

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

**JUCELINO JOSÉ DE SOUZA FILHO**

**AVALIAÇÃO DO RUÍDO URBANO NA CIDADE DE CAMPO  
GRANDE/MS**

CAMPO GRANDE, MS  
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

**JUCELINO JOSÉ DE SOUZA FILHO**

**AVALIAÇÃO DO RUÍDO URBANO NA CIDADE DE CAMPO  
GRANDE/MS**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

**Orientador:** Prof. Dr. Jorge Luiz Steffen

**Coorientadores:**

Prof. Dr. Ing – Paulo Henrique Trombetta Zannin  
Prof. Dr. Wagner Augusto Andreasi

Aprovada em:

**Banca examinadora:**

Prof. Dr. Jorge Luiz Steffen  
Orientador – UFMS

Profa. Dra. Stelamaris Rolla Bertoli  
UNICAMP

Prof. Dr. Robert Schiaveto de Souza  
UFMS

CAMPO GRANDE, MS  
2012

## DEDICATÓRIA

*À minha esposa, que esteve comigo em todos os momentos, e aos meus pais, que sempre me ensinaram com princípios cristãos e me incentivaram a buscar o conhecimento.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida e por me capacitar para a realização deste trabalho.

Ao professor Jorge Luiz Steffen pela orientação, paciência, amizade e pelo grande apoio que me foi concebido durante esta etapa.

Ao professor Paulo Henrique Trombetta Zannin, por compartilhar seu grande conhecimento, pelo incentivo, pela paciência, pela amizade e pela sua disponibilidade de ajudar.

Ao professor Wagner Augusto Andreasi, grande amigo, pelo apoio, incentivo e por compartilhar seus conhecimentos.

Aos queridos amigos Paulo Eduardo Kirrian Fiedler e Fernando Bunn, pela grande amizade, por compartilharem seus conhecimentos, pelo apoio incessante na elaboração deste trabalho e pela paciência.

À amiga Margret Sibylle Engel, pelo incentivo e pela grande ajuda na reta final do mestrado, e à amiga Karin Hamad, pelo apoio e amizade.

Aos bolsistas de iniciação científica do Laboratório de Acústica Ambiental, Industrial e Conforto Acústico da Universidade Federal do Paraná: Felipe do Valle, Jonathan Frost e Fernanda Hariane Ferraz, pela ajuda na digitalização das edificações.

Aos amigos do Laboratório de Análise e Desenvolvimento de Edificações: Michele Giongo, Luiz Fernando A. Stumpo, Otácio Gomes Barca, Inês Matos, Natália Luciano Buges e Fernando Henrique Porto, pela amizade e incentivo.

Aos amigos Weverton Cavalcante e Douglas Santos, pela amizade e ajuda na coleta dos dados.

À minha querida esposa Eslem Lima Furtado de Souza, amor da minha vida, pela paciência e grande apoio nesta etapa da minha caminhada.

Aos meus pais, Jucelino José de Souza e Maria Helena Balthazar, e à minha irmã Milena Balthazar de Souza Ribeiro, que torceram por mim e me incentivaram para a realização do mestrado.

A todos os amigos queridos e aos familiares que contribuíram oferecendo apoio e companheirismo para a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, pelo apoio financeiro.

À Prefeitura Municipal de Campo Grande, que cedeu as ortofotos para o desenvolvimento da pesquisa.

*Nada temos a temer quanto ao futuro, a menos que nos esqueçamos de como Deus tem nos conduzido no passado.*

*Ellen G. White*

## SUMÁRIO

<b>DEDICATÓRIA</b> .....	i
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	ii
<b>SUMÁRIO</b> .....	v
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	x
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	xi
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	xii
<b>LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS</b> .....	xiii
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b> .....	xiv
<b>RESUMO</b> .....	xvi
<b>ABSTRACT</b> .....	xvii
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	1
1.2 MOTIVAÇÃO DA PESQUISA .....	2
1.3 OBJETIVOS .....	3
1.3.1 Objetivo geral .....	3
1.3.2 Objetivos específicos .....	3
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	4
<b>CAPÍTULO 2 – CONCEITOS FUNDAMENTAIS</b> .....	5
2.1 Som e Ruído .....	5
2.2 Propagação do Som .....	6
2.3 Propriedades do Som .....	8
2.3.1 Pressão Sonora .....	8
2.3.2 Densidade de Energia do Som .....	9
2.3.3 Intensidade Sonora .....	10
2.3.4 Potência Sonora .....	11
2.4 Medição do Ruído .....	11
2.4.1 Nível de Pressão Sonora (NPS) .....	13
2.4.2 Nível de Pressão Sonora Equivalente ( $L_{eq}$ ) .....	13
2.5 Curvas de Ponderação .....	14
2.6 Emissão e Imissão Sonora .....	16
<b>CAPÍTULO 3 – REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	17
3.1 Ruído de Tráfego .....	17
3.2 Impacto do Ruído na Saúde .....	19
3.3 Mapeamento do Ruído .....	22

3.4	Métodos de Cálculo.....	25
3.5.1	Legislações Federais .....	28
3.5.2	Legislação Municipal – Campo Grande/MS .....	30
<b>CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA.....</b>		<b>33</b>
4.1	INTRODUÇÃO .....	33
4.2	CARACTERÍSTICAS DO LOCAL .....	33
4.2.1	Regiões de Estudo.....	36
4.3	PROCEDIMENTOS GERAIS .....	38
4.3.1	Coleta de Dados .....	38
4.3.2	Mapeamento do Ruído.....	49
<b>CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>		<b>54</b>
5.1	INTRODUÇÃO.....	54
5.2	TABULAÇÃO DOS DADOS – COLETA DE CAMPO.....	54
5.3	COMPOSIÇÃO DO TRÁFEGO .....	66
5.3.1	Região do Centro .....	66
5.3.2	Região do Jardim dos Estados .....	67
5.3.3	Região do Carandá.....	69
5.4.	NÍVEIS DE RUÍDO EXISTENTES (MEDIDOS) X LIMITES ESTABELECIDOS (NBR 10151 (2000) E LEI COMPLEMENTAR 08/1996) .....	70
5.4.1	Região do Centro .....	71
5.4.2	Região do Jardim dos Estados .....	73
5.4.3	Região do Carandá.....	78
5.4.4	Análise das Medições Sonoras Objetivas .....	80
5.5	COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO – MEDIDO X SIMULADO .....	80
5.5.1	Região do Centro .....	81
5.5.2	Região do Jardim dos Estados .....	85
5.5.3	Região do Carandá.....	88
5.6	MAPEAMENTO DO RUÍDO .....	91
5.6.1	Situação Atual .....	91
5.6.1.1	Situação Atual - Região do Centro.....	92
5.6.1.2	Situação Atual - Região do Jardim dos Estados .....	97
5.6.1.3	Situação Atual - Região do Carandá.....	102
5.6.2	Mapas de ruído – Comparação com Níveis estabelecidos pela NBR 10151 (2000) e Lei Complementar 08 (1996) .....	108
5.6.3	Análise do Impacto Ambiental Sonoro .....	117
5.6.4	Redução do Impacto Ambiental Causado pelo Ruído.....	118
5.6.5	Novo Cenário – Mudança no Tipo de Pavimento.....	122
<b>CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES.....</b>		<b>127</b>

**CAPÍTULO 7 – REFERÊNCIAS ..... 130**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pressão sonora (PA) e Nível de pressão sonora(dB).....	12
Figura 2. Curva de Ponderação A, B, C e D.....	16
Figura 3. Parcelas do ruído provenientes do tráfego de veículos.....	18
Figura 4. Duração da exposição diária de níveis sonoros, que são toleráveis ao ser humano. ....	21
Figura 5. Cidade de Campo Grande. ....	34
Figura 6. Mapa de zoneamento urbano da cidade de Campo Grande.....	35
Figura 7. Regiões de estudo da cidade de Campo Grande/MS. ....	36
Figura 8. Regiões de estudo da cidade de Campo Grade/MS, em detalhe. ....	37
Figura 9. Tipo e condição do pavimento da Rua Catorze de Julho (Região do Centro). ....	38
Figura 10. Mapa da região do Centro.....	40
Figura 11. Vias (delimitadas em azul) e localização dos pontos de Coleta de Dados ..... .....	41
Figura 12. Mapa da região do Jardim dos Estados. ....	42
Figura 13. Vias (delimitadas em azul) e localização dos pontos de Coleta de Dados (Bairro Jardim dos Estados).....	43
Figura 14. Mapa da região do Carandá.....	44
Figura 15. Vias (delimitadas em azul) e localização dos pontos de Coleta de Dados Região do Carandá). ....	46
Figura 16. Medidor sonoro da marca EXTECH, modelo 407790. ....	47
Figura 17. Procedimento de medição dos níveis sonoros. ....	48
Figura 18. Região do Centro em planta. ....	51
Figura 19. Região do Centro em modelagem 3D. ....	52
Figura 20. Área delimitada e grid (15x15 m) – Região do Centro. ....	53
Figura 21. Faixas de níveis sonoros – Situação atual. ....	91
Figura 22. Mapa da região do Centro.....	95
Figura 23. Mapa de ruído da situação atual – Região do Centro. ....	96
Figura 24. Mapa da região do Jardim dos Estados. ....	100
Figura 25. Mapa de ruído da situação atual – Região do Jardim dos Estados. ....	101
Figura 26. Mapa da região do Carandá.....	106
Figura 27. Mapa de ruído da situação atual – Região do Carandá. ....	107

Figura 28. Mapa de ruído – Região do Centro (Limite 60 dB(A) – NBR 10151 e Lei Complementar 08).....	111
Figura 29. Mapa de ruído – Região do Jardim dos Estados (Limite 55 dB(A) – NBR 10151). .....	112
Figura 30. Mapa de ruído – Região do Jardim dos Estados (Área comercial – Limite 60 dB(A) – Lei Complementar 08)).....	113
Figura 31. Mapa de ruído – Região do Jardim dos Estados (Área residencial – Limite 55 dB(A) – Lei Complementar 08)).....	114
Figura 32. Mapa de ruído – Região do Carandá (Limite 55 dB(A) – Lei Complementar 08).....	115
Figura 33. Mapa de ruído – Região do Carandá (Limite 50 dB(A) – NBR 10151)..	116
Figura 34. Mapa de ruído do novo cenário – Região do Centro.....	123
Figura 35. Mapa de ruído do novo cenário – Região do Jardim dos Estados. ....	124
Figura 36. Mapa de ruído do novo cenário – Região do Carandá.....	125

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Conversões em decibéis para as Curvas A, B e C.....	15
Tabela 2. Nível de Critério de Avaliação NCA para ambientes externos .....	29
Tabela 3. Limites Máximos Permissíveis de Ruídos .....	31
Tabela 4. Locação dos pontos de coleta de dados (Centro) .....	41
Tabela 5. Locação dos pontos de coleta de dados (Bairro Jardim dos Estados).....	43
Tabela 6. Locação dos pontos de coleta de dados (Bairro Carandá).....	45
Tabela 7. Composição do tráfego – Região do Centro .....	67
Tabela 8. Composição do tráfego – Região do Jardim dos Estados.....	68
Tabela 9. Composição do tráfego – Região do Carandá .....	69
Tabela 10. Limites para a Região do Centro (Período Diurno) - NBR 10151 (2000).	70
Tabela 11. Limites para a Região do Centro (Período Diurno) - Lei Complementar n. 08 (1996).....	71
Tabela 12. Comparação entre os valores medidos e simulados – Região do Centro .....	82
Tabela 13. Comparação entre os valores medidos e simulados – Região do Jardim dos Estados.....	85
Tabela 14. Comparação entre os valores medidos e simulados – Região do Carandá .....	88
Tabela 15. Comparação com nível máximo permitido – Região do Centro .....	108
Tabela 16. Comparação com nível máximo permitido – Região do Jardim dos Estados .....	109
Tabela 17. Comparação com nível máximo permitido – Região do Carandá .....	110

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Porcentagem de veículos – Centro.....	67
Gráfico 2. Porcentagem de veículos – Região do Jardim dos Estados.....	68
Gráfico 3. Porcentagem de veículos – Região do Carandá. ....	69
Gráfico 4. Comparação entre os níveis de ruídos existentes e o limite estabelecido (NBR 10151 (2000) e Lei Complementar 08 (1996)) – Região do Centro.....	72
Gráfico 5. Comparação entre os níveis de ruídos existentes e o limite estabelecido (NBR 10151 (2000)) – Região do Jardim dos Estados. ....	75
Gráfico 6. Comparação entre os níveis de ruídos existentes (área comercial) e o limite estabelecido (Lei Complementar 08 (1996)) – Região do Jardim dos Estados. ....	76
Gráfico 7. Comparação entre os níveis de ruídos existentes (área residencial) e o limite estabelecido (Lei Complementar 08 (1996)) – Região do Jardim dos Estados. ....	77
Gráfico 8. Comparação entre os níveis de ruídos existentes e os limites estabelecidos (Lei Complementar 08 (1996) e NBR 10151 (2000) – Região do Carandá.....	79
Gráfico 9. Comparação entre os valores medidos e simulados – Região do Centro.....	84
Gráfico 10. Comparação entre os valores medidos e simulados – Região do Jardim dos Estados.....	87
Gráfico 11. Comparação entre os valores medidos e simulados – Região do Carandá.....	90

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Efeitos sobre a saúde causados pelo ruído em ambientes externos e internos. ....	21
Quadro 2. Níveis de ruído e composição do Tráfego – Região do Centro .....	55
Quadro 3. Níveis de ruído e composição do Tráfego – Região do Jardim dos Estados .....	57
Quadro 4. Níveis de ruído e composição do Tráfego – Região do Carandá .....	59
Quadro 5. Velocidade média e Pavimentação – Região do Centro .....	61
Quadro 6. Velocidade média e Pavimentação – Região do Jardim dos Estados.....	63
Quadro 7. Velocidade média e Pavimentação – Região do Carandá .....	65

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI	American Standards Institute
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
END	Directive 2002/49/EC of the European parliament and of the council of 25 June 2002 - Environmental Noise Directive
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e de Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEC	International Electrotechnical Commission
INM	Integrated Noise Model
ISO	International Standardization Organization
OMS	Organização Mundial de Saúde
WG-AEN	European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise
WHO	World Health Organization

## LISTA DE SÍMBOLOS

A	Atenuação do Som
c	Velocidade do Som
$C_{met}$	Correção meteorológica;
D	Densidade de Energia do Som
$D_c$	Correção de direção, em decibéis;
f	Frequência
I	Intensidade Sonora
$L_{Aeq}$	Nível de pressão sonora equivalente (ponderado na curva A)
$L_{Amáx}$	Nível de pressão sonora máximo (ponderado na curva A)
$L_{Amín}$	Nível de pressão sonora mínimo (ponderado na curva A)
$L_c$	Nível Corrigido
$L_{eq}$	Nível de Pressão Sonora Equivalente
$L_{AT(LT)}$	Nível de pressão sonora médio ponderado na curva A (em um longo período de tempo)
$L_{AT(DW)}$	Nível de pressão sonora equivalente ponderado na curva A (a favor do vento)
$L_{ft(DW)}$	Nível de pressão sonora equivalente por bandas de oitava (a favor do vento)
$L_w$	Nível de Potência Sonora
NCA	Nível de Critério de Avaliação
NPS	Nível de Pressão Sonora
NWS	Nível de Potência Sonora
P	Pressão Sonora
$P_{(t)}$	Pressão Sonora Instantânea
$P_0$	Pressão Sonora de Referência
$P_{ar}$	Pressão do Ar
$p_{rms}$	Pressão Sonora – raiz média quadrática, ou Pressão efetiva
S	Área
t	Temperatura
T	Intervalo de Tempo/Tempo de Medição
W	Potência Sonora

$\rho$  Densidade do Ar

## RESUMO

SOUZA FILHO, J. J. *Avaliação do ruído urbano na cidade de Campo Grande/MS. Campo Grande, 2012. 138 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.*

O presente estudo buscou avaliar a poluição sonora decorrente do tráfego de veículos em três regiões distintas (comercial, residencial e mista – comercial e residencial) da cidade de Campo Grande, capital do estado de Mato Grosso do Sul, por meio de medições do ruído ( $L_{Aeq}$ ) e do mapeamento sonoro, utilizando o *software* Predictor 7810 versão 8.11. As medições sonoras nas regiões do Centro (comercial) e do Jardim dos Estados (mista – comercial e residencial) revelaram que todos os pontos de medição apresentaram níveis sonoros acima dos permitidos pela legislação municipal (Lei Complementar 08 (1996) e dos indicados pela NBR 10151 (2000). Já a região do Carandá (residencial) apresentou cerca de 40% e 8% do total de pontos com níveis abaixo do estabelecido pela Lei Complementar 08 (1996) e dos recomendados pela NBR 10151 (2000), respectivamente. O mapeamento sonoro se mostrou uma boa ferramenta para a avaliação sonora da situação atual das três regiões estudadas. Verificou-se que dois tipos de mapeamento, um que apresenta a situação geral em que são explanadas todas as faixas de nível de ruído da região estudada, e o outro que ilustra as áreas que se encontram abaixo ou acima dos limites estabelecidos, tornam-se grandes aliados na identificação das vias e áreas poluídas acusticamente, demonstrando que a região do Centro e do Jardim dos Estados possuem amplas áreas com grande poluição sonora, e que a região do Carandá possui menos áreas poluídas. Por fim, são sugeridas diversas medidas mitigadoras de ruído e é simulado um novo cenário que utiliza o *software*, para as três regiões estudadas, considerando, para as vias, um pavimento com baixa emissão sonora, concluindo que com apenas tal medida já é possível diminuir os níveis sonoros, sendo que em grande parte das regiões as faixas de emissão sonora nas fachadas das edificações à margem das vias diminuíram em uma escala de 5 dB(A). Entretanto, é necessário implantar outras medidas conjuntas para se ampliar efetivamente a diminuição do ruído. Por fim, conclui-se que o presente estudo contribuiu amplamente para a avaliação da poluição sonora da cidade de Campo Grande, tendo em vista que as três regiões estudadas compreendem as principais características para as zonas existentes no município.

Palavras chaves: Poluição Sonora. Ruído de Tráfego. Mapeamento Sonoro.

## ABSTRACT

SOUZA FILHO, J. J. *Evaluation of urban noise in the city of Campo Grande, State of Mato Grosso do Sul, Brazil. Campo Grande, 2012. 138 p. Master Dissertation – Federal University of Mato Grosso do Sul, Brazil (in Portuguese).*

The objective of this study is to assess the noise pollution resulting from vehicle traffic occurring in three distinct neighborhoods (business, residential and mixed - business and residential) in the city of Campo Grande, capital of the State of Mato Grosso do Sul, Brazil, through noise measurements ( $L_{Aeq}$ ) and noise mapping, using the Predictor 7810 software version 8.11. The noise measurements in downtown areas (business) and at the Jardim dos Estados sector (a mixed - business and residential neighborhood) all points of measurement showed sound levels above those allowed by municipal legislation (Complementary Law 08 (1996)) and even those suggested by the NBR 10,151 (2000). The Carandá neighborhood (a residential area), on the other hand, showed a range from 40% to 8% of the total points with levels below those established by the Complementary Law 08 (1996) and those recommended by the NBR 10151 (2000), respectively. Noise mapping proved to be a good tool for sound evaluation of the current status of the three neighborhoods studied. Two types of mapping, one which shows the general status in which all noise level tracks in the neighborhood under study are explained, and another one that shows the areas that are below or above the legal limits, become great allies in identifying acoustically polluted areas, demonstrating that the downtown areas and Jardim dos Estados neighborhood have vast noisy areas, and that the Carandá neighborhood has less polluted areas. Finally, we suggest several measures to mitigate the noise pollution and a new scenario is simulated using the software for the three areas studied, considering the use of a low noise pavement, concluding that by applying that measure it is possible to reduce sound levels, and in most areas of the sound emission bouncing off the facades of buildings alongside the roads was decreased on a scale of 5 dB (A). However, it is necessary to deploy other joint measures to effectively reduce the noise. Finally, we conclude that this study has contributed largely to the evaluation of noise pollution in Campo Grande, since the three areas that were studied represent a sample of the city layout.

Keywords: Noise Pollution. Traffic Noise. Noise Mapping.

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

### 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A poluição sonora, cujo agente caracterizador é o ruído, é motivo de estudos, em diversos países do mundo, bem como no Brasil, demonstrando, nos dias atuais, a grande preocupação com os problemas causados pelo ruído em ambientes urbanos.

Com base nos dados da Organização Mundial da Saúde – OMS, a poluição sonora é a terceira maior poluição que afeta a população mundial, ficando atrás apenas da poluição do ar e da água (CALIXTO *et al.*, 2008).

Segundo dados da *Environmental Protection Administration*, em Taiwan, os pedidos para diminuição da poluição sonora são mais comuns do que para os de poluição do ar (TSAI *et al.*, 2009), o que mostra o grande incômodo causado por tal poluição.

O crescente número de veículos que circulam nas grandes cidades, bem como o aumento da população mundial, são fatores contribuintes para os altos níveis de ruído que ocorrem em regiões urbanas, afetando negativamente a qualidade de vida do ser humano, podendo causar diversos males, tais como *stress*, falta de concentração e distúrbios no sono, entre outros. (WHO, 2000; GERGES, 2000; BISTAFA, 2008).

De acordo com Brilhante & Caldas (1999), o tráfego de veículos contribui muito para a formação dos poluentes hoje existentes nas grandes metrópoles, bem como da poluição sonora que é um fator considerável na poluição ambiental. Costa & Lourenço (2011) também afirmam que o ruído ambiental é parte da vida urbana, sendo predominantemente condicionado pelo tráfego de veículos.

## 1.2 MOTIVAÇÃO DA PESQUISA

Tendo em vista que o ruído urbano é prejudicial à saúde humana, causando incômodo, desconforto e *stress*, esse deve ser considerado e devidamente avaliado.

A cidade de Campo Grande, capital de Mato Grosso do Sul, atualmente possui, segundo dados do IBGE (2010), uma população de 786.797 habitantes. De acordo com o Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN (2012) o município possui uma frota de 435.655 veículos, entre caminhões, carros, motocicletas e outros. Considerando-se que no ano de 2007 a frota de veículos era de 305.413, verificou-se um aumento de 130.242 veículos, ou seja, um crescimento percentual de 42,6%, indicando um grande crescimento do número de veículos que circulam na cidade de Campo Grande/MS.

Pesquisadores como Zannin *et al.* (2002a) conduziram estudos na cidade de Curitiba a fim de verificar o impacto do ruído urbano sobre as pessoas. Por meio das respostas dadas a 860 questionários distribuídos para a população curitibana, concluíram que entre as diversas fontes de ruído urbano o tráfego de veículo é o que causa mais incômodo. Dentre as pessoas entrevistadas que se declararam incomodados com o ruído de sua rua, 73% apontaram o trânsito como a principal fonte de incômodo.

Estudos realizados por Paz *et al.* (2005), Paz & Zannin (2010) e Zannin & Sant’Ana (2011) demonstram o grande impacto negativo no ambiente urbano decorrente do ruído causado pelo intenso tráfego de veículos.

Conforme Paz (2004), a avaliação objetiva do ruído proveniente do tráfego é justificada como forma de contribuir para a melhoria do planejamento urbano, em decorrência da melhoria do planejamento dos transportes.

Santos (2006) aplicou questionários para 400 pessoas escolhidas aleatoriamente em diferentes pontos do quadrilátero central da cidade de Campo Grande/MS. O estudo mostrou, conforme as respostas da população, que a principal fonte sonora responsável pelos elevados níveis de ruído de Campo Grande se trata do trânsito (37%), seguida por manifestações ao ar livre (shows, rodeios, comícios)

(28%), Comércio (geral) (18%), Casas de espetáculos (bares, boates) (11%) e outros (6%).

Tendo-se em vista a tendência do aumento do ruído urbano oriundo do tráfego de veículos e sendo essa uma das principais fontes de poluição sonora, é de suma importância a realização de estudos a respeito desse tipo de poluição que afeta a cidade de Campo Grande/MS. Pela análise da situação atual, percebe-se que esses estudos podem levar às autoridades responsáveis pela legislação e pela execução do planejamento urbano da cidade medidas a serem adotadas para a solução do problema que tragam melhor qualidade de vida à população.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo geral

Avaliar o impacto dos níveis sonoros provenientes do tráfego de veículos em três regiões distintas (comercial, residencial e mista) da cidade de Campo Grande/MS, comparando os resultados obtidos com os níveis permitidos pela Legislação Municipal e com os indicados pela NBR 10151 (2000).

#### 1.3.2 Objetivos específicos

- Medir os níveis sonoros nas três regiões analisadas;
- Comparar os níveis de ruído medidos com os previstos pela simulação computacional;
- Mapear o ruído nas três regiões analisadas;
- Identificar as vias e as áreas com maiores níveis de ruído;
- Apresentar medidas mitigadoras do ruído;

## 1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação é composta de 5 capítulos distribuídos da seguinte forma:

### Capítulo 1 – INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o tema do trabalho, sua importância, a motivação da pesquisa e os seus objetivos, bem como a estrutura da dissertação.

### Capítulo 2 – CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Apresenta os conceitos básicos da acústica com finalidade de contextualização e apoio para a interpretação dos resultados.

### Capítulo 3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Apresenta diversos trabalhos sobre o ruído de tráfego e seus males causados à saúde humana e sobre o mapeamento do ruído urbano.

### Capítulo 4 – METODOLOGIA

Este capítulo apresenta o cenário do estudo e os métodos e materiais utilizados para o desenvolvimento desta dissertação.

### Capítulo 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apresentando os resultados obtidos e as discussões acerca destes.

### Capítulo 6 - CONCLUSÕES

São apresentadas conclusões a partir dos resultados obtidos no estudo do mapeamento do ruído do tráfego urbano.

## CAPÍTULO 2 – CONCEITOS FUNDAMENTAIS

### 2.1 Som e Ruído

O som tem sua origem, na maioria dos casos, na vibração de um objeto que provoca a vibração das partículas do meio possível de ser captada pelo ouvido humano (SOUZA, 2003).

Em termos físicos, o som é a vibração mecânica através de um meio elástico (sólido, líquido ou gasoso) cuja energia é transferida para longe da fonte por progressivas ondas sonoras (HASSALL & ZAVERI, 1979).

Gerges (2000) define o som como uma forma de energia que é transmitida pela colisão das moléculas do meio, umas contra as outras, sucessivamente.

O som faz parte do dia a dia do ser humano, seja no local de trabalho, no ambiente doméstico ou nos ambientes de lazer, entre outros lugares. Alguns sons captados pelo ouvido humano podem ser desagradáveis e causar incômodo, sendo popularmente definidos como ruídos.

O ruído pode ser definido tecnicamente como um som desprovido de harmonia (PAZ, 2004).

A Lei Complementar Nº 8 (1996), do Município de Campo Grande/MS, define ruído como “qualquer som que cause ou tenda a causar perturbações ao sossego público ou produzir efeitos psicológicos ou fisiológicos negativos em seres humanos e animais”.

Hansen (2005) define o ruído como um som que é indesejável por um ou mais indivíduos, mesmo que não incomode outras pessoas.

Assim, a avaliação por parte do ouvinte, no que diz respeito ao fato de um determinado som ser um ruído ou não, é subjetiva e envolve alguns fatores como o tipo de fonte sonora e o tempo de exposição ao respectivo som, entre outros (GERGES, 2000).

## 2.2 Propagação do Som

Conforme visto anteriormente, o som pode se propagar em qualquer meio elástico. Tendo em vista o conteúdo do presente trabalho, o meio considerado de propagação do som será o ar.

As vibrações sonoras propagam-se pelo ar devido a pequenas alterações provocadas na pressão atmosférica, configurando-se como ondas sonoras. Ao sofrer um estímulo sonoro, as partículas do ar são submetidas a sucessivas compressões e rarefações, de forma que o movimento de uma partícula provoca a vibração da partícula vizinha, resultando na propagação sonora. As partículas não são transferidas junto com a onda; é apenas a energia da perturbação que é transmitida. Essas oscilam por apenas uma distância infinitesimal sobre suas posições de equilíbrio ao longo da direção de propagação da onda sonora (HASSALL & ZAVERI, 1979; HARRIS 1998; GERGES, 2000; SOUZA *et al.*, 2003).

Para a compreensão de como se processa a propagação do som, utiliza-se a definição de frequência sonora, que é o número de ciclos (repetições) de uma onda sonora no intervalo de tempo de um segundo, expressa comumente pela unidade chamada Hertz (Hz). Cada fonte sonora tem a capacidade própria de vibrar em determinada faixa de frequência. A faixa de frequência audível ao ouvido do ser humano se situa entre 20 e 20.000 Hz, sendo que as frequências mais altas, com maior número de oscilações temporais, correspondem aos sons mais agudos, enquanto as frequências mais baixas, com menor número de oscilações temporais, correspondem aos sons mais graves (SOUZA *et al.*, 2003).

Além da frequência, as ondas sonoras se propagam no meio com certa velocidade, definida como velocidade do som, que se propaga pelo ar, variando

diretamente com a pressão do ar de equilíbrio e inversamente com a densidade do ar de equilíbrio (KANG, 2007), conforme equação (1).

$$c = \sqrt{\frac{\gamma \cdot P_{ar}}{\rho}} \quad (1)$$

Onde,

$c$  = velocidade do som [m/s];

$\gamma$  = razão calorífica do gás;

$P_{ar}$  = pressão do ar [N/m<sup>2</sup>];

$\rho$  = densidade do ar [kg/m<sup>3</sup>];

Simplificando a equação (2), pode-se obter uma fórmula aproximada da velocidade do som em função apenas da temperatura (GERGES, 2000).

$$c = 331 + 0,6t \quad (2)$$

Onde,

$c$  = velocidade do som [m/s];

$t$  = temperatura do meio (ar) [°C];

Desse modo, considerando uma temperatura média de 20°C para o ar, a velocidade do som é de aproximadamente 344m/s.

Uma característica de fundamental importância de uma onda sonora é o seu comprimento ( $\lambda$ ). A relação existente entre comprimento de onda, frequência e velocidade do som é dada pela equação (3):

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (3)$$

Onde,

$\lambda$  = comprimento de onda [m];

$c$  = velocidade de propagação do som [m/s];

$f$  = frequência [Hz];

A energia gerada por fontes sonoras sofre atenuação ao se propagar em ar livre, e os fatores causadores dessa atenuação são: distância percorrida, barreiras, absorção atmosférica, vegetação, variação de temperatura e efeito do vento. (GERGES, 2000).

## 2.3 Propriedades do Som

### 2.3.1 Pressão Sonora

Com as ondas sonoras em um fluido como o ar, a pressão sonora em qualquer ponto é a diferença entre a pressão total e a pressão atmosférica normal. A pressão sonora varia com o tempo e pode ser positiva ou negativa em relação à pressão atmosférica normal (CROCKER, 2007).

A pressão sonora deve ser mensurada com instrumentos apropriados e para um determinado período de medição. Como há a ocorrência de vários valores de pressão instantânea, pode-se determinar um valor único representativo de um respectivo período (CALIXTO, 2002).

Assim sendo, se a pressão sonora em qualquer instante  $t$  é  $p(t)$ , então a pressão média quadrática,  $\langle p^2(t) \rangle_t$ , é a média no tempo do quadrado da pressão sonora em um intervalo de tempo  $T$  (CROCKER, 2007; BIES & HANSEN, 2009). Assim, pode-se observar a equação (4):

$$\langle p^2(t) \rangle_t = \frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt \quad (4)$$

Onde,

$\langle p^2(t) \rangle_t$  = pressão sonora média quadrática;

$p(t)$  = pressão sonora instantânea;

$T$  = intervalo de tempo;

Dessa forma obtém-se a raiz quadrada da pressão sonora média quadrática, que é o valor representativo do intervalo de tempo de medição:

$$p_{rms} = \sqrt{\langle p^2(t) \rangle_t} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt} \quad (5)$$

Onde,

$p_{rms}$  = raiz média quadrática da pressão sonora, ou pressão efetiva;

$p(t)$  = pressão sonora instantânea;

$T$  = tempo de medição;

A pressão sonora é usualmente utilizada em unidade N/m<sup>2</sup> ou em Pascal (Pa). A mínima pressão sonora audível por uma pessoa jovem é de aproximadamente 20x10<sup>-6</sup> Pa ou 20μPa, sendo esse um valor de referência chamado de limiar de audição. Para um ouvido humano normal, a dor pode ocorrer para uma pressão sonora na ordem de 60 Pa (GERGES, 2000; HANSEN, 2005).

### 2.3.2 Densidade de Energia do Som

A energia acústica contida em uma unidade de volume do meio é um parâmetro fundamental de qualquer tipo de campo acústico. Ela é chamada de

densidade de energia e está relacionada com a pressão sonora pela equação 6 (HASSALL & ZAVERI, 1979):

$$D = \frac{p_{rms}^2}{\rho c^2} \quad (6)$$

Onde,

$D$  = densidade de energia do som [ $\text{N/m}^2$ ];

$p_{rms}$  = pressão sonora raiz média quadrática, ou pressão efetiva [ $\text{N/m}^2$ ];

$\rho$  = densidade do fluído (no caso o ar) [ $\text{kg/m}^3$ ];

$c$  = velocidade do som (no ar a  $20^\circ = 344 \text{ m/s}$ ) [ $\text{m/s}$ ];

### 2.3.3 Intensidade Sonora

Conforme HASSALL & ZAVERI (1979), Intensidade Sonora é a energia acústica que flui por meio de uma unidade de área centrada no campo acústico, perpendicular à direção de propagação da onda (se o campo não for difuso), por unidade de tempo.

Para um campo livre, onde a onda sonora se propaga apenas a partir da direção da fonte, tem-se:

$$I = \frac{p_{rms}^2}{\rho c} \quad (7)$$

Para um campo difuso, tem-se:

$$I = \frac{p_{rms}^2}{4\rho c} \quad (8)$$

Onde,

$I$  = intensidade sonora [m/s];

$p_{rms}$  = pressão sonora raiz média quadrática ou pressão efetiva [N/m<sup>2</sup>];

$\rho$  = densidade do fluido (no caso o ar) [kg/m<sup>3</sup>];

$c$  = velocidade do som (no ar a 20° = 344 m/s) [m/s];

A Intensidade Sonora ainda pode ser expressa por (GERGES, 2000):

$$I = \frac{W}{S} \quad (9)$$

Onde,

$I$  = intensidade sonora [W/m<sup>2</sup>];

$W$  = Potência Sonora [W];

$S$  = Área [m<sup>2</sup>];

#### 2.3.4 Potência Sonora

É a energia acústica emitida por uma fonte em uma unidade de tempo. A potência sonora é apenas dependente da própria fonte e independe do meio em que se encontra.

#### 2.4 Medição do Ruído

Pressão é uma unidade de engenharia que é medida de forma relativamente fácil, no entanto, o ouvido humano responde a uma forma aproximada de uma escala logarítmica à entrada de energia, sendo esta proporcional ao quadrado da pressão sonora (HANSEN, 2005).

Uma aplicação direta de escalas lineares (em Pa) para a medição da pressão sonora leva a números muito díspares e pouco práticos. Uma escala linear baseada

no quadrado da pressão sonora exigiria  $10^{13}$  unidades divididas para cobrir a faixa sonora da experiência humana. Assim, é melhor utilizar uma escala logarítmica que forneça uma maneira conveniente de comparar a pressão sonora de um som com outro. Para evitar uma escala muito comprimida, um fator de 10 é introduzido, dando origem ao decibel (BRÜEL & KJAER, 2000; HANSEN, 2005).

A relação existente entre a escala linear (em Pa) e a escala logarítmica (em dB) pode ser vista na Figura 1.

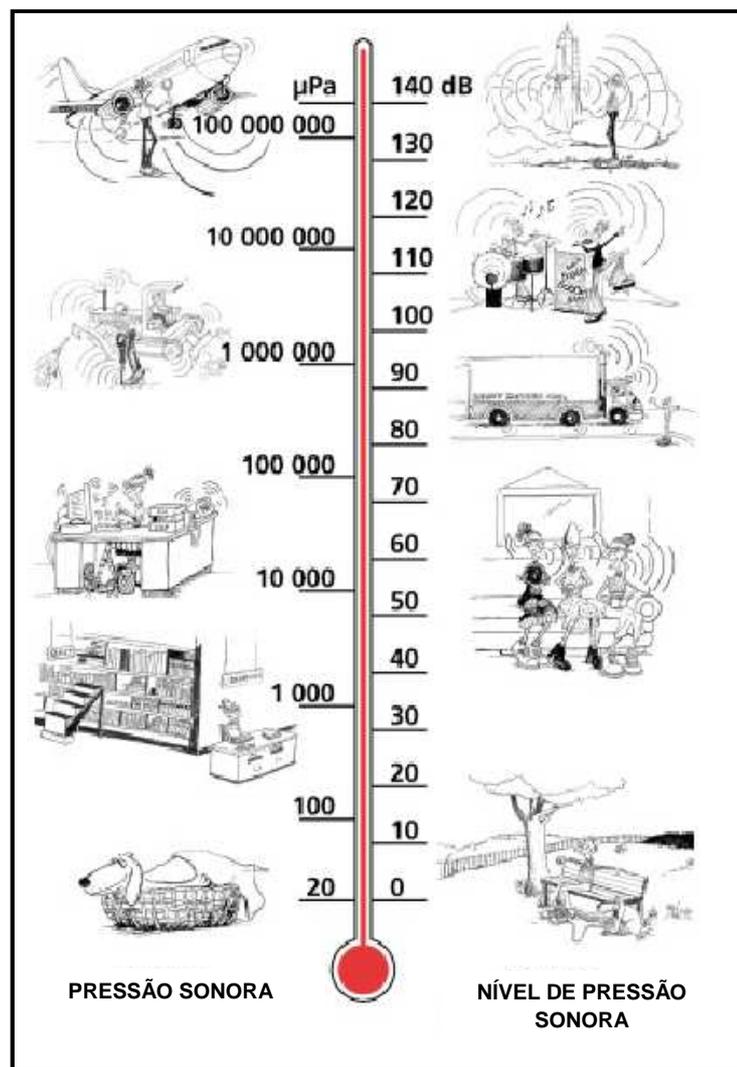


Figura 1. Pressão sonora (Pa) e Nível de pressão sonora (dB).  
Fonte: Brüel & Kjaer (2000).

#### 2.4.1 Nível de Pressão Sonora (NPS)

O nível de pressão sonora (NPS), em decibel (dB), que corresponde a uma pressão sonora  $P$ , é dado por:

$$NPS = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \log \frac{P}{P_0} \quad (10)$$

Onde,

$NPS$  = nível de pressão sonora [dB];

$P$  = pressão sonora [ $N/m^2$ ];

$P_0$  = pressão sonora de referência [ $2 \times 10^{-5} N/m^2$ ];

O nível de pressão sonora também pode ser expresso pelo símbolo  $L_p$ , que vem do inglês “*Sound Pressure Level*” (HARRIS, 1998).

#### 2.4.2 Nível de Pressão Sonora Equivalente ( $L_{eq}$ )

Segundo a NBR 10151 (2000), o nível de pressão sonora equivalente é o nível médio quadrático da pressão sonora referente ao intervalo de medição, conforme a equação 11:

$$L_{eq} = 10 \log \left\{ \left( \frac{1}{T} \right) \cdot \left[ \int_{T_1}^{T_2} \left( \frac{P(t)}{P_0} \right)^2 dt \right] \right\} \quad (11)$$

Onde,

$L_{eq}$  = nível de pressão sonora equivalente [dB];

$T = (T_2 - T_1)$  = intervalo de tempo [s];

$P(t)$  = pressão sonora instantânea [ $N/m^2$ ];

$P_0$  = pressão sonora de referência [ $2 \times 10^{-5} N/m^2$ ]

A mesma norma recomenda o nível equivalente de pressão sonora como medida de avaliação das medições sonoras.

## 2.5 Curvas de Ponderação

O ouvido humano não é igualmente sensível a todas as frequências, mas é mais sensível à faixa entre 2 kHz e 5 kHz e menos sensível para frequências extremamente baixas ou altas. Por isso, filtros de ponderação podem ser aplicados quando forem realizadas medições de som. (GERGES, 2000; BRÜEL & KJAER, 2000).

As curvas de ponderação são padronizadas e classificadas como A, B, C e D. Somente a curva de ponderação A é, todavia, amplamente utilizada hoje, visto que as curvas B e C não fornecem boa correlação em testes subjetivos (audibilidade subjetiva do som). Em relação à curva D, esta foi padronizada para medições de ruídos em aeroportos (GERGES, 2000).

Bistafa (2008) afirma que a curva de ponderação A aproxima a resposta do sistema auditivo para sons com níveis sonoros “moderados”, que são verificados em diversas atividades da vida moderna, sendo tal curva a mais comumente recomendada para medições de ruído, tendo em vista ser indicada pela maioria das normas e legislações relativas a este.

A Tabela 1 apresenta as conversões em decibéis para as curvas A, B e C, de acordo com cada frequência, e a Figura 2 mostra as curvas de ponderação.

Tabela 1. Conversões em decibéis para as Curvas A, B e C.

<b>Frequência (Hz)</b>	<b>Curva A dB (A)</b>	<b>Curva B dB (B)</b>	<b>Curva C dB (C)</b>
<b>10</b>	-70,4	-38,2	-14,3
<b>12,5</b>	-63,4	-33,2	-11,2
<b>16</b>	-56,7	-28,5	-8,5
<b>20</b>	-50,5	-24,2	-6,2
<b>25</b>	-44,7	-20,4	-4,4
<b>31,5</b>	-39,4	-17,1	-3,0
<b>40</b>	-34,6	-14,2	-2,0
<b>50</b>	-30,2	-11,6	-1,3
<b>63</b>	-26,2	-9,3	-0,8
<b>80</b>	-22,5	-7,4	-0,5
<b>100</b>	-19,1	-5,6	-0,3
<b>125</b>	-16,1	-4,2	-0,2
<b>160</b>	-13,4	-3,0	-0,1
<b>200</b>	-10,9	-2,0	0,0
<b>250</b>	-8,6	-1,3	0,0
<b>315</b>	-6,6	-0,8	0,0
<b>400</b>	-4,8	-0,5	0,0
<b>500</b>	-3,2	-0,3	0,0
<b>630</b>	-1,9	-0,1	0,0
<b>800</b>	-0,8	0,0	0,0
<b>1000</b>	0,0	0,0	0,0
<b>1250</b>	0,6	0,0	0,0
<b>1600</b>	1,0	0,0	-0,1
<b>2000</b>	1,2	-0,1	-0,2
<b>2500</b>	1,3	-0,2	-0,3
<b>3150</b>	1,2	-0,4	-0,5
<b>4000</b>	1,0	-0,7	-0,8
<b>5000</b>	0,5	-1,2	-1,3
<b>6300</b>	-0,5	-1,9	-2,0
<b>8000</b>	-1,1	-2,9	-3,0
<b>10000</b>	-2,5	-4,3	-4,4
<b>12500</b>	-4,3	-6,1	-6,2
<b>16000</b>	-6,6	-8,4	-8,5
<b>20000</b>	-9,3	-11,1	-11,2

Fonte. GERGES, 2000.

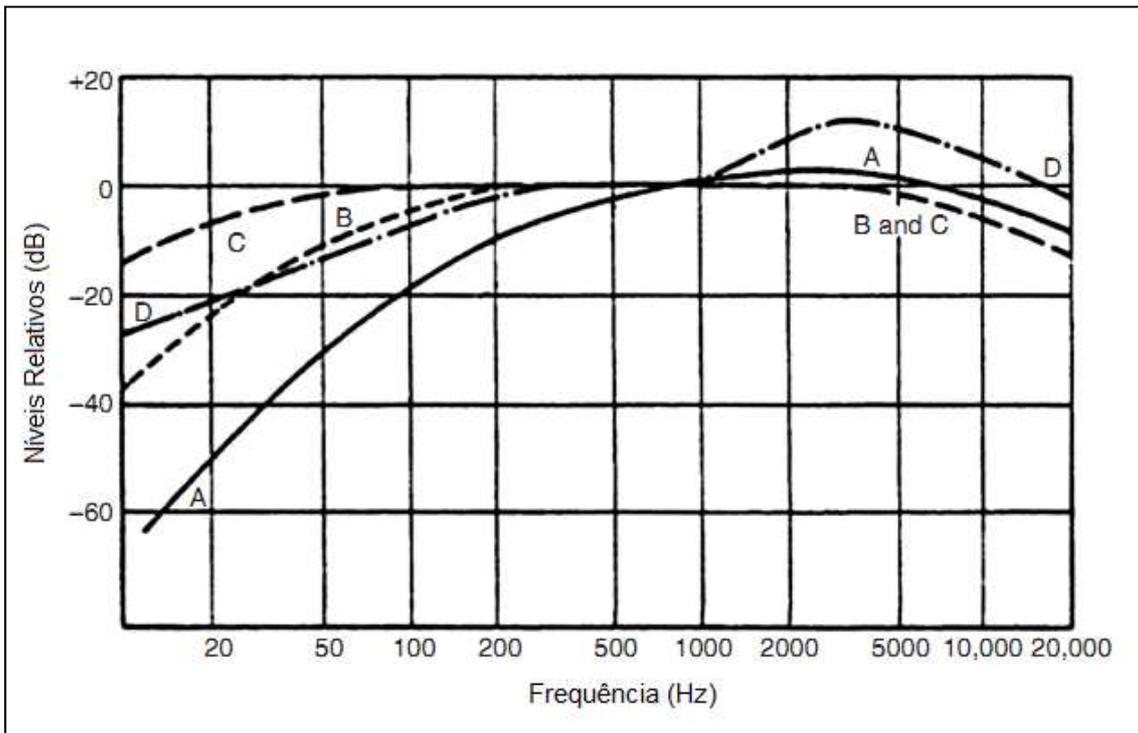


Figura 2. Curva de Ponderação A, B, C e D.  
Fonte. CROCKER, 2007.

Desse modo, é utilizada a respectiva letra da curva de ponderação, junto ao símbolo do nível sonoro medido ou à unidade de medição, por exemplo,  $L_{Aeq}$  (Nível de Pressão Sonora Equivalente ponderado na curva A) ou dB(A).

## 2.6 Emissão e Imissão Sonora

Conforme ZANNIN (2002b), a emissão sonora é a “pressão sonora que efetivamente é emitida pela fonte geradora do som”. Como exemplo pode-se citar um motor de veículo ou uma máquina industrial, que são fontes sonoras.

A imissão sonora é a pressão sonora que efetivamente chega ao sistema auditivo do receptor ou ao ponto de recepção, podendo ser definida como o nível de pressão sonora emitido por uma fonte menos as perdas na transmissão entre a fonte e o receptor. (CALIXTO, 2002; ZANNIN, 2002b).

## CAPÍTULO 3 – REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 Ruído de Tráfego

O aumento da poluição sonora nas cidades está diretamente ligado ao crescimento da população urbana. Conseqüentemente, as fontes de ruído que causam a poluição sonora aumentam. Dentre tais fontes, podemos citar a construção civil, o tráfego de veículos e também os ruídos causados pela vizinhança (ZANNIN *et al.*, 2002b).

Muitos são os estudos que apresentam o tráfego de veículos como a principal fonte de poluição sonora. Nagem (2004), em estudo realizado na Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, verificou que os níveis de pressão sonora estavam acima dos limites estabelecidos pelas normas de conforto, sendo que o tráfego de veículos foi considerado como a principal fonte de ruído.

Maia (2003), em estudo realizado na cidade de Porto Alegre, verificou, em grande parte dos locais estabelecidos para a medição do nível de pressão sonora, uma grande divergência entre os níveis reais de pressão sonora incidentes nas edificações e os níveis máximos permitidos pelas legislações vigentes (regional, nacional e internacional), sendo que tais níveis possuíam relação direta com a maior ou a menor presença de tráfego.

O ruído de tráfego é composto por três parcelas básicas: o ruído proveniente da força de tração unitária do veículo, o da interação pneu/pavimento e o ruído aerodinâmico (CARVALHO & ROCHA, 2008). A primeira parcela (proveniente da força de tração unitária do veículo) envolve os ruídos provenientes do sistema mecânico do veículo: o motor, os sistemas de exaustão e ventilação, bem como o de transmissão. O ruído gerado pela segunda parcela (interação pneu/pavimento) é o

principal contribuinte para o ruído total gerado. O ruído decorrente de tal parcela é gerado pela vibração do pneu e pelo movimento das partículas de ar no pavimento (GOLEBIEWSKI *et al.*, 2003).

A Figura 3 apresenta um esquema ilustrativo das parcelas do ruído proveniente do tráfego de veículos (rodoviário).

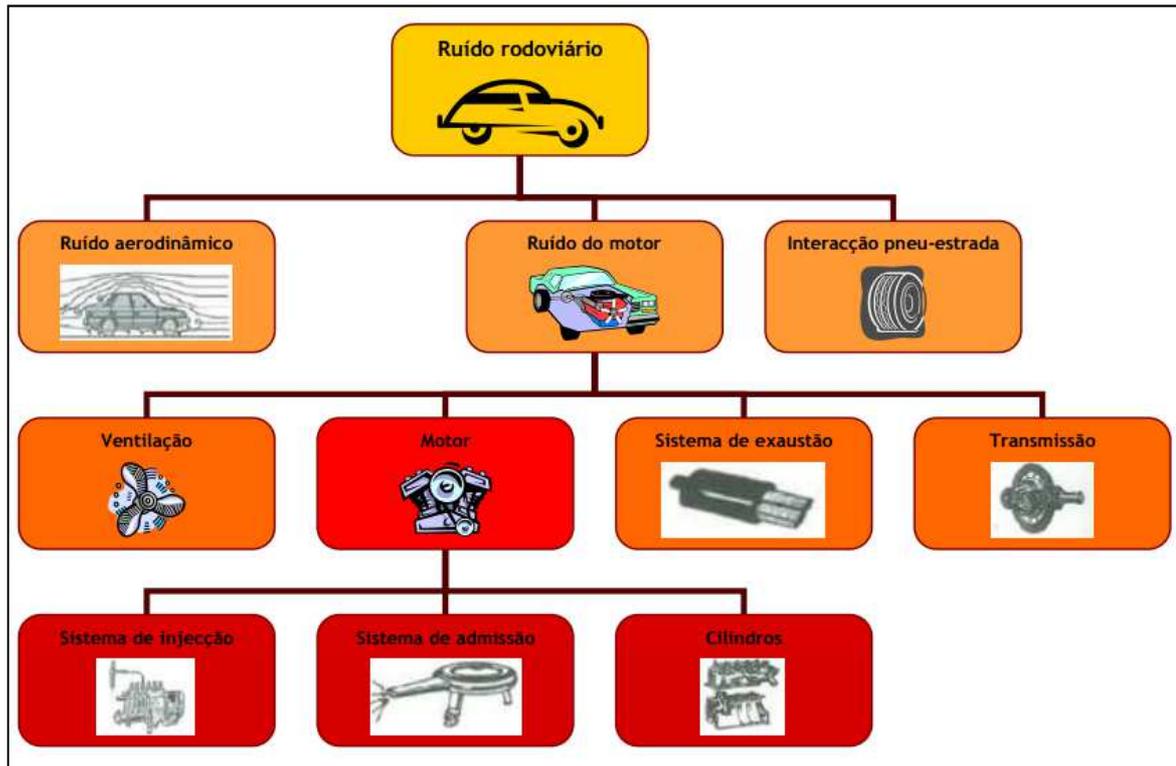


Figura 3. Parcelas do ruído provenientes do tráfego de veículos.  
Fonte. CARVALHO & ROCHA, 2008.

O tipo de pavimento não influencia apenas a emissão sonora do ruído, mas também a forma de propagação desse ruído, que é materializada pela rugosidade e pela textura da superfície de rolamento e pela porosidade e absorção, bem como pela composição e pela estrutura do pavimento (CARVALHO & ROCHA, 2008). De acordo com Golebiewski *et al.* (2003), os pavimentos constituídos de asfalto poroso apresentam redução do ruído de tráfego.

Existem vários parâmetros que apresentam correlação direta ou inversa com os níveis de ruído provenientes do tráfego de veículos, podendo-se citar entre o principais o volume de tráfego, a composição do tráfego, a velocidade, o *greide* da

pista e a distância entre a fonte e o receptor, conforme descrito por García & Faus (1991), Golebiewski *et al.* (2003) e Sattler (1999) citado por Paz (2004).

### 3.2 Impacto do Ruído na Saúde

O ruído afeta a vida cotidiana do ser humano – em casa, no lazer, durante o sono, quando viaja e no trabalho. No entanto, os organismos humanos não estão preparados para desligar o ruído (BABISCH, 2005).

A saúde humana pode ser afetada por ruídos causadores de dois efeitos principais: auditivos e não-auditivos. Os auditivos são considerados aqueles em que a audição pode ser comprometida, ocorrendo perda parcial ou total, sendo tal perda causada por exposição prolongada e/ou por altos níveis de ruído. Os não-auditivos são os vários problemas psíquico-fisiológicos, não relacionados à perda de audição, como incômodo, *stress*, problemas cardíacos, distúrbios do sono e falta de concentração, entre outros (WHO, 2000; BISTAFA, 2008).

Dentre os diversos efeitos (não-auditivos) do ruído na saúde humana Stansfeld & Matheson (2003) afirmam que os mais evidentes são os distúrbios do sono, incômodo e desempenho cognitivo em adultos e crianças.

Babisch *et al.* (2009), em estudo realizado na Alemanha sobre os problemas de saúde relacionados ao ruído, avaliaram 1048 crianças (entre 8 e 14 anos). Elas tiveram a aferição da pressão arterial realizada em clínicas de análise e passaram por uma entrevista que contou com a participação também de seus pais a respeito das atividades exercidas por elas, das condições da edificação e dos fatores ambientais do lugar onde moravam. Foram ainda medidos os níveis sonoros do tráfego de veículos a que essas crianças estavam expostas. Assim, os pesquisadores concluíram que o ruído do tráfego de veículos que atingia a casa era um fator de estresse que poderia estar afetando a pressão arterial das crianças.

Conforme Gerges (2000), um longo tempo de exposição a altos níveis de ruído pode trazer sobrecarga ao coração, causando secreções anormais de hormônios e tensões musculares. Os efeitos de tais alterações podem ser notados na vida das pessoas por meio da mudança de comportamento e da presença de

males como: fadiga mental, nervosismo, frustração e prejuízo no desempenho do trabalho, entre outros.

Em um estudo realizado no Reino Unido, com relação ao incômodo e aos distúrbios causados pelo ruído do tráfego (rodoviário), Babisch *et al.* (2003) examinaram a incidência de doença isquêmica do coração (IDH) em homens de meia idade. Para isso, foram realizadas entrevistas e medições dos níveis de ruído nas ruas das regiões onde viviam os sujeitos examinados. Ao final, concluíram que o incômodo e a perturbação devida ao ruído do tráfego rodoviário estão associados a uma maior incidência de IDH, sendo que a prevalência de uma doença pode ser um importante efeito modificador na relação entre o incômodo causado pelo ruído e os resultados de saúde.

Zannin *et al.* (2002c), na cidade de Curitiba, coletaram dados dos níveis de ruído em 1000 locais distribuídos por toda a cidade. Após a análise dos dados, verificaram que em 933 locais, que representam 93,3% dos 1000 locais analisados, os níveis de ruído ( $L_{Aeq}$ ) estavam numa faixa entre 65 e 85 dB(A), demonstrando que a maior parte da população estava diariamente exposta a níveis de ruído muito altos, que podem acarretar diversos problemas de saúde.

Arana & Garcia (1997) realizaram estudo na cidade de Pamplona - Espanha, onde foram mensurados os níveis de ruído em várias áreas residenciais localizadas em 5 regiões diferentes da cidade, concluindo que os níveis de ruído ( $L_{Aeq}$ ) no período diurno excediam 65 dB(A) em 59% das localizações, o que demonstrou que a população estava sendo exposta a altos níveis de ruído.

O nível equivalente de pressão sonora ( $L_{eq}$ ) de 65 dB(A) é considerado o limiar de conforto acústico para a medicina preventiva (MASCHKE, 1999). Além disso, Belojevic & Jakovljevic (1997), por meio de pesquisa social e coleta de dados objetivos (níveis sonoros), confirmaram o fato de que uma população que vive em regiões onde os níveis sonoros estão acima de 65 dB(A) ( $L_{eq}>65$  dB(A)) pertence a uma categoria de alto risco para inúmeros efeitos subjetivos de ruído, incluindo efeitos psicológicos, distúrbios do sono e comportamentais.

O Quadro 2 apresenta os efeitos dos diversos níveis de ruído para ambientes internos e externos sobre a saúde, bem como os tempos de duração aceitáveis, de acordo com Berglund *et al.* (1995).

Locais de recepção	Efeito sobre a saúde	L <sub>Aeq</sub> [dB]	Período de tempo [h]	L <sub>Amax</sub> [dB]
Zona residencial exterior	Forte incómodo	55	16	-
	Incomodo moderado	50	16	-
Interior das habitações	Inteligibilidade da palavra e incómodo moderado	35	16	-
Interior dos quartos	Perturbações no sono, à noite	30	8	45
No exterior dos quartos	Perturbações no sono, janela aberta	45	8	60
Interior de salas de aula e Jardins-de-infância,	Inteligibilidade da palavra, perturbação na aquisição e na comunicação de informação	35	Período de aulas	-
Interior de áreas de repouso de jardins-de-infância	Perturbações no sono	30	Período de repouso	45
Zonas de recreio, exterior	Incómodo (fonte exterior)	55	Período de recreio	-
Interior de hospitais (salas de estar e quartos)	Perturbações no sono, à noite Perturbações no sono, durante o dia	30	8	40
		30	16	-
Interior de hospitais (zonas de tratamento)	Interferência com o período de repouso e de convalescença	Menor possível	-	-
Zonas industriais, comerciais, de serviços, de circulação, no exterior e no interior	Perda de audição	70	24	110
Festivais, locais de diversão	Perda de audição (clientes: <5 vezes por ano)	100	4	110
Discursos, manifestações lúdicas no exterior e interior	Perda de audição	85	1	110
Música e outros sons difusos nos receptores	Perda de audição	85	1	110
Impulsos sonoros gerados por jogos, fogo-de-artifício e armas de fogo	Perda de audição (adultos)	-	-	140
	Perda de audição (crianças)	-	-	120
Parques naturais e zonas protegidas	Interrupção na tranquilidade		Devem ser preservadas e o ruído emergente do ruído de fundo deve ser tão baixo quanto possível	

Quadro 1. Efeitos sobre a saúde causados pelo ruído em ambientes externos e internos.

Fonte. CARVALHO & ROCHA, 2008.

A Figura 4 apresenta a duração da exposição diária a diversos níveis sonoros toleráveis pelo ser humano sem causar perdas auditivas irreversíveis.

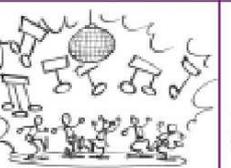
120 dB(A)	110 dB(A)	100 dB(A)	90 dB(A)	85 dB(A)
				
12 seg	2 min	20 min	3 horas	8 horas

Figura 4. Duração da exposição diária de níveis sonoros, que são toleráveis ao ser humano.

Fonte. Institut Bruxellois pour la Gestion de L'Environnement - Vadmeccum du Bruit Routier Urbain (2003).

### 3.3 Mapeamento do Ruído

O ruído tem se intensificado cada vez mais nos grandes centros urbanos, sendo um grande desafio a sua avaliação. Isso ocorre devido à alta densidade populacional e à combinação de diferentes fontes de ruído que contribuem para o ambiente geral acústico (PINTO & MARDONES, 2009).

Existem vários estudos que tomaram como medida de avaliação do ruído a simulação computacional e/ou medições sonoras em campo e cujos resultados são apresentados por meio de mapas de ruído, dentre os quais: Nagem (2004), Pinto & Mardones (2009), King & Rice (2009), Bunn (2010), Costa & Lourenço (2011), Zannin & Sant'Ana (2011), Guedes *et al.* (2011) e Engel (2012).

De acordo com a *Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002* (END), mapa de ruído pode ser definido como uma apresentação de dados sobre uma situação de ruído existente (atual) ou predita em termos de um indicador de ruído, indicando as violações de qualquer valor limite pertinente em vigor, o número de pessoas afetadas ou o número de habitações expostas a determinados valores de um indicador de ruído em uma determinada área.

Mapas de ruído são boas ferramentas para se apresentar de maneira geral e prática os diversos níveis de ruído existentes em uma determinada região. Lee *et al.* (2008) afirmam que o mapa de ruído é uma ferramenta científica que considera fenômenos acústicos complexos e eficientes que permitem visualizar o impacto do ruído em cores.

Conforme Santos & Valado (2004), citado por Pinto & Mardones (2009), os mapas sonoros podem, entre outras finalidades, ser utilizados na:

- Quantificação do ruído na área estudada;
- Avaliação da exposição da população;
- Criação de uma base de dados para planejamento urbano com localização das atividades de ruído em zonas sensíveis e mistas;
- Modelagem dos diferentes cenários de uma futura evolução;

A elaboração dos mapas pode ser feita por meio de medições reais em pontos pré-determinados, com a utilização de modelos de predição por meio de simulações (utilizando dados do fluxo de veículos); ou, em um sistema misto, as simulações podem ser complementadas e verificadas com as medições reais (PINTO & MARDONES, 2009).

Tsai *et al.* (2009), em estudo realizado na cidade de Tainan - Taiwan, valendo-se apenas de medições de ruído em campo, obtiveram dados de 345 estações de monitoramento distribuídas por toda cidade. Tais dados foram coletados no Verão e no Inverno, pela manhã (8:00 às 10:00h), à tarde (14:00 às 16:00h) e à noite (20:00 às 22:00h), respectivamente. Com tais dados, eles formularam mapas de ruído identificando os níveis de pressão sonora em toda a cidade para as respectivas estações do ano.

Costa & Lourenço (2011) realizaram o mapa de ruído da região do centro da cidade de Sorocaba/SP, também utilizando apenas medições de ruído em campo, onde foram coletados dados em 32 pontos em períodos de 5 minutos.

Conforme Cho *et al.* (2007), a realização de mapas apenas com medições reais de campo deve incluir muitos pontos de medição para a obtenção de uma imagem completa da situação do ruído. Assim, a sua elaboração pode exceder o tempo e avaliar apenas a situação existente (atual).

Em face do exposto, a simulação computacional surge como uma ferramenta para a avaliação da poluição sonora.

A simulação é realizada por meio de um *software* em que são inseridos vários dados de entrada e que, após tratamento, resultam em um modelo representativo da condição existente ou futura dos níveis de ruído na área de interesse. Tendo em vista o ruído proveniente do tráfego de veículos, alguns dados de entrada podem ser citados, como: dados topográficos, distribuição das edificações presentes na área analisada, tipo e condição do pavimento das vias, fluxo de veículos e condições meteorológicas, entre outros, que variam de acordo com a metodologia usada para realização do modelo (KANG, 2007; KING & RICE, 2009; BUNN, 2010; ZANNIN & SANT'ANA, 2011; GUEDES *et al.*, 2011; ENGEL, 2012).

Há vários estudos nos quais foi utilizada a simulação para a avaliação do ruído e realizadas medições de campo para a validação e a calibração dos modelos gerados.

Zannin & Sant'Ana (2011), em estudo realizado na cidade de Curitiba, utilizaram a simulação computacional (*software* de mapeamento de ruído) aliada às medições de ruído em campo. As medições dos níveis de ruído e a coleta de dados sobre o fluxo de veículos foram realizadas em períodos de apenas 3 minutos, em 28 pontos de uma rodovia (federal) que passa pelo meio da cidade (medições realizadas em 3 etapas). Eles avaliaram ainda um cenário futuro (após 20 anos), com base em previsões computacionais, em que os níveis de ruído gerados pelo aumento do tráfego são previstos em função das mudanças no uso e na ocupação do solo nas áreas adjacentes à rodovia em foco.

Como resultado, foram obtidos mapas de ruído que revelaram a existência de poluição sonora no trecho urbano da rodovia federal em todos os casos analisados (3 etapas e cenário futuro), quando comparados com os limites de ruído estabelecidos para a região pelo governo local de Curitiba. Concluíram ainda que os mapas de ruído realizados por meio de modelos computacionais são ferramentas muito úteis para se calcular e apresentar os níveis de ruído provenientes do tráfego de veículos, pois facilitam a gestão e a tomada de decisões pelas autoridades públicas na busca das soluções para os potenciais riscos ambientais.

Pinto & Mardones (2009) realizaram estudo sobre o ruído urbano em Copacabana/RJ - Brasil, uma região ocupada por um grande número de pessoas, bem como de grande circulação de turistas. O estudo teve por base os dados colhidos sobre o tráfego de veículos nas ruas da região, bem como dos dados arquitetônicos (altura das edificações e coeficiente de absorção do som das fachadas), sendo utilizado *software* de mapeamento de ruído. Assim, os pesquisadores realizaram as simulações que deram origem ao mapa de ruído da região, sendo o modelo calibrado e validado por meio de medições de ruído (5 min.) reais em diversos pontos da área analisada.

King & Rice (2009) também realizaram mapeamento de ruído por meio de simulação e medição dos níveis sonoros para a validação do modelo. O estudo foi

realizado na cidade de Dublin, tendo sido considerados o período diurno (7:00-19:00) e o tempo de medição de 15 minutos.

Nesse contexto, a *European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise* (WG-AEN) (2006) cita que o mapeamento de ruído deve ser preferencialmente realizado utilizando métodos computacionais, quando possível, e reconhece que algumas medições de ruído em campo são essenciais para o desenvolvimento e a validação dos métodos computacionais.

A *Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002* (END) (2002) impôs aos Estados Membros da União Europeia a elaboração de mapas de ruído em aglomerações (cidades, regiões) com mais de 250.000 habitantes até junho de 2007, bem como em todas as principais estradas que têm mais de seis milhões de passagens de veículos por ano, nos grandes eixos ferroviários com mais de 60.000 passagens de trens por ano e nos principais aeroportos situados no seu território, sendo que os respectivos mapas deverão ser revisados pelo menos a cada cinco anos.

Embora em outros países (como os membros da União Europeia) o mapeamento do ruído seja amplamente utilizado e obrigatório, no Brasil ainda não existe nenhuma legislação que regulamente ou que obrigue a realização de mapas de ruído, sendo estes raramente utilizados para a avaliação do ruído urbano.

### 3.4 Métodos de Cálculo

Muitos são os métodos de cálculo utilizados atualmente para prever os níveis de ruído provenientes do tráfego de veículos (rodoviários, ferroviários, aeronáuticos) e de indústrias. Dentre estes, podem-se citar alguns métodos como NMPB e Harmonoise (utilizados na Europa), *Integrated Noise Model* – INM (utilizado Estados Unidos no ruído aeronáutico) e ISO 9613-2 (1996) (Norma Internacional).

No presente trabalho, foi utilizado (ver Capítulo 4 – METODOLOGIA) o método de cálculo contido na ISO 9613-2 (1996): *Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: General method of calculation*. Assim sendo, a seguir são mostrados os cálculos e as especificações do método citado.

O Método utilizado pela ISO 9613-2 prediz o nível de pressão sonora equivalente sob condições favoráveis de propagação do som (ISO 1996). Tal método consiste especificamente de algoritmos de bandas de oitava (frequências de 63 Hz a 8 kHz) para calcular a atenuação do som que se origina no (s) ponto (s) de fonte (s) sonora (s) (em movimento ou estacionária).

As atenuações são calculadas levando em consideração os seguintes efeitos físicos:

- Divergência geométrica;
- Absorção atmosférica;
- Efeito do solo;
- Reflexão de superfícies;
- Desvio por obstáculos.

Esse método se aplica a uma grande variedade de fontes sonoras e ambientes, tais como ruído de tráfego veículos, trens, ruído industrial e de construções, entre outros. Tal método não se aplica ao ruído aeronáutico (aeronaves em voo), nem no caso de explosões.

A seguir é descrito o algoritmo do método de cálculo.

O nível de pressão sonora equivalente por bandas de oitava (a favor do vento) –  $L_{fT}(DW)$ , que chega a um local receptor é dado pela equação 12:

$$L_{fT}(DW) = L_W + D_c - A \quad (12)$$

Onde:

$L_W$  = nível de potência sonora em bandas de oitava, em decibéis, ponderado na curva A, produzido por uma fonte sonora pontual, relativo a uma potência sonora de referência (1 pW – um picowatt);

$D_c$  = Correção de direção, em decibéis;

$A$  = atenuação do som, em decibéis, que ocorre durante a propagação do som entre a fonte sonora e o receptor;

A atenuação  $A$  é apresentada pela equação 13:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc} \quad (13)$$

Onde:

$A_{div}$  = atenuação devida à divergência geométrica;

$A_{atm}$  = atenuação devido à absorção atmosférica;

$A_{gr}$  = atenuação devido ao efeito do solo;

$A_{bar}$  = atenuação devido à barreira (s);

$A_{misc}$  = atenuação devido a outros efeitos diversos (atenuação da propagação do som por meio de folhagens, áreas industriais e áreas de edificações);

Desse modo, pelas equações (12) e (13), se obtém o nível de pressão sonora equivalente ponderado na curva A (a favor do vento),  $L_{AT}(DW)$ , em que se consideram os diversos tipos de contribuição para cada banda de oitava.

$$L_{AT}(DW) = 10 \log \left\{ \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{j=1}^8 10^{0,1[L_{ft}(ij)+A_f(j)]} \right] \right\} \quad (14)$$

Onde:

$n$  = número de contribuições  $i$  (fontes sonoras);

$j$  = índice indicando os oito padrões de frequência em banda de oitava, de 63 Hz a 8 kHz;

$A_f$  = denota o padrão de ponderação na curva A;

O nível de pressão sonora médio ponderado na curva A (em um longo período de tempo),  $L_{AT}(LT)$  deve ser calculado de acordo com a equação (15):

$$L_{AT}(LT) = L_{AT}(DW) - C_{met} \quad (15)$$

Onde:

$C_{met}$  = correção meteorológica;

O nível  $L_{AT}(LT)$  pode ser usado quando o intervalo de tempo requerido é bastante grande, como vários meses ou um ano.

### 3.5 Legislação e Normas sobre o Ruído

#### 3.5.1 Legislações Federais

A Constituição Federal (1988) afirma que: “*Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida...*”. Diante de tal afirmação, verifica-se, portanto, que o Estado deve promover leis que determinem como as pessoas devem proceder em relação ao meio em que vivem, bem como garantir a elas plena qualidade de vida.

No que diz respeito às leis relacionadas ao ruído, no âmbito federal podem ser citadas a Resolução n. 1 (1990), a Resolução n. 2 (1990), a Resolução n. 1 (1993) e Resolução n. 2 (1993), sendo todas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA.

A Resolução n. 1 (1990) CONAMA dispõe sobre os critérios de padrão da emissão de ruídos em diferentes locais e suas respectivas fontes de ruído, relacionando ainda as normas a serem seguidas no que diz respeito aos níveis de ruído permitidos na execução de projetos de construção e reformas e dos níveis de ruídos permitidos produzidos por veículos automotores, bem como aos níveis de ruídos de diversas outras atividades no ambiente urbano.

Dentre as normas relacionadas pela Resolução n. 1 (1990) CONAMA, podemos citar as normas da ABNT: NBR 10151 (2000) – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento, e a NBR 10152 (1987) – Níveis de ruído para conforto acústico.

A NBR 10151 (2000) especifica um método para a medição de ruído, uma aplicação de correções nos níveis medidos se o ruído apresentar alguma característica especial (impulsivo ou tonal) e uma comparação entre os níveis corrigidos e o nível de critério de avaliação NCA. A Tabela 2 mostra o nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos.

Tabela 2. Nível de Critério de Avaliação NCA para ambientes externos

<b>Tipos de áreas</b>	<b>Diurno (dB)</b>	<b>Noturno (dB)</b>
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte. NBR 10151 (2000).

A norma ainda faz as seguintes especificações (p. 03):

- O nível corrigido Lc para ruído sem caráter impulsivo e sem componentes tonais é determinado pelo nível de pressão sonora equivalente, LAeq.
- O nível corrigido Lc para ruído com características impulsivas ou de impacto é determinado pelo valor máximo medido com o medidor de nível de pressão sonora ajustado para resposta rápida (fast), acrescido de 5 dB(A).
- O nível corrigido Lc para ruído com componentes tonais é determinado pelo LAeq acrescido de 5 dB(A).

Tal norma acrescenta que o nível corrigido Lc para ruído que apresente simultaneamente características impulsivas e componentes tonais deve ser determinado aplicando-se os procedimentos supracitados, tomando-se como resultado o maior valor.

A NBR 10152 (1987) fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos (ambientes internos).

A Resolução n. 2 (1990) CONAMA dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição Sonora – “Silêncio”, na qual institui diversas medidas a serem seguidas (estado e município) para a implementação de tal programa de educação e controle da poluição sonora. Institui também o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e do Recursos Naturais Renováveis - IBAMA como coordenador desse projeto,

contando com a participação de Ministérios do Poder Executivo, órgãos estaduais e municipais de meio ambiente e, porventura, de outras entidades que tenham interesse.

A Resolução n. 1 (1993) CONAMA dispõe sobre os níveis máximos de ruído para veículos automotores nacionais e importados (com exceção das motocicletas e outros veículos do gênero), na condição parada e em aceleração, considerando a grande necessidade de se reduzir a poluição sonora nos centros urbanos. Segundo a resolução, os veículos rodoviários automotores são as principais fontes de ruído no meio ambiente, e ainda considerando os objetivos do Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora “Silêncio”, instituído na Resolução n. 2 (1990). Resoluções mais recentes alteram e atualizam alguns pontos e níveis estabelecidos.

A Resolução n. 2 (1993) CONAMA regulamenta os limites de ruído para veículos automotores do tipo motocicleta, e outros do gênero, antes não amparados pela Resolução n. 1 (1993).

### 3.5.2 Legislação Municipal – Campo Grande/MS

De acordo com Bunn *et al.* (2009), as grandes cidades brasileiras, em sua grande maioria, possuem leis que regulamentam a questão da poluição sonora urbana, sendo que algumas dessas leis apresentam diferentes métodos de análise, bem como se diferem na punição dos infratores. Além disso, eles afirmam que, quando algum estado ou cidade brasileira não possuir legislação específica quanto à avaliação do ruído ambiental, a norma a ser seguida é a NBR 10151 (2000).

No caso da cidade de Campo Grande, Capital de Mato Grosso do Sul, em 28 de julho de 1992, foi instituída a Lei n. 2909, que “...*contém as medidas de Poder de Polícia Administrativa a cargo do Município em matéria de higiene pública, costumes locais, utilização dos bens públicos, poluição ambiental, funcionamento e segurança dos estabelecimentos comerciais, industriais e prestadores de serviços, estatuidando relações entre o poder público local e os munícipes*”. No que diz respeito à poluição sonora (Título IV, Capítulo III), tal lei regulamenta diversas medidas a serem cumpridas em relação às diversas atividades realizadas pela população, buscando

dirimir ou limitar as fontes de ruído que sejam ofensivas à saúde, à segurança e ao sossego da coletividade.

Embora a Lei n. 2909 (1992) regulamentasse algumas medidas a serem cumpridas quanto à poluição sonora na cidade de Campo Grande, esta ainda era pouco objetiva. Portanto, em 28 de março de 1996, foi instituída a Lei Complementar n. 8, que altera os dispositivos da Lei n. 2909 (1992), e dá outras providências.

Tal Lei fixa os níveis máximos de ruído permitidos em diversas áreas da cidade de Campo Grande de acordo com as respectivas atividades (comercial, residencial, industrial, etc.) de cada região, considerando o período diurno, vespertino e noturno.

Tabela 3 apresenta os níveis máximos permitidos de acordo com cada região da cidade.

Tabela 3. Limites Máximos Permissíveis de Ruídos

<b>Zonas de uso</b>	<b>Diurno</b>	<b>Vespertino</b>	<b>Noturno</b>
Todas a ZR	55 dB (A)	50 dB (A)	45 dB (A)
Todas as ZC	60 dB (A)	55 dB (A)	55 dB (A)
Todas as ZI	70 dB (A)	60 dB (A)	60 dB (A)
Todas ZN/ZT/CM	65 dB (A)	60 dB (A)	55 dB (A)

Fonte. Lei Complementar n. 8, 1996.

Obs. - ZR Zona Residencial (ZR.1.2.3.4.)  
 - ZC Zona Comercial e de Serviços (ZC.1.2.3)  
 - ZI Zona Industrial (ZI.1.2)  
 - ZN Zona Institucional (ZN.1.2)  
 - ZT Zona de Transição (ZT.1.2.3)  
 - CM Corredor de Uso Múltiplo (CM.1.2)

Os períodos fixados para a aplicação da lei descritos na Tabela 3 são:

- Diurno – entre as 06:00 e 18:00 horas
- Vespertino – entre as 18:00 e 21:00 horas
- Noturno – entre as 21:00 e 06:00 horas.

Segundo a Lei Complementar nº8, ficam também instituídas as penalidades a serem aplicadas caso os níveis máximos permitidos não sejam respeitados. A seguir, são apresentadas as penalidades:

I - Notificação por escrito;

II - Multa simples ou diárias;

III - Apreensão;

IV - inutilização de produtos;

V - interdição parcial ou total do estabelecimento ou atividades;

VI - Embargo da obra;

VII - Cassação imediata do alvará de licenciamento do estabelecimento;

VIII - Perda ou restrição de incentivos e benefícios fiscais concedidos pelo Município.

## **CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA**

### **4.1 INTRODUÇÃO**

Neste capítulo são apresentados a metodologia e os materiais utilizados para o desenvolvimento do trabalho.

Primeiramente são apresentadas as características do local, a seguir, os procedimentos da coleta de dados em campo e as etapas para a realização dos mapas acústicos.

### **4.2 CARACTERÍSTICAS DO LOCAL**

O cenário do estudo é a cidade de Campo Grande, capital do Estado de Mato Grosso do Sul, de localização a 20° 26' 34" latitude sul e 54° 38' 47" na longitude oeste e altitude de 532 metros. A população, segundo dados do IBGE (2010) é de 786.797 habitantes. A cidade está dividida em 7 regiões urbanas: Centro, Segredo, Prosa, Bandeira, Anhanduizinho, Lagoa e Imbirussú (ver Figura 5).

O município é dividido em zonas de utilização comercial, residencial, industrial e de transição, bem como em corredores de uso múltiplo, sendo este um fator essencial para o planejamento urbano, cujo mapa de zoneamento urbano é mostrado na Figura 6.

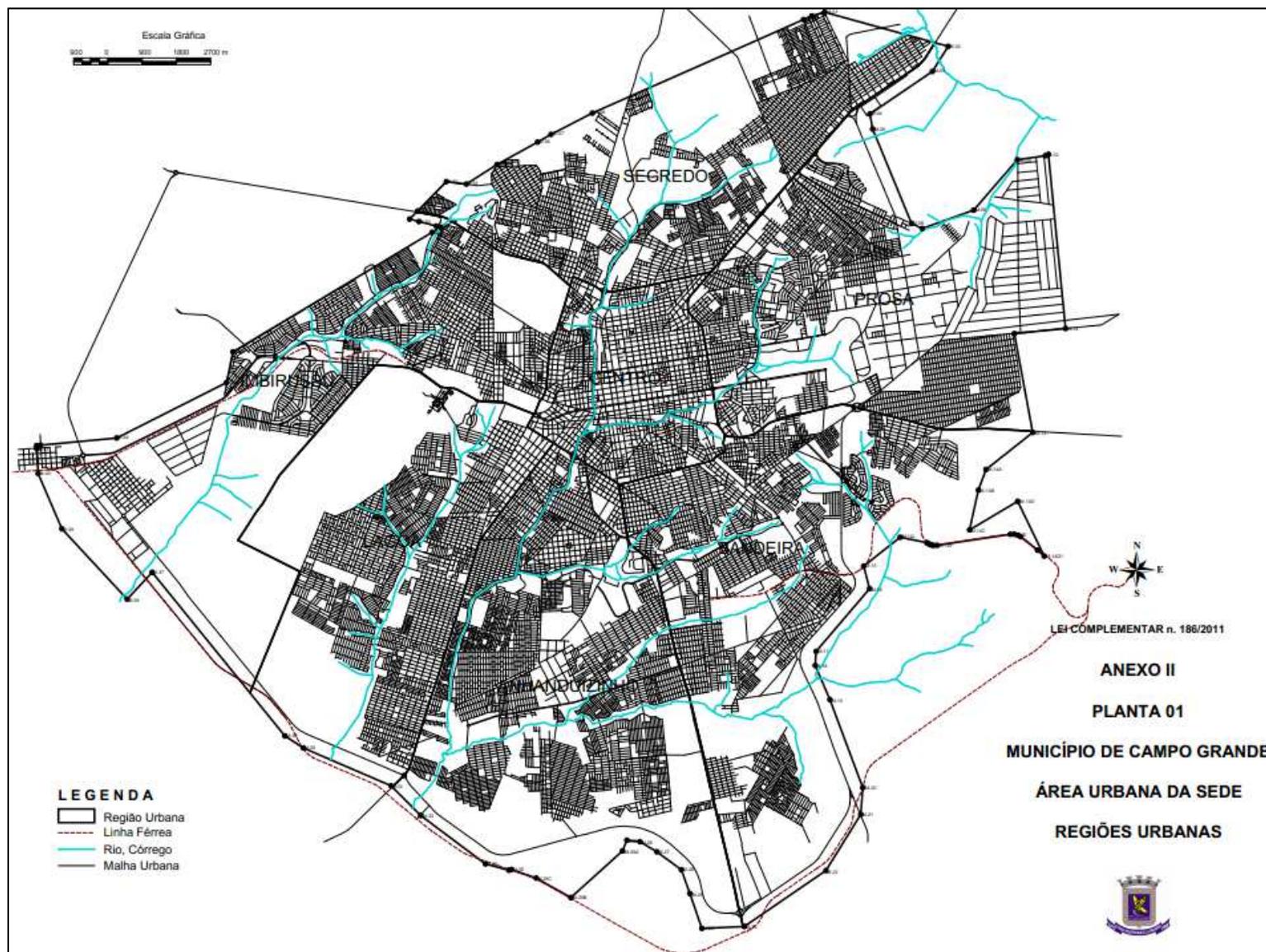
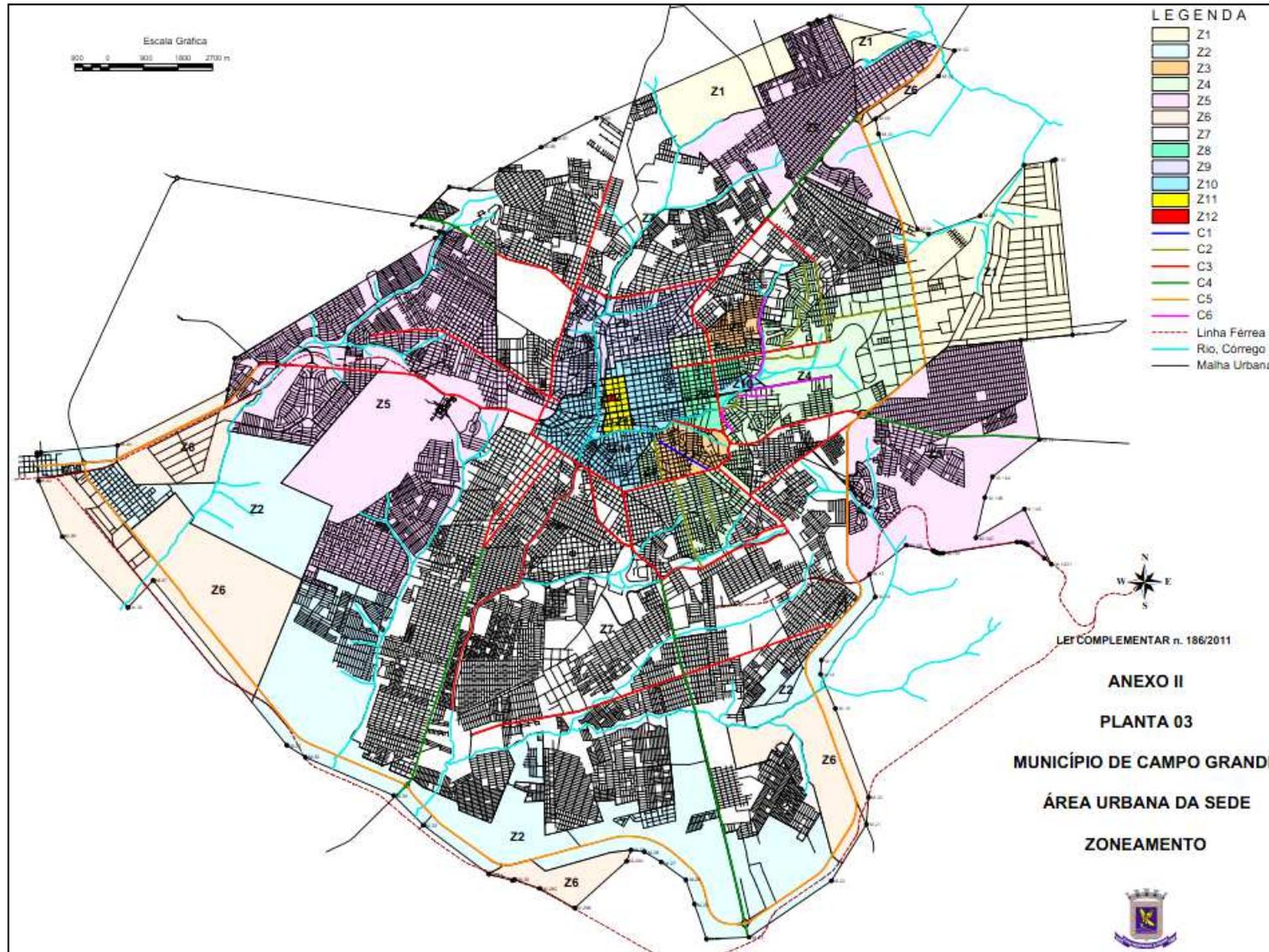


Figura 5. Cidade de Campo Grande.  
Fonte. PMCG (2011a).



Legenda:

- Zonas residenciais: Z3, Z4, Z5, Z7, Z8, Z9;
- Zonas comerciais: Z10, Z11;
- Zonas industriais: Z6;
- Corredores de uso múltiplo: C1, C2, C3, C4, C5, C6;
- Zonas de Transição: Z1, Z2;

Figura 6. Mapa de zoneamento urbano da cidade de Campo Grande.  
 Fonte: PMCG (2011b).

#### 4.2.1 Regiões de Estudo

Para a realização do presente trabalho, foram escolhidas, como objeto de estudo, três regiões distintas da cidade de Campo Grande, situadas na área urbana do município.

As regiões foram escolhidas com o objetivo de se avaliar uma zona comercial, uma zona mista (comercial e residencial) e uma zona especificamente residencial. Assim sendo, optou-se por uma região localizada no centro da cidade (região comercial), no bairro Jardim dos Estados (região comercial e residencial) e no bairro Carandá (região especificamente residencial). A localização das respectivas regiões é mostrada na Figura 7 e na Figura 8.

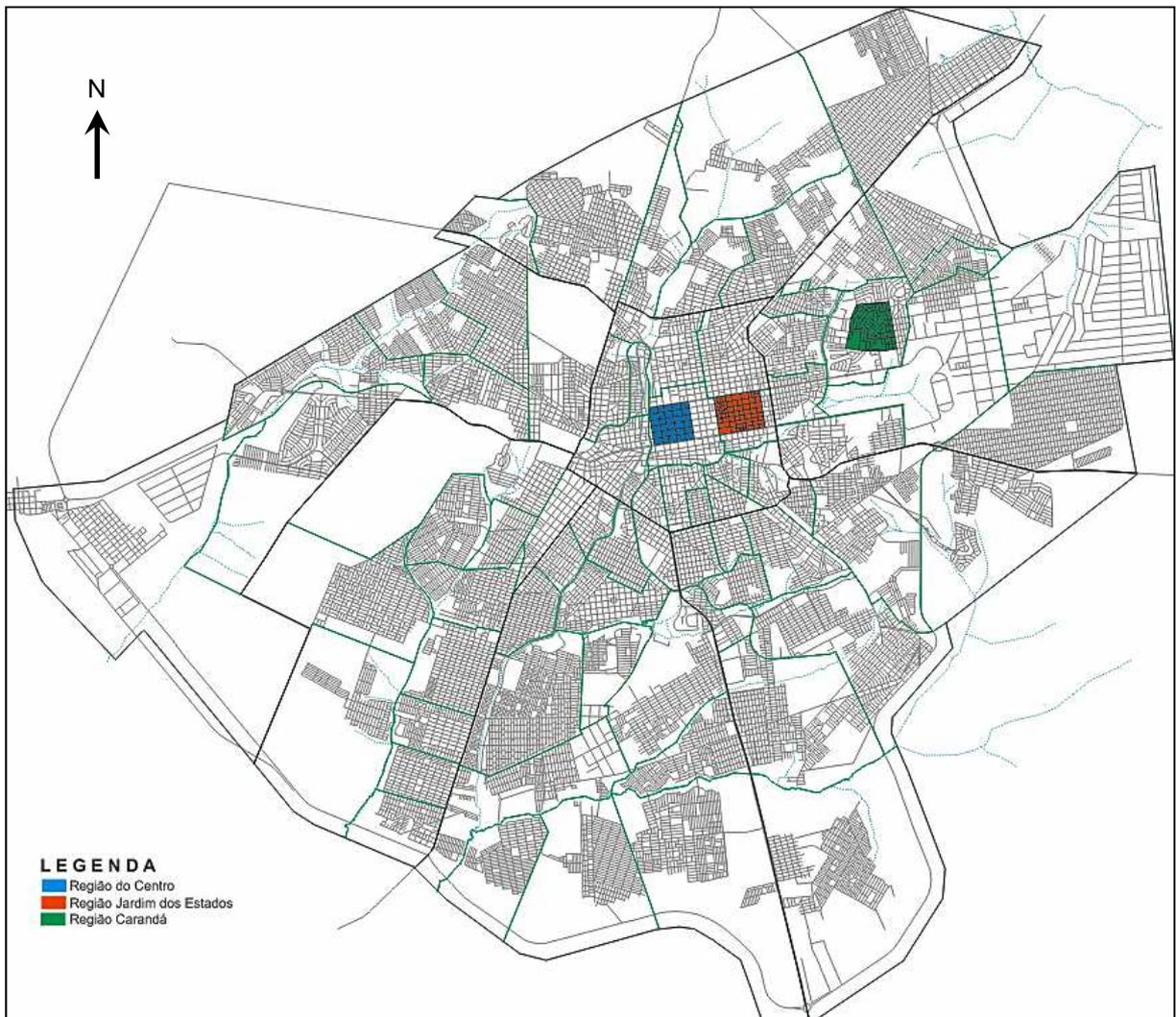


Figura 7. Regiões de estudo da cidade de Campo Grande/MS.  
Fonte: Adaptado de PMCG (2011c).



### 4.3 PROCEDIMENTOS GERAIS

O presente trabalho foi conduzido em duas etapas distintas. Na primeira, foram realizados os procedimentos de coleta de dados em campo; na segunda, foi utilizado o *software* de mapeamento sonoro, com a elaboração dos modelos do ruído de tráfego de cada região analisada e a geração dos mapas sonoros.

#### 4.3.1 Coleta de Dados

A coleta de dados de campo consistiu-se das seguintes fases:

##### 1) Avaliação das vias;

A avaliação das vias teve como objetivo verificar o tipo e condições do pavimento de cada uma das vias constantes nas áreas de estudo, considerando a presença ou não do asfalto, bem como a sua rugosidade. Essas informações são importantes e necessárias, pois existem diversos tipos de pavimento, o que gera diferentes níveis sonoros pela interação pneu/pavimento (CARVALHO & ROCHA, 2008; GOLEBIEWSKI *et al.*, 2003). Esses são parte dos dados de entrada no *software* para o mapeamento do ruído (KING & RICE, 2010; BUNN, 2010; ENGEL, 2012). Um exemplo é mostrado na Figura 9, onde é apresentada parte da Rua Catorze de Julho (Região do Centro), tendo pavimentação asfáltica em regular estado de conservação.



Figura 9. Tipo e condição do pavimento da Rua Catorze de Julho (Região do Centro).

## 2) Medição dos níveis sonoros nos pontos escolhidos das três regiões de estudo;

As medições dos níveis sonoros foram realizadas segundo as especificações propostas pela ABNT – NBR 10151(2000), sendo realizadas nas calçadas e pelo menos a dois metros de qualquer barreira (edificações, obstáculos, etc).

Como o objetivo do estudo é a avaliação do ruído proveniente do tráfego de veículos, foi evitada a medição em lugares onde outros tipos de ruído pudessem interferir na acurácia dos resultados obtidos. Exemplos disso são locais muito próximos a construções, cujo ruído próprio pode mascarar os resultados. Conforme King & Rice (2009), esses cuidados devem ser tomados para haver posteriormente uma boa calibração de um mapa de ruído com as medições.

Os níveis sonoros coletados foram:

- Nível de pressão sonora equivalente –  $L_{Aeq}$
- Nível de pressão sonora máximo –  $L_{Amáx}$
- Nível de pressão sonora mínimo –  $L_{Amín}$

A distância entre cada ponto de medição variou entre 80 e 300 metros, conforme a extensão dos quarteirões, bem como de cada via analisada.

- Região do Centro (Zona Comercial)

Na região do centro, foi realizada coleta de dados em 64 pontos distribuídos abrangendo as vias de maior tráfego. A Figura 10 apresenta a região delimitada a ser estudada e a abrangência da área comercial.



Figura 10. Mapa da região do Centro.

A Tabela 4 especifica as vias, bem como a quantidade de pontos de coleta nelas distribuídos.



- Região do Bairro Jardim dos Estados (Zona Comercial e Residencial)

Na região do Bairro Jardim dos Estados, foi realizada coleta de dados em 60 pontos distribuídos, abrangendo avenidas e ruas de maior tráfego. A Figura 12 apresenta a região delimitada a ser estudada e a abrangência da área comercial e residencial, bem como a localização de parte da via considerada como corredor de uso múltiplo.

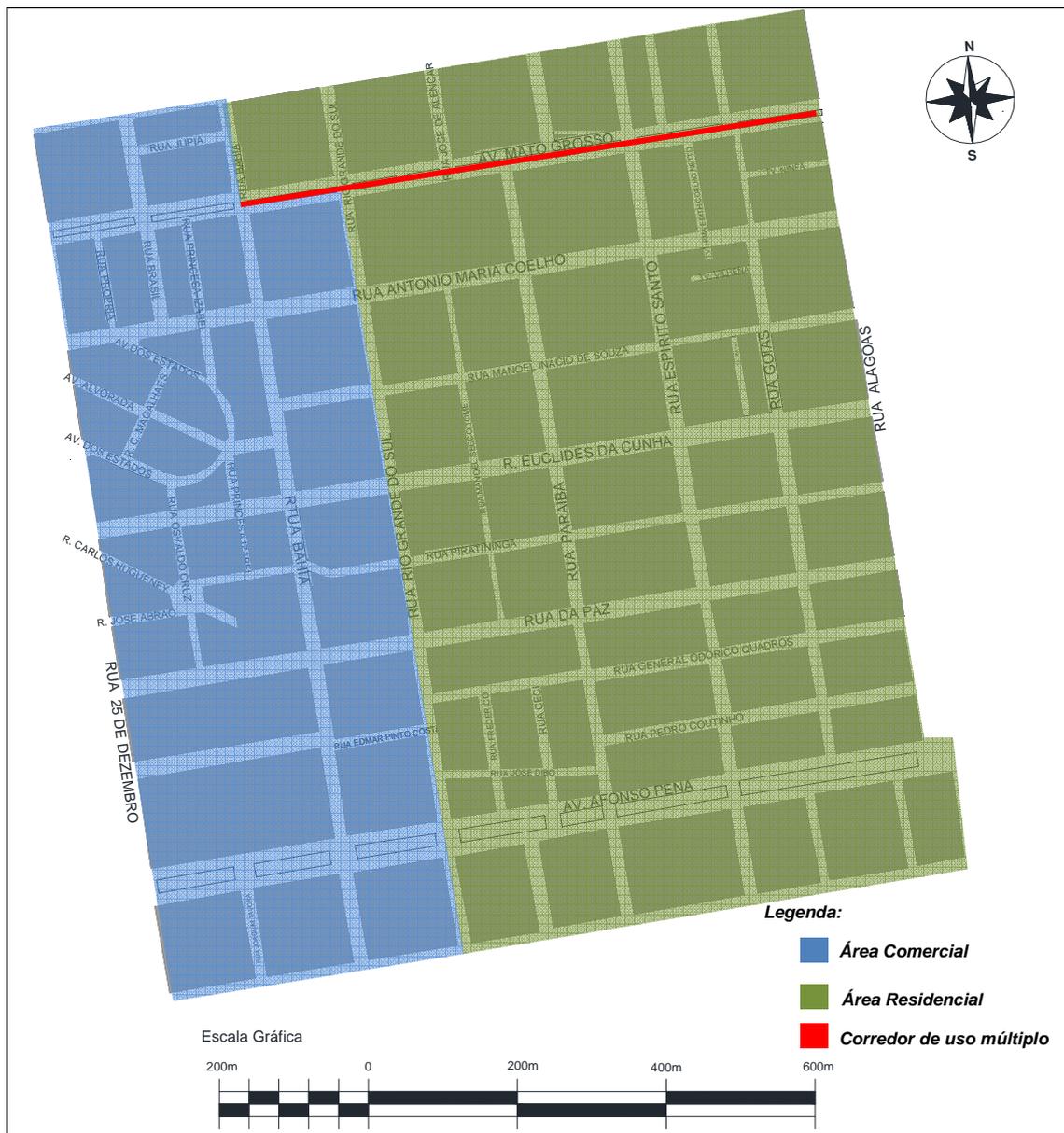


Figura 12. Mapa da região do Jardim dos Estados.



- Região do Carandá (Zona Residencial)

Na região do bairro Carandá, foi realizada coleta de dados em 52 pontos distribuídos abrangendo parte do respectivo bairro. A Figura 14 apresenta a região delimitada a ser estudada, a abrangência da área comercial e a localização da via considerada como corredor de uso múltiplo.



Figura 14. Mapa da região do Carandá.

A Tabela 6 especifica as ruas que foram avaliadas, bem como a quantidade de pontos em cada uma.

Tabela 6. Locação dos pontos de coleta de dados (Bairro Carandá)

<b>Vias</b>	<b>Nº de Pontos</b>
Pedro Martins	04
Estrela do Norte	02
Sagitária	02
Tropeiro	02
Estefânia	02
Acalifas	02
Mário de Andrade	01
Folhagens	02
Trevo do Mato	01
Caminheiro/Epídio Nunes	01
Vitório Zeolla	05
Sombreiro	02
Abricó do Pará	02
Nagib Ourives	03
Usi Tomi	03
José Joaquim da Silva	03
Sepetiba	01
Vinte e Dois de Novembro	02
Joselito	02
Justino Mendes de Aquino/Sete de Abril	02
Kame Takaiassu	03
Rua Alamanda	02
Miguel Lirielo	01
Lize Rose	01
Fortuna	01

A Figura 15, a seguir, mostra as delimitações das vias avaliadas, bem como a localização dos pontos de medições.



(começo da manhã, horário do almoço e fim da tarde). Esses horários foram evitados, uma vez que a modelagem de cálculo utilizada (*software* Predictor) para mapeamento de ruído é baseada em fluxo contínuo de veículos, e nos respectivos horários de pico existem engarrafamentos de veículos, principalmente na Região do Centro.

Para as medições, foi utilizado um medidor sonoro da marca EXTECH, modelo 407790, fabricado nos EUA. Tal equipamento é de Classe 2, possui acurácia de  $\pm 1,5\text{dB}$  e está de acordo com os padrões da IEC 60651, IEC 60804, ANSI S1.4 e IEC 1260 (1995). Ver Figura 16.



Figura 16. Medidor sonoro da marca EXTECH, modelo 407790.

Antes dos procedimentos, o equipamento foi devidamente calibrado pelo INMETRO (órgão competente) e passou por uma aferição em que foi utilizado o calibrador da marca EXTECH, modelo 407766, de precisão de  $\pm 0,8\text{ dB}$ .

O equipamento foi utilizado juntamente com um tripé e colocado a 1,5 m do piso, voltado para a via a ser avaliada, levemente inclinado e localizado no meio dos quarteirões, o que evitou que estivesse próximo de cruzamentos e de semáforos (ver Figura 17).



Figura 17. Procedimento de medição dos níveis sonoros.

Como os locais de estudo se tratavam de ambientes externos (ao ar livre), foi acoplado ao microfone do medidor um protetor de vento (*widescreen*). As medições foram realizadas em boas condições meteorológicas (sem chuva e vento muito forte).

### 3) Contagem do fluxo de veículos

Simultaneamente às medições dos níveis de pressão sonora, foi realizada a contagem manual do fluxo de veículos, considerando separadamente as motocicletas, os veículos leves (carros e caminhonetes de pequeno porte) e os veículos pesados (caminhões e ônibus).

O fluxo de veículos é parte dos dados de entrada no *software* de mapeamento sonoro (PAZ, 2004; PINTO & MARDONES, 2009; BUNN, 2010; ZANNIN & SANT'ANA, 2011, ENGEL, 2012).

#### **4) Determinação da velocidade média do fluxo de veículos nas vias analisadas**

A estimativa da velocidade média do fluxo de veículos das vias analisadas foi identificada com o auxílio de um automóvel, que foi conduzido pelas respectivas vias juntamente com o fluxo dos veículos.

Na região do Carandá, a velocidade média de algumas vias foi definida conforme as características das próprias vias, tendo em vista o pouco tráfego de veículos ali existente.

A velocidade do fluxo de veículos também faz parte dos dados de entrada no *software* de mapeamento sonoro (PAZ, 2004; PINTO & MARDONES, 2009; BUNN, 2010; ZANNIN & SANT'ANA, 2011, ENGEL, 2012).

#### 4.3.2 Mapeamento do Ruído

Os mapas de ruído são importantes ferramentas para a avaliação do impacto ambiental causado pelo ruído em determinada área. Neste trabalho, foram realizados mapas para as três regiões estudadas.

O *software* utilizado para o mapeamento foi o Predictor 7810, versão 8.1. Esse *software* é utilizado em ambiente MS-Windows® e calcula os níveis sonoros em função de sua propagação, desde a fonte geradora até a distância determinada pela área de cálculo. A representação dos níveis de ruídos presentes na região estudada é feita em escala de cores relacionadas com os respectivos níveis de ruído, facilitando, assim, a visualização das áreas que estão em desacordo com a legislação vigente.

Para a realização do modelo e a geração dos mapas de ruído, foram desenvolvidas várias etapas, identificadas a seguir. Tais etapas foram propostas por Bunn (2010) e utilizadas por Engel (2012).

### **1) Escolha do método de Cálculo;**

O método de cálculo utilizado foi o contido na ISO 9613-2 (1996) “Atenuação da propagação do som em ambientes externos - Parte 2: Método Geral de Cálculo” – *Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2: General Method of calculation.*

### **2) Inserção das curvas de nível em cada região;**

As curvas de nível são de grande importância para a geração do modelo, pois por meio da consideração destas é possível uma maior aproximação da real propagação do som na área analisada, tendo em vista as sinuosidades do terreno. As curvas de nível foram adquiridas na Prefeitura Municipal de Campo Grande/MS e inseridas no *software* em arquivos com extensão *shapefile* (.shp).

### **3) Inserção das ortofotos das três regiões analisadas;**

As ortofotos foram inseridas no *software*, onde foram utilizadas como plano de fundo para o desenho das edificações, vegetação e vias. As ortofotos foram produzidas no ano de 2008 e foram adquiridas na Prefeitura Municipal de Campo Grande/MS.

### **4) Digitalização das edificações e da vegetação contidas nas regiões;**

Esta etapa é de suma importância para a caracterização do impacto do ruído na área de estudo e consiste no desenho de cada edificação (casas, sobrados, prédios, etc.) e de cada vegetação contidas em determinada região, inserindo as respectivas alturas de cada uma. A dificuldade encontrada foi a grande quantidade de edificações a serem digitalizadas – mais de 5.130, considerando-se as três regiões analisadas. Foram dedicadas muitas horas para a realização dessa etapa.

As alturas adotadas para as edificações e para a vegetação foram as seguintes:

- Casas – 3 metros;

- Sobrados – 6 a 8 metros;
- Prédios – 3 metros cada pavimento;
- Vegetação – 3 a 6 metros;

Após a realização dessa etapa, é possível visualizar as regiões desenhadas. Como exemplo, pode ser vista na Figura 18, a Região do Centro em planta, e na Figura 19, em 3D (três dimensões).



Figura 18. Região do Centro em planta.

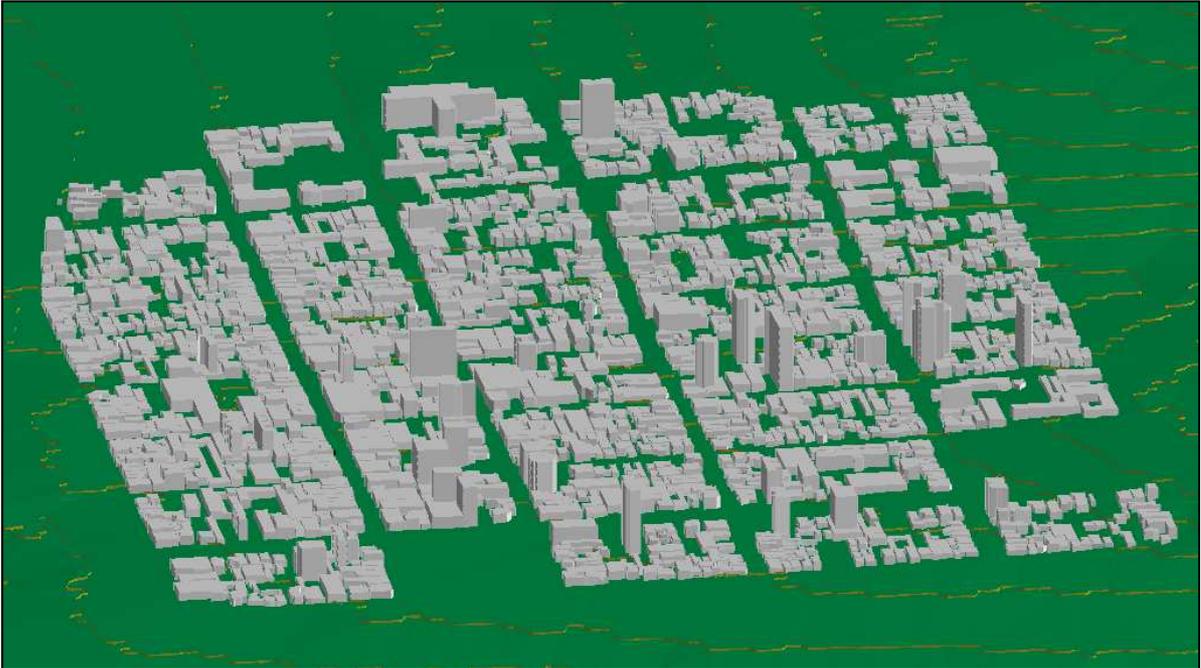


Figura 19. Região do Centro em modelagem 3D.

**5) Inserção dos dados (coletados em campo) de cada via (fluxo de veículos, velocidade média, tipo e condição do pavimento);**

Esses dados foram inseridos logo após o desenho de cada via. Os dados do fluxo de veículos foram determinados por meio da contagem de veículos. Como o tempo de contagem foi de 10 minutos, e os dados de entrada no *software* do fluxo de veículos são representados em veículos/hora, foi então realizada uma extrapolação da quantidade de veículos para uma hora, ou seja, a quantidade de cada veículo contada em 10 minutos foi multiplicada por 6.

**6) Determinação da área de cálculo e do *grid*;**

Nesta etapa, foi delimitada a área de cálculo de cada região, fixada a área do mapa e escolhido um *grid* de 15x15 metros, com uma altura de 4 metros, conforme recomendação da WG-AEN (2006). Segundo o *grid* escolhido, a cada 15 metros haverá um ponto de cálculo na área. A Figura 20 mostra como exemplo a região do centro, apresentando a área delimitada, bem como o *grid* escolhido.



Figura 20. Área delimitada e grid (15x15 m) – Região do Centro.

## 7) Cálculo e calibração do modelo;

Após as etapas anteriores, foi realizado o cálculo em cada região analisada. Nesta etapa, foi feita a comparação entre o valor medido em campo (real) e o simulado (*software* Predictor). Para isso, foram locados (no modelo) *receivers* - receptores nos respectivos pontos de coleta de dados e, assim, após o cálculo, verificada a diferença. De acordo com a diferença encontrada, foram realizados a calibração do modelo e o novo cálculo, e assim sucessivamente. A calibração do modelo seguiu as recomendações da WG-AEN (2006), levando em conta a incerteza esperada nos valores calculados, conforme Licitra & Memoli (2008), é de 4,6 dB(A).

Ao fim da calibração e do cálculo dos modelos de cada região, foram gerados os mapas de ruído.

## CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos em cada etapa especificada no Capítulo 3 – Metodologia, para as três regiões analisadas, e realização das discussões a respeito dos resultados.

### 5.2 TABULAÇÃO DOS DADOS – COLETA DE CAMPO

Os dados coletados em campo, conforme Metodologia descrita, foram os seguintes:

- Níveis sonoros;
- Composição do tráfego (motos, veículos leves e veículos pesados);
- Velocidade média do fluxo de veículos;
- Tipo/condição das vias;

Os níveis sonoros são relacionados às medições objetivas do ruído. Já a composição do tráfego, velocidade média do fluxo de veículos e tipo/condição das vias, são dados para a realização da modelagem e da geração dos mapas de ruído, utilizando o *software* Predictor 7810 versão 8.11.

Os Quadros 2, 3 e 4 apresentam os resultados obtidos nas medições dos níveis de ruído e da composição do tráfego em cada região estudada.

Quadro 2. Níveis de ruído e composição do Tráfego – Região do Centro

(Continua)

Via/Pontos	Nível de Ruído	Fluxo Veículos t = 10min					Fluxo Veículos/hora				Volume Total
		Motos	Veículos Leves	Veículos Pesados		Motos	Veículos Leves	Veículos Pesados			
				Caminhões	Ônibus			Caminhões	Ônibus		
LAeq											
<b>Avenida Mato Grosso</b> (Sentido Leste-Oeste)	1	68,4	40	150	1	1	240	900	6	6	1152
	2	69,9	42	144	1	6	252	864	6	36	1158
	3	72,3	30	166	2	10	180	996	12	60	1248
	4	71	44	168	0	6	264	1008	<6	36	1308
	5	70,1	49	193	3	5	294	1158	18	30	1500
<b>Avenida Mato Grosso</b> (Sentido Oeste-Leste)	6	64,8	8	53	0	0	48	318	<6	<6	366
	7	67,7	14	60	0	0	84	360	<6	<6	444
	8	67,9	13	49	3	0	78	294	18	<6	390
	9	67,1	12	64	1	0	72	384	6	<6	462
	10	69,8	22	77	2	1	132	462	12	6	612
<b>Rua Antônio Maria Coelho</b>	11	70,7	49	125	2	0	294	750	12	<6	1056
	12	70,8	39	176	1	2	234	1056	6	12	1308
	13	71,3	33	158	1	2	198	948	6	12	1164
	14	70,7	47	179	2	2	282	1074	12	12	1380
	15	69,6	38	151	1	2	228	906	6	12	1152
<b>Rua Maracajú</b>	16	69,6	28	169	1	12	168	1014	6	72	1260
	17	68,7	31	155	1	6	186	930	6	36	1158
	18	70,7	41	166	0	10	246	996	<6	60	1302
	19	68	32	114	2	0	192	684	12	<6	888
	20	69,9	27	136	1	0	162	816	6	<6	984
<b>Rua Marechal Cândido Rondon</b>	21	67,3	41	134	1	1	246	804	6	6	1062
	22	69,5	51	226	1	1	306	1356	6	6	1674
	23	68,9	54	217	1	0	324	1302	6	<6	1632
	24	67,2	35	122	1	0	210	732	6	<6	948
	25	66,4	28	115	0	1	168	690	<6	6	864
<b>Rua Dom Aquino</b>	26	69,8	41	131	1	0	246	786	6	<6	1038
	27	69,8	40	117	1	0	240	702	6	<6	948
	28	67,3	48	195	0	0	288	1170	<6	<6	1458
	29	68,3	35	170	0	0	210	1020	<6	<6	1230
	30	65,5	31	115	0	0	186	690	<6	<6	876

Quadro 2. Níveis de ruído e composição do Tráfego – Região do Centro

(Conclusão)

Via/Pontos	Nível de Ruído	Fluxo Veículos t = 10min				Fluxo Veículos/hora				Volume Total	
		Motos	Veículos Leves	Veículos Pesados		Motos	Veículos Leves	Veículos Pesados			
				Caminhões	Ônibus			Caminhões	Ônibus		
LAeq											
Avenida Afonso Pena (Sentido Leste-Oeste)	31	70,6	37	141	0	3	222	846	<6	18	1086
	32	69,3	38	190	0	6	228	1140	<6	36	1404
	33	69,7	33	153	1	5	198	918	6	30	1152
	34	71,3	53	165	2	6	318	990	12	36	1356
	35	70,8	39	225	1	5	234	1350	6	30	1620
Avenida Afonso Pena (Sentido Oeste-Leste)	36	70,9	51	176	3	2	306	1056	18	12	1392
	37	72,1	38	147	0	6	228	882	<6	36	1146
	38	71,1	29	143	0	4	174	858	<6	24	1056
	39	72,1	37	146	0	8	222	876	<6	48	1146
	40	70,9	54	168	0	9	324	1008	<6	54	1386
Rua Catorze de Julho	41	67,8	24	90	1	1	144	540	6	6	696
	42	69,7	37	143	3	2	222	858	18	12	1110
	43	67	43	123	0	4	258	738	<6	24	1020
	44	69,5	34	136	1	6	204	816	6	36	1062
	45	70,3	47	163	1	5	282	978	6	30	1296
	46	69,8	61	151	1	2	366	906	6	12	1290
Rua Treze de Maio	47	69	52	200	0	8	312	1200	<6	48	1560
	48	70,2	49	218	0	7	294	1308	<6	42	1644
	49	72,6	52	185	3	6	312	1110	18	36	1476
	50	70,5	65	203	0	6	390	1218	<6	36	1644
	51	69,2	50	156	2	5	300	936	12	30	1278
	52	68,6	60	168	3	7	360	1008	18	42	1428
Rua Rui Barbosa	53	67,7	30	131	1	5	180	786	6	30	1002
	54	70,8	43	166	1	3	258	996	6	18	1278
	55	71,2	49	190	3	14	294	1140	18	84	1536
	56	70,9	38	152	0	8	228	912	<6	48	1188
	57	71,2	49	135	1	11	294	810	6	66	1176
	58	70,5	67	158	1	7	402	948	6	42	1398
Rua Pedro Celestino	59	67,4	18	104	0	0	108	624	<6	<6	732
	60	66,1	27	96	0	0	162	576	<6	<6	738
	61	67,6	26	105	0	0	156	630	<6	<6	786
	62	66,3	37	114	0	0	222	684	<6	<6	906
	63	66,7	29	154	2	0	174	924	12	<6	1110
	64	67,1	37	120	1	0	222	720	6	<6	948

Quadro 3. Níveis de ruído e composição do Tráfego – Região do Jardim dos Estados

(Continua)

Via/Pontos	Nível de Ruído	Fluxo Veículos t = 10min					Fluxo Veículos/hora				Volume Total
		Motos	Veículos Leves	Veículos Pesados		Motos	Veículos Leves	Veículos Pesados			
	LAeq			Caminhões	Ônibus			Caminhões	Ônibus		
<b>Avenida Mato Grosso</b> (Sentido Leste-Oeste)	1	71,3	51	250	1	4	306	1500	6	24	1836
	2	68,5	35	232	0	2	210	1392	<6	12	1614
	3	70,7	37	197	0	3	222	1182	<6	18	1422
	4	71,2	28	193	0	2	168	1158	<6	12	1338
	5	72,1	24	209	1	1	144	1254	6	6	1410
<b>Avenida Mato Grosso</b> (Sentido Oeste-Leste)	6	68,5	14	108	0	0	84	648	<6	<6	732
	7	68,8	22	153	1	0	132	918	6	<6	1056
	8	72,5	19	125	2	1	114	750	12	6	882
	9	70,6	9	118	0	1	54	708	<6	6	768
	10	71,1	15	105	0	1	90	630	<6	6	726
<b>Rua Antônio Maria coelho</b>	11	71,1	36	188	3	4	216	1128	18	24	1386
	12	71,2	41	180	0	2	246	1080	<6	12	1338
	13	72,9	34	160	2	3	204	960	12	18	1194
	14	71,7	20	119	5	0	120	714	30	<6	864
	15	70,9	27	147	4	1	162	882	24	6	1074
<b>Rua Euclides da Cunha</b>	16	64,6	14	92	0	0	84	552	<6	<6	636
	17	67	13	142	2	0	78	852	12	<6	942
	18	68,1	18	76	1	0	108	456	6	<6	570
	19	67,2	19	103	0	0	114	618	<6	<6	732
	20	66	13	93	1	0	78	558	6	<6	642
<b>Rua da Paz</b>	21	67,2	7	76	0	0	42	456	<6	<6	498
	22	64	19	76	1	0	114	456	6	<6	576
	23	64,5	8	73	0	0	48	438	<6	<6	486
	24	66,8	10	92	1	0	60	552	6	<6	618
	25	67,6	9	56	1	0	54	336	6	<6	396
<b>Avenida Afonso Pena</b> (Sentido Leste-Oeste)	26	70,6	48	222	0	5	288	1332	<6	30	1650
	27	71,4	38	200	0	4	228	1200	<6	24	1452
	28	72,3	27	198	0	8	162	1188	<6	48	1398
	29	72,5	36	133	0	4	216	798	<6	24	1038
	30	70,3	31	162		3	186	972	<6	18	1176
<b>Avenida Afonso Pena</b> (Sentido Oeste-Leste)	31	72,7	42	297	0	9	252	1782	<6	54	2088
	32	71,5	36	259	2	8	216	1554	12	48	1830
	33	72,4	46	248	0	6	276	1488	<6	36	1800
	34	75,3	37	163	2	3	222	978	12	18	1230
	35	71,4	30	186	4	4	180	1116	24	24	1344

Quadro 3. Níveis de ruído e composição do Tráfego – Região do Jardim dos Estados

(Conclusão)

Via/Pontos	Nível de Ruído	Fluxo Veículos t = 10min					Fluxo Veículos/hora				Volume Total
		Motos	Veículos Leves	Veículos Pesados		Motos	Veículos Leves	Veículos Pesados			
				Caminhões	Ônibus			Caminhões	Ônibus		
LAeq											
Rua Bahia	36	69,6	39	200	3	2	234	1200	18	12	1464
	37	68,9	37	236	4	2	222	1416	24	12	1674
	38	69	25	187	2	2	150	1122	12	12	1296
	39	69,2	56	280	4	2	336	1680	24	12	2052
	40	69,6	30	200	3	0	180	1200	18	<6	1398
Rua Rio Grande do Sul	41	66,1	14	121	2	0	84	726	12	<6	822
	42	69,1	16	110	0	0	96	660	<6	<6	756
	43	68,4	23	151	1	0	138	906	6	<6	1050
	44	65,1	14	74	2	0	84	444	12	<6	540
	45	66,4	19	91	2	0	114	546	12	<6	672
Rua Paraíba	46	60,9	8	23	0	0	48	138	<6	<6	186
	47	63,8	7	37	0	0	42	222	<6	<6	264
	48	62,9	5	43	0	0	30	258	<6	<6	288
	49	64,3	11	73	0	0	66	438	<6	<6	504
	50	66,4	9	51	1	1	54	306	6	6	372
Rua Espírito Santo	51	63,2	10	46	0	0	60	276	<6	<6	336
	52	65,5	14	30	0	0	84	180	<6	<6	264
	53	63,2	9	37	0	0	54	222	<6	<6	276
	54	62,8	7	32	0	0	42	192	<6	<6	234
	55	65,5	3	41	0	0	18	246	<6	<6	264
Rua Goiás	56	56,1	1	4	0	0	6	24	<6	<6	30
	57	63,9	5	28	1	0	30	168	6	<6	204
	58	63,9	7	43	0	0	42	258	<6	<6	300
	59	62,6	11	32	0	0	66	192	<6	<6	258
	60	64	6	23	1	0	36	138	6	<6	180

Quadro 4. Níveis de ruído e composição do Tráfego – Região do Carandá

(Continua)

Vias/Pontos		Níveis de Ruído			Fluxo Veic. t = 10min				Fluxo Veic./h				Volume Total
					Motos	Leves	Pesados ≥ 2,8t		Motos	Leves	Pesados ≥ 2,8t		
		Leq	Lmáx	Lmín			Caminhões	Ônibus			Caminhões	Ônibus	
Rua Pedro Martins	1	60,6	80,7	36	2	21	0	0	12	126	<6	<6	138
	2	63,6	89,2	36,1	4	27	0	0	24	162	<6	<6	186
	3	65,5	87	43,4	3	16	2	0	18	96	12	<6	126
	4	62	79,9	38,1	8	16	0	0	48	96	<6	<6	144
Rua Estrela do Norte	5	49,7	68,5	31,9	0	2	0	0	<6	12	<6	<6	12
	6	49,3	62,2	40,9	0	0	0	0	<6	<6	<6	<6	0
Rua Sagitária	7	52,2	74	45,6	0	0	0	0	<6	<6	<6	<6	0
	8	50,8	70,4	32,5	0	3	0	0	<6	18	<6	<6	18
Rua Tropeiro	9	57,2	82	40	1	5	0	0	6	30	<6	<6	36
	10	50,4	70,5	35,9	0	1	0	0	<6	6	<6	<6	6
Rua Folhagens	11	59,9	77,5	45,5	4	10	0	0	24	60	<6	<6	84
	12	52,9	76,1	41,1	0	3	0	0	<6	18	<6	<6	18
Rua Caminheiro/ Epidio Nunes da Cunha	13	53,1	76,7	37,7	0	2	0	0	<6	12	<6	<6	12
Rua Trevo do Mato	14	48,2	69,5	35,5	0	2	0	0	<6	12	<6	<6	12
Rua Vitória Zeola	15	66,8	85,1	44,7	9	59	1	2	54	354	6	12	426
	16	67,5	95,3	82	15	53	0	3	90	318	<6	18	426
	17	68,2	83,5	46,2	15	57	1	3	90	342	6	18	456
	18	68,9	86,2	42,4	8	58	3	3	48	348	18	18	432
	19	67,3	81,9	44,8	11	50	1	2	66	300	6	12	384
Rua Alamanda	20	54,2	80,2	35,1	1	5	0	0	6	30	<6	<6	36
	21	55,9	75,2	39,7	0	7	0	0	<6	42	<6	<6	42
Rua Kame Takaiassu	22	59	79,4	34,6	5	5	0	0	30	30	<6	<6	60
	23	59,2	77,2	38,2	1	12	0	0	6	72	<6	<6	78
	24	62,5	82,7	36,6	5	4	0	0	30	24	<6	<6	54
Rua Sepetiba	25	50,9	73,4	39	0	0	0	0	<6	<6	<6	<6	0
Rua 22 de Novembro	26	46,6	63,4	37,1	0	0	0	0	<6	<6	<6	<6	0
	27	48,8	62,5	44,7	0	0	0	0	<6	<6	<6	<6	0
Rua Joselito	28	44,5	65,6	37,9	0	0	0	0	<6	<6	<6	<6	0
	29	48,3	63,6	43,4	0	0	0	0	<6	<6	<6	<6	0
Rua Justino Mendes de Aquino	30	50,8	65,2	42,4	0	0	0	0	<6	<6	<6	<6	0
	31	45,9	65,4	36,2	0	0	0	0	<6	<6	<6	<6	0
Rua Acalifas	32	56,7	74,9	38,6	2	7	0	0	12	42	<6	<6	54
	33	60,4	81,7	43,2	3	5	0	0	18	30	<6	<6	48
Rua Sombreiro	34	54,5	77,8	33,8	1	4	0	0	6	24	<6	<6	30
	35	59	76,6	44,7	1	10	0	0	6	60	<6	<6	66

Quadro 4. Níveis de ruído e composição do Tráfego – Região do Carandá

(Conclusão)

Vias/Pontos		Níveis de Ruído			Fluxo Veic. t = 10min				Fluxo Veic./h				Volume Total
					Motos	Leves	Pesados ≥ 2,8t		Motos	Leves	Pesados ≥ 2,8t		
		Leq	Lmáx	Lmín			Caminhões	Ônibus			Caminhões	Ônibus	
Rua Lize Rose	36	59,1	77,8	40,2	6	5	0	0	36	30	<6	<6	66
Rua Abricó do Pará	37	54,2	78	35,2	0	2	0	0	<6	12	<6	<6	12
	38	51,2	-	-	0	3	0	0	<6	18	<6	<6	18
Rua Nagib Ourives	39	61,3	80,4	45,8	4	11	0	0	24	66	<6	<6	90
	40	62,3	86,5	38,4	1	12	1	0	6	72	6	<6	84
	41	56,7	77,9	36	1	9	0	0	6	54	<6	<6	60
Rua Miguel Liriello	42	58,9	82	40,1	2	1	0	0	12	6	<6	<6	18
Rua Usi Tomi	43	57,2	80	36,8	3	5	0	0	18	30	<6	<6	48
	44	60,3	83,5	35,8	0	7	1	0	<6	42	6	<6	48
Rua Cruzamento	45	61	79,6	41,8	5	12	0	0	30	72	<6	<6	102
Rua Estefânia	46	54,4	74,2	39,7	0	5	0	0	<6	30	<6	<6	30
	47	54,3	74,5	35,4	0	5	0	0	<6	30	<6	<6	30
Rua Mário de Andrade	48	59,3	80,9	38	5	12	0	0	30	72	<6	<6	102
Rua José Joaquim da Silva	49	57,4	77,2	39,1	0	7	0	0	<6	42	<6	<6	42
	50	62,1	84,7	41,2	5	23	1	0	30	138	6	<6	174
	51	59,8	80,6	37,6	1	19	0	0	6	114	<6	<6	120
Rua Fortuna	52	58	79,4	39,9	1	10	1	0	6	60	6	<6	72

O tipo e a condição da pavimentação das vias foram definidos na busca de se manter um padrão para todas as vias, tendo sido identificadas tanto pavimentação asfáltica como pavimentação de material terroso. Quanto às condições, ambos os tipos de pavimentação foram definidos como estando em condições regulares. Em relação à velocidade média do fluxo de veículos das vias, além da utilização da metodologia especificada no Capítulo 3, esta foi calibrada conforme o modelamento de cada região, com a utilização do *software* Predictor 7810 versão 8.11.

Os Quadros 5, 6 e 7 apresentam a velocidade para cada via analisada, bem como o tipo e condição da pavimentação.

Quadro 5. Velocidade média e Pavimentação – Região do Centro

(Continua)

Via/Pontos		Velocidade média (km/h)		Pavimentação	
		Veículos Motos e Leves	Veículos Pesados	Tipo	Condição
Avenida Mato Grosso (Sentido Leste-Oeste)	1	45	35	Asfáltica	Regular
	2	45	35		
	3	45	35		
	4	45	35		
	5	45	35		
Avenida Mato Grosso (Sentido Oeste-Leste)	6	40	30	Asfáltica	Regular
	7	40	30		
	8	40	30		
	9	40	30		
	10	40	30		
Rua Antônio Maria Coelho	11	50	40	Asfáltica	Regular
	12	50	40		
	13	50	40		
	14	50	40		
	15	50	40		
Rua Maracajú	16	50	40	Asfáltica	Regular
	17	50	40		
	18	50	40		
	19	50	40		
	20	50	40		
Rua Marechal Cândido Rondon	21	40	30	Asfáltica	Regular
	22	40	30		
	23	40	30		
	24	40	30		
	25	40	30		
Rua Dom Aquino	26	40	30	Asfáltica	Regular
	27	40	30		
	28	40	30		
	29	40	30		
	30	40	30		

Quadro 5. Velocidade média e Pavimentação – Região do Centro  
(Conclusão)

Via/Pontos		Velocidade média (km/h)		Pavimentação	
		Veículos Motos e Leves	Veículos Pesados	Tipo	Condição
Avenida Afonso Pena (Sentido Leste-Oeste)	31	40	30	Asfáltica	Regular
	32	40	30		
	33	40	30		
	34	40	30		
	35	40	30		
Avenida Afonso Pena (Sentido Oeste-Leste)	36	40	30	Asfáltica	Regular
	37	40	30		
	38	40	30		
	39	40	30		
	40	40	30		
Rua Catorze de Julho	41	40	30	Asfáltica	Regular
	42	40	30		
	43	40	30		
	44	40	30		
	45	40	30		
	46	40	30		
Rua Treze de Maio	47	40	30	Asfáltica	Regular
	48	40	30		
	49	40	30		
	50	40	30		
	51	40	30		
	52	40	30		
Rua Rui Barbosa	53	40	30	Asfáltica	Regular
	54	40	30		
	55	40	30		
	56	40	30		
	57	40	30		
	58	40	30		
Rua Pedro Celestino	59	40	30	Asfáltica	Regular
	60	40	30		
	61	40	30		
	62	40	30		
	63	40	30		
	64	40	30		

Quadro 6. Velocidade média e Pavimentação – Região do Jardim dos Estados

(Continua)

Via/Pontos	Velocidade média (km/h)		Pavimentação	
	Veículos Motos e Leves	Veículos Pesados	Tipo	Condição
<b>Avenida Mato Grosso</b> (Sentido Leste-Oeste)	1	50	Asfáltica	Regular
	2	30		
	3	50		
	4	50		
	5	50		
<b>Avenida Mato Grosso</b> (Sentido Oeste-Leste)	6	50	Asfáltica	Regular
	7	30		
	8	50		
	9	50		
	10	50		
<b>Rua Antônio Maria coelho</b>	11	50	Asfáltica	Regular
	12	50		
	13	50		
	14	50		
	15	50		
<b>Rua Euclides da Cunha</b>	16	50	Asfáltica	Regular
	17	50		
	18	50		
	19	50		
	20	50		
<b>Rua da Paz</b>	21	40	Asfáltica	Regular
	22	40		
	23	40		
	24	40		
	25	40		
<b>Avenida Afonso Pena</b> (Sentido Leste-Oeste)	26	50	Asfáltica	Regular
	27	50		
	28	50		
	29	50		
	30	50		
<b>Avenida Afonso Pena</b> (Sentido Oeste-Leste)	31	50	Asfáltica	Regular
	32	50		
	33	50		
	34	50		
	35	50		

Quadro 6. Velocidade média e Pavimentação – Região do Jardim dos Estados  
(Conclusão)

Via/Pontos		Velocidade média (km/h)		Pavimentação	
		Veículos Motos e Leves	Veículos Pesados	Tipo	Condição
Rua Bahia	36	45	35	Asfáltica	Regular
	37	45	35		
	38	45	35		
	39	45	35		
	40	45	35		
Rua Rio Grande do Sul	41	45	35	Asfáltica	Regular
	42	45	35		
	43	45	35		
	44	45	35		
	45	45	35		
Rua Paraíba	46	40	30	Asfáltica	Regular
	47	40	30		
	48	40	30		
	49	40	30		
	50	40	30		
Rua Espírito Santo	51	45	35	Asfáltica	Regular
	52	45	35		
	53	45	35		
	54	45	35		
	55	45	35		
Rua Goiás	56	30	20	Asfáltica	Regular
	57	40	30		
	58	40	30		
	59	40	30		
	60	40	30		

Quadro 7. Velocidade média e Pavimentação – Região do Carandá  
(Continua)

Vias/Pontos		Velocidade média (km/h)		Pavimentação	
		Veículos Motos e Leves	Veículos Pesados	Tipo	Condição
Rua Pedro Martins	1	45	35	Asfáltica	Regular
	2	45	35		
	3	45	35		
	4	45	35		
Rua Estrela do Norte	5	40	30	Asfáltica	Regular
	6	40	30		
Rua Sagitária	7	40	30	Asfáltica	Regular
	8	40	30		
Rua Tropeiro	9	40	30	Asfáltica	Regular
	10	40	30		
Rua Folhagens	11	40	30	Asfáltica	Regular
	12	40	30		
Rua Caminheiro/Epidio Nunes da Cunha	13	40	30	Asfáltica	Regular
Rua Trevo do Mato	14	30	20	Asfáltica	Regular
Rua Vitória Zeola	15	50	40	Asfáltica	Regular
	16	50	40		
	17	50	40		
	18	50	40		
	19	50	40		
Rua Alamanda	20	20	10	Asfáltica	Regular
	21	40	30		
Rua Kame Takaiassu	22	40	30	Asfáltica	Regular
	23	40	30		
	24	40	30		
Rua Sepetiba	25	30	20	Terrosa	Regular
Rua 22 de Novembro	26	30	20	Terrosa	Regular
	27	30	20		
Rua Joselito	28	30	20	Terrosa	Regular
	29	30	20		
Rua Justino Mendes de Aquino/Sete de Abril	30	30	20	Terrosa	Regular
	31	30	20		
Rua Acalifas	32	40	30	Asfáltica	Regular
	33	40	30		
Rua Sombreiro	34	40	30	Asfáltica	Regular
	35	40	30		
Rua Lize Rose	36	40	30	Asfáltica	Regular

Quadro 7. Velocidade média e Pavimentação – Região do Carandá  
(Conclusão)

Vias/Pontos		Velocidade (km/h)		Pavimentação	
		Veículos Motos e Leves	Veículos Pesados	Tipo	Condição
Rua Abricó do Pará	37	40	30	Asfáltica	Regular
	38	40	30		
Rua Nagib Ourives	39	40	30	Asfáltica	Regular
	40	40	30		
	41	40	30		
Rua Miguel Liriello	42	30	20	Terrosa	Regular
Rua Usi Tomi	43	40	30	Asfáltica	Regular
	44	40	30		
	45	40	30		
Rua Estefânia	46	40	30	Asfáltica	Regular
	47	40	30		
Rua Mário de Andrade	48	40	30	Asfáltica	Regular
Rua José Joaquim da Silva	49	40	30	Asfáltica	Regular
	50	40	30		
	51	40	30		
Rua Fortuna	52	40	30	Asfáltica	Regular

### 5.3 COMPOSIÇÃO DO TRÁFEGO

No item anterior (4.2), foram apresentados todos os dados coletados em campo, incluindo a composição do tráfego de cada via objeto de análise. Neste item, serão mostradas as quantidades totais médias e porcentagens do fluxo de veículos (motos, veículos leves e veículos pesados) para cada região avaliada.

#### 5.3.1 Região do Centro

O total de veículos por hora e as respectivas porcentagens existentes na região do centro são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Composição do tráfego – Região do Centro

	Motos	Veículos Leves	Veículos Pesados		Total
			Caminhões	Ônibus	
<b>Total veíc./hora (média)</b>	2766	10579	70	253	13668
<b>Total (%)</b>	20,24	77,40	0,51	1,85	100

Verifica-se que a quantidade de veículos pesados é relativamente pequena se comparada com o total de veículos da região. Dentre os veículos pesados, observam-se mais ônibus do que caminhões. Os ônibus que transitam na respectiva região são, em sua grande maioria, de transporte coletivo público.

O Gráfico 1 ilustra graficamente as respectivas porcentagens dos veículos existentes na região do Centro.

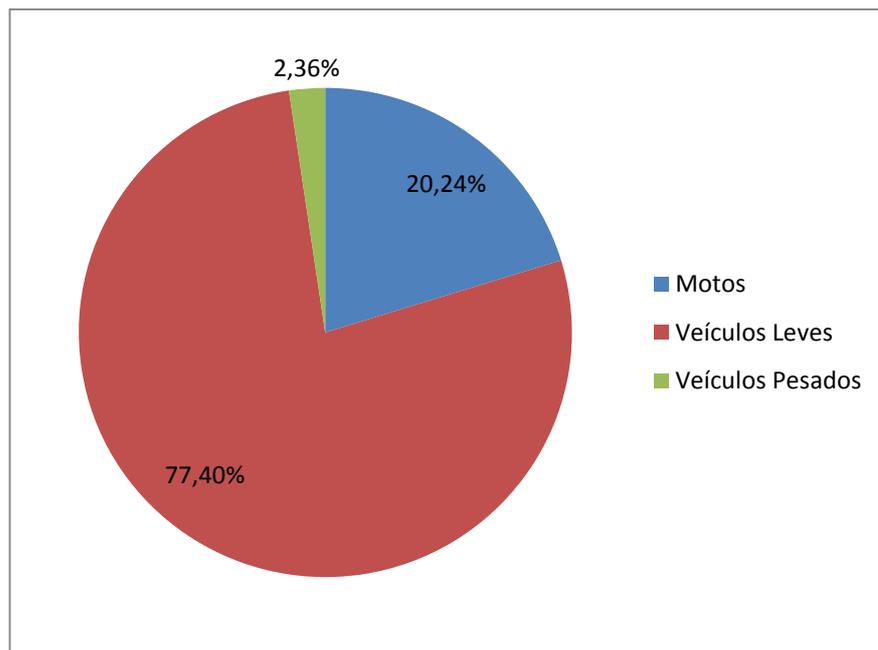


Gráfico 1. Porcentagem de veículos – Centro.

### 5.3.2 Região do Jardim dos Estados

O total de veículos por hora e a respectiva porcentagem existente na região do Jardim dos Estados são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Composição do tráfego – Região do Jardim dos Estados

	Motos	Veículos Leves	Veículos Pesados		Total
			Caminhões	Ônibus	
<b>Total veíc./hora (média)</b>	1558	9148	72	105	10883
<b>Total %</b>	14,32	84,06	0,66	0,96	100

Como acontece na região do Centro, o Jardim dos Estados também apresenta uma pequena quantidade de veículos pesados, quando comparada com o total de veículos da região. Verifica-se a presença de mais ônibus do que de caminhões, mas com uma diferença menor do que a visualizada no Centro. Os ônibus que transitam na respectiva região também são, em sua grande maioria, de transporte coletivo público.

O Gráfico 2 ilustra as respectivas porcentagens dos veículos existentes na região do Jardim dos Estados.

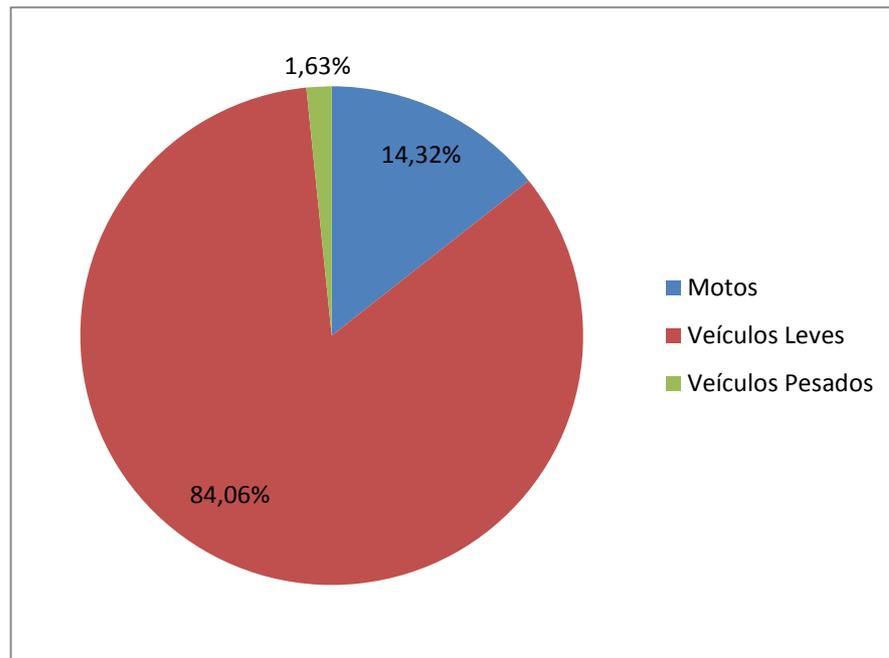


Gráfico 2. Porcentagem de veículos – Região do Jardim dos Estados.

### 5.3.3 Região do Carandá

O total de veículos por hora e a respectiva porcentagem existente na região do Carandá são apresentados na Tabela 9 abaixo.

Tabela 9. Composição do tráfego – Região do Carandá

	Motos	Veículos Leves	Veículos Pesados		Total
			Caminhões	Ônibus	
<b>Total veíc./hora (média)</b>	280	1127	22	15	1444
<b>Total (%)</b>	19,39	78,05	1,52	1,04	100

Verifica-se que a quantidade de veículos presente na região do Carandá é bem menor do que nas outras duas regiões analisadas. Isso ocorre porque se trata de uma área estritamente residencial e com menor densidade populacional. Dentre os veículos pesados, observam-se mais caminhões, sendo em termos de porcentagem, a região que possui a maior quantidade de veículos pesados.

O Gráfico 3 ilustra as respectivas porcentagens dos veículos existentes na região do Jardim dos Estados.

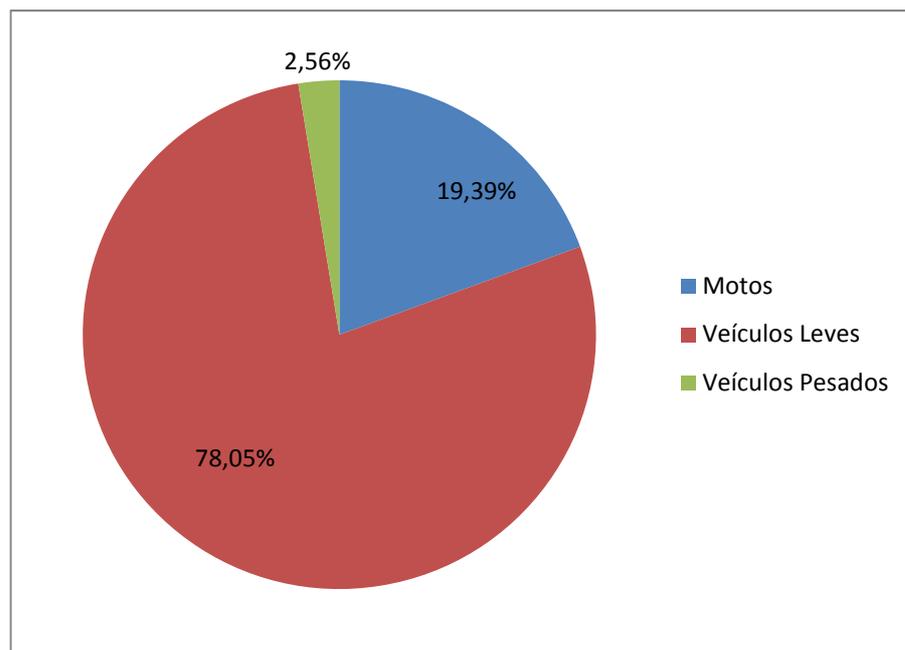


Gráfico 3. Porcentagem de veículos – Região do Carandá.

#### 5.4. NÍVEIS DE RUÍDO EXISTENTES (MEDIDOS) X LIMITES ESTABELECIDOS (NBR 10151 (2000) E LEI COMPLEMENTAR 08/1996)

Os limites máximos de ruído estabelecidos podem ser utilizados para a verificação da poluição sonora em uma determinada região. No item sobre o mapeamento do ruído, será analisada a poluição sonora nas três regiões, mas também é interessante que seja dado um enfoque às medições objetivas de ruído. Assim, serão comparados os níveis sonoros medidos com os Limites estabelecidos pela NBR 10151 (2000) e pela Lei Complementar 08 (1996) (Lei Municipal de Campo Grande/MS).

Cabe ressaltar que os limites estabelecidos pela Lei Complementar nº08 (1996) são os parâmetros que devem ser observados pelo município de Campo Grande, mas é importante haver uma comparação com os limites contidos na NBR 10151 (2000), para se verificar a adequabilidade dos limites da respectiva Lei Municipal.

O período compreendido para a escolha dos limites foi o diurno, sendo delimitado entre as 7:00 e as 19:00 horas, pela NBR 10151 (2000) e entre as 6:00 e as 18:00 horas pela Lei Complementar n. 08 (1996). Nas Tabelas 10 e 11, são apresentados os níveis máximos permitidos para o respectivo período e tipo de área/zona de uso.

Tabela 10. Limites para a Região do Centro (Período Diurno) - NBR 10151 (2000)

<b>Tipos de áreas</b>	<b>Diurno dB(A)</b>
Áreas de sítios e fazenda	40
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50
Área mista, predominantemente residencial	55
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60
Área mista, com vocação recreacional	65
Área predominantemente industrial	70

Tabela 11. Limites para a Região do Centro (Período Diurno) - Lei Complementar n. 08 (1996)

Zonas de uso	Diurno dB(A)
Todas a ZR	55
Todas as ZC	60
Todas as ZI	70
Todas ZN/ZT/CM	65

Legenda:

- ZR – Zona Residencial
- ZC – Zona Comercial e de Serviços
- ZI – Zona Industrial
- ZN – Zona Institucional
- ZT – Zona de Transição
- CM – Corredor de Uso Múltiplo

#### 5.4.1 Região do Centro

Tendo em vista o zoneamento urbano da cidade (ver Figuras 6 e 10), a região escolhida está situada em uma área comercial.

Portanto, conforme estabelecido pela NBR 10151 (2000), para a respectiva região e período tem-se o limite estabelecido para uma *área mista, com vocação comercial e administrativa*, conforme se observa na Tabela 10 (60 dB(A)). Cabe ressaltar que o texto da norma indica: “Área mista, com vocação comercial e administrativa”, e a Região do Centro é uma região estritamente comercial. Embora haja essa diferença, o nível especificado é aceitável para tal área.

A Lei Complementar nº08 (1996) estabelece, para a região em questão, o mesmo limite estabelecido pela NBR 10151 (2000) (ver Tabela 11).

A comparação entre os níveis sonoros existentes na Região do Centro, e o limite de 60 dB(a) é mostrada no Gráfico 4.

Por meio do Gráfico 4, observa-se que todos os pontos de medição realizados na Região do Centro estão acima do limite estabelecido pela NBR 10151 (2000) e pela Lei Complementar 08 (1996), variando em uma faixa entre 64,8 dB e 75,1 dB, o que demonstra a grande poluição sonora presente em tal área.

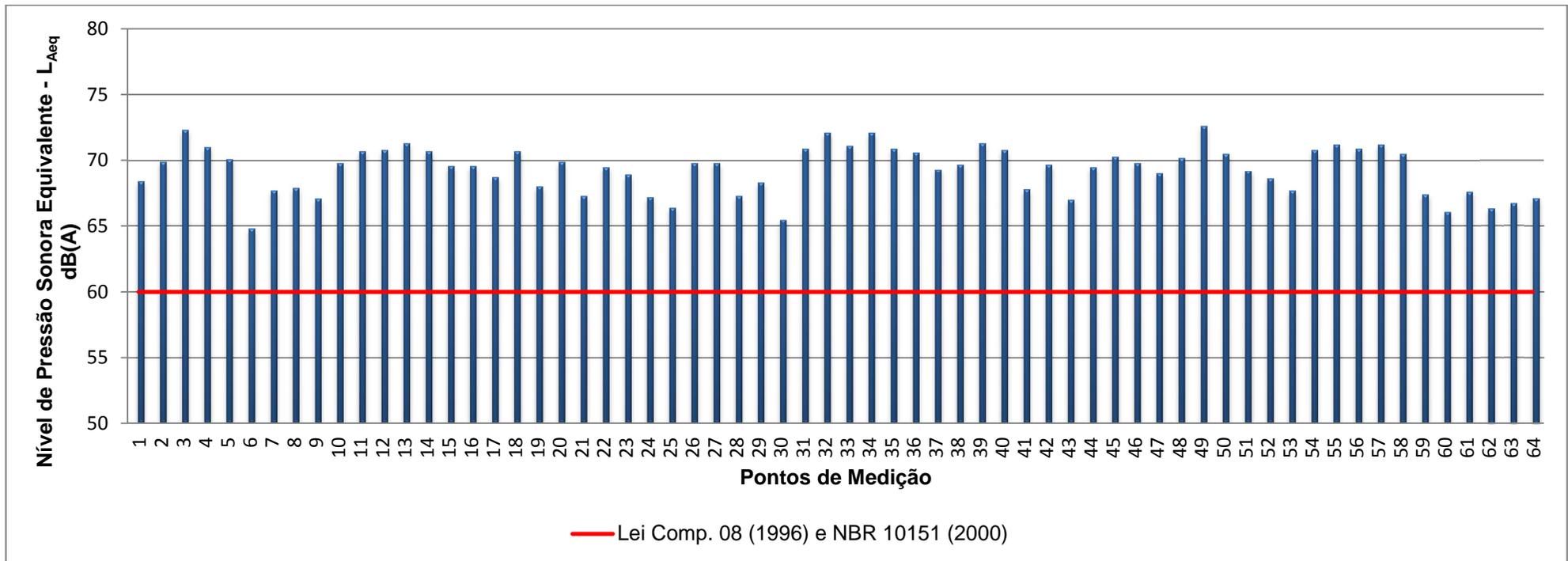


Gráfico 4. Comparação entre os níveis de ruídos existentes e o limite estabelecido (NBR 10151 (2000) e Lei Complementar 08 (1996)) – Região do Centro.

- Pontos 1 a 10: Avenida Mato Grosso
- Pontos 11 a 15: Rua Antônio Maria Coelho
- Pontos 16 a 20: Rua Maracajú
- Pontos 21 a 25: Rua Marechal Cândido Rondon
- Pontos 26 a 30: Rua Dom Aquino
- Pontos 31 a 40: Avenida Afonso Pena
- Pontos 41 a 46: Rua Catorze de Julho
- Pontos 47 a 52: Rua Treze de Maio
- Pontos 53 a 58: Rua Rui Barbosa
- Pontos 59 a 64: Rua Pedro Celestino

#### 5.4.2 Região do Jardim dos Estados

A região do Jardim dos Estados abrange duas diferentes áreas de ocupação do solo, comercial e residencial, conforme o zoneamento urbano da cidade, tratando-se de uma região mista. Além de tal fato, a respectiva região possui também uma via que tem uma das partes considerada como corredor de uso múltiplo (ver Figuras 6 e 12).

A NBR 10151 (2000) prevê limites de ruído para regiões mistas, considerando a predominância da área comercial ou residencial. Na região estudada, a área predominante é a residencial, tendo, assim, um limite de 55 dB(A). O Gráfico 5 apresenta a comparação dos níveis sonoros com tal limite.

Dessa forma, analisando todos os pontos verifica-se uma variação entre 56,1 e 75,3 dB, estando todos acima do recomendado pela norma. As diferenças entre o limite recomendado e os níveis de ruído existentes em cada ponto da região também podem ser observadas no Gráfico 5.

A Lei Complementar nº08 (1996) não prevê limites dos níveis de ruído que abrangem áreas mistas, mas apenas para cada área separadamente. Tendo em vista que os parâmetros da Lei Municipal devem ser respeitados, os dados foram analisados separadamente para as duas áreas distintas, comercial e residencial. Levou-se em conta a parte da Avenida Mato Grosso considerada como Corredor de uso múltiplo.

Os Gráficos 6 e 7 apresentam a comparação com os limites da Lei Complementar nº08 (1996), separadamente para cada área (comercial e residencial). Para a área comercial, há uma variação dos níveis sonoros entre 64,0 e 72,7 dB e todos os pontos se encontram acima do limite (60 dB(A)) estabelecido. Na área residencial, os níveis sonoros variam entre 56,1 e 75,3 dB(A) e, do mesmo modo, todos os pontos estão acima do limite (55 dB(A)) máximo. Isso ocorre também para a parte da Avenida Mato Grosso (pontos 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10) que é considerada como corredor de uso múltiplo e cujo nível permitido é de 65 dB(A).

Por meio dos Gráficos 6 e 7, ainda é possível verificar as diferenças entre os limites estabelecidos para cada área, bem como os níveis sonoros existentes.

Observa-se que o ponto de maior nível sonoro (ponto 34 –  $L_{eq} = 75,3$  dB(A)) encontra-se na área residencial, estando 20,3 dB acima do permitido.

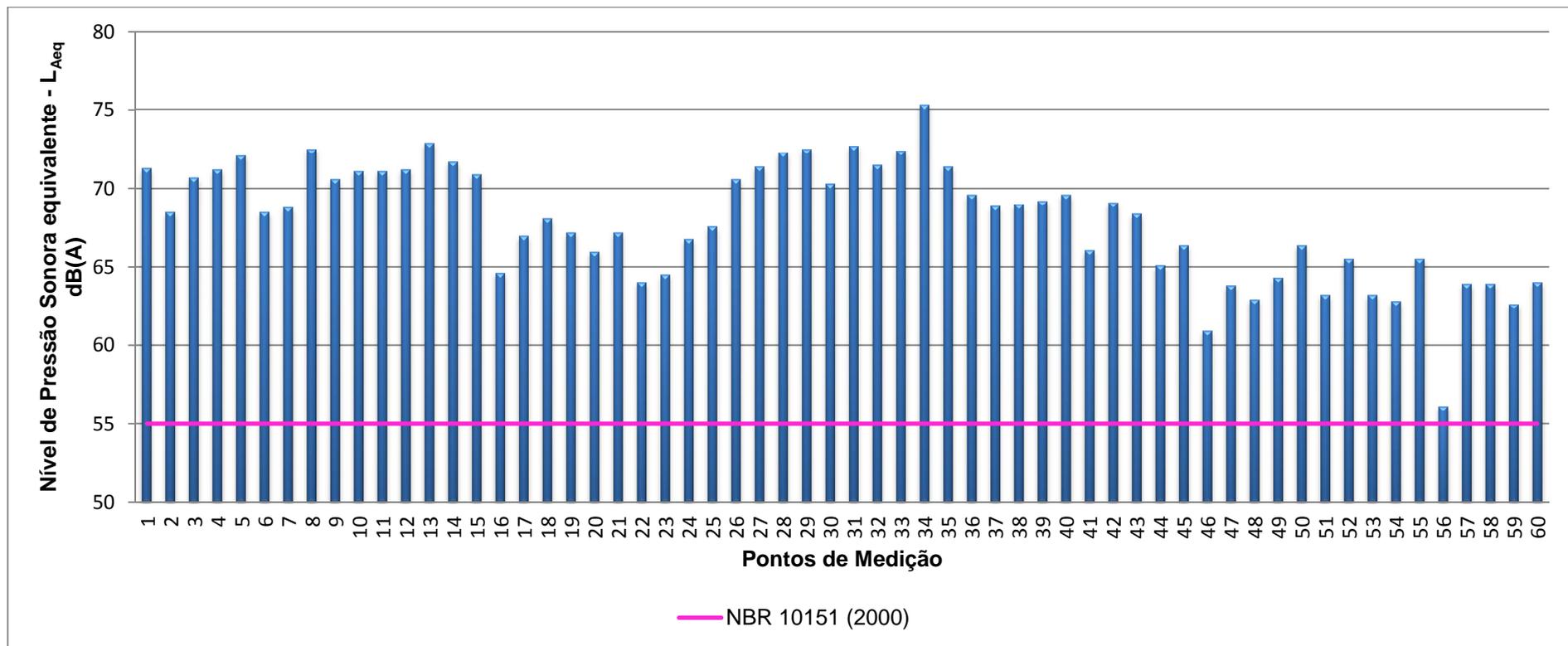


Gráfico 5. Comparação entre os níveis de ruídos existentes e o limite estabelecido (NBR 10151 (2000)) – Região do Jardim dos Estados.

- Pontos 1 a 10: Avenida Mato Grosso
- Pontos 11 a 15: Rua Antônio Maria Coelho
- Pontos 16 a 20: Rua Euclides da Cunha
- Pontos 21 a 25: Rua da Paz
- Pontos 26 a 35: Avenida Afonso Pena
- Pontos 36 a 40: Rua Bahia
- Pontos 41 a 45: Rua Rio Grande do Sul
- Pontos 46 a 50: Rua Paraíba
- Pontos 51 a 55: Rua Espírito Santo
- Pontos 56 a 60: Rua Goiás

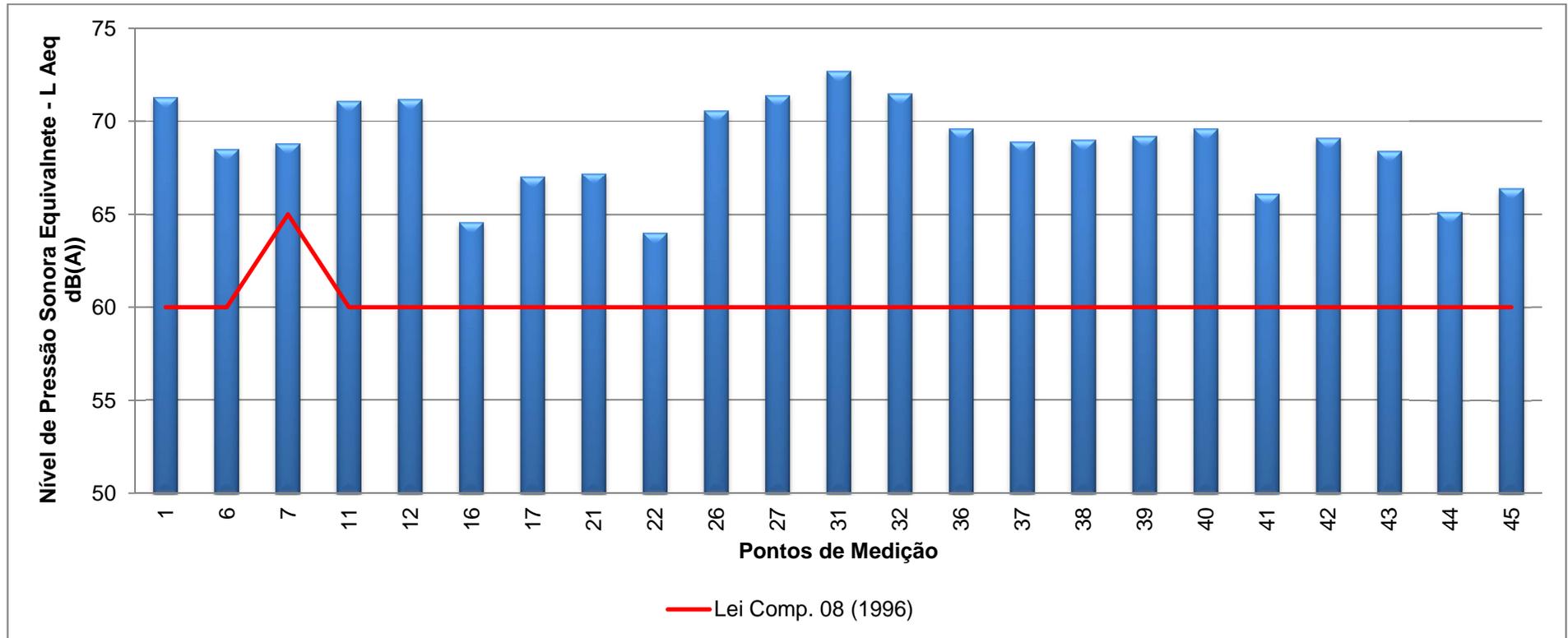


Gráfico 6. Comparação entre os níveis de ruídos existentes (área comercial) e o limite estabelecido (Lei Complementar 08 (1996)) – Região do Jardim dos Estados.

Pontos 1, 6 e 7	Avenida Mato Grosso
Pontos 11 e 12:	Rua Antônio Maria Coelho
Pontos 16 a 17:	Rua Euclides da Cunha
Pontos 21 e 22:	Rua da Paz
Pontos 26, 27, 31 e 32:	Avenida Afonso Pena
Pontos 36 a 40:	Rua Bahia
Pontos 41 a 45:	Rua Rio Grande do Sul

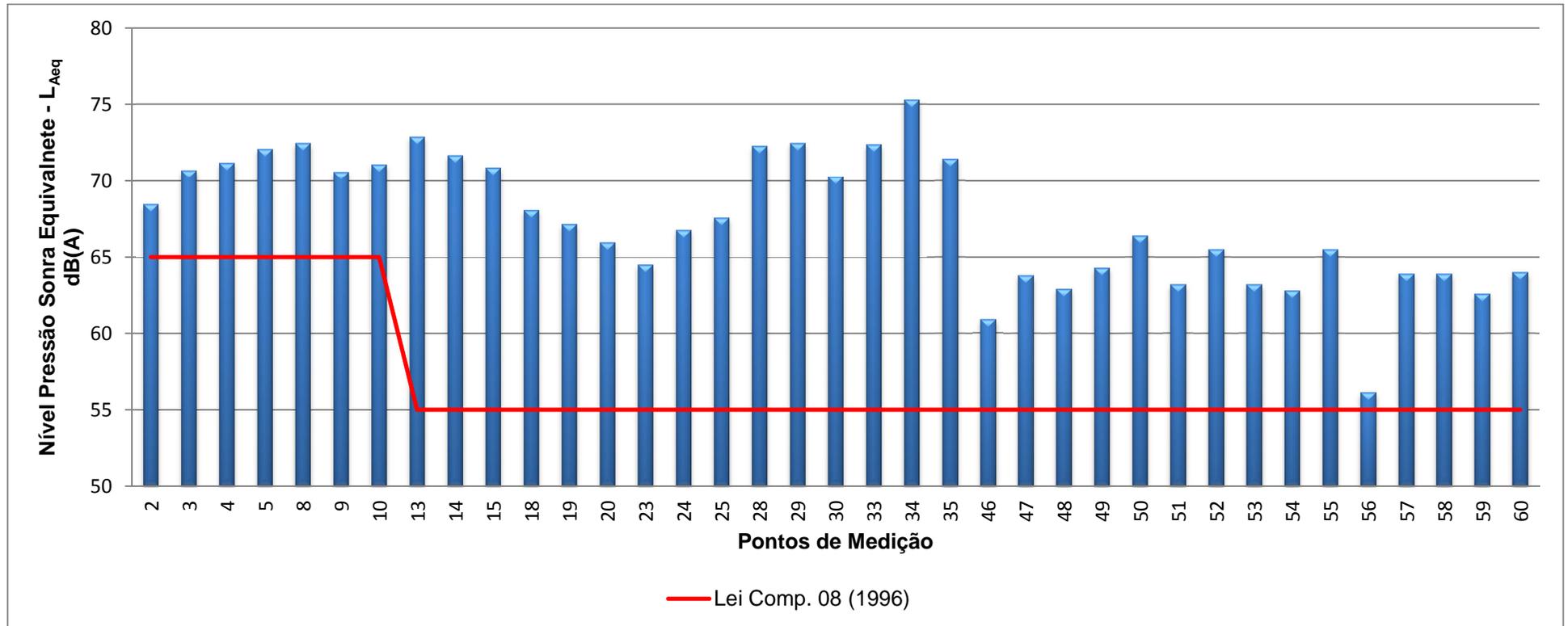


Gráfico 7. Comparação entre os níveis de ruídos existentes (área residencial) e o limite estabelecido (Lei Complementar 08 (1996)) – Região do Jardim dos Estados.

Pontos 2 a 5 e 8 a 10:	Avenida Mato Grosso
Pontos 13 a 15:	Rua Antônio Maria Coelho
Pontos 18 a 20:	Rua Euclides da Cunha
Pontos 23 a 25:	Rua da Paz
Pontos 28 a 30 e 33 a 35:	Avenida Afonso Pena
Pontos 46 a 50:	Rua Paraíba
Pontos 51 a 55:	Rua Espírito Santo
Pontos 56 a 60:	Rua Goiás

### 5.4.3 Região do Carandá

A região analisada, segundo o zoneamento urbano da cidade, é uma área estritamente residencial, que possui uma via considerada como corredor de uso múltiplo.

Desse modo, a Lei Complementar 08 (1996) estabelece o limite de 55 dB(A) para as áreas residenciais; já para os corredores de uso múltiplo, o limite de 65 dB(A) (ver Tabela 11). A via considerada como corredor de uso múltiplo é a Rua Vitório Zeola (pontos 15, 16, 17, 18 e 19).

Conforme estabelecido pela NBR 10151 (2000), para a respectiva região e período tem-se o limite estabelecido para uma “*Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas*” (ver Tabela 10), que é de 50 dB(A).

Os níveis sonoros da região variam na faixa entre 44,5 e 68,9 dB(A). Diferentemente das outras regiões, o Carandá apresenta níveis sonoros que se encontram abaixo dos limites estabelecidos (ver Tabelas 10 e 11 e Gráfico 8), sendo que dos 52 pontos de medição, apenas 8 (cerca de 15 % dos pontos) estão abaixo do limite (50 dB(A)) recomendado pela NBR 10151 (2000) e 21 pontos (cerca de 40 % do total dos pontos) estão abaixo dos limites (55 e 65 dB(A)) estabelecidos pela Lei complementar 08 (1996). Cabe ressaltar que todos os pontos da Rua Vitório Zeola, cujo limite é de 65 dB(A) (ver Tabela 11) se encontram acima do estabelecido pela Lei complementar 08 (1996).

Por meio do Gráfico 8, pode-se observar a diferença entre os limites máximos estabelecidos (em cores distintas para a NBR 10151 e Lei Complementar 08) e os níveis sonoros existentes na região do Carandá, bem como identificar os maiores níveis sonoros, que se encontram principalmente nas Ruas Vitório Zeola (pontos 15, 16, 17, 18 e 19), Pedro Martins (pontos 02, 03 e 04), Kame Takaiassu (ponto 24), Nagib Ourives (ponto 40) e José Joaquim da Silva (ponto 50).

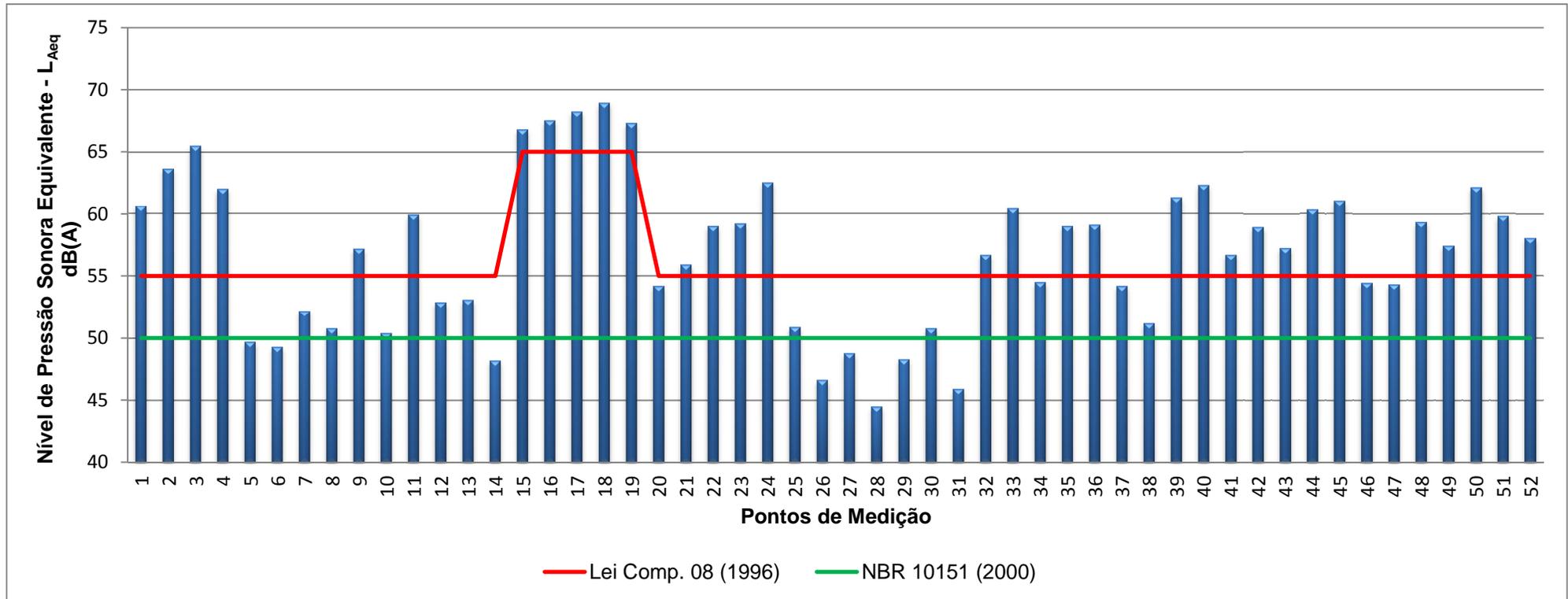


Gráfico 8. Comparação entre os níveis de ruídos existentes e os limites estabelecidos (Lei Complementar 08 (1996) e NBR 10151 (2000) – Região do Carandá.

Pontos 1 a 4: Rua Pedro Martins  
 Pontos 5 e 6: Rua Estrela do Norte  
 Pontos 7 e 8: Rua Sagitária  
 Pontos 9 e 10: Rua Tropeiro  
 Pontos 11 e 12: Rua Folhagens  
 Ponto 13: Rua Caminho/Epídio N. C.  
 Ponto 14: Rua Trevo do Mato  
 Pontos 15 a 19: Rua Vitória Zeola  
 Pontos 20 e 21: Rua Alamanda  
 Pontos 22 a 24: Rua Kame Takaiassu

Ponto 25: Rua Sepetiba  
 Pontos 26 e 27: Rua 22 de Novembro  
 Pontos 28 e 29: Rua Joselito  
 Pontos 30 e 31: Rua Justino M. A./Sete de Abril  
 Pontos 32 e 33: Rua Acalifas  
 Pontos 34 e 35: Rua Sombreiro  
 Ponto 36: Rua Lize Rose  
 Pontos 37 e 38: Rua Abricó do Pará  
 Pontos 39 a 41: Rua Nagib Ourives  
 Ponto 42: Rua Miguel Liriello

Pontos 43 a 45: Rua Usi Tomi  
 Pontos 46 e 47: Rua Estefânia  
 Ponto 48: Rua Mário de Andrade  
 Pontos 49 a 51: Rua José Joaquim da Silva  
 Ponto 52: Rua Fortuna

#### 5.4.4 Análise das Medições Sonoras Objetivas

Conforme visto nos itens 5.4.1 e 5.4.2, todos os pontos da região do Centro e do Jardim dos Estados encontram-se acima dos níveis permitidos pela legislação vigente do município e também pelos limites recomendados pela NBR 10151 (2000). Já na região do Carandá (item 5.4.3), há pontos que se encontram abaixo dos níveis permitidos pela legislação municipal e dos recomendados pela norma.

Assim, por meio das medições sonoras objetivas já se pode verificar que as regiões do Centro, Jardim dos Estados e parte da região do Carandá se encontram poluídas acusticamente.

Uma análise mais completa da situação de cada região analisada e do respectivo impacto ambiental sonoro será apresentada no item 5.6 MAPEAMENTO DO RUÍDO. As medições sonoras objetivas também foram utilizadas para a validação dos modelos realizados pelo *software* Predictor 7810 versão 8.11 (item 5.5 COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO – MEDIDO x SIMULADO).

#### 5.5 COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO – MEDIDO X SIMULADO

A comparação entre os níveis sonoros medidos e simulados são de suma importância para a validação de um modelo acústico urbano. Isso se faz necessário, tendo em vista que os dados de entrada no *software* (Predictor 7810 versão 8.11) de modelagem podem conter incertezas. Isso implica que o modelo mostra apenas a essência da realidade encontrada. Conforme já mencionado no Capítulo 3 – Metodologia, item 3.2.2, em cada modelo foram locados *receivers* – “receptores” nos respectivos pontos de medição, onde o *software* calcula os níveis sonoros de tais pontos, e assim é realizada a comparação, tendo como parâmetro o valor de 4,6 dB(A).

Licitra & Memoli (2008) explicam que o valor de 4,6 dB(A) corresponde à incerteza esperada de acordo com WG-AEN (2006), calculada somando-se todas as diferentes contribuições e relativamente a um nível de 95% de confiança. O respectivo valor (4,6 dB(A)) também foi utilizado por Zannin & Sant'Ana (2011) para a calibração e a validação de modelos realizados na cidade de Curitiba.

No caso das medições dos níveis sonoros em campo, a acurácia dos resultados depende dos procedimentos realizados nas medições e também do tipo do medidor. No presente trabalho, foi utilizado um medidor de Classe 2, cuja precisão é de  $\pm 1,5$  dB.

#### 5.5.1 Região do Centro

Na região do centro (ver Tabela 12 e Gráfico 9), verifica-se que a maioria dos valores simulados são mais elevados do que os valores medidos. Isso pode ser explicado pelo fato de todos os cruzamentos da respectiva região possuírem semáforos, o que acarreta a desaceleração dos veículos quando se aproximam destes (situação de parada – vermelho), com a natural diminuição do ruído deles proveniente. Desse modo, o acréscimo nos valores simulados é observado, pois o *software* de modelamento considera o fluxo contínuo de veículos. Mesmo ocorrendo tal fato, apenas o ponto 47 apresenta a diferença acima de 4,6 dB(A). Portanto, o modelo gerado para a região do centro é aceitável e pode ser utilizado para gerar o mapa de ruído da área analisada.

Tabela 12. Comparação entre os valores medidos e simulados – Região do Centro

(Continua)

<b>Pontos</b>	<b>Valores medidos</b>	<b>Valores simulados</b>	<b>Diferença (medido - simulado)</b>
1	68,4	72,7	-4,3
2	69,9	74,3	-4,4
3	72,3	75,1	-2,8
4	71,0	73,4	-2,4
5	70,1	74,2	-4,1
6	64,8	69,0	-4,2
7	67,7	71,5	-3,8
8	67,9	72,2	-4,3
9	67,1	70,5	-3,4
10	69,8	73,2	-3,4
11	70,7	72,1	-1,4
12	70,8	72,0	-1,2
13	71,3	71,8	-0,5
14	70,7	72,5	-1,8
15	69,6	72,4	-2,8
16	69,6	74,0	-4,4
17	68,7	73,1	-4,4
18	70,7	73,9	-3,2
19	68,0	70,7	-2,7
20	69,9	69,2	0,7
21	67,3	70,8	-3,5
22	69,5	72,6	-3,1
23	68,9	71,6	-2,7
24	67,2	69,7	-2,5
25	66,4	67,9	-1,5
26	69,8	72,4	-2,6
27	69,8	71,0	-1,2
28	67,3	70,0	-2,7
29	68,3	70,2	-1,9
30	65,5	68,7	-3,2
31	70,9	74,5	-3,6
32	72,1	72,1	0,0
33	71,1	71,4	-0,3
34	72,1	74,2	-2,1
35	70,9	73,8	-2,9
36	70,6	74,1	-3,5
37	69,3	72,5	-3,2
38	69,7	73,4	-3,7
39	71,3	73,2	-1,9
40	70,8	73,2	-2,4
41	67,8	69,7	-1,9
42	69,7	71,8	-2,1
43	67,0	71,6	-4,6

Tabela 12. Comparação entre os valores medidos e simulados – Região do Centro

(Conclusão)			
<b>Pontos</b>	<b>Valores medidos</b>	<b>Valores simulados</b>	<b>Diferença (medido - simulado)</b>
<b>44</b>	69,5	73,0	-3,5
<b>45</b>	70,3	73,5	-3,2
<b>46</b>	69,8	72,8	-3,0
<b>47</b>	69,0	74,4	-5,4
<b>48</b>	70,2	73,5	-3,3
<b>49</b>	72,6	74,2	-1,6
<b>50</b>	70,5	74,0	-3,5
<b>51</b>	69,2	73,3	-4,1
<b>52</b>	68,6	73,2	-4,6
<b>53</b>	67,7	72,1	-4,4
<b>54</b>	70,8	73,2	-2,4
<b>55</b>	71,2	75,5	-4,3
<b>56</b>	70,9	73,0	-2,1
<b>57</b>	71,2	75,4	-4,2
<b>58</b>	70,5	73,8	-3,3
<b>59</b>	67,4	68,9	-1,5
<b>60</b>	66,1	69,7	-3,6
<b>61</b>	67,6	68,9	-1,3
<b>62</b>	66,3	70,3	-4,0
<b>63</b>	66,7	71,2	-4,5
<b>64</b>	67,1	70,1	-3,0
<b>Máxima diferença positiva</b>			<b>0,7</b>
<b>Máxima diferença negativa</b>			<b>-5,4</b>

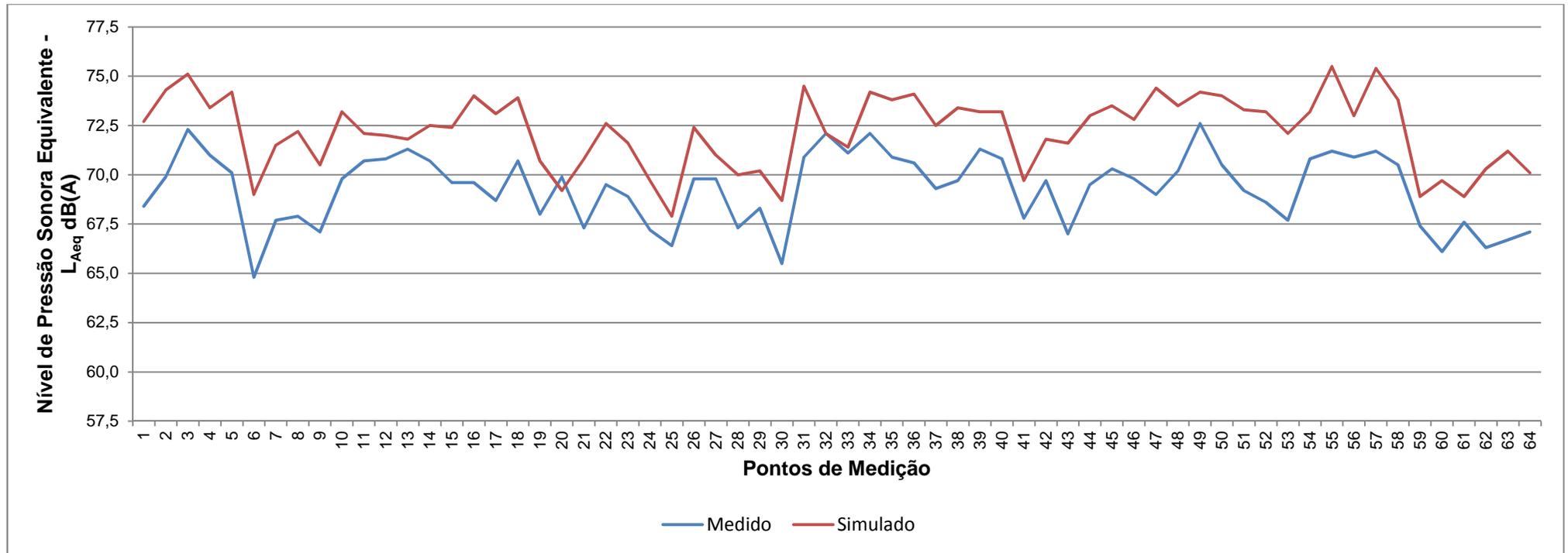


Gráfico 9. Comparação entre os valores medidos e simulados – Região do Centro.

Pontos 1 a 10: Avenida Mato Grosso  
 Pontos 11 a 15: Rua Antônio Maria Coelho  
 Pontos 16 a 20: Rua Maracajú  
 Pontos 21 a 25: Rua Marechal Cândido Rondon  
 Pontos 26 a 30: Rua Dom Aquino  
 Pontos 31 a 40: Avenida Afonso Pena  
 Pontos 41 a 46: Rua Catorze de Julho  
 Pontos 47 a 52: Rua Treze de Maio  
 Pontos 53 a 58: Rua Rui Barbosa  
 Pontos 59 a 64: Rua Pedro Celestino

### 5.5.2 Região do Jardim dos Estados

Na região do Jardim dos Estados (ver Tabela 13 e Gráfico 10), verifica-se também que a grande maioria dos valores simulados são maiores do que os valores medidos, mas com diferenças menores do que as da região do centro. Do mesmo modo, apenas um ponto apresenta a diferença de valores (medidos e simulados) acima de 4,6 dB(A), sendo este o ponto 44. Portanto, o modelo gerado para tal região também é aceitável e pode ser utilizado para gerar o mapa de ruído.

Tabela 13. Comparação entre os valores medidos e simulados – Região do Jardim dos Estados

(Continua)			
<b>Pontos</b>	<b>Valores medidos</b>	<b>Valores simulados</b>	<b>Diferença (medido - simulado)</b>
<b>1</b>	71,3	74,8	-3,5
<b>2</b>	68,5	72,1	-3,6
<b>3</b>	70,7	72,8	-2,1
<b>4</b>	71,2	72,7	-1,5
<b>5</b>	72,1	72,3	-0,2
<b>6</b>	68,5	72,4	-3,9
<b>7</b>	68,8	71,3	-2,5
<b>8</b>	72,5	73,4	-0,9
<b>9</b>	70,6	72,3	-1,7
<b>10</b>	71,1	72,4	-1,3
<b>11</b>	71,1	73,4	-2,3
<b>12</b>	71,2	72,8	-1,6
<b>13</b>	72,9	71,0	1,9
<b>14</b>	71,7	70,6	1,1
<b>15</b>	70,9	71,6	-0,7
<b>16</b>	64,6	68,3	-3,7
<b>17</b>	67,0	69,5	-2,5
<b>18</b>	68,1	68,2	-0,1
<b>19</b>	67,2	68,4	-1,2
<b>20</b>	66,0	67,2	-1,2
<b>21</b>	67,2	66,8	0,4
<b>22</b>	64,0	68,3	-4,3
<b>23</b>	64,5	65,3	-0,8
<b>24</b>	66,8	68,2	-1,4
<b>25</b>	67,6	67,1	0,5
<b>26</b>	70,6	74,2	-3,6
<b>27</b>	71,4	75,1	-3,7
<b>28</b>	72,3	74,3	-2,0
<b>29</b>	72,5	73,0	-0,5
<b>30</b>	70,3	74,2	-3,9

Tabela 13. Comparação entre os valores medidos e simulados – Região do Jardim dos Estados

(Conclusão)			
Pontos	Valores medidos	Valores simulados	Diferença (medido - simulado)
31	72,7	74,5	-1,8
32	71,5	75,1	-3,6
33	72,4	74,3	-1,9
34	75,3	72,9	2,4
35	71,4	75,2	-3,8
36	69,6	73,1	-3,5
37	68,9	73,5	-4,6
38	69,0	71,2	-2,2
39	69,2	73,5	-4,3
40	69,6	72,6	-3,0
41	66,1	69,7	-3,6
42	69,1	69,2	-0,1
43	68,4	70,1	-1,7
44	65,1	70,0	-4,9
45	66,4	70,0	-3,6
46	60,9	64,6	-3,7
47	63,8	63,7	0,1
48	62,9	64,1	-1,2
49	64,3	67,1	-2,8
50	66,4	70,6	-4,2
51	63,2	66,2	-3,0
52	65,5	66,0	-0,5
53	63,2	65,0	-1,8
54	62,8	65,6	-2,8
55	65,5	63,8	1,7
56	56,1	60,2	-4,1
57	63,9	65,3	-1,4
58	63,9	65,0	-1,1
59	62,6	66,3	-3,7
60	64,0	66,3	-2,3
<b>Máxima diferença positiva</b>			<b>2,4</b>
<b>Máxima diferença negativa</b>			<b>-4,9</b>

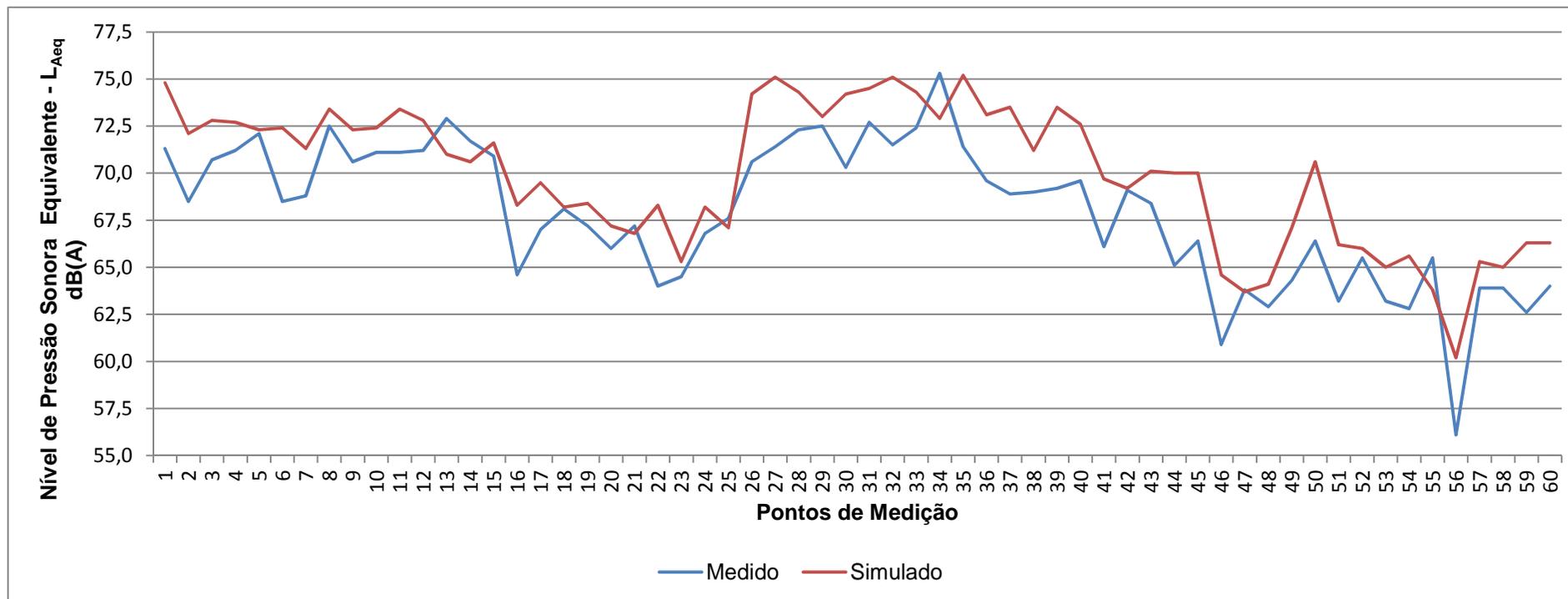


Gráfico 10. Comparação entre os valores medidos e simulados – Região do Jardim dos Estados.

Pontos 1 a 10: Avenida Mato Grosso  
 Pontos 11 a 15: Rua Antônio Maria Coelho  
 Pontos 16 a 20: Rua Euclides da Cunha  
 Pontos 21 a 25: Rua da Paz  
 Pontos 26 a 35: Avenida Afonso Pena  
 Pontos 36 a 40: Rua Bahia  
 Pontos 41 a 45: Rua Rio Grande do Sul  
 Pontos 46 a 50: Rua Paraíba  
 Pontos 51 a 55: Rua Espírito Santo  
 Pontos 56 a 60: Rua Goiás

### 5.5.3 Região do Carandá

Dentre as três regiões avaliadas, o Carandá (ver Tabela 14 e Gráfico 11) apresenta as menores diferenças entre os valores medidos e os simulados. Embora as diferenças em alguns pontos estejam próximas, ou no limite de 4,6 dB(A), nenhuma se encontra acima de tal limite. Portanto, o modelo gerado para a região é aceitável e pode ser utilizado para gerar o mapa de ruído.

Tabela 14. Comparação entre os valores medidos e simulados – Região do Carandá

(Continua)

<b>Pontos</b>	<b>Valores medidos</b>	<b>Valores simulados</b>	<b>Diferença (medido-simulado)</b>
1	60,6	62,0	-1,4
2	63,6	64,0	-0,4
3	65,5	67,3	-1,8
4	62,0	64,0	-2,0
5	49,7	50,6	-0,9
6	49,3	48,7	0,6
7	52,2	49,0	3,2
8	50,8	50,2	0,6
9	57,2	57,2	0,0
10	50,4	51,9	-1,5
11	59,9	63,1	-3,2
12	52,9	52,0	0,9
13	53,1	53,1	0,0
14	48,2	50,9	-2,7
15	66,8	70,0	-3,2
16	67,5	69,0	-1,5
17	68,2	71,1	-2,9
18	68,9	71,2	-2,3
19	67,3	69,5	-2,2
20	54,2	58,0	-3,8
21	55,9	57,0	-1,1
22	59,0	62,9	-3,9
23	59,2	59,8	-0,6
24	62,5	62,9	-0,4
25	50,9	51,6	-0,7
26	46,6	50,8	-4,2
27	48,8	49,2	-0,4
28	44,5	48,4	-3,9
29	48,3	49,5	-1,2
30	50,8	47,6	3,2
31	45,9	48,5	-2,6

Tabela 14. Comparação entre os valores medidos e simulados – Região do Carandá

(Conclusão)			
Pontos	Valores medidos	Valores simulados	Diferença (medido-simulado)
32	56,7	59,6	-2,9
33	60,4	61,9	-1,5
34	54,5	57,4	-2,9
35	59,0	60,6	-1,6
36	59,1	62,1	-3,0
37	54,2	52,2	2,0
38	51,2	53,4	-2,2
39	61,3	63,0	-1,7
40	62,3	65,8	-3,5
41	56,7	59,3	-2,6
42	58,9	58,6	0,3
43	57,2	61,0	-3,8
44	60,3	63,8	-3,5
45	61,0	63,6	-2,6
46	54,4	57,4	-3,0
47	54,3	54,8	-0,5
48	59,3	63,9	-4,6
49	57,4	56,1	1,3
50	62,1	64,8	-2,7
51	59,8	59,9	-0,1
52	58,0	61,1	-3,1
<b>Máxima diferença positiva</b>			<b>3,2</b>
<b>Máxima diferença negativa</b>			<b>-4,6</b>

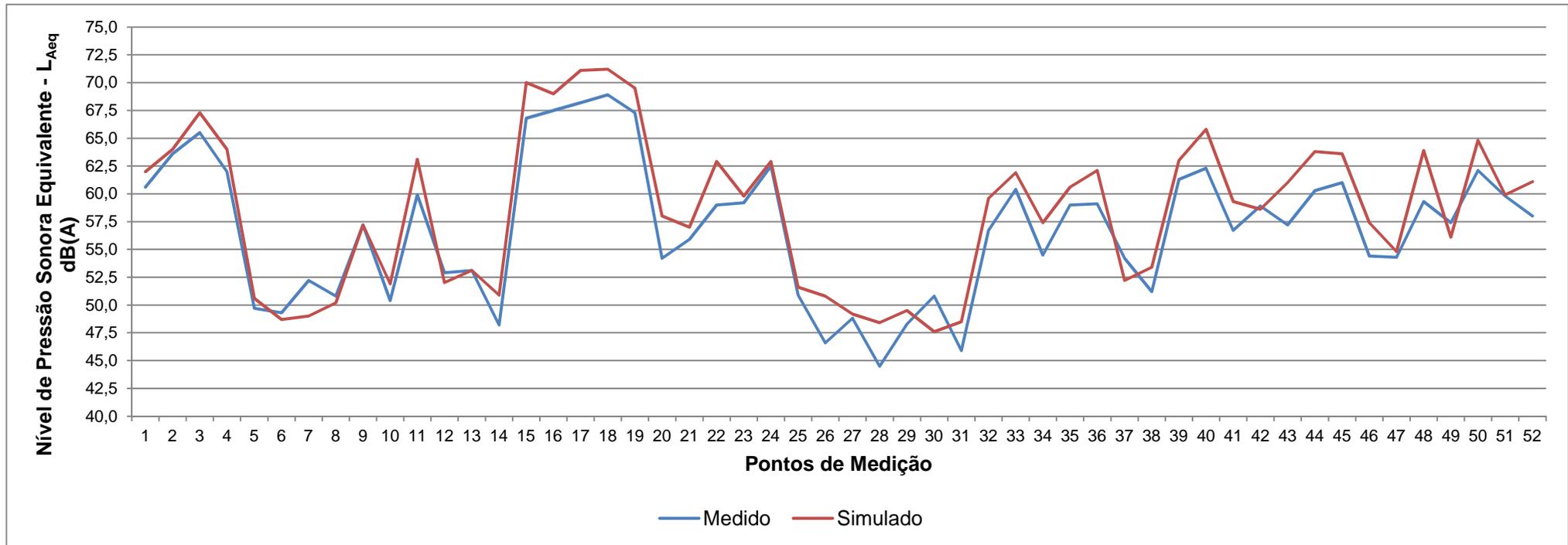


Gráfico 11. Comparação entre os valores medidos e simulados – Região do Carandá.

Pontos 1 a 4: Rua Pedro Martins  
 Pontos 5 e 6: Rua Estrela do Norte  
 Pontos 7 e 8: Rua Sagitária  
 Pontos 9 e 10: Rua Tropeiro  
 Pontos 11 e 12: Rua Folhagens  
 Ponto 13: Rua Caminheiro/Epídio N. C.  
 Ponto 14: Rua Trevo do Mato  
 Pontos 15 a 19: Rua Vitória Zeola  
 Pontos 20 e 21: Rua Alamanda  
 Pontos 22 a 24: Rua Kame Takaiassu

Ponto 25: Rua Sepetiba  
 Pontos 26 e 27: Rua 22 de Novembro  
 Pontos 28 e 29: Rua Joselito  
 Pontos 30 e 31: Rua Justino M. A./Sete de Abril  
 Pontos 32 e 33: Rua Acalifas  
 Pontos 34 e 35: Rua Sombreiro  
 Ponto 36: Rua Lize Rose  
 Pontos 37 e 38: Rua Abricó do Pará  
 Pontos 39 a 41: Rua Nagib Ourives  
 Ponto 42: Rua Miguel Liriello

Pontos 43 a 45: Rua Usi Tomi  
 Pontos 46 e 47: Rua Estefânia  
 Ponto 48: Rua Mário de Andrade  
 Pontos 49 a 51: Rua José Joaquim da Silva  
 Ponto 52: Rua Fortuna

## 5.6 MAPEAMENTO DO RUÍDO

Neste item, serão apresentados os mapas de ruído gerados por meio de simulação computacional, com a utilização do *software* Predictor 7810 versão 8.11. As etapas para a elaboração dos mapas de ruído estão descritas no Capítulo 3.

Os mapas foram gerados em várias escalas de cores, onde cada cor representa uma faixa de nível sonoro, facilitando, assim, o entendimento da situação analisada.

### 5.6.1 Situação Atual

Na situação atual, os mapas são apresentados com o objetivo de demonstrar todos os níveis sonoros existentes em cada região, ou seja, mostrar cada área e seu respectivo nível de ruído, desde os menores até os maiores, abrangendo uma ampla faixa, variando de <35 dB(A) até 85dB(A). A Figura 21 apresenta a legenda das faixas de níveis sonoros utilizada na situação atual.

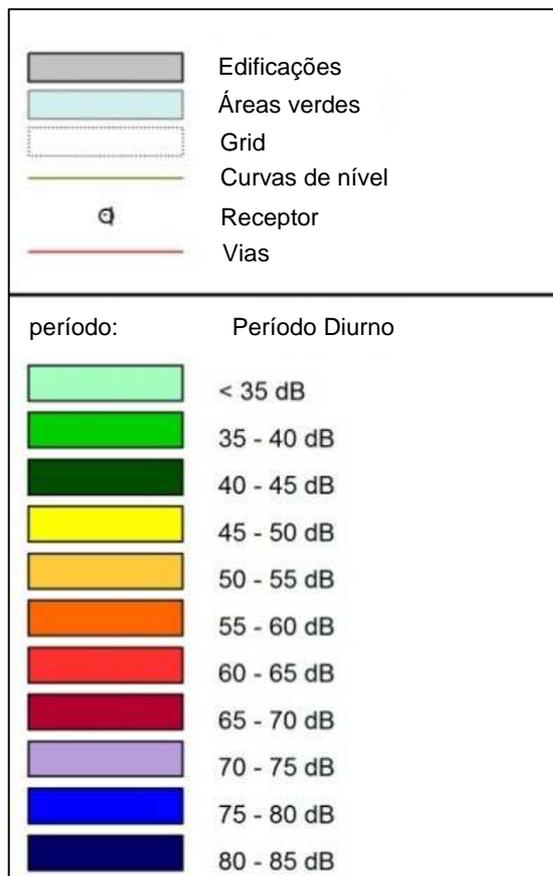


Figura 21. Faixas de níveis sonoros – Situação atual.

### 5.6.1.1 Situação Atual - Região do Centro

A Figura 22 ilustra o mapa da região estudada e a Figura 23 apresenta o mapa de ruído da situação existente na região do Centro.

Pela visualização geral do mapa de ruído contido na Figura 23, observa-se que as Avenidas Afonso Pena e Mato Grosso e as Ruas Treze de Maio, Rui Barbosa e Catorze de Julho são as que apresentam os maiores níveis sonoros.

A Avenida Afonso Pena apresenta, em sua extensão, zonas com níveis sonoros que variam na faixa de 70-75 dB(A) e 75-80 dB(A). A região da via situada entre as Ruas Calógeras e Rui Barbosa possui uma zona com níveis entre 75-80 dB(A), menos coesa do que o restante da via até a Rua Padre João Cripa. Isso pode ser explicado pelo fato de o fluxo de veículos em tal região ser menor do que no restante da via. As imissões sonoras nas fachadas das edificações situadas à margem Avenida variam entre 70-75 dB(A) e 75-80 dB(A).

A Avenida Mato Grosso possui uma zona de maior concentração entre as Ruas Catorze de Julho e Padre João Cripa, variando entre 75-80 dB(A), a região da via situada entre as Ruas Catorze de Julho e Calógeras possui uma zona mais coesa entre 70-75 dB(A). As imissões nas fachadas das edificações à margem da Avenida se encontram predominantemente entre 65-70 dB(A) e 70-75 dB(A) (maior parte das edificações).

A Rua Antônio Maria Coelho, ao longo de sua extensão, apresenta pequenas regiões variando entre 75-80 dB(A), sendo mais concentrada a zona que varia entre 70-75 dB(A). Observa-se uma equivalência na distribuição das zonas de concentração entre 75-80 dB(A). As imissões sonoras nas fachadas das edificações à margem da via variam, em sua grande totalidade, entre 70-75 dB(A).

A Rua Maracaju possui, entre as Ruas Calógeras e Rui Barbosa, uma zona concentrada que varia na faixa de 75-80 dB(A); no restante do trecho, até a Rua Padre João Cripa, observa-se uma zona na faixa de 70-75 dB(A). Isso pode ser explicado pelo maior acúmulo de veículos pesados, bem como de veículos leves e motos na região entre as Ruas Calógeras e Rui Barbosa. As imissões nas fachadas

das edificações à margem da via variam predominantemente entre 70-75 dB(A) e 65-70 dB(A).

As Ruas Marechal Rondon e Dom Aquino, ao longo de sua extensão, apresentam algumas zonas na faixa de 75-80 dB(A) e uma zona mais coesa, entre 70-75 dB(A). A quantidade de veículos leves e pesados que transitam na Rua Marechal Rondon é um pouco maior do que a que transita na Rua Dom Aquino. As imissões nas fachadas das edificações à margem de ambas variam predominantemente entre 70-75 dB(A) e 65-70 dB(A).

A Rua Treze de Maio, ao longo de sua extensão, possui uma zona de concentração que varia entre 75-80 dB(A). Dentre as vias da região do Centro, é a que contém, em média, o maior fluxo de veículos, sendo grande parte destes os veículos leves. As imissões nas fachadas das edificações à sua margem variam predominantemente entre 75-80 dB(A) e 70-75 dB(A).

A Rua Rui Barbosa, também ao longo de sua extensão, possui uma zona de concentração que varia entre 75-80 dB(A), mas um pouco menos coesa do que a da Rua Treze de Maio. Embora não seja a via que possua o maior fluxo de veículos da região, a Rua Rui Barbosa apresenta, em média, o maior fluxo de veículos pesados, que são grandes contribuintes para o aumento dos níveis sonoros. As imissões nas fachadas das edificações à margem da via variam predominantemente entre 75-80 dB(A) e 70-75 dB(A).

A Rua Catorze de Julho possui uma zona de concentração entre 75-80 dB(A) (semelhante às Ruas Treze de Maio e Rui Barbosa), na região entre as vias Afonso Pena e Antônio Maria Coelho, sendo que o restante, até a Avenida Mato Grosso, encontra-se na faixa de 70-75 dB(A). A concentração de edificações à margem da respectiva via é mais expressiva do que nas margens das outras vias da região. As imissões nas fachadas das edificações à margem da via variam predominantemente entre 75-80 dB(A) e 70-75 dB(A).

Dentre as Ruas que ligam as Avenidas Afonso Pena e Mato Grosso, bem como as da região do Centro, a Rua Pedro Celestino é a que apresenta menor fluxo de veículos, possuindo, ao longo de sua extensão, algumas pequenas zonas variando entre 75-80 dB(A) e uma zona mais concentrada, na faixa de 70-75 dB(A).

As imissões sonoras nas fachadas das edificações à margem da via variam predominantemente entre 70-75 dB(A) (maior parte das edificações) e 65-70 dB(A).

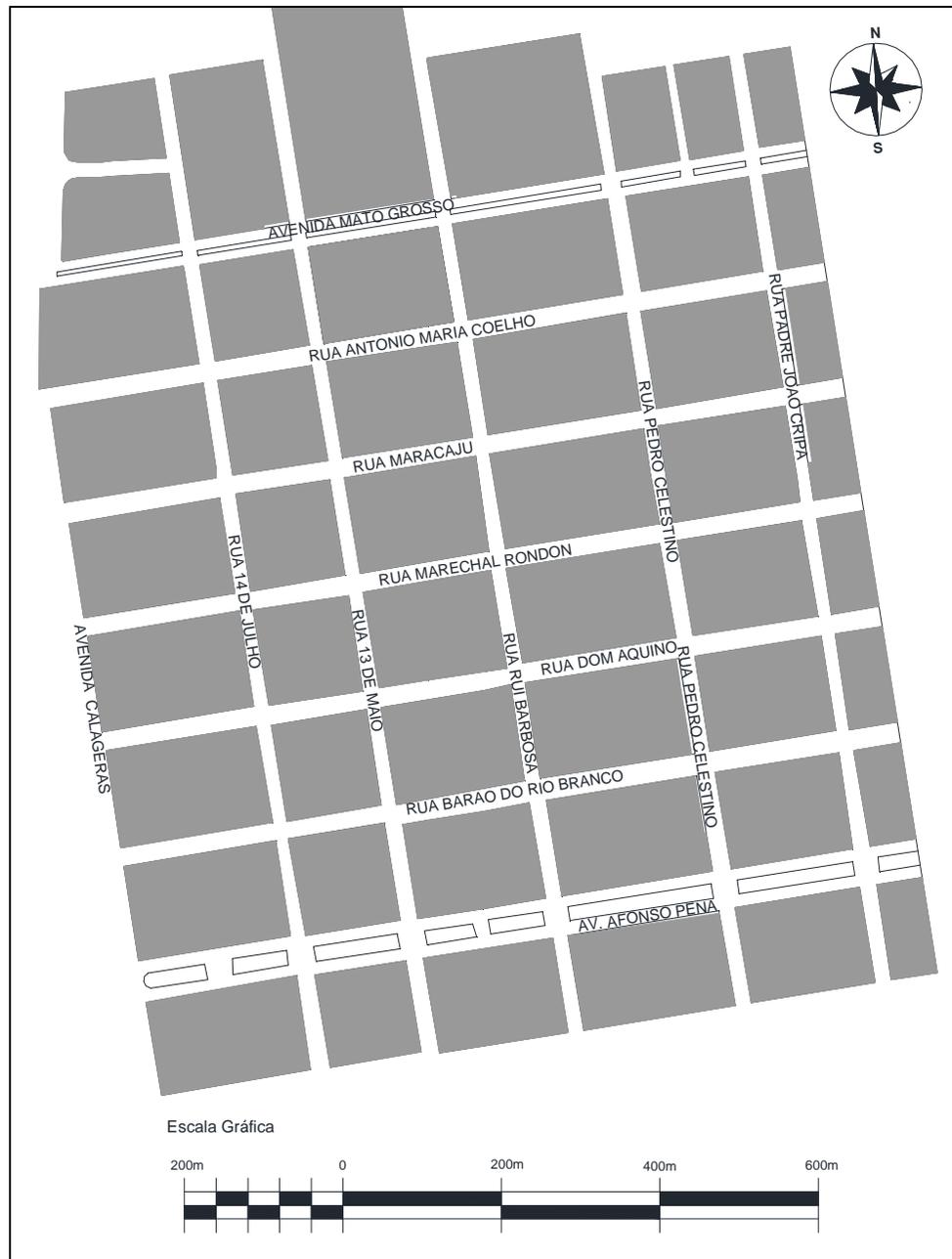


Figura 22. Mapa da região do Centro.

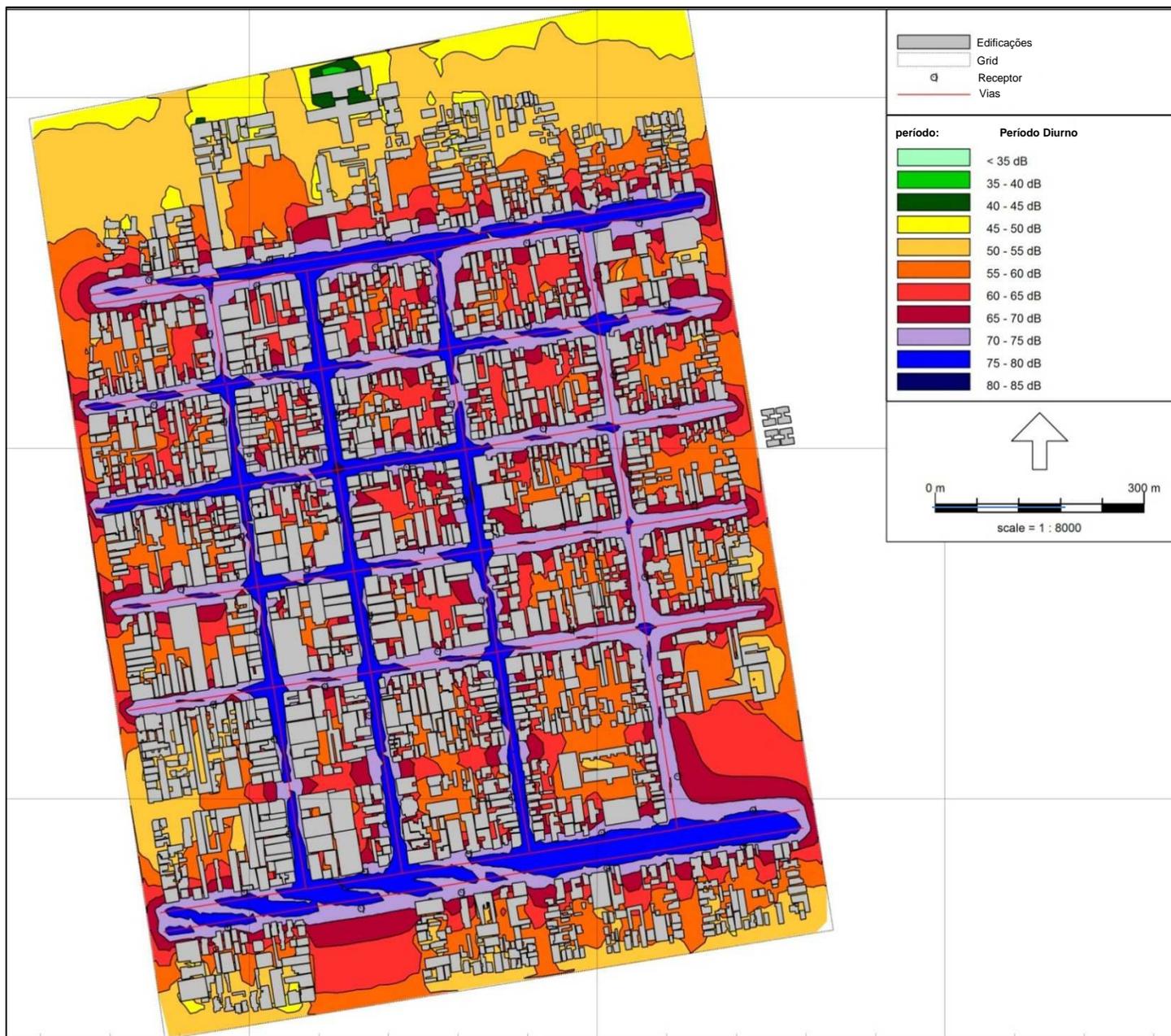


Figura 23. Mapa de ruído da situação atual – Região do Centro.

#### 5.6.1.2 Situação Atual - Região do Jardim dos Estados

A Figura 24 ilustra o mapa da região e a Figura 25 apresenta o mapa de ruído da situação atual.

Por meio da Figura 25, observa-se que não há grande distinção entre os níveis sonoros presentes na área comercial e na residencial da região, mas verifica-se que algumas vias propagam maiores níveis de ruído do que outras, sendo estas as Avenidas Afonso Pena e Mato Grosso, seguidas pelas Ruas Bahia, Antônio Maria Coelho, Rio Grande do Sul e Euclides da Cunha.

As Avenidas Afonso Pena e Mato Grosso e as Ruas Antônio Maria Coelho, Euclides da Cunha e Rua da Paz passam pela região analisada, através da área comercial e residencial (sentido Leste – Oeste e Oeste – Leste).

A Avenida Afonso Pena apresenta, em sua extensão entre a Rua Vinte e Cinco de Dezembro e Rua Paraíba, uma zona concentrada entre 75-80 dB(A), e o restante, até a Rua Alagoas, regiões menos concentradas, variando também entre 75-80 dB(A). As imissões de ruído na maioria das fachadas das edificações situadas à margem da respectiva via variam entre 70-75 dB(A), diminuindo conforme a distância da via.

A Avenida Mato Grosso possui uma zona de maior concentração (semelhante à Avenida Afonso Pena) entre as Ruas Vinte e Cinco de Dezembro e Paraíba variando entre 75-80 dB(A), e o restante, até a Rua Alagoas, regiões menos concentradas, também variando entre 75-80 dB(A). As imissões nas fachadas das edificações à margem da via se encontram entre 70-75 dB(A) (maior parte das edificações) e 65-70 dB(A).

A Rua Antônio Maria Coelho, ao longo de sua extensão, apresenta pequenas regiões variando entre 75-80 dB(A), sendo mais concentrada a zona variando entre 70-75 dB(A). As imissões sonoras nas fachadas das edificações à margem da via variam, em sua grande totalidade, entre 70-75 dB(A) e 65-70 dB(A).

A Rua Euclides da Cunha, ao longo de sua extensão, apresenta regiões variando entre 70-75 dB(A), tendo uma maior concentração entre as Ruas Bahia e

Rio Grande do Sul. As imissões sonoras nas fachadas das edificações à margem da via variam predominantemente entre 65-70 dB(A), o que ocorre porque as regiões na faixa de 70-75 dB(A) se encontram localizadas mais ao centro da via.

A Rua da Paz apresenta, em sua extensão, pequenas regiões que variam entre 70-75 dB(A), tendo uma maior concentração entre as Ruas Bahia e Rio Grande do Sul, semelhante ao que se dá na Rua Euclides da Cunha. As imissões nas fachadas das edificações à margem da via variam predominantemente entre 65-70 dB(A) e 60-65 dB(A).

As Ruas Paraíba, Espírito Santo e Goiás encontram-se na área residencial e a Rua Bahia, na área comercial da região analisada. Cabe ressaltar que a Rua Rio Grande do Sul se encontra entre as áreas comercial e residencial. Tais vias ligam as Avenidas Afonso Pena e Mato Grosso e possuem localização nos sentidos Sul-Norte e Norte-Sul.

Dentre as Ruas que ligam as Avenidas Afonso Pena e Mato Grosso, a Rua Bahia é a que apresenta maior fluxo de veículos, possuído ao longo de sua extensão algumas zonas concentradas variando entre 75-80 dB(A). As imissões sonoras nas fachadas das edificações à margem da respectiva via variam, em sua grande totalidade, entre 70-75 dB(A) (maior parte das edificações) e 65-70 dB(A).

A Rua Rio Grande do Sul apresenta, em sua extensão, uma zona concentrada que varia entre 70-75 dB(A). As imissões sonoras nas fachadas das edificações à margem da respectiva via variam predominantemente entre 70-75 dB(A) e 65-70 dB(A) (maior parte das edificações).

A Rua Paraíba, ao longo de sua extensão, apresenta uma zona concentrada que varia entre 65-70 dB(A). As imissões nas fachadas das edificações à margem da respectiva via variam predominantemente entre 65-70 dB(A) e 60-65 dB(A). Verificam-se algumas pequenas regiões na via que variam entre 70-75 dB(A), localizadas principalmente nos cruzamentos com as outras vias.

A Rua Espírito Santo, ao longo de sua extensão, apresenta uma zona concentrada que varia na faixa de 65-70 dB(A). As imissões nas fachadas das edificações à margem da respectiva via variam predominantemente entre 65-70

dB(A) e 60-65 dB(A). Caso semelhante é o da Rua Paraíba, que conta com algumas pequenas regiões que variam entre 70-75 dB(A), também localizadas principalmente nos cruzamentos com as outras vias.

A Rua Goiás é que apresenta menor fluxo de veículos, quando comparada com as outras vias da região, sendo que ao longo de sua extensão possui uma zona concentrada predominante em que varia entre 65-70 dB(A), com exceção da região situada entre a Avenida Mato Grosso e a Rua Antônio Maria Coelho, que contém uma zona concentrada que varia na faixa de 60-65 dB(A). Isso ocorre porque o fluxo de veículos dessa parte da via é bem menor do que o das outras partes. As imissões nas fachadas das edificações à margem da respectiva via variam predominantemente entre 65-70 dB(A) e 60-65 dB(A). Como acontece nas Ruas Paraíba e Espírito Santo, observam-se pequenas regiões na via que variam entre 70-75 dB(A), localizadas nos cruzamentos com as outras vias.



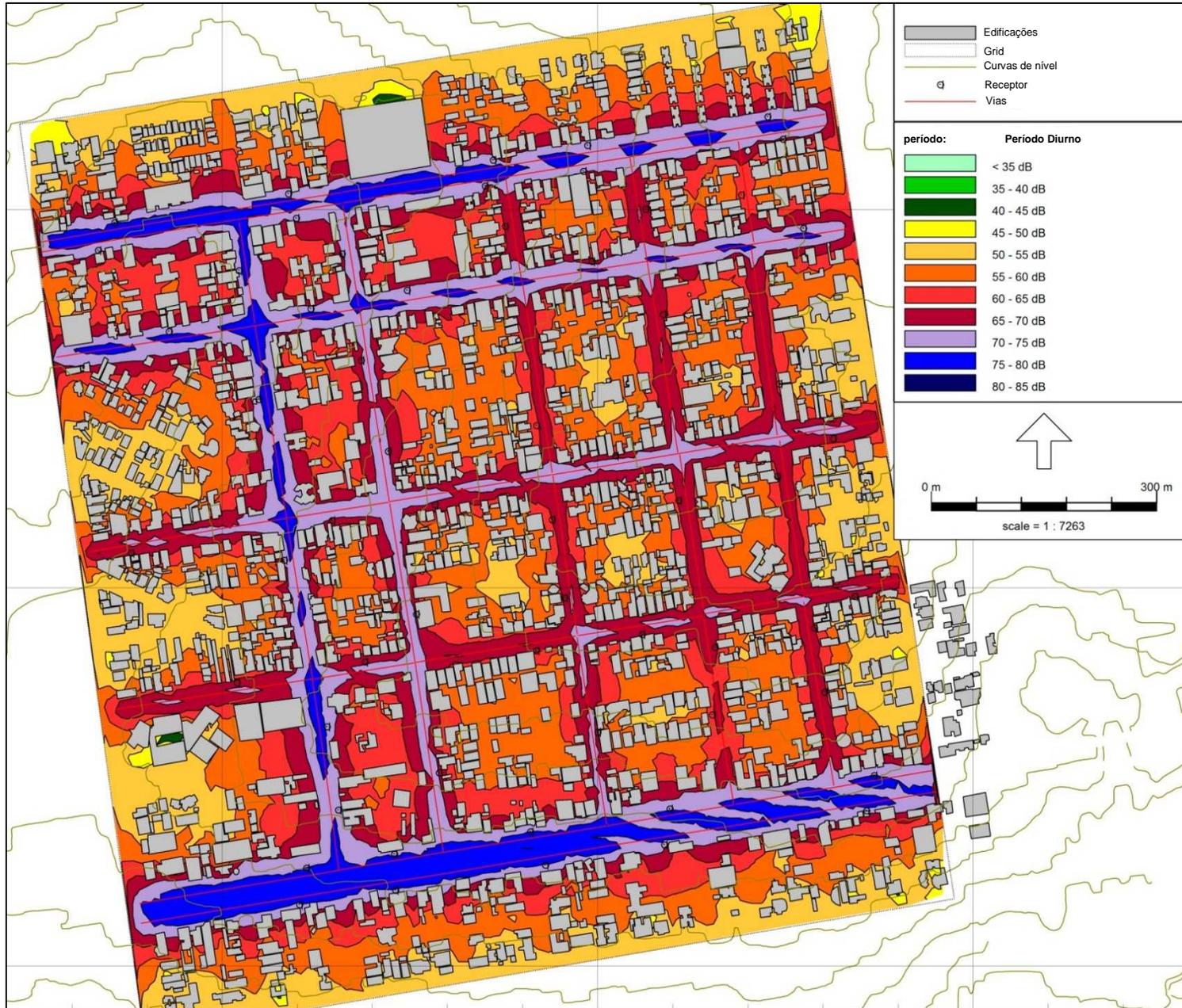


Figura 25. Mapa de ruído da situação atual – Região do Jardim dos Estados.

### 5.6.1.3 Situação Atual - Região do Carandá

Dentre as três regiões analisadas, a região do Carandá foi a que apresentou, de modo geral, os menores níveis de ruído. Isso se deve principalmente ao menor tráfego de veículos presente na respectiva área, bem como à menor velocidade desenvolvida por estes.

A Figura 26 ilustra o mapa da região estudada e a Figura 27 apresenta o mapa de ruído da situação existente na região do Centro.

Por meio da Figura 27, observam-se algumas vias que apresentam maiores níveis sonoros, como as Ruas Vitória Zeola, Pedro Martins, Nagib Ourives, Usi Tomi, Fortuna e José Joaquim da Silva.

A Rua Vitória Zeola, dentre todas as Ruas analisadas na região, é a que apresenta maiores níveis sonoros e também o maior fluxo de veículos, sendo que ao longo de sua extensão observam-se algumas zonas concentradas, variando entre 70-75 dB(A). As imissões nas fachadas das edificações à margem da respectiva via variam, em sua grande totalidade, entre 70-75 dB(A) e 65-70 dB(A) (maior parte das edificações).

As Ruas Pedro Martins, Nagib Ourives, Usi Tomi e Fortuna apresentam, ao longo de sua extensão, algumas zonas concentradas que variam entre 65-70 dB(A) e 60-65 dB(A). As imissões sonoras nas fachadas das edificações à margem da respectivas vias variam predominantemente entre 65-70 dB(A) e 60-65 dB(A) (maior parte das edificações).

A Rua José Joaquim da Silva também possui zonas concentradas que variam na faixa de 65-70 dB(A) e 60-65 dB(A), nas partes situadas entre as Ruas Vitória Zeola e Kame Takaiassu. Nas imediações e após a Rua Justino Mendes, observam-se regiões entre 55-60 dB(A), em torno de 10-15 dB menor do que no restante da via. Assim, as imissões sonoras nas fachadas das edificações à margem da via variam predominantemente entre 60-65 dB(A), 55-60 dB(A) e 50-55 dB(A).

As Ruas Sepetiba, Vinte e Dois de Novembro, Joselito e Justino Mendes de Aquino/Sete de Abril (todas com pavimento terroso) apresentam similaridades quanto aos níveis sonoros existentes. Os níveis de ruído presentes em tais vias se

devem principalmente à propagação do ruído proveniente de outras vias (como José Joaquim da Silva e Miguel Liriello). O tráfego de veículos nessas ruas é muito pequeno e a área onde elas se encontram possui uma menor quantidade de edificações comparada com o restante da região analisada. Desse modo, as imissões sonoras nas fachadas das edificações à margem de cada Rua variam predominantemente entre 50-55 dB(A) e 45-50 dB(A), sendo as menores imissões da região.

A Rua Miguel Liriello (pavimento terroso) é a que apresenta os maiores níveis sonoros dentre as ruas com pavimento terroso. Possui pequenas regiões ao longo de sua extensão que variam entre 60-65 dB(A) e também uma zona mais coesa, entre 55-60 dB(A), sendo que as imissões sonoras nas fachadas das edificações à margem da via variam predominantemente na faixa de 55-60 dB(A).

A Rua Acalifas possui uma zona mais concentrada, englobando quase toda sua extensão, na faixa de 60-65 dB(A). As imissões nas fachadas das edificações à margem da via variam, em sua grande totalidade, entre 55-60 dB(A).

A Rua Trevo do Mato é uma via onde o tráfego de veículos é pequeno e apresenta uma zona concentrada ao longo de sua extensão, que varia entre 50-55 dB(A). As imissões sonoras nas fachadas das edificações à margem se encontram na faixa de 50-55 dB(A).

A Rua Folhagens possui duas zonas de concentração distintas ao longo de sua extensão. A parte que está entre as Ruas Mário de Andrade e Usi Tomi varia na faixa de 60-65 dB(A); na outra parte, varia na faixa de 50-55 dB(A). Isso ocorre devido à diferença de tráfego entre essas partes. Assim, as imissões sonoras nas fachadas das edificações à margem da via variam predominantemente entre 60-65 dB(A) e 50-55 dB(A).

A Rua Caminheiro/Epídio Nunes da Cunha possui composição de tráfego similar à da Rua Trevo do Mato, bem como zona de concentração na faixa de 50-55 dB(A). As imissões nas fachadas das edificações à margem da via variam principalmente entre 50-55 dB(A).

A Rua Estefânia, ao longo de sua extensão, possui regiões que variam entre 55-60 dB(A) e 50-55 dB(A), sendo que as imissões nas fachadas das edificações à sua margem variam do mesmo modo, entre 55-60 dB(A) e 50-55 dB(A).

A Rua Mário de Andrade possui zonas concentradas entre 65-70 dB(A), e uma zona mais coesa, ao longo de sua extensão, com variações na faixa de 60-65 dB(A). São poucas as edificações situadas à margem da respectiva via, acontecendo as imissões, ali, entre 60-65 dB(A) e 55-60 dB(A).

A Rua Kame Takaiassu, ao longo de sua extensão, possui zonas em que variam entre 65-70 dB(A) e 60-65 dB(A) (faixa predominante) e 55-60 dB(A). As imissões nas fachadas das edificações à margem da via variam principalmente entre 60-65 dB(A) e 55-60 dB(A).

A Rua Lise Rose possui, ao longo de sua extensão, zonas que variam entre 65-70 dB(A) e 60-65 dB(A) (faixa predominante). As imissões nas fachadas das edificações à margem da via variam principalmente entre 60-65 dB(A) (maior parte das edificações) e 55-60 dB(A).

A Rua Alamanda possui uma zona concentrada na faixa de 55-60 dB(A), sendo que as imissões nas fachadas das edificações à sua margem variam predominantemente entre 55-60 dB(A).

A Rua Abricó do Pará, ao longo de sua extensão, possui uma zona concentrada que varia entre 50-55 dB(A). As imissões nas fachadas das edificações à margem da via variam principalmente entre 60-65 dB(A), 55-60 dB(A) e 50-55 dB(A) (maior parte das edificações).

A Rua Sombreiro, que tem a mesma extensão e fica paralela à Rua Abricó do Pará, possui, ao longo de sua extensão, duas zonas de concentração distintas, uma se encontra na parte entre as Ruas Tropeiro e Vitório Zeola, que varia na faixa de 55-60 dB(A), e a outra se encontra no restante da via, variando entre 60-65 dB(A). As imissões nas fachadas das edificações à margem da via variam principalmente entre 60-65 dB(A) e 55-60 dB(A) (maior parte das edificações).

As Ruas Estrela do Norte e Sagitário possuem, ao longo de sua extensão, trechos que variam nas faixas de 50-55 dB(A) e 45-50 dB(A), estando entre as vias

que possuem os menores níveis sonoros da região analisada. As imissões nas fachadas das edificações à margem das vias variam em torno das respectivas faixas de níveis sonoros.

A Rua Tropeiro apresenta zonas, entre as Ruas Mário de Andrade e Usi Tomi, com níveis sonoros similares aos das Ruas Estrela do Norte e Sagitário. Já entre as Ruas Usi Tomi e Acalifas verifica-se uma zona predominante que varia entre 55-60 dB(A). As imissões nas fachadas das edificações à margem da via variam, em sua grande totalidade, entre 55-60 dB(A) e 50-55 dB(A).

Verifica-se que os cruzamentos das vias de menor tráfego com as de maior tráfego de veículos geram, em grande parte dos casos, um acréscimo nos níveis sonoros das ruas com menor tráfego, sendo estes propagados a partir do cruzamento e se estendendo por tais ruas. Isso demonstra que o modelo leva em consideração a propagação global do ruído.

Analisando de maneira geral os mapas de ruído das três regiões, contidos nas Figuras 23, 25 e 27, verifica-se que, conforme se aumenta a distância das vias, indo-se em direção ao centro de cada quadra, os níveis sonoros diminuem gradativamente. Isso se deve não só ao distanciamento das fontes sonoras (ruído do tráfego de veículos), mas também às edificações existentes ao longo do entorno das vias, que funcionam como barreiras acústicas, formando, em alguns casos, as chamadas “sombras acústicas”.



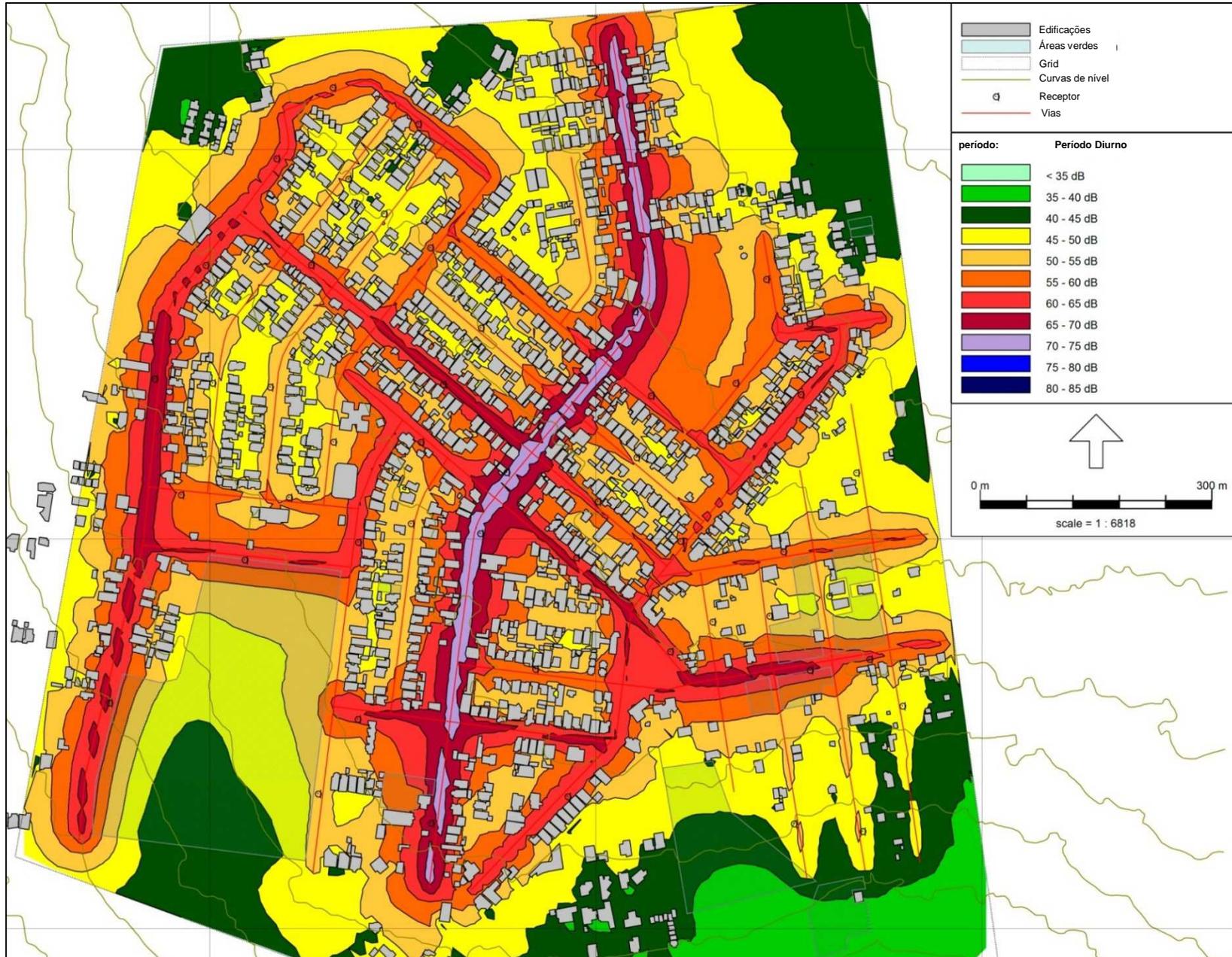


Figura 27. Mapa de ruído da situação atual – Região do Carandá.

### 5.6.2 Mapas de ruído – Comparação com Níveis estabelecidos pela NBR 10151 (2000) e Lei Complementar 08 (1996)

Este item é de grande importância para a avaliação da poluição sonora nas regiões analisadas, pois por meio dos limites estabelecidos pela norma, pela legislação vigente (NBR 10151 (2000) e pela Lei Complementar nº08 (1996)), aliados ao mapeamento do ruído, é possível identificar as áreas de cada região que se encontram abaixo ou acima de tais limites, o que facilita uma possível intervenção a ser realizada nas áreas com grande poluição sonora, bem como a prevenção e a manutenção das regiões que se encontram dentro dos respectivos limites.

Assim sendo, para a visualização das respectivas áreas serão apresentados mapas de ruído, com a utilização de duas cores distintas: azul para as regiões que se encontram acima do limite e verde para as que estão abaixo. Cabe ressaltar que neste item serão considerados os níveis permitidos para cada tipo de região e desconsiderada a presença dos corredores de uso múltiplo.

Por meio da Figura 28, que mostra a região do Centro, observam-se poucas áreas que se encontram dentro do limite estabelecido (ver Tabela 15). Tais áreas estão localizadas principalmente no centro de cada quadra. As áreas que se encontram acima do nível permitido abrangem quase toda a região avaliada, demonstrando que esta se encontra claramente “poluída”. Verifica-se ainda que todas as edificações à margem das vias apresentam imissões sonoras acima do permitido.

Tabela 15. Comparação com nível máximo permitido – Região do Centro

<b>Parâmetros</b>	<b>Período</b>	<b>Nível máximo permitido dB(A)</b>
<b>Lei Complementar nº 08 (1996)</b>	Diurno	60
<b>NBR 10151 (2000)</b>	Diurno	60

Como a região do Jardim dos Estados é localizada em uma área mista (comercial e residencial), sua avaliação é um pouco mais complexa do que as outras. Isso se deve ao fato de a Lei Complementar nº 08 (1996) não estabelecer

limites de ruído para regiões com diferentes tipos de uso (caso da região Jardim dos Estados). Desse modo, tal Lei estabelece diferentes limites para cada área (comercial e residencial), conforme Tabela 16. A NBR 10151 (2000); por outro lado, já prevê níveis para regiões mistas.

Tabela 16. Comparação com nível máximo permitido – Região do Jardim dos Estados

<b>Parâmetros</b>	<b>Período</b>	<b>Nível máximo permitido dB(A)</b>
<b>Lei Complementar nº 08 (1996)</b>	Diurno	60 (comercial) e 55 (residencial)
<b>NBR 10151 (2000)</b>	Diurno	55

Assim, três mapas são apresentados: um deles estabelece o limite de 55 dB(A) (NBR 10151 (200)) para toda a região; os outros dois são particionados, um mostrando a área comercial (60 dB(A) e outro, a residencial (55 dB(A)), conforme a Lei Complementa 08 (1996).

Verifica-se pela, Figura 29, que grande parte da região se encontra com níveis sonoros acima do estabelecido (limite de 55 dB(A) - norma), com exceção de algumas poucas áreas localizadas mais ao centro de cada quadra, bem como das edificações mais distantes das vias (Mato Grosso e Afonso Pena). Assim, nota-se que a região encontra-se claramente “poluída”.

A Figura 30 apresenta a área comercial (limite de 60 dB(A)) da região particionada. Verifica-se que as zonas que se encontram dentro do limite estabelecido são um pouco mais amplas e expressivas do que a da mesma área no mapa da Figura 29, mas, ainda assim, todas as edificações à margem das vias estão expostas a níveis acima do permitido.

A Figura 31 ilustra a outra parte (residencial – limite 55 dB(A)) da região, sendo esta igual à mesma área do mapa de ruído da Figura 29. Isso ocorre porque os limites são coincidentes.

A Tabela 17 apresenta os níveis máximos permitidos, conforme os parâmetros escolhidos para a Região do Carandá (região residencial).

Tabela 17. Comparação com nível máximo permitido – Região do Carandá

<b>Parâmetros</b>	<b>Período</b>	<b>Nível máximo permitido dB(A)</b>
<b>Lei Complementar nº 08 (1996)</b>	Diurno	55
<b>NBR 10151 (2000)</b>	Diurno	50

Considerando o nível de 55 dB(A), observa-se, na Figura 32, que as áreas que se encontram dentro de tal limite são mais amplas do que as das outras regiões já analisadas. As imissões sonoras nas fachadas das edificações à margem das Ruas Sepetiba, Vinte e Dois de Novembro, Joselito e Justino Mendes estão, em grande parte, dentro do permitido. Isso também é verificado nas Ruas Estrela do Norte, Sagitário, Trevo do Mato, Epídio Nunes, Abricó do Pará e parte das Ruas Tropeiro e Folhagens. A partir das Ruas Vítório Zeola, Pedro Martins e parte da Rua José Joaquim da Silva, observa-se que as áreas que se encontram acima do nível de 55 dB(A), são mais extensas, atingindo as edificações à margem das vias e também edificações mais distantes, sendo de tais vias as emissões dos maiores níveis sonoros.

A Figura 33 ilustra o mapa de ruído da região do Carandá, tendo como nível permitido 50 dB(A). Observa-se que as áreas que se encontram dentro do limite são menores quando comparadas com o mapa da Figura 32. As áreas acima do limite abrangem quase toda região onde se concentram grande parte das edificações. É interessante notar que para a região apresentar maiores áreas com níveis de ruído menores que o limite indicado o fluxo de veículos deve ser ainda menor do que o existente.

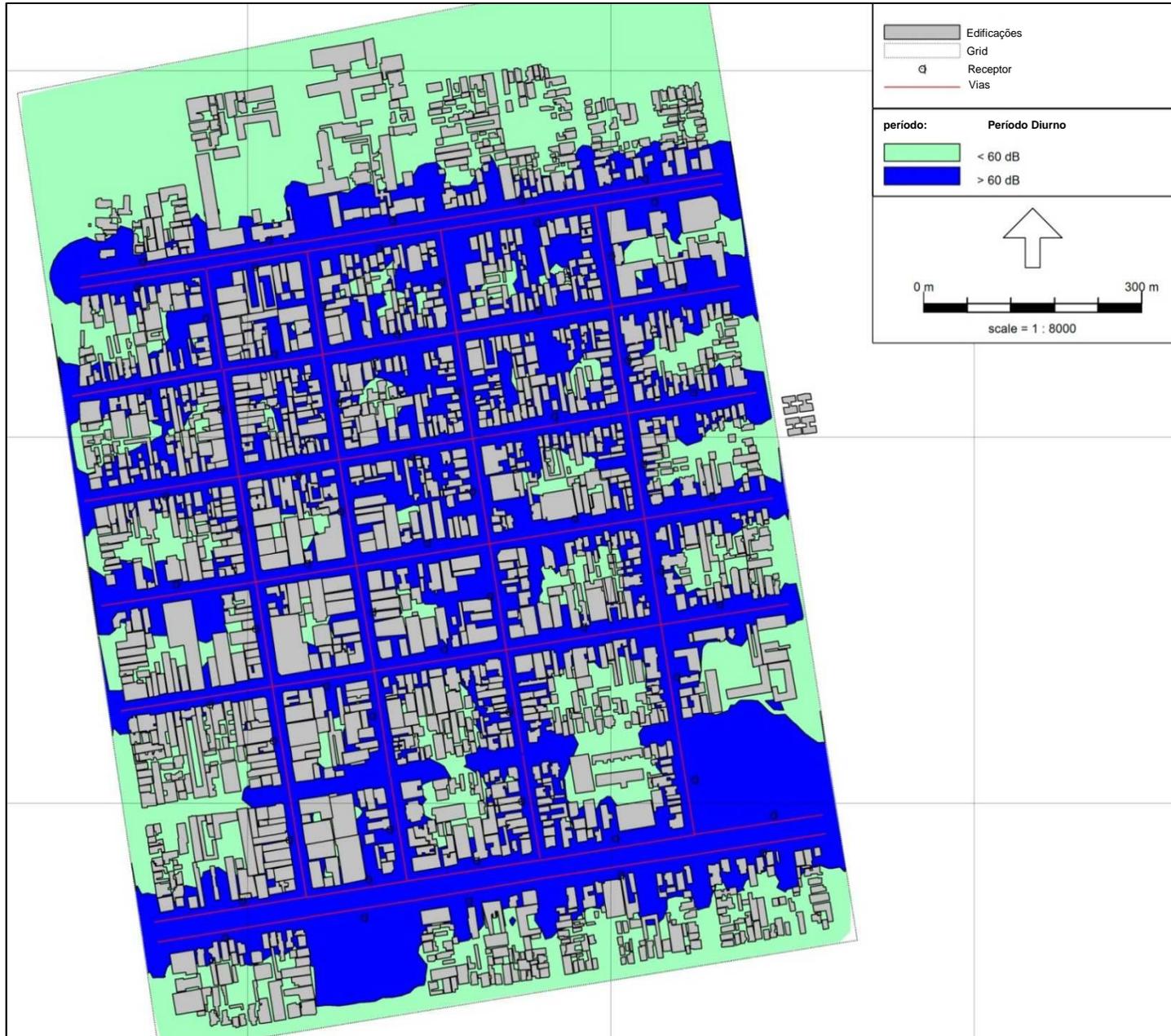


Figura 28. Mapa de ruído – Região do Centro (Limite 60 dB(A) – NBR 10151 e Lei Complementar 08).



Figura 29. Mapa de ruído – Região do Jardim dos Estados (Limite 55 dB(A) – NBR 10151).



Figura 30. Mapa de ruído – Região do Jardim dos Estados (Área comercial – Limite 60 dB(A) – Lei Complementar 08).



Figura 31. Mapa de ruído – Região do Jardim dos Estados (Área residencial – Limite 55 dB(A) – Lei Complementar 08)).

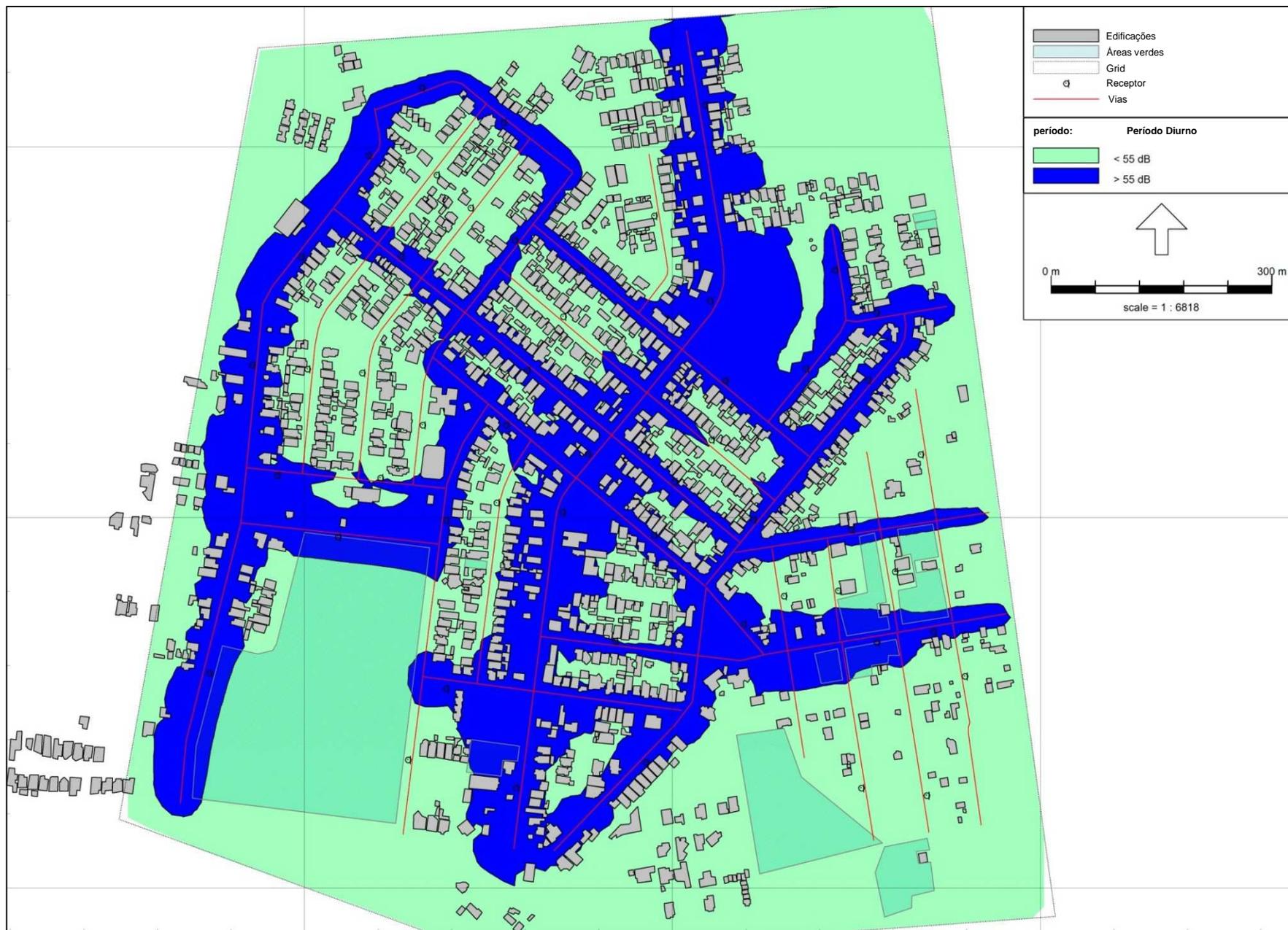


Figura 32. Mapa de ruído – Região do Carandá (Limite 55 dB(A) – Lei Complementar 08).

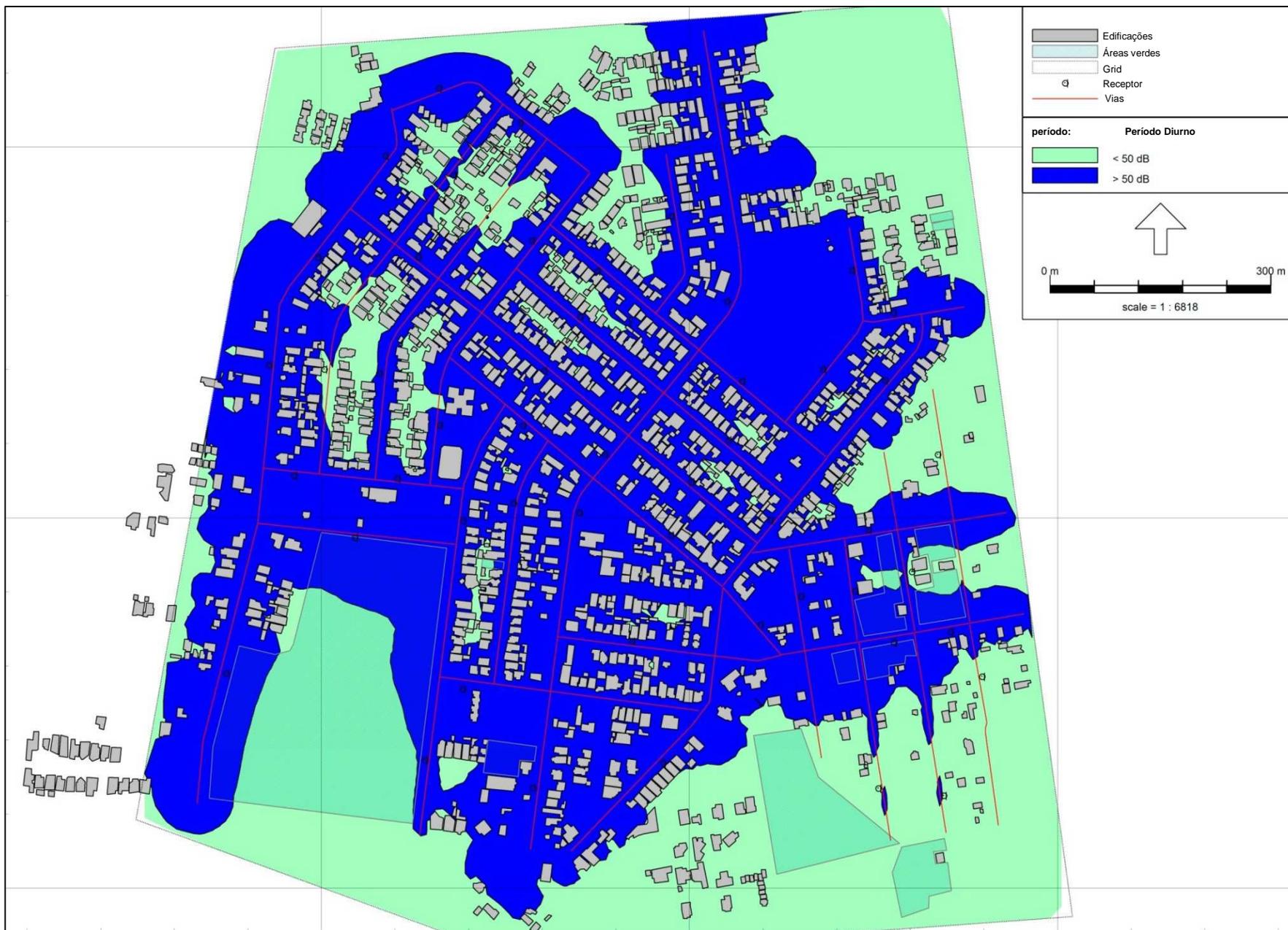


Figura 33. Mapa de ruído – Região do Carandá (Limite 50 dB(A) – NBR 10151).

### 5.6.3 Análise do Impacto Ambiental Sonoro

É interessante notar que as Figuras 28, 29, 30, 31, 32 e 33 ilustram as áreas que se encontram acima ou dentro dos limites identificados para cada região estudada, sendo este um passo inicial para se avaliar o impacto ambiental sonoro.

Embora NBR 10151 (2000) recomende os diversos níveis referenciais, como já visto nos itens anteriores, a cidade de Campo Grande possui a Lei Complementar nº08 (1996), que define os limites de ruído a serem observados, sendo a base legal em que a população e as autoridades devem se apoiar para a solução dos problemas relacionados à poluição sonora urbana.

Assim, considerando os limites máximos estabelecidos pela Lei Complementar 08 (1996), verifica-se que as regiões do Centro e Jardim dos Estados possuem amplas áreas acima de tais limites. Já na região do Carandá, as áreas que se encontram acima dos níveis permitidos são um pouco menos expressivas.

Além da visualização de tais áreas, faz-se necessária a identificação de quanto são ultrapassados os níveis máximos permitidos para cada região.

Por meio dos mapas das Figuras 23, 25 e 27, é possível identificar a faixa que ultrapassa os limites de ruído permitidos (Lei Complementar 08 (1996)). Na região do Centro, o limite é ultrapassado em uma faixa de 0-20 dB(A), no Jardim dos Estados, na faixa de 0-15 dB(A), na maior parte da região, chegando a 20 dB(A) em algumas áreas. Na região do Carandá, o limite é ultrapassado na faixa de 0-15 dB(A). Cabe ressaltar que tais faixas correspondem às imissões sonoras nas fachadas das edificações.

Conforme a OMS, as emissões sonoras de até 50 dB(A) podem incomodar, mas o organismo humano pode se adaptar facilmente a elas. Os níveis a partir de 55 dB(A) já podem causar estresse leve, acompanhado de desconforto. O nível de 70 dB(A) é dado como o nível de desgaste do organismo; aumentam-se os riscos de diversas patologias dentre como infarto, derrame cerebral, hipertensão arterial e infecções. (WHO, 2003).

Segundo Maschke (1999), o limiar de conforto acústico para a medicina preventiva é de 65 dB(A). Além disso, Belojevic & Jakovljevic (1997) confirmaram o fato de que uma população que vive em regiões onde os níveis sonoros estão acima de 65 dB(A) ( $L_{eq} > 65$  dB(A)) estão em uma categoria de alto risco para inúmeros efeitos subjetivos de ruído, incluindo efeitos psicológicos, distúrbios no sono e comportamentais.

Desse modo, verifica-se que grande parte da região do Centro, do Jardim dos Estados e parte da região do Carandá, encontram-se poluídas acusticamente, o que leva a dizer que a população que trabalha, reside e transita nas respectivas áreas “poluídas” estão expostas a níveis sonoros que podem causar *stress*, incômodo e, em algumas situações, diversas patologias físicas.

#### 5.6.4 Redução do Impacto Ambiental Causado pelo Ruído

Conforme visto no item 4.6.3, as três regiões analisadas possuem áreas poluídas acusticamente. Por esses motivos, medidas mitigadoras de ruído devem ser adotadas a fim de se diminuir o impacto ambiental causado pelos altos níveis de ruído provenientes do tráfego de veículos em cada região.

A seguir são abordadas diversas maneiras de reduzir o ruído do tráfego de veículos.

##### ➤ Redução na fonte

A redução do ruído na fonte, relacionada ao tráfego de veículos, está diretamente ligada ao avanço tecnológico das indústrias automobilísticas na elaboração de veículos menos ruidosos, bem como no meio onde circulam os veículos e na gestão do tráfego efetuado pelo município (CARVALHO e ROCHA, 2008). É de primordial importância que os veículos velhos e mais ruidosos sejam substituídos por modelos novos, com equipamentos e tecnologia menos ruidosos, sendo também importante que a pavimentação das vias seja de boa qualidade e estejam em boas condições, tudo isso aliado a uma boa gestão do tráfego de veículos.

É interessante notar que o quarto parágrafo do artigo 92 da Lei n. 2909 (1992) (alterado pela Lei Complementar n. 08 (1996)) dispõe que:

Quando o nível de ruído proveniente de tráfego, medido dentro dos limites reais da propriedade onde se dá o suposto incômodo vir a ultrapassar os níveis fixados por esta Lei, caberá à Secretaria Municipal competente articular-se com os demais órgãos, visando a adoção de medidas para a eliminação ou minimização dos distúrbios sonoros.

Desse modo, são sugeridas algumas medidas que podem ser tomadas pelo poder público nessa esfera:

- Substituição da frota do transporte coletivo (ônibus) público, devendo os novos veículos apresentar certificação de baixos valores de emissão de potência sonora;
- Utilização de pavimentação asfáltica com baixa emissão sonora;
- Gestão no tráfego – limitando a velocidade de circulação (instalação de mais radares nas vias), bem como proporcionando uma circulação de veículos menos rápida e mais fluida, sem movimentações bruscas de parada e aceleração (como exemplo a “onda verde” nos semáforos – já um pouco utilizada em Campo Grande, onde ocorre a fluidez do tráfego e também redutores de velocidades em áreas mais sensíveis como hospitais e escolas);
- Incentivo ao uso de transportes alternativos como bicicletas e percursos a pé. Para isso, são necessárias obras que beneficiem tais transportes, como alargamento dos passeios públicos e criação de ciclovias;

É interessante notar que o uso de transportes alternativos é uma boa medida para a diminuição do ruído e a gestão do tráfego. A cidade de Copenhague, capital da Dinamarca, utiliza grandemente o transporte por meio de bicicletas, possuindo cerca de 416 km de ciclovias, sendo considerada “*The City of Cyclists*” – A Cidade dos Ciclistas. (COPENHAGEN, 2012).

➤ Redução no Meio de propagação

A redução do ruído no meio de propagação é realizada pela sua limitação até o receptor. Tal limitação é amplamente realizada com a inserção de barreiras acústicas que, conforme CARVALHO e ROCHA (2008, p. 169), podem ser definidas como: “...*elementos físicos, com uma determinada massa e dimensões mínimas, localizadas entre a fonte ruidosa e o local receptor, alterando desta forma a normal propagação das ondas sonoras e reduzindo assim o ruído pelo fenômeno de difração do som*”. Embora essa seja uma boa medida para a diminuição do ruído, pode haver impactos negativos em outros aspectos não acústicos, como no caso da poluição visual, bem como dos locais de alocação das barreiras.

Assim, os materiais utilizados e o tipo de *design* das barreiras acústicas devem ser amplamente estudados para haver uma adequação destes ao ambiente, apresentando uma aparência agradável e minimizando o impacto da poluição visual. Quanto aos locais de posicionamento das barreiras, estes também devem ser estudados. Os locais mais indicados para se trabalhar a diminuição do ruído proveniente do tráfego de veículos são as vias de trânsito rápido (onde não há travessia de pedestres) e também os corredores de ônibus de transporte coletivo público. O uso de barreiras acústicas em áreas urbanas, como as regiões analisadas no presente trabalho, não é muito indicado, sendo a última alternativa a ser considerada.

➤ Redução no Receptor

De acordo com Carvalho e Rocha (2008), tal redução é considerada para o “receptor sensível” (edifício habitacional, escolar, hospitalar ou similar ou espaço de lazer, com utilização humana), que consiste no reforço da envolvente exterior das edificações, mais propriamente nos “pontos frágeis” das fachadas (vãos exteriores e os sistemas de ventilação), gerando um maior isolamento acústico no ambiente interno. Os autores ainda afirmam que essa medida deve ser utilizada como último recurso, quando todas as outras ações já tiverem sido implementadas. Dessa maneira, esse reforço pode ser realizado nos fechamentos opacos (paredes), com a

inserção de paredes duplas, bem como nos fechamentos transparentes (janelas e/ou portas), com a utilização de vidro duplo.

De acordo com Larsen & Bendtsen (2001), é importante considerar o custo da medida mitigadora do ruído a ser implantada. Os autores compararam três diferentes tipos de medidas de redução do ruído: pavimentação das vias com asfalto poroso - baixa emissão sonora (redução de até 6 dB(A), dependendo da velocidade dos veículos), inserção de barreiras acústicas (redução de até 13 dB(A)) e isolamento acústico das fachadas das edificações (redução de até 9 dB(A)). Desse modo, concluíram que a implementação da pavimentação de asfalto poroso é a medida que apresenta o menor custo. Salientam que a nova pavimentação e as barreiras acústicas podem reduzir o ruído tanto de dentro como de fora das edificações das pessoas, enquanto o isolamento acústico das fachadas só reduz os níveis dentro destas, e somente se as janelas forem mantidas fechadas.

Além das medidas e ações já apresentadas anteriormente, existem ainda outros caminhos que podem ser utilizados por parte das autoridades públicas para ajudar na solução da poluição sonora no ambiente urbano da Cidade de Campo Grande, dentre os quais são sugeridos:

- Reformulação do zoneamento urbano da cidade quanto ao uso do solo, implementando zonas de atividades mistas (**comercial e residencial**) e extinguindo os limites de 65 dB(A) para os corredores de uso múltiplo que atravessem zonas comerciais ou residenciais, devendo os limites destes se adequar aos respectivos limites de tais zonas.
- Mudança na Lei Complementar 08 (1996), formulando limites para zonas mistas (**comercial e residencial**);
- Fiscalização e controle da qualidade da frota de veículos. Veículos modificados (sem escapamentos) ou muito velhos que geram níveis sonoros muito elevados;

#### 5.6.5 Novo Cenário – Mudança no Tipo de Pavimento

Dentre todas as medidas já citadas que podem ser utilizadas para a redução do ruído, foi simulado um cenário utilizando o *software* Predictor 7810 versão 8.11, para as três regiões estudadas, considerando um pavimento (das vias) asfáltico com baixa emissão sonora. Cabe ressaltar que o pavimento (das vias) existente nas regiões do Centro e do Jardim dos Estados é asfáltico e se encontra em condições regulares, sendo que a região do Carandá possui pavimento asfáltico e terroso (ausência de asfalto), também em condições regulares.

As Figuras 34, 35 e 36 ilustram os mapas de ruído para esse cenário nas três regiões.

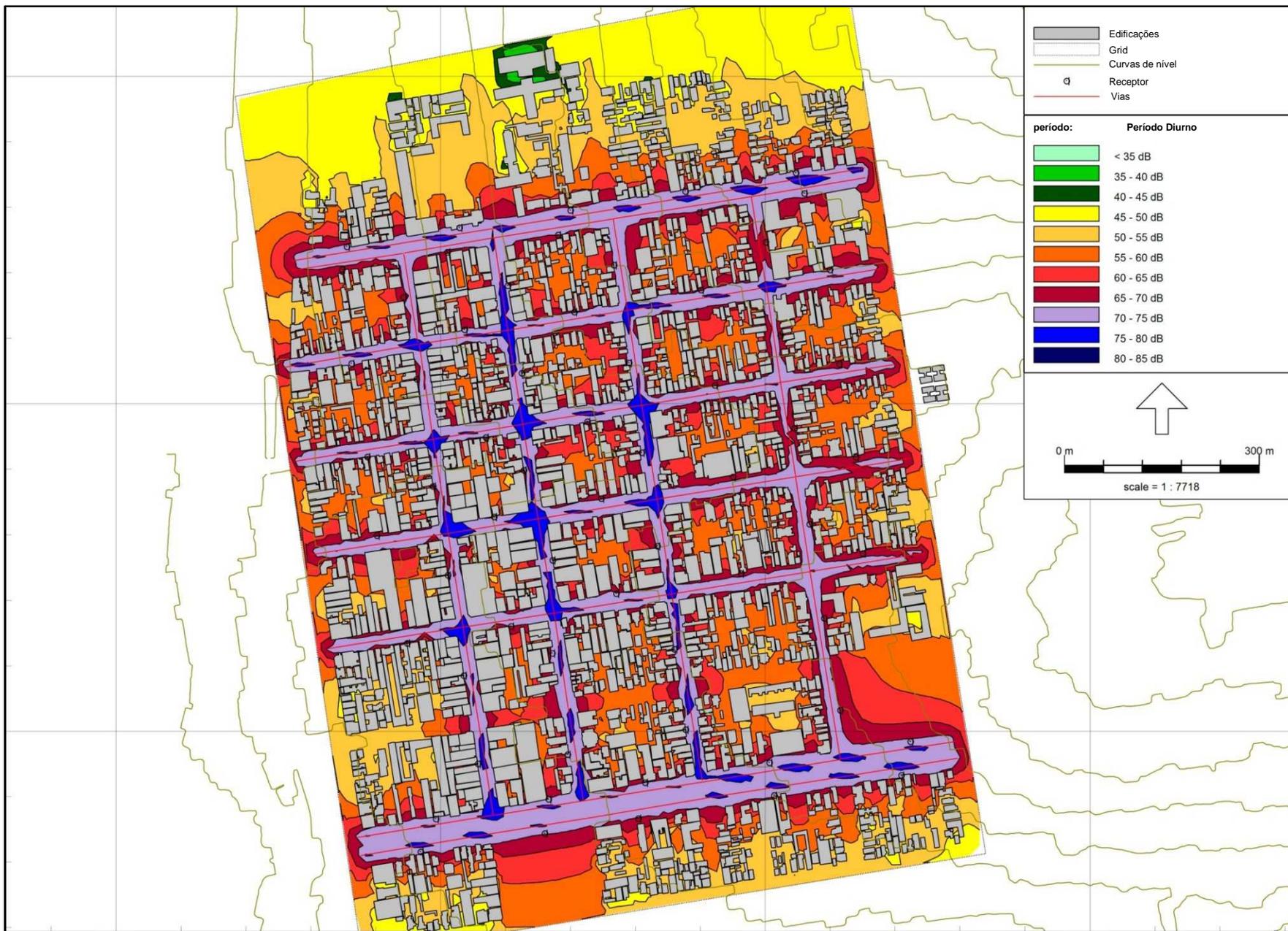


Figura 34. Mapa de ruído do novo cenário – Região do Centro.

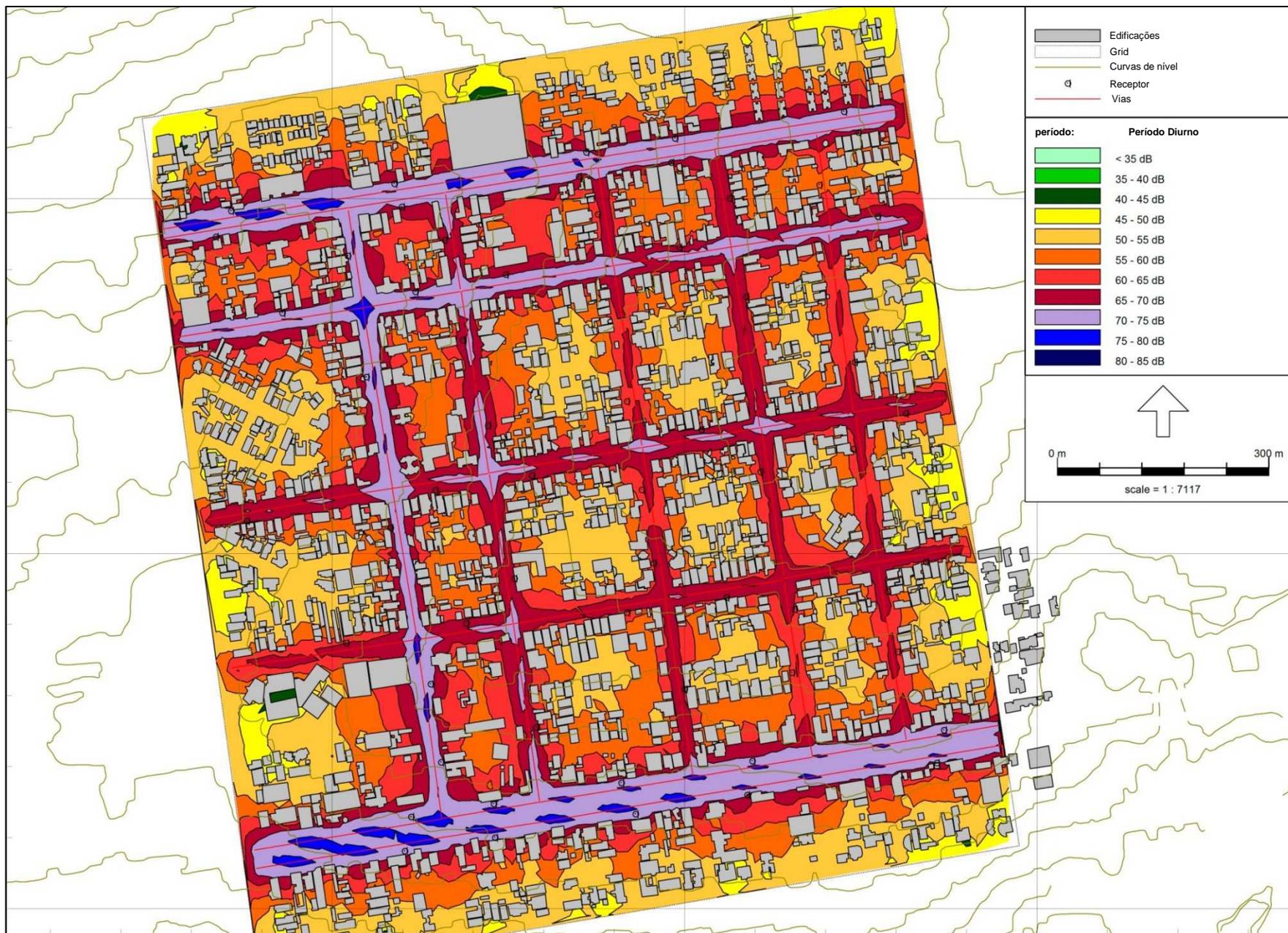


Figura 35. Mapa de ruído do novo cenário – Região do Jardim dos Estados.

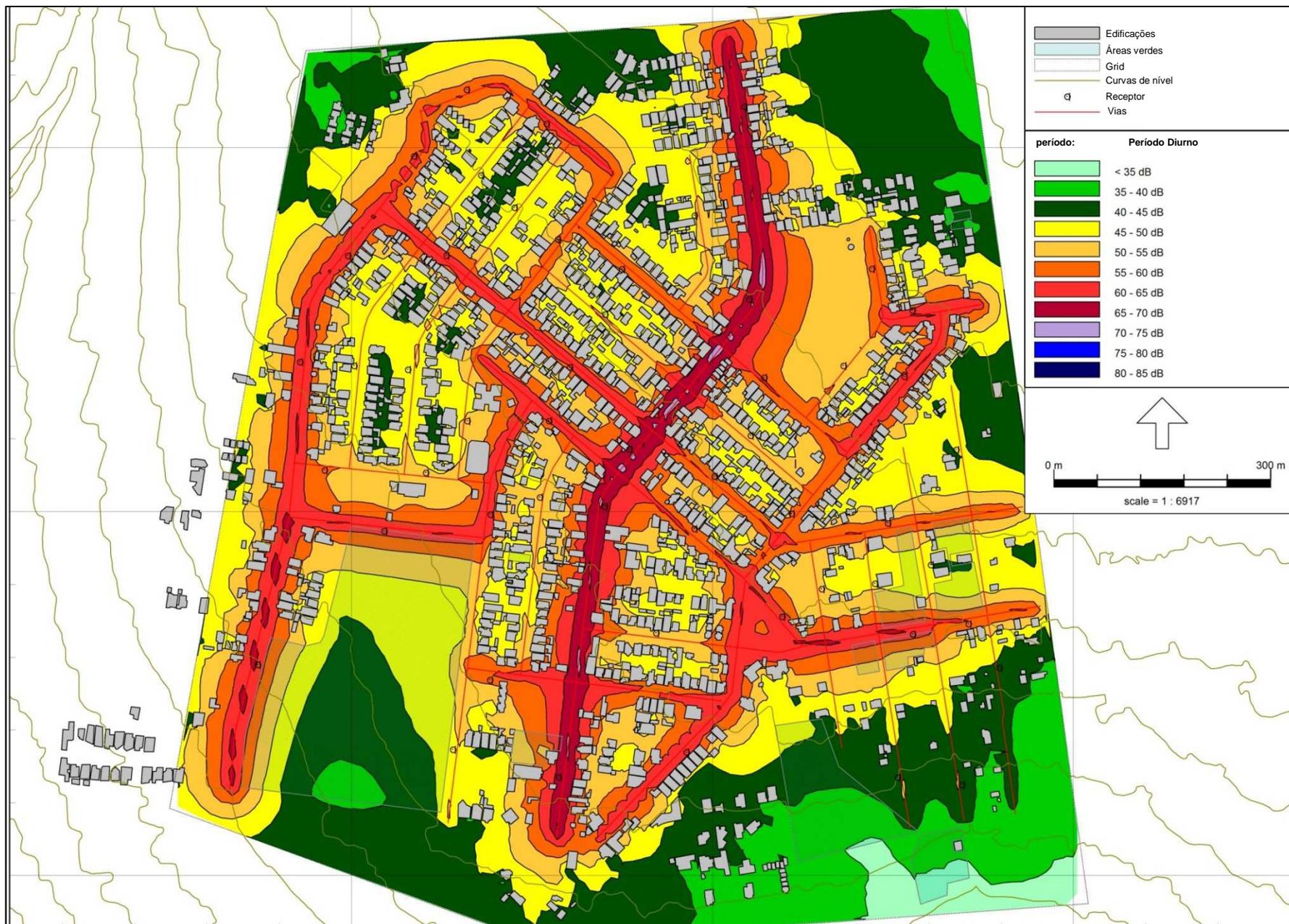


Figura 36. Mapa de ruído do novo cenário – Região do Carandá.

Comparando as Figuras 34, 35 e 36 (novo cenário – vias com pavimento de baixa emissão sonora) com as Figuras 23, 25 e 27 (situação atual das três regiões), verifica-se claramente a diminuição dos níveis sonoros nos mapas sonoros do novo cenário, sendo que, em grande parte das regiões, as faixas de emissão sonora nas fachadas das edificações à margem das vias diminuíram em uma escala de 5 dB(A).

Embora a mudança do pavimento das três regiões seja uma boa ação a ser realizada para a diminuição do ruído, muitas áreas ainda encontram-se com os níveis acima do permitido, fazendo-se necessária a implantação de mais medidas mitigadoras do ruído (sugeridas anteriormente), conjuntamente à do cenário explanado, para vir a ampliar a efetiva diminuição do ruído.

## CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES

O presente estudo buscou avaliar a poluição sonora decorrente do tráfego de veículos em três regiões distintas da cidade de Campo Grande/MS, por meio de medições objetivas do ruído e do mapeamento sonoro.

As medições sonoras nas regiões do Centro (comercial) e do Jardim dos Estados (mista – comercial e residencial) revelaram que todos os pontos de medição possuíam níveis sonoros acima dos permitidos pela legislação municipal (Lei Complementar 08 (1996) e dos indicados pela NBR 10151 (2000). Já a região do Carandá (residencial) possuía cerca de 40% e 8% do total de pontos com níveis abaixo do estabelecido pela Lei Complementar 08 (1996) e dos recomendados pela NBR 10151, respectivamente.

Os modelos gerados pelo *software* foram validados pelas medições sonoras, com diferenças entre os pontos medidos e simulados, aceitáveis, demonstrando que o tempo de medição dos níveis sonoros e a contagem de veículos de 10 minutos são suficientes para a avaliação da poluição sonora nas regiões estudadas.

O mapeamento sonoro se mostrou uma grande ferramenta para a avaliação sonora da situação atual das três regiões estudadas. Verificou-se que a utilização dos dois tipos de mapeamento, um apresentando a situação geral, onde são explanadas todas as faixas de níveis de ruído da região estudada, e o outro ilustrando as áreas que se encontram abaixo ou acima dos limites estabelecidos, tornou-se grande aliada na identificação das vias e áreas poluídas acusticamente e na verificação de em quanto são ultrapassados os níveis máximos permitidos para cada região. Assim, os mapas sonoros demonstraram que a região do Centro e do Jardim dos Estados possuem amplas áreas com grande poluição sonora, e a região do Carandá já apresenta áreas menos poluídas. Considerando as imissões sonoras nas fachadas das edificações, na região do Centro o limite é ultrapassado em uma

faixa de 0-20 dB(A), no Jardim dos Estados ocorre na faixa de 0-15 dB(A), na maior parte da região, chegando a 20 dB(A) em algumas áreas. Na região do Carandá, o limite é ultrapassado na faixa de 0-10 dB(A).

Nota-se ainda, pelos mapas sonoros, que grande parte das edificações que se encontram próximas às vias da região do Centro recebem em suas fachadas ruídos acima de 65 dB(A) e, em alguns casos, superiores a 70 dB(A) e 75 dB(A) (principalmente as Avenidas Afonso Pena e Mato Grosso, Ruas Rui Barbosa, Treze de Maio, Catorze de Julho, Maracajú e Antônio Maria Coelho). De modo análogo, grande parte das edificações que se encontram próximas às vias da região do Jardim dos Estados recebem em suas fachadas níveis superiores a 65 dB(A) e 70 dB(A) (principalmente as Avenidas Afonso Pena e Mato Grosso, Ruas Bahia e Antônio Maria Coelho). Em relação à região do Carandá, esta possui, de maneira geral, níveis menos expressivos, mas também verifica-se, na fachada de algumas edificações próximas à margem das vias, imissões sonoras superiores a 65 dB(A), principalmente na Rua Vitorio Zeola. Assim, a exposição aos citados níveis sonoros contribui para a ocorrência de *stress*, incômodo e, em algumas situações, diversas patologias físicas atreladas ao ruído.

Foram sugeridas diversas medidas mitigadoras de ruído, no intuito de se informar ao poder público os caminhos a serem seguidos para a redução do impacto ambiental causado pelos altos níveis sonoros. Além disso, foi simulado um novo cenário utilizando o *software* Predictor 7810 versão 8.11, para as três regiões estudadas, considerando um pavimento com baixa emissão sonora. Por meio dos novos mapas, observou-se que apenas utilizando tal medida já é possível diminuir os níveis sonoros, sendo que em grande parte das regiões as faixas de imissão sonora nas fachadas das edificações à margem das vias diminuíram em uma escala de 5 dB(A). Entretanto, diversas áreas ainda encontravam-se com os níveis acima do permitido, fazendo-se necessária a implantação de outras medidas paralelas à do cenário explanado para vir a ampliar a efetiva diminuição do ruído.

Além disso, faz-se necessária uma reformulação do zoneamento urbano da cidade quanto ao uso do solo, com a implementação de zonas de atividades mistas (comercial e residencial), com limites próprios (mudança na Lei Complementar 08 (1996), e extinção dos limites de 65 dB(A) para os corredores de uso múltiplo que

atrassem zonas comerciais ou residenciais, devendo os limites destes se adequar a cada zona.

Por fim, conclui-se que o presente estudo contribuiu amplamente para a avaliação da poluição sonora da cidade de Campo Grande, tendo em vista que as três regiões estudadas compreendem as principais características para as zonas existentes no município, podendo, dessa forma, em trabalhos futuros, a avaliação abranger todo o município.

## CAPÍTULO 7 – REFERÊNCIAS

ARANA, M.; GARCIA, A. **A Social survey on the Effects of Environmental Noise on the Residents of Pamplona, Spain.** Applied Acoustics, vol. 53, n. 4, p. 245-253, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151. NBR 10.152:** Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

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

BABISCH W.; ISING H.; GALLACHER J.E.J. **Health status as a potential effect modifier of the relation between noise annoyance and incidence of ischaemic heart disease.** Occupational and Environmental Medicine, v. 60, p.739-745, 2003.

BABISCH, W. **Noise and Health.** Environmental Health Perspectives, v. 113, n. 1, p.14-15, 2005.

BABISCH, W.; NEUHAUSER H.; THAMM M.; SEIWERT M. **Blood pressure of 8 – 14 year old children in relation to traffic noise at home – Results of the German Environmental Survey for Children (GerES IV).** Science of the Total Environment v. 407, p. 5839-5843, 2009.

BELOJEVIC G.; JAKOVLJEVIC, B. **Subjective reactions to traffic noise with regard to some personality traits.** Environment International, v. 23, n. 2, p. 221-226, 1997.

BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D. **Community Noise**. Center for Sensory Research, Stockholm, Sweden, 1995.

BIES, D.A.; HANSEN, C.H. **Engineering Noise Control: Theory and Practice**. 4 ed. New York: Spon Press – Taylor & Francis Group, 747 p., 2009.

BISTAFA, S.R. **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído**. 1 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 368 p., 2008.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2003. 386 p.

BRILHANTE, O.M.; CALDAS, L.Q. **Gestão e avaliação de risco em saúde ambiental** – Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 155p., 1999.

BRÜEL & KJÆR. **Environmental noise**. Denmark: Brüel & Kjør Sound & Vibration Measurement A/S, 65p., 2000.

BUNN, F. **Impacto Ambiental Sonoro no Trecho Sul da Linha Verde na cidade de Curitiba**. Monografia, Curso de Engenharia Ambiental – UFPR, 2010.

BUNN, F.; FIEDLER, P.E.K.; ZANNIN, P.H.T. **Avaliação da Poluição Sonora Ambiental – Normas e Leis usadas no Brasil**. Acústica e Vibrações, n. 41, p. 47-54, Dezembro de 2009.

CALIXTO, A. **O Ruído gerado pelo Tráfego de Veículos em “Rodovias-Grandes Avenidas”, situadas dentro do perímetro urbano de Curitiba, analisados sobre parâmetros acústicos objetivos e seu impacto ambiental**. 125 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002.

CALIXTO, A.; CRISTIANE, P.; ZANNIN, P.H.T. **Evaluation of transportation noise in urbanized areas – A case study**. ARCHIVES OF ACOUSTICS, v. 33, n. 2 p. 185-199, 2008.

CARVALHO, A.P.O.; ROCHA, C. **Manual Técnico para Elaboração de Planos Municipais de Redução de Ruído**. Agência Portuguesa do Ambiente, Abril de 2008.

CHO, D.S.; KIM, J.H.; MANVELL, D. **Noise mapping using measured noise and GPS data**. Applied Acoustics, v. 68, p.1054-1061, 2007.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução n. 1, de 11 de fevereiro de 1993**. Dispõe sobre os limites máximos de ruídos, com o veículo em aceleração e na condição parado, para veículos automotores nacionais e importados, excetuando-se motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores e bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados. Brasília, 1993.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução n. 1, de 8 de março de 1990**. Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política. Brasília, 1990.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução n. 2, de 11 de fevereiro de 1993**. Dispõe sobre os limites máximos de ruídos, com o veículo em aceleração e na condição parado, para motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores e bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados, nacionais e importados. Brasília, 1993.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução n. 2, de 8 de março de 1990**. Dispõe sobre o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora – <<SILÊNCIO>>. Brasília, 1990.

COPENHAGEN. **Copenhagen – The City of Cyclists**. Disponível em: <<http://www.kk.dk/sitecore/content/Subsites/CityOfCopenhagen/SubsiteFrontpage/LivingInCopenhagen/CityAndTraffic/CityOfCyclists.aspx>>. Acesso em 08/10/2012.

COSTA, S. B.; LOURENÇO, R.W. **Geoprocessing applied to the assessment of environmental noise: a case study in the city of Sorocaba, São Paulo, Brazil**. Environment Monitoring Assessment, v. 172, p.329–337, 2011.

CROCKER, M. J. **HANDBOOK OF NOISE AND VIBRATION CONTROL**. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 1569 p., 2007.

DENATRAN – DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Frota de veículos**. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em 02/07/2012.

Directive 2002/49/EC of the European parliament and of the council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. Official Journal of the European Communities. n. L 189, p. 12-25, 2002.

DOYGUN, H.; GURUN, D. K. **Analysing and mapping spatial and temporal dynamics of urban traffic noise pollution: a case study in Kahranmanmars, Turkey**. Environmental Monitoring and Assessment, n. 142, p. 65-72, 2008.

ENGEL, M.S. **Caracterização da Poluição Sonora, através de medições e mapeamento sonoros e entrevistas de percepção sonora na Linha Verde em Curitiba – Paraná**. 195 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN) – **Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure**. Version 2, 13 p. 1–129, 13 January 2006.

GERGES, S. N. Y. **Ruído: Fundamentos e Controle**. 2 ed. Florianópolis: NR Editora, 676p., 2000.

GOLEBIEWSKI, R.; MAKAREWICK, R.; NOWAK, M.; PREIS, A. **Traffic Noise Reduction due the porous Road Surface**. Applied Acoustics, Poland, v. 64, p. 481-494, 2003.

GUEDES, I.C.M.; BERTOLI, S.R; ZANNIN, P.H.T. **Influence of urban shapes on environmental noise: A case study in Aracaju – Brazil**. Science of the Total Environment, v. 412-413, p. 66-76, 2011.

HANSEN, C.H. **Noise control: from concept to application**. New York, USA: Taylor & Francis, 2005.

HARRIS, C.M. **Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control**. 3 ed. New York: McGraw-Hill, 1646 p., 1998.

HASSALL, J. R.; ZAVERI, K. **Acoustic Noise Measurement**. 4 ed. Dinamarca: Brüel & Kjaer Magazine, 280 p., 1979.

Institut Bruxellois pour la Gestion de L'Environnement. **Vadmecum du Bruit Routier Urbain**. La relation bruit-santé. v.1, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> . Acesso em: 02/07/2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION STANDARTIZATION – ISO. **ISO 9613-2: Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: General method of calculation**. Geneva, 1996.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **ISO 1996/2: Acoustics – Description and measurements of environmental noise – Part 2: Acquisition of data pertinent to land use, 1996/2.** Suíça, 1987.

KANG, J. **Urban sound environment.** New York, USA: Taylor & Francis, 2007.

KING, E.A.; RICE, H.J. **The development of a practical framework for strategic noise mapping.** Applied Acoustics, v. 70, p.1116–1127, 2009.

LARSEN, L.E.; BENDTSEN, H. **Noise reduction with porous asphalt - costs and perceived effect.** Lyngby, Dinamarca: Danish Transport Research Institute, 2001.

LEE S.; CHANG S.I; PARK, Y. **Utilizing noise mapping for environmental impact assessment in a downtown redevelopment area of Seoul, Korea.** Applied Acoustics, v. 69, p. 704-714, 2008.

Licitra, G.; Memoli, G. **Limits and advantages of good practice guide to noise mapping.** Forum Acusticum – Paris; 2008 [on CD].

MAIA, M.A.L. **Contribuição ao Mapeamento do Ruído Urbano na cidade de Porto Alegre – RS.** 126p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2003.

MASCHKE, C. **Preventive medical limits for chronics traffic noise exposure.** Acustica, n. 85, p. 444-448, 1999.

NAGEM, M.P. **Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia.** 119 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

PAZ, E.C. **Estudo de um modelo de avaliação e predição acústica para o ruído de tráfego**. 458 p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil), Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

PAZ, E.C., ZANNIN P. H. T. **Urban daytime traffic noise prediction models**. *Environmental Monitoring Assessment*, v. 163, p.515– 529, 2010.

PAZ, E.C.; FERREIRA, A. M. C.; ZANNIN, P.H.T. **Estudo comparativo da percepção do ruído urbano**. *Rev. Saúde Pública*, v. 39, n. 3, p.467 – 472, 2005.

PINTO, F.A.C.; MARDONES, M.D.M. **Noise mapping of densely populated neighborhoods – example of Copacabana Rio de Janeiro – Brazil**. *Environment Monitoring Assessment*, n. 155, p. 309-318, 2009.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE. **Lei Complementar Nº 8 de 28 de março de 1996**. Altera dispositivos da Lei Nº 2.909/92, de 28 de julho de 1992 – Código de Polícia Administrativa do Município de Campo Grande-MS, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/257148/lei-complementar-8-96-campo-grande-0>>. Acesso em 02/07/2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE. **Lei. Nº 2.909 de 28 de julho de 1992**. Institui o Código de Polícia Administrativa do Município de Campo Grande-MS, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/257148/lei-complementar-8-96-campo-grande-0>>. Acesso em 02/07/2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE. PLANURB – Instituto Municipal de Planejamento Urbano. Disponível em: <<http://www.capital.ms.gov.br/planurb/downloads?pg=3>>. Acesso em: 18 de setembro de 2012(a).

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE. PLANURB – Instituto Municipal de Planejamento Urbano. Disponível em: <<http://www.capital.ms.gov.br/planurb>>. Acesso em: 02 de julho de 2012(b).

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE. PLANURB – Instituto Municipal de Planejamento Urbano. Disponível em: <<http://www.capital.ms.gov.br/planurb>>. Acesso em: 4 agosto 2011(c).

ROMEU, J.; GENESCÀ, M.; PÀMIES, T.; JIMÉNEZ, S. **Street categorization for the estimation of day levels using short-term measurements**. Applied Acoustics, v. 72, n.8, p. 569-577, 2011.

SANTOS, A.R. **Poluição sonora no perímetro urbano da cidade de Campo Grande, MS**. 29p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional), Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal. Campo Grande, MS, 2006.

SANTOS, L.C.; VALADO, F. **The municipal noise map as planning tool**. Acústica, Guimarães, Portugal, Paper, ID:162, 2004.

SOUZA *et al.* **Bê-a-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a arquitetura**. 1 ed. – Bauru, SP, 2003.

STANSFELD, S.A.; MATHESON, M.P. **Noise pollution: non-auditory effects on health**. British Medical Bulletin, n.68, p. 243-257, 2003.

TRIVELLATO, F.A. **Os impactos do transporte coletivo rodoviário na cidade de Campo Grande (MS): estudo de caso na Rua Rui Barbosa**. Dissertação (Mestrado) Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal. Campo Grande, MS, 2002.

TSAI, K.T.; LIN, M.D.; CHEN, Y.H. **Noise mapping in urban environments: A Taiwan study.** Applied Acoustics, v. 70, p. 964-972, 2009.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION – REGIONAL OFFICE FOR EUROPE. **Noise and Health.** 2000.

ZANNIN, P.H.T.; CALIXTO, A.; DINIZ, F.B.; FERREIRA, J.A.; SCHULI, R.B. **Incômodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba, PR.** Rev. Saúde Pública, v. 36, n.2, p. 521-524, 2002 (a).

ZANNIN, P.H.T. **Apostila de Acústica Ambiental.** Curitiba: Laboratório de Acústica Ambiental, Industrial e Conforto Acústico, 32p., 2002 (b).

ZANNIN, P.H.T.; DINIZ, F., BARBOSA, W. **Environmental noise pollution in the city of Curitiba – Brazil.** Applied Acoustics, v. 63, n. 4, p. 351-358, 2002 (c).

ZANNIN, P.H.T.; SANT'ANA, D.Q. **Noise mapping at different stages of a freeway redevelopment project – A case study in Brazil.** Applied Acoustics, n.72, p. 479-486, 2011.