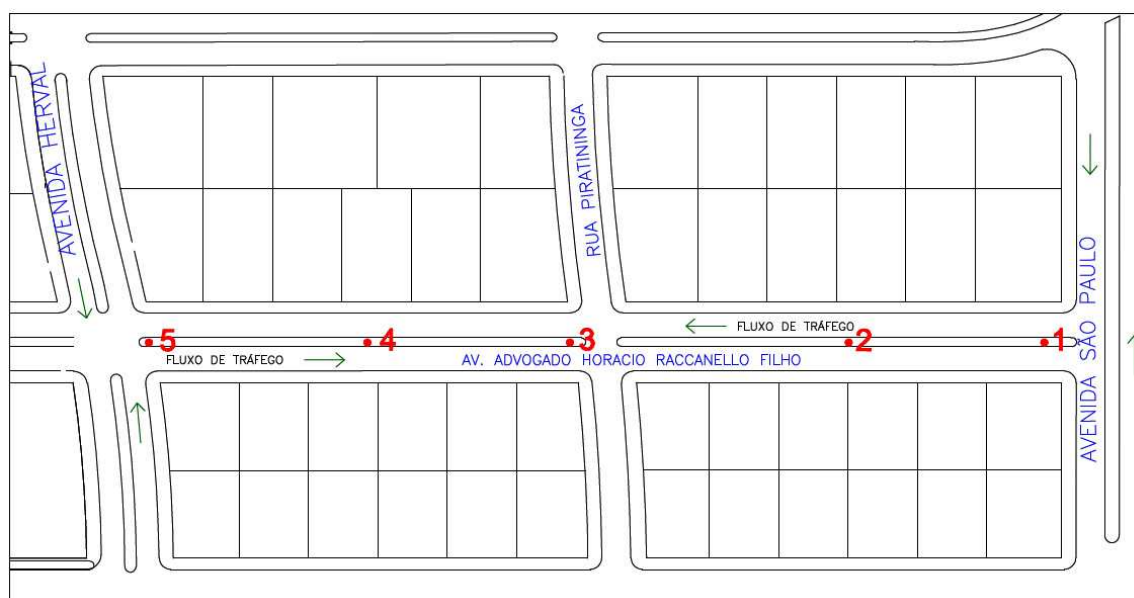


Figura 16 – Locação dos pontos de medição na Avenida Horácio Racanello

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 (Figura 17).



Figura 17 – Medições *in loco* com os sonômetros 01dB, modelo SdB02+

As medições foram realizadas durante três dias aleatórios durante a semana (19/11/2009, 20/11/2009 e 24/11/2009), nos horários de pico: 07h00min (período 1), 12h00min (período 2) e 17h:00min (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 (carros e utilitários) 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.

Os dados do monitoramento (horário de início da medição, valores e quantidade de veículos) podem ser observados nas tabelas em anexo.

3.3 MODELAGEM

A digitalização em planta (2D) das edificações e da avenida foi realizada primeiramente através do software AutoCAD (ver Figura 18).

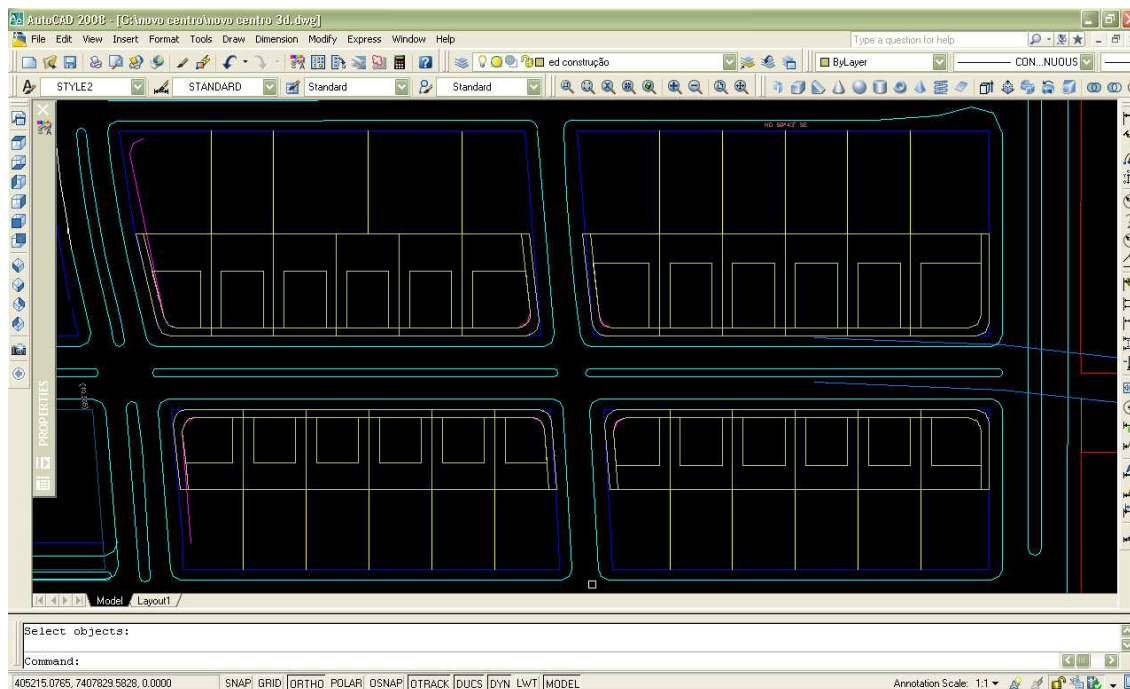


Figura 18 – Tela do Software AutoCAD com a digitalização do Novo Centro

Esse é um software criado pela Autodesk, Inc e é utilizado para desenvolvimento de desenho técnico em duas dimensões e em três dimensões. Em seguida a modelagem em terceira dimensão (3D) foi desenhada no software SoundPLAN 6.4[®], utilizando o gabarito máximo para todas as construções, como mostram as Figuras 19 e 20.

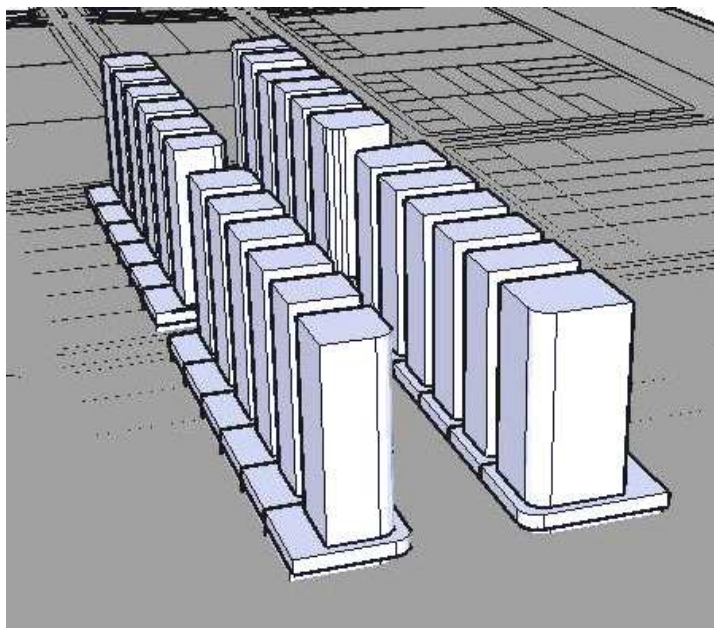


Figura 19 – Modelagem do cânion urbano da Avenida Horácio Racanello

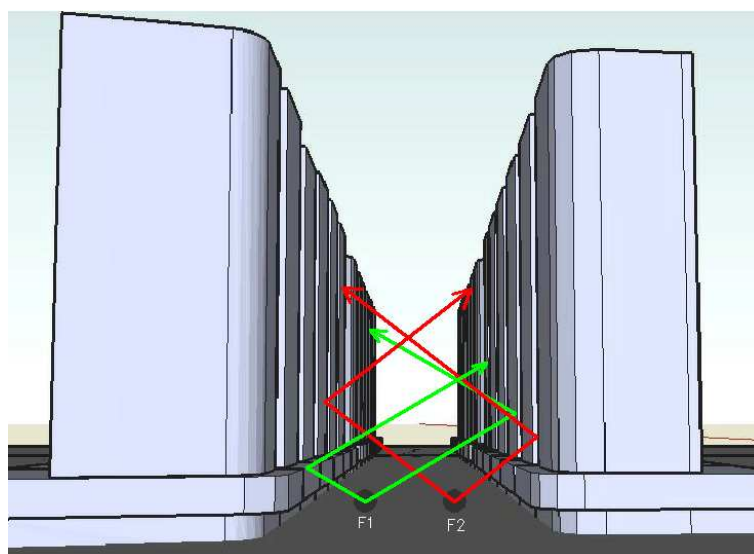


Figura 20 – Modelagem do cânion urbano e comportamento das ondas sonoras

A modelagem computacional proposta nesse trabalho tem como objetivo analisar o comportamento das ondas sonoras nas áreas urbanas. 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. As informações da altura dos edifícios a serem construídos no Novo Centro foram coletadas na Prefeitura Municipal de Maringá, que possui controle dos lotes e das imobiliárias e construtoras proprietárias das obras e/ou dos lotes.

3.4 SIMULAÇÃO

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* (referentes aos pontos 1, 2, 3, 4 e 5) 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. Esses pontos foram nomeados por letras, em ordem alfabética, a partir do ponto 1 até o ponto 5; os pontos A, B, C, D e E foram locados nos canteiros centrais; os pontos F, G, J e L receberam nomenclatura de acordo com a altura das fachadas determinadas para simulação, por exemplo, F22 para o ponto de medição na altura de 22m da fachada dos edifícios, e assim respectivamente para as alturas de 35 e 48m; os pontos H, K, M e N foram locados nas calçadas a uma altura de 1,20m (ver Figuras 21 e 22)

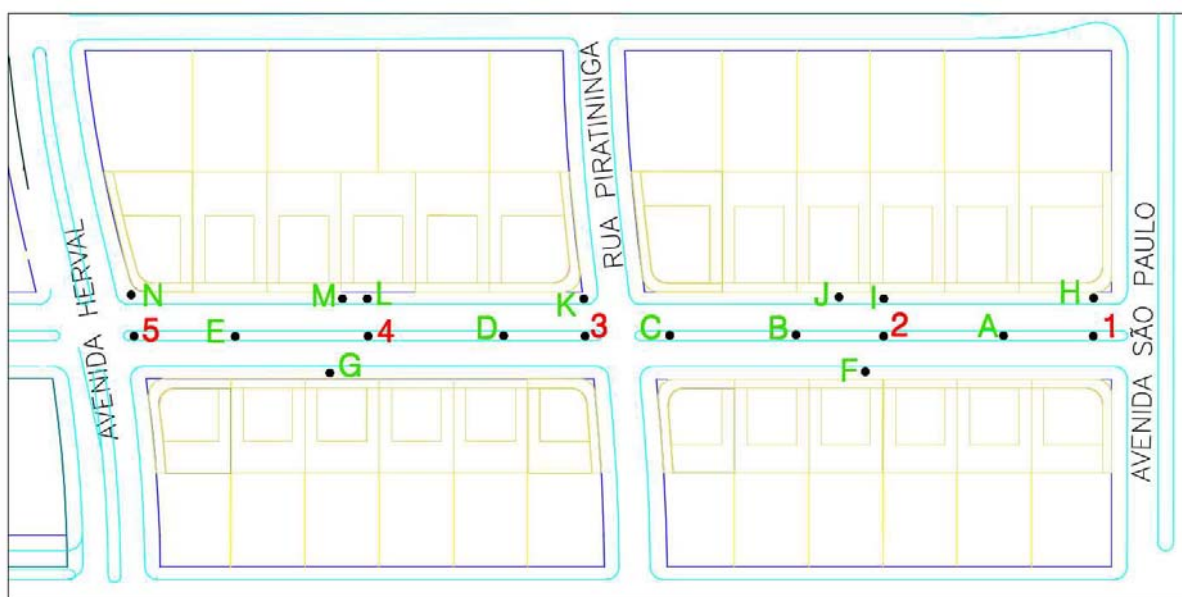


Figura 21 – Ilustração dos pontos inseridos na simulação



Figura 22 – Ilustração dos pontos inseridos na simulação em alturas

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 (L_d – valor do ruído previsto para um período de 24 horas) para todas as frequências da banda oitava: 63Hz, 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1KHz, 2KHz, 4KHz e 8KHz.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo será descrito o monitoramento do ruído de tráfego, o mapeamento do ruído no entorno, possibilidades de controle e impacto do sistema binário na área de estudo.

4.1 MONITORAMENTO DO RUÍDO DE TRÁFEGO ANTES DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA BINÁRIO

Através dos dados medidos *in loco*, calculou-se o espectro sonoro para cada um dos pontos em cada frequência da banda de oitava. Os valores podem ser observados na Tabela 1. As comparações entre os valores foram feitas pelo valor do nível global (NIS). 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 (ver Figura 23), sendo o ponto 1 localizado no cruzamento da Avenida Horácio Racanello com a Avenida São Paulo; o ponto 3 no cruzamento da Rua Piratininga com a Avenida Horácio Racanello (ver Figura 24) e o ponto 5 no cruzamento da Avenida Herval com a Avenida Horácio Racanello. Esses pontos também apresentaram um número maior de veículos.

Tabela 1: Valores do espectro sonoro para banda de oitava, medidos *in loco*
Fonte: Dados obtidos com o equipamento SbB02+

Frequências	Valores em dB				
	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
NIS	86,7	82,6	84,4	82,5	83,6

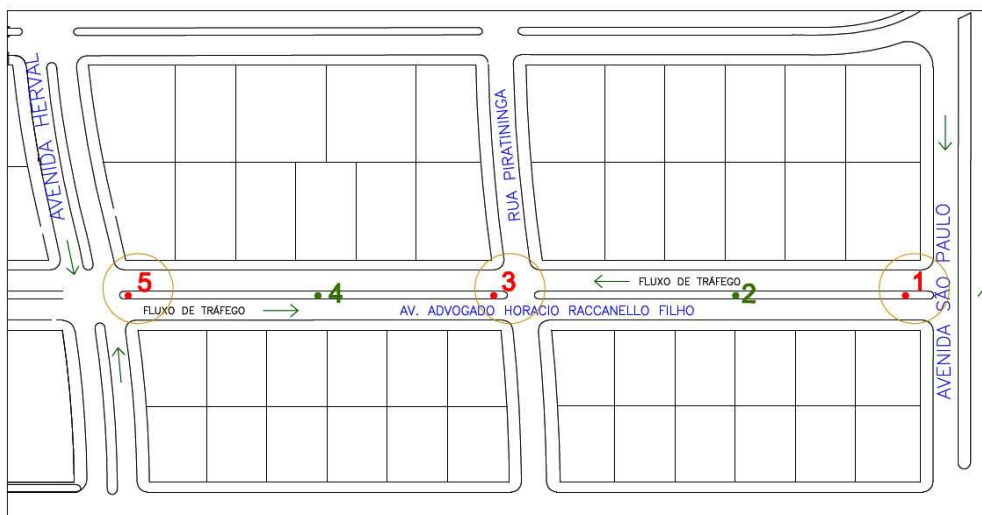


Figura 23 – Pontos de maior ruído na Avenida Horácio Racanello



Figura 24 – Cruzamento Avenida Horácio Racanello com Rua Piratininga

4.2 MAPEAMENTO DO RÚIDO 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 Figuras 25 e 26). 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. No entanto, 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 o nível permitido pela legislação.

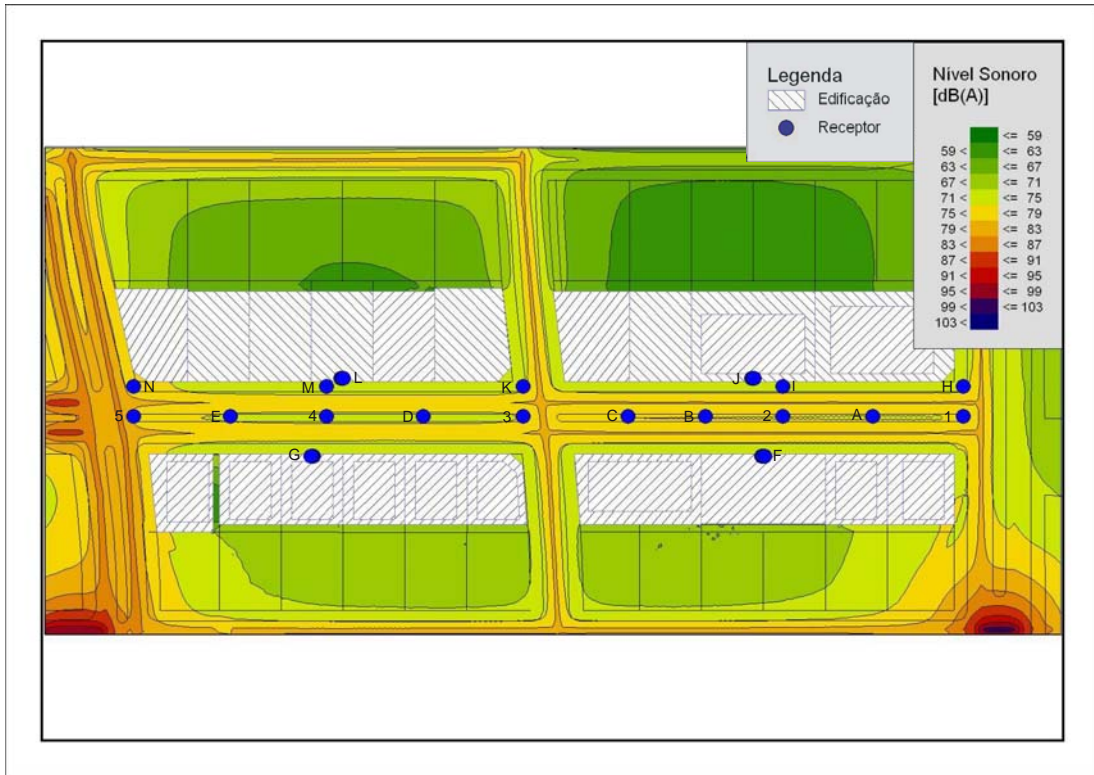


Figura 25 – Mapa do ruído em dB(A)

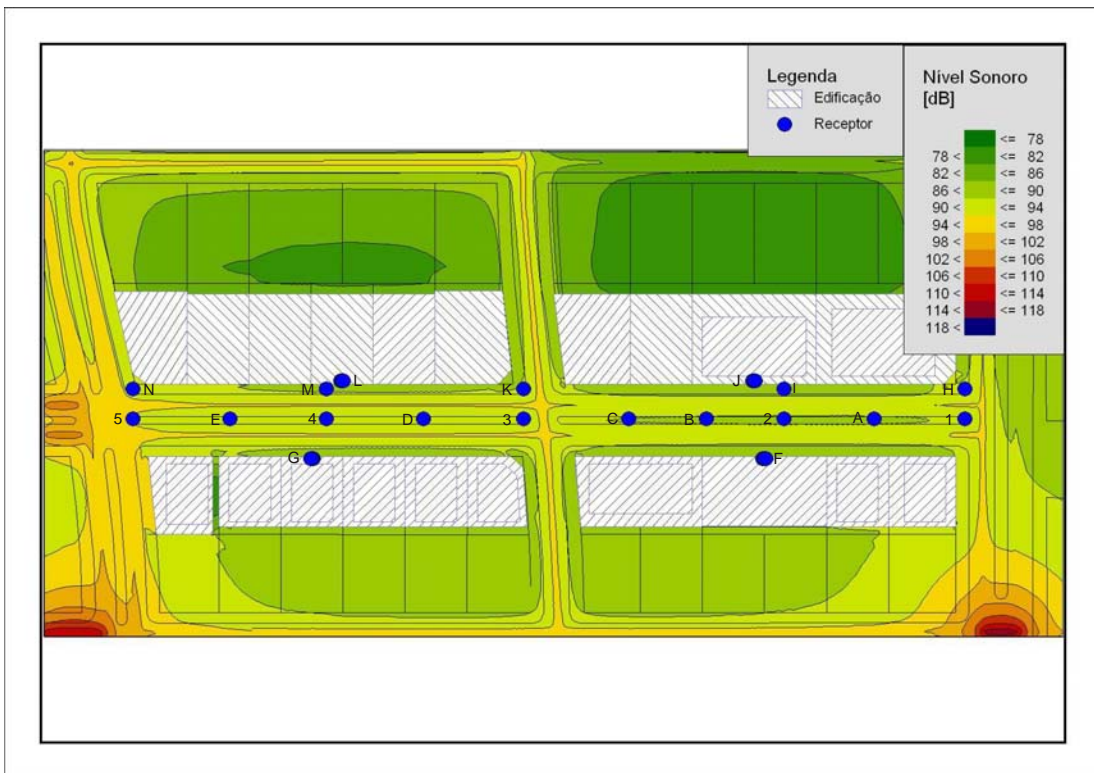


Figura 26 – Mapa do ruído em dB

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, os níveis de critério de avaliação do ruído são de 55dB(A) para o período diurno e 50dB(A) para o período noturno. Considerando o segundo caso, o nível aumenta para 60dB(A) para o período diurno e 55dB(A) para o noturno. O espectro sonoro para as bandas de oitava dos pontos locados *in situ* e dos pontos inseridos na simulação pode ser observado nas Tabelas 2 e 3 a seguir, sendo que LD é o valor do ruído previsto para um período de 24horas.

Tabela 2: Espectro sonoro para banda de oitava em dB(A)
Fonte: Dados obtidos com o software SoundPLAN 6.4[®]

RECEPTORES	ESPECTRO SONORO EM dB(A)								
PONTO	LD	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz
1	75,7	58,0	60,9	58,6	58,9	65,4	66,7	58,2	49,6
H	73,5	55,2	58,2	57,8	57,2	63,3	64,4	56,0	46,4
2	75,0	56,2	60,0	56,9	58,0	64,8	66,5	56,6	49,0
I	73,2	54,4	57,6	56,1	56,3	63,0	64,6	54,6	46,1
3	75,3	57,2	61,1	59,7	60,5	65,0	65,1	59,6	49,2
K	73,5	54,9	58,8	58,7	59,0	63,1	63,3	57,4	46,5
4	74,4	56,4	60,5	58,8	59,6	64,1	64,1	59,1	49,6
M	72,7	54,5	58,1	58,0	57,9	62,3	62,5	57,1	47,7
5	78,6	60,3	63,5	61,8	62,0	66,6	68,0	61,7	67,3
N	76,9	58,2	61,7	61,2	60,6	65,1	66,6	60,1	64,8
E	74,7	56,7	60,7	58,9	59,6	64,2	64,5	59,3	54,0
D	74,4	56,4	60,5	58,8	59,6	64,0	64,1	59,0	48,4
C	75,1	56,4	60,2	57,1	58,0	64,9	66,4	57,0	49,1
B	75,0	56,3	60,0	57,0	58,0	64,9	66,5	56,7	49,0
A	75,0	56,3	60,0	57,0	58,0	64,8	66,4	56,5	49,0
L 22	69,3	51,3	55,9	54,2	53,4	58,8	59,3	53,5	43,6
L 35	67,4	50,0	54,3	52,0	51,1	56,7	57,4	51,2	41,3
L 48	65,4	48,6	52,4	50,0	48,9	54,6	55,5	48,8	39,7
G 22	69,3	51,3	55,9	54,0	53,3	58,7	59,3	53,5	44,8
G 35	67,3	50,0	54,1	51,8	50,9	56,5	57,3	51,1	42,9
G 48	65,3	48,4	52,1	49,7	48,7	54,5	55,4	48,7	41,3
J 22	69,8	51,3	55,5	52,3	51,8	59,3	61,3	51,2	41,2
J 35	67,8	50,0	53,8	50,2	49,5	57,2	59,2	49,0	37,9
J 48	65,6	48,5	51,9	48,2	47,3	55,0	56,9	46,6	34,3
F 22	69,8	51,1	55,5	52,3	51,8	59,4	61,4	51,2	41,2
F 35	67,8	49,8	53,8	50,2	49,6	57,3	59,4	49,0	38,0
F 48	65,6	48,3	51,7	48,1	47,4	55,1	57,0	46,6	34,5

Tabela 3: Espectro sonoro para banda de oitava em dB
Fonte: Dados obtidos com o software SoundPLAN 6.4®

RECEPTORES	ESPECTRO SONORO EM dB								
	PONTO	LD	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1KHz	2KHz	4KHz
1	91,7	84,4	76,8	67,0	62,0	65,0	64,8	56,6	50,5
H	88,9	81,5	73,8	65,9	59,9	62,5	62,1	54,1	46,9
2	90,8	83,4	75,8	65,2	60,9	64,2	64,2	55,1	49,5
I	87,7	80,3	72,5	63,1	57,7	61,0	61,2	52,0	45,0
3	91,9	84,2	77,1	68,1	63,6	64,6	63,2	58,1	50,0
K	89,5	81,7	74,5	66,8	61,7	62,4	61,1	55,5	47,0
4	91,4	83,7	76,3	67,0	62,5	63,4	62,1	57,2	50,5
M	88,3	80,6	73,2	64,7	59,2	60,4	59,6	54,0	48,0
5	94,0	86,6	79,4	70,3	65,2	66,3	66,4	60,4	68,3
N	91,5	84,1	76,7	68,8	63,0	64,0	64,1	57,8	65,1
E	91,9	84,2	76,8	67,2	62,5	63,7	62,8	57,7	55,3
D	91,2	83,4	76,1	67,0	62,5	63,4	61,9	57,1	49,0
C	90,7	83,4	75,8	65,3	60,9	64,2	64,2	55,2	49,6
B	90,7	83,3	75,7	65,2	60,9	64,1	64,2	55,0	49,5
A	91,1	83,7	76,1	65,3	60,9	64,3	64,4	55,5	49,6
L 22	86,4	78,7	72,1	61,2	54,6	57,5	57,6	51,1	45,3
L 35	85,7	78,0	71,3	59,9	52,7	56,4	56,7	49,7	44,1
L 48	85,0	77,4	70,6	58,9	51,4	55,5	56,1	48,7	42,8
G 22	87,1	79,4	72,8	61,8	55,0	58,1	58,3	51,8	47,6
G 35	86,3	78,6	72,0	60,5	53,3	57,1	57,5	50,6	46,4
G 48	85,7	78,0	71,3	59,6	52,0	56,2	56,8	49,6	45,0
J 22	85,8	78,2	71,4	59,8	53,2	57,7	58,4	49,3	39,6
J 35	85,0	77,4	70,6	58,6	51,4	56,4	57,1	48,2	36,5
J 48	84,4	76,8	70,0	57,7	50,1	55,5	56,2	47,3	33,9
F 22	86,4	78,8	72,1	60,4	53,6	58,2	58,8	50,2	39,9
F 35	85,7	78,1	71,3	59,3	52,0	57,0	57,6	49,2	37,1
F 48	85,1	77,4	70,7	58,4	50,8	56,1	56,7	48,4	34,7

Os dados do espectro para cada ponto simulado são importantes, pois, podem auxiliar como ferramenta de atenuação acústica nas fachadas das edificações, por exemplo, no dimensionamento e materiais construtivos das janelas.

4.3 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 27, 28, 29 e 30 referentes aos valores em dB(A) e dB.

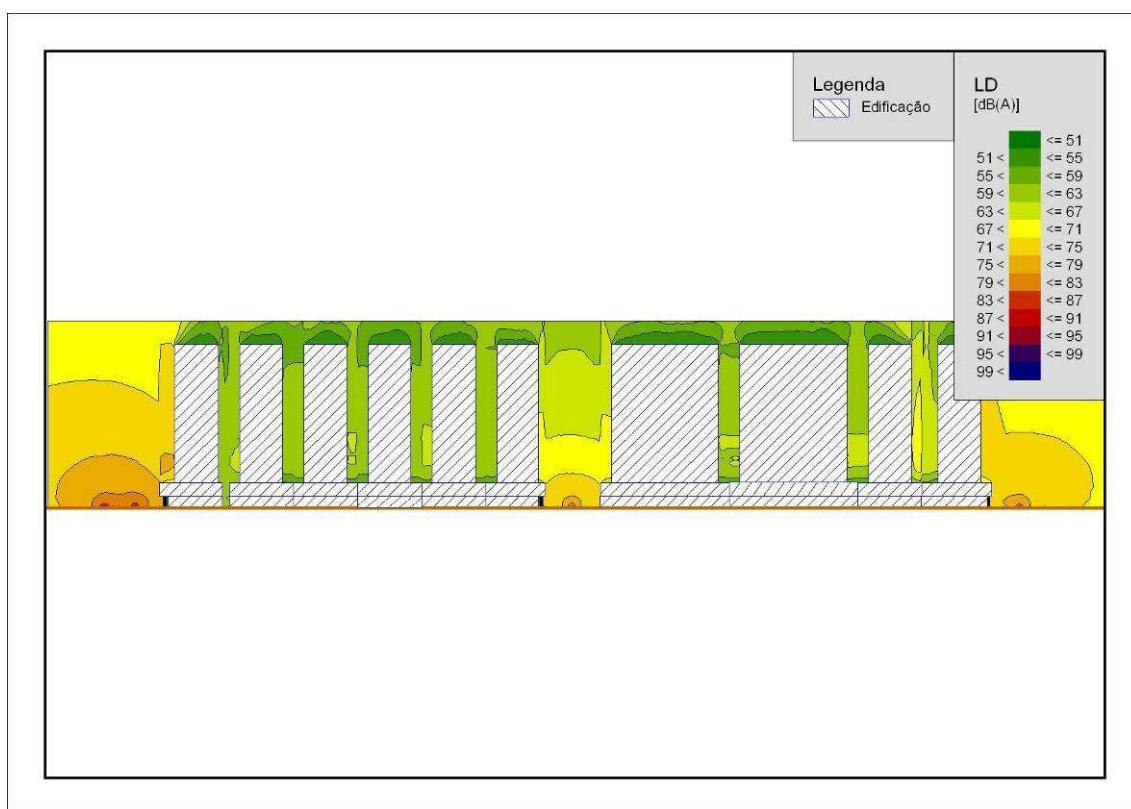


Figura 27 – Mapa do ruído da seção longitudinal em dB (A)

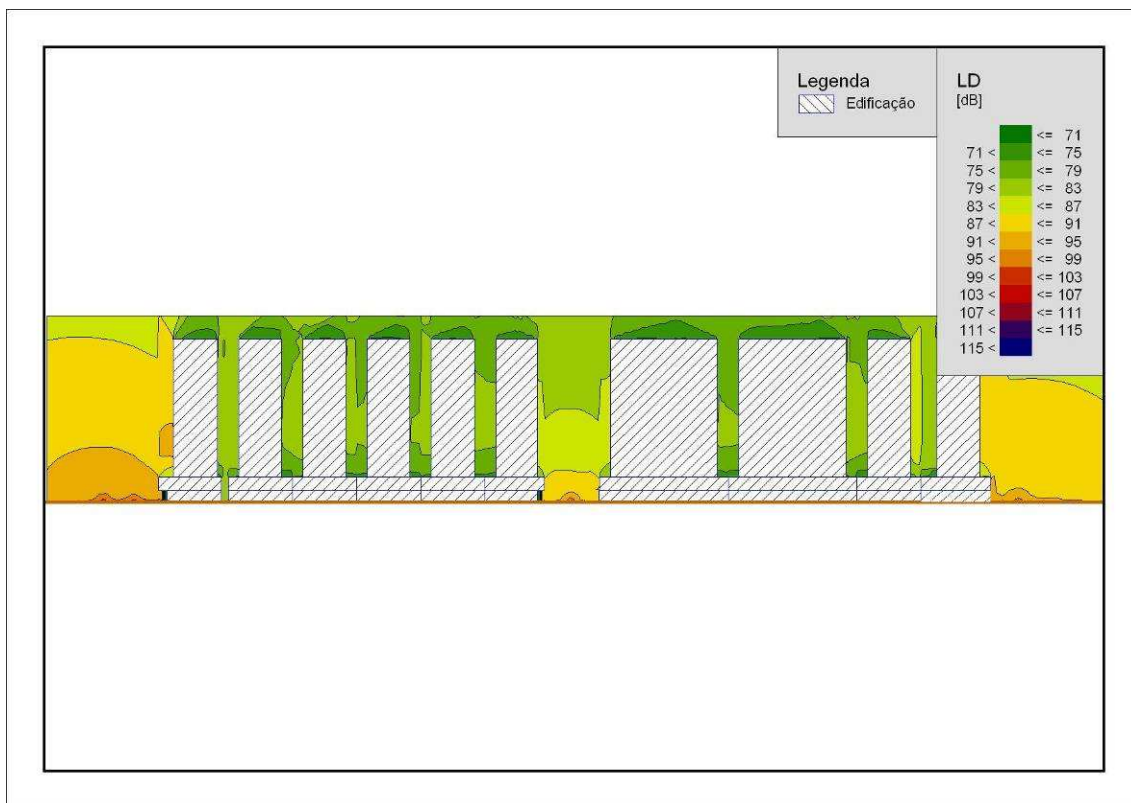


Figura 28 – Mapa do ruído da seção longitudinal em dB

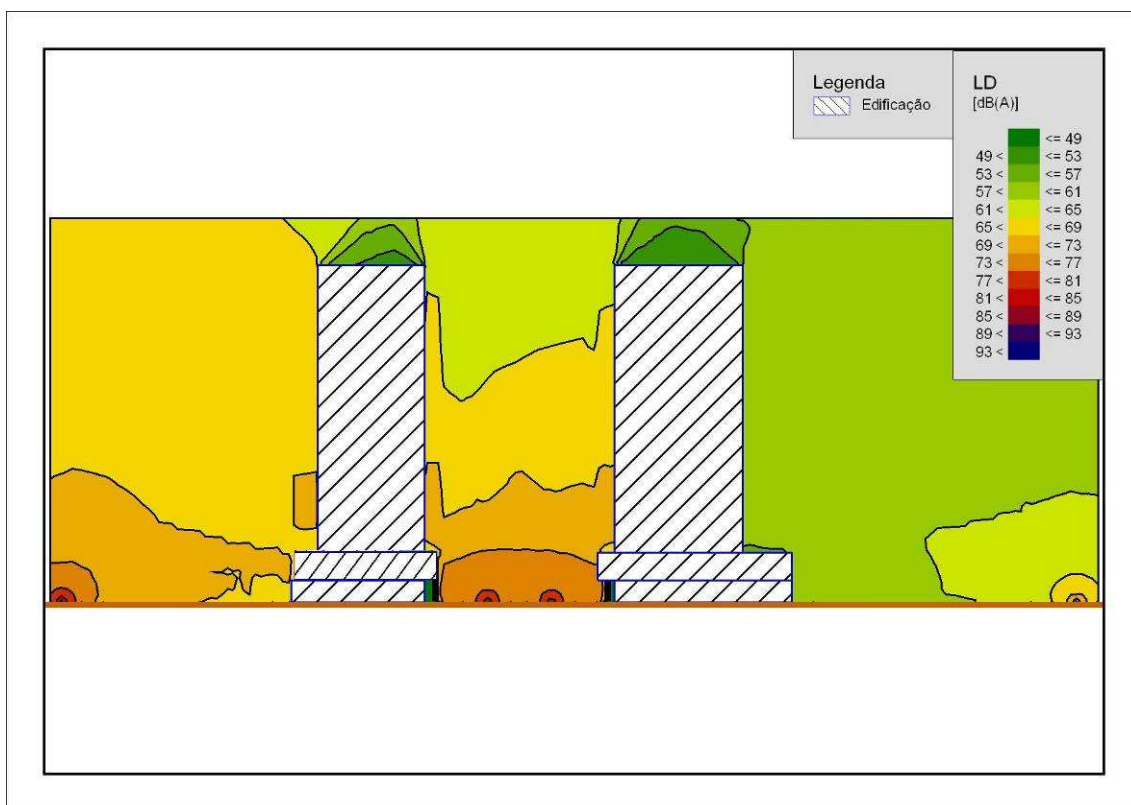


Figura 29 – Mapa do ruído da seção transversal em dB (A)



Figura 30 – Mapa do ruído da seção transversal em dB

4.4 ANÁLISE DO RUÍDO APÓS A IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA BINÁRIO DE TRÂNSITO

Foram realizadas medições, modelagens e simulações do gabarito máximo das construções do Novo Centro para análise do ruído após a implantação do sistema binário na cidade. O sistema modificou o sentido do tráfego da Avenida São Paulo e da Avenida Herval, mantendo as quatro pistas de rolamento de cada avenida em um mesmo sentido (Figura 31).

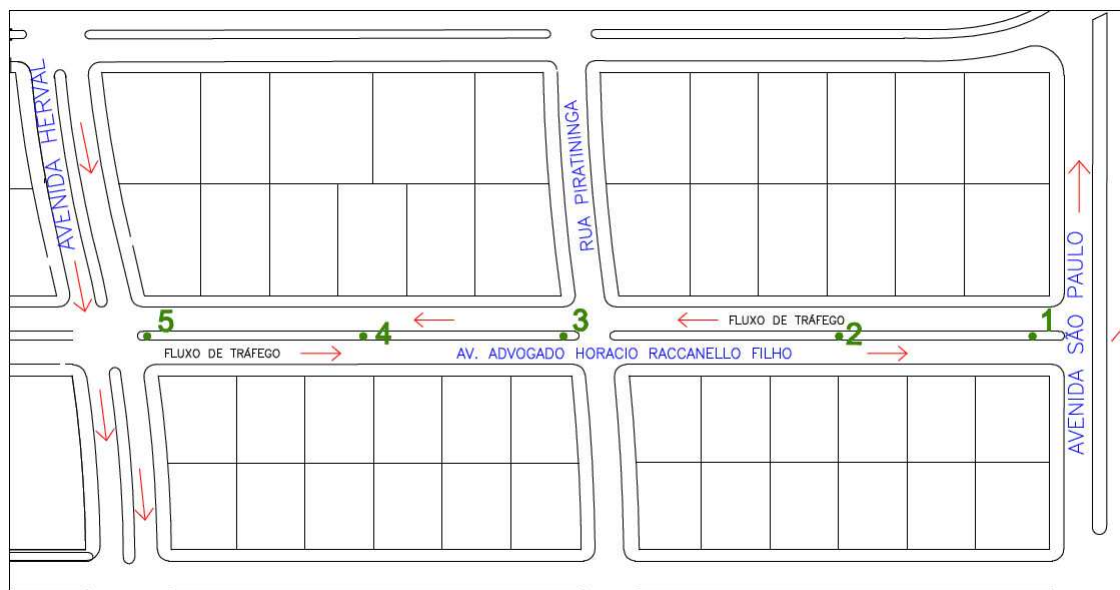


Figura 31 – Novo sentido de tráfego do Novo Centro após a implantação do sistema binário

4.4.1 MONITORAMENTO DO RUÍDO URBANO APÓS A IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA BINÁRIO

O monitoramento do ruído para análise do impacto do sistema binário na região do Novo Centro foi realizado com a mesma metodologia da primeira medição, nos 5 pontos *in loco*. Entretanto, dessa vez foi utilizado o sonômetro da marca Solo modelo 01dB em dois dias (28 de Maio de 2010 e 07 de Junho de 2010) de medições (Figura 32). Esse equipamento mede o espectro sonoro e os níveis estatísticos L₁₀, L₅₀ e L₉₀ para as frequências da banda de oitava (Figura 33) e foi calibrado e corrigido em relação aos equipamentos utilizados na primeira medição.



Figura 32 – Medição *in loco* com o sonômetro da Solo, modelo 01dB



Figura 33 – Sonômetro da Solo, modelo 01dB

Os dados do monitoramento podem ser observados na Tabela 4. Os maiores valores obtidos foram para os pontos localizados nos cruzamentos: pontos 1e 3.

Tabela 4: Espectro sonoro para banda de oitava
Fonte: Dados obtidos com o equipamento da Solo, modelo 01dB

Frequências	Valores em dB				
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
63	85,2	81,7	88,1	85,3	82,6
125	81,8	77,9	83,3	82,0	81,0
250	77,6	72,9	77,9	73,7	77,7
500	73,9	70,1	75,4	70,5	75,7
1K	72,8	68,7	73,4	69,0	73,1
2K	69,8	66,8	70,3	66,3	69,0
4K	65,7	60,7	64,4	59,9	65,2
8K	59,7	54,6	57,6	57,4	59,7
NIS	87,8	84,0	90,0	87,4	86,4

Comparando-se os espectros da primeira medição com os dados da segunda medição, tem-se um aumento nos valores da segunda medição, observado na Tabela 5, sendo as maiores variações nos pontos 3 e 4. Provavelmente esse aumento no valores remete ao ruído de impacto da construção, observado no segundo monitoramento.

Tabela 5: Variação em dB em relação às medições antes e depois da implantação do binário

<i>Frequências</i>	<i>Valores em dB</i>				
<i>Hz</i>	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
63	-1,0	-1,5	-6,0	-5,0	-1,3
125	-1,3	-0,9	-4,6	-5,3	-3,6
250	-2,2	-1,3	-5,4	-3,9	-4,6
500	-3,0	-2,2	-7,8	-4,1	-7,7
1K	-4,0	-2,8	-5,2	-2,1	-5,4
2K	-1,2	-4,2	-2,7	-0,7	-3,7
4K	-4,0	-2,0	-4,3	-3,5	-6,7
8K	14,5	-3,1	1,0	-4,8	-5,9
NIS	-1,1	-1,4	-5,6	-4,9	-2,8

Após a coleta, elaborou-se uma planilha com os dados, que, em seguida, foram inseridos no software de simulação computacional SoundPLAN 6.4[®] utilizando a mesma modelagem com o gabarito máximo e os 22 pontos inseridos na simulação. O programa simulou o comportamento do ruído de tráfego para o gabarito máximo das construções da avenida.

4.4.2 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 Figuras 34 e 35). Observa-se que esse valor de atenuação é o mesmo encontrado na primeira simulação.



Figura 34 – Mapa do ruído em dB(A)

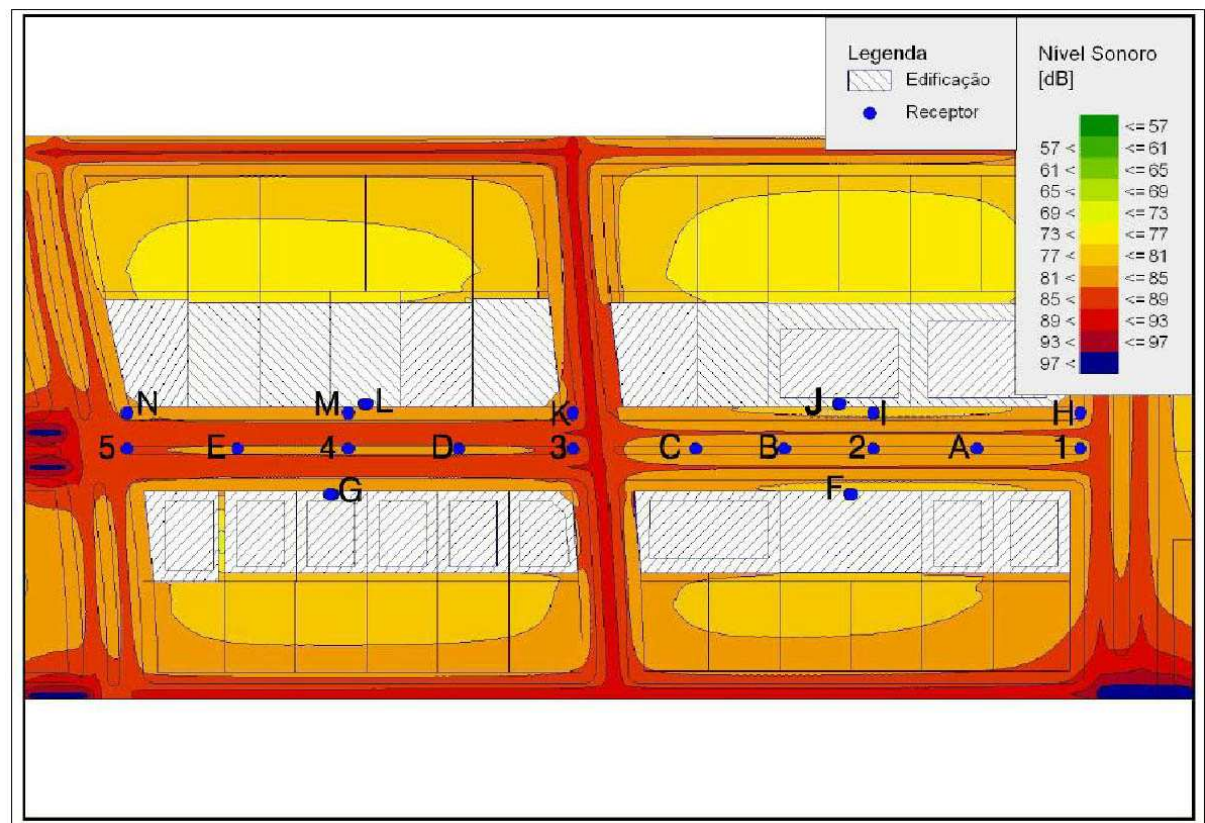


Figura 35 – Mapa do ruído em dB

O espectro sonoro para as bandas de oitava dos pontos locados *in situ* e dos pontos inseridos na simulação pode ser observado nas Tabelas 6 e 7 a seguir.

Tabela 6: Espectro sonoro para banda de oitava em dB, após a implantação do sistema binário

Fonte: Dados obtidos com o software SoundPLAN 6.4®

<i>RECEPTORES</i>		<i>ESPECTRO SONORO EM dB</i>								
PONTO	LD	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz	
1	84,0	77,2	69,5	61,0	56,8	58,6	57,7	52,2	44,7	
H	81,7	74,8	67,1	60,2	55,3	56,7	55,6	50,1	42,1	
2	82,6	75,8	67,4	58,3	54,6	56,2	55,9	49,2	41,6	
I	79,6	72,8	64,4	56,2	51,5	53,4	53,2	46,1	37,2	
3	86,5	79,8	72,1	62,1	58,3	59,6	58,2	51,6	45,6	
K	84,2	77,6	69,6	61,6	57,6	58,0	56,4	49,8	42,4	
4	84,8	78,0	70,7	59,1	55,1	56,5	55,5	48,5	44,4	
M	81,6	74,8	67,2	56,8	51,9	53,6	52,8	45,4	39,9	
5	85,8	78,8	72,3	62,4	59,0	59,9	58,1	52,6	47,1	
N	83,3	76,3	69,3	60,9	56,8	57,4	55,7	50,0	43,7	
E	84,9	78,0	70,9	59,2	55,1	56,7	55,7	48,9	44,5	
D	85,0	78,1	70,8	59,2	55,1	56,6	55,7	48,7	44,4	
C	83,1	76,4	68,1	58,5	54,8	56,6	56,3	49,5	41,9	
B	82,7	75,9	67,5	58,3	54,6	56,2	55,9	49,2	41,7	
A	82,8	76,0	67,7	58,4	54,7	56,4	56,2	49,6	41,8	
L22	79,4	72,5	65,6	53,4	47,5	50,8	50,7	42,8	34,6	
L35	78,3	71,6	64,5	52,0	45,7	49,6	49,7	41,6	31,6	
L48	77,5	70,8	63,6	51,0	44,4	48,8	48,9	40,6	29,0	
G22	79,6	72,8	65,8	53,8	47,8	51,2	51,0	43,3	34,8	
G35	78,6	71,8	64,7	52,4	46,1	50,0	50,1	42,1	31,9	
G48	77,8	71,0	63,9	51,4	44,9	49,2	49,3	41,1	29,4	
J22	78,1	71,4	63,9	52,9	47,1	50,6	51,0	43,3	32,0	
J35	77,4	70,7	63,2	51,7	45,3	49,6	50,1	42,0	29,2	
J48	76,9	70,2	62,6	50,7	44,1	48,7	49,3	41,0	26,9	
F22	78,6	71,9	64,4	53,4	47,4	51,1	51,4	43,8	32,4	
F35	77,9	71,3	63,7	52,2	45,8	50,1	50,5	42,6	29,7	
F48	77,3	70,7	63,0	51,3	44,6	49,2	49,7	41,5	27,5	

Tabela 7: Espectro sonoro para banda de oitava em dB(A), após a implantação do sistema binário**Fonte: Dados obtidos com o software SoundPLAN 6.4®**

<i>RECEPTORES</i>		<i>ESPECTRO SONORO EM dB(A)</i>							
PONTO	LD	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz
1	68,9	50,6	53,4	52,5	53,7	58,8	59,3	53,5	43,8
H	67,4	48,3	51,5	52,1	52,5	57,3	57,7	51,8	41,5
2	67,1	47,9	51,4	50,1	51,7	56,8	58,0	51,0	41,1
I	65,4	46,2	49,1	49,3	50,2	55,1	56,3	49,1	38,2
3	70,1	53,2	56,3	53,7	55,3	59,9	60,0	53,2	44,8
K	68,9	51,3	54,3	53,6	54,9	58,8	58,7	51,8	42,0
4	67,9	51,4	55,4	50,9	52,2	57,2	57,7	50,4	43,9
M	66,1	49,4	53,0	50,1	50,6	55,5	56,0	48,6	41,1
5	70,2	52,4	56,3	53,9	55,9	60,1	59,7	53,9	46,2
N	68,5	50,2	54,3	53,2	54,4	58,4	58,0	52,1	43,6
E	67,9	51,5	55,5	51,0	52,2	57,3	57,8	50,7	44,0
D	67,9	51,4	55,5	51,0	52,2	57,3	57,9	50,6	43,9
C	67,5	48,7	52,3	50,4	51,9	57,2	58,4	51,4	41,4
B	67,2	48,1	51,5	50,1	51,7	56,9	58,1	51,1	41,1
A	67,1	48,1	51,6	50,2	51,8	56,9	58,0	51,2	41,2
L22	62,8	46,1	50,7	46,4	46,2	52,1	52,9	54,1	36,1
L35	60,9	44,8	49,1	44,4	44,0	50,0	50,9	41,9	32,9
L48	58,9	43,3	47,0	42,4	41,8	48,1	49,0	40,7	29,4
G22	62,7	46,0	50,6	46,2	46,0	51,9	52,7	45,0	36,1
G35	60,7	44,6	48,7	44,1	43,8	49,8	50,7	42,8	32,8
G48	58,6	42,9	46,6	42,0	41,6	47,9	48,8	40,6	29,3
J22	62,1	43,5	47,4	45,6	45,7	51,7	53,1	45,6	33,4
J35	60,2	42,4	46,0	43,6	43,5	49,7	51,2	43,4	30,2
J48	58,3	41,3	44,5	41,7	41,3	47,7	49,2	41,1	26,8
F22	62,1	43,3	47,4	45,6	45,7	51,7	53,1	45,6	33,4
F35	60,2	42,2	46,0	43,6	43,5	49,7	51,2	43,5	30,3
F48	58,3	41,0	44,3	41,7	41,4	47,7	49,2	41,2	26,9

Comparando-se os dados dos mapas de ruído da primeira e da segunda medição, observou-se que a implantação do sistema binário na região resultou em um decaimento do ruído de tráfego no cânion da Avenida Horácio Racanello entre 5 e 6dB. Entretanto, apesar dessa atenuação sonora, os níveis de pressão sonora não estão dentro dos limites de ruído estipulados pelo Projeto de Lei Complementar N° 218/98 da cidade de Maringá (em anexo). A legislação estabelece o valor máximo de 55dB(A) para o nível de ruído externo durante o dia e a simulação mostrou que o ruído poderá alcançar a faixa de 65 a 69dB(A), ultrapassando o valor da legislação entre 10 a 14dB.

4.4.3 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[®] após a implantação do Sistema Binário mostram atenuação escalonada conforme aumenta a altura das edificações, sendo que na parte mais baixa da edificação o nível sonoro está entre 68dB(A) e 72dB(A) e na parte superior entre 60dB(A) e 64dB(A), resultando em um decaimento de até 8dB conforme aumenta a altura das edificações. A seguir estão as figuras 36, 37, 38 e 39 referentes aos valores em dB(A) e dB dos mapas.

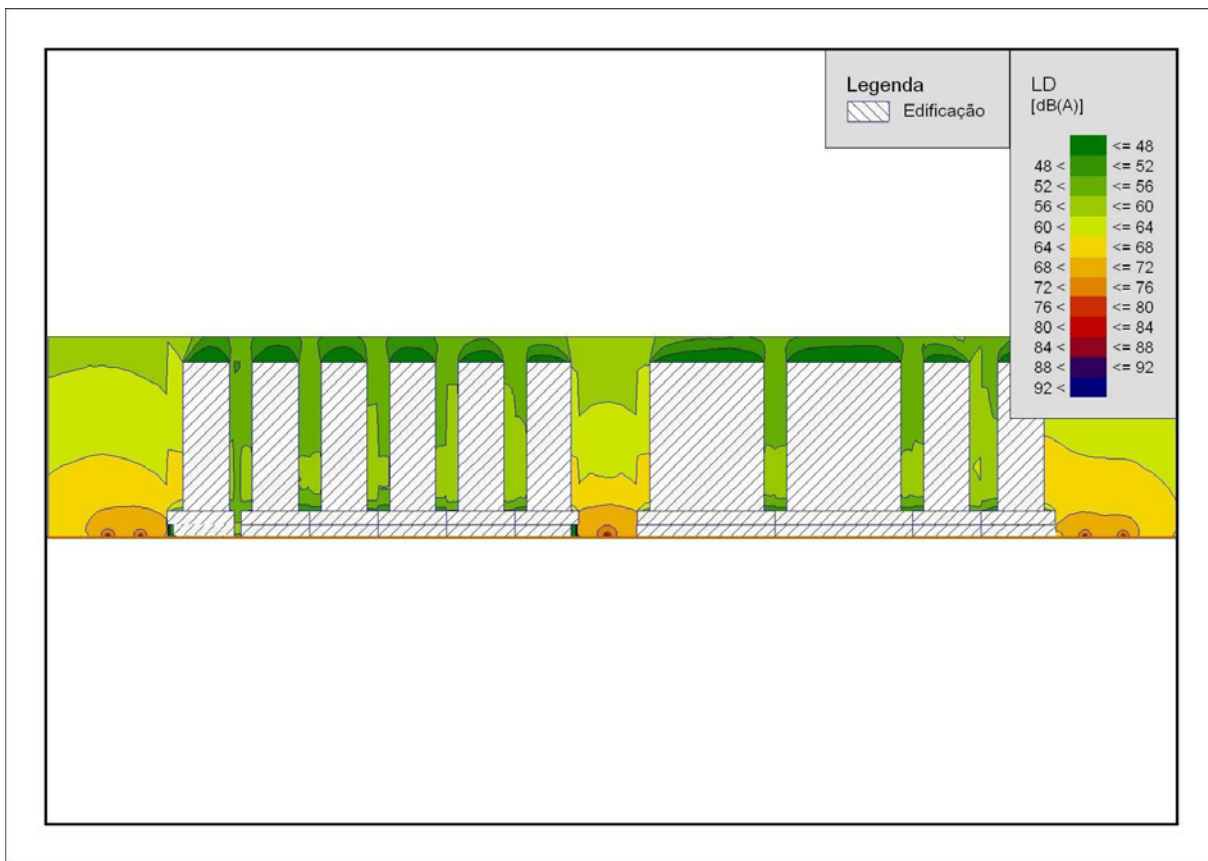


Figura 36 – Mapa do ruído da seção longitudinal em dB(A)

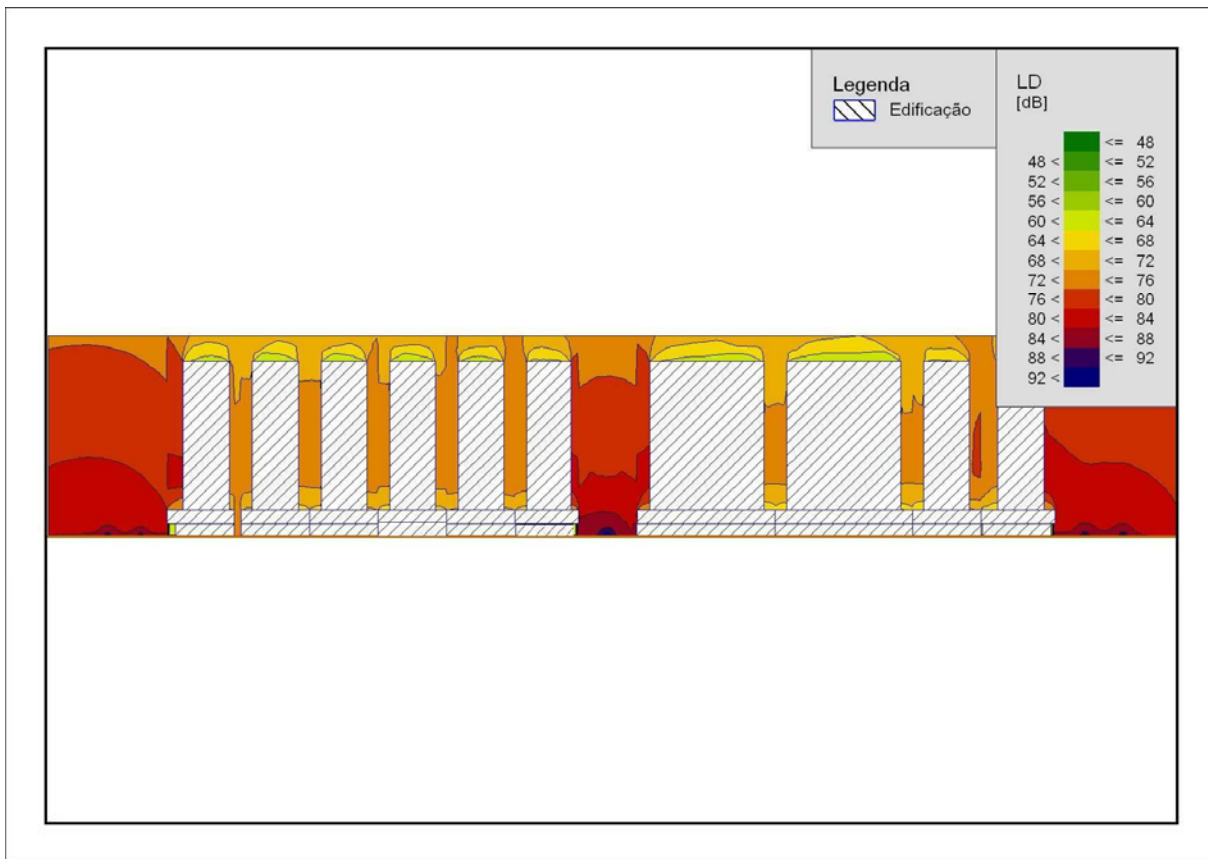


Figura 37 – Mapa do ruído da seção longitudinal em dB

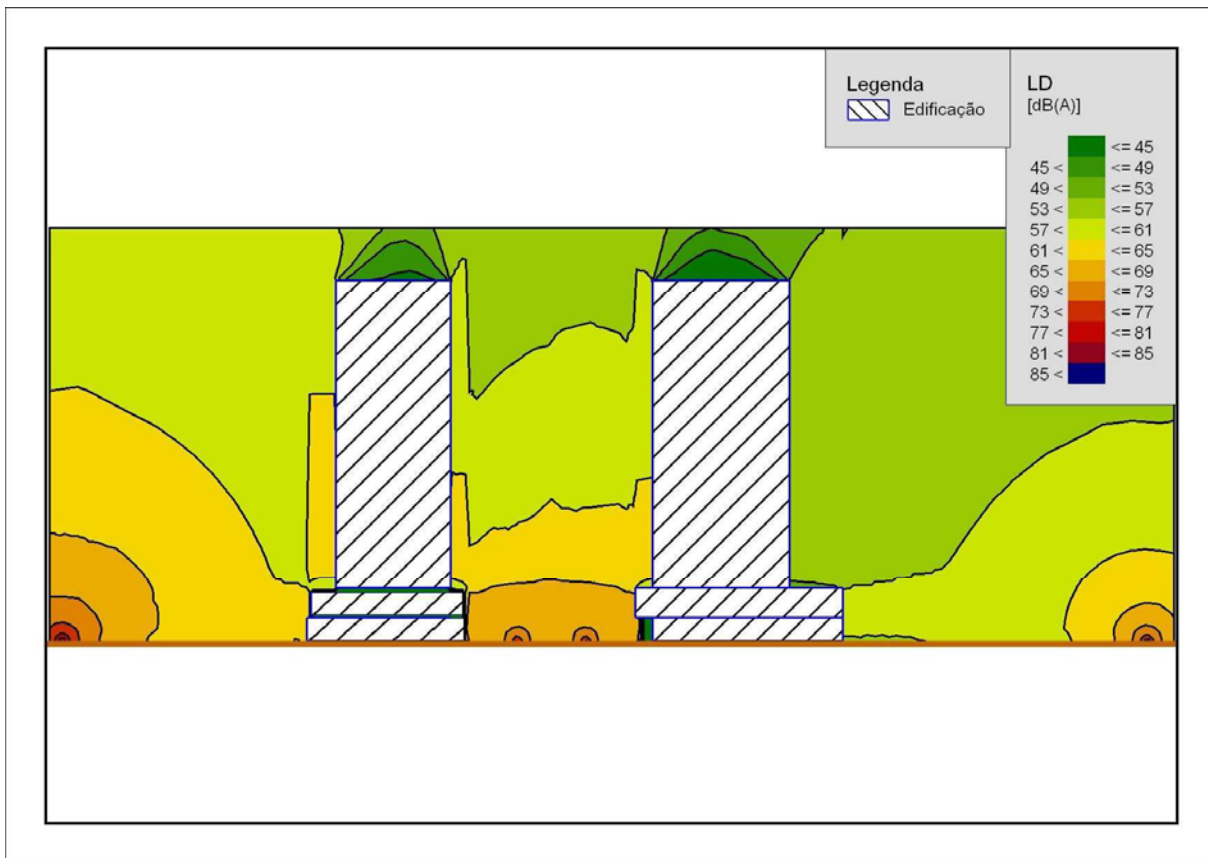


Figura 38 – Mapa do ruído da seção transversal em dB(A)

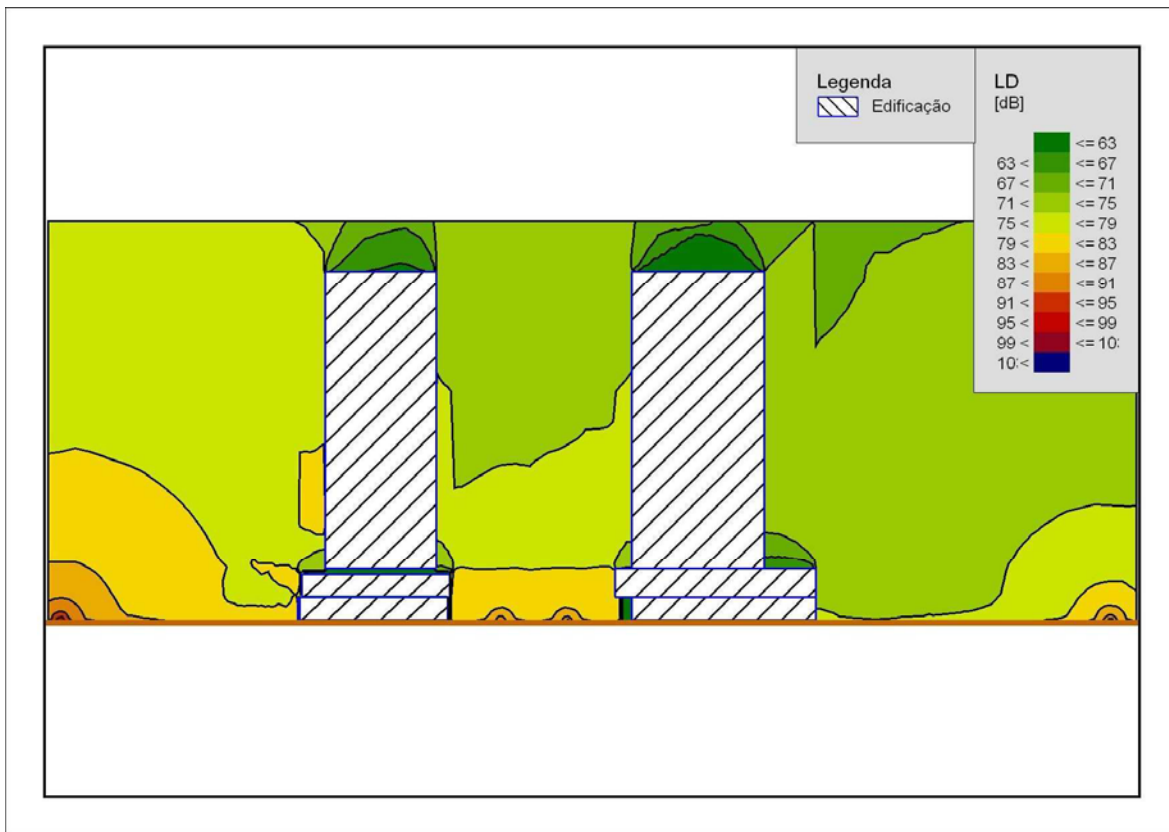


Figura 39 – Mapa do ruído da seção transversal em dB(A)

Para a validação da atenuação sonora escalonada nas fachadas, foram realizadas medições nas alturas de 22 metros e 35 metros em um dos edifícios da Avenida Horário Racanello (ilustrado na Figura 40), simultâneas com as medições em terra na altura de 1,20m (Figura 41). Para as medições nas alturas de 22 e 35m foi utilizado o sonômetro da marca Solo modelo 01dB, e para as medições em solo foram utilizados dois medidores de nível de pressão sonora da marca 01dB, modelo SdB02+; o primeiro mediu o espectro sonoro e o outro os níveis estatísticos L₁₀, L₅₀ e L₉₀. Antes de iniciar as medições, foi realizada a calibração dos equipamentos.



Figura 40 – Indicação das alturas das medições simultâneas no térreo e na fachada do edifício

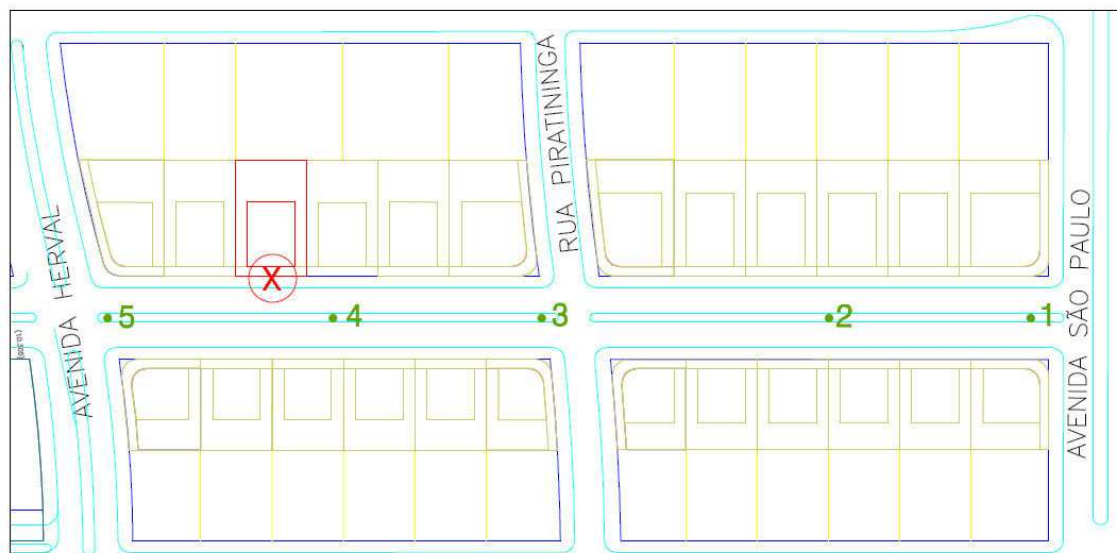


Figura 41 – Indicação do local de medição simultânea no térreo e na fachada do edifício

Os dados das medições podem ser observados na Tabela 8 para as alturas de 1,20m no térreo e 22m, e Tabela 9 para as alturas de 1,20m no térreo e 35m.

Tabela 8: Espectro sonoro para banda de oitava na altura de 22m**Fonte: Dados obtidos com os equipamentos da Solo, modelo 01dB e 01dB, modelo SdB02+**

Frequências	Valores em dB		
Hz	Térreo	22m	Variação
63	82,8	74,6	8,2
125	74,0	74,3	-0,3
250	67,4	67,7	-0,3
500	75,5	65,8	9,7
1K	66,6	66,9	-0,3
2K	64,5	63,7	0,8
4K	65,0	56,4	8,6
8K	-	46,6	-
NIS	84,3	78,6	5,6

Tabela 9: Espectro sonoro para banda de oitava na altura de 35m**Fonte: Dados obtidos com os equipamentos da Solo, modelo 01dB e 01dB, modelo SdB02+**

Frequências	Valores em dB		
Hz	Térreo	35m	Variação
63	86,7	76,5	10,2
125	78,9	74,1	4,8
250	74,8	68,4	6,4
500	76,5	65,5	11,0
1K	71,8	64,4	7,4
2K	66,7	62,5	4,2
4K	60,6	57,7	2,9
8K	-	48	-
NIS	88,1	79,3	8,7

De acordo com os valores das medições simultâneas, pode-se observar que ocorre uma atenuação média 5,6 dB em relação ao térreo e a altura de 22m e de 8,7 dB em relação ao térreo e a altura de 35m. Para os valores obtidos com a simulação do SoundPLAN 6.4[®] da primeira medição, o decaimento referente à altura de 22m está em torno de 4dB e para a altura de 35m em torno de 8dB. A comparação dos dados medidos e simulados validam as duas metodologias de cálculo do ruído.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Os dados obtidos com as medições *in loco* e com a simulação computacional, mostram que a região da Avenida Horácio 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.

Através dos dados medidos *in loco* e dos resultados das simulações, constata-se que a região da Avenida Horário Racanello enquanto cânion urbano, apresentará níveis de pressão sonora acima dos permitidos pelas legislações. O Projeto de Lei Complementar N° 218/98 estabelece o valor máximo de 55dB(A) para o nível de ruído durante o dia para áreas externas. A primeira simulação indicou níveis nas fachadas entre 71 e 75dB(A), ultrapassando em até 20 dB o nível permitido pela legislação; a segunda simulação, após a implantação do sistema binário de tráfego com a mudança do sentido de fluxo em algumas avenidas, os níveis de pressão sonora diminuíram, ficando entre 65 a 69dB(A) nas fachadas, entretanto, ainda permanecendo entre 10 e 14 dB acima dos permitidos.

Nas duas simulações os mapas de ruído mostraram que ocorre atenuação sonora no entorno do cânion de até 12dB. Essa atenuação pode ser entendida como uma barreira de proteção para as áreas adjacentes, caracterizando um ponto positivo dos cânions.

Através da simulação e de medições *in loco*, foi possível avaliar e validar a atenuação sonora conforme aumenta a altura das fachadas das edificações.

Em relação à localização dos receptores, os cinco pontos medidos *in loco* foram suficientes para a inserção dos dados no software de modelagem e simulação SoundPLAN 6.4[®]. Como a área do Novo Centro ainda não apresenta todos os prédios construídos, o programa foi uma ferramenta bastante útil para a geração dos mapas de ruído para análise do comportamento sonoro do ruído de tráfego. Os mapas podem ser utilizados como instrumento de planejamento urbano para assegurar o conforto acústico de uma região, mesmo antes de se determinar os gabaritos construtivos e normas de uso e ocupação do solo. A comparação entre os dados medidos e os dados simulados valida as duas metodologias de cálculo do ruído.

Para o desenvolvimento de trabalhos futuros, sugere-se o acompanhamento anual da evolução do ruído do Novo Centro conforme as edificações são construídas; estudo das características construtivas, materiais e dimensões das janelas das fachadas para assegurar conforto acústico de acordo com os dados obtidos da atenuação escalonada.

6 REFERÊNCIAS

ACIOLI, José de Lima. **Física básica para arquitetura: mecânica, transmissão de calor, acústica**. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1994.

ALMEIDA, M.; BRAGANÇA, L.; NOGUEIRA, M. Mapa de ruído de Guimarães Comparação e validação dos resultados obtidos através de um método de simulação automático. **Acústica 2004**, Portugal, 2004.

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.

ARNFIELD, A. John; GRIMMOND, C.S.B. **An urban canyon energy budget model and its application to urban storage hat flux modeling**. Energy and Buildings, Bloomington, v.27, n. 1, p. 61-68, 1998.

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 revisão de modelos predictivos de ruído urbano. **TecniAcustica**, Madrid, 2000.

BALLOU, Glen M. **Handbook for sound engineers**. 3 ed. Elsevier, 2005.

BANERJEE, D. et al. Appraisal and mapping the spatial-temporal distribution of urban road traffic noise. **Spring**, v.6, n. 1, p. 325-335, 2009.

BERGER, E. H. et al. **The noise manual**. 5 ed. AIHA: 2003.

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. São Paulo: Edgar Blucher, 2006.

BRAGANÇA, Luís; FREITAS, Elisabete; PINHEIRO, Daniel. Eficácia das barreiras acústicas. Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho. Portugal, 2009.

BRAMBILLA, Giovanni. et al. Accuracy of temporal samplings of environmental noise to estimate the long-term L_{den} value. **INTER-NOISE**. Istanbul, 2007.

CALIXTO, Alfredo; DINIZ, Fabiano; ZANNIN, Paulo. Modelamento matemático da emissão sonora em rodovias federais que adentram Áreas urbanas. **Revista de Acústica**, Brasil, 2001.

CAMILO, T. S.; TENEMBAUM, R. A.; COELHO, J. L. B. Engenharia acústica auxiliada por computador: um método híbrido para simulação de acústica de salas. **1º Seminário de Engenharia de Áudio – SEMEA**. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2002.

CORDEIRO, Edivaldo Pellizzaro. Avaliação da propagação do ruído industrial na poluição sonora. 2009. 145f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

ESI ENGINEERING, INC. **Brief Technical Notes on Sound & Noise Control**. An Informational Series N9701, Minnesota, 2010.

FERREIRA, José A. C.; ZANNIN, P. H. T. Determinação de coeficientes de isolamento acústico: medições *in situ* e simulação computacional. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.7, n. 2, p.15-29, 2007.

FUJIMOTO, Antonio K. Estudo da qualidade acústica de salas residenciais para uso de sistema de áudio e vídeo. 2004. 99f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

GAJA, E. et al. Sampling techniques for the estimation of the annual equivalent noise level under urban traffic conditions. **Applied acoustics**, Spain, v.64, n. 1, p.43-53, 2003.

GERGES, Samir Nagi Yousri. **Ruído: fundamentos e controle**. 2ed. Florianópolis: S.N.Y, 2000.

Google Earth, 2010.

GUEDES, Reginaldo C. Projeto e construção de uma câmara reverberante em escala reduzida para a caracterização acústica de materiais absorventes. 2007. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

HENRIQUE, Luis L. **Acústica musical**. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa: 2002.

HORNIKX, M.; FORSSÉN, J. Noise abatement schemes for shielded canyons. **Applied acoustics**. Sweden, v.70, n. 1, p. 267-283, 2009.

HOROSHENKOV, K. V. et al. Scale modeling of sound propagations in a city street canyon. **Journal of Sound and Vibration**, England, v.223, n. 1, p. 795-819, 1999.

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.

JAIN, S. S. et al. Urban Transport Environment Interaction – Defining a National level. Centre of Transportation Engineering (COTE), Department of Civil Engineering. Indian Institute of Technology Roorkee. Roorkee, 2001.

KARAM, Hugo Abi; FILHO, J. Pereira. Revisão dos métodos de Penmam e Penmam-Monteith e sua aplicação a cânions urbanos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.21, n. 1, p.86-106, 2006.

KLÆBOE, R. Are adverse impacts of neighborhood noisy areas the flip side of quiet area benefits?. **Science Direct**, Norway, v.68, n. 1, p. 557-575, 2007.

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.

LEE, C. S. Y., FLEMING, G.G. Measurement of Highway-Related Noise. U.S. Department of Transportation. Cambridge, 1996.

LISOT, Aline. et al. Simulação do desempenho de barreiras acústicas para atenuação do ruído de tráfego. **1º Seminário de Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá – SEUEM**. Maringá: 2007.

LISOT, Aline. Ressonadores de Helmholtz em barreiras acústicas: avaliação do desempenho na atenuação do ruído de tráfego. 2008. 186f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

LISOT, Aline; VALQUES, Igor; e, SOARES, Paulo. O desempenho de massas arbóreas na atenuação do ruído urbano. **XCBAU – Congresso Brasileiro de Arborização Urbana**. Maringá: 2009.

MACIEL, B. A. et al. Modelagem do ruído urbano como instrumento de gestão ambiental. **XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p.5301-5307. Natal: INPE, 2009.

MAGRINI, Anna; RICCIARDI, Paola. **Curso de Acústica Arquitetônica**. UEM-Universidade Estadual de Maringá. Maringá: 2009.

MAIA, Marco A. L. Contribuição ao mapeamento do ruído urbano na cidade de Porto Alegre – RS. 2003. 166f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

MALAFAIA, C.; SANTOS, M. J.; SLAMA, J. Integração de barreiras acústicas no contexto urbano. **ENCAC – ELACAC, 2005**. Maceió: 2005

MARCO, C. Silva de. **Elementos de Acústica Arquitetônica**. São Paulo: Nobel, 1982.

MORAES, E. et al. Mapa de ruídos da zona comercial de Belém, uma parcela do mapa de ruídos da cidade de Belém - Brasil. **TecniAcústica**, Espanha, 2003.

MORAES, E.; LARA, N. Método de elaboração de mapa de ruído com utilização de variáveis físicas e psicológicas: o exemplo de Belém – Brasil. **TecniAcústica**, Espanha, 2003.

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.

MARINGÁ (Câmara de Vereadores). Lei Complementar nº 331/99 de 23 de Dezembro de 1999. *Lex*: Dispõe sobre o uso e a ocupação do solo no Município de Maringá. Maringá.

Maringá em Destaque. Novo Centro – passado e presente. Disponível em: <http://www.maringaemdestaque.com/2008_12_01_archive.html>. Acesso em: 12 jun. 2009.

NIEMEYER, M. L.; SLAMA, J. G. in *Arquitetura: Pesquisa e Projeto*. São Paulo: Proeditores, 1998.

NICOL, F., WILSON, M. The effect of street dimensions and traffic density on the noise level and natural ventilation potential in urban canyons. **Science Direct**, London, v.36, n. 1, p. 423-434, 2004.

NUNES, Monica; RIBEIRO, Helena. Interferências do ruído do tráfego urbano na qualidade de vida: zona residencial de Brasília/DF. **Cadernos Metr pole**, São Paulo, v.1, n. 1, p.319-338, 2008.

PAN O, Marta; GONÇALVES, Heder; FERRÃO, Paulo. Numerical analysis of the street canyon thermal conductance to improve urban design and climate. **Building and Environment**, Lisboa, v.44, n. 1, p.177-187, 2009.

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.

PICAUT, J. John. et al. Experimental study of sound propagation in a street. **Applied acoustics**, Bouguenais Cedex, v.66, n. 1, p. 149-173, 2005.

RAMIS, Jaime. et al. Noise effects of reducing traffic flow through a Spanish city. **Applied acoustics**, Valencia, v.64, n. 1, p. 343-364, 2003.

RENTERGHEM, Timothy Van; BOTTELDOOREN, Dick. Reducing the acoustical façade load from road traffic with green roofs. **Building and Environment**, Gent, v.44, n. 1, p.1081-1087, 2009.

SHASHUA-BAR, Limor; HOFFMAN, E. Milo. Geometry and orientation aspects in passive cooling of canyon streets with trees. **Energy and Buildings**, Haifa, v.35, n. 1, p. 61-68, 2003.

SILVA, P rides. **Acústica arquitet nica**. Belo horizonte: Edi es Engenharia e Arquitetura, 1971.

SOUND RESEARCH LABORATORIES. **Noise control in industry**, 3th ed. London: E & F. N. Spon, 1991.

SoundPLAN Users Manual

SOUZA, Lea C. L. de; ALMEIDA, Manuela G. de; BRAGAN CA, Luís. **B - -b  da acústica arquitet nica**. Bauru: Edufscar, 2006.

THE ENGINEERING TOOLBOX, 2005.

TORIJA, Antonio J. et al. Obtaining of a factor to describe the anomalous sound events in traffic noise measurements. **19th International Congress on Acoustics**. Madrid, 2007.

WALERIAN, E; JANCZUR, R.; CZECHOWICZ, M. Sound level forecasting for city-centers. Part 1: sound level due to a road within an urban canyon. **Applied acoustics**, Poland, v.62, n. 1, p.359-380, 2001.

ANEXOS

ANEXO 1 – LEGISLAÇÃO DE MARINGÁ

PROJETO DE LEI COMPLEMENTAR N.º 218/98

LEI COMPLEMENTAR N.º 218/98

DISPÕE SOBRE O CONTROLE E A FISCALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES QUE GEREM POLUIÇÃO SONORA, IMPÕE PENALIDADES E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.

A CÂMARA MUNICIPAL DE MARINGÁ, ESTADO DO PRANÁ, aprovou e eu, PREFEITO MUNICIPAL, sanciono a seguinte LEI COMPLEMENTAR:

Art. 1.º É proibido perturbar o sossego e o bem-estar público com, ruídos, vibrações, sons excessivos ou incômodos de qualquer natureza produzidos por qualquer forma, que contrariem os níveis máximos de intensidade fixados por esta Lei.

§ 1.º As vibrações serão consideradas prejudiciais quando ocasionarem ou puderem ocasionar danos à saúde, ao bem-estar e ao patrimônio público.

§ 2.º Para os efeitos desta lei, consideram-se aplicáveis as seguintes definições:

I - som: é toda e qualquer vibração acústica capaz de provocar sensações auditivas;

II - poluição sonora: toda emissão de som, direta ou indiretamente, seja ofensiva ou nociva à saúde, à segurança e ao bem-estar da coletividade ou transgrida as disposições fixadas nesta lei;

III - ruído: qualquer som que cause ou tenda a causar perturbações ao sossego público ou a produzir efeitos psicológicos e/ou fisiológicos negativos em seres humanos e animais;

IV - ruído impulsivo: som de curta duração, com início abrupto e parada rápida, caracterizado por um pico de pressão de duração menor que um segundo;

V - ruído contínuo: aquele com flutuação de nível de pressão acústica tão pequena que pode ser desprezado dentro do período de observação;

VI - ruído intermitente: aquele cujo nível de pressão acústica cai abruptamente ao nível do ambiente, várias vezes durante o período de observação, desde que o tempo em que o nível se mantém constante, diferente daquele do ambiente, seja de ordem de grandeza de um segundo ou mais;

VII - ruído de fundo: todo e qualquer som que sendo emitido durante o período de medições, que não aquele das medições;

VIII - distúrbio sonoro e distúrbio por vibrações: qualquer ruído ou vibração que:

- a) ponha em perigo ou prejudique a saúde, o sossego e o bem-estar públicos;
- b) cause danos de qualquer natureza às propriedades públicas;
- c) possa ser considerado incômodo;
- d) ultrapasse os níveis fixados na lei;

IX - nível equivalente (LEQ)): o nível médio de energia do ruído encontrado, integrando-se os níveis individuais de energia ao longo de determinado período de tempo e dividindo-se pelo período, medido em dB(A);

X - decibel (dB): unidade de intensidade física relativa do som;

XI - nível de som dB (A): intensidade do som, medido na curva de pontuação "A", definido na Norma Brasileira Registrada (NBR) 10. 151 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT);

XII - zona sensível a ruído ou zona de silêncio: é aquela que, para atingir seus propósitos, necessita que lhe seja assegurado um silêncio excepcional, assim compreendida a faixa determinada pelo raio de duzentos (200) metros de distância de hospitais, escolas, bibliotecas públicas, postos de saúde ou similares;

XIII - limite real da propriedade: aquele representado por um plano imaginário que separa a propriedade real de uma pessoa física ou jurídica de outra;

XIV - serviço de construção civil: qualquer operação de montagem, construção,

demolição, demolição, reparo ou alteração substancial de uma edificação ou de uma estrutura;

XV - centrais de serviços: canteiros de manutenção e/ou produção de peças e insumos para atendimento de diversas obras de construção civil;

XVI - vibração: movimentação oscilatório, transmitido pelo solo ou uma estrutura qualquer.

§ 3.º Para fins de aplicação desta lei, ficam defendidos os seguintes horários:

I - período diurno, das 7 às 20 horas;

II - período noturno, das 20 às 7 horas.

Art. 2.º Os níveis de intensidade de sons ou ruídos fixados por esta lei, bem como o nível equivalente e o método utilizado para medição e avaliação, obedecerão às recomendações da NBR 10,151 e/ou NBR 10.152 da ABNT, ou às que lhe sucederem.

Art. 3.º A emissão de sons e ruídos em concorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, de prestação de serviços inclusive de propaganda, bem como sociais e recreativas, obedecerá aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidos nesta lei.

§ 1.º O nível do som da fonte poluidora, medido a cinco metros de qualquer divisa do imóvel, ou medido dentro dos limites reais da propriedade onde se dá o suposto incômodo, não poderá exceder os níveis fixados na Tabela I, parte integrante desta lei.

§ 2.º Quando a fonte poluidora e a propriedade onde se dá o suposto incômodo localizarem-se em diferentes zonas de uso e ocupação, serão considerados os limites estabelecidos para a zona em que se localiza a propriedade onde se dá o suposto incômodo.

§ 3.º Quando a propriedade onde se dá o suposto incômodo tratar-se de escola, creche, biblioteca pública, hospital, ambulatório, casa de saúde ou similar com leitos para internamento, deverão ser atendidos os limites estabelecidos para ZR-1, independentemente da efetiva zona de uso, e observada a faixa de duzentos (200m) de distância, definida com zona de silêncio.

§ 4.º Quando o nível de ruído proveniente de tráfego, medido dentro dos limites reais da propriedade onde se dá o suposto incômodo, vier a ultrapassar os níveis fixados por esta lei, caberá à Secretaria de Serviços Urbanos e Meio-Ambiente do Município - SEUMA - articular-se com os órgãos competentes, visando à adoção de medidas para eliminar ou minimizar os distúrbios sonoros.

§ 5.º Incluem-se nas determinações desta lei os ruídos decorrentes de trabalhos manuais, como encaixotar, remover volumes, carga e descarga de veículos e toda e qualquer atividade que resulte prejudicial ao sossego público.

Art. 4.º A emissão de som ou ruídos produzidos por veículos automotores, aeroportos, aeroplanos e aeródromos, e os produzidos no interior dos ambientes de trabalho, obedecerão às normas expedidas, respectivamente, pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA - e pelos órgãos competentes do Ministério da Aeronáutica e Ministério do Trabalho.

Parágrafo único. No tocante à emissão de ruídos por veículos automotores, o Município estabelecerá, através de regulamentação específica, os critérios de controle, considerando o interesse local.

Art. 5.º As atividades potencialmente causadoras de poluição sonora, definidas em lei, dependem de prévia autorização de SEUMA, mediante licença ambiental, para obtenção dos alvarás de construção e localização.

Art. 6.º Fica proibida a utilização de serviços de alto-falantes e outras fontes de emissão sonora, fixas ou móveis, como meio de propaganda ou publicidade, nos logradouros públicos das zonas de silêncio ou zonas sensíveis a ruídos, assim definidas em regulamento.

Parágrafo único. Nos demais logradouros públicos, com a necessária licença e observância, no que couber, das exigências desta lei, será permitido o exercício da atividade prevista no caput, nos seguintes dias e horários:

I - de Segunda a Sábado, das 09 as 20 horas, em níveis que não ultrapassem a 60dB(A), medidos no interior do recinto onde se dá o suposto incômodo;

II - aos domingos e feriados, em casos excepcionais, analisados pela SEUMA, das 10 às 14 horas, em níveis que não ultrapassem a 55dB(A), medidos no interior do recinto onde se dá o suposto incômodo.

Art. 7.º Depende de prévia autorização de SEUMA a utilização das áreas dos parques e praças municipais com o usos de equipamentos sonoros alto-falantes, fogos de artifício ou outros que possam vir a causar poluição sonora.

Parágrafo único. Nos demais logradouros públicos, a queima de fogos de artifício fica sujeita ao controle da SEUMA, que aplicará as sanções previstas na presente lei, quando constado incômodo à vizinhança.

Art. 8.º A Prefeitura Municipal concederá licença de funcionamento a indústrias de fabricação de marteiros, bombas, rojões, foguetes ou fogos de artifício em geral, desde que os estampidos não ultrapassem o nível máximo de noventa decibéis (90dB), medidos na curva "C" do medidor de Nível sonoro, á distância de sete metros (7m) da origem do estampido ao ar livre, observando as disposições de determinações policiais e regulamentares a respeito.

Art. 9.º A SEUMA somente concederá licença para a fabricação e uso de alarmes sonoros de segurança que apresentem dispositivos de controle que limite o tempo de duração do sinal sonoro em no máximo quinze minutos.

§ 1.º Para a execução de testes de fabricação ou instalação de alarmes sonoros veiculares, deverão ser utilizados dispositivos e controle, de forma que não seja necessária a emissão sonora acima dos limites estabelecidos na Tabela I desta lei.

§ 2.º No caso específico de alarmes sonoros em veículos ou imóveis com acionamento periódico ou constante, serão aplicadas, no que couber, as mesmas sanções do artigo 15, sem prejuízo de outras disposições legais vigentes.

Art. 10.º Não se compreendem nas proibições dos artigos anteriores ruídos e sons produzidos por:

I - vozes ou aparelhos usados na propaganda eleitoral ou manifestações trabalhistas, para os quais será estabelecido regulamento próprio, considerando as legislações específicas;

II - sinos de igrejas ou templos religiosos, desde que sirvam exclusivamente para indicar as horas ou anunciar a realização de atos ou cultos religiosos;

III - fanfarras ou bandas de música, em procissão, cortejos ou desfiles cívicos;

IV - sirenas ou aparelhos de sinalização sonora utilizados por ambulâncias, carros de bombeiros ou viaturas policiais, quando em serviço de socorro e policiamento;

V - explosivos utilizados no arrebetamento de pedreiras, rochas ou nas demolições, desde que detonados no período diurno e previamente licenciados pela SEUMA;

VI - apresentações musicais em geral, devidamente autorizadas, em convenções, feiras e exposições, desde que, no período diurno, não ultrapassem os limites de 65dB(A) e, no período noturno, os limites de 50dB(A).

Art. 11.º As manifestações tradicionais, decorrentes do Carnaval e das comemorações alusivas às Festas Juninas e ao Ano Novo, serão excepcionalmente toleradas.

Art. 12.º O nível de som provocado por máquinas e aparelhos utilizados nos serviços de construção civil, devidamente licenciados, deverá atender aos limites máximos estabelecidos na Tabela II, parte integrante desta lei.

§ 1.º Para aplicação dos limites constantes na Tabela II, serão regulamentados, no prazo de trinta (30) dias da publicação desta lei, os critérios para definição das atividades passíveis de confinamento.

§ 2.º Excetuam-se destas restrições as obras e os serviços urgentes e inadiáveis decorrentes de casos fortuitos ou de força maior, acidentes graves ou perigo iminente à segurança e ao bem-estar da comunidade, bem como o restabelecimento de serviços públicos essenciais, tais como energia elétrica, gás, telefone, água, esgoto e sistema viário.

Art. 13.º As indústrias que estiverem instaladas em zonas inapropriadas deverão apresentar à SEUMA estudo de impacto ou análise de risco ambiental, efetuado por equipe multidisciplinar independente do requerente ou órgão licenciador, no prazo de um (1) ano, contado da data de publicação desta lei.

Parágrafo único. A SEUMA poderá expedir licença ambiental às indústrias referidas no presente artigo, desde que o nível de ruído não ultrapasse a mais de cinco por cento (5%) dos padrões e critérios estabelecidos nesta lei para o zoneamento em que estiverem instaladas, e tendo esgotadas todas as medidas para saneamento do mesmo.

Art. 14.º Os estabelecimentos, instalações ou espaços, inclusive aqueles destinados ao lazer, cultura, hospedagem e alimentação, e institucionais de toda espécie, serão obrigados a dispor de tratamento acústico que limite a passagem de som para o exterior, caso suas atividades utilizarem fonte sonora com transmissão ao vivo e/ou qualquer sistema de aplicação, a fim de se adequar a esta legislação, ressalvado o disposto no artigo 18.

Art. 15.º A solicitação de Alvará de Licença, nos casos previstos no artigo anterior, será instruída com os documentos já exigidos pela legislação em vigor, acrescidas das seguintes informações:

- I - tipo(s) de atividades desenvolvidas e os equipamentos sonoros utilizados;
- II - zona e categoria de uso do local;
- III - horário de funcionamento;
- IV - capacidade ou lotação máximo;
- V - níveis máximos de ruídos permitidos;
- VI - descrição dos procedimentos recomendados pelo laudo técnico para o perfeito desempenho de proteção acústica no local;

Parágrafo único. O Alvará de Licença deverá ser afixado na entrada principal do estabelecimento, instalação ou espaço, em local visível ao público e iluminado, com letras em tamanho compatível com a leitura usual, devendo conter informações resumidas dos itens descritos no caput deste artigo.

Art. 16.º O laudo técnico mencionado no inciso VI do artigo anterior deverá atender, dentre outras exigências legais, às seguintes disposições:

- I - ser elaborado por empresa idônea, não-fiscalizadora, especializada na área;
- II - trazer a assinatura de todos os profissionais que o elaboram, acompanhada do nome completo, habilitação e respectivo número de registro, quando o profissional for inscrito em um Conselho;
- III - ser ilustrado em planta ou layout do imóvel, indicado os espaços protegidos;
- IV - conter a descrição detalhada do projeto acústico instalado no imóvel, incluindo as características acústicas dos materiais utilizados;

V - perda de transmissão ou isolamento sonoro das participações, preferencialmente em bandas de frequência de um terço (1/3) de oitava;

VI - comprovação técnica da implantação acústica efetuada;

VII - levantamento sonoro em áreas possivelmente impactadas, através de testes reais ou simulados;

VIII - apresentação dos resultados obtidos, contendo:

- a) normas legais seguidas;
- b) croqui com os pontos de medição;
- c) conclusões.

§ 1.º As empresas e/ou profissionais autônomos responsáveis pela elaboração do laudo técnico deverão ser cadastrados na Prefeitura Municipal.

§ 2.º O Executivo representará denúncia ao Conselho a que pertencer o profissional responsável, solicitando aplicação de penalidades, se comprovada qualquer irregularidade na elaboração do laudo referido no caput, além de outras medidas legais cabíveis.

Art. 17.º Para os estabelecimentos, instalações ou espaços definidos no artigo 14, o Alvará de Licença perderá a validade legal sempre que ocorrer qualquer das seguintes hipóteses:

- I - mudança de uso dos empreendimentos especificados;
- II - mudança de razão social;
- III - alterações físicas no imóvel, tais como reformas e ampliações que impliquem na redução do isolamento acústico requerido;
- IV - alteração na proteção acústica ou nos termos contidos no Alvará de Licença.

Parágrafo único. Nos casos do caput, a renovação do Alvará de Licença deverá ser requerido previamente, não se admitindo o funcionamento através de prazos ou prorrogações.

Art. 18.º Aos estabelecimentos, instalações ou espaços que estiverem em perfeito funcionamento legal antes da publicação desta lei, serão concedido prazo improrrogável de cento e oitenta (180) dias para se adequarem aos seus termos.

§ 1.º Para os fins do caput, o tratamento acústico previsto no artigo 14 só será exigido quando, no prazo declinado, nas respectivas zonas de atuação, forem extrapolados os limites previstos na Tabela I desta lei.

§ 2.º O tratamento acústico fica dispensado para templos de qualquer culto, salvo o disposto no § 3.º deste artigo.

§ 3.º Quando, mediante denúncia formal, a Municipalidade constatar, na forma regulamentar, reiterada infringência das disposições desta lei, poderá exigir que os templos façam tratamento acústico.

Art. 19.º A SEUMA, sempre que julgar conveniente, efetuará vistorias para fiscalizar o atendimento desta lei.

§ 1.º Os técnicos ou fiscais da SEUMA, no exercício da ação fiscalizadora, terão a entrada franqueada nas dependências das fontes poluidoras localizadas ou a se instalarem no Município, onde poderão permanecer pelo tempo que se fizer necessário.

§ 2.º Nos casos de embargo à ação fiscalizadora, os técnicos ou fiscais da SEUMA poderão solicitar, diretamente, auxílio às autoridades policiais para a execução de medida ordenada.

Art. 20.º As medidas dos níveis de sons e ruídos serão feitas através de medidores de nível sonoro, conforme denominação especificada pelas normas NBR 10.151 e 10.152 (Sound Level Meter).

Parágrafo único. O resultado das medições deverá ser público, registrado, quanto for o caso, à vista do denunciante, propriamente, ou de testemunhas.

Art. 21.º A pessoa física ou jurídica que infringir qualquer disposto desta lei, seus regulamentos e demais normas dela decorrentes, fica sujeita às seguintes penalidades, aplicadas sucessiva ou cumulativamente, independentemente da obrigação de cessar a transgressão e de outras sanções da União ou do Estado, cíveis ou penais:

I - notificação por escrito;

II - multa simples ou diária;

III - embargo da obra ou apreensão da fonte;

IV - interdição parcial ou total do estabelecimento ou atividade;

V - cassação imediata do Alvará de Licença;

VI - perda ou restrição de incentivos e benefícios fiscais concedidos pelo Município.

§ 1.º No caso de infração continuada, caracterizada pela repetição da ação omissiva inicialmente punida, a penalidade de multa poderá ser aplicada diariamente até cessar a infração.

§ 2.º Da pena de multa caberá recurso, em única instância, à SEUMA, e da interdição e do fechamento administrativo, ao Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente - COMDEMA.

§ 3.º Desrespeitada a interdição ou fechamento administrativo, a SEUMA solicitará auxílio policial para o cumprimento da penalidade administrativa e providenciará boletim de ocorrência com base no artigo 330 do Código Penal.

Art. 22.º As penalidades de que trata o artigo anterior poderão ter sua exigibilidade suspensa quando o infrator, por tanto de compromisso aprovado pela autoridade ambiental que aplicou a penalidade, obrigar-se à adoção imediata de medidas específicas para cessar e corrigir a poluição sonora emitida.

Parágrafo único. Cumpridas as obrigações assumidas pelo infrator, conforme termos do caput, a multa poderá, por despacho fundamentado da autoridade competente, ter uma redução de até noventa por cento (90%) do valor original.

Art. 23.º Para efeito de aplicação das penalidades, as infrações aos dispositivos desta lei são classificadas como leves, graves ou gravíssimas, conforme definido abaixo:

I - leves: aquelas em que o infrator seja beneficiado por circunstâncias atenuantes;

II - graves: aquelas em que for verificada circunstância agravante;

III - gravíssimas: aquelas em que seja verificada a existência de três ou mais circunstâncias agravantes ou reincidência.

Parágrafo único. Sem prejuízo da aplicação cumulativa de outras penalidades impostas por esta lei e independentemente da existência de qualquer situação

atenuante, considera-se infração grave a emissão de sons e ruídos de 10 a 25dB(A) acima dos limites permitidos nas Tabelas dos Anexos I e II e infração gravíssima a emissão de sons e ruídos acima de 25dB (A) dos limites permitidos nas mesmas tabelas.

Art. 24.º A pena de multa consiste no pagamento dos seguintes valores:

- I - nas infrações leves, de 100 a 500 UFIR`s;
- II - nas infrações graves: de 501 a 1500 UFIR`s;
- III - nas infrações gravíssimas: de 1501 a 2500 UFIR`s.

Art. 25.º Para imposição da pena e graduação da multa, a autorização ambiental observará:

- I - as circunstâncias atenuantes e agravantes;
- II - a gravidade do fato, tendo em vista as suas conseqüências para a saúde ambiental e o meio ambiente;
- III - a natureza da infração e suas conseqüências;
- IV - o porte do empreendimento;
- V - os antecedentes do infrator, quanto às normas ambientais;
- VI - a capacidade econômica do infrator.

Art. 26.º São circunstâncias atenuantes:

- I - menor grau de compreensão e escolaridade do infrator;
- II - arrependimento eficaz do infrator, manifestado pela espontânea reparação do dano, ou limitação significativa do ruído emitido;
- III - ser o infrator primário e a falta cometida de natureza leve.

Art. 27.º São circunstâncias agravantes:

- I - ter o infrator com dolo, fraude ou má-fé;
- II - Ter sido a infração cometida com o fim de obter vantagem pecuniária;
- III - ser o infrator reincidente ou cometer a infração de forma continuada;
- IV - deixar o infrator de adotar as providências de sua alçada para evitar o ato lesivo ao meio ambiente.

Parágrafo único. A reincidência verifica-se quando o agente comete nova infração do mesmo tipo.

Art. 28.º Na aplicação das normas estabelecidas por esta lei, compete à SEUMA:

I - estabelecer o programa de controle dos ruídos urbanos e exercer o poder de controle e fiscalização das fontes de poluição sonora;

II - aplicar sanções e interdições, parciais ou integrais, previstas na legislação vigente;

III - organizar programas de educação e conscientização a respeito de:

a) causas, efeitos e métodos gerais de atenuação e controle de ruídos e vibrações;

b) esclarecimentos das ações proibidas por esta lei e os procedimentos para suas violações.

Art. 29.º Nos casos abrangidos por esta lei, a renovação do Alvará de Licença ficará condicionada à liquidação, perante a Municipalidade, por parte do interessado, de todos os débitos fiscais que incidirem sobre o imóvel a atividade.

Art. 30.º Para fazer às despesas iniciadas decorrentes da execução desta lei, o Chefe do Poder Executivo fica autorizado a abrir, no corrente exercício financeiro, um adicional especial da ordem R\$ 50.000,00 (cinquenta mil reais) utilizando para sua cobertura um dos recursos definidos no § 1.º do artigo 43 da Lei n. 4320/64.

Art. 31.º O Chefe do Poder Executivo fica autorizado a celebrar os convênios que se fizerem necessários à execução desta lei.

Art. 32.º Ressalvado o disposto no § 1.º do artigo 12, o Chefe do Poder executivo regulamentará esta lei no prazo de 60 (sessenta) dias, contado de sua publicação.

Art. 33.º Esta lei entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 34.º As disposições em contrário ficam revogadas.

Paço Municipal, 9 de janeiro de 1998.

Jairo Morais Gianoto

Prefeito Municipal

ANEXO I

TABELA I

LIMITES MÁXIMOS DE SONS E RUÍDOS PERMISSÍVEIS

ZONAS DE USO	DIURNO	NOTURNO
Zona Especial - ZE Zonas de Proteção Ambiental - ZPA Zonas Residenciais - ZR Eixos Residenciais - ER	55dB(A)	45dB(A)
Zona Central - ZC Eixos de Comércio e Serviços - ECS Terminal de Transportes - TT Central de Abastecimento - CA	60dB(A)	50dB(A)
Zona Industrial 1 - ZI-1 Av. Colombo, Anel Viário Prefeito Sincler Sambatti (Contorno Sul) e vias de acesso. Zona de Comércio Atacadista - ZCA	65dB(A)	55dB(A)
Demais Zonas Industriais	70dB(A)	60dB(A)

TABELA II

SERVIÇOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

ATIVIDADE	NÍVEIS DE SONS E RUÍDOS
Atividades não confináveis	80dB(A) para qualquer zona, permitidos somente no horário diurno.
Atividades passíveis de confinamentos	Limite máximo diurno da Zona Industrial 1, acrescido de 5 (cinco) dB(A) nos dias úteis, em horário diurno. Limite máximo noturno da Zona Central para o horário noturno, nos dias úteis. Limite máximo noturno da Zona Central para os horários diurno e noturno, nos domingos, feriados e pontos facultativos.

ANEXOS 2 – TABELAS COM OS VALORES DAS MEDIÇÕES ANTES DA
IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA BINÁRIO NA CIDADE DE MARINGÁ.

Dados das medições realizadas no dia 19/11/2009 para o período 1:

Tabela 10: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 1 para o período 1.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sb**B02+**

PONTO 1		08:40h	Data: 19.11.09	
A	73,1	S	98,5	
C	85,9	L	73,8	
Lin	88,7	M	90,5	
31,5	81,0	m	60,1	
63	81,6	L01	86,0	
125	79,2	L10	75,0	
250	73,7	L50	69,0	
500	68,8	L90	63,0	
1K	68,7			
2K	66,5			
4K	61,5			
8K	54,3			
veículos				
leves	57			
médios	193			
pesados	8			

Tabela 11: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 2 para o período 1.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento SbB02+

PONTO 2		08:55h	Data: 19.11.09	
A	70,8	S	96,4	
C	86,0	L	71,7	
Lin	93,4	M	88,0	
31,5	82,8	m	61,4	
63	81,6	L01	81,0	
125	77,4	L10	73,0	
250	71,3	L50	68,0	
500	66,2	L90	64,0	
1K	67,5			
2K	61,6			
4K	58,0			
8K	51,2			
veículos				
leves	46			
médios	192			
pesados	7			

Tabela 12: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 3 para o período 1.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento SbB02+

PONTO 3		09:25h	Data: 19.11.09	
A	76,5	S	99,2	
C	89,4	L	73,9	
Lin	85,9	M	91,4	
31,5	78,7	m	57,7	
63	82,7	L01	86,0	
125	78,0	L10	76,0	
250	73,0	L50	64,0	
500	70,2	L90	61,0	
1K	68,9			
2K	64,5			
4K	59,4			
8K	53,4			
Veículos				
leves	71			
médios	235			
pesados	20			

Tabela 13: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 4 para o período 1.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 4		08:15h	Data: 19.11.09	
A	71,9	S	95,9	
C	82,5	L	71,2	
Lin	85,3	M	85,4	
31,5	74,6	m	58,1	
63	81,5	L01	78,0	
125	76,9	L10	74,0	
250	71,5	L50	70,0	
500	67,4	L90	64,0	
1K	66,5			
2K	63,3			
4K	57,5			
8K	50,4			
Veículos				
leves	55			
médios	206			
pesados	10			

Tabela 14: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 5 para o período 1.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 5		08:30h	Data: 19.11.09	
A	72,8	S	96,7	
C	84,4	L	72,0	
Lin	86,0	M	88,1	
31,5	77,3	m	57,1	
63	81,3	L01	82,0	
125	73,8	L10	76,0	
250	73,1	L50	65,0	
500	68,8	L90	60,0	
1K	71,5			
2K	66,0			
4K	58,7			
8K	50,5			
veículos				
leves	75			
médios	335			
pesados	16			

Dados das medições para realizadas no dia 19/11/09 para o período 2:

Tabela 15: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 1 para o período 2.

Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 1		12:00h	Data: 19.11.09	
A	75,3	S	97,5	
C	89,1	L	72,8	
Lin	91,5	M	89,7	
31,5	83,0	m	61,6	
63	79,1	L₀₁	82,0	
125	74,0	L₁₀	75,0	
250	70,5	L₅₀	71,0	
500	69,7	L₉₀	65,0	
1K	67,8			
2K	61,9			
4K	56,6			
8K	83,7			
veículos				
leves	56			
médios	304			
pesados	10			

Tabela 16: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 2 para o período 2.

Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 2		13:05h	Data: 19.11.09	
A	70,6	S	93,4	
C	81,6	L	68,7	
Lin	84,4	M	82,0	
31,5	76,1	m	56,4	
63	78,5	L₀₁	77,0	
125	78,3	L₁₀	72,0	
250	70,7	L₅₀	64,0	
500	68,1	L₉₀	61,0	
1K	67,1			
2K	62,8			
4K	56,4			
8K	50,5			
veículos				
leves	65			
médios	282			
pesados	6			

Tabela 17: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 3 para o período 2.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 3		12:35h	Data: 19.11.09	
A	74,0	S	96,0	
C	85,6	L	70,6	
Lin	91,5	M	85,9	
31,5	77,9	m	52,3	
63	80,4	L01	81,0	
125	77,0	L10	74,0	
250	70,2	L50	64,0	
500	65,5	L90	58,0	
1K	67,8			
2K	63,6			
4K	56,5			
8K	55,7			
veículos				
leves	72			
médios	280			
pesados	4			

Tabela 18: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 4 para o período 2.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 4		13:40h	Data: 19.11.09	
A	70,9	S	98,5	
C	84,0	L	70,0	
Lin	86,2	M	89,7	
31,5	76,9	m	54,5	
63	80,1	L01	80,0	
125	71,7	L10	72,0	
250	65,8	L50	65,0	
500	66,0	L90	58,0	
1K	65,0			
2K	63,6			
4K	57,3			
8K	50,6			
veículos				
leves	55			
médios	231			
pesados	5			

Tabela 19: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 5 no período 2.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento SbB02+

PONTO 5		14:10h	Data: 19.11.09	
A	73,4	S	96,4	
C	83,8	L	71,7	
Lin	87,7	M	86,7	
31,5	78,4	m	54,7	
63	81,0	L₀₁	89,0	
125	75,9	L₁₀	74,0	
250	69,7	L₅₀	67,0	
500	68,1	L₉₀	59,0	
1K	66,3			
2K	65,3			
4K	59,7			
8K	57,3			
veículos				
leves	60			
médios	264			
pesados	8			

Tabela 20: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 1 para o período 3.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento SbB02+

PONTO 1		17:30h	Data: 19.11.09	
A	78,5	S	97,2	
C	90,7	L	73,6	
Lin	91,2	M	90,1	
31,5	69,3	m	63,5	
63	84,2	L₀₁	82,0	
125	80,4	L₁₀	76,0	
250	75,6	L₅₀	71,0	
500	69,9	L₉₀	63,0	
1K	67,4			
2K	71,2			
4K	63,4			
8K	53,2			
veículos				
leves	133			
médios	348			
pesados	7			

Tabela 21: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 2 para o período 3.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 2		18:05h	Data: 19.11.09	
A	72,5	S	94,5	
C	80,4	L	71,2	
Lin	88,6	M	86,5	
31,5	79,2	m	54,6	
63	75,5	L01	80,0	
125	76,5	L10	75,0	
250	71,9	L50	66,0	
500	68,5	L90	61,0	
1K	64,1			
2K	62,2			
4K	60,7			
8K	51,4			
veículos				
leves	130			
médios	368			
pesados	16			

Tabela 22: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 3 para o período 3.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 3		18:40h	Data: 19.11.09	
A	70,1	S	98,0	
C	85,2	L	75,0	
Lin	87,2	M	92,0	
31,5	74,6	m	60,2	
63	81,0	L01	89,0	
125	79,1	L10	77,0	
250	71,5	L50	66,0	
500	65,7	L90	62,0	
1K	67,2			
2K	70,0			
4K	61,2			
8K	52,0			
veículos				
leves	77			
médios	375			
pesados	16			

Tabela 23: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 4 para o período 3.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 4		19:15h	Data: 19.11.09	
A	68,1	S	91,3	
C	81,5	L	68,2	
Lin	84,6	M	88,4	
31,5	77,8	m	53,6	
63	76,2	L01	75,0	
125	74,3	L10	69,0	
250	68,7	L50	63,0	
500	63,4	L90	58,0	
1K	65,9			
2K	66,7			
4K	52,7			
8K	51,6			
veículos				
leves	56			
médios	196			
pesados	2			

Tabela 24: Dados do dia 19/11/09 para o ponto 5 para o período 3.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 5		19:45h	Data: 19.11.09	
A	74,2	S	96,0	
C	82,5	L	69,7	
Lin	93,6	M	85,1	
31,5	77,1	m	57,3	
63	81,8	L01	78,0	
125	76,2	L10	72,0	
250	73,4	L50	66,0	
500	66,8	L90	62,0	
1K	64,9			
2K	65,4			
4K	57,1			
8K	52,9			
veículos				
leves	43			
médios	343			
pesados	9			

Tabela 25: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 1 para o período 1.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO			
1	07:30H	Data: 20.11.09	
A	76,7	S	101,7
C	88,6	L	76,1
Lin	91,4	M	92,5
31,5	81,3	m	62,7
63	84,9	L₀₁	86,0
125	83,2	L₁₀	78,0
250	78,9	L₅₀	73,0
500	72,7	L₉₀	66,0
1K	70,4		
2K	67,3		
4K	62,1		
8K	55,9		
veículos			
leves	137		
médios	296		
pesados	9		

Tabela 26: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 2 para o período 1.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 2			
	08:00H	Data: 20.11.09	
A	72,5	S	96,2
C	84,1	L	69,8
Lin	90,0	M	85,0
31,5	77,7	m	57,6
63	80,7	L₀₁	79,0
125	75,1	L₁₀	73,0
250	70,9	L₅₀	66,0
500	66,9	L₉₀	61,0
1K	65,2		
2K	63,6		
4K	58,7		
8K	52,5		
veículos			
leves	54		
médios	245		
pesados	12		

Tabela 27: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 3 para o período 1.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 3		09:10H	Data: 20.11.09	
A	74,8	S	93,4	
C	86,3	L	68,7	
Lin	92,5	M	83,1	
31,5	81,9	m	58,7	
63	83,8	L₀₁	78,0	
125	77,7	L₁₀	72,0	
250	72,6	L₅₀	64,0	
500	68,7	L₉₀	61,0	
1K	66,4			
2K	65,1			
4K	60,0			
8K	63,7			
veículos				
leves	52			
médios	213			
pesados	17			

Tabela 28: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 4 para o período 1.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 4		08:40h	Data: 20.11.09	
A	72,4	S	95,7	
C	85,7	L	70,6	
Lin	91,9	M	80,7	
31,5	80,5	m	60,4	
63	80,7	L₀₁	77,0	
125	76,5	L₁₀	73,0	
250	71,6	L₅₀	68,0	
500	67,5	L₉₀	64,0	
1K	66,3			
2K	63,5			
4K	58,5			
8K	56,2			
veículos				
leves	56			
médios	200			
pesados	12			

Tabela 29: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 5 para o período 1.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 5		09:45h	Data: 20.11.09	
A	74,2	S	103,3	
C	83,9	L	78,6	
Lin	86,2	M	107,6	
31,5	79,9	m	58,1	
63	83,1	L₀₁	87,0	
125	80,2	L₁₀	77,0	
250	76,0	L₅₀	68,0	
500	69,1	L₉₀	63,0	
1K	67,4			
2K	65,4			
4K	57,9			
8K	54,5			
veículos				
leves	63			
médios	258			
pesados	21			

Tabela 30: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 1 para o período 2.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 1		11:10h	Data: 20.11.09	
A	75,1	S	97,9	
C	87,4	L	73,0	
Lin	90,2	M	86,5	
31,5	80,5	m	61,6	
63	85,8	L₀₁	82,0	
125	82,1	L₁₀	76,0	
250	75,7	L₅₀	70,0	
500	72,5	L₉₀	64,0	
1K	68,5			
2K	64,2			
4K	60,7			
8K	52,3			
veículos				
leves	79			
médios	257			
pesados	11			

Tabela 31: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 2 para o período 2.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 2		11:45H	Data: 20.11.09	
A	71,1	S	96,7	
C	85,8	L	71,6	
Lin	92,6	M	88,5	
31,5	80,2	m	59,1	
63	80,3	L₀₁	81,0	
125	78,0	L₁₀	73,0	
250	73,5	L₅₀	67,0	
500	69,2	L₉₀	63,0	
1K	65,9			
2K	62,1			
4K	55,7			
8K	52,1			
veículos				
leves	102			
médios	262			
pesados	6			

Tabela 32: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 3 para o período 2.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 3		13:350h	Data: 20.11.09	
A	72,4	S	95,8	
C	84,9	L	71,1	
Lin	88,9	M	86,0	
31,5	79,8	m	57,6	
63	82,2	L₀₁	80,0	
125	77,9	L₁₀	66,0	
250	71,1	L₅₀	75,0	
500	68,3	L₉₀	61,0	
1K	65,3			
2K	65,2			
4K	59,2			
8K	53,3			
veículos				
leves	91			
médios	407			
pesados	9			

Tabela 33: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 4 para o período 2.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 4		12:30h	Data: 20.11.09	
A	69,6	S	96,0	
C	81,7	L	71,1	
Lin	87,0	M	90,2	
31,5	78,4	m	54,5	
63	78,0	L₀₁	83,0	
125	78,9	L₁₀	73,0	
250	69,2	L₅₀	65,0	
500	68,3	L₉₀	57,0	
1K	68,5			
2K	62,8			
4K	55,5			
8K	54,0			
Veículos				
leves	61			
médios	343			
pesados	4			

Tabela 34: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 5 para o período 2.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 5		13:00h	Data: 20.11.09	
A	73,9	S	95,6	
C	86,3	L	70,9	
Lin	84,1	M	85,1	
31,5	77,3	m	57,6	
63	80,4	L₀₁	81,0	
125	78,7	L₁₀	74,0	
250	72,9	L₅₀	66,0	
500	67,2	L₉₀	61,0	
1K	65,9			
2K	63,3			
4K	59,1			
8K	51,6			
veículos				
leves	98			
médios	297			
pesados	9			

Dados do dia 20/11/09 para o período 3:

Tabela 35: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 1 para o período 3.

Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 1		18:15h	Data: 20.11.09	
A	79,1	S	99,7	
C	90,3	L	75,0	
Lin	92,0	M	90,6	
31,5	70,6	m	62,2	
63	85,6	L01	84,0	
125	81,8	L10	78,0	
250	74,6	L50	71,0	
500	70,7	L90	65,0	
1K	69,6			
2K	72,7			
4K	62,4			
8K	54,1			
veículos				
leves	135			
médios	352			
pesados	7			

Tabela 36: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 2 para o período 3.

Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 2		18:45h	Data: 20.11.09	
A	73,2	S	95,0	
C	81,8	L	70,3	
Lin	86,7	M	87,5	
31,5	76,6	m	56,6	
63	79,9	L01	80,0	
125	77,3	L10	73,0	
250	70,4	L50	66,0	
500	67,2	L90	60,0	
1K	65,8			
2K	61,3			
4K	61,3			
8K	49,6			
veículos				
leves	104			
médios	344			
pesados	15			

Tabela 37: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 3 para o período 3.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 3		19:35h	Data: 20.11.09	
A	72,6	S	102,5	
C	87,8	L	77,0	
Lin	89,1	M	95,8	
31,5	76,4	m	58,1	
63	82,0	L₀₁	90,0	
125	79,5	L₁₀	79,0	
250	72,4	L₅₀	67,0	
500	66,9	L₉₀	61,0	
1K	69,9			
2K	71,2			
4K	60,3			
8K	53,0			
Veículos				
leves	89			
médios	396			
pesados	20			

Tabela 38: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 4 para o período 3.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 4		20:00h	Data: 20.11.09	
A	67,4	S	92,1	
C	80,3	L	67,4	
Lin	85,3	M	89,0	
31,5	78,3	m	52,1	
63	77,5	L₀₁	76,0	
125	74,1	L₁₀	70,0	
250	67,1	L₅₀	63,0	
500	64,0	L₉₀	56,0	
1K	65,2			
2K	65,0			
4K	53,0			
8K	50,0			
veículos				
leves	69			
médios	231			
pesados	3			

Tabela 39: Dados do dia 20/11/09 para o ponto 5 para o período 3.**Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+**

PONTO 5		19:25h	Data: 20.11.09	
A	71,9	S	94,1	
C	84,7	L	69,4	
Lin	90,6	M	84,9	
31,5	78,8	m	54,6	
63	80,9	L01	78,0	
125	78,7	L10	72,0	
250	72,8	L50	66,0	
500	66,0	L90	61,0	
1K	64,1			
2K	63,8			
4K	56,3			
8K	50,3			
veículos				
leves	56			
médios	377			
pesados	10			

Dados do dia 24/11/09 para o período 1:

Tabela 40: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 1 para o período 1.**Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+**

PONTO 1		07:30H	Data: 24.11.09	
A	74,2	S	99,3	
C	87,5	L	74,5	
Lin	89,7	M	91,4	
31,5	80,7	m	61,4	
63	83,1	L01	85,0	
125	77,5	L10	77,0	
250	75,8	L50	72,0	
500	70,3	L90	64,0	
1K	68,2			
2K	66,1			
4K	61,8			
8K	55,2			
veículos				
leves	101			
médios	220			
pesados	7			

Tabela 41: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 2 para o período 1.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 2		08:05h	Data: 24.11.09	
A	73,1	S	96,7	
C	86,2	L	71,2	
Lin	92,7	M	86,0	
31,5	79,5	m	59,5	
63	82,6	L₀₁	82,0	
125	76,0	L₁₀	74,0	
250	70,8	L₅₀	68,0	
500	65,7	L₉₀	63,0	
1K	66,9			
2K	64,8			
4K	58,6			
8K	52,1			
veículos				
leves	54			
médios	209			
pesados	8			

Tabela 42: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 3 para o período 1.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 3		08:40h	Data: 24.11.09	
A	77,1	S	97,2	
C	88,9	L	73,1	
Lin	87,4	M	90,5	
31,5	79,8	m	58,3	
63	84,2	L₀₁	88,0	
125	78,3	L₁₀	78,0	
250	70,4	L₅₀	65,0	
500	69,0	L₉₀	62,0	
1K	69,1			
2K	65,3			
4K	59,2			
8K	62,8			
veículos				
leves	65			
médios	227			
pesados	17			

Tabela 43: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 4 para o período 1.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 4		09:15h	Data: 24.11.09	
A	71,9	S	95,9	
C	82,5	L	71,2	
Lin	85,3	M	85,4	
31,5	74,6	m	58,1	
63	81,5	L₀₁	78,0	
125	76,9	L₁₀	74,0	
250	71,5	L₅₀	70,0	
500	67,4	L₉₀	64,0	
1K	66,5			
2K	63,3			
4K	57,5			
8K	50,4			
veículos				
leves	49			
médios	216			
pesados	10			

Tabela 44: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 5 para o período 1.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 5		09:45h	Data: 24.11.09	
A	72,8	S	96,7	
C	84,4	L	72,0	
Lin	86,0	M	88,1	
31,5	77,3	m	57,1	
63	81,3	L₀₁	82,0	
125	73,8	L₁₀	76,0	
250	73,1	L₅₀	65,0	
500	68,8	L₉₀	60,0	
1K	71,5			
2K	66,0			
4K	58,7			
8K	50,5			
veículos				
leves	72			
médios	244			
pesados	13			

Dados do dia 24/11/09 para o período 2:

Tabela 45: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 1 para o período 2.

Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 1		11:30h	Data: 24.11.09	
A	75,8	S	98,0	
C	89,0	L	74,1	
Lin	90,4	M	88,2	
31,5	83,1	m	61,7	
63	82,0	L₀₁	82,0	
125	77,3	L₁₀	75,0	
250	74,2	L₅₀	71,0	
500	71,0	L₉₀	65,0	
1K	68,6			
2K	62,8			
4K	59,7			
8K	51,9			
veículos				
leves	68			
médios	267			
pesados	10			

Tabela 46: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 2 para o período 2.

Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 2		12:05h	Data: 24.11.09	
A	71,0	S	95,1	
C	84,0	L	70,2	
Lin	87,1	M	86,9	
31,5	79,2	m	57,3	
63	79,8	L₀₁	81,0	
125	77,2	L₁₀	77,0	
250	72,5	L₅₀	64,0	
500	69,9	L₉₀	62,0	
1K	65,8			
2K	63,2			
4K	54,9			
8K	51,8			
veículos				
leves	91			
médios	274			
pesados	6			

Tabela 47: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 3 para o período 2.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento SbB02+

PONTO 3		12:45h	Data: 24.11.09	
A	72,2	S	96,1	
C	85,8	L	70,3	
Lin	90,2	M	84,5	
31,5	80,1	m	57,8	
63	81,1	L₀₁	80,0	
125	82,0	L₁₀	73,0	
250	75,3	L₅₀	67,0	
500	65,1	L₉₀	60,0	
1K	68,5			
2K	64,1			
4K	60,9			
8K	57,4			
veículos				
leves	74			
médios	295			
pesados	7			

Tabela 48: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 4 para o período 2.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento SbB02+

PONTO 4		13:20h	Data: 24.11.09	
A	71,2	S	98,1	
C	83,8	L	72,0	
Lin	87,1	M	90,5	
31,5	76,5	m	55,2	
63	79,7	L₀₁	82,0	
125	73,5	L₁₀	72,0	
250	66,2	L₅₀	65,0	
500	64,3	L₉₀	58,0	
1K	67,8			
2K	63,9			
4K	54,2			
8K	53,5			
Veículos				
leves	61			
médios	280			
pesados	4			

Tabela 49: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 5 para o período 2.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 5		13:50h	Data: 24.11.09	
A	73,1	S	97,0	
C	84,3	L	71,5	
Lin	85,2	M	86,2	
31,5	78,5	m	53,9	
63	80,9	L₀₁	88,0	
125	75,1	L₁₀	75,0	
250	70,7	L₅₀	66,0	
500	68,9	L₉₀	61,0	
1K	65,1			
2K	66,0			
4K	59,9			
8K	56,5			
veículos				
leves	94			
médios	305			
pesados	9			

Dados do dia 24/11/09 para o período 3:

Tabela 50: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 1 para o período 3.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 1		17:30h	Data: 24.11.09	
A	77,3	S	98,2	
C	89,5	L	74,5	
Lin	90,9	M	91,3	
31,5	70,8	m	63,5	
63	86,7	L₀₁	84,0	
125	82,1	L₁₀	79,0	
250	75,4	L₅₀	70,0	
500	71,2	L₉₀	66,0	
1K	69,3			
2K	71,5			
4K	63,5			
8K	55,4			
veículos				
leves	174			
médios	361			
pesados	5			

Tabela 51: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 2 para o período 3.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 2		18:05h	Data: 24.11.09	
A	71,5	S	93,8	
C	80,6	L	70,8	
Lin	85,3	M	85,4	
31,5	75,1	m	57,6	
63	79,1	L₀₁	79,0	
125	76,5	L₁₀	74,0	
250	71,6	L₅₀	65,0	
500	67,5	L₉₀	61,0	
1K	63,2			
2K	60,7			
4K	59,9			
8K	51,8			
veículos				
leves	93			
médios	343			
pesados	12			

Tabela 52: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 3 para o período 3.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 3		18:35h	Data: 24.11.09	
A	73,2	S	97,0	
C	86,2	L	78,3	
Lin	88,9	M	93,4	
31,5	75,2	m	57,5	
63	78,5	L₀₁	89,0	
125	76,2	L₁₀	78,0	
250	73,6	L₅₀	66,0	
500	65,9	L₉₀	61,0	
1K	69,1			
2K	70,5			
4K	61,8			
8K	57,6			
veículos				
leves	83			
médios	396			
pesados	15			

Tabela 53: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 4 para o período 3.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 4		19:10h	Data: 24.11.09	
A	71,6	S	90,5	
C	86,6	L	65,3	
Lin	87,5	M	87,5	
31,5	75,6	m	53,6	
63	83,2	L01	75,0	
125	80,6	L10	69,0	
250	71,5	L50	64,0	
500	66,2	L90	58,0	
1K	68,4			
2K	70,8			
4K	57,5			
8K	52,6			
veículos				
leves	63			
médios	255			
pesados	2			

Tabela 54: Dados do dia 24/11/09 para o ponto 5 para o período 3.
Fonte: Dados obtidos com o equipamento Sbb02+

PONTO 5		19:45h	Data: 24.11.09	
A	73,8	S	97,0	
C	85,8	L	70,1	
Lin	91,2	M	85,2	
31,5	79,5	m	60,7	
63	80,8	L01	79,0	
125	79,1	L10	73,0	
250	73,5	L50	66,0	
500	67,1	L90	62,0	
1K	64,0			
2K	65,9			
4K	57,3			
8K	53,0			
Veículos				
leves	55			
médios	348			
pesados	7			

