



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG
CENTRO DE TECNOLOGIAS E RECURSOS NATURAIS – CTRN
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL - UAEC

PATRICIA OLIVEIRA DE LIMA

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO NO INTERIOR DOS ÔNIBUS URBANOS DA
CIDADE DE CAMPINA GRANDE/PB.**

Campina Grande – PB

2018

PATRICIA OLIVEIRA DE LIMA

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO NO INTERIOR DOS ÔNIBUS URBANOS DA
CIDADE DE CAMPINA GRANDE/PB.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Campina Grande –
UFCG, para encerramento do componente
curricular e conclusão da graduação em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Walter Santa Cruz.

Campina Grande - PB

2018

PATRICIA OLIVEIRA DE LIMA

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO NO INTERIOR DOS ÔNIBUS URBANOS DA
CIDADE DE CAMPINA GRANDE/PB.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Campina Grande –
UFCG, para encerramento do componente
curricular e conclusão da graduação em
Engenharia Civil.

Aprovada em: ____ de _____ de ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Walter Santa Cruz – UAEC/UFCG
Universidade Federal de Campina Grande
(Orientador)

Profa. Dra. Izabelle Marie Trindade Bezerra – UAEC/UFCG
(Examinador Interno)

Prof. Dr. Moacir Guilhermino da Silva – CT/UFRN
(Examinador Externo)

Dedico esta Monografia aos meus pais Pedro de Lima e Lúcia Silva que sempre me incentivaram e me deram muito apoio, me ajudaram incondicionalmente, que fizeram do meu sonho seu sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me permitido chegar até aqui. Aos meus familiares que de alguma forma torceram pela minha conquista e também me incentivaram, minha madrinha Neide, tio Alexandre, tia Suzy, meus primos Maria Vitória e Alexandre Júnior que estavam sempre me esperando com todo carinho nas minhas raras idas em casa.

Agradeço aos meus amigos que estiveram comigo durante esta jornada e participaram de momentos de dúvida, tristeza, estresse, mas também de momentos de descontração e alegria, em especial minhas amigas Yana Moreira e Rayssa Marinho, por estarem sempre comigo principalmente nesta reta final.

Aos professores por terem contribuído de alguma forma para o meu aprendizado e por se empenharem em fazer o melhor possível para ajudar no meu desenvolvimento acadêmico e profissional, em especial ao Professor Walter Santa Cruz por todo o conhecimento compartilhado, por todas as oportunidades que a mim foram dadas, por todo o incentivo ao longo do curso.

À todos os funcionários da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil, principalmente a Armando Ribeiro por estar disponível para ajudar aos alunos sempre que necessário.

Agradeço à UFCG por ter me dado a oportunidade e ferramentas para que eu pudesse alcançar meu objetivo que foi o de me tornar Bacharela em Engenharia Civil.

À todos que acreditaram em mim, muito obrigada!

RESUMO

Atualmente, um dos principais temas discutidos em todo o mundo é a qualidade de vida em suas diferentes esferas. Para que haja qualidade de vida é necessário que se tenha um conjunto de condições que contribuam para o bem estar físico e psicológico de cada indivíduo na sociedade. O rápido aumento do número de veículos motorizados tem causado um sensível acréscimo no número de reclamações da população em relação ao ruído gerado nas cidades, tanto no Brasil quanto no resto do mundo. Estudos realizados em várias cidades têm revelado que o ruído de tráfego é o maior contribuinte para os níveis sonoros medidos e a maior causa de incômodo em áreas urbanas. Dentro desse contexto, este trabalho buscou realizar um estudo de caso na cidade de Campina Grande, Paraíba, para mensurar o nível de ruído no interior dos ônibus urbanos. O estudo foi realizado por meio de uma coleta de dados utilizando um decibelímetro para mensurar o nível de pressão sonora no interior dos ônibus urbanos. Em seguida, foi feita a análise dos dados coletados objetivando comparar com os níveis permitidos ou recomendados por norma. Foram feitas análise dos dados levando em conta aspectos como: nível de ruído para veículo em movimento, veículo parado, desempenho acústico dos veículo em pavimentos com diferentes tipos de revestimento, veículos em horários e pico e horário fora de pico. Os resultados foram satisfatórios, visto que os valores médios obtidos estavam abaixo dos limites estabelecidos por norma.

Palavras Chave: Nível de ruído, Nível de pressão sonora, Transporte coletivo.

ABSTRACT

Currently, one of the main themes discussed worldwide is the quality of life in its different spheres. For there to be quality of life it is necessary to have a set of conditions that contribute to the physical and psychological well-being of each individual in society. The rapid increase in the number of motor vehicles has caused a significant increase in the number of complaints from the population regarding noise generated in cities, both in Brazil and in the rest of the world. Studies conducted in several cities have revealed that traffic noise is the largest contributor to measured sound levels and the biggest cause of nuisance in urban areas. In this context, this work aimed to carry out a case study in the city of Campina Grande, Paraíba, to measure the noise level inside urban buses. The study was carried out through an objective evaluation of the sound pressure level inside urban buses. Then, the collected data were analyzed to compare with the levels allowed or recommended by standard. The data were analyzed taking into account aspects such as: noise level for vehicle in motion, vehicle stopped, acoustic performance of vehicles on pavements with different types of coating, vehicles at times and peak and time out of peak. The results were satisfactory, since the average values obtained were below the limits established by norm.

Keywords: Noise level, Sound pressure level, Collective transport.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curvas de Ponderação.....	3
Figura 2. Curvas de Avaliação de Ruído (NC)	6
Figura 3. Mapa da Localização da Cidade de Campina Grande	17
Figura 4. Mapa dos Bairros de Campina Grande	18
Figura 5. Termo-Hidro-Decibelímetro-Luxímetro THDL-400	22
Figura 6. Modelo de Ônibus Convencional Utilizado em Campina Grande	22
Figura 7. Posição do Pesquisador Durante a Coleta de Dados	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores de dB(A) e NC	5
Tabela 2. Níveis de Pressão Sonora Correspondentes às Curvas NC	6
Tabela 3. Nível de Critério de Avaliação NCA para Ambientes Externos	8
Tabela 4. Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente	9
Tabela 5. Limites Máximos de Emissão de Ruído para Veículos Automotores	15
Tabela 6. Linhas, Áreas de Atuação e Respectivas Empresas Responsáveis	19
Tabela 7. Cores e Números das Linhas de Ônibus Urbano	20
Tabela 8. Resumo dos Dados Coletados	24

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Relação entre Nível de Ruído e Idade do Veículo para Este em Movimento	27
Gráfico 2. Relação entre Nível de Ruído e Idade do Veículo para Este Parado	28
Gráfico 3. Comparação entre Níveis Médios de Ruído para o Ônibus em Movimento em Horário de Pico e Horário Fora de Pico	29
Gráfico 4. Comparação entre Níveis Médios de Ruído para o Ônibus Parado em Horário de Pico e Horário Fora de Pico	30
Gráfico 5. Comparação entre Nível de Ruído para o Veículo em Movimento em Pavimento Asfáltico e em Pavimento de Paralelepípedo	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Modelo de Tabela Utilizada Durante as Medições de Níveis de Ruído 23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

dB – Decibel

dB(A) – Decibel na escala de ponderação “A”

Hz – Hertz

kHz - KiloHertz

NBR – Norma Brasileira

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NC – Curva de Avaliação de Ruído

NCA – Nível de Critério de Avaliação

NR – Norma Regulamentadora

OMS – Organização Mundial de Saúde

PAIR – Perda Auditiva Induzida por Ruído

LAeq – Nível de pressão sonora equivalente

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE GRÁFICOS.....	ix
LISTA DE QUADROS	x
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	1
2.1 Objetivo Geral.....	1
2.2 Objetivos Específicos	2
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	2
3.1 O ruído	2
3.2 Normas Brasileiras.....	4
3.2.1 NBR 10.152/87 – Níveis de Ruído para Conforto Acústico	4
3.2.2 NBR 10.151/00 – Acústica – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento	7
3.2.3 NR – 15 – Atividades e Operações Insalubres	8
3.2.4 NR – 17 – Ergonomia.....	10
3.2.5 NBR 9079/85	11
3.3 Impactos do Ruído na Saúde Humana Segundo a OMS	11
3.4 Influência do Tipo de Revestimento do Pavimento na Geração de Ruído	13
3.4.1 NBR 9714/99.....	13
3.4.2 NBR 8433/95.....	14
3.4.3 Resolução CONAMA 272/02.....	15
3.4.4 NBR 6067/07	16
4 METODOLOGIA.....	16
4.1 Caracterização da Área de Estudo	16
4.2 Seleção da amostra.....	20
4.3 Equipamento Utilizado	21
4.4 Metodologia Empregada.....	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
6 CONCLUSÕES	31
7 REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos principais temas discutidos em todo o mundo é a qualidade de vida em suas diferentes esferas. Para que haja qualidade de vida é necessário que se tenha um conjunto de condições que contribuam para o bem estar físico e psicológico de cada indivíduo na sociedade. Cada vez mais tem se atentado para o aspecto do chamado conforto acústico, um limite do nível de ruído acima do qual pode haver desconforto ou até danos permanentes aos ouvidos.

O rápido aumento do número de veículos motorizados tem causado um sensível acréscimo no número de reclamações da população em relação ao ruído gerado nas cidades, tanto no Brasil como no resto do mundo. Estudos realizados em várias cidades têm revelado que o ruído de tráfego é o maior contribuinte para os níveis sonoros medidos e a maior causa de incômodo em áreas urbanas (FIDEL, 1978; GRIFFITHS AND LANGDON, 1986; MASCHKE, 1999; ZANNIN et .al., 2001; ZANNIN et al., 2002; ZANNIN & DINIZ, 2002; ZANNIN et al., 2003; GERGES, 2004), citado por Lacerda et al. (2005, p. 2).

Lacerda et al. (2005, p. 11) concluiu que a poluição sonora ambiental influencia a qualidade de vida de uma população urbana, gerando reações psicossociais como irritabilidade e insônia. Estas reações podem estar na base de doenças graves como disfunções cardiovasculares (BABISCH, 1998), podendo interferir na saúde e no bem estar de indivíduos em particular ou de uma população urbana como um todo, gerando um problema de saúde pública, segundo a World Health Organization (2000).

Dentro desse contexto, este trabalho busca realizar um estudo de caso na cidade de Campina Grande, Paraíba, para mensurar a satisfação dos usuários de ônibus urbanos quanto ao conforto acústico no interior desses veículos e, identificar as possíveis consequências decorrentes dos níveis de pressão sonora a que estão submetidos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar os níveis de ruído no interior dos ônibus urbanos da cidade de Campina Grande, utilizando os parâmetros estabelecidos pelas Normas Regulamentadoras.

2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar os riscos associados à saúde devido a exposição aos ruídos no interior dos ônibus urbanos;
- Verificar se há diferença significativa no nível de ruído emitido em veículos parado e em movimento;
- Relacionar os níveis de ruído medidos com os tipos de pavimentos por onde os veículos trafegam.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 O ruído

Som é qualquer vibração que ocorre em um meio, em que possa se propagar, a exemplo da água e do ar, chamado de meio elástico, e que pode ser percebido pelo ouvido humano (SANTOS & SANTOS, 2000). É chamado de ruído aquele som que causa incômodo, sons desagradáveis como os provenientes do maquinário de indústria, do tráfego, dos aeroportos, etc., e dependendo da frequência, nem sempre pode ser perceptível aos ouvidos humanos.

O ruído possui duas características principais: a intensidade e a frequência. A intensidade se constitui da quantidade de energia que é transmitida por uma onda sonora emitida por um veículo, um grito de uma pessoa ou uma máquina, e quanto maior o seu valor, medido em decibéis (dB), mais nociva será à saúde. A frequência, por sua vez, é medida em Hertz (Hz) e indica a quantidade de vibrações sonora produzida em 1 (um) segundo.

Dependendo do nível do ruído e do tempo de exposição, o ruído pode causar danos irreversíveis à saúde auditiva e até mesmo ao organismo como um todo. Os ruídos são classificados em cinco tipos: contínuo, intermitente, de impacto ou impulsivo, tonal e de baixas frequências.

“Ruído Contínuo – Ruído com um nível que varia continuamente e numa extensão apreciável durante o período de observação. É produzido por máquinas que funcionam sem qualquer tipo de interrupção (ex: martelo pneumático).

Ruído Intermitente – Ruído cujo nível varia continuamente de um valor apreciável (superior a ± 3 dB) durante o período de observação. O nível de som aumenta e diminui rapidamente, como em máquinas que operam em ciclos ou quando passa um veículo (ex: avião).

Ruído de Impacto ou Impulsivo – Ruído que consiste em um ou mais impulsos violentos de energia com uma duração \leq a 1 segundos e separados por mais de 0,2 segundos. É breve e abrupto, podendo provocar grandes danos e ser bastante incomodativo (ex: explosões ou ruído de martelar).

Ruído Tonal - Ruído cujo nível de uma das bandas, no espectro de 1/3 de oitava, excede em 5dB ou mais o nível das bandas adjacentes.

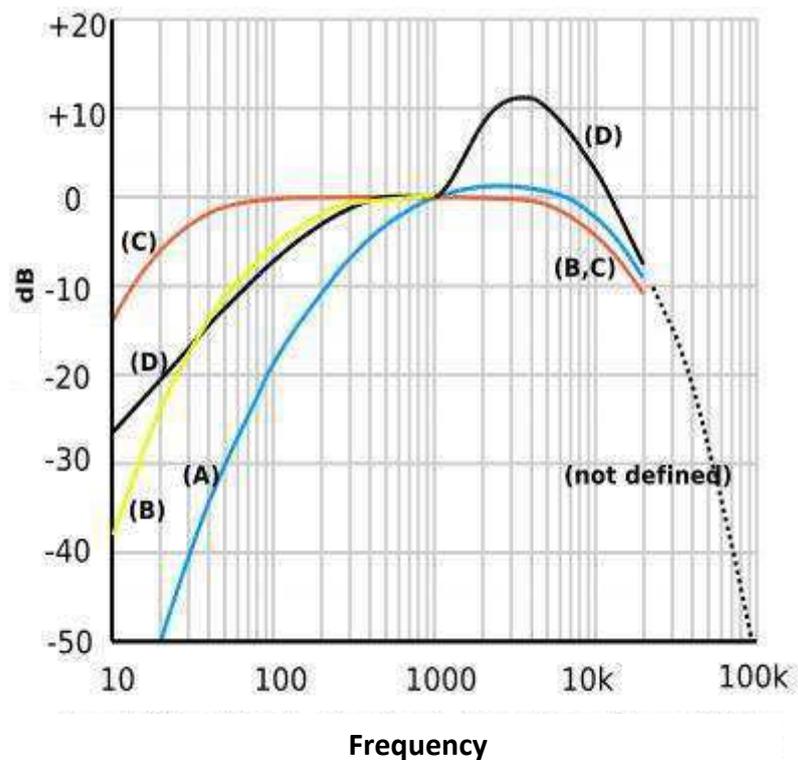
Ruído de Baixas Frequências - Ruído de baixa frequência (audível) entre 20 Hz e 500 Hz e o inaudível (infrassons), que ocorre entre os 0 Hz e 20 Hz.”

(SIMÕES, 2014, p.5)

Curvas de Ponderação

O ouvido humano não tem capacidade de ouvir todos os níveis de ruído, por isso foram criadas as chamadas Curvas de Ponderação que são designadas pelas letras A, B, C e D. (Figura 1)

Figura 1. Curvas de Ponderação.



Fonte: www.wikipedia.com

A curva mais utilizada é a curva A, medida em decibéis A (dB(A)), por ser a que mais se assemelha à percepção do ouvido humano. A escala B não é mais usada, e quase não se faz referência a ela. A escala C possui pequenas atenuações para baixas e altas frequências, é praticamente linear e a escala D é usada para fazer medições na aeronáutica. (SIMÕES, 2014)

Essas curvas foram propostas com o objetivo de fazer com que os medidores sonoros fossem corrigidos, se assemelhando ao máximo com a percepção de audição humana.

3.2 Normas Brasileiras

As normas brasileiras que fazem referência ao ruído ou nível de pressão sonora que devem ser respeitadas são a NBR 10.152 – Níveis de Ruído para Conforto Acústico, de dezembro de 1987 e a NBR 10.151 – Acústica – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento, de junho do ano 2000, ambas elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), órgão responsável por normalizar técnicas de estudo e/ou produção de temas que venham a surgir e que sejam de interesse da sociedade.

3.2.1 NBR 10.152/87 – Níveis de Ruído para Conforto Acústico

O objetivo desta Norma é fixar os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos. De acordo com ela, o nível de pressão sonora (NPS), representado na Equação (1) pela variável L_P , é dado por:

$$L_P = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

L_P = nível de pressão sonora, em decibéis (dB)

P = valor eficaz da pressão, em Pascal (Pa)

P_0 = pressão sonora de referência (20 μ Pa)

O nível de pressão sonora ponderado é dado por:

$$L_{P_A} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_A}{P_0} \right)^2 \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

L_{P_A} = nível de pressão sonora ponderado, em decibéis A (dB(A))

P_A = pressão sonora ponderada A, em Pascal (Pa)

P_0 = como descrito anteriormente

Um dos métodos de avaliação de ruído num ambiente, apresentado pela NBR 10.152/87, é o da Curva de Avaliação de Ruído (Noise Criterion - NC). Através deste método um espectro sonoro obtido em campo, por exemplo, pode ser comparado aos valores estabelecidos na NC, permitindo uma identificação das bandas de frequência mais significativas e que necessitam de correção. Os valores de dB(A) e NC estão dispostos na Tabela 1.

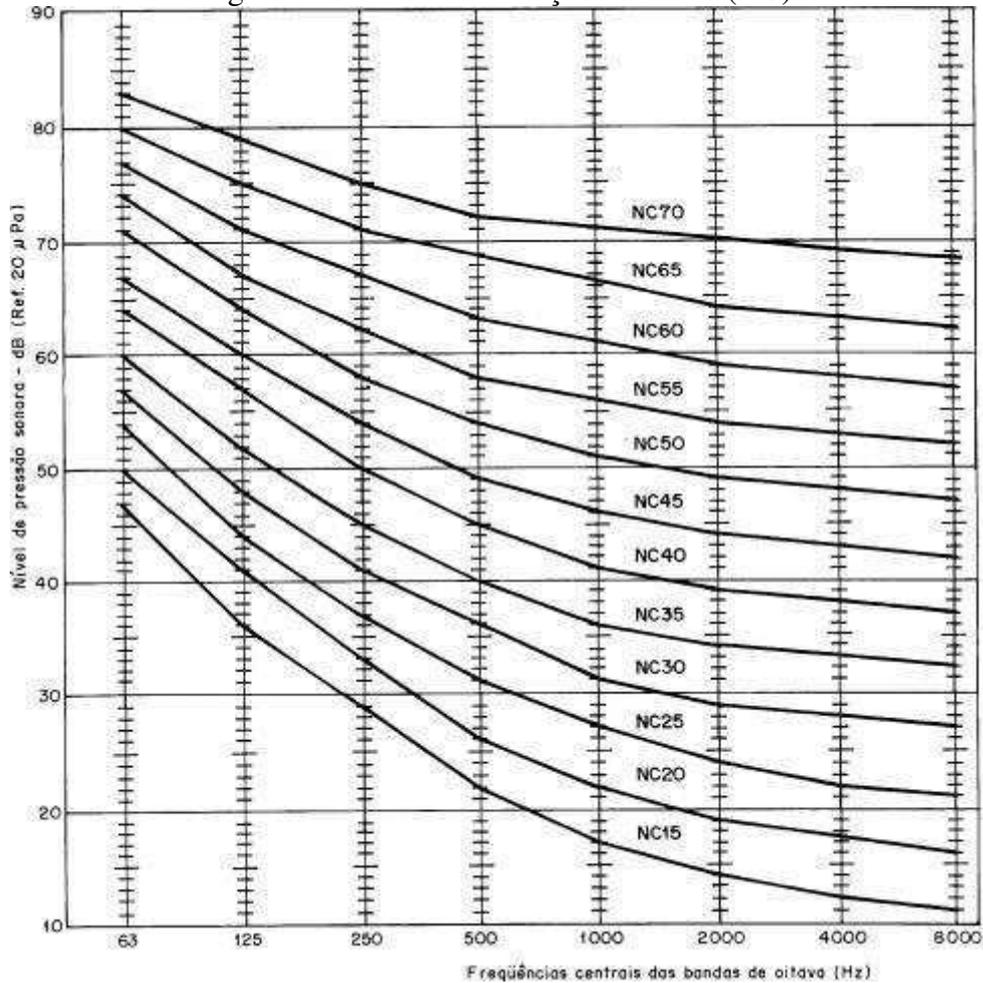
Tabela 1. Valores de dB(A) e NC.

Locais	dB(A)	NC
Hospitais		
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros cirúrgicos	35 – 45	30 – 40
Laboratórios, Áreas para uso do público	40 – 50	35 – 45
Serviços	45 – 55	40 – 50
Escolas		
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35 – 45	30 – 40
Salas de aula, Laboratórios	40 – 50	35 – 45
Circulação	45 – 55	40 – 50
Hotéis		
Apartamentos	35 – 45	30 – 40
Restaurantes, Salas de estar	40 – 50	35 – 45
Portaria, Recepção, Circulação	45 – 55	40 – 50
Residências		
Dormitórios	35 – 45	30 – 40
Salas de estar	40 – 50	35 – 45
Auditórios		
Salas de concertos, Teatros	30 – 40	25 – 30
Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo	35 – 45	30 – 35
Restaurantes		
	40 – 50	35 – 45
Escritórios		
Salas de reunião	30 – 40	25 – 35
Salas de gerência, Salas de projeto e de administração	35 – 45	30 – 40
Salas de computadores	45 – 65	40 – 60
Salas de mecanografia	50 – 60	45 – 55
Igrejas e Templos (Cultos meditativos)		
	40 – 50	35 – 45
Locais para esporte		
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45 – 60	40 – 55

Fonte: Adaptada da NBR 10.152/87

A análise de frequências feita através de NC (Figura 2) é importante para a avaliação e adoção de medidas de correção ou redução do nível sonoro.

Figura 2. Curvas de Avaliação de Ruído (NC).



Fonte: NBR 10.152/87

Os níveis de pressão sonora correspondentes às curvas de avaliação (NC) estão dispostos na Tabela 2. É importante dizer que na utilização das curvas NC, admite-se uma tolerância de ± 1 dB, com relação aos valores.

Tabela 2. Níveis de Pressão Sonora Correspondentes às Curvas NC.

Curva	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
15	47	36	29	22	17	14	12	11
20	50	41	33	26	22	19	17	16
25	54	44	37	31	27	24	22	21
30	57	48	41	36	31	29	28	27

(continua)

Tabela 2. Níveis de Pressão Sonora Correspondentes às Curvas NC.

								(conclusão)
35	60	52	45	40	36	34	33	32
40	64	57	50	45	41	39	38	37
45	67	60	54	49	46	44	43	42
50	71	64	58	54	51	49	48	47
55	74	67	62	58	56	54	53	52
60	77	71	67	63	61	59	58	57
65	80	75	71	68	66	64	63	62
70	83	79	75	72	71	70	69	68

Fonte: Adaptada da NBR 10.152/87

3.2.2 NBR 10.151/00 – Acústica – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento

Esta Norma fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, independentemente da existência de reclamações. Também especifica um método para a medição do ruído, a aplicação de correções nos níveis medidos se o ruído apresentar características especiais e uma comparação dos níveis corrigidos com um critério que leva em conta vários fatores.

Entre outras condições gerais está disposto que, no levantamento de níveis de ruído deve-se medir externamente aos limites da propriedade que contém a fonte; todos os valores medidos do NPS devem ser aproximados do valor inteiro mais próximo; não devem ser efetuadas medições na existência de interferências audíveis advindas de fenômenos da natureza, a exemplo de chuvas fortes e trovões. O tempo de medição deve ser escolhido de forma a permitir a caracterização do ruído em questão. .

O nível corrigido (L_c) para o ruído sem caráter impulsivo e sem componentes tonais é determinado pelo nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} . Caso o equipamento não execute a medição automática do L_{Aeq} , deve-se utilizar o método alternativo para a determinação deste valor através da Equação (3).

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

L_{Aeq} = nível de pressão sonora equivalente, em dB(A)

L_i = nível de pressão sonora, em dB(A), lido em resposta rápida (fast) a cada 5 segundos, durante o tempo de medição do ruído

n = número total de leituras

O método de avaliação do ruído baseia-se em uma comparação entre o nível de pressão sonora corrigido e o Nível de Critério de Avaliação (NCA), conforme estabelecido na Tabela 3.

Tabela 3. Nível de Critério de Avaliação (NCA) para Ambientes Externos, em dB(A).

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
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: Adaptada da NBR 10.151/00

Para ambientes internos, o Nível de Critério de Avaliação (NCA) é o nível indicado na Tabela 3 com a correção de -10 dB(A) para janela aberta e -15 dB(A) para janela fechada.

Se o nível de ruído ambiente (L_{ra}), ou seja, aquele que é medido na ausência da fonte sonora, for superior ao valor da Tabela 3 para a área e horário em questão, o NCA assume o valor do L_{ra} .

Além das normas da ABNT, existem ainda duas normas regulamentadoras principais: a NR – 15 (Atividades e Operações Insalubres), uma portaria do Ministério do Trabalho de número 3.214 que foi publicada em 08 de junho de 1978 e sua última atualização aconteceu em 08 de dezembro de 2011; e a NR – 17 (Ergonomia), uma portaria do Gabinete do Ministro de número 3.214, publicada em 08 de junho de 1978 e sua última atualização ocorrida em 21 de junho de 2007.

3.2.3 NR – 15 – Atividades e Operações Insalubres

Segundo a Norma, as atividades ou operações que exponham os trabalhadores, sem proteção adequada, a níveis de ruído de impacto superiores a 140 dB, medidos no circuito de

resposta para impacto, ou superiores a 130 dB(C), medidos no circuito de resposta rápida (fast), oferecerão risco grave e iminente.

De acordo com a Norma, ruído contínuo ou intermitente é aquele que não é ruído de impacto. Aqueles são medidos em decibéis no circuito de compensação A e circuito de resposta lenta (slow). Os tempos de exposição aos níveis de ruído não devem exceder os limites de tolerância fixados na Tabela 4.

Tabela 4. Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente.

Nível de Ruído dB(A)	Máxima Exposição Diária Permissível
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: NR – 15.

Para os valores encontrados de nível de ruído intermediário será considerada a máxima exposição diária permissível relativa ao nível imediatamente superior.

Se durante a jornada de trabalho ocorrerem dois ou mais períodos de exposição a ruído de diferentes níveis, devem ser considerados os seus efeitos combinados, utilizando-se a Equação 4.

$$D = \frac{C1}{T1} + \frac{C2}{T2} + \frac{C3}{T3} + \dots + \frac{Cn}{Tn} \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

D = dose diária, em %

Cn = tempo total que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído específico

Tn = máxima exposição diária permissível a este nível, de acordo com a Tabela 4

Se o resultado dessa soma for maior que 1(um), a exposição estará acima do limite de tolerância. As atividades ou operações que exponham os trabalhadores a níveis de ruído, contínuo ou intermitente, superiores a 115 dB(A), sem proteção adequada, oferecerão risco grave e iminente.

3.2.4 NR – 17 – Ergonomia

Esta Norma Regulamentadora visa a estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

As condições de trabalho incluem aspectos relacionados ao levantamento, transporte e descarga de materiais, ao mobiliário, aos equipamentos e às condições ambientais do posto de trabalho e à própria organização do trabalho.

A Norma estabelece que para as atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes, tais como: salas de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros, mas não apresentem equivalência ou correlação com as relacionadas na NBR 10.152, o nível de ruído aceitável para efeito de conforto será de até 65 dB(A) e curva de avaliação de ruído (NC), Figura 2, de valor não superior a 60 dB.

3.2.5 NBR 9079/85

A NBR 9079/85 “Veículo automotor – Determinação do ruído interno – Método de ensaio” foi cancelada no ano de 2012 sem substituição até o momento.

Esta Norma tinha como objetivo prescrever o método de obtenção de medidas reprodutíveis e comparáveis do ruído no interior de veículos rodoviários automotores de todos os tipos, incluindo aqueles onde o condutor e/ou passageiros ocupam uma cabina aberta ou compartimento de passageiros ou mesmo somente uma área bem definida, mas excluindo tratores e máquinas agrícolas e máquinas de terraplenagem.

3.3 Impactos do Ruído na Saúde Humana Segundo a OMS

Uma das formas de comunicação mais importantes que o ser humano possui é a fala, mas sozinha essa ferramenta não funciona; a audição faz com que o processo de comunicação aconteça. Quando a audição é, de alguma forma, prejudicada, pode-se dizer que o indivíduo encontra-se em desvantagem social, visto que o mesmo estará diante de uma dificuldade para desempenhar suas atividades diárias. Segundo a OMS (1999), a incapacidade de entender o discurso resulta em grande número de desvantagens pessoais e mudanças comportamentais.

Quando expostos por muito tempo a elevados níveis de ruído, alguns efeitos adversos à saúde humana podem ser desencadeados e a OMS lista alguns destes efeitos: perda auditiva induzida por ruído; interferência na comunicação da fala; distúrbios de sono; efeitos cardiovasculares e fisiológicos, de saúde mental e de desempenho.

A Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR) começa a se desenvolver quando o tempo de exposição a ruídos com níveis acima de 85 dB(A) é maior que 8 horas diárias. (OMS, 1999; Ministério da Saúde, 2006). Consiste na perda auditiva neurosensorial, geralmente bilateral, irreversível e progressiva de acordo com o tempo de exposição ao ruído. Segundo Araújo (2002), a PAIR ainda pode causar em seus portadores, intolerância a sons intensos, zumbidos e comprometimento da inteligibilidade da fala. Porém, se a exposição a ruídos intensos for cessada, não haverá progressão da PAIR.

Quando se está em um ambiente muito ruidoso as pessoas evitam falar, devido ao fato, principalmente, do desgaste em ter que elevar o nível sonoro da voz para que o outro interlocutor consiga compreender o que está sendo falado. De acordo com a OMS, em um ambiente calmo, a uma distância de 1 (um) metro o nível de fala é de 40 – 50 dB(A), no entanto, quando a pessoa grita, esse nível se eleva cerca de 30 dB(A). Essa interferência causada pelo

ruído pode acarretar em inúmeras deficiências pessoais, desvantagens e mudanças comportamentais.

Não se pode falar em qualidade de vida sem se falar em qualidade do sono, pois é durante o sono que o nosso organismo passa por processos de restauração. Para evitar os efeitos negativos sobre o sono, deve-se manter o nível de pressão sonora abaixo de 30 dB em ambientes fechados para ruído contínuo. Se o ruído não for contínuo, o distúrbio do sono se correlaciona melhor com o nível de pressão sonora equivalente máximo e os efeitos foram observados em 45 dB abaixo, para o nível de ruído de fundo baixo. Acredita-se que uma atenuação do nível de ruído na primeira parte da noite, seja eficaz para a capacidade de adormecer (OMS,1999).

Nos estudos epidemiológicos, o nível mais baixo em que o ruído do tráfego teve efeito sobre a doença cardíaca isquêmica foi de 70 dB para LAeq,24h. Concluiu-se que os efeitos cardiovasculares estão associados à exposição à longo prazo aos valores de LAeq,24h acima de 65dB, tanto para o ruído do tráfego aéreo como do tráfego rodoviário. Outros efeitos psicofisiológicos observados, como alterações nos hormônios do estresse, níveis de magnésio, indicadores imunológicos e distúrbios gastrointestinais são difíceis de serem associados à poluição sonora (OMS, 1999)

Muitas pessoas que sofrem de deficiência auditiva estão sujeitas a desenvolverem distúrbios psicológicos, uma vez que atividades rotineiras tais como assistir à televisão e ouvir rádio não podem ser desempenhadas de maneira simples. Esse tipo de deficiência tende a provocar o isolamento dessas pessoas no meio familiar, no ambiente de trabalho e na vida social (AZEVEDO E LIMA, 2002).

Alguns estudos de campo sobre os efeitos do ruído no desempenho mostraram que o ruído pode gerar algum comprometimento na tarefa e aumentar o número de erros no trabalho, mas os efeitos dependem do nível de ruído e da tarefa que está sendo executada. A curto prazo, a euforia induzida pelo ruído pode produzir um melhor desempenho em tarefas simples, mas o desempenho cognitivo deteriora-se consideravelmente para atividades mais complexas. Entre os efeitos cognitivos, a leitura, a atenção, resolução de problemas e memórias são fortemente afetados pelo ruído.

Estudos bastante consistentes mostraram que pessoas que estão expostas a níveis de ruído acima de 80 dB(A) tendem a ter variações de comportamento com aumento da agressividade (EVANS E LEPORE, 1993).

3.4 Influência do Tipo de Revestimento do Pavimento na Geração de Ruído

O ruído medido em um veículo individual é constituído basicamente por três categorias: o ruído de propulsão (motor, entrada de ar, sistema de arrefecimento, sistema de exaustão, transmissões e frenagens são componentes associados à propulsão do veículo), ruído de rolamento (causado pela interação pneu/pavimento) e o ruído aerodinâmico (gerado pelo contato brusco do ar com alguns componentes do veículo como a frente do mesmo, o para-lamas, as calhas de coluna, os limpadores de para-brisa, antenas e espelhos retrovisores (CHUNG, 2015).

É difícil mensurar a real contribuição da interação pneu/pavimento, visto que o ruído global medido depende de muitos fatores tais como: modelo, idade, peso do eixo e velocidade do veículo, como também, pressão, tipo, tamanho, temperatura, textura e material do pneu; além disso, características do pavimento, a exemplo do tipo de revestimento, rugosidade do material e inclinação (PEREIRA, 2010).

No Brasil, existem algumas normas que especificam métodos para a medição de níveis de ruído para veículos nas condições parado e em movimento, analisando a influência da interação pneu/pavimento na geração de ruído. São elas a NBR 9714 de 1999, NBR 8433 de 1995, que são complementadas pela NBR 6067 de 2007.

3.4.1 NBR 9714/99

A NBR 9714 “Veículo rodoviário automotor – Ruído emitido na condição parado” estabelece um método de ensaio para medir o ruído emitido próximo ao sistema de escapamento, como também do motor dos veículos rodoviários automotores de acordo com as especificações da NBR 6067/07, na condição parado, em um local de fácil acesso e com peculiaridades.

O método destina-se a analisar veículos que estão em uso e estipular alterações nos níveis de ruído gerados pelos componentes destes sob ensaio, podendo estas variações serem causadas por desgaste, modificação de componentes, regulagens fora da especificação do fabricante e ainda, parcial ou completa remoção de dispositivos que reduzem a emissão de ruído.

Através das medidas de referência, determinadas em condições semelhantes durante a caracterização do veículo ainda novo, pode-se comparar os resultados dos ensaios e obter as variações dos níveis de ruído. Vale salientar que os valores determinados por este método não

representam o ruído total emitido pelos veículos em movimento, sendo estes determinados por outras normas.

3.4.2 NBR 8433/95

A NBR 8433/95 “Veículos rodoviários automotores em aceleração – Determinação do nível de ruído – Método de ensaio” foi cancelada em 2002, substituída no mesmo ano pela NBR ISO 362/02 “Acústica – Medição do ruído emitido por veículos rodoviários automotores em aceleração – Método de engenharia”, cancelada em 2004 e substituída no mesmo ano pela NBR 15145/04 “Acústica – Medição de ruído emitido por veículos rodoviários automotores em aceleração – Método de engenharia”.

Esta Norma especifica um método de engenharia para a medição do ruído emitido por veículos rodoviários automotores em condição de aceleração. As especificações destinam-se a reproduzir os níveis de ruído que são produzidos durante o uso de marchas intermediárias com utilização total da potência disponível do motor, da mesma forma que pode ocorrer em tráfego urbano. A norma categoriza os veículos da seguinte forma.

- Categoria L: veículos motorizados com menos de quatro rodas;
- Categoria M: veículos motorizados com pelo menos quatro rodas, utilizados para transporte de passageiros:
 - M1: veículos com até 8 assentos, além do motorista;
 - M2: veículos com mais de oito assentos, além do motorista, e com massa de até 5t;
 - M3: veículos com mais de oito assentos, além do motorista, e com massa superior a 5t.
- Categoria N: veículos motorizados com pelo menos quatro rodas, utilizados para transporte de mercadorias.

Os resultados devem ser considerados válidos quando as variações entre quatro medições consecutivas de cada lado do veículo estiverem dentro de 2 dB. Caso contrário, passagens adicionais devem ser feitas até que quatro medições consecutivas em ambos os lados estejam dentro de 2 dB entre si.

3.4.3 Resolução CONAMA 272/02

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA através da Resolução nº 272 publicada no ano 2000, estabelece em seu Art. 1, para veículos automotores nacionais e importados, exceto motocicletas, motonetas, ciclomotores e veículos assemelhados, fabricados a partir de janeiro de 2001, limites máximo de ruído com os veículos em movimento, conforme a Tabela 5.

Tabela 5. Limites Máximos de Emissão de Ruído para Veículos Automotores.

Categoria		Nível de Ruído - dB(A)			
Descrição		OTTO	Diesel		
			Injeção		
			Direta	Indireta	
a	Veículo de passageiros até nove lugares	74	75	74	
b	Veículo de passageiros com mais de nove lugares	PBT até 2.000 kg	76	77	76
	Veículo de carga ou de tração e veículo de uso misto	PBT entre 2.000 kg e 3.500 kg	77	78	77
c	Veículo de passageiro ou de uso misto com PBT maior que 3.500 kg	Potência máxima menor que 150 kW (204 cv)	78	78	78
		Potência máxima igual ou superior a 150 kW (204 cv)	80	80	80
d	Veículo de carga ou de tração com PBT maior que 3.500 kg	Potência máxima menor que 75 kW (102 cv)	77	77	77
		Potência máxima entre 75 kW (102 cv) e 150 kW (204 cv)	78	78	78
		Potência máxima igual ou superior a 150 kW (204 cv)	80	80	80

Fonte: Resolução CONAMA 272/02.

Designação do veículo conforme NBR-6067

PBT: Peso Bruto Total

Potência: Potência efetiva líquida máxima (NBR/ISO 1585)

Se o nível sonoro do veículo ensaiado não exceder em mais de 1 dB(A) dos valores limites estabelecidos, o modelo do veículo será considerado conforme as prescrições da presente Resolução. Caso contrário, terão de ser ensaiados mais dois veículos do mesmo modelo, e se ainda não atender as exigências, o modelo será considerado em desconformidade com as prescrições e o fabricante deverá tomar as medidas necessárias para reestabelecer a sua conformidade.

3.4.4 NBR 6067/07

A NBR 6067/07 "Veículos rodoviários automotores, seus rebocados e combinados - Classificação, terminologia e definições", define a classificação e os termos relativos a veículos rodoviários automotores, seus rebocados e combinados, de acordo com suas características técnicas e também conforme o Código de Trânsito Brasileiro, sem levar em consideração se os veículos e certas combinações são autorizados ou não em determinado país.

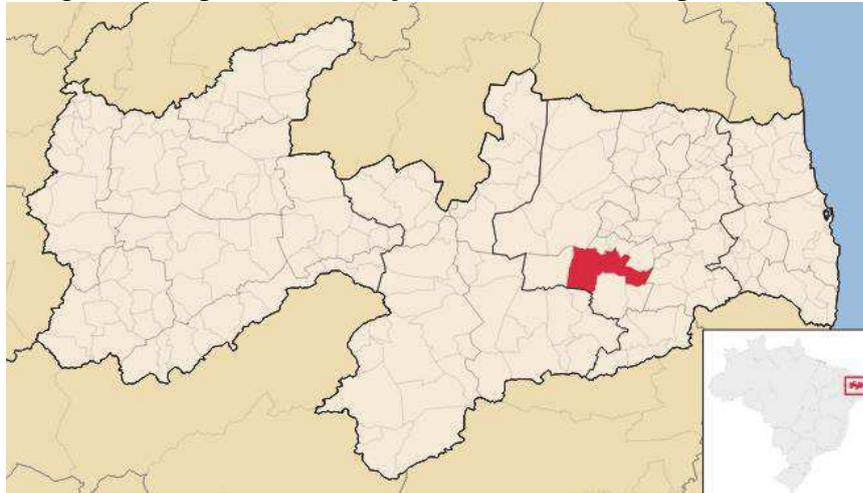
As prescrições desta aplicam-se a todos os veículos projetados para circulação em vias públicas (veículos automotores, veículos rebocados, veículos combinados, ciclomotores, motocicletas). Não abrange veículos como tratores agrícolas, que são utilizados casualmente apenas para o transporte de pessoas ou mercadorias por via pública ou para rebocamento, sobre a via pública.

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da Área de Estudo

A cidade de Campina Grande-PB está localizada no agreste paraibano, latitude $07^{\circ}13'52''S$ e longitude $35^{\circ}52'52''W$ (Figura 3). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), estima-se que a cidade possui uma população de 410.332 habitantes e uma área territorial de 593,026 Km².

Figura 3. Mapa da Localização da Cidade de Campina Grande.



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Campina_Grande

A cidade de Campina Grande possui 51 bairros, distribuídos em 4 zonas da cidade, Zona Norte, Zona Leste, Zona Sul e Zona Oeste.

Na Zona Norte estão os bairros: Novo Bodocongó, Cuités, Araxá, Jeremias, Monte Santo, Palmeira, Louzeiro, Jardim Continental, Bairro das Nações, Alto Branco, Conceição, Lauritzen, Centro e Jardim Tavares.

A Zona Leste é composta pelos bairros: Castelo Branco, Santo Antônio, Monte Castelo, Nova Brasília, José Pinheiro, Mirante e Santa Terezinha.

Na Zona Sul estão os bairros: São José, Estação Velha, Liberdade, Catolé, Sandra Cavalcante, Vila Cabral, Jardim Paulistano, Cruzeiro, Tambor, Itararé, Presidente Médice, Distrito Industrial, Velame, Acácio Figueiredo, Três Irmãs e Bairro das Cidades.

Por fim, a Zona Oeste contém os bairros: Serrotão, Ramadinha, Malvinas, Bodocongó, Bairro Universitário, Pedregal, Bela Vista, Prata, Centenário, Dinamérica, Santa Rosa, Quarenta e Santa Cruz (Figura 4).

Figura 4. Mapa dos Bairros de Campina Grande Dividido por Setores.



Fonte: <https://wikimedia.org>

As empresas associadas que atuam no sistema de transporte coletivo em Campina Grande são 4 (quatro) ao todo, sendo elas a A. Cândido & Cia Ltda., Verônica Salette Transportes Ltda., Viação Santa Rosa Ltda. e a Empresa Nacional de Passageiros Ltda. (SITRANS, 2018)

Essas empresas são as responsáveis pelos ônibus que circulam por toda a cidade; aproximadamente 95 % da área do município é atendida pelo sistema de transporte coletivo, com uma frota de aproximadamente 223 ônibus urbanos e na Tabela 6 estão dispostas as linhas, as áreas em que atuam e as empresas responsáveis pelas mesmas.

No que se refere ao atendimento, cerca de 95% da área do Município é servida pelo sistema de transporte coletivo, com 41 linhas agrupadas em cinco grandes grupos: Circulares, Transversais, Radiais, Distritais e Inter Áreas (formato de "U") (PESSOA et al. 2012)

Tabela 6. Linhas, Áreas de Atuação e Respektivas Empresas Responsáveis.

(continua)

Linha	Área de atuação	Empresa
003	Leste – Centro	Nacional
003B	Centro – Leste	Nacional
004	Centro – Catolé	Transnacional
004A	Centro – Partage - Itararé	Transnacional
009	Radial – Fazenda Caiçara	Cabral
020	Transversal – Centro - Ramadinha	Nacional
022	Transversal	Nacional
055	Grande Circular	Cabral
066	Transversal Oeste	Nacional
077	Cinza	Cabral
090A	Radial	Cruzeiro
090B	Radial	Cruzeiro
092	Radial	Cabral
101	Norte – Sul	Transnacional
111	Norte – Sul	Transnacional
202A	Transversal – Norte	Nacional
220	Transversal	Nacional
245	Integração Temporal	Nacional
263A	Interárea	Nacional
263B	Interária	Nacional
300B	Leste – Oeste – Terminal	Nacional
303	Leste – Oeste	Nacional
333	Leste – Oeste	Nacional
400	Santa Rosa	Transnacional
404	Circular Sul	Transnacional
444	Circular Sul	Transnacional
505	Grande Circular	Cabral
550	Grande Circular	Cabral
555	Grande Circular	Cabral
660	Transversal	Nacional
770	Cinza	Santa Verônica
900	Radial	Cruzeiro
902	Radial	Cabral
903A	Mutirão	Cabral
903B	São José da Mata	Cabral
909	Radial	Cruzeiro
910	Radial – Distrital	Cabral

Tabela 6. Linhas, Áreas de Atuação e Respectivas Empresas Responsáveis. (conclusão)

922	Radial	Cabral
944	Preta – Industrial	Nacional
944A	Preta – Industrial	Nacional
955	Galante	Transnacional

Fonte: www.ciomcg.com.br

Na Tabela 6, percebe-se que das 41 linhas, 16 (38%) são atendidas pela empresa Nacional, 8 (19%) pela empresa Transnacional, 13 (31%) pela empresa Cabral, 4 (10%) pela empresa Cruzeiro e 1 (2%) pela empresa Santa Verônica.

Apesar de ser um método de organização antiga, as linhas ainda se classificam pelo sistema de cores. Assim sendo, em Campina Grande possui 8 linhas urbanas diferenciadas por cores, são elas: Azul, Amarela, Verde, Vermelha, Marrom, Laranja, Cinza, Branca, Preta; uma Interárea e uma Distrital. A Tabela 7 apresenta as linhas por cores e seus respectivos números.

Tabela 7. Cores e Números das Linhas de Ônibus Urbano.

Linha	Número
Azul	101, 111
Amarela	020, 022, 220, 202A
Verde	003A, 003B, 300B, 303, 333
Vermelha	004, 004A, 400, 404, 444
Marrom	055, 505, 550, 555
Laranja	066, 660
Cinza	077, 770
Branca	090A, 090B, 900, 909
Preta	944, 944A
Interáreas	092, 245, 263A, 263B, 922
Distritais	009 – Estreito, 902 – Salgadinho, 903 – São José da Mata, 903B – Capim Grande, Mutirão e Tambor, 910 – Jenipapo, 944A – Massapê, 955 – Santana e Paraná

Fonte: AVELAR, 2015

4.2 Seleção da amostra

A seleção da amostra foi feita com base nas Equações 5 e 6 apresentadas por Barbetta (2002), considerando um erro amostral de 5% e um nível de confiança de 95%.

$$n_0 = \frac{I}{E^2} \quad \text{Equação (5)}$$

$$n = \frac{N \times n_0}{N + n_0} \quad \text{Equação (6)}$$

Sendo:

- n_0 = uma primeira aproximação para o tamanho da amostra;
- E = erro amostral tolerável;
- N = tamanho da população; e
- n = tamanho da amostra.

Para esse estudo, o valor do erro amostral, E , foi de 5% e, portanto, $n_0 = 400$. Como o tamanho da população, N , foi igual a 41, o cálculo do tamanho da amostra forneceu $n = 37$, ou seja, esta é a quantidade de linhas nas quais serão analisados os níveis de ruído no interior dos ônibus.

4.3 Equipamento Utilizado

As medições dos níveis de ruído equivalentes foram realizadas utilizando-se um instrumento multifuncional denominado Termo-Hidro-Decibelímetro-Luxímetro, modelo THDL-400 (Figura 5), capaz de coletar dados das condições vigentes em um ambiente urbano no tocante à temperatura, umidade do ar, nível de pressão sonora e luminosidade. Para esse trabalho de pesquisa, o THDL-400 foi utilizado somente com a sua função de detector de ruído ativada, com níveis de ruído sendo medidos em dB(A).

Figura 5. Termo-Hidro-Decibelímetro-Luxímetro Modelo THDL-400.

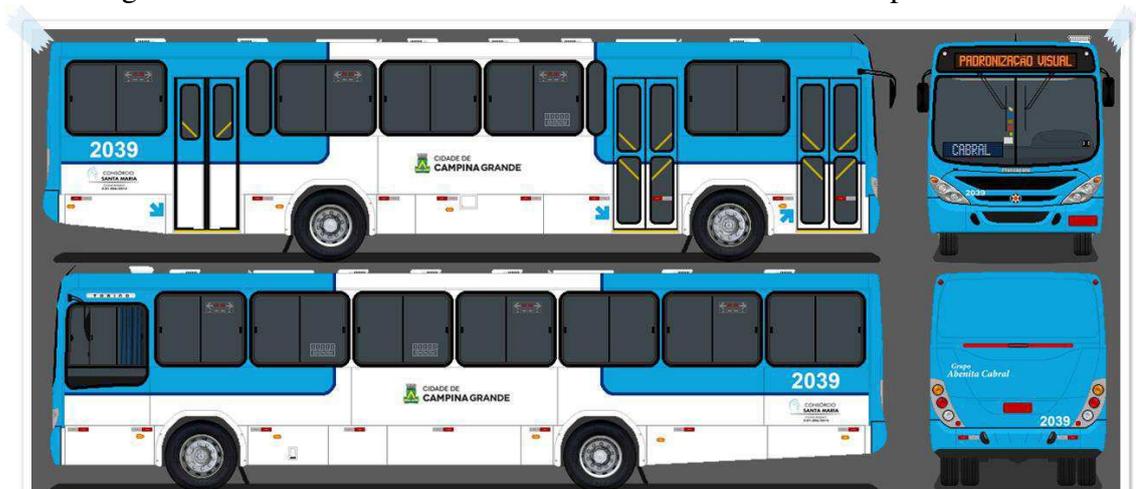


Fonte: www.test-meter.co.uk.

4.4 Metodologia Empregada

As mensurações foram conduzidas em uma amostra de 37 ônibus convencionais (Figura 6) de diferentes linhas do sistema de transporte coletivo de Campina Grande. Todas as medidas foram realizadas em horário regular de trabalho, contemplando o horário da manhã, tendo início durante os intervalos de 7:00 a 9:00 e 9:00 a 11:00, considerados, a partir de observações realizadas, como horário de pico, tanto de veículos quanto de passageiros, e horário de fluxo reduzido, respectivamente.

Figura 6. Modelo de Ônibus Convencional Utilizado em Campina Grande.



Fonte: www.wscm.com.br

No interior dos ônibus, o pesquisador ficou posicionado em assento próximo (Figura 7) do motorista, para que pudesse obter dados que caracterizassem a situação real percebida pelo mesmo, visto ser esse o indivíduo mais afetado, em virtude de ficar exposto à pressão sonora reinante durante a sua jornada de trabalho diária.

Figura 7. Posição do Pesquisador Durante a Coleta de Dados.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Os valores do nível de ruído foram anotados a cada minuto do percurso, a partir do momento de início da coleta. O quadro 1 mostra um modelo que foi utilizado para dispor os dados que foram coletados, contendo informações sobre a data e a hora do início da obtenção dos dados, a linha e a placa do veículo, o nível de ruído e o tipo de pavimento. Foram feitas, também, observações sobre se os ônibus estavam parados ou em movimento. Os valores de níveis de ruído para o veículo parado ou em movimento foram sendo anotados ao longo do percurso.

Quadro 1. Modelo de Tabela Utilizada Durante as Medições dos Níveis de Ruído.

Data: _____ **P: Parado**
Hora de Início: _____ **M: Em Movimento**
Linha: _____
Placa: _____

Tempo (min)	Nível de Ruído (dB)	Estado do Veículo		Tipo de Pavimento
		P	M	
1	X	x		Asfalto
2	Y		x	Paralelepípedo
...
n	W	x		Asfalto

Fonte: Próprio autor.

As coletas foram realizadas durante os meses de outubro, novembro e dezembro do ano de 2017 e janeiro do ano de 2018. O tempo total de coleta foi de, aproximadamente, 88,5 horas em 51 ônibus, de 37 linhas urbanas. Foi utilizado o software Excel no auxílio do cálculo de alguns parâmetros e da geração de gráficos que são apresentados nos Resultados e Discussões.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos dados coletados, gerou-se a Tabela 8, contendo informações sobre os ônibus das respectivas linhas em ordem crescente de data de realização da coleta. Nela constam a Média do Nível de Ruído do Veículo em Movimento (MM), Média do Nível de Ruído do Veículo Parado (MP), Média do Nível de Ruído do Veículo em Movimento em Pavimento Asfáltico (MMA), Média do Nível de Ruído do Veículo em Movimento em Pavimento de Paralelepípedo (MMP), além do ano de fabricação do veículo.

Tabela 8. Resumo dos Dados Coletados.

(continua)

DATA	LINHA	MM	MP	MMA	MMP	ANO DO
		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	VEÍCULO
25/10/2017	263B	82,5	76,4	82,3	85,4	2009
		83,7	75,7	83,7	83,9	2007
26/10/2017	300B	84,4	75,5	83,6	88,2	2010
		82,3	73,4	81,5	85,2	
09/11/2017	444	77,8	71,6	77,7	78,4	2014
		79,5	72,8	79,0	81,2	2017
10/11/2017	903	82,1	70,6	82,1	-	2008
		83,0	73,7	82,8	86,9	2009
13/11/2017	555	85,3	77,5	85,2	86,1	2008
		85,0	77,7	85,0	86,2	
21/11/2017	333	85,5	75,7	85,3	86,9	2007
		84,0	77,8	83,3	88,6	2008
22/11/2017	770	81,1	73,9	80,8	81,6	2014
		82,1	76,0	80,6	85,1	

Tabela 8. Resumo dos Dados Coletados.

(continuação)

23/11/2017	090A	80,2	72,2	79,6	82,3	2015
		80,6	73,3	80,3	81,3	2016
24/11/2017	303	82,7	75,4	82,1	85,4	2008
		84,5	76,5	84,0	87,8	2007
27/11/2017	111	80,1	73,6	79,1	83,7	2013
		79,4	73,3	78,5	82,4	
28/11/2017	022	82,6	74,0	82,0	85,0	2007
		82,3	74,6	81,7	85,5	
29/11/2017	900	81,8	72,2	80,9	83,2	2015
		81,2	75,5	80,5	83,2	
30/11/2017	400	81,9	73,2	81,0	86,5	2010
		81,2	72,8	80,3	87,7	
01/12/2017	101	84,3	77,7	83,8	85,1	2007
		85,8	79,3	85,5	87,4	
04/12/2017	004	80,7	72,8	79,7	83,1	2011
		82,7	74,0	81,3	85,4	
05/12/2017	910	81,6	70,9	81,2	-	2008
		82,2	76,3	82,0	85,8	2007
06/12/2017	922	83,0	74,5	82,6	83,9	2008
		82,3	71,8	82,0	83,3	
11/12/2017	944	78,7	72,7	78,2	82,6	2014
		79,1	73,3	79,0	81,5	
12/12/2017	263A	83,2	78,5	83,0	85,6	2008
		82,6	75,0	82,5	83,4	2009
13/12/2017	505	81,7	71,7	81,5	83,4	2007
		80,7	71,3	80,5	81,9	
14/12/2017	220	82,2	74,9	81,9	86,3	2008
		84,6	77,6	84,3	88,2	
15/12/2017	903B	81,3	71,1	81,4	79,8	2010
		84,2	75,9	84,1	91,1	
20/12/2017	003B	80,8	74,1	80,5	89,5	2008
		83,4	74,9	82,9	88,1	
21/12/2017	004A	79,2	70,5	79,3	78,2	2017
		81,1	73,0	80,7	83,7	
09/01/2018	660	83,2	75,7	83,1	83,5	2007
		83,3	75,7	83,1	84,2	2008

Tabela 8. Resumo dos dados coletados.

						(conclusão)
10/01/2018	090B	81,0	73,1	80,5	82,3	2015
		80,7	73,3	80,5	81,6	
11/01/2018	092	78,5	71,6	78,4	79,6	2015
		78,7	72,6	78,8	78,0	
15/01/2018	550	80,7	72,7	80,6	81,3	2008
		83,7	75,7	83,4	84,8	
16/01/2018	066	81,8	74,5	81,8	-	2008
		83,0	75,4	82,6	87,1	2007
17/01/2018	077	79,6	69,3	78,8	81,8	2015
		76,1	67,5	76,1	76,0	
18/01/2018	909	77,6	66,6	77,6	77,4	2017
		79,0	73,1	79,0	79,5	2014
22/01/2018	020	81,7	73,2	81,0	83,5	2009
		83,1	73,6	82,7	84,1	2010
23/01/2018	955	80,6	72,7	80,5	82,2	2017
		81,5	72,7	81,1	84,0	
24/01/2018	202A	82,9	76,6	82,6	86,6	2008
		84,3	76,6	84,0	86,4	
25/01/2018	055	82,3	74,4	82,1	85,1	2008
		82,4	73,5	82,2	84,6	2007
30/01/2018	404	79,0	70,7	78,4	81,5	2017
		80,3	71,4	79,1	84,4	
31/01/2018	944A	79,2	71,3	79,1	80,1	2014
		79,2	71,0	78,6	81,2	2008

Fonte: Próprio Autor.

A partir do dados coletados e dos cálculos realizados com o auxílio do Excel, pode-se gerar alguns gráficos que possibilitam uma melhor compreensão dos resultados do estudo.

O Gráfico 1 apresenta os níveis de ruído no interior dos ônibus urbanos quando estes estão em movimento, relacionando-os com o ano de fabricação do veículo.

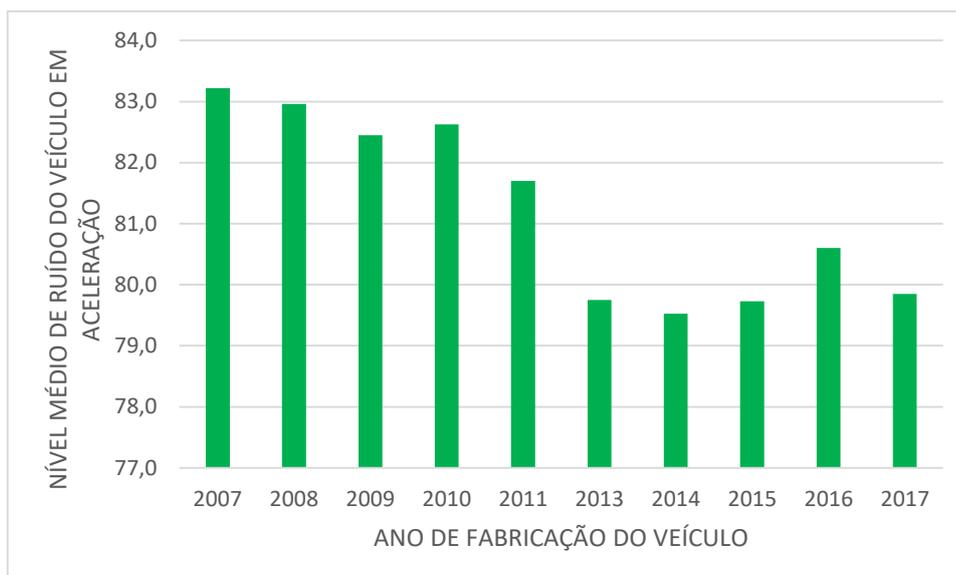


Gráfico 1 – Relação entre nível de ruído e idade do veículo para este em movimento.
Fonte: Próprio autor.

Como mostrado no Gráfico 1, vê-se que os níveis de ruído coletados no interior dos ônibus diminuíram nos períodos compreendidos entre 2007 a 2009, 2010 a 2014 e 2016 a 2017, conforme era de se esperar, visto se tratar de períodos mais recentes de fabricação dos veículos. Contudo, de 2009 a 2010 e de 2014 a 2016 houve um pequeno acréscimo nos valores dos ruídos. Considerando que os veículos tenham sido submetidos a um mesmo nível de manutenção, essas variações de valores de ruídos podem refletir uma diminuição da qualidade do pavimento, porém não se pode fazer tal afirmativa já que esse fator não foi analisado, não necessariamente devido à sua deterioração, mas às reformulações de itinerários, com as respectivas mudanças do tipo de pavimento por onde o veículo circula na maior parte de seu percurso, a fim de ajustar a oferta do serviço à demanda da população, além da velocidade com a qual o veículo trafega e do perfil topográfico dos trechos por onde ele passa.

O nível de ruído médio em 2007 foi de 83,2 dB(A) e, em 2017, 79,9 dB(A), apresentando uma redução do nível de ruído de, aproximadamente, 3 dB(A), o que pode representar uma melhoria considerável para os usuários do ônibus, pois diminui o impacto negativo na saúde do motorista, em particular.

De acordo com a NR-15 estes valores médios registrados estão dentro dos limites permitidos para a carga horária de trabalho dos motoristas, visto que, segundo a norma é considerável um ambiente de trabalho confortável acusticamente aquele que apresente um nível de até 85 dB(A) para 8 horas de jornada de trabalho. Porém, segundo a NR-17, já se configura um ambiente capaz de causar danos aquele com nível de ruído acima de 65 dB(A).

Também foram feitas comparações entre os níveis de ruído para os veículos parados com seus respectivos anos de fabricação, como mostra o Gráfico 2.

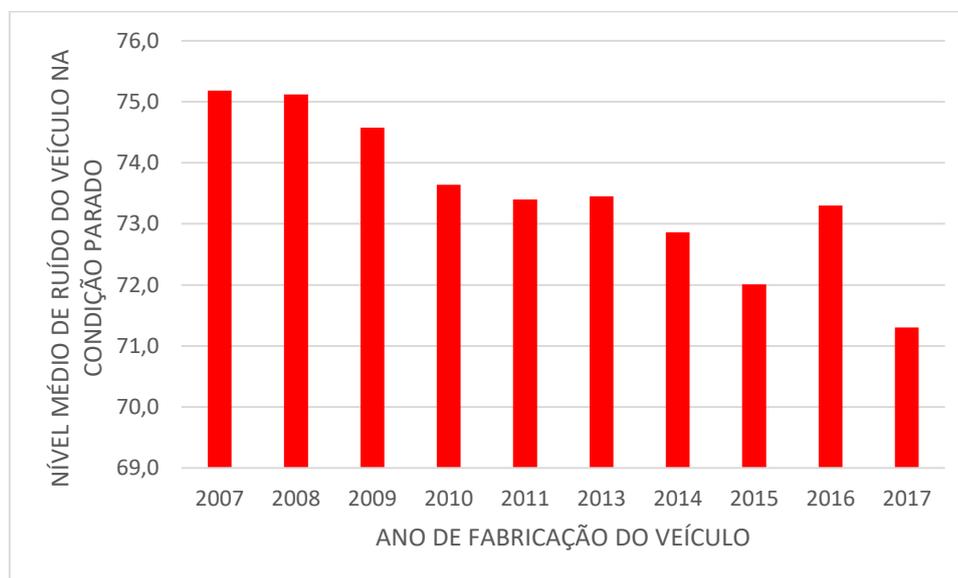


Gráfico 2 – Relação entre nível de ruído e idade do veículo para este parado.

Fonte: Próprio autor.

O nível médio de ruído para os veículos parados variou de 75,2 dB(A) no ano 2007 até 71,3 dB(A) no ano de 2017, isto é, uma redução do nível de ruído de aproximadamente 4 dB(A) no período de 10 anos, que se mostrou um pouco maior do que a registrada para as médias do nível de ruído para os veículos em movimento.

No registro destes níveis de ruído não houve a contribuição do nível de ruído gerado pela interação do pneu com o pavimento, já que o mesmo encontrava-se parado. Então, no valor final do ruído contabilizado, houve a contribuição, dentre outros fatores, do ruído do motor, do ruído do tráfego e do ruído da interação entre os passageiros do ônibus.

É possível notar que, tanto para os níveis de ruído para o veículo em movimento quanto para o veículo parado, os níveis de ruído para os veículos do ano de 2016 apresentaram-se acima dos medidos nos veículos dos anos de 2014 e 2015, isso se deve ao fato de que só foi analisado um veículo deste ano tornando-o uma amostra não representativa.

Para o estudo, considerou-se dois horários para a coleta de dados, o primeiro como sendo o de horário de pico e o segundo como sendo o horário fora de pico. O objetivo era de analisar se haveria variação nos níveis de ruído para cada horário, esta variação está representada no Gráfico 3.

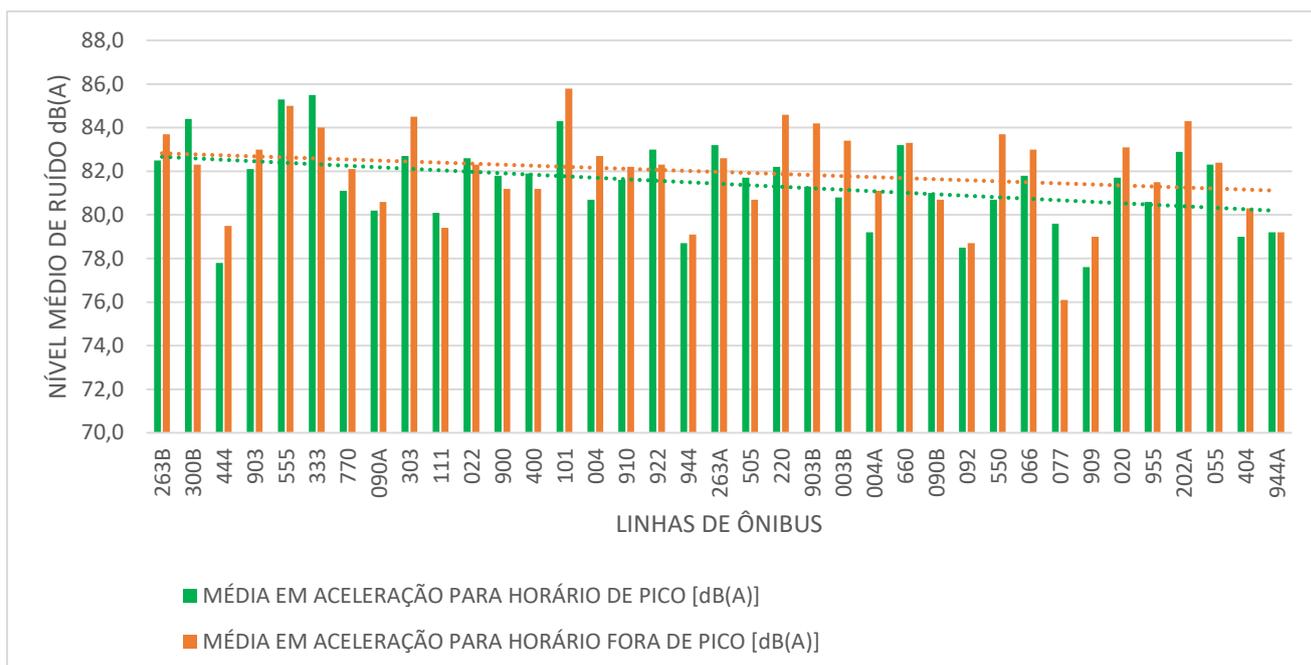


Gráfico 3 – Comparação entre níveis médios de ruído para o ônibus em movimento em horário de pico e horário fora de pico.

Fonte: Próprio Autor.

Nota-se através do gráfico que houveram variações nos níveis médios de ruído registrados em horário de pico e em horário fora de pico, porém não foram variações que seguiram um padrão. Em determinadas linhas os níveis médios de ruído foram maiores nos horários de pico do que nos horários fora de pico, o que era esperado para todas as linhas, porém não foi o que ocorreu. Em linhas gerais, é visível pelas linhas de tendência presentes no gráfico que os níveis médios de ruído em horário fora de pico foram, em sua maioria, superiores aos medidos em horário de pico.

As possíveis causas para que isso tenha ocorrido são: no horário de pico o número de passageiros no interior dos ônibus é superior ao número de passageiros em horário fora de pico e conseqüentemente, a velocidade de operação do ônibus pode ter sido mais baixa influenciando assim nos níveis de ruído, visto que a velocidade afeta diretamente o nível de ruído gerado pela interação pneu/pavimento, como também o nível de ruído aerodinâmico. Já em horário fora de pico, como o número de passageiros é bem menor, a carga total do veículo também é reduzida e a velocidade de operação do veículo pode ser maior, fazendo com que os níveis de ruído gerados sejam maiores.

Da mesma forma, foi feita uma comparação entre os níveis médios de ruído nos horários de pico e fora de pico para o veículo na condição parado, como mostra o Gráfico 4.

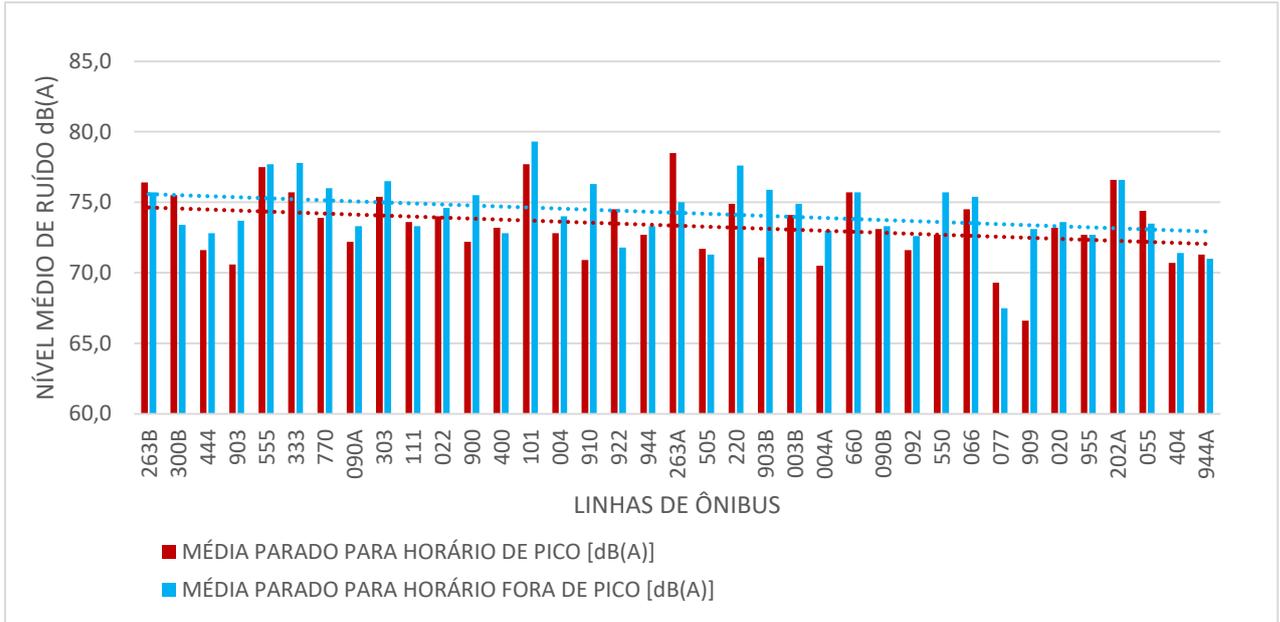


Gráfico 4 – Comparação entre níveis médios de ruído para o ônibus na condição parado em horário de pico e horário fora de pico.

Fonte: Próprio Autor.

Para o veículo parado, os níveis de ruído em horário fora de pico também se mostraram superiores aos registrados em horário de pico, porém não devido aos mesmos fatores que no caso apresentado no Gráfico 3, uma vez que a velocidade não tem influência na geração desse ruído. Pode-se considerar um fator relevante para a soma total dos níveis de ruído nessa condição, o ruído gerado pela interação dos passageiros dentro do ônibus.

Por último, comparou-se os níveis médios de ruído que os veículos apresentaram sob pavimento com revestimento asfáltico e pavimento com revestimento de paralelepípedo (Gráfico 5).

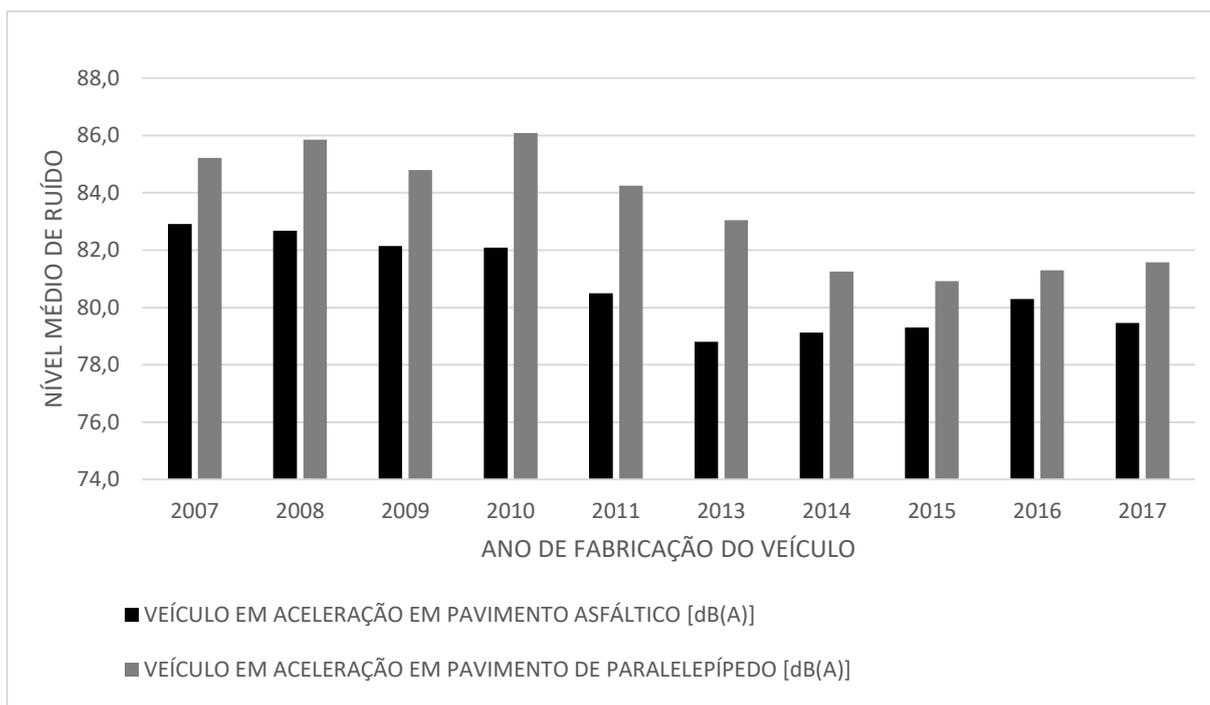


Gráfico 5 – Comparação entre nível de ruído para o veículo em movimento em pavimento asfáltico e em pavimento de paralelepípedo.

Fonte: Próprio autor.

O Gráfico 5 apresenta os diferentes níveis médio de ruído para os ônibus em movimento em pavimento de revestimento asfáltico e em pavimento de revestimento de paralelepípedo, registrando uma variação de até 4 dB(A) entre os níveis medidos nos ônibus fabricados em 2011. Em seu estudo, Tassinari et al.(2013) verificou que o pavimento revestido com paralelepípedo emitia o maior nível de ruído.

6 CONCLUSÕES

Os resultados desse estudo mostraram que os níveis de ruído mensurados estavam, em sua maioria, abaixo dos limites estabelecidos pelas normas. Porém é necessário atentar para o fato de que níveis de 86 dB(A), como os medidos quando o veículo estava em movimento em pavimento revestido de paralelepípedo, podem causar a Perda Auditiva Induzida por Ruído, entre outras disfunções do organismo como a doença cardíaca isquêmica que é desencadeada pela exposição a níveis de ruído acima de 70 dB(A), como também outros efeitos cardiovasculares. Por isso, é imprescindível que a busca pela melhoria das condições de trabalho dos motoristas, como do serviço de transporte oferecido à população seja contínua.

Nesse contexto, é de grande importância para a melhoria operacional do sistema de ônibus urbanos que as vias que compõem os seus itinerários sejam pavimentadas com asfalto, não apenas para a diminuição de ruído no interior dos ônibus, tornando a viagem mais confortável, do ponto de vista da acústica, como também contribuir para a diminuição da manutenção dos ônibus.

Os níveis de ruído gerados devido à influência do tipo de revestimento do pavimento possuem valores significativos quando se faz uma comparação entre os mesmos. Seria de interesse geral que houvesse pavimentação asfáltica ao longo de todo o percurso das linhas, visto que esta apresentou melhor desempenho em relação aos níveis de ruído medidos para os ônibus em movimento, para que as viagens se tornassem cada vez mais confortáveis acusticamente, além de outros fatores que seriam influenciados por essa mudança.

7 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S. A. **Perda auditiva induzida pelo ruído em trabalhadores de metalúrgica. Revista Brasileira de Otorrinolaringologia.** Goiânia, GO. V. 68, n.1, p. 47 – 52, janeiro/fevereiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT - Norma NBR 10151 - **Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade** - 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT - Norma NBR 10152 - **Níveis de ruído para conforto acústico (NB 95)** - 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT - Norma NBR 9714 - **Veículo rodoviário automotor – Ruído emitido na condição parado** - 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT - Norma NBR 15.145 - **Acústica – Medição de ruído emitido por veículos rodoviários automotores em aceleração – Método de engenharia** - 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT - Norma NBR 6067 - **Veículos rodoviários automotores, seus rebocados e combinados - Classificação, terminologia e definições** - 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT - Norma NBR 8433- **Veículos rodoviários automotores em aceleração – Determinação do nível de ruído – Método de ensaio** - 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT - Norma NBR 1585- **Veículos rodoviários – Código de ensaio de motores – Potência líquida efetiva** - 1996.

AVELAR, J. **Todas as rotas de Camina Grande ao seu alcance**, 2015. Ônibus Paraibanos. Disponível em: < <https://onibusparaibanos.com/2015/08/04/todas-as-rotas-de-campina-grande-ao-seu-alcance/> >. Acesso em: 04 de setembro de 2017.

AZEVEDO, R.; LIMA, M. L. **Componentes Psicossociais do Ruído: As Medições Cognitivas do Ruído em Diferentes Grupos Profissionais.** I Colóquio psicologia espaço e ambiente. Universidade de Évora, 2002.

BABISCH, W. **Epidemiological Studies of the Cardiovascular effects of Occupational Noise A Critical Appraisal.** Noise Health. 1998;1(1):24–39.

BARBETTA, P. A. **Estatística Aplicada as Ciências Sociais.** Ed. 5. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-15: **Atividades e Operações Insalubres.** Portaria n. 3.214, de 08 de junho de 1978.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-17: **Ergonomia**. Portaria n. 3.214, de 08 de junho de 1978.

CHUNG, A. **Ruído emitido por ônibus: análise da legislação e medições**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Altera a Resolução nº 1/93 (altera o art. 2º e os §§ 2º e 3º do art. 7º) e estabelece novos limites para veículos construídos a partir de janeiro de 2001. Resolução n. 272, de 14 de setembro de 2000. Lex: Dou n. 7, de 10 de janeiro de 2001, Seção 1, p. 24.

EVANS, G. W.; LEPORE, S. J. **Non-auditory effects of noise on children: A critical review**. *Children's Environments* 10: 31 – 51. 1993.

FIDEL, IS. **Nationwide urban noise survey**. *Journal of the Acoustical Society of America* 1978; 64: 198-106.

GERGES, S.N.Y. **Noise in large cities in Brazil**. *Journal of the Acoustical Society of America*, 147th Meeting of the Acoustical Society of America, 2004; 115 (5): 2592.

GRIFFITHS, I.D.; LANGDON, F.J. **Subjective response to road traffic noise**. *Journal of Sound and Vibration* 1986; 8: 16-32.

LACERDA, A., MAGNI, C., MORATA, T., MARQUES, J., ZANNIN, P. (2005) **Ambiente urbano e percepção da poluição sonora**. *Ambiente & Sociedade*. vol. VIII. nº. 2 jul./dez.

MASCHKE, C. **Preventive Medical Limits for Chronic Traffic Noise Exposure**. *Acustica* 1999; 85: 448.

PEREIRA, A. H. P. **Caracterização acústica de pavimentos rodoviários e influência na emissão sonora**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Especialização em Construção, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto.

PESSOA, T.; SANTOS, T.; RODRIGUES, L. **Transporte coletivo urbano de Campina Grande**, 2012. Portal Ônibus da Paraíba. Disponível em : < <http://www.onibusdaparaiba.com/2012/08/transporte-coletivo-urbano-de-campina.html> >. Acesso em: 04 e setembro de 2017.

SANTOS, U. P.; SANTOS, M. P. **Exposição a ruído: efeitos na saúde do trabalhador**. *Caderno de Saúde do Trabalhador*. São Paulo, 2000.

SIMÕES, S. C. D. **Ruído e Vibrações no Corpo Humano**. Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho. Instituto Politécnico de Setúbal. Setúbal, Distrito de Setúbal. 2014, 83p.

SITRANS - **Serviço de Transporte Público de Passageiros por Ônibus do Município de Campina Grande**. Disponível em: < <http://www.sitranscg.com.br/a-empresa/>>. Acesso em: 5 mar. 2018.

TASSINARI, L. C. S. BUENO, L. D. ABBAD, G. P. DALOSTO, F. M. SPECHT, L. P. PEREIRA, D. S. **Estudo da emissão de ruído de diferentes pavimentos urbanos**. 19ª Reunião de Pavimentação Urbana, Cuiabá, 2013.

WHO Guidelines for community noise. Geneva, World Health Organization, 1999.

ZANNIN, P.H.T.; CALIXTO, o A.; DINIZ, F.B.; CALIXTO, A. **Environmental noise pollution in residential areas of the city of Curitiba**, 2001. *Acustica* 2001; 87: 625-628.

ZANNIN, PHT; CALIXTO, A.; DINIZ, F.B.; FERREIRA, J.A.; SCHULI, R.B. **Incômodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba, PR**. *Rev. Saúde Pública* 2002; 36 (4): 521-4.

ZANNIN PHT; DINIZ, FB. **Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil**, 2002. *Applied Acoustics* 2002; 63: 351-358.

ZANNIN, P.H.T.; CALIXTO A.; DINIZ, F.B.; FERREIRA, J.A. **A Survey of Urban Noise Annoyance in a Large Brazilian City: The Importance of a Subjective Analysis in conjunction with an Objective Analysis**, 2003. *Environmental Impact Assessment Review* 2003; 23: 245-255.