



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA
CENTRO DAS CIÊNCIAS EXATAS E DAS TECNOLOGIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**INFLUÊNCIA DO FLUXO DE VEÍCULOS PESADOS NO AUMENTO
DO RUÍDO EM UM TRECHO DE VIA DA CIDADE DE BARREIRAS**

GABRIEL DA SILVA FREITAS

BARREIRAS-BA
DEZEMBRO – 2023

GABRIEL DA SILVA FREITAS

**INFLUÊNCIA DO FLUXO DE VEÍCULOS PESADOS NO AUMENTO
DO RUÍDO EM UM TRECHO DE VIA DA CIDADE DE BARREIRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Oeste da Bahia, como requisito à obtenção
do grau de Engenheiro Civil.

Orientador(a): DSc. Oisy Hernández Menéndez

**BARREIRAS-BA
DEZEMBRO - 2023**

FICHA CATALOGRÁFICA

F866 Freitas, Gabriel da Silva.

Influência do fluxo de veículos pesados no aumento do ruído em um trecho de via da cidade de Barreiras. / Gabriel da Silva Freitas. – 2023.

92f.

Orientador: Prof. Oisy Hernández Menéndez.

Monografia (Graduação) – Bacharelado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Oeste da Bahia. Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias. Barreiras, BA, 2023.

1. Ruído. 2. Poluição sonora. 3. Transporte rodoviário. 4. impacto ambiental. 5. Anel viário. I. Menéndez, Oisy Hernández. II. Universidade Federal do Oeste da Bahia - Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias. III. Título.

CDD 624

GABRIEL DA SILVA FREITAS

**INFLUÊNCIA DO FLUXO DE VEÍCULOS PESADOS NO AUMENTO
DO RUÍDO EM UM TRECHO DE VIA DA CIDADE DE BARREIRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Oeste da Bahia, como requisito à obtenção
do grau de Engenheiro Civil.

Aprovada em 01 de Dezembro de 2023

Banca Examinadora

Orientador(a):



DSc. Oisy Hernández Menéndez
Universidade Federal do Oeste da Bahia



Dr. Elier Pavon de La Fe
Universidade Federal do Oeste da Bahia



DSc. Nelson Padrón Sánchez
Vale S.A

*Dedico esta monografia a todos aqueles que,
de alguma forma, contribuíram
positivamente para o meu crescimento
pessoal e intelectual.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sempre me garantir saúde e muita força de vontade para vencer todos os obstáculos e me fazer chegar até o final desta importantíssima etapa da minha vida.

A minha mãe Maria Cristina e meu Pai Orlando Júnior por terem me ensinado desde pequeno a ser uma pessoa alegre e correta independente da situação, agradeço a eles por sempre terem me apoiado, me ajudado nos momentos difíceis e por terem me mostrado que nunca é tarde para correremos atrás dos nossos sonhos.

Agradeço a minha irmã Maria Eduarda e meu irmão Guilherme por sempre terem acreditado no meu potencial e terem me tomado como exemplo.

A minha namorada Beatriz Pereira pelo apoio, pelos abraços, pelo conforto e principalmente por desde sempre acreditar que eu consigo fazer tudo o que eu quiser, basta tentar e se esforçar.

Aos meus amigos Gustavo Gonçalves, Kaique Silva, Lucas Alves, José Vitor e Danilo Santos, principalmente aos dois últimos, que estão comigo desde o início, que sempre me apoiaram e acreditaram em mim, que quando necessário puxavam a orelha, me mostravam um caminho melhor e que sempre estarão ao meu lado independente do que aconteça.

Ao professor Lauriclécio Figueiredo Lopes, que desde a primeira aula de elementos da matemática me deixou fascinado com tamanho carisma e sabedoria, a ele eu devo uma boa parcela de ensinamentos que sempre levarei comigo.

Aos professores Marcio Inomata e Gabriela Cerqueira que desde a época do Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia (B.I.C.T.) me mostraram que dentro da universidade encontramos principalmente pessoas alegres e de bom coração.

A professora Oisy Hernández por ter me recebido de braços abertos com a oportunidade de continuar a sua pesquisa, confiar no meu potencial e me ajudar no que fosse necessário para que mais essa etapa da minha vida fosse concluída.

Ao professor Elier Pavon por ser esse poço de conhecimento e por ser um professor que realmente parece amar o que faz.

E por último a Universidade Federal do Oeste da Bahia, que em 2017 me recebeu com muita alegria e satisfação, que mudou a minha vida para melhor e com certeza vai me deixar lembranças inesquecíveis, dessa universidade eu levo ensinamentos não só de sala de aula, obrigado UFOB por tudo e por todos que conheci aí e que hoje fazem parte da minha vida.

RESUMO

O aumento da população mundial ao longo dos anos fez com que o número de veículos crescesse de forma exponencial, principalmente nos grandes centros urbanos. Em consequência, foram geradas poluições sonoras ambientais que impactam diretamente na vida das pessoas. A Organização Mundial da Saúde (OMS) já considera a poluição sonora como sendo um dos maiores problemas do atual século, o que causa grande preocupação. O presente trabalho visa avaliar o fluxo de veículos e o impacto acústico ambiental (ruído) que ele produz em um trecho da rodovia Juscelino Kubitschek (BR-135), localizada no município de Barreiras-Bahia. A rodovia se encontra no anel viário da cidade, o que representa um maior fluxo de veículos pesados no local. Para a avaliação do ruído será utilizada a metodologia de Palhares *et. al* (1998), juntamente com o auxílio das normas técnicas NBR 10151 e ISO 1996-1 (2016), de modo que a obtenção dos dados *in situ* seja realizada por meio do medidor sonoro Octava Criffer, durante a contagem veicular realizada nos dias de terça-feira (10/10/2023) e quarta-feira (11/10/2023), de modo que sejam analisados tanto as tipologias veiculares presentes no trecho de via como também o horário de máxima demanda do local escolhido como fonte de estudo.

Palavras-chave: ruído, poluição sonora, transporte rodoviário, impacto ambiental, anel viário, tráfego de veículos.

Lista de Figuras

Figura 1: Poluição sonora do tipo ambiental.....	12
Figura 2: Níveis de pressão sonora em escala logarítmica.....	14
Figura 3: Curvas de ponderação	15
Figura 4: Posicionamento correto do instrumento segundo o método statistical pass by index.....	20
Figura 5: Mapa superior da pista de ensaio de ruído de passagem.....	28
Figura 6: Limites máximos de emissão sonora permitidos na cidade de Barreiras – Bahia	30
Figura 7: Qualidade de estimativas de contagem	38
Figura 8: Métodos de contagem de fluxo veicular usando contadores manuais	38
Figura 9: Métodos de contagem de fluxo veicular usando contadores automáticos	39
Figura 10: Variação semanal do fluxo veicular de acordo com o tipo de rodovia	39
Figura 11: Local de estudo	41
Figura 12: Local de estudo com maior amplitude	42
Figura 13: Mapa do perímetro urbano da cidade de Barreiras	43
Figura 14: Ponto de espera de transporte público.....	44
Figura 15: Informações visuais acerca do trecho estudado.....	44
Figura 16: Local 1 - 12°06'06.0"S+44°58'37.6"W	45
Figura 17: Local 2 - 12°06'05.0"S+44°58'37.2"W	45
Figura 18: Exemplo de tipos de veículos que trafegam pelo trecho.....	46
Figura 19: Superestrutura do pavimento	47
Figura 20: Planejamento do tráfego.....	47
Figura 21: Medidor sonoro Octava Criffer, calibrador, protetor de vento e tripé	49
Figura 22: Localização do microfone e câmera nos locais sugeridos.....	51
Figura 23: Ficha para contagem manual de veículos.....	54
Figura 24: Dados sonoros referentes ao período total de medição da terça-feira (10/10/2023)	55
Figura 25: Veículo responsável pelo pico máximo sonoro da terça-feira.....	56
Figura 26: Dados sonoros referentes ao período total de medição da quarta-feira (11/10/2023)	56
Figura 27: Veículo responsável pelo pico máximo sonoro da quarta-feira.....	57
Figura 28: Dados sonoros referentes a hora pico da terça-feira (10/10/2023), intervalo de 5 em 5 minutos	58
Figura 29: Dados sonoros referente a hora pico da quarta-feira (11/10/2023), intervalo de 5 em 5 minutos	59
Figura 30: Nível de pressão sonora (Leq) para a medição de terça-feira.....	61
Figura 31: Nível de pressão sonora (Leq) para a medição de quarta-feira	61
Figura 32: Comparativo entre o nível de pressão sonora (Leq) em ambos os dias de medição	62
Figura 33: Comparativo entre o nível de pressão sonora da hora pico e o limite diurno estabelecido por norma (terça-feira)	62
Figura 34: Comparativo entre o nível de pressão sonora da hora pico e o limite diurno estabelecido por norma (quarta-feira).....	63
Figura 35: Croqui com detalhamento da rodovia analisada	64
Figura 36: Volume veicular equivalente em UCP na medição de terça-feira (10/10/2023)	64
Figura 37: Volume veicular equivalente em UCP na medição de quarta-feira (11/10/2023)	65
Figura 38: Situação asfáltica das rotas de maior fluxo veicular	65
Figura 39: Volume equivalente total em Unidade de carro de Passeio (UCP) na terça-feira (10/10/2023)	66

Figura 40: Volume equivalente total em Unidade de carro de Passeio (UCP) na quarta-feira (11/10/2023)	67
Figura 41: Veículos pesados passantes na terça-feira (10/10/2023).....	67
Figura 42: Veículos pesados passantes na quarta-feira (11/10/2023).....	68
Figura 43: Distribuição geral da tipologia de veículos contabilizados na terça-feira (10/10/2023)	69
Figura 44: Distribuição geral da tipologia de veículos contabilizados na quarta-feira (11/10/2023)	69
Figura 45: Distribuição de veículos pesados contabilizados na terça-feira (10/10/2023) ...	70
Figura 46: Distribuição de veículos pesados contabilizados na quarta-feira (11/10/2023) .	71
Figura 47: Relação Leq observada ao total das duas medições.....	72
Figura 48: Relação UCP observados ao total das duas medições	72
Figura 49: Regressão de veículos contabilizados na terça-feira (10/10/2023). a) regressão linear de carros. b) Regressão linear de veículos pesados. c) Regressão quadrática de carros. d) Regressão quadrática de veículos pesados. e) Regressão cúbica de carros. f) Regressão cúbica de veículos pesados.	73
Figura 50: Regressão linear dos veículos contabilizados na quarta-feira (11/10/2023). a) regressão linear de carros. b) Regressão linear de veículos pesados. c) Regressão quadrática de carros. d) Regressão quadrática de veículos pesados. e) Regressão cúbica de carros. f) Regressão cúbica de veículos pesados.	74

Lista de Tabelas

Tabela 1: Principais abordagens das normas, regulamentações e legislações internacionais apresentadas.....	19
Tabela 2: Principais abordagens das normas, regulamentações e legislações nacionais apresentadas.....	24
Tabela 3: Nível de Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB(A).....	25
Tabela 4: limite máximo de ruído para cada categoria veicular.....	26
Tabela 5: posição do ponto de medição.....	27
Tabela 6: Análise de ruído em rodovias quanto ao tipo de pavimento.....	31
Tabela 7: Faixas típicas de nível de ruído pneu/estrada de acordo com o tipo de superfície da rodovia.....	32
Tabela 8: Metodologias para o mapeamento de ruído ambiental.....	35
Tabela 9: Fatores equivalentes de conversão de veículos.....	51
Tabela 10: Subdivisão das tipologias de veículo pesado utilizadas na contagem.....	52
Tabela 11: Comparativo entre os dados obtidos e calculados na terça-feira.....	57
Tabela 12: Comparativo entre os dados obtidos e calculados na quarta-feira.....	58
Tabela 13: Dados comparativos entre o período de medição total e da hora pico de terça-feira.....	60
Tabela 14: Dados comparativos entre o período de medição total e da hora pico de quarta-feira.....	60

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	9
1.1 OBJETIVO GERAL	11
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
2. CONCEITOS TEÓRICOS FUNDAMENTAIS	12
2.1 O RUÍDO	12
2.1.1 DESCRITORES SONOROS	13
2.1.2 CURVAS DE PONDERAÇÃO	14
2.1.3 PROPRIEDADES ACÚSTICAS	15
2.1.4 NÍVEIS ESTATÍSTICOS DE RUÍDO	16
2.1.5 NÍVEL DE RUÍDO DE POLUIÇÃO SONORA (LNP).....	16
2.1.6 NÍVEL MÍNIMO, MÁXIMO E DE PICO DE PRESSÃO SONORA (Lmín, Lmáx)	17
2.2 RUÍDO E SAÚDE	17
2.3 NORMAS TÉCNICAS, REGULAMENTOS E LEGISLAÇÕES INTERNACIONAIS	18
2.3.1 ISO 11819 – 1, STATISTICAL PASS BY INDEX	19
2.3.2 ISO 1996-1 (2016) E ISO 1996-2 (2017)	21
2.3.3 RLS-90 (RICHTLINIEN FÜR DEN LARMSCHUTZ AN STRAßEN, 1990)	22
2.3.4 CRITÉRIO DE U.S DEPARTMENT OF HOUSING IN URBAN DEVELOPMENT – HUD ..	23
2.4 NORMAS TÉCNICAS, LEGISLAÇÕES E RESOLUÇÕES NACIONAIS	24
DNIT 076/2006.....	24
2.4.1 NBR 10151 (2000)	24
2.4.2 NBR 9714 (2000)	25
2.4.3 NBR 16425-1 (2016)	26
2.4.4 DNIT 076 – ES (2006).....	27
2.4.5 NBR 15145 (2004)	28
2.4.6 LEGISLAÇÃO REFERENTE A EMISSÃO DE RUIDOS NA CIDADE DE BARREIRAS.....	29
2.5 PRINCIPAIS PARÂMETROS UTILIZADOS NO ESTUDO DO RUÍDO PROVOCADO PELO TRÁFEGO DE VEÍCULOS EM RODOVIAS	30
2.5.1 AVALIAÇÃO DO RUÍDO QUANTO AOS TIPOS DE PAVIMENTO	31
2.5.2 AVALIAÇÃO DE RUÍDO QUANTO A UTILIZAÇÃO DE BARREIRAS ACUSTICAS EM RODOVIAS	32
2.5.3 AVALIAÇÃO QUANTO AO FLUXO E TIPO DO VEÍCULO	33
2.6 CONTROLE DE RUÍDO AMBIENTAL.....	34
2.7 METODOS PARA O MAPEAMENTO DE RUIDO AMBIENTAL.....	35
2.7.1 MÉTODOS DE CONTAGEM DE VEÍCULOS.....	37
2.7.2 HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM, 2000)	37
2.7.3 MANUAL DE SINALIZAÇÃO RODOVIÁRIO (DNIT, 2006)	38
3. MATERIAIS E MÉTODOS DE ANÁLISE	41
3.1 OBJETO DE ESTUDO	41
3.2 ANÁLISE OBSERVACIONAL.....	46
3.3 PROCEDIMENTOS PARA A COLETA DE DADOS <i>IN SITU</i>	48
3.3.1 DIAS E HORÁRIOS DE ANÁLISE	48
3.3.2 MEDIÇÕES DE GRANDEZAS ACÚSTICAS.....	48
3.3.3 CONTAGEM MANUAL DE VEÍCULOS	50
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
4.1 APRESENTAÇÃO DE NÍVEIS DE RUÍDO	55
4.1.1 RUÍDO REFERENTE AO PÉRIODO TOTAL DE MEDIÇÃO	55
4.1.2 ANÁLISE DOS NÍVEIS DE RUÍDO NA HORA PICO.....	58
4.1.3 ANÁLISE COMPARATIVA COM A LEGISLAÇÃO LOCAL.....	62
4.2 ANÁLISE DE VOLUME VEICULAR EQUIVALENTE (UCP) E HORA PICO.....	64
4.3 PORCENTAGEM VEICULAR E CORRELAÇÃO DE RUÍDO	68
4.4 PROSPECÇÃO DE TENDENCIA DE DADOS	73
5. CONCLUSÃO.....	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
ANEXOS.....	82

1. INTRODUÇÃO

O som é o resultado das vibrações dos corpos elásticos em determinados limites de frequência (SPECHT *et al.*, 2006). Só será possível ter percepção do som quando as vibrações sonoras se mantiverem dentro da faixa de frequência que varia de 20Hz a 20KHz (GERGES, 2000). Por sua vez, o ruído é definido como o agente caracterizador da poluição sonora, muito ligado ao alto índice de crescimento demográfico da população e conseqüentemente da demanda de veículos (PAZ, 2004). O conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) considera os problemas relacionados aos níveis excessivos de ruído sujeitos ao Controle de Poluição do Meio Ambiente, tais problemas se agravam continuamente nos grandes centros urbanos.

O impacto da poluição ambiental ao redor das rodovias presentes no perímetro urbano é um dos grandes problemas enfrentados na elaboração de um projeto rodoviário, já que é diretamente ligada ao aumento exponencial de veículos nas estradas brasileiras (TEICHMANN *et al.*, 2017). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a poluição sonora, decorrente do ruído provocado pelo conjunto de sons indesejáveis, já é considerada como uma questão de saúde pública, visto que afeta tanto a saúde como o bem-estar humano. A frequente exposição ao ruído trás não só problemas auditivos, mas também problemas psicológicos, entre eles: distúrbios de sono, alterações digestivas, desgaste físico e mental, depressão, estresse e transtornos de humor (SAMELI E FIORINI, 2012). Tais conseqüências implicam tanto na qualidade de vida como no potencial produtivo do lesado.

De modo geral, a poluição sonora carrega consigo resultados de médio e longo prazo implantados durante um dado período, mas que podem ser irreversíveis. Specht *et al.* (2009) afirma que “a exposição humana a altos níveis de ruído ocasiona respostas involuntárias e inconscientes do organismo e a esse estímulo”. Além de afetar negativamente a saúde da população, a poluição sonora atinge também o fator socioeconômico de uma região, visto que cada vez mais o conforto térmico e acústico vem se tornando uma característica importante e necessária para a escolha de um imóvel (PAZ, 2004). O processo de licenciamento ambiental vem como uma forma de auxiliar a gestão pública no que se refere ao planejamento urbano de um município, uma vez que possibilita um detalhamento futuro dos possíveis impactos negativos a população causada por um dado empreendimento, dentre eles a geração e a propagação de ruído (BRITO *et al.* 2017).

O aumento da densidade demográfica gera um nível de poluição sonora elevado, já que a concentração da massa populacional acaba sendo os grandes centros urbanos, as maiores fontes de poluição sonora (PAZ, 2004). De acordo com dados de 2015 do Instituto

Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), 84,72% da população brasileira vive em área urbana, com isso, um maior tráfego de veículos pode ser observado nesses grandes centros urbanos. Palma (2018) afirma que o tráfego de veículos é um dos maiores causadores de poluição sonora do planeta, portanto torna-se também um dos mais importantes problemas ambientais da época. Além da poluição sonora, uma alta densidade veicular não planejada causa na população problemas de infraestrutura fundamentais para que se haja um convívio harmonioso entre as pessoas, dentre eles: degradação da paisagem, congestionamentos, acidentes de trânsito e gastos públicos (CRUZ, 2006).

Com o passar dos anos, a cidade de Barreiras - BA se tornou um grande polo comercial regional, à vista disso, fatores como o aumento contínuo da população, da industrialização urbana e da falta de planejamento do tráfego, trazem ao município uma grande quantidade de veículos de pequeno, médio e grande porte, tornando o responsável por grande parte da poluição não só sonora, mas também ambiental da parte central e periférica da cidade. Desse modo, analisar e encontrar soluções viáveis para que essa poluição sonora seja reduzida é uma questão de prioridade no que tange o conforto acústico dos moradores barreirenses.

1.1 OBJETIVO GERAL

O trabalho em questão visa analisar a contaminação ambiental sonora gerada pelo fluxo de veículos leves e pesados em um trecho de via urbana da cidade de Barreiras-Bahia.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar se os níveis de ruído captados em um trecho da rodovia Juscelino Kubitschek (BR-135), localizada no município de Barreiras, atendem ao nível de ruído máximo permitido para o conforto acústico humano, baseado no método de Palhares, Vecci e Pavanello (1998);
- Avaliar o fluxo de veículos leves e pesados no trecho analisado e identificar o horário de máxima demanda da rodovia;
- Avaliar a influência do fluxo de veículos pesados ao longo do período de medição e a sua correlação com a ruído.

2. CONCEITOS TEÓRICOS FUNDAMENTAIS

Com a finalidade de contextualizar e facilitar o entendimento acerca do tema abordado serão apresentados neste capítulo os principais conceitos, propriedades e definições referentes ao estudo do ruído produzido pelo tráfego.

2.1 O RUÍDO

Kawakita (2008) afirma que “a onda sonora é uma onda mecânica longitudinal (cujo sentido da perturbação é o mesmo da propagação), que está dentro da faixa audível, isto é, a resposta do ouvido humano à flutuação do ar causada pela vibração de objetos.” A existência de várias frequências e amplitudes de onda sonora ocorrendo ao mesmo tempo e de forma desorganizada é a principal característica do ruído. É sabido que cada indivíduo possui uma percepção diferente das coisas, o mesmo ocorre com o ruído, por isso, a fronteira entre o som e o ruído não pode ser definida com exatidão, já que depende de fatores advindos de meios externos (CALIXTO, 2002).

De acordo com a norma ISO 1996/82, “Acoustics - Description and measurement of environmental noise, Parte 1: Basic quantities and procedures” o ruído pode ser classificado como:

- **Ruído ambiental:** ruído de todas as fontes sonoras, situadas próximas ou afastadas, como ruído de tráfego, como mostra a situação ilustrada na Figura 1.

Figura 1: Poluição sonora do tipo ambiental



Fonte: Brazilian Journal of Cardiovascular Sugery (bjcvs) (2019).

- **Ruído inicial:** ruído existente antes da ocorrência de mudanças, como o estabelecimento de uma fábrica em uma determinada região ou a construção de uma barreira acústica;

- **Ruído contínuo:** ruído uniforme que varia menos de 5dB ao longo do tempo, a exemplo tem-se o tráfego rodoviário ou ainda as máquinas de fábricas que operam de forma ininterrupta por várias horas;
- **Ruído intermitente:** ruído que persiste por mais de 1 segundo e é interrompido por mais de 1 segundo, como por exemplo o barulho de britadeiras ou a broca de um dentista;
- **Ruído impulsivo:** é o ruído que sobre mudança de 40 dB ou mais em um intervalo de tempo de 0,5 segundos e persiste por menos de 1 segundo, a exemplo tem-se o disparo de projéteis, o estouro de um pneu ou ainda o ruído produzido por dispositivos explosivos (dinamite ou granada).

2.1.1 DESCRITORES SONOROS

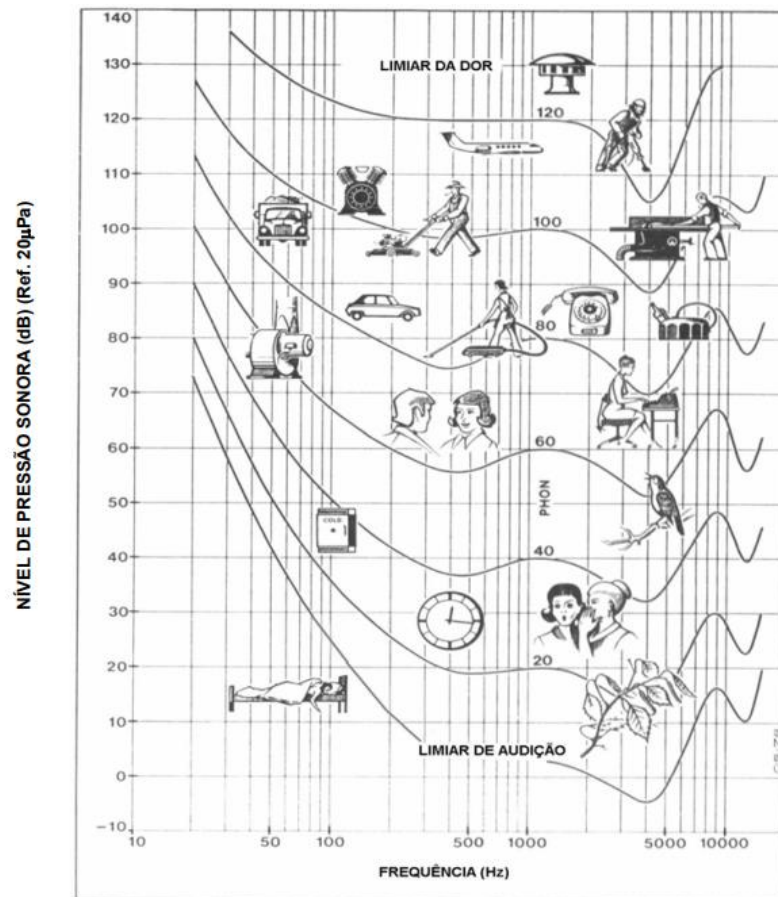
Os descritores sonoros são equações que possuem a finalidade de avaliar e regulamentar os vários efeitos do ruído, dentre eles: dano auditivo, interferência na fala e perturbações psicológicas (ESTERCIO *et al.*, 2018). No que se refere à avaliação de ruídos provenientes do meio urbano, há normas e regulamentações desenvolvidas com o intuito de detalhar os principais parâmetros analisados, os tipos e formas de manipulação de equipamentos de medição, bem como as metodologias mais eficientes para cada situação estudada (LIMA, 2023).

Para que se possam expressar os níveis sonoros de maneira mais fidedigna é preciso que se faça uso de um descritor que consiga trabalhar com grandes variações, já que o limiar da audibilidade é correspondente à pressão de 0,00002 Pa (considerado como o nível de referência) e o limiar da dor correspondente à pressão de 200 Pa (ROSSING *et al.*, 2001). Para tanto, a escala logarítmica é o tipo de descritor que melhor atende as necessidades especificadas, por isso, é uma das escalas mais utilizadas no estudo de ruídos.

O decibel é a grandeza responsável por relacionar duas grandezas proporcionais (grandezas quadráticas), sendo o número de decibéis dez vezes o logaritmo de base dez desta relação (SCHULTZ, 1972). Devido ao fato de o limiar da audibilidade ser considerado como o nível de referência, é feita a consideração de que, em unidade decibel, seu valor é definido como sendo **0 dB**, Brüel & Kjør (www.bksv.com). A escala logarítmica é o descritor que melhor descreve os resultados sonoros obtidos em campo, sendo esta uma boa aproximação da percepção humana quanto à sonoridade relativa. Paz (2004) afirma que “o ouvido humano, por sua vez, é mais sensível às altas frequências e menos sensível às baixas

frequências, em função da anatomia do aparelho auditivo humano”. A Figura 2 exemplifica alguns dos níveis de pressão sonora emitidos por fontes diversas.

Figura 2: Níveis de pressão sonora em escala logarítmica



Fonte: Hassal e Zaveri (1979).

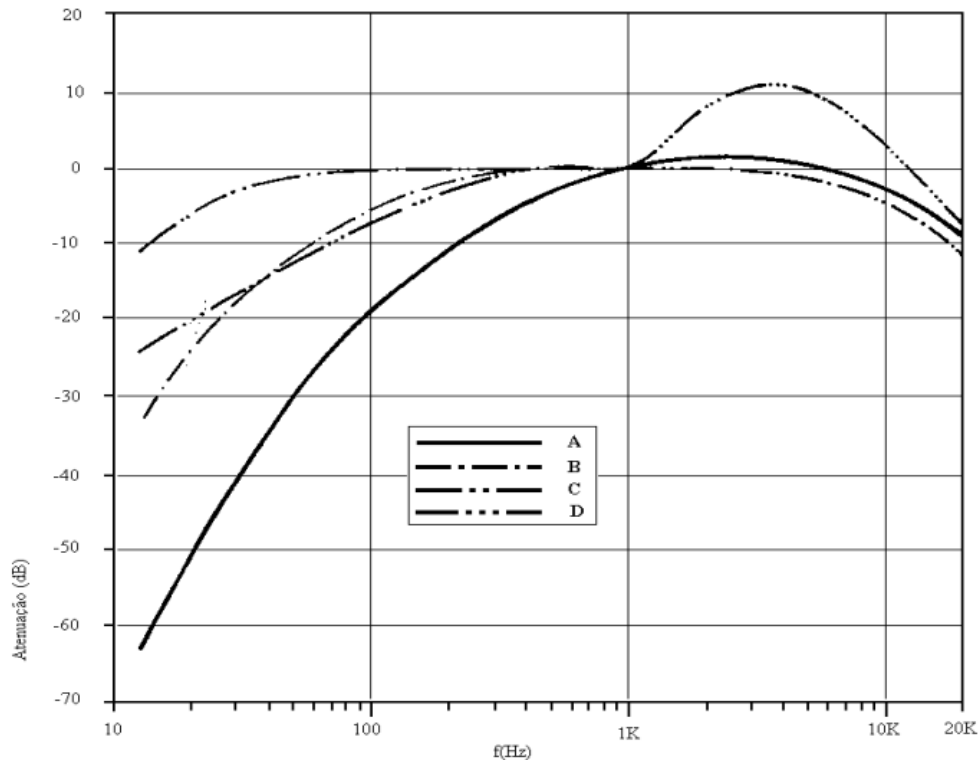
2.1.2 CURVAS DE PONDERAÇÃO

O ouvido humano, assim como muitos outros, não é sensível ao som de toda e qualquer frequência, as curvas de ponderação foram desenvolvidas com o propósito de fazer com que os níveis sonoros captados por instrumentos de medição fossem adequadamente corrigidos, de modo que tais valores de aproximassem o mais fielmente possível aos captados por um ouvido humano (CALIXTO, 2002).

As curvas de ponderação são filtros, através desses filtros é possível determinar pesos diferentes aos níveis de pressão sonora, podendo ser reduzidos ou mantidos para se assemelhem melhor ao ouvido humano (CONCEPÇÃO ACÚSTICA, 2018). Tais curvas foram denominadas através das letras A, B, C, D etc. A curva de ponderação do tipo A é a curva que mais se aproxima do ouvido humano, por isso é a mais utilizada nas medições de níveis de pressão sonora do tráfego de veículos rodoviários (CALIXTO, 2002). As demais curvas de ponderação abrangem uma faixa de sensibilidade um pouco maior ou um pouco

menor, assim contemplando mais baixas e altas frequências. A Figura 3 apresenta as curvas de ponderação comumente utilizadas no estudo sonoro de modo geral.

Figura 3: Curvas de ponderação



Fonte: CALIXTO (2002).

2.1.3 PROPRIEDADES ACÚSTICAS

Para que seja possível a análise da emissão sonora em rodovias se faz necessária a utilização do conceito de potência e pressão sonora. A potência sonora pode ser definida como sendo a quantidade de energia irradiada em uma unidade de tempo por uma dada fonte sonora (BRÜEL & KJÆR, 2001), “seu valor independe de fatores externos à fonte de interesse, isto é, uma propriedade intrínseca apenas da fonte” (PAZ, 2004).

As equações 1, 2 e 3 são as comumente utilizadas no cálculo de ruído (KAWAKITA, 2008):

- Nível de potência sonora (L_w)

$$L_w = 10 \cdot \log\left(\frac{W}{W_0}\right) \quad (1)$$

Onde:

L_w = Nível de potência sonora;

W = Potência acústica da fonte (W);

W_0 = Potência acústica de referência = 10^{-12} (W).

- Nível de pressão sonora (L)

$$Lp = 20 \cdot \log\left(\frac{P}{P_0}\right) \quad (2)$$

Onde:

Lp = Nível de potência sonora (dB);

P = Pressão acústica compreendida no intervalo das frequências audíveis sem nenhuma ponderação (Pa);

P0 = Pressão acústica inicial, considerada como o limiar da audição = $2 \cdot 10^{-5}$ (Pa)

- Nível de pressão sonora equivalente (Leq)

É a medida da pressão sonora levando em consideração a ponderação A (filtro eletrônico presente no instrumento de medição capaz de ajustar o equipamento de modo que se assemelhe ao ouvido humano), determinada em um intervalo de tempo (KAWAKITA, 2008). A equação 3 apresenta o nível equivalente citado.

$$Leq = 10 \cdot \log\left[\frac{1}{t} \cdot \left(\int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{p(t)}{p_0}\right)^2 dt\right)\right] \quad (3)$$

Leq = nível equivalente de pressão sonora (dB);

t = (t2 - t1) = tempo total de duração (s);

p(t)= pressão sonora instantânea;

p0 = pressão sonora de referência = $2 \cdot 10^{-5}$ (Pa).

2.1.4 NÍVEIS ESTATÍSTICOS DE RUÍDO

Os níveis de pressão estatísticos são níveis de pressões sonoras que são ultrapassados durante uma determinada fração de tempo total de medição (CALIXTO, 2002).

Schultz (1972) afirma que os níveis estatísticos de maior interesse na análise de ruído são L10 (nível excedido 10% do tempo total de medição), L50 (nível excedido 50% do tempo total de medição) e L90 (nível excedido 90% do tempo total de medição).

2.1.5 NÍVEL DE RUÍDO DE POLUIÇÃO SONORA (Lnp)

Segundo Schultz (1972) o nível de poluição sonora é considerado o descritor ideal para a avaliação do ruído comunitário, tal descritor é o valor que descreve o ruído de tráfego, dando importância ao nível contínuo de ruído e as suas variabilidades (BERANEK, 1993; ROBINSON 1971).

A equação 4 descreve o nível de poluição sonora segundo Beranek (1993), desenvolvedor da expressão em função dos níveis estatísticos extremos já descritos anteriormente (L10 e L90).

$$L_{np} = L_{eq} + (L_{10} - L_{90}) \quad (4)$$

É indicado que o limite de nível de poluição de seja encontre abaixo de 72 dB(A), sendo considerada uma via de tráfego intensa em uma área mista (ROBINSON, 1971).

2.1.6 NÍVEL MÍNIMO, MÁXIMO E DE PICO DE PRESSÃO SONORA ($L_{mín}$, $L_{máx}$)

Saber o máximo valor absoluto do ruído coletado em um dado período de tempo é importante para que se tenha uma melhor análise de dados, de modo que seja possível investigar o causador daquele distúrbio ou ainda utilizar o nível de pressão coletado na análise de emissão de ruído, o comparando aos níveis permitidos pela legislação local. O nível mínimo de ruído ambiental é dado em dB (A) e denotado por $L_{máx}$. Da mesma forma, tem-se também o valor absoluto do ruído coletado, dado em dB (A) e denotado por $L_{mín}$ (BRÜEL & KJÆR, 2001).

Gerges (2000) afirma que o nível de pressão sonora de pico é o auge absoluto do som contínuo, que normalmente possui uma limitação na duração mínima do pico do ruído medido devido as características dos equipamentos de medição.

2.2 RUÍDO E SAÚDE

Com o passar dos anos a desenfreada concentração de pessoas gera às grandes cidades uma poluição sonora cada vez maior, tal poluição sujeita a população a efeitos nocivos à saúde, vindo a comprometer o bem-estar do cidadão, como por exemplo, estresse, desequilíbrio bioquímico, irritação, insônia etc. (CALIXTO, 2002).

Muitos dos sons em nosso ambiente ultrapassam os limites recomendados e suportados pelo ouvido humano, a exposição continua a essas fontes sonoras pode causar danos irreversíveis, como exemplo a perda auditiva. Como já citado, a pressão sonora é dada em decibel (dB), essa unidade de grandeza foi escolhida graças a sua variação logarítmica, que aumenta em muitas vezes a energia sonora apenas com uma pequena variação numérica, portanto, a exposição, mesmo que por um curto período de tempo, pode causar consequências não só físicas como também psicológicas (GUIMARÃES, 2005).

O zumbido como resultado da intensa exposição ao ruído é um dos efeitos auditivos mais comuns no ser humano, que pode ou não vir acompanhado da perda auditiva, além de

ser capaz de ocorrer de forma repentina ou gradual, com potencial de ser ou não reversível. Apenas cerca de 10% dos pacientes que apresentam zumbido tem a audição dentro na normalidade, pode ser temporário ou permanente (COELHO, 1996).

Ganime *et al.* (2010) afirma que os efeitos da exposição intensa ao ruído podem trazer efeitos extra auditivos, como alterações psíquicas, fisiológicas e até anatômicas de vários órgãos do ser humano, dentre os citados pelos autores tem-se:

- **Circulatório:**

Indivíduos sobre condições que envolvam a alta exposição ao ruído prolongado tendem a possuir uma maior suscetibilidade a desenvolver hipertensão arterial sistêmica, assim como doenças cardíacas e maiores variações na pressão arterial, já que o corpo se defende de modo a liberar uma maior quantidade de adrenalina a fim de responder a uma situação de medo ou desejo;

- **Gastrointestinal:**

A exposição mais prolongada ao ruído pode causar alterações da função intestinal, causada pela redução de secreção gástrica e conseqüentemente a diminuição da velocidade de digestão;

- **Psíquico:**

Como dito, a irritação, mal-estar e fadiga podem também ser conseqüências diretas da continua exposição ao barulho, já que distrai o indivíduo, o forçando a gastar mais energia para que se mantenha focado na atividade executada;

- **Comunicação:**

Além de diminuir a concentração do indivíduo, o ruído intenso provoca mascaramento da voz, o que dificulta o entendimento e a capacidade de raciocínio rápido na conversação, o que pode causar acidentes tanto de trânsito como de trabalho, uma vez que há uma diminuição na eficiência da comunicação entre as pessoas.

2.3 NORMAS TÉCNICAS, REGULAMENTOS E LEGISLAÇÕES INTERNACIONAIS

Na Tabela 1 são apresentadas as principais normas, regulamentações e legislações utilizadas como fonte de pesquisa para o desenvolvimento do presente trabalho. Nos subitens que sucedem a Tabela 1 serão descritos todos os materiais de estudo citados.

Tabela 1: Principais abordagens das normas, regulamentações e legislações internacionais apresentadas

ISO 11819	ISO 1996	RLS - 90	HUD
Classificação de veículos	Correção de níveis sonoros	Dá enfoque as atenuações que podem gerar distorção nos resultados	Faixas de nível sonoro equivalente
Referências de velocidade	Posicionamento do instrumento de medição	Cálculo do nível equivalente médio de pressão	Faixas de nível estatísticos mais utilizados
Posicionamento do instrumento de medição	-	-	-
Índice estatístico de Passagem	-	-	-

Fonte: Autor.

2.3.1 ISO 11819 – 1, STATISTICAL PASS BY INDEX

Segundo Specth *et al.* (2006), a norma técnica estadunidense ISO 11819 – 1 (1997), com atualização em 2023, nomeada como Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Parte 1: Statistical pass-by method, traz consigo um método de medição que relaciona a influência dos pavimentos rodoviários com a poluição sonora gerada pelo tráfego veicular. Tal método consiste em obter a velocidade e a maior pressão sonora de cada veículo que passa pelo ponto de referência adotado na rodovia. Para isso, faz-se o uso de um filtro ponderador do tipo A (filtro eletrônico que altera o espectro sonoro a fim de adaptá-lo ao ouvido humano). A norma classifica os veículos como leve, pesado com dois eixos ou pesado com mais de dois eixos, já as rodovias no país, são classificadas de acordo com a velocidade de uso. A seguir encontra-se a velocidade de referência para cada tipo de rodovia:

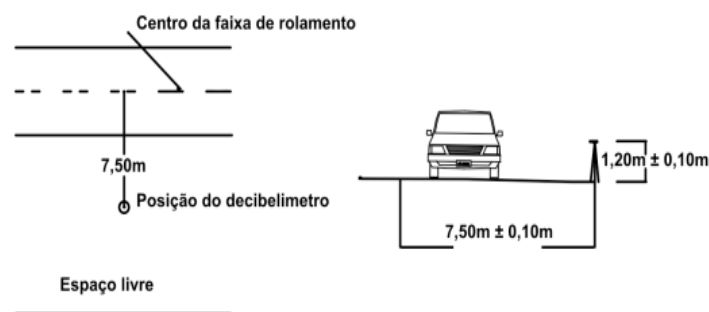
- Rodovias de baixa velocidade: 45 a 64 km/h (referência = 50 km/h);
- Rodovias de média velocidade: 65 a 99 km/h (referência = 80 km/h);
- Rodovias de alta velocidade: + 100 km/h (referência = 110 km/h).

Para que o método proposto pela ISO 11819-1 possa ser utilizado, alguns critérios precisam ser cumpridos (SPECTH *et al.*, 2006):

- 1) A pista de rolamento deve possuir no mínimo 30 metros para ambos os lados contando a partir do local de posicionamento do microfone, para velocidades altas a pista deve possuir 50 metros;

- 2) O trecho analisado deve ser totalmente plano e nivelado, a fim de minimizar o efeito de interferências externas;
- 3) A menos que o objetivo do estudo seja analisar as más condições da rodovia em questão, ela deve estar em boas condições para a medição;
- 4) O volume de tráfego deve obedecer ao mínimo estabelecido pela norma, sendo eles de 100 veículos de passeio, 30 veículos pesados com dois eixos e 30 veículos pesados com mais de dois eixos, de modo que, a soma dos dois últimos veículos citados deve ser maior ou igual a 80. Caso algum veículo esteja sujeito a interferência sonora de outros veículos, o mesmo deve ser desconsiderado da análise.
- 5) O microfone utilizado deve ser posicionado estrategicamente de modo que não haja presença de barreiras sonoras, para tanto, deve haver um espaço mínimo de 25 metros ao seu redor, com o propósito de evitar interferências de reverberação e absorção sonora. Além disso, o mesmo microfone deve estar a 1,2 metros de altura (com erro de $\pm 0,1$ metro) e a 7,5 metros de distância ($\pm 0,1$ metro) do eixo da rodovia, a Figura 4 exemplifica as condições apresentadas neste item.

Figura 4: Posicionamento correto do instrumento segundo o método statistical pass by index



Fonte: Specht *et al.*, 2006.

Após a realização de todos os procedimentos descritos, se faz necessário adequar os dados a norma utilizada (através de uma regressão linear) para que assim seja possível calcular SPBI (Índice estatístico de passagem) do local escolhido a partir do uso da equação 5 (SPECHT *et al.*, 2006).

$$SPBI = 10 \cdot \lg[W_1 \cdot 10^{\frac{L_1}{10}} + W_{2a} \cdot \left(\frac{v_1}{v_{2a}}\right) \cdot 10^{\frac{L_{2a}}{10}} + W_{2b} \cdot \left(\frac{v_1}{v_{2b}}\right) \cdot 10^{\frac{L_{2b}}{10}}] \quad (5)$$

Onde:

SPBI = Índice estatístico de passagem;

W_1 , W_{2a} , W_{2b} = fatores da proporção de veículos analisados, que depende do país, localidade, dia e horário de análise;

L_1 , L_{2a} , L_{2b} = valores de pressão sonora para cada categoria de veículo;

v_1, v_{2a}, v_{2b} = velocidade de referência de cada categoria de veículo.

Segundo Knabben (2012), as principais vantagens deste método são:

- 1) A possibilidade de uma melhor filtragem de veículos visto que a escolha do veículo depende diretamente do operador, logo, caso ocorra alguma anormalidade durante o processo de medição, o veículo analisado pode receber uma atenção individual ou, se for o caso, ser descartado;
- 2) Não se faz necessário condicionar o tráfego da via analisada
- 3) A caracterização da circulação rodoviária típica da via depende apenas da amostra em questão.

Em contrapartida, ainda segundo Knabben (2012), as principais desvantagens do método SPBI são:

- 1) É necessária uma grande quantidade de medições para que o resultado obtido seja mais fidedigno;
- 2) O ruído do motor do veículo pode interferir diretamente no resultado final, não sendo possível determinar com exatidão a influência do ruído pneu-pavimento;
- 3) Não é possível controlar a idade e o tipo de pneu utilizado no experimento, sendo assim, tem-se uma variável incerta que fará com que o pavimento possa não ser a principal causa do ruído captado.

2.3.2 ISO 1996-1 (2016) E ISO 1996-2 (2017)

A ISO 1996-1 (2016): Acústica, medição e avaliação do ruído ambiente é uma norma técnica base para o estudo das medições de ruído ambiente, tal norma é dividida em duas partes, a primeira traz consigo grandezas fundamentais e métodos de avaliação de ruído, já a segunda parte é voltada para a determinação dos níveis de pressão sonora. Esta norma apresenta uma série de recomendações no que diz respeito tanto aos procedimentos de medição como as formas de calcular os níveis sonoros de ambientes externos, a norma leva em consideração os mais diferentes tipos de ambiente e anuncia formas de correção para os níveis sonoros medidos devido à possibilidade de interferência nos resultados devido aos efeitos causados pela reflexão das ondas sonoras advindas da fachada das edificações próximas ao ponto de análise.

Na ISO 1996-2 (2017) é ditada a distância recomendada do instrumento de medição para que se obtenha um melhor resultado, sendo esta distância variável de acordo com os casos descritos abaixo (GONZÁLEZ *et al.* 2017):

- 1) Posição do microfone montado no mesmo nível da superfície refletora: - 6 dB;

- 2) Posição do microfone situado entre 0,5 e 2,0 metros à frente da superfície refletora:
- 3 dB;
- 3) Posição em campo livre: 0 dB.

A altura do microfone também possui recomendações presentes na ISO 1996-2, sendo esta sujeita a uma das duas condições ditadas a seguir (GONZÁLEZ *et al.* 2017):

- 1) $4,0 \pm 0,5$ metros em áreas residenciais com edifícios de múltiplos pavimentos;
- 2) $1,2 \pm 0,1$ metros em áreas residenciais com edifícios de pavimento único e em zonas recreativas.

2.3.3 RLS-90 (RICHTLINIEN FÜR DEN LARMSCHUTZ AN STRABEN, 1990)

A RLS - 90 (Richtlinien für den Lärmschutz an Straben), norma técnica alemã, apresenta orientações para a proteção contra o ruído nas estradas, tal documento foi desenvolvido pelo Departamento de Construção de Rodovias Alemão e é considerado como a mais relevante normativa no que diz respeito ao método de cálculo de ruído na Alemanha (BIASI *et al.*, 2018).

O método exposto pela RLS - 90 é capaz de determinar o nível classificação de ruído de uma dada via, para tanto é necessário que os seguintes dados sejam adquiridos:

- O fluxo horário médio de tráfego deve ser separado em veículos pesados, leves e motocicletas;
- A velocidade média de cada grupo veicular;
- O tipo, a geometria e as dimensões da estrada analisada, inclusive os obstáculos presentes na mesma (naturais e artificiais), uma vez que podem ser consideradas barreiras acústicas que demandam de uma análise mais aprofundada.

É válido salientar que a norma alemã traz uma seção (3.2.1.1) totalmente voltada a alguns dos tipos de pavimento asfáltico utilizados na Alemanha, citando que a escolha desse material na construção de uma rodovia pode ser fundamental para que se tenha uma superfície com capacidade de absorver uma determinada parcela do ruído emitido pelos veículos passantes. Ainda segundo a mesma norma, estradas sem interseções tendem a promover um fluxo de tráfego mais suave, enquanto estradas com muitos cruzamentos acabam por causar interrupções indesejadas.

Segundo a RLS - 90, o cálculo do nível de classificação do ruído do tráfego é baseado nos volumes médios do tráfego de diário e na média de participações de caminhões em todos os dias do ano. Os níveis calculados de acordo com as diretrizes apresentadas na norma se aplicam a uma condição de vento com velocidade de até 3 m/s da rua até o ponto de emissão

do som, caso sejam realizadas medições fora desta condição, pode haver uma diminuição no nível de ruído captado.

O método matemático proposto pela RLS - 90 estima que o nível de pressão sonora gerado pelo tráfego em uma rodovia longa, plana e com tráfego contínuo, em cada pista, é dado pela equação 6 (DVB, 1990):

$$L_m = L_{m,e} + D_s + D_{bm} + D_b \quad (6)$$

Onde:

$L_{m,e}$ = nível equivalente médio de emissão;

D_s = atenuação devida à distância e absorção do ar;

D_{bm} = atenuação devida aos efeitos atmosféricos e do solo;

D_b = atenuação devida à topografia e às dimensões dos edifícios.

2.3.4 CRITÉRIO DE U.S DEPARTAMENT OF HOUSING IN URBAN DEVELOPMENT – HUD

O Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano dos Estados Unidos (HUD) é um órgão norte americano responsável por classificar a qualidade acústica de uma determinada área residencial em razão de seus níveis de ruído (QUADROS, 2004). O método de avaliação apresentado pelo departamento envolve as medições do nível de pressão sonora equivalente $Leq(A)$, em decibel, ponderados em “A” comumente chamado dB(A).

As faixas de níveis soros equivalentes $Leq(A)$ são fixados pelo HUD. É valido ressaltar que tais limites são aplicáveis somente em áreas residenciais (QUADROS, 2004), sendo eles:

- $Leq \leq 49$ (claramente aceitável);
- $49 < Leq \leq 62$ (normalmente aceitável);
- $62 < Leq \leq 76$ (normalmente inaceitável);
- $Leq > 76$ (claramente inaceitável).

O HUD define também alguns dos níveis estatísticos comumente utilizados na análise de ruído, tais como o L10 e o L90:

a) Nível estatístico, L10 [dB(A)]:

- $L10 \leq 53$ (claramente aceitável);
- $53 < L10 \leq 66$ (normalmente aceitável);
- $66 < L10 \leq 82$ (normalmente inaceitável);
- $L10 > 82$ (claramente inaceitável) 45.

b) Nível estatístico, L90 [dB(A)]:

- $L_{90} \leq 41$ (claramente aceitável);
- $41 < L_{90} \leq 56$ (normalmente aceitável);
- $56 < L_{90} \leq 71$ (normalmente inaceitável);
- $L_{90} > 71$ (claramente inaceitável).

2.4 NORMAS TÉCNICAS, LEGISLAÇÕES E RESOLUÇÕES NACIONAIS

Na Tabela 2 são apresentadas as principais normas, regulamentações e legislações utilizadas como fonte de pesquisa para o desenvolvimento do presente trabalho. Nos subitens que sucedem a Tabela 2 serão descritos todos os materiais de estudo citados.

Tabela 2: Principais abordagens das normas, regulamentações e legislações nacionais apresentadas

NBR 10151	NBR 9714/CESTEB	DNIT 076/2006	NBR 15415	Lei nº 480/99	NBR 16425
Correção de níveis sonoros	Ruído gerado por desgaste em peças mecânicas	Uso de barreiras acústicas de origem natural e artificial	Ensaio de passagem de ruído	Limites sonoros máximos admitidos	Posicionamento do instrumento de medição
Diferenças entre horários de medição	Limites sonoros máximos admitidos em cada categoria veicular	Foco na utilização de barreiras acústicas vegetais	Posicionamento do instrumento de medição	-	Calibração do instrumento de medição
Nível de Critério de Avaliação para ambientes externos	-	-	Limite sonoro máximo admitido a partir do ensaio	-	Descritores sonoros
Posicionamento do instrumento de medição	-	-	-	-	-

Fonte: Autor.

2.4.1 NBR 10151 (2000)

A NBR-10151 (2000), “Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade”, fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, além disso, traz a especificação de um método para a medição e avaliação de ruídos (ABNT, 2000). O método de avaliação envolve as medições do nível de pressão sonora equivalente [Leq (A)], em decibel ponderados em “A”. A norma brasileira ainda apresenta correções que podem ser aplicadas nos níveis sonoros medidos caso o ruído exponha características especiais.

No item 5.2 da norma é citado que, para a avaliação de ruído no exterior de edificações se faz necessário:

- Proteger o equipamento contra o vento (segundo recomendação do fabricante);
- As medições devem ser efetuadas em pontos afastados aproximadamente 1,2 m do piso e pelo menos 2 m de quaisquer outras superfícies refletoras, como muros, paredes etc., caso não seja possível atender as condições, a motivação deve constar no relatório gerado.

O método de avaliação do ruído apresentado pela norma baseia-se em uma comparação entre o nível de pressão sonora corrigido L_c [$L_{eq}(A)$ acrescido de 5 dB(A)] e o nível de critério de avaliação NCA (ABNT, 2000) presente na Tabela 3. Os horários apresentados na mesma tabela podem ser modificados de acordo com o hábito da população do local, porém, segundo a norma, o período noturno não deve começar antes das 22:00h e não deve terminar antes das 7:00h do dia seguinte. Se o dia analisado for um domingo ou feriado, o término do período noturno não deve ser antes das 9:00h.

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: NBR 10151/2000.

2.4.2 NBR 9714 (2000)

A NBR 9714 (2000) intitulada como “veículo rodoviário automotor, ruído emitido na condição parado” traz consigo um método de avaliação de poluição sonora que leva em consideração o estado de conservação do veículo, sendo o ensaio realizado nas proximidades do sistema de escapamento do objeto veículo automotor analisado, na condição parado (NBR 9714, 2000).

O método descrito pela NBR 9714 (2000) vem como uma forma de auxiliar o pesquisador nas medições de ruído, já que é destinado para determinar as variações sofridas por um veículo automotor devido ao desgaste de suas peças mecânicas.

Alguns critérios devem ser seguidos para que seja possível a realização do ensaio de forma correta, sendo alguns deles:

- O tipo de aparelhagem necessário para o ensaio deve ser um medidor de nível de som (MNS), ou equivalente, e estar de acordo com a IEC (International Electrotechnical Commission) 60651;
- Caso seja utilizado algum tipo de equipamento de proteção contra o vento no microfone, deve ser levada em consideração a possibilidade de que os resultados obtidos não representem com exatidão a realidade;
- Efetuar a calibração do MNS antes das medições de acordo com as instruções do fabricante;
- O ensaio deve ser realizado em um local plano e horizontal.

Referente às condições do ensaio, o mesmo deve ser realizado em um local plano e horizontal, seus limites devem se encontrar a uma distância de pelo menos 3 metros da extremidade do veículo analisado, devendo este estar a uma distância maior que 1 metro da guia, além disso, com exceção do condutor e do observador, nenhuma pessoa ou obstáculo deve se encontrar no local do ensaio durante o processo de medição, já que qualquer alteração na condição pode acarretar em distorções nos resultados obtidos.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), realizou um estudo referente à emissão de ruído gerado por veículos automotores, dentre eles: motocicletas, automóveis, ônibus e caminhões, tal estudo estabeleceu as bases do Programa Nacional de Controle de Ruído Veicular (CAETANO, 2016). A partir da contribuição do estudo realizado e das resoluções 01 e 02 de 1993 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) estabeleceram-se limites máximos de ruído para veículos novos comercializados no Brasil. A Tabela 4 traz consigo os limites admitidos em cada categoria veicular.

Tabela 4: limite máximo de ruído para cada categoria veicular

Categoria	Nível de ruído - dB(A)
Até 80 cm ³	75
81 cm ³ a 125 cm ³	77
126 cm ³ a 175 cm ³	77
176 cm ³ a 350 cm ³	80
Acima de 350 cm ³	80

Fonte: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2020).

2.4.3 NBR 16425-1 (2016)

A NBR 16425-1 (2016) – Acústica - medição e avaliação de níveis de pressão sonora provenientes de sistemas de transportes apresenta o tipo de instrumentação a ser utilizada no

monitoramento dos níveis de pressão sonora, estabelece os procedimentos para a calibração e ajuste em campo da instrumentação eletroacústica, dita condições gerais de medição e define os descritores sonoros a serem considerados na análise de sons advindos de sistemas de transporte (ABNT NBR 16425-1, 2016). Segundo Brüel e Kjær (2001) o medidor de ruído deve ser calibrado antes e ao final do período de cada medição, para que se tenha o mínimo de interferência externa possível, no entanto, a calibração que será realizada antes da medição e diretamente no local de estudo, uma vez que calibrar o equipamento muito antes da medição propriamente dita, pode comprometer a integridade dos dados coletados pelo medidor de ruído.

Segundo a mesma norma, as medições não devem ser realizadas em situações climáticas adversas, a fim de evitar possíveis disparidades nos resultados obtidos. Caso a medição possua uma longa duração e uma adversidade climática ocorra durante o processo, os dados devem coletados devem ser tratados de modo a considerar os eventuais fenômenos climáticos (NBR 16425-1, 2016). A locação dos pontos de medição deve seguir os critérios apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: posição do ponto de medição

Critério	Parâmetro
Altura do medidor, para medições ao nível do solo	Microfone posicionado de 1,20m a 1,50m do solo
Altura do medidor, para medições superiores a 1,50m do solo	Microfone posicionado de 1,20m a 1,50m do piso do pavimento + registro a altura do pavimento até o solo.
Monitoramento contínuo de longa duração ou de período completo	Microfone posicionado a no mínimo a 4m do solo

Fonte: Brandão (2018).

2.4.4 DNIT 076 – ES (2006)

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) apresenta a norma regulamentadora nomeada como DNIT 076/2006 – ES (Tratamento ambiental acústico das áreas lindeiras da faixa de domínio, especificação de serviço), traz informações acerca do tratamento acústico das áreas lindeiras da faixa de domínio, por meio de barreiras acústicas artificiais ou vegetais. Segundo a Norma, ruídos contínuos acima de 90 dB(A) possuem efeitos negativos ao desempenho e ao bem-estar do ser humano, de tal forma que a saúde e a performance de um indivíduo podem ser gravemente afetadas devido à alta exposição ao ruído sonoro.

A Norma apresenta a importância do uso de barreiras acústicas (principalmente vegetais) na redução do ruído acústico, especificamente de um trecho de três vias com um

fluxo contínuo de veículos pesados. As principais barreiras acústicas apresentadas no documento são as listadas abaixo:

- Sabiá do Campo – Espécie vegetal muito utilizada como quebra vento, muito resistente a impactos e ao fogo, pode atingir uma altura média de 3 metros e possui vida útil superior a 50 anos, dentre as espécies vegetais para constituição de cerca viva, o Sabiá do campo é a que melhor apresenta resultados;
- Barreiras artificiais acústicas – Podem ser desenvolvidos por meio de blocos de concreto celular pré-fabricado, alumínio, chapas de acrílico, etc., podem se ajustar a topografias diversas e possuem um maior valor agregado.

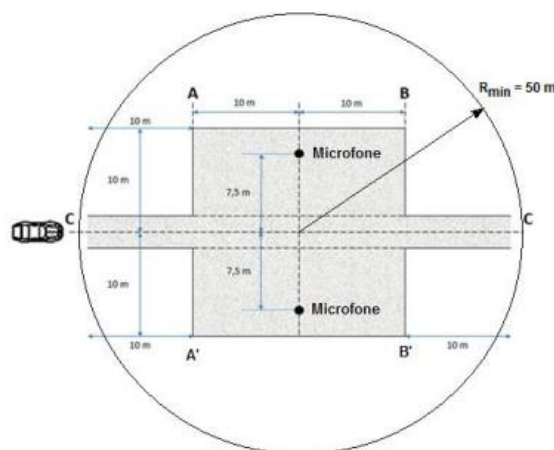
Além de evidenciar o uso de barreiras acústicas, a Norma dá um enfoque na proporção de materiais a serem utilizados na implantação do serviço, bem como o processo de execução (plantio) das barreiras acústicas vegetais, seu respectivo controle e formas de inspeção.

2.4.5 NBR 15145 (2004)

A NBR 15145 (2004) tem como objetivo regulamentar o nível de emissão sonora dos veículos (sejam eles automotores ou não). O ensaio apresentado pela norma reproduz uma condição de uso do veículo em aceleração (ABNT NBR 15145, 2004).

Segundo a Norma, o microfone deve ser posicionado a 1,2 metros de altura do nível do terreno e a 7,5 metros de distância do centro da pista, conforme apresentado na Figura 2. Além disso, a norma estabelece que o nível sonoro máximo, expresso em dB(A), deve ser medido durante a passagem do veículo entre as linhas **A** e **B**, apresentado na Figura 5, (DUARTE *et al.*, 2016).

Figura 5: Mapa superior da pista de ensaio de ruído de passagem



Segundo Duarte *et al.*, (2016), a norma dita que o veículo analisado deve aproximar-se da linha inicial **A** a uma velocidade constante correspondente a $\frac{3}{4}$ da velocidade angular de potência máxima do motor limitada em 50 Km/h. O pedal do acelerador é acionado completamente (com aceleração constante) quando a extremidade frontal do veículo atinge a linha **A**, o veículo deve manter-se com a aceleração constante durante todo o percurso **CC** de 20 metros de comprimento. Deve-se interromper totalmente a aceleração no momento em que a extremidade traseira do veículo ultrapassa completamente a linha final **B**. O ensaio deve ser realizado sucessivamente em segunda e terceira marcha quando os veículos de estudo forem do tipo misto, de carga ou tração nas quatro rodas com peso bruto de até 3500 kg.

O resultado final deve ser obtido pela média aritmética dos valores máximos obtidos na medição em segunda e terceira marchas, consecutivamente (ABNT NBR 15145, 2004).

2.4.6 LEGISLAÇÃO REFERENTE A EMISSÃO DE RUIDOS NA CIDADE DE BARREIRAS

A lei nº 480/99, de 06 de outubro de 1999 (publicada pela prefeitura de Barreiras-Bahia), que dispõe sobre o controle e a fiscalização das atividades que gerem poluição sonora, impõe os seguintes itens:

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

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

I - Período diurno, das 7 às 20 horas;

II - Período noturno, das 20 às 7 horas;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Parágrafo único – Sem prejuízo da aplicação cumulativa de outras penalidades impostas por lei e independentemente da exigência de qualquer situação atenuante, considera-se infração grave a emissão de sons e ruídos de 10 a 25 dB (A) acima dos limites permitidos na Figura 6 e infração gravíssima a emissão de sons e ruídos acima de 25 dB (A) dos limites permitidos na mesma Figura.

Figura 6: Limites máximos de emissão sonora permitidos na cidade de Barreiras – Bahia

LOCAL	MATUTINO	VESPERTINO	NOTURNO
RESIDENCIAL	55 d BA	55 d BA	50 d BA
DIVERSIFICADO	70 d BA	65 d BA	60 d BA

Fonte: Diário oficial de Barreiras - Bahia - Edição 1225 - 19 de setembro de 2011.

2.5 PRINCIPAIS PARÂMETROS UTILIZADOS NO ESTUDO DO RUÍDO PROVOCADO PELO TRÁFEGO DE VEÍCULOS EM RODOVIAS

Neste item serão descritos alguns estudos relacionados ao monitoramento do ruído produzido pelo tráfego de veículos em rodovias, de modo a enfatizar os parâmetros e soluções adotadas em cada análise. A Tabela 6 apresenta um resumo do material analisado, bem como as principais conclusões encontradas.

Tabela 6: Análise de ruído em rodovias quanto ao tipo de pavimento

Autores	Parâmetro analisado	Principais conclusões
KNABBEN, 2012 FRANKLIN <i>et al.</i> , 1979 CONTER <i>et al.</i> , 2016 HAMET <i>et al.</i> , 2000 FEHRL, 2006 HOOD, 1987	Tipos de pavimento	Materiais porosos possuem maior capacidade de absorção sonora
NARUSEVICIUS, 2022 CARNEIRO, 2018 TEICHMANN <i>et al.</i> , 2017	Barreiras acústicas	Barreiras de concreto garantem maior estabilidade e absorção de impactos
LIMA, 2023	Fluxo e tipo de veículo	O tipo, a idade e a falta de manutenção do veículo influenciam diretamente nos resultados obtidos

Fonte: Autor.

Abaixo se encontram os subitens com a especificação da pesquisa realizada por cada autor citado juntamente com as conclusões encontradas.

2.5.1 AVALIAÇÃO DO RUÍDO QUANTO AOS TIPOS DE PAVIMENTO

A superfície da estrada possui uma grande influência no que diz respeito à emissão e propagação do ruído do tráfego rodoviário, já que tanto a porosidade como o tipo de pavimento asfáltico podem ajudar ou atrapalhar a absorção sonora de um dado trecho da estrada. Ao avaliar o ruído do pneu-pavimento se faz necessário entender as várias características físicas do revestimento do pavimento, já que, vários desses fatores podem influenciar diretamente na poluição ambiental do trecho analisado. De modo geral, se espera que um pavimento que possua uma maior porosidade auxilie na redução do ruído gerado por alguns mecanismos aerodinâmicos advindos do atrito entre o pneu e o revestimento asfáltico e que os agregados menores reduzam ou impeçam as vibrações do pneu (HAMET *et al.*, 2000).

Além da porosidade, a idade das camadas é um fator relevante quanto ao desempenho acústico do pavimento asfáltico, já que a ação do tráfego desgasta a superfície, de modo que agrava o nível de ruído gerado na relação pneu-asfalto (KNABBEN, 2012). Em superfícies porosas o acúmulo de sujeira nos poros também faz com que a eficiência acústica diminua ao longo do tempo (FEHRL, 2006). A degradação temporal sofrida por superfícies asfálticas betuminosas, devido ao longo período de exposição à ação dos veículos, faz com que o pavimento apresente trincas, de maneira a favorecer o aumento dos níveis de ruído da relação pneu-pavimento (FRANKLIN *et al.*, 1979).

Segundo Hood (1987) superfícies betuminosas tendem a gerar menos ruído se comparadas às superfícies de concreto, uma vez que o betume torna o índice superficial de vazios maior do que o concreto, com um índice maior, o som tende a se propagar por entre as partículas, diminuindo a Reflexão do ruído no ambiente. A Tabela 7 apresenta o nível de ruído típico de acordo com o tipo de superfície utilizada na rodovia.

Tabela 7: Faixas típicas de nível de ruído pneu/estrada de acordo com o tipo de superfície da rodovia

Tipo de superfície da estrada	Nível de ruído [dB (A)]
Recapeamento com mistura asfáltica convencional	73 - 78
Concreto betuminoso trincado	75 - 81
Misturas betuminosas a frio	75 - 81
Micro – revestimento de alto desempenho	75 - 79
Tratamento superficial simples	75 – 81
Tratamento superficial duplo	76 – 80
Concreto asfáltico poroso	69 - 77
Concreto de cimento Portland	76 - 85
Equipamento para pavimento de concreto	81 - 84

Fonte: Avsar e Gonullu (2005).

Knabben (2012) afirma que, materiais porosos tendem a possuir uma maior capacidade de absorção sonora, tendo em vista que, por possuir mais vazios, a passagem do fluxo de ar entre as partículas do material asfáltico acaba por ocorrer de maneira mais fluída, o que gera uma maior propagação sonora dentro do material asfáltico, de modo a reduzir consideravelmente o ruído gerado pelo atrito entre o pneu e o pavimento.

A rigidez do revestimento influencia diretamente na geração de ruído entre o pneu/pavimento, de modo que, um revestimento a base de asfalto borracha tende a diminuir a geração de ruído no que tange a parcela mecânica de impactos e choques (FEHRL, 2006).

2.5.2 AVALIAÇÃO DE RUÍDO QUANTO A UTILIZAÇÃO DE BARREIRAS ACUSTICAS EM RODOVIAS

A aplicação de barreiras acústicas em rodovias é um dos métodos de redução do ruído gerado pelo tráfego de veículos, essas barreiras funcionam como obstáculos que impossibilitam a passagem das ondas sonoras presentes entre o gerador e o receptor de ruído (NARUSEVICIUS, 2022). Através do uso de barreiras acústicas em rodovias é possível observar uma redução nos níveis sonoros cerca de 15db menor, se comparada a rodovias que não possuem tais obstáculos (TEICHMANN *et al.*, 2017).

Dentre as barreiras acústicas utilizadas nas rodovias tem-se (CARNEIRO, 2018):

- 1) Barreira de concreto: podem ter função absorvente desde que seja fabricada a partir de materiais a base de grãos de argila expandida, fibras de madeira ou grãos de cerâmica. Tais materiais garantem que a superfície da barreira seja porosa e nervurada, garantindo uma menor absorção acústica;
- 2) Barreira de alvenaria estrutural: possui uma rápida instalação, se adequa a topografia do terreno e possui a vantagem de não necessitar de máquinas pesadas no processo de construção;
- 3) Barreira em painéis metálicos: pode ser construído de alumínio ou aço inoxidável. Se preenchido com material absorvente poroso (lã mineral de alta densidade), possui um grande fator de absorção sonora, além disso, são leves, mas possuem um valor agregado elevado;
- 4) Barreiras em madeira: podem apresentar tanto a função de absorção como reflexão acústica. Barreiras construídas em madeira necessitam de uma camada de lã de rocha, vidro ou malhas plásticas em seu interior, para que assim consigam desempenhar seu papel de forma aceitável;
- 5) Barreiras em materiais transparentes: constituídas por materiais como o vidro temperado, geralmente são utilizadas para locais que necessitam de barreiras que impactem menos o visual do ambiente, para isso, além do custo elevado, pode não possuir uma eficiência tão significativa se comparada às demais barreiras apresentadas anteriormente.

Narusevicius (2022), após analisar os tipos de barreiras presentes nas rodovias brasileiras, pôde concluir que, as barreiras de concreto garantem uma maior estabilidade, além de possuírem uma grande capacidade de absorção de impacto, por outro lado, barreiras a base de materiais transparentes podem garantir uma melhor harmonia estética ao ambiente, em contrapartida acabam por sofrer uma redução em sua capacidade de absorção acústica.

2.5.3 AVALIAÇÃO QUANTO AO FLUXO E TIPO DO VEÍCULO

O tipo de veículo influencia diretamente no ruído gerado ao meio ambiente, já que estes são a fonte de ruído que traz mais incomodo a grande parte dos países (LIMA, 2023). Para que seja possível a análise do ruído gerado por veículos automotores nas rodovias, é preciso que se faça primeiramente a contagem dos mesmos, principalmente nas horas de pico (LIMA, 2023), já que é a partir dessa quantidade que se pode obter conclusões acerca da problemática estudada. Cada veículo possui um peso diferente, que se relaciona diretamente com a capacidade de emissão sonora lançada pelo mesmo, sendo assim, separar

cada veículo de acordo com o tipo e a classificação é de suma importância para que se obtenham resultados mais fidedignos a realidade.

A partir das orientações apresentadas, LIMA (2023) afirma em seu trabalho que, para o trecho rodoviário analisado, os veículos leves acabam por possuir uma grande influência no nível de ruído do local e que os níveis de ruído obtidos se apresentaram maiores que os admitidos pela legislação local. Um dos fatores responsáveis é a idade e a falta de manutenção de alguns veículos quantificados, que acabaram por fazer com que o resultado final não se encaixa nos níveis sonoros ideais para o bem-estar do ser humano.

2.6 CONTROLE DE RUÍDO AMBIENTAL

A inexistência de um sistema de controle de ruído trás diversos tipos de malefícios, tanto para o desempenho dos motoristas que trafegam pela via como para os pedestres próximos ao local, já que mesmo não sendo nocivo pode soar indesejável para boa parte das pessoas (AMARILLA, 2019). Para Murgel (1998) existem duas formas de controlar a emissão de ruído em rodovias, a primeira leva em consideração a redução da fonte do ruído, de modo que seja reduzida a emissão sonora dos veículos que passam pela via, a segunda forma é foca em não deixar a emissão sonora se propagar, seja fazendo uso de artifícios do próprio ambiente, desenvolvendo políticas públicas ou até mesmo introduzindo novos métodos de limitação da transmissão sonora (barreiras acústicas). Calixto *et al.* (2003) impõe algumas medidas que possuem a capacidade de amenizar o impacto ambiental causado pela poluição sonora, sendo algumas delas: instalação de radares, controle de qualidade da pista, controle de qualidade veicular, manutenção da pista e a inclusão de barreiras acústicas.

Angeli *et. Al* (2018) afirmam que as barreiras acústicas são artifícios ainda pouco explorados no Brasil, mas que já são muito utilizados em países da Europa, no Japão e nos Estados Unidos da América, vindo a retratar que o público desses países já trata a poluição sonora como algo extremamente nocivo e que demanda de soluções alternativas, sejam elas artificiais ou não. Em um estudo realizado na Estação Venda Nova em Belo Horizonte – MG proposto por Valadares e Vecci (2001) percebeu-se que ao intervir artificialmente como a introdução de barreiras acústicas o local analisado veio a apresentar uma melhor eficiência tanto no que diz respeito ao conforto dos passageiros e motoristas, como também no crescimento econômico, graças ao ambiente mais silencioso.

As Barreiras acústicas são estruturas responsáveis por enfraquecer a poluição sonora presente em um dado local, são muito utilizadas na mitigação de ruídos de natureza externa (LONG, 2006). Em boa parte das vezes as barreiras acústicas projetadas apresentam pouca

ou nenhuma utilidade real à população, uma vez que a mão de obra técnica responsável tanto pela elaboração dos projetos como pela execução do serviço carece do aprofundamento de princípios básicos da teoria da barreira acústica, o que faz com que o retrabalho e principalmente o custo sejam fatores nada atrativos aos investidores (KOTZEN; ENGLISH, 2009), os mesmos autores ainda afirmam que para que se tenha o melhor desempenho acústico de uma barreira, é recomendado que a mesma seja construída o mais próximo possível da rodovia.

Segundo Pazos (2015), o desempenho acústico das barreiras sonoras está intrinsicamente ligado a 4 importantes efeitos físicos: a difração, a transmissão, a absorção e a reflexão sonora, de modo que, quando são utilizadas barreiras acústicas haja o impedimento da livre propagação do som, uma vez que a intensidade sonora diminui quando entra em contato com o obstáculo, sendo frações de suas partes difratadas, transmitidas, absorvidas e refletidas (KOTZEN e ENGLISH, 1999).

Além de servirem perfeitamente como uma alternativa de redução de poluição sonora, as barreiras acústicas (sem bem projetadas) podem fornecer a população uma harmonização ambiental na própria paisagem urbana (KOTZEN e ENGLISH, 1999), sendo assim, é interessante que os projetistas levem em consideração as duas vertentes.

2.7 METODOS PARA O MAPEAMENTO DE RUIDO AMBIENTAL

Para que se possa analisar o ruído oriundo de veículos em um trecho de via é preciso conhecer a metodologia utilizada na medição do ruído ambiental. As principais metodologias utilizadas relacionam o dia escolhido juntamente com o horário e a duração proposta para a medição. A Tabela 8 apresenta os mais diversos métodos de mapeamento de ruído ambiental.

As medições para o mapeamento do ruído ambiental propostas podem ser de curta, média e longa duração, o tempo total de coleta de dados depende das características do local estudado, do tipo de análise que será feita, do capital e do tempo disponível do pesquisador.

Tabela 8: Metodologias para o mapeamento de ruído ambiental

Número de Pontos	Dias de medição	Horários de medição	Duração das Medições	Fonte Bibliográfica
*	Dia típico Dias da semana	7:00 às 9:00 17:00 às 19:00 Horário de pico	30 a 45 minutos	BELDERRAIN, 1995
*	De segunda a sexta	8:00 às 18:00	10 em 10s durante 15 minutos 90 medições	ALVARES e SOUZA, 1992
24		9:00 às 14:00 20:00 às 24:00	3 minutos	KRAEGE, 1952

5 grupos com 10 pontos em cada	Medição constante durante 2 semanas.	24 horas por dia	Dados de hora em hora	ALBEROLA, FLINDELL e BULLMORE, 2005.
Malha triangular Distância entre os nós: 450m 28 pontos	Terças, quartas e quintas, exceto feriados	7:00 às 19:00	Medição contínua de 12h	NAGEM, 2004
* 5 pontos com monitores acústicos fixos	Medição constante durante todos os dias dos anos de 1998, 1999 e 2000.	24 horas por dia	Dados de hora em hora	BORTOLI e KRÜGER, 2003
* 17 pontos	Terças, quartas e quintas Dias típicos	14:00 às 16:00	4 medidas de 12 minutos para cada ponto	LOURA e VALADARES, 2003
* 14 pontos distribuídos em diferentes bairros	Dia de semana típico Terça, quarta e quinta-feira	24 horas de medição	Dados horários e de 15 em 15 minutos	MAIA e SATTLER, 2003
* Quadrícula de 400x400m		7:00 às 22:00 7:00 às 11:00 11:00 às 15:00 15:00 às 19:00 19:00 às 22:00	15 minutos de medição a cada hora	MORAES e LARA, 2003
* 9 pontos 250m um do outro	Dias úteis. Segunda à sexta-feira	Horário comercial 8:00 às 18:30 manhã 8:00-11:00 intermediário 12:00-15:00 tarde 16:00-18:00	30 minutos a cada hora	MORAES et al, 2003
* 22 no período diurno e 5 no período noturno	Dias úteis	11:40 às 13:40 21:00 às 23:00	10 em 10 segundos durante 2 horas calculados depois, de hora em hora	SOUZA, ANDRADE e CRUZ, 2003
	Todos os dias da semana	24 horas de medição	Intervalos de 1 minuto	RODRIGUES e CARVALHO, 2002
*		6:00 às 8:00 18:00 às 19:00 19:00 às 20:00 21:00 às 23:00	Amostra a cada 10 minutos 6 horas diárias	VALADARES e PAULA, 2000
*		8:00 às 9:00 11:00 às 12:00 19:00 às 20:00 22:00 às 23:00	Em cada hora 20 minutos de gravação 5, 10 e 15 minutos	GAVINOWICH e RUFFA, 2000.
* Desvio de 6dB: 300m entre os pontos >6dB: pontos mais próximos <6dB: pontos mais dispersos	Dias com e sem movimento	Horário de pico em sua totalidade Medidas representativas dos períodos diurno e noturno	15 em 15s leitura instantânea durante 15 minutos 60 leituras por medida	MENDEZ e BASSO, 1998
* Lugares sensíveis		7:00 às 10:00 18:00 às 22:00 1:00 às 5:00	10 a 15 minutos de medição	BUCHI e NUÑES, 1998
* Malha triangular	Terças, quartas e quintas	7:00 às 9:00 17:00 às 19:00 Horário de pico	5 minutos	PALHARES, VECCI e PAVANELLO, 1998

*		7:00 às 11:00 manhã 18:00 às 21:00 tarde 00:00 às 3:00 noite	10 a 15 minutos	SUÁREZ e PÉREZ, 1998
*	Dias com e sem movimento	8:00 às 14:30 17:00 às 21:00 00:00 às 04:00	10 minutos durante todas as horas	DIAZ et al, 1998
*	Sábado- diurno Sábado- noturno Terça / quinta- noturno	3 horários em cada ponto	3 medidas de 5 a 15 minutos em cada ponto	SATTLER, 1998
* Malha triangular: 10 a 1000m entre os nós	Terça, quarta e quinta sem feriados	Horário de pico		PALHARES et al, 1996
* Malha triangular: 500 a 2000m dependendo da densidade da população	Dias úteis	Durante o período diurno	Medições de curta duração	COELHO, VALADAS e GUEDES, 1996

Fonte: Nagem (2004).

2.7.1 MÉTODOS DE CONTAGEM DE VEÍCULOS

A contagem de tráfego rodoviário tem como finalidade gerar dados que sejam capazes de determinar a quantidade de veículos passantes em um determinado trecho de via, além de fornecer ao pesquisador informações acerca do tipo de veículo presente no trecho em um dado momento (JUNIOR, 2016). Sendo assim, com o propósito de determinar o fluxo veicular do trecho estudado se faz necessário adotar um método de contagem adequado às condições da rodovia, abaixo se encontram alguns dos métodos mais utilizados para a contagem volumétrica de veículos.

2.7.2 HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM, 2000)

O método de análise sugerido pelo HCM (Highway Capacity Manual) leva em consideração fatores de ajuste que devem ser aplicados para que se tenha a conversão veicular equivalente a unidades de carros de passeio, o chamado UPC. Esses são valores numéricos capazes de converter uma linha de tráfego constituída por diferentes tipos de veículos em uma única linha composta somente por veículos do tipo padrão, a partir do produto entre o tipo de veículo (bicicleta, motocicleta, carro, ônibus, caminhão e carreta) por seu fator equivalente associado (PIVA, 2015). Sendo assim, o somatório de todos os produtos gerados é dado como o volume veicular final da análise.

2.7.3 MANUAL DE SINALIZAÇÃO RODOVIÁRIO (DNIT, 2006)

O Manual de Estudos de Tráfego apresentado pelo DNIT (2006) dita que a metodologia para a contagem volumétrica de veículos pode variar de acordo com o critério de contagem adotado (Figuras 7, 8 e 9), sendo eles:

Contagem Manual: marcação de formulários, ideal para pequenos volumes de tráfego, pois pode causar fadiga e comprometer a coleta de dados;

Contagem Manual Mecânica: recomendado quando há necessidade de contagem durante longos períodos, gravação de vídeo por exemplo. Oferece dados mais fidedignos a realidade, além de facilitar o processo de medição.

Contagem Automática: os veículos são detectados por dispositivos instalados na rodovia ou que são capazes de realizar o reconhecimento e armazenar os dados, a exemplo tem-se os contadores portáteis que detectam a quantidade de eixos passantes e consequentemente estimando o tipo de veículo.

Figura 7: Qualidade de estimativas de contagem

Nível de precisão	90% de probabilidade do erro não ultrapassar	Interpretação da estimativa
A	5%	Excelente
B	5% a 10%	Satisfatória para todas as necessidades normais
C	10% a 25%	Suficiente com estimativa grosseira
D	25 a 50%	Insatisfatória
E	mais de 50%	Inútil

Fonte: Manual de Estudos de Tráfego, DNIT (2006).

Figura 8: Métodos de contagem de fluxo veicular usando contadores manuais

I – Usando Contadores Manuais			
Método	Nível de Precisão	Variações aceitáveis	Observações
(1) - Contagem durante 1 hora, em um dia de semana, entre 9 a.m. e 6 p.m.	D	A contagem pode ser estendida	
(2) - Contagem em um dia de semana, de 6 a.m. até 10 p.m.	C ou D		
(3) - Contagem entre 6 a.m. e 10 p.m. de 5ª Feira até Domingo	C	Pode ser estendida para dias incluindo 2ª Feira	Para a semana use 5 x 5ª + Sábado + Domingo
(4) - Contagem entre 6 a.m. e 10 p.m. em 7 dias consecutivos	C		
(5) - Métodos (1) a (4) em 4 vezes (6) - em intervalos de 3 meses (7) - (usando para (1) e (2) diferentes horas (8) - e dias)	C C B B	O número de vezes pode ser 2,3 ou 6 em vez de 4, alterando de forma semelhante o espaçamento	Calcule os totais de cada semana e então a média das 4 semanas
(9) - Contagem das 6 am às 10 pm de 52 dias durante 1 ano (7 contagens)	B		Estes métodos são de grande utilidade quando se tem que contar em vários pontos de uma mesma área. Podem ser feitas variações para atender a condições especiais
(10) - Contagem das 6 am às 10 pm de 26 em 26 dias durante 1 ano (14 contagens)	A ou B		
(11) - Contagem das 6 am às 10 pm de 13 em 13 dias durante 1 ano (28 contagens)	A		
(12) - Como em (9), mas divida o trecho do dia de interesse em 7 partes iguais (p. ex 2 horas. Em cada uma das 7 contagens conte uma parte, na ordem 1,4,7,3,6,2,5	C	Pode variar a parte em que inicia a contagem, mantendo a ordem, como 4,7,3,6,6,5,1, ou 3,6,2,5,1,4,7	
(13) - Como em (10) mas divida o trecho do dia de interesse em 14 partes iguais (por ex. 14 partes de 1 hora) e conte sucessivamente as partes 1,4,7,10,13,2,5,8,11,14,3,6,9,12	C		
(14) - Como em (11) divida o trecho do dia de interesse em 14 partes iguais e conte sucessivamente as partes 1,6,11,2,7,12,3,8,13,4,9,14, e então repita este ciclo	B		

Fonte: Manual de Estudos de Tráfego, DNIT (2006).

Figura 9: Métodos de contagem de fluxo veicular usando contadores automáticos

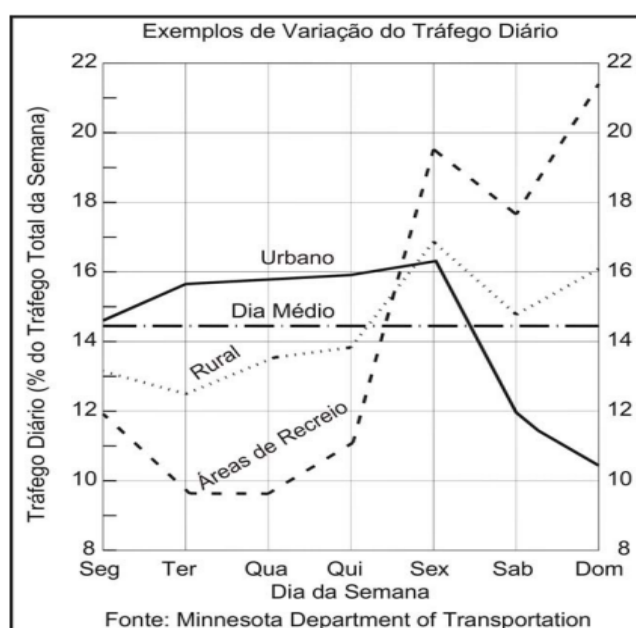
II – Usando Contadores Automáticas			
Método	Nível de Precisão	Variações aceitáveis	Observações
(1) - Contagem contínua durante uma semana	C		
(2) - 4 contagens contínuas de uma semana em intervalos de 3 meses	B	Substitua 4 contagens por 2, 3, ou 6, em intervalos adequados	
(3) - Contagem contínua durante um ano	A		

Fonte: Manual de Estudos de Tráfego, DNIT (2006).

Além disso, a metodologia escolhida depende também do tipo de análise que será feita, bem como o tempo de medição determinado. O período de contagem característico pode ser de 12, 16 ou até mesmo 24h, no entanto, podem ser feitas contagens que levem em consideração a Hora de Pico do local, o movimento durante o final de semana ou em horas específicas de um determinado dia, entre outras.

Ainda segundo o Manual do DNIT (2006), é importante que se tenha noção de que o fluxo do tráfego possui uma variação dentro da hora, dia, semana, mês e ano, a Figura 10 apresenta a variação semanal do tráfego de veículos de acordo com o tipo de rodovia. A variação ao longo do dia apresenta valores máximos acentuados, os chamados "picos", que nada mais são do que horários específicos do dia no qual o volume de veículos é consideravelmente maior que em outros horários. Saber qual a hora pico de um determinado dia em um determinado local facilita na determinação do Volume Horário de Projeto (VHP) e conseqüentemente auxilia o projetista a adotar condições que favoreçam positivamente as condições da via em questão.

Figura 10: Variação semanal do fluxo veicular de acordo com o tipo de rodovia



Fonte: Manual de Estudos de Tráfego, DNIT (2006).

O Manual do DNIT (2006) apresenta ainda em seu manual uma classificação veicular detalhada conforme as características mecânicas de cada veículo, sendo elas:

VP – Representam os veículos leves, nesta categoria são incluídos os automóveis, minivans, vans, utilitários, pick-ups e similares;

CO – Representam os veículos não articulados comerciais rígidos, sendo eles caminhões e ônibus convencionais (geralmente de 2 eixos e quatro ou seis rodas);

O – Representa os veículos comerciais rígidos de maiores dimensões, sendo eles os caminhões e ônibus urbanos longos (geralmente possuem 3 eixos);

SR – Esta categoria engloba os veículos comerciais do tipo articulados, compostos de uma unidade tratora simples e um semirreboque;

R – A última categoria representa os veículos comerciais também articulados compostos de unidade tratora, semirreboque e reboque, os comumente chamados de “*bitrem*”.

3. MATERIAIS E MÉTODOS DE ANÁLISE

No presente capítulo serão apresentadas informações acerca do trecho de rodovia analisado, bem como os materiais e métodos utilizados na obtenção de dados.

3.1 OBJETO DE ESTUDO

O trecho escolhido como objeto de estudo encontra-se na rodovia Presidente Juscelino Kubitschek (BR-135), disposta no anel viário da cidade de Barreiras-Bahia (Figura 11). O trecho em questão é de mão única (faixa dupla) e é responsável por conduzir os motoristas à ponte que leva a saída da cidade no sentido Salvador (BR-242) ou ainda para a saída da cidade no sentido de Riachão das Neves e distrito industrial de Barreiras (BR-135) (Figura 12).

Figura 11: Local de estudo



Fonte: Google maps (07/05/2023).

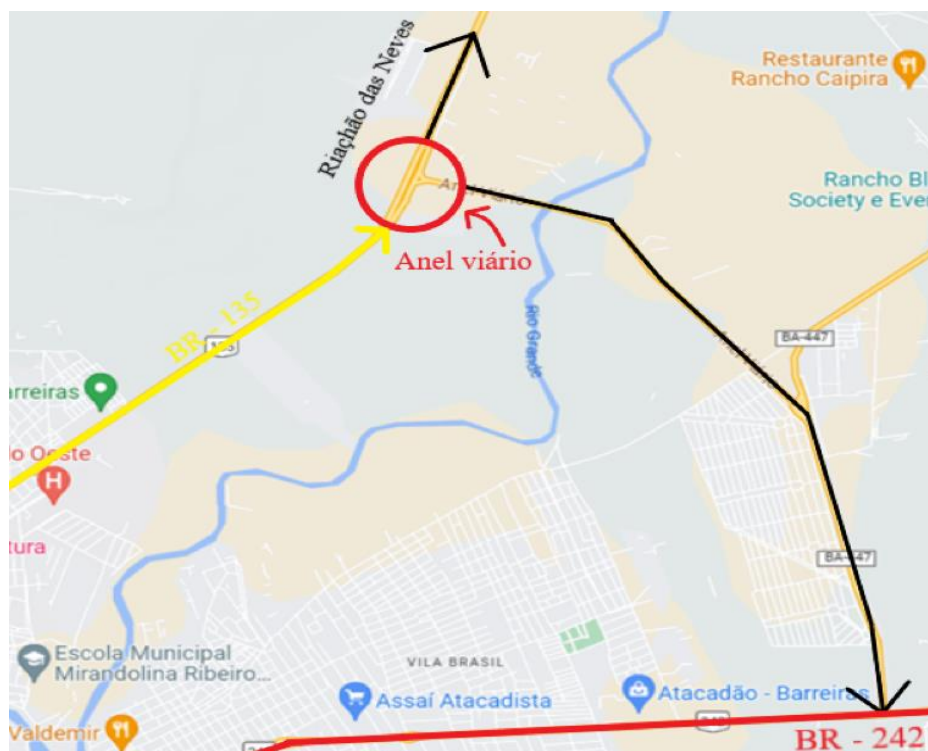
A BR-135 é uma rodovia de caráter longitudinal prevista no Plano Rodoviário Federal do ano de 1973, ela possui uma extensão total de 2.446 km, se estende do estado de Belo Horizonte (Minas Gerais) até São Luís no Maranhão, a rodovia passa por cidades como São Desidério, Barreiras e Riachão das Neves. A BR-135 interliga as regiões sudeste, norte e nordeste do Brasil, sendo assim um importante corredor de transporte no país (INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TRANSPORTES E INFRAESTRUTURA, 2018).

A escolha do local levou em consideração os seguintes aspectos:

- 1) Fluxo de veículos pesados, principalmente no horário de pico da Cidade de Barreiras-Bahia;
- 2) Impacto gerado aos pedestres, motoristas e comércios locais devido ao ruído gerado pelos veículos ali presentes;
- 3) Condição do pavimento no trecho de via;
- 4) Amplitude da via (para o ideal posicionamento do equipamento);
- 5) A presença ou não de barreiras acústicas que dificultem a medição de ruído.

A Figura 12 apresenta as duas principais rotas de viagem dos veículos passantes (destacadas em preto), de modo que o mesmo siga no sentido da cidade de Riachão das Neves ou ainda no sentido BR-242.

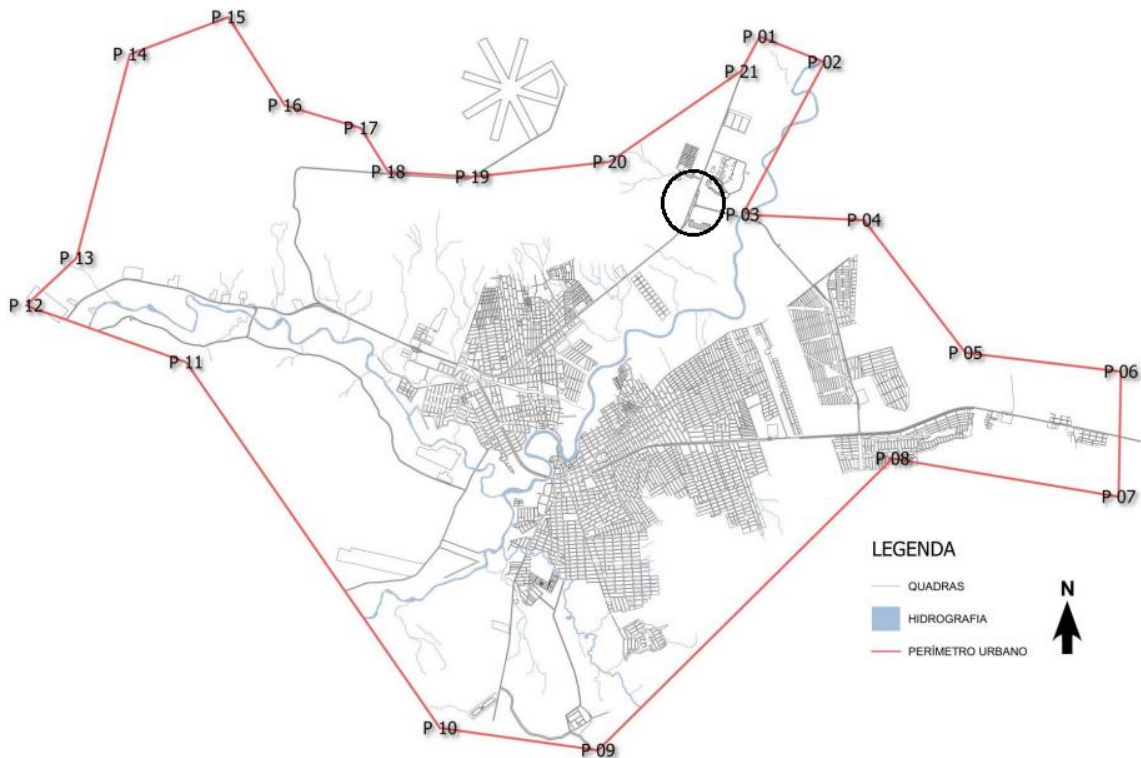
Figura 12: Local de estudo com maior amplitude



Fonte: Google Maps (05/05/2023).

Apesar de ser afastado do centro da cidade de Barreiras, o local escolhido se encontra dentro do perímetro urbano do município (círculo preto da Figura 13) e, portanto, deve obedecer aos limites sonoros impostos pela prefeitura, já que existe no local uma certa quantidade de comércio, além de ponto de espera de transporte público urbano, bairros próximos, ciclistas e pedestres que transitam por ali diariamente.

Figura 13: Mapa do perímetro urbano da cidade de Barreiras



Fonte: Prefeitura de Barreiras, 2019 (modificada, a área estudada se apresenta circulada na Figura).

O trecho de rodovia analisado é alimentado por 3 outras vias (Figura 15), a primeira delas é o próprio anel viário (sentido Riachão das Neves), a segunda é o trecho que liga o Bairro Arboreto I a BR-135 (sem nome) e o terceiro é a via (sem nome) que liga as empresas Cerrado Pneus, SIRTEC sistemas elétricos e Massa Fort a BR-135 (rodovia Juscelino Kubitschek), a Figura 15 apresenta as 3 vias descritas.

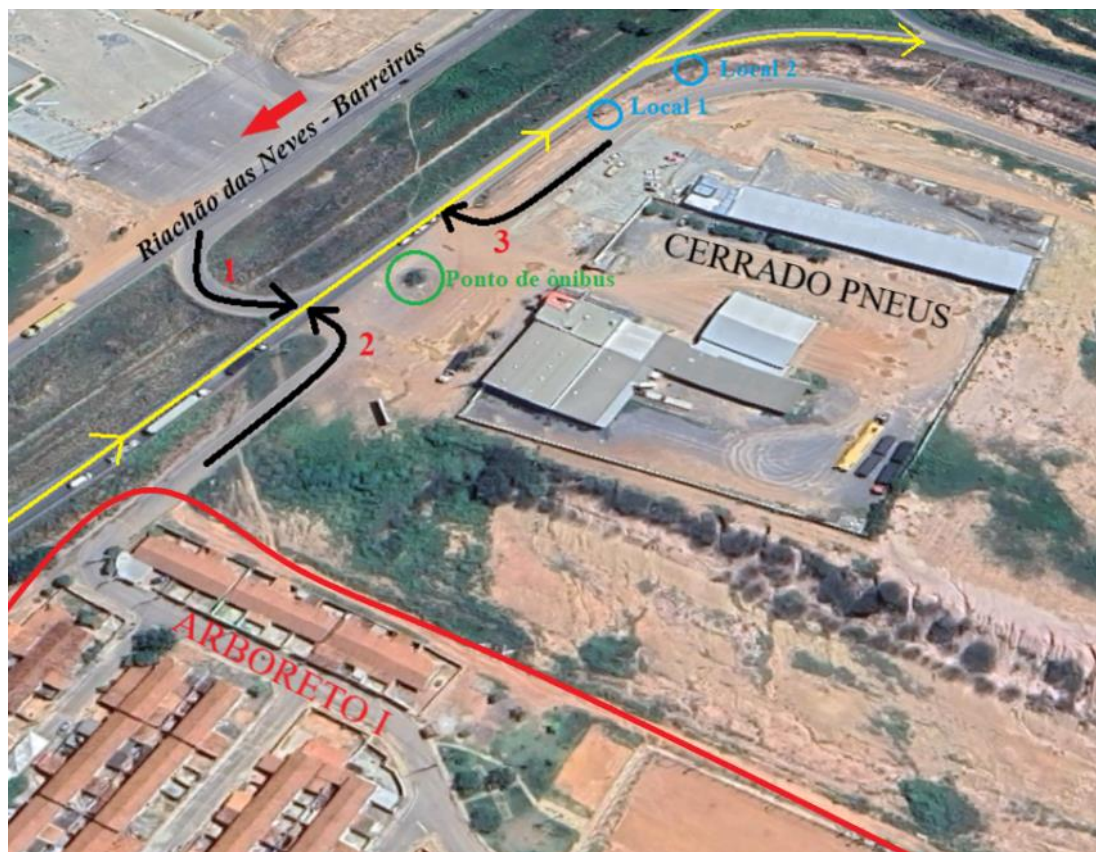
Inicialmente foram definidos dois possíveis locais de coleta de dados (será escolhido somente um para a medição), o local 1 se encontra entre um ponto de ônibus e o desvio da rodovia para a ponte do anel viário que dá acesso a BR-242, o local 1 foi definido nesse ponto por não ser tão próximo de áreas de terra mais acidentadas e por se encontrar mais próximo ao ponto de ônibus do local (Figura 14). O local 2 se encontra no desvio sentido a BR-242, foi definido esse segundo ponto devido à redução de velocidade sofrida pelos veículos ao fazer o desvio, o que garantiria uma maior facilidade na contagem de fluxo veicular, além de possuir um trecho com claro desgaste de pavimento, é válido salientar que a distância entre o local 1 e o local 2 é de aproximadamente 38 m. A Figura 15 apresenta os locais definidos previamente.

Figura 14: Ponto de espera de transporte público



Fonte: Autor.

Figura 15: Informações visuais acerca do trecho estudado



Fonte: google maps (modificado).

As Figuras 16 e 17 apresentam os locais propostos. A localização geográfica correspondente se encontra disposta no título das mesmas.

Figura 16: Local 1 - 12°06'06.0"S+44°58'37.6"W



Fonte: Autor.

Figura 17: Local 2 - 12°06'05.0"S+44°58'37.2"W



Fonte: Autor.

Na visita ao local é percebido que há um grande fluxo de veículos pesados, no entanto também trafegam no trecho, carros, motocicletas, vans e bicicletas, o que garante a medição uma maior diversidade de resultados (Figura 18).

Figura 18: Exemplo de tipos de veículos que trafegam pelo trecho



Fonte: Autor.

3.2 ANÁLISE OBSERVACIONAL

Segundo Paz (2004), antes da medição de ruído se faz necessária a realização de uma análise preliminar do local, visando que sejam observadas características essenciais para que se tenha uma melhor compreensão das condições do objeto de estudo, tais informações poderão futuramente ser utilizadas como embasamento prático na discussão de resultados adversos encontrados. Foram consideradas as seguintes informações:

- I.** Superestrutura do pavimento: Número de faixas, largura da pista, greide, presença de acostamento e defeitos no pavimento;
- II.** Planejamento do tráfego: Sinalização horizontal e vertical;
- III.** Planejamento da área: Tipos de edificações ao longo da via.

O estudo preliminar observacional *in situ* é uma forma de coleta de dados mais interessante do que uma análise obtida através de referências bibliográficas, já que a todo instante podem aparecer particularidades na via que não se encontram presente em estudos mais antigos.

As características observadas na rodovia Juscelino Kubitschek foram (Figuras 19 e 20):

- Trecho retilíneo e plano em sua grande maioria;
- Presença de faixa dupla e mão única;
- Pista com aproximadamente 6,6 metros;

- Acostamento inexistente;
- Pavimento com marcas de desgaste;
- Tráfego misto;
- Trecho sem presença de semáforo ou lombadas;
- Trecho com pouca sinalização vertical e horizontal;
- Presença de ponto de espera de veículos de transporte coletivo no trecho;
- Presença de bairro residencial e de escritórios próximos ao trecho.

Figura 19: Superestrutura do pavimento



Fonte: Autor.

Figura 20: Planejamento do tráfego



Fonte: Autor.

3.3 PROCEDIMENTOS PARA A COLETA DE DADOS *IN SITU*

Passada a análise observacional, foi realizada a coleta de dados de campo a fim de poder determinar fluxo veicular no trecho de rodovia estudado, e conseqüentemente o ruído ambiental gerado.

3.3.1 DIAS E HORÁRIOS DE ANÁLISE

Conforme comentado na fundamentação teórica, a medição do ruído ambiental gerado pelo fluxo de veículos deve ser realizada em dias e horários bem definidos, a fim de garantir que seja feita uma correta análise de dados, a Tabela 8 apresenta diversas metodologias que auxiliam no processo de medição de ruído.

Para o presente trabalho será utilizada a metodologia de Palhares (1996), tal preceito dita que as medições devem ser feitas nos horários de pico da segunda-feira, terça-feira e quarta-feira (conforme a Figura 8), sem que sejam considerados os dias com feriado, no entanto, para o trabalho atual foi definido que a medição irá contemplar terça-feira e quarta-feira, nos horários das 6:00 h às 9:00 h (fixado em 3 horas de medição), visto que (segundo a análise observacional), tais horários representam o horário de maior fluxo veicular na cidade de Barreiras (estudado também em outros trabalhos como os de Felipe Lima, já abordado no item 2.5.3). A faixa de tempo para as tomadas de medição serão consideradas como de 5 minutos.

3.3.2 MEDIÇÕES DE GRANDEZAS ACÚSTICAS

As medições foram realizadas de acordo com a NBR 10151 (Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento), que, como já citado na fundamentação teórica, dita que:

- O equipamento deve ser protegido contra o vento (segundo recomendação do fabricante);
- As medições devem ser efetuadas em pontos afastados aproximadamente 1,2 m do piso e pelo menos 2 m de quaisquer outras superfícies refletoras, como muros, paredes etc., caso não seja possível atender as condições, a motivação deve constar no relatório gerado.

Além disso, todos os valores que serão medidos devem ser aproximados para o número inteiro mais próximo.

As medições foram realizadas a partir do uso do medidor sonoro digital da marca Criffer, modelo Octava (Figura 21), o medidor utilizado calcula diversos parâmetros

acústicos, dentre eles: Leq, Lmín, Lmáx, L05, L10, L50, L90 e L95, trabalha com uma escala sonora que varia de 30 a 135 dB, possui 3 níveis de tempo de resposta (lento, rápido e impulsivo) e é dotado de ponderadores de frequência do tipo A C e L. A partir da escala trabalhada é possível notar que o equipamento cobre praticamente todos os níveis mais superiores de pressão sonora (conforme apresentado na Figura 2).

As medições foram realizadas em condições climáticas favoráveis, de modo que não haja interferência de chuva ou vento, desse modo, a coleta de dados levará em conta somente o ruído gerado pelo fluxo de veículos presentes no local de análise.

O medidor de ruído foi fixado por um tripé em um dos locais propostos (Figuras 15, 16 e 17).

Para obter um resultado mais próximo do real optou-se por medir o nível contínuo de pressão equivalente ponderado em A, uma vez que tal ponderação se assemelha melhor ao ouvido humano. Além disso, foram utilizados todos os níveis estatísticos que o equipamento consegue calcular (L05, L10, L50, L90 e L95), bem como os níveis de pressão sonora máximo e mínimo para cada dia medido. Será utilizado o calibrador que acompanha o equipamento (Figura 21).

Figura 21: Medidor sonoro Octava Criffer, calibrador, protetor de vento e tripé



Fonte: Autor.

Todo o banco de dados coletado foi armazenado primeiramente na memória interna do equipamento de medição. A partir do uso do software CrifferSuite (programa desenvolvido pelo fabricante do equipamento) é possível realizar a análise dos valores obtidos, de modo que haja a comparação com os resultados obtidos segundo a norma ISO 1996-1 (2016). No que diz respeito aos índices estatísticos obtidos através do equipamento, os mesmos recalculados através do uso da equação 7 apresentada abaixo:

$$Li = L_{[100 - \frac{m-1}{N} * 100]} \quad (7)$$

Onde:

Li = Índice estatístico calculado (dB);

L = Índice estatístico da medição atual (dB);

m = Número da medição (adimensional);

N = número total de medições a serem analisadas (adimensional);

O cálculo do Leq segundo a ISO 1996-1 (2016) foi realizado de acordo com a equação 8 apresentada abaixo.

$$Leq = 10 * \log [\Sigma t_i] \quad (8)$$

Onde:

Leq = Nível de ruído equivalente (dB);

Σt_i = Somatório do nível de intensidade equivalente L[Aeq] do período de tempo analisado (dB).

3.3.3 CONTAGEM MANUAL DE VEÍCULOS

A contagem de veículos segue o Manual de Estudos do Tráfego (DNIT, 2006) através do procedimento de filmagem com câmera fotográfica (realizada no mesmo dia e horário que a captação de ruído obtida através do medidor Criffer), pois mesmo demandando uma maior atenção e tempo na instalação, permite adquirir uma maior confiança nos levantamentos de dado, além de ser possível analisar peculiaridades que somente o sistema gravado permite, como por exemplo comparar inconsistências do resultado com momentos capturados pela câmera, de modo que seja mais fácil encontrar justificativas plausíveis.

As gravações foram armazenadas em um notebook, de modo que o controle de contagem de veículos seja mais simplificado e preciso. A câmera foi fixada em um tripé de modo que capte uma boa angulação do trecho de via, poucos metros atrás do medidor de ruído (que estará fixado em um dos dois locais propostos), mas mantendo o alinhamento com o equipamento, de modo que seja possível saber exatamente de qual veículo foi emitido o ruído em um dado tempo, a Figura 22 apresenta tanto o microfone como a câmera posicionada em ambos os locais sugeridos.

Figura 22: Localização do microfone e câmera nos locais sugeridos



Fonte: google maps (modificado).

Após a filmagem de veículos, durante o período de dois dias de medição, é feita a determinação do horário de pico (horário do dia com o maior volume veicular observado durante o período de 1 hora), para tanto, as imagens coletadas na gravação foram armazenadas em um notebook, em seguida para uma planilha no Excel, que compõe todo o quantitativo de veículos passantes pelo trecho da rodovia (tanto leve como pesado) a cada intervalo de 5 minutos, totalizando ao todo 36 intervalos de 5 minutos em um período total de 3 horas de medição. A Figura 23 apresenta o modelo de ficha de contagem adotado.

Sendo encerrada tanto a filmagem como a contagem manual de veículos, durante o período de dois dias de medição, foi realizada a transformação da composição de veículos em UCP, como já citado no item 2.6.2 do presente trabalho. A Tabela 9 apresenta os fatores equivalentes para os veículos que foram analisados.

Tabela 9: Fatores equivalentes de conversão de veículos







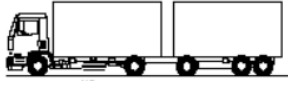



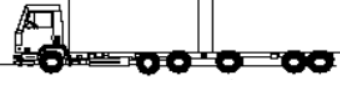
Tipo de veículo	Fator equivalente
Bicicleta	0,25
Motocicleta	0,50
Carro	1,00
Van	1,43
Caminhões	2,00
Ônibus	2,50
Carretas	4,00





Fonte: Transportation Research Board (2000).

É válido salientar que a classificação presente no manual de estudos do tráfego do DNIT (2006) não há qualquer item que traga consigo o fator equivalente referente a veículo com a tipologia “van”, sendo assim, levou-se em consideração o peso médio de uma van padrão, de modo que fosse possível estabelecer um valor concreto e compatível com os demais já existentes por meio do processo de interpolação.

Relacionado com a tipologia dos veículos, a fim de obter ainda mais informações acerca dos veículos pesados passantes ao longo da via, considerou-se tanto a tipologia “caminhão” como a “carreta” subdividida de acordo com o número de eixos presente em cada veículo. A Tabela 10 apresenta a definição de cada subdivisão analisada.

Tabela 10: Subdivisão das tipologias de veículo pesado utilizadas na contagem

Tipologia adotada	Nº de eixos	Silhueta
Caminhão	2	
Caminhão	3	
Carreta	4	
Carreta	4	
Carreta	5	
Carreta	5	
Carreta	5	
Carreta	6	
Carreta	6	
Carreta	6	
Carreta	6	

Carreta	7	
Carreta	7	
Carreta	9	
Carreta	9	

Fonte: Manual de Estudos de Tráfego, DNIT (2006).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos. A análise leva em conta a contagem dos veículos durante o tempo de estudo, bem como, a medição e cálculo dos níveis de ruído obtidos durante o tempo total de medição, dando um maior foco para a hora pico tanto da terça-feira, como da quarta-feira.

4.1 APRESENTAÇÃO DE NÍVEIS DE RUÍDO

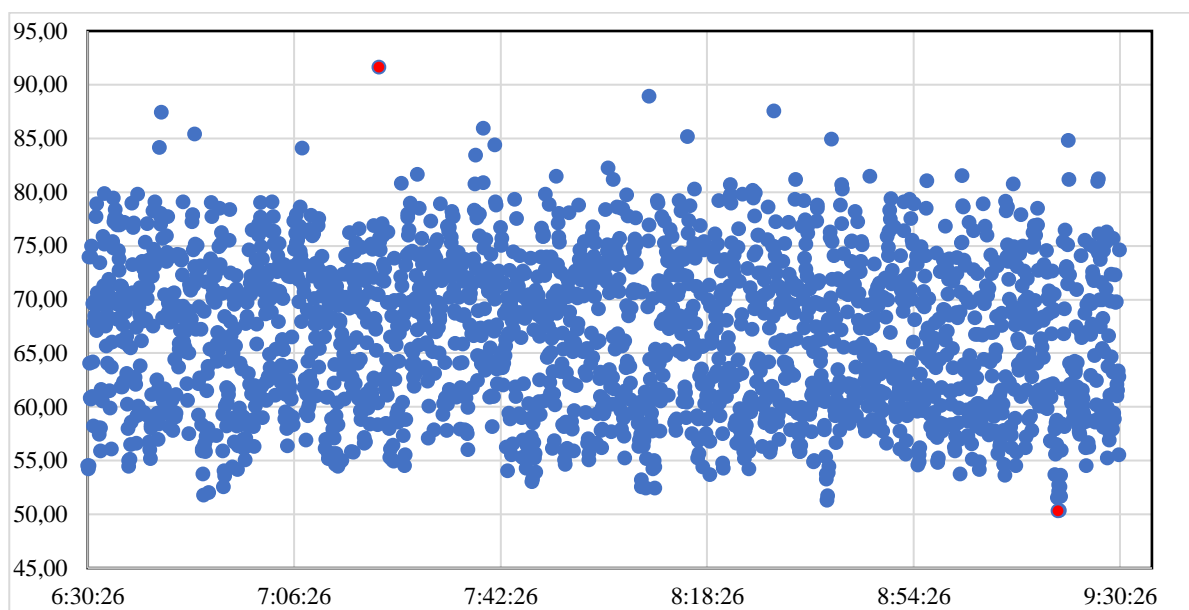
4.1.1 RUÍDO REFERENTE AO PÉRIODO TOTAL DE MEDIÇÃO

Primeiramente é importante destacar que foram mapeados dois possíveis locais de medição, de modo que o local escolhido como fonte de análise foi o local 2 (Figura 22). Como fatores determinantes da escolha se encontram condições do terreno e a proximidade com a interseção entre as 3 vias presentes (possibilitando assim uma análise mais ampla).

Através do uso do sonômetro Octava Criffer foram feitas as medições propostas, de modo que os arquivos gerados (contendo os índices estatísticos L05, L10, L50, L90, L95 e o nível de ruído equivalente (Leq) do período total de medição) se encontram disponível no Anexo 1 deste documento, já no Anexo 2 se encontram as fichas de contagem veicular realizadas ao longo dos dois dias de medição.

A partir dos dados obtidos foi possível realizar a análise, de modo que o Leq seja recalculado segundo as diretrizes da ISO 1996-1 (2016) e os índices estatísticos por meio da equação 7. As Figuras 24 e 26 trazem consigo os resultados totais de medição referentes a medição de terça-feira e quarta-feira.

Figura 24: Dados sonoros referentes ao período total de medição da terça-feira (10/10/2023)



Fonte: Autor.

Percebe-se que na terça-feira, os dados coletados apresentam-se distribuídos entre a faixa de 50,35 dB(A) a 91,65 dB(A), de modo que o maior pico observado (tanto o maior quanto o menor ruído captado estão destacado em vermelho) esteve presente às 7h21min11s e se deu por conta de um caminhão que veio a realizar uma troca de marcha exatamente no alinhamento do dispositivo de captação de ruído, elevando assim o nível de ruído do horário já citado. A Figura 25 apresenta o veículo responsável pelo maior pico observado na medição de terça-feira.

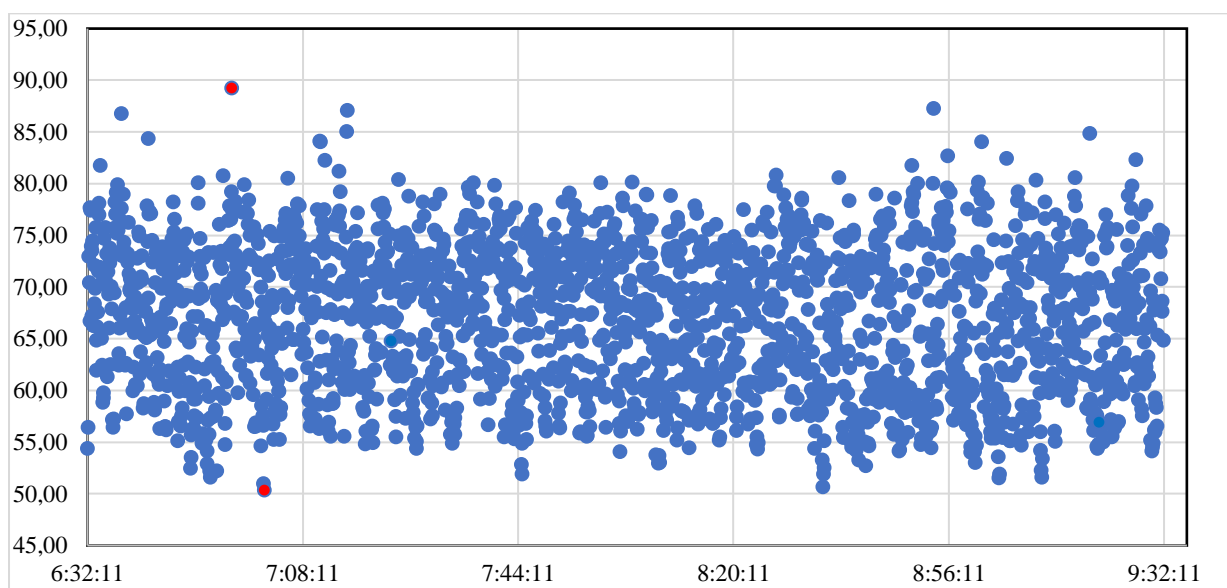
Figura 25: Veículo responsável pelo pico máximo sonoro da terça-feira



Fonte: Autor.

Na quarta-feira os dados coletados (Figura 26) apresentam-se distribuídos entre a faixa de 50,36 dB(A) a 89,25 dB(A), sendo o máximo pico observado (destacado em vermelho tanto o maior como o menor ruído captado) às 6h56min16s devido a que uma carreta, estava com algum problema elétrico ou mecânico e emitia um alto sinal sonoro contínuo.

Figura 26: Dados sonoros referentes ao período total de medição da quarta-feira (11/10/2023)



Fonte: Autor.

A Figura 27 apresenta o veículo responsável pelo maior pico observado na medição quarta-feira.

Figura 27: Veículo responsável pelo pico máximo sonoro da quarta-feira



Fonte: Autor.

O Leq e os índices estatísticos captados pelo equipamento de medição sonora encontram-se nas Tabelas 11 e 12, bem como a comparação percentual com os resultados obtidos por meio das equações 7 e 8 mostradas no capítulo 3.

Tabela 11: Comparativo entre os dados obtidos e calculados na terça-feira

Parâmetro analisado	Calculado pela ISO 1996-1 (2016) (dB)	Captado pelo Octava Criffer (dB)	Diferença encontrada (%)
Leq	72,11	72,11	0,00
L05	77,84	78,79	1,22
L10	75,90	76,25	0,46
L50	67,28	64,05	4,80
L90	57,48	56,20	2,23
L95	55,88	55,18	1,25

Fonte: Autor.

Ao comparar os dois dias de medição, é possível notar que todos os dados coletados e calculados não apresentaram grandes diferenças, o que implica que o nível de ruído do local tende a não distar, apesar da diferente data de medição, sendo assim, para os dias analisados é possível afirmar que os níveis sonoros analisados como um todo mantiveram-se bem próximos entre si. Entretanto, é válido salientar a diferença percentual observadas nas Tabelas 11 e 12 no que se refere ao comparativo de dados calculados e captados pelo equipamento (apesar de não ser tão significativa), que pode ser justificada devido ao método de processamento do aparelho de medição, diferente do método apresentado pela ISO 1996-1 (2016).

Tabela 12: Comparativo entre os dados obtidos e calculados na quarta-feira

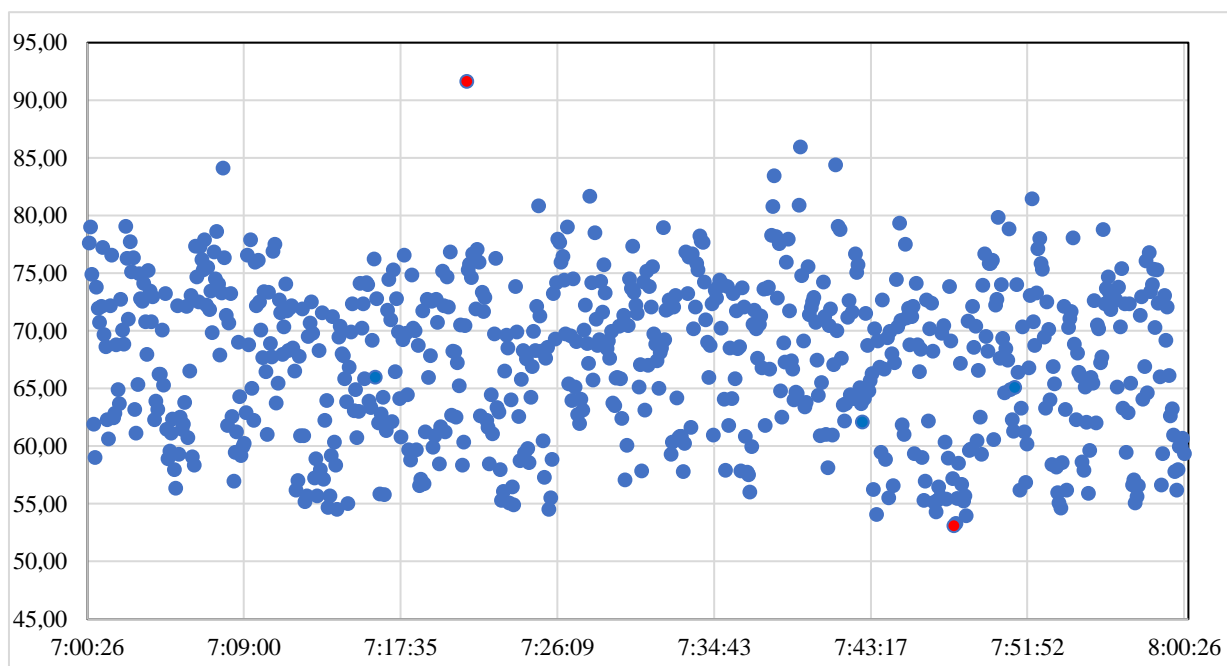
Parâmetro analisado	Calculado pela ISO 1996-1 (2016) (dB)	Captado pelo Octava Criffer (dB)	Diferença encontrada (%)
Leq	71,86	71,86	0,00
L05	77,51	78,58	0,63
L10	75,75	76,23	0,63
L50	67,59	64,20	5,02
L90	57,14	56,20	1,65
L95	55,66	55,12	0,97

Fonte: Autor.

4.1.2 ANÁLISE DOS NÍVEIS DE RUÍDO NA HORA PICO

De acordo com o fluxo veicular de cada medição foi possível determinar a hora pico de ambos os dias estudados, de modo que a análise realizada para o tempo total de medição fosse semelhante à apresentada, sendo assim, a partir dos mesmos procedimentos já descritos no capítulo 3, foi possível representar nas Figuras 28 e 29 os valores de ruído associados para a hora de máximo fluxo de veículos da terça-feira (10/11/2023) e quarta-feira (11/10/2023).

Figura 28: Dados sonoros referentes a hora pico da terça-feira (10/10/2023), intervalo de 5 em 5 minutos



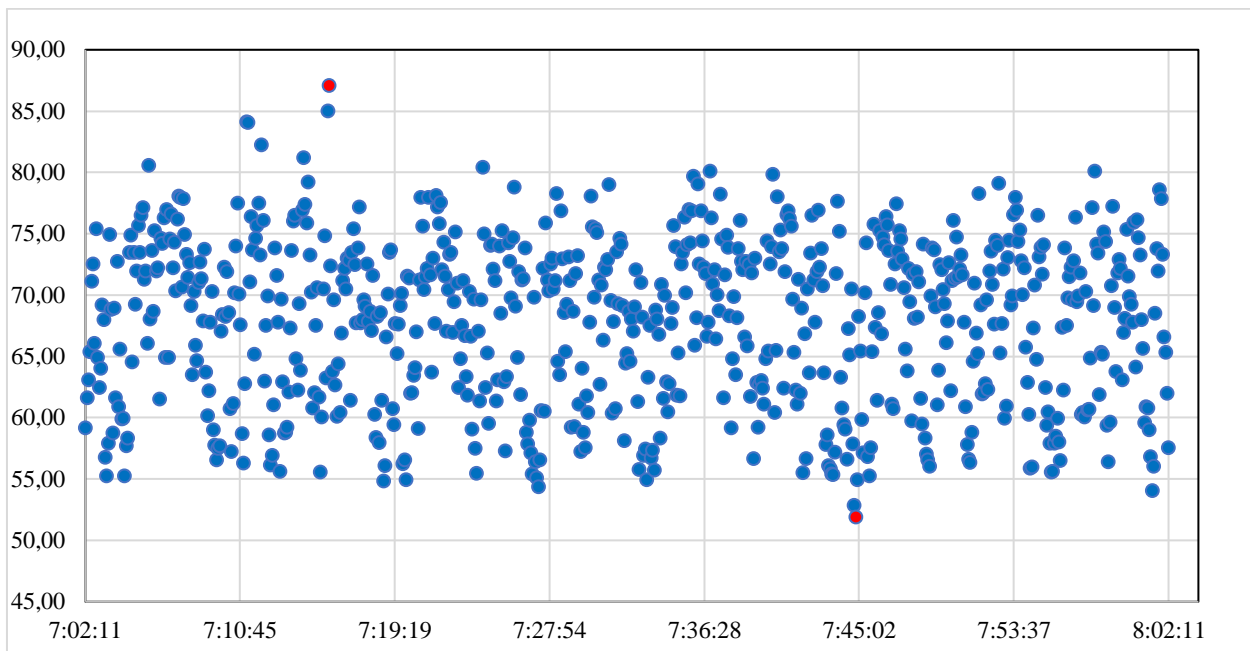
Fonte: Autor.

A partir das Figuras 28 e 29 é possível notar que, a dispersão dos dados é muito alta, sendo que na terça-feira houve uma variação entre 53,1 dB(A) e 91,65 dB(A) e na quarta-feira uma variação entre 51,89 dB(A) e 87,1 dB(A), com ambos os limites destacados nas Figuras com a cor vermelha.

A variação média de ruído levando em consideração os dois dias foi de aproximadamente 36,88 dB(A), um valor muito representativo, já que confirma que o local escolhido para a medição possui uma grande variação tipológica veicular, uma vez que quanto mais tipos diferentes de veículos trafeguem pela via, maior a chance de haver uma grande dispersão nos resultados obtidos, sendo os de maior valor muito associados aos caminhões e carretas pesadas que por ali passam.

Mesmo com a grande dispersão entre os valores de máximo e mínimo é válido salientar que os dados sonoros de ambos os dias analisados apresentaram uma boa similaridade, visto que, a grande maioria dos resultados se fazem presente dentro do intervalo de 55 dB(A) a 85 dB(A), o que mostra uma ótima distribuição veicular ao longo do período de hora pico analisado.

Figura 29: Dados sonoros referente a hora pico da quarta-feira (11/10/2023), intervalo de 5 em 5 minutos



Fonte: Autor.

Com o propósito de obter uma maior quantidade de resultados e comparações, se fez necessário o cálculo tanto do Leq como dos índices estatísticos para a hora pico de ambos os dias de medição, uma vez que o equipamento de medição sonora utilizado (Octava Criffer) somente disponibiliza os resultados referente ao período total de medição.

Tabelas 13 e 14 trazem consigo os itens descritos já calculados e a respectiva comparação com os dados obtidos ao longo de todo o tempo de medição, de modo que fosse possível verificar se na hora pico foram obtidos dados de maior valor numérico ou não.

Tabela 13: Dados comparativos entre o período de medição total e da hora pico de terça-feira

Parâmetro analisado	Captado pelo Octava Criffer (dB)	Calculado para a hora pico (dB)	Diferença encontrada (%)
Leq	72,11	72,47	0,50
L05	78,79	77,61	1,50
L10	76,25	75,96	0,38
L50	64,05	68,54	7,01
L90	56,20	58,02	3,24
L95	55,18	56,19	1,83

Fonte: Autor.

É notório que, na grande maioria dos resultados da tabela 13, o Leq calculado para a hora pico apresenta-se maior se comparada aos dados captados pelo equipamento ao longo de todo o tempo de medição, tanto para a terça-feira como para a quarta-feira, de modo que seja possível afirmar que a influência da hora pico é sim significativa e de muita importância para o resultado final da medição.

A maior diferença percentual encontrada entre ambos os dados analisados nas Tabelas 13 e 14 encontra-se presente no L50, índice estatístico responsável por representar o nível excedido durante o período de 50% do tempo de medição, ou seja, pode-se dizer que tal índice se assemelha a uma média entre o nível de ruído do dia analisado, sendo assim, o ponto médio das leituras.

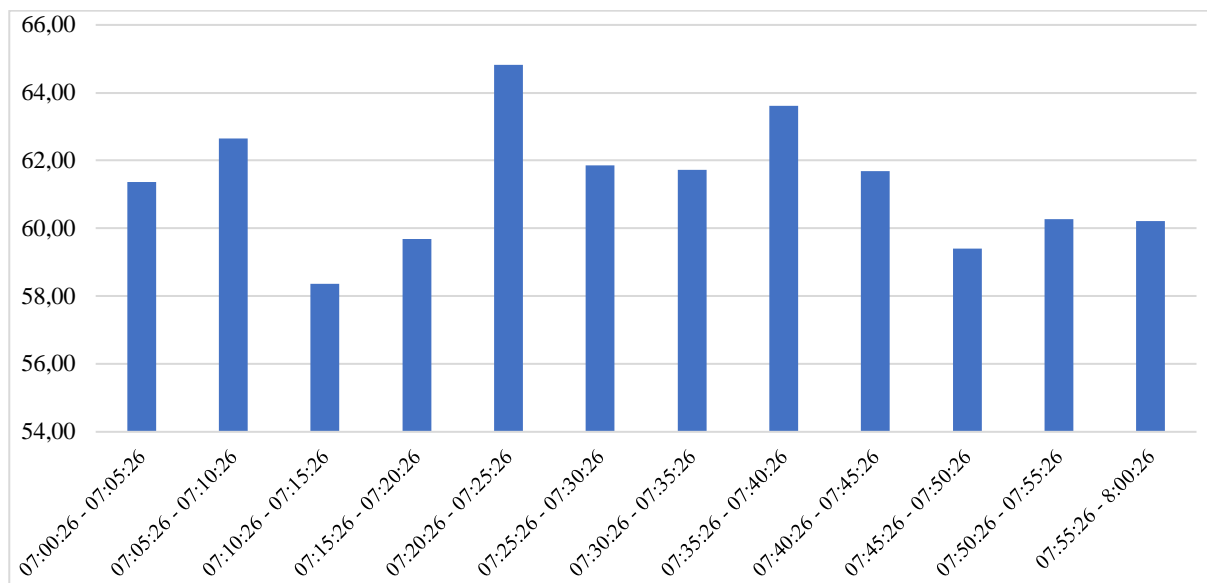
Tabela 14: Dados comparativos entre o período de medição total e da hora pico de quarta-feira

Parâmetro analisado	Captado pelo Octava Criffer (dB)	Calculado para a hora pico (dB)	Diferença encontrada (%)
Leq	71,86	72,13	0,37
L05	78,58	77,36	1,55
L10	76,23	75,89	0,45
L50	64,20	69,98	7,45
L90	56,20	57,91	3,04
L95	55,12	56,49	2,49

Fonte: Autor.

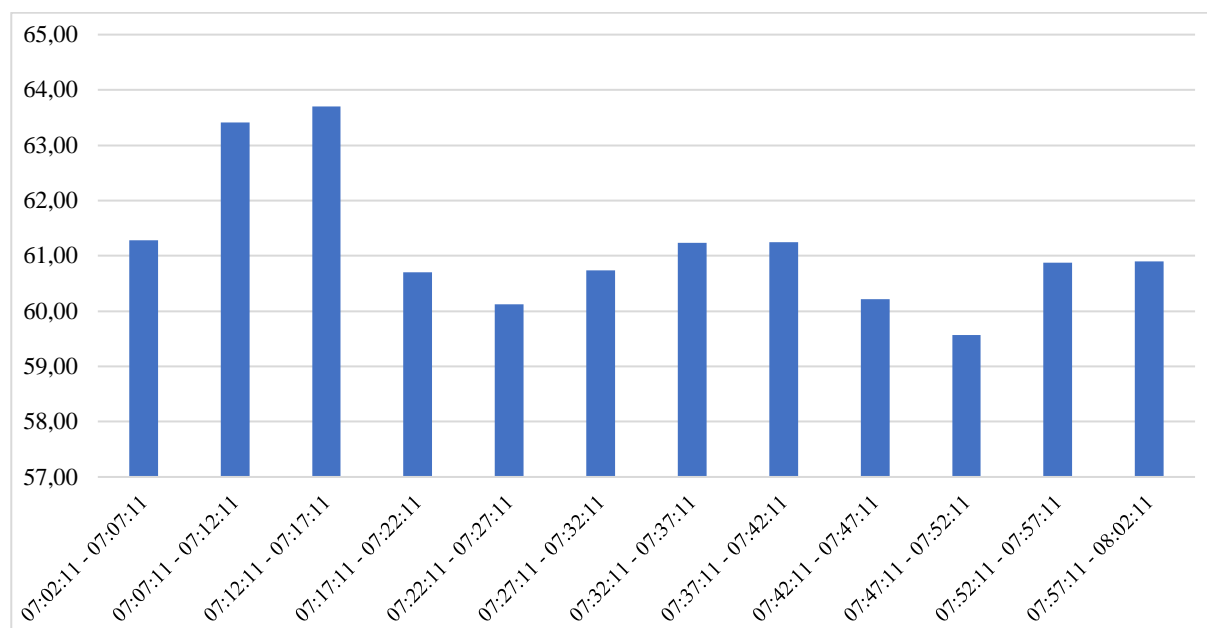
A partir da metodologia presente no capítulo 3 do presente trabalho foi possível calcular o nível de pressão sonora (Leq) a cada 5 minutos de medição da hora pico, as Figuras 30 e 31 representam o Leq da terça-feira (com desvio padrão igual a 1,84) e quarta-feira (com desvio padrão igual a 1,23) respectivamente, de modo que é perceptível observar que na terça-feira obteve-se um nível de pressão menos intenso, o que pode ser justificado devido ao dia dois de medição ter sido na véspera de um feriado nacional, sendo assim, já era esperado um menor número tanto de veículos como de poluição sonora.

Figura 30: Nível de pressão sonora (Leq) para a medição de terça-feira



Fonte: Autor.

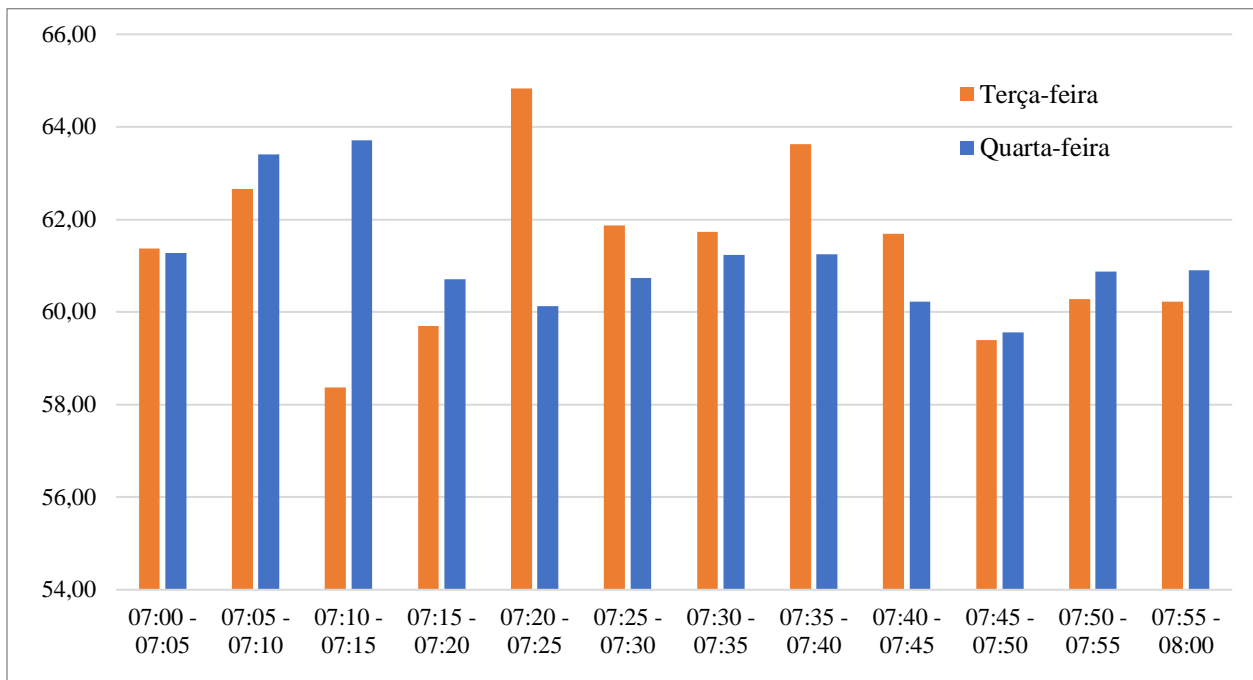
Figura 31: Nível de pressão sonora (Leq) para a medição de quarta-feira



Fonte: Autor.

A fim de obter uma melhor visualização, o uso de um gráfico comparativo foi preciso, de modo que o nível de pressão sonora de ambos os dias de medição fosse posto lado a lado, através da Figura 32. É notória a diferença de resultados obtidos em ambos os dias da medição. Vale salientar a extrema importância de que seja realizado mais de um dia de medição para que os resultados obtidos representem mais fidedignamente a realidade.

Figura 32: Comparativo entre o nível de pressão sonora (Leq) em ambos os dias de medição

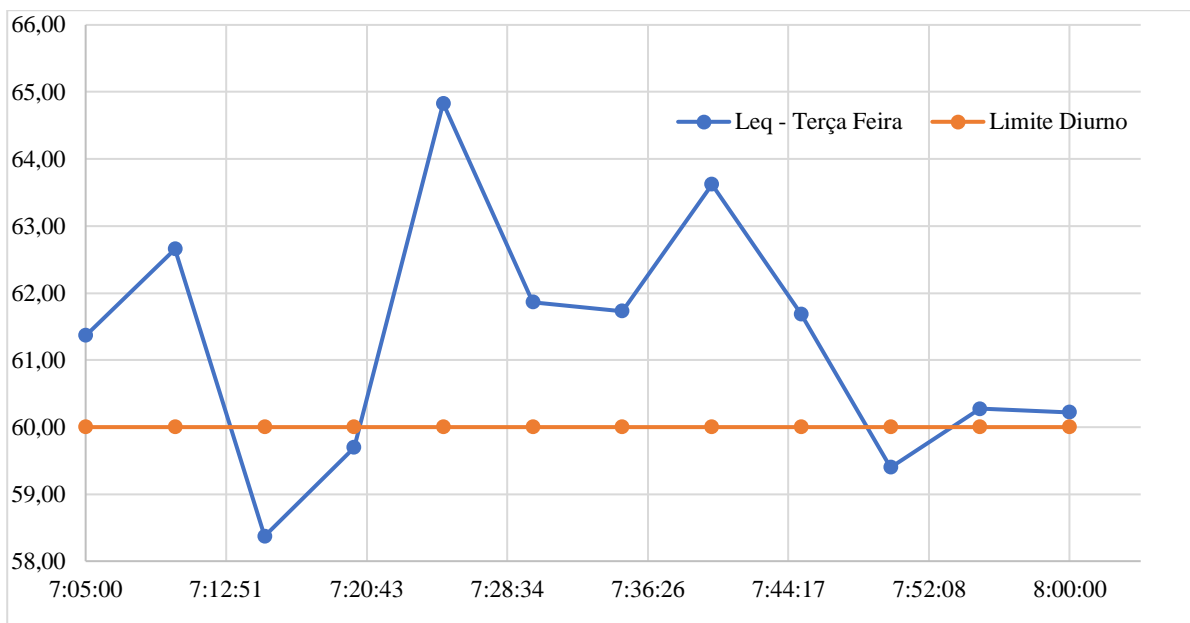


Fonte: Autor.

4.1.3 ANÁLISE COMPARATIVA COM A LEGISLAÇÃO LOCAL

Como já apresentado no capítulo 2, item 2.4.5, a prefeitura da cidade de Barreiras-Ba estabelece que, o limite máximo de ruído permitido para o período diurno, é 60 dB. As Figuras 33 e 34 apresentam o comparativo entre os níveis de ruído captados a cada 5 minutos durante a hora pico e o limite estabelecido pelo município.

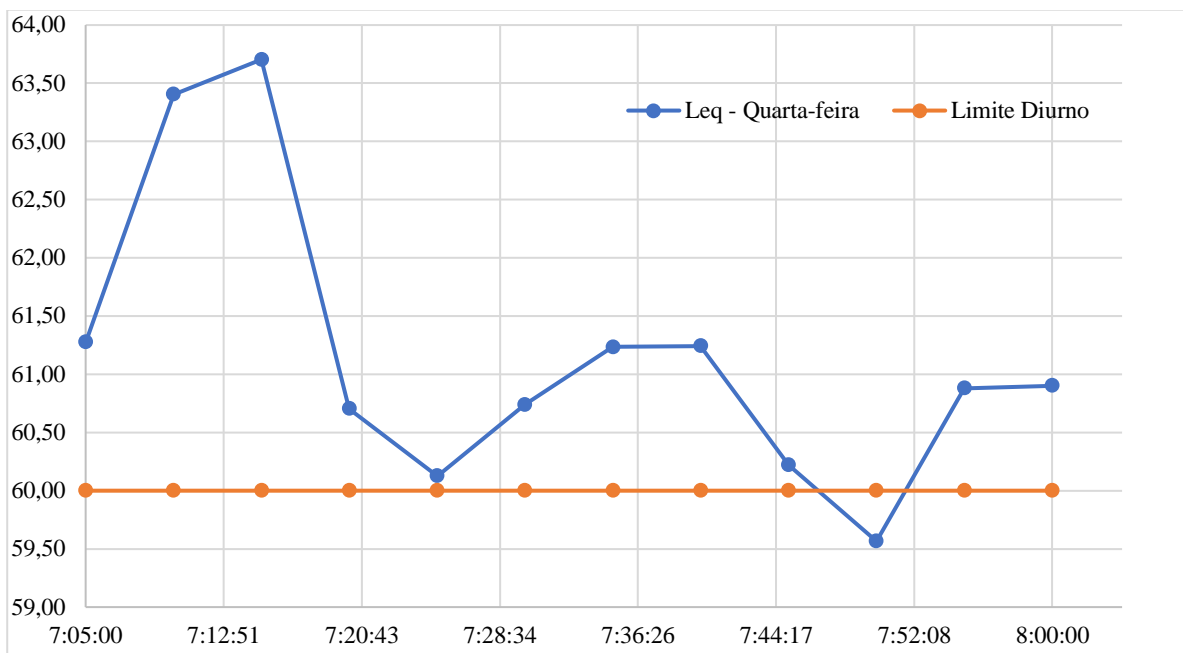
Figura 33: Comparativo entre o nível de pressão sonora da hora pico e o limite diurno estabelecido por norma (terça-feira)



Fonte: Autor.

A partir da análise dos dois gráficos comparativos é possível notar que, dentro da máxima hora de demanda, o nível de pressão sonora na terça-feira ultrapassou o limite admitido em 75% do tempo, o que indica um alto nível de exposição sonora aos pedestres e motoristas passantes pelo trecho de via. Já na quarta-feira o nível de pressão sonora ultrapassou o limite sonoro municipal em 91,6% do tempo, indicando nesse dia de medição a maior exposição sonora as pessoas presentes no local se comparado a terça-feira.

Figura 34: Comparativo entre o nível de pressão sonora da hora pico e o limite diurno estabelecido por norma (quarta-feira)



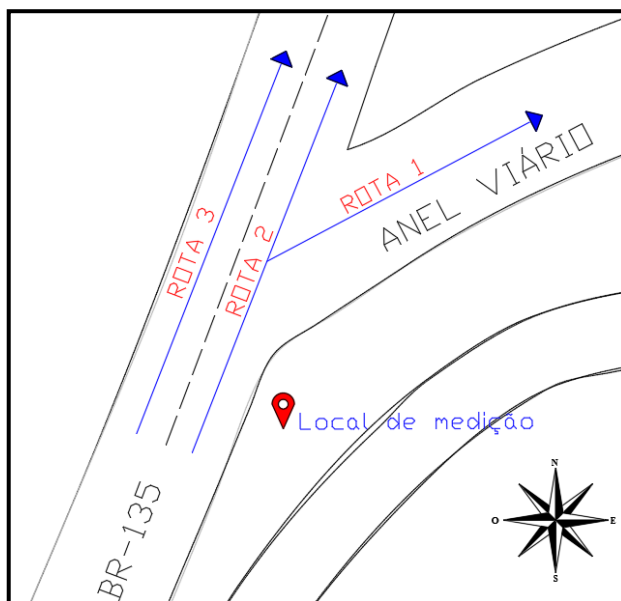
Fonte: Autor.

Através das Figuras 33 e 34 foi possível perceber que, praticamente durante toda a medição (na hora pico), o Leq supera o limite máximo estabelecido, de modo que na terça-feira o maior pico se deu as 07h25min com um Leq igual a 64,83 dB(A), já na quarta-feira o pico de 63,70 dB(A) as 07h15min. Uma das vertentes responsáveis pelos altos níveis de ruído no local se deve principalmente ao fluxo de veículos pesados ali presentes, uma vez que o simples acelerar de um caminhão ou carreta pode gerar um alto nível de ruído associado. Além disso, é perceptível que o Leq de ambos os dias de medição decaiu próximo às 07h40min, vindo a ser considerável aceitável pela legislação local no período das 07h50min, isso se deve ao fato de muitos estabelecimentos iniciarem o seu expediente próximo das 08h, o que faz com que boa parte dos veículos totais da medição já tenha passado no local antes das 07h50min.

4.2 ANÁLISE DE VOLUME VEICULAR EQUIVALENTE (UCP) E HORA PICO

Primeiramente foi necessário contabilizar os veículos passantes de acordo com a metodologia apresentada no capítulo 3, de modo que se levou em consideração a presença de vias de passagem e a quantidade de veículos equivalentes (UCP) em cada uma delas. A Figura 35 apresenta um croqui com a localização da rodovia e especificações do local. É válido ressaltar (para futuras análises em locais próximos) a localização geográfica do local de medição (presente na Figura 35): 12°06'05.0"S+44°58'37.2"W.

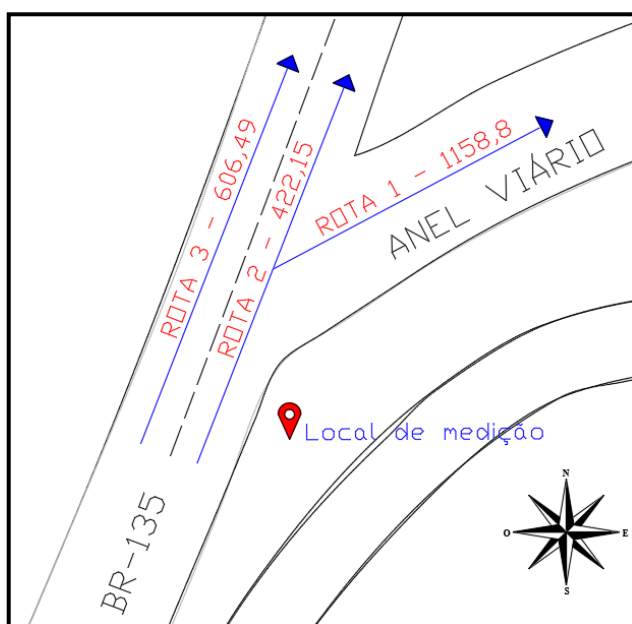
Figura 35: Croqui com detalhamento da rodovia analisada



Fonte: Autor.

As Figuras 36 e 37 apresentam a distribuição veicular equivalente total ao longo de todo o período de medição para os dois dias analisados.

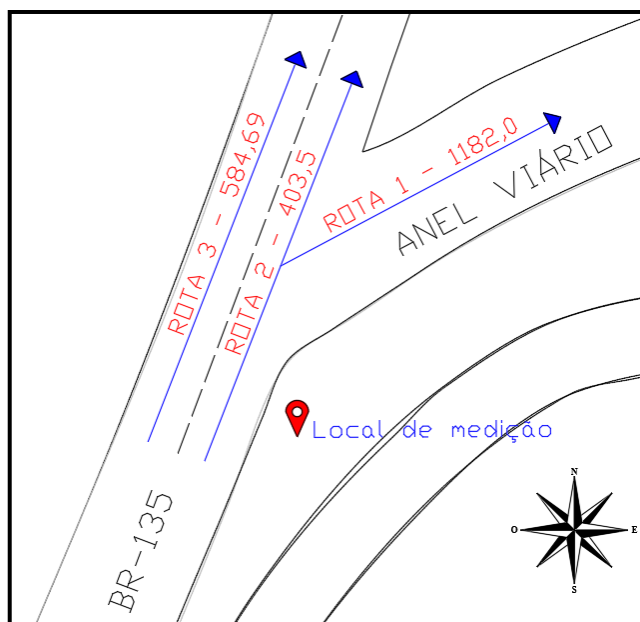
Figura 36: Volume veicular equivalente em UCP na medição de terça-feira (10/10/2023)



Fonte: Autor.

É possível notar que a rota 1 em ambos os dias de medição apresentou uma maior quantidade de veículos equivalentes em Unidades de Carro de Passeio (UCP), sendo que na terça-feira o valor total fecha em 1158,8 e para a quarta-feira 1182,0. A rota 3 fica em segundo lugar com um total de 606,49 UCP na terça-feira e 584,69 UCP na quarta-feira. Ao final, contabilizou-se um total de veículos equivalentes (somatório das 3 vias) para a terça-feira igual a 2187,44 e para a quarta-feira igual a 2170,19.

Figura 37: Volume veicular equivalente em UCP na medição de quarta-feira (11/10/2023)



Fonte: Autor.

Algo interessante observado ao longo de todo o processo de análise do local é o alto desgaste do revestimento asfáltico nas duas rotas mais movimentadas da rodovia, algo esperado devido ao constante atrito sofrido graças a relação pneu-asfalto, principalmente na rota 1 (a de maior fluxo veicular). A Figura 38 apresenta uma melhor perspectiva da situação asfáltica do local de medição.

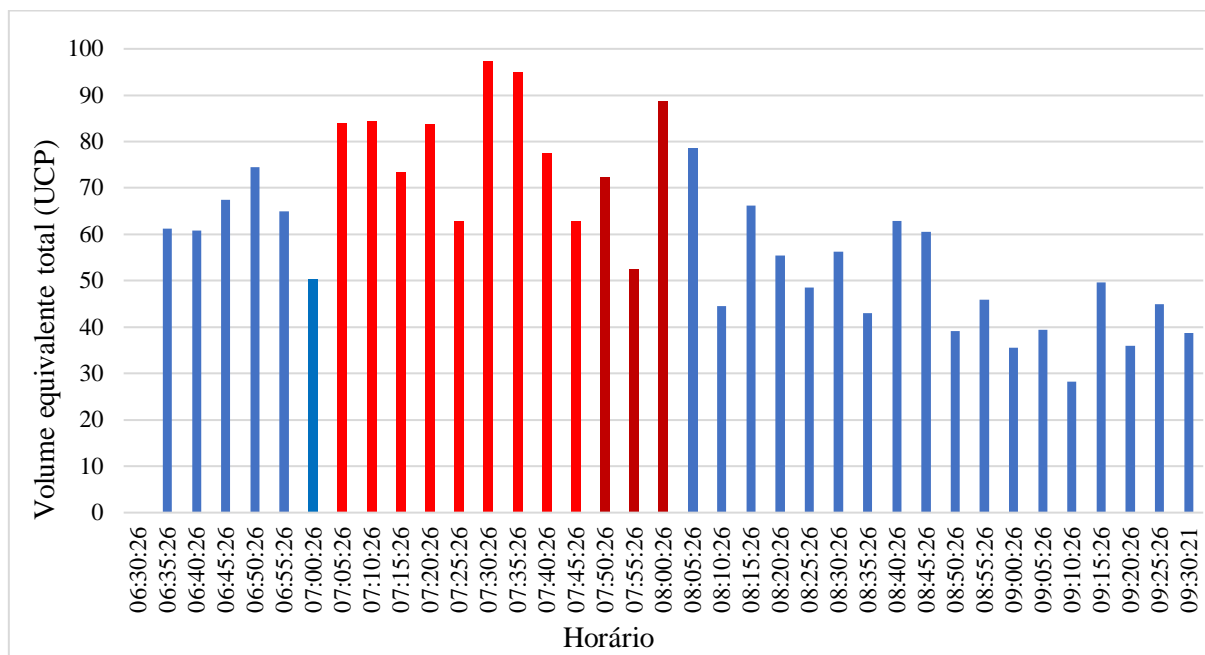
Figura 38: Situação asfáltica das rotas de maior fluxo veicular



Fonte: Autor.

Conforme já detalhado no capítulo 3, foi determinado o volume equivalente total dos veículos passantes ao longo do período de medição de 3h de cada um dos dois dias analisados. As Figuras 39 e 40 apresentam os resultados obtidos, em destaque na cor vermelha se encontra a hora pico da medição analisada e em um tom de vermelho mais escuro tem-se os 15 minutos de maior fluxo dentro da hora pico.

Figura 39: Volume equivalente total em Unidade de carro de Passeio (UCP) na terça-feira (10/10/2023)



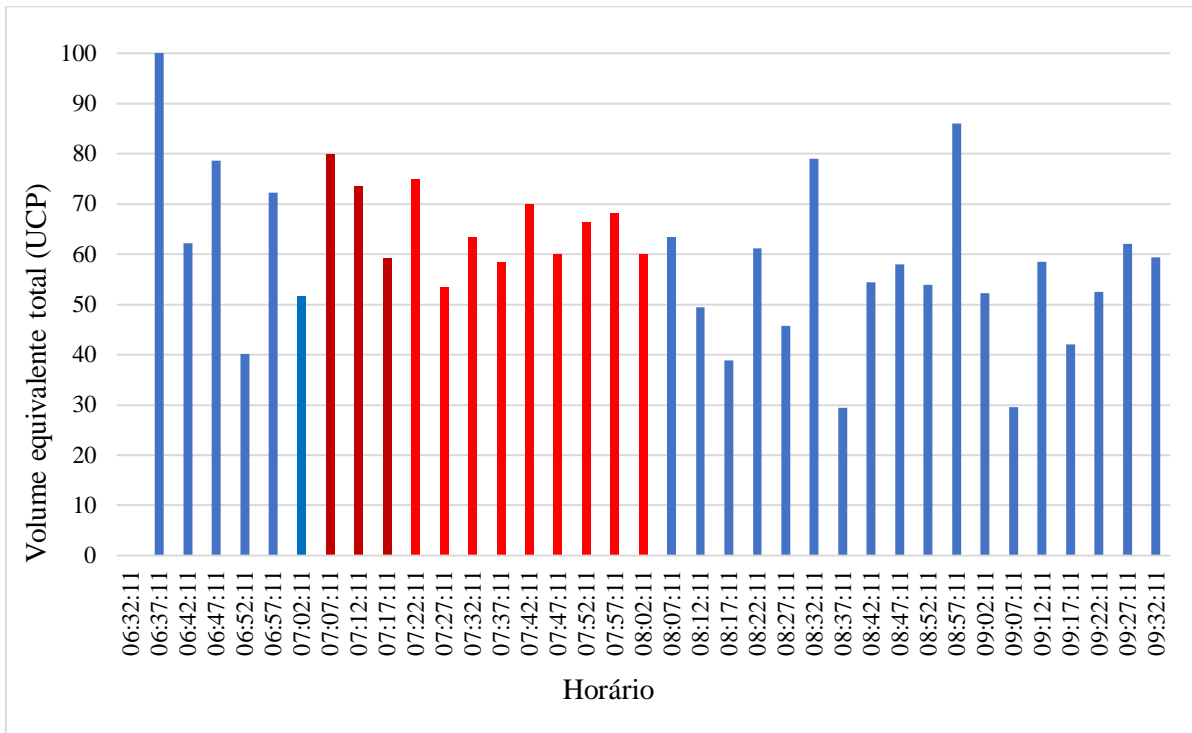
Fonte: Autor.

Observa-se que, a hora pico dos dois dias de medição se deu entre as 07h e 8h. Na primeira medição, terça-feira, o total de veículos equivalentes (UCP) contabilizados ao longo do horário de máxima demanda (hora pico) foi igual a 934,92, já para o segundo dia de medição (quarta-feira) 787,31 veículos equivalentes. Quanto aos 15 minutos de maior movimento (destacado em vermelho escuro), observou-se na terça-feira um total de 213,54 já para a quarta-feira um total de 212,72.

É importante destacar que apesar de apresentarem dados semelhantes, os dois dias de medição possuem um comportamento diferente ao longo de todo o período de captação de dados, especialmente a medição de quarta-feira que apresentou um número total de veículos menor do que a medição de terça-feira, isso pode se dar ao fato (como já citado anteriormente) de ter sido realizado em uma véspera de feriado de cunho nacional, o que pode ter feito com que o número de veículos se apresentasse menor na quarta-feira.

A grande variação a cada 5 min de medição pode ser devido tanto a característica da rodovia (sendo mais afastada do centro urbano) quanto a dos veículos pesados passantes não possuírem a mesma frequência e periodicidade de veículos leves presentes no centro urbano da cidade.

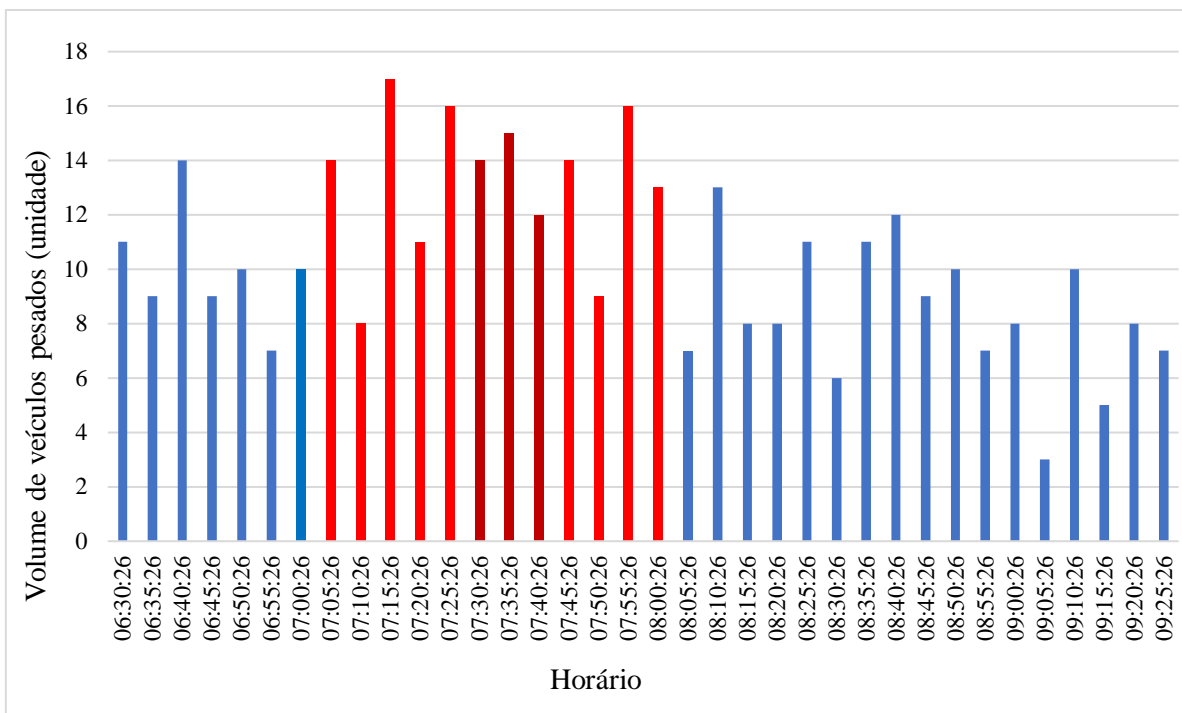
Figura 40: Volume equivalente total em Unidade de carro de Passeio (UCP) na quarta-feira (11/10/2023)



Fonte: Autor.

A partir dos dados obtidos em ambos os dias de medição, se fez necessário também ressaltar a quantidade de veículos pesados passantes ao longo de todo o período de contagem, de modo que foi possível verificar a importância e influência de tais veículos nos resultados de análise de ruído. As Figuras 41 e 42 apresentam os resultados encontrados.

Figura 41: Veículos pesados passantes na terça-feira (10/10/2023)

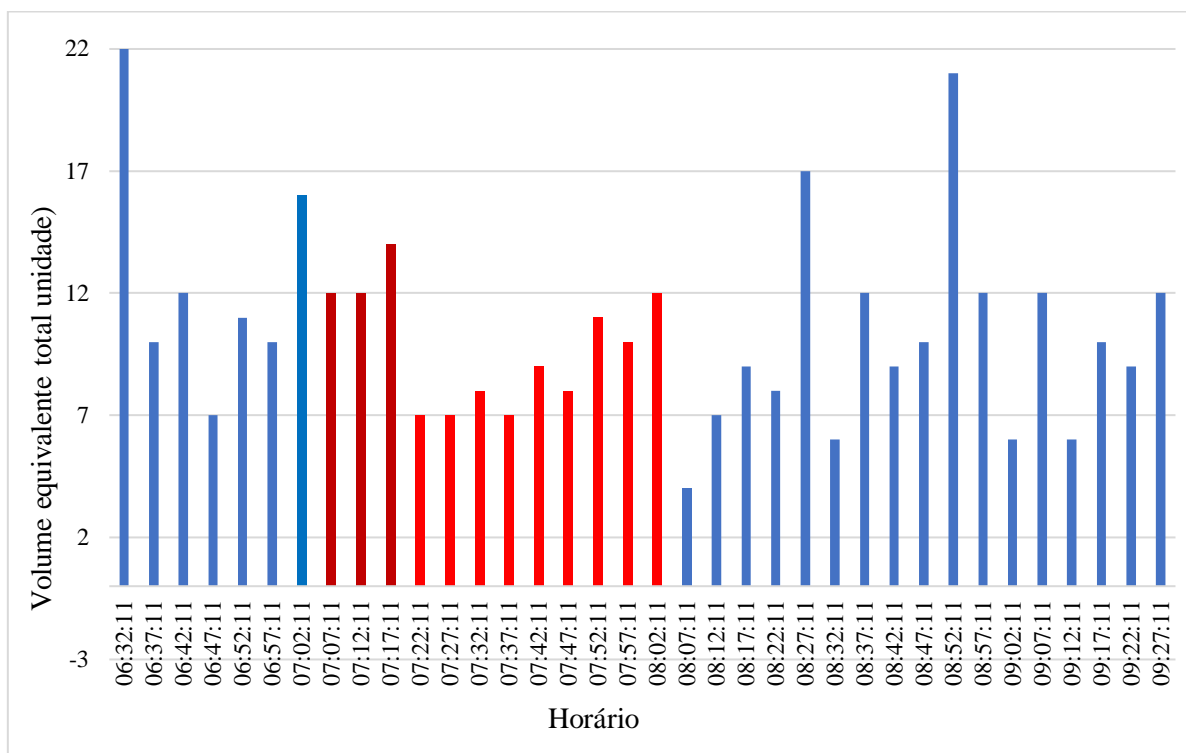


Fonte: Autor.

É perceptível através das Figuras 41 e 42 que a quantidade de veículos pesados passantes oferece grande influência tanto no que diz respeito ao volume total de veículos como no Leq da hora pico (Figura 39), uma vez que a hora de máxima demanda de veículos pesados na rodovia na terça-feira se dá justamente na hora pico do dia de medição. A quarta-feira destoa um pouco do argumento, no entanto a justificativa plausível seria a já apresentada anteriormente, com o adendo de que pode ser observada uma tendência de menor movimento de veículos pesados devido aos mesmos já terem descarregado os seus materiais principais (ligados ao feriado de cunho nacional) nos dias anteriores ao da medição realizada.

Destacado em vermelho claro tem-se a análise feita baseada na hora pico dos dias de medição, sendo que para a terça-feira observou-se um total de 159 e na quarta-feira um total de 117 veículos. Em vermelho escuro tem-se os 15 minutos de máxima passagem de veículos pesados, sendo para a terça-feira um total de 41 e para a quarta-feira um total de 38.

Figura 42: Veículos pesados passantes na quarta-feira (11/10/2023)

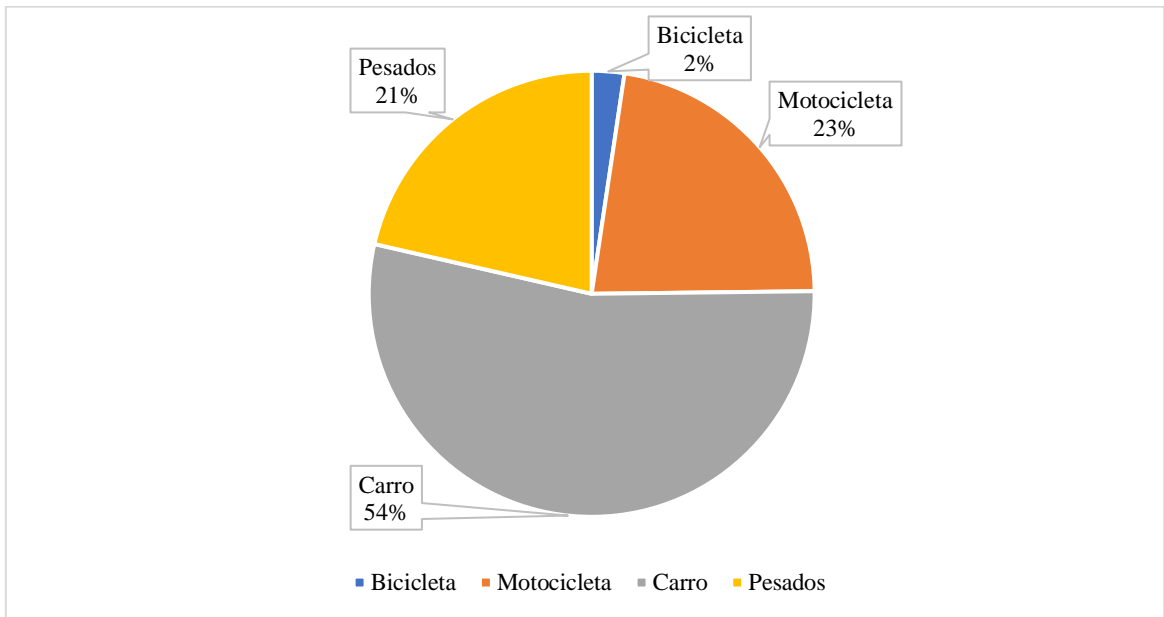


Fonte: Autor.

4.3 PORCENTAGEM VEICULAR E CORRELAÇÃO DE RUÍDO

Por meio da classificação utilizada na ficha de contagem manual de veículos (Figura 23) foi possível distribuir todo o tráfego de modo que o mesmo fosse subdividido entre as categorias determinadas segundo o manual de estudos de tráfego do DNIT. As Figuras 43 e 44 apresentam a distribuição veicular realizada.

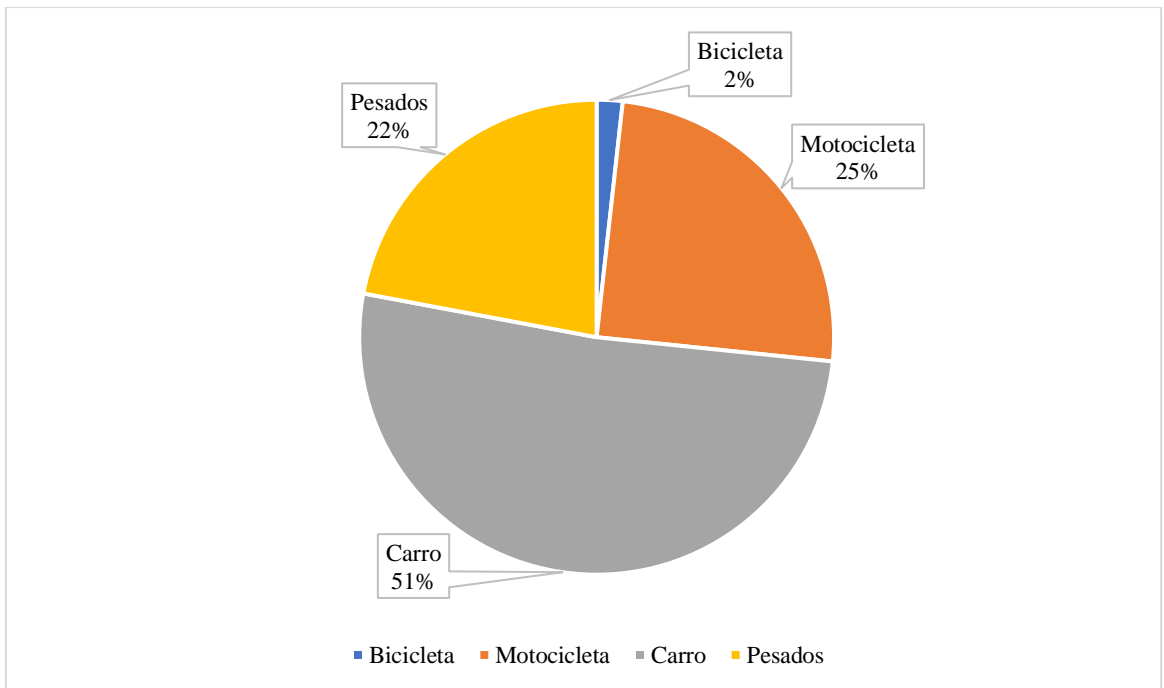
Figura 43: Distribuição geral da tipologia de veículos contabilizados na terça-feira (10/10/2023)



Fonte: Autor.

Nota-se que em ambos os dias de medição, cerca de 20% do tráfego total de veículos passantes é considerado pesado, um valor consideravelmente alto tendo em vista que o trecho de via analisado foi criado justamente com o propósito de desviar o fluxo de veículos pesados do centro da cidade, a fim de reduzir o congestionamento, o nível de ruído e principalmente o número de acidentes. Em tese, o fluxo de veículos pesados deveria ser ainda maior na rodovia analisada, no entanto, muitas carretas e caminhões ainda permanecem seguindo a sua rota por dentro do centro urbano da cidade, indo contra a legislação do município e causando muitos transtornos.

Figura 44: Distribuição geral da tipologia de veículos contabilizados na quarta-feira (11/10/2023)

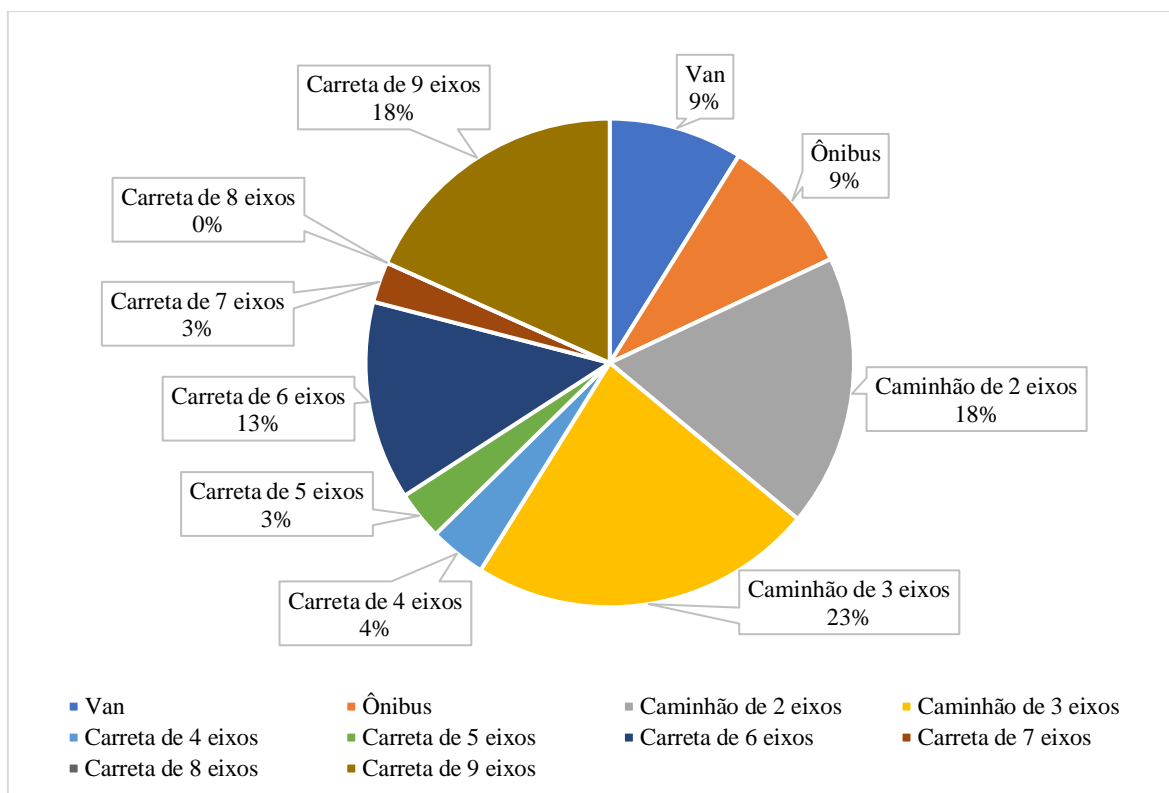


Fonte: Autor.

Com o propósito de distribuir melhor o percentual de veículos pesados passantes ao longo da rodovia, foi necessário classificar os mesmos de modo que fosse considerado o peso e o tipo de veículo pesado presente na via, sendo assim, foi considerado o número de eixos presentes em cada caminhão e carreta contabilizada, para que se soubesse exatamente o tipo de veículo predominante no trecho.

Saber o número de eixos de um veículo é de suma importância para que se tenha uma melhor compreensão não só do tipo de veículo presente na via, mas também de informações como o peso (que possui influência direta no quesito pneu-asfalto) e comprimento máximo, uma vez que é possível determinar o provável uso do veículo e assim caracterizar ainda mais a tipologia veicular passante ao longo da via. As Figuras 45 e 46 apresentam a distribuição realizada.

Figura 45: Distribuição de veículos pesados contabilizados na terça-feira (10/10/2023)



Fonte: Autor.

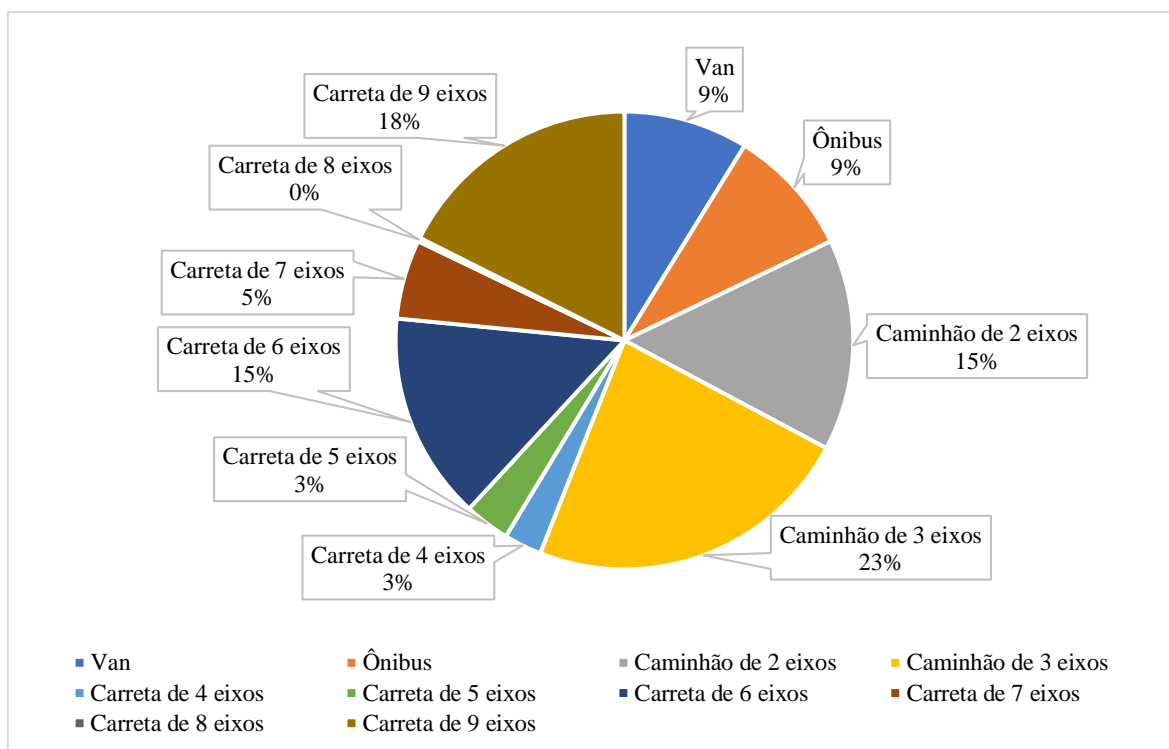
Em ambos os dias de medição observou-se um maior fluxo de caminhões de 2 e 3 eixos, bem como de carretas de 6 e 9 eixos. Por ser um município em constante crescimento, a cidade de Barreiras necessita muito de veículos capazes de realizar carregamentos pesados de forma rápida e econômica, sendo assim, o grande percentual de caminhões de 2 e 3 eixos observados se deve a elevada quantidade de insumos (principalmente de materiais de construção) que são a toda hora descarregados nas áreas mais internas da cidade e que demandam de desvio pelo Anel Viário a fim de garantir uma maior rapidez, eficiência e segurança.

Como apresentado no capítulo 3 (Figura 17), o local de medição escolhido se encontra muito próximo de um fornecedor de concreto local, que a todo momento disponibiliza caminhões para o abastecimento de obras locais, principalmente das grandes edificações presentes no centro da cidade. Além disso, o local de medição fica em contato constante com grandes empresas de mineração, que carregam carretas com cascalho, brita e areia. Tais insumos possuem uma alta densidade, e precisam o uso de carretas de grande porte, sendo algumas dessas de 6 e 9 eixos, capazes de suportar grandes carregamentos,

Além disso, a cidade de Barreiras se encontra muito próximo a grandes polos do agronegócio, como a cidade de Luís Eduardo Magalhães, portanto, é possível que, parte dos veículos de grande porte advindos dessa cidade façam uso do Anel viário de Barreiras, seja como uma forma de encurtar o período de viagem ou ainda como destino final do carregamento.

Os veículos de maior percentual observados contribuem quantitativamente ao nível de ruído captado ao longo dos dois dias de medição, de modo que, grande parte dos pontos fora da curva (conforme apresentado nas Figuras 24 e 26) foram advindos dos veículos apresentados no presente parágrafo, como demonstrado nas Figuras 25 e 27.

Figura 46: Distribuição de veículos pesados contabilizados na quarta-feira (11/10/2023)

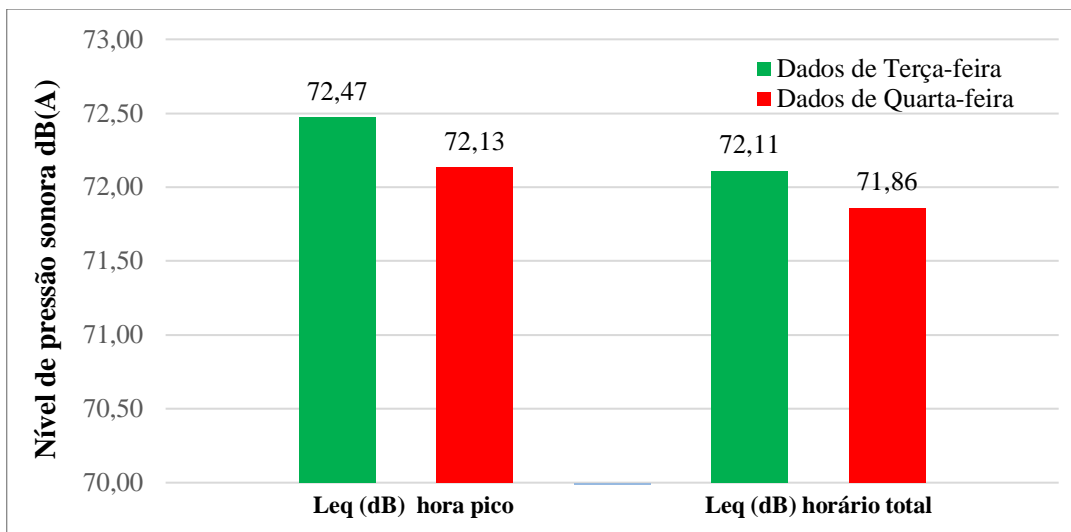


Fonte: Autor.

Mesmo com o advento de o segundo dia de medição ter sido realizado pouco antes de um feriado de cunho nacional, ao final da captação de dados notou-se que, de modo geral, os dados apresentaram uma grande semelhança se forem considerados os veículos em Unidade de Carro de Passagem, sendo assim, a partir da Figura 47 é possível notar que, tanto

na análise total como somente na hora pico obteve-se um valor de Leq muito semelhante, o que significa dizer que há uma homogeneidade sonora ao longo das medições.

Figura 47: Relação Leq observada ao total das duas medições

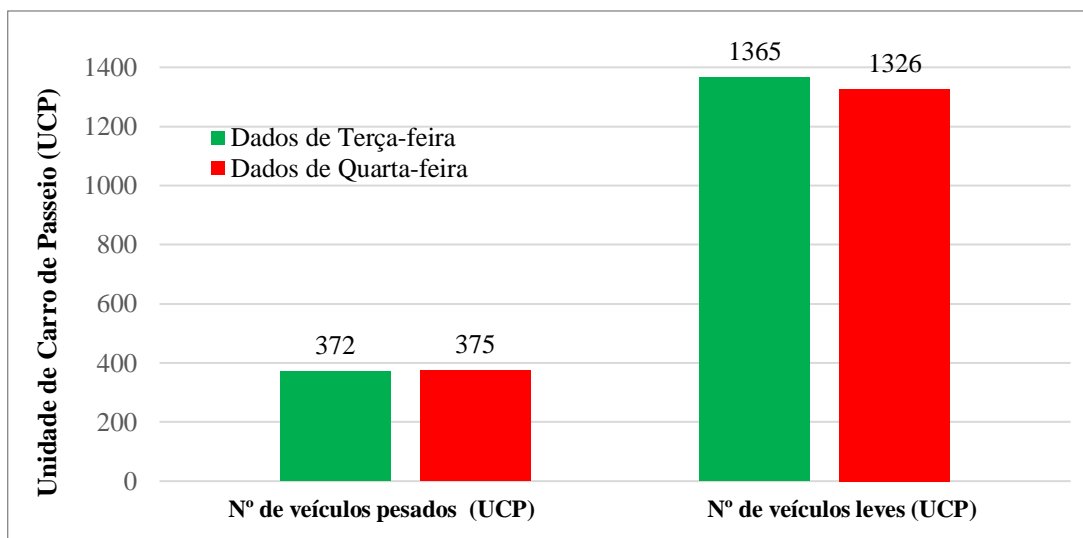


Fonte: Autor.

Observa-se a partir da Figura 48 que, o número equivalente (UCP) de veículos pesados em ambos os dias de medição variou muito pouco entre si, diferentemente da quantidade de veículos leves, que veio a possuir uma maior variação ao longo dos dois dias de medição.

Levando em consideração que o Leq(A) e O UCP de veículos pesados não obtiveram uma variação significativa ao longo das medições (Figuras 47 e 48) é correto afirmar que tal constância nos dados implica em dizer que os veículos pesados exercem uma maior influência no ruído no trecho analisado, visto que, caso os veículos leves possuíssem uma maior influência, a variação dessa tipologia, em número equivalente, tenderia a causar uma maior variação no Leq(A) tanto do horário de pico como do horário total de medição.

Figura 48: Relação UCP observados ao total das duas medições



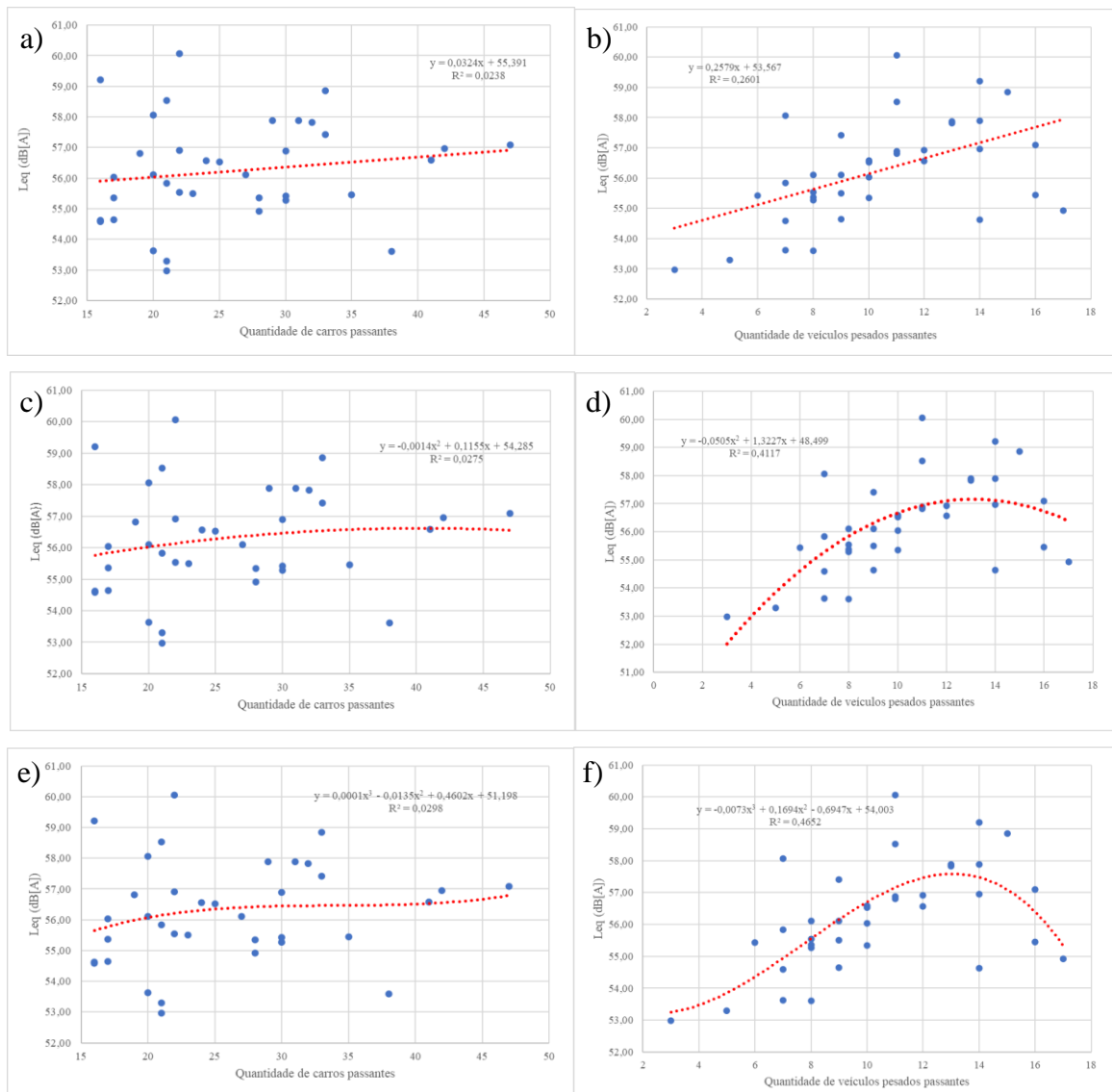
Fonte: Autor.

4.4 PROSPECÇÃO DE TENDÊNCIA DE DADOS

A fim de obter uma linha de tendencia entre os dados coletados foi realizada a correlação entre os veículos de maior influência no ruído médio captado no local de medição, de modo que foi necessária uma análise baseada em regressão, considerando-se primeiramente somente os automóveis passantes ao longo de todo o período de medição e logo em seguida todos os veículos pesados passantes (ambos no período de 5 em 5 minutos).

Abaixo encontram-se os resultados referentes ao primeiro dia de medição (terça-feira).

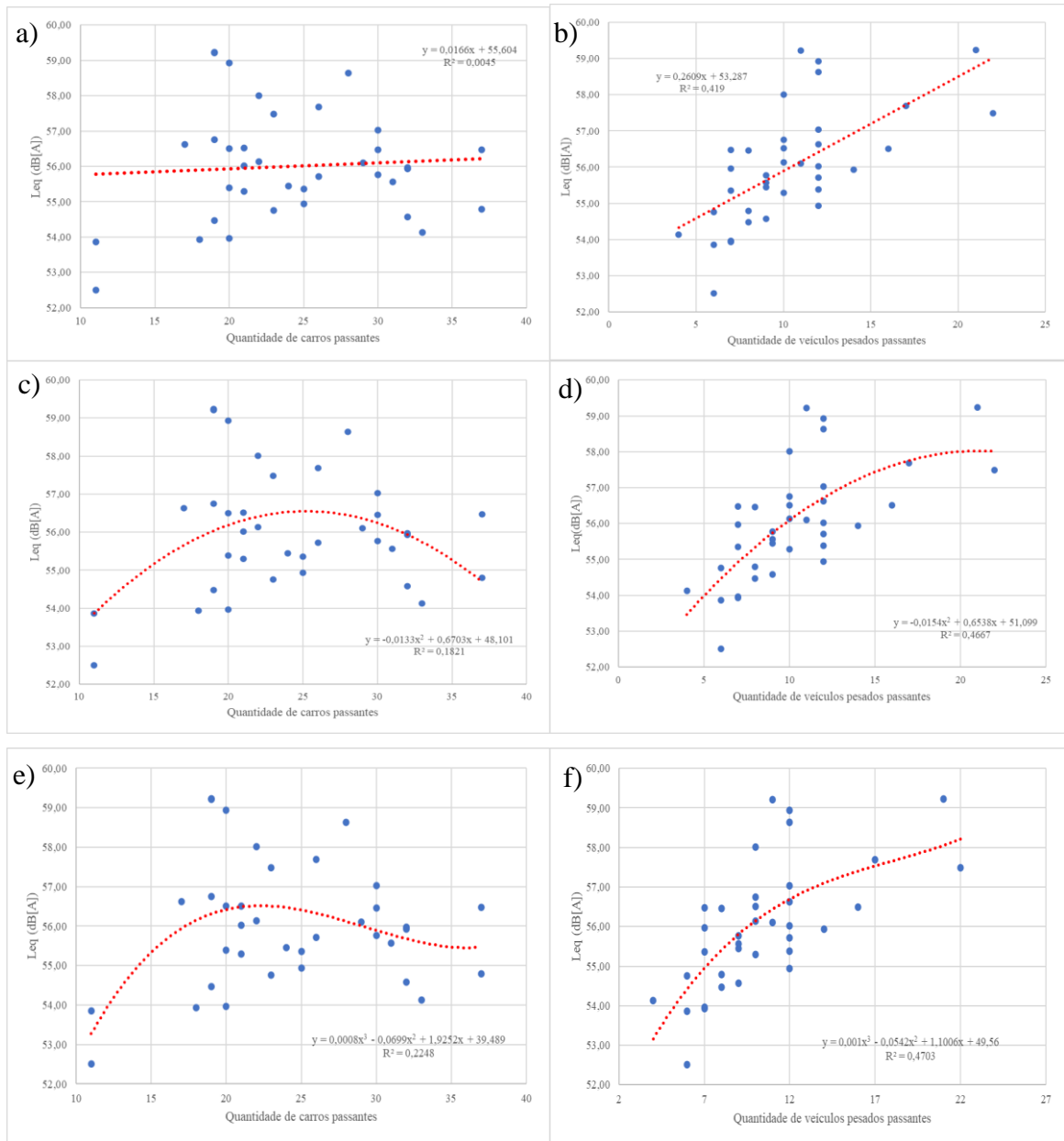
Figura 49: Regressão de veículos contabilizados na terça-feira (10/10/2023). a) regressão linear de carros. b) Regressão linear de veículos pesados. c) Regressão quadrática de carros. d) Regressão quadrática de veículos pesados. e) Regressão cúbica de carros. f) Regressão cúbica de veículos pesados.



Fonte: Autor.

Abaixo encontram-se os resultados referente ao segundo dia de medição (quarta-feira).

Figura 50: Regressão linear dos veículos contabilizados na quarta-feira (11/10/2023). a) regressão linear de carros. b) Regressão linear de veículos pesados. c) Regressão quadrática de carros. d) Regressão quadrática de veículos pesados. e) Regressão cúbica de carros. f) Regressão cúbica de veículos pesados.



Fonte: Autor.

Para a prospecção feita a partir dos dados da medição de terça-feira é possível notar que, dentre todas as regressões realizadas, a que representa a melhor correlação (tanto na análise de carros como na de veículos pesados) é a regressão cúbica, isso se deve ao fato da nuvem de pontos apresentar uma dispersão consideravelmente alta devido a grande quantidade de variáveis envolvidas ao longo do processo de medição, tais como: condição de funcionamento e modelo dos veículos analisados, uma vez que são fatores de grande influência nos resultados obtidos, pois são capazes de gerar uma elevação ou diminuição do ruído local captado pelo equipamento, além disso, é importante apontar que (como já citado anteriormente) a via analisada pode ser considerada como um desvio de veículos pesados a

fim diminuir o fluxo, desse modo, é de se esperar que tal desvio apresente uma distribuição menos linear que um trecho de via dentro do centro urbano da cidade (que comporta em grande parte os mesmos veículos diariamente).

5. CONCLUSÃO

A partir de toda análise realizada ao longo do trabalho é notório afirmar que, os níveis de ruído captados durante as medições realizadas no local escolhido não atenderam (em sua maior parte) aos níveis máximos estabelecidos pela legislação local, de modo que foi perceptível a influência direta dos veículos pesados com a poluição sonora gerada.

Mesmo as medições de ruído sendo realizadas em dois dias diferentes da semana, o valor associado tanto ao ruído relacionado ao período total de medição como ao ruído obtido para a hora pico são muito semelhantes, de tal forma que a distribuição da nuvem de pontos de ambos os dias sofresse poucas variações entre si. Para a terça-feira os valores de ruído variaram de 53,1 dB(A) e 91,65 dB(A) e na quarta-feira uma variação entre 51,89 dB(A) e 87,1 dB(A), de modo que os altos picos de ruído se deram fundamentalmente a veículos pesados com problemas mecânicos.

Em relação a análise do fluxo de veículos é possível afirmar que, ao decorrer de todo o processo de medição, os veículos pesados presentes na BR-135 apresentam uma grande influência no que diz respeito ao ruído gerado no local de estudo, de modo que, mesmo com uma contribuição quantitativa de veículos mais singela (em média 21,5%), se comparada com a dos veículos leves (em média 78,5%). Notou-se que em ambos os dias de medição a quantidade de veículos pesados se manteve muito próxima, assim como o nível de ruído tanto do período total de medição como da hora pico, dessa forma, o conjunto da tipologia veicular pesados pode ser a responsável pelos níveis de ruído excedentes ao limite sonoro estabelecido pelas normas regulamentadoras e municipais, uma vez que nos dois dias de medição o percentual de veículos leves veio a sofrer uma maior variação quantitativa, mas que não apresentou uma variação proporcional ao ruído tanto captado pelo equipamento de medição como o calculado segundo a ISO 1996-1 (2016).

De modo geral, diante de toda discussão para o trecho de via analisado, comprovou-se que, os veículos pesados exercem sim uma grande influência no ruído médio local da BR-135, sendo que destes que houve uma maior presença de caminhões de 2 e 3 eixos (15% e 23% do total de veículos pesados, respectivamente), além disso, obteve-se uma grande quantidade de carretas de 6 e 9 eixos (15% e 18% do total de veículos pesados, respectivamente), o que reforça a hipótese de oanel viário comportar uma maior tipologia de veículos relacionados ao carregamento de materiais de construção (geralmente empregados por caminhões de 2 e 3 eixos), assim como de veículos ligados ao agronegócio (carretas mais robustas devido ao alto volume de grãos comercializados a todo momento, de 6 e 9 eixos por exemplo).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARILLA, R, S, D. **Estudo de barreira acústica no controle de ruído em um câmpus universitário**. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA DO PARANÁ, 2019.
- ANGELI, L, P; NUNEZ, I, J, C; FILHO, R, H, O. **Avaliação da eficiência de barreiras acústicas com diferentes tipos de topos**. *Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação*, pg. 2, 2018.
- AVSAR, Y; GONULLU, M. T. **Determination of safe distance between roadway and school buildings to get acceptable school outdoor noise level by using noise barriers**. *Building and Environment*, Oxford, v. 40, p. 1255 – 1260, 2005.
- BERANEK, L. L. **Noise Reduction**, 1ª. ed., USA, 1960.
- BIASI, J. A.; NERCOLINI, R. V.; BUSS, M. V.; SUCKOW, J. E. **Ruído causado pelo tráfego veicular: qual é a aplicabilidade e eficiência da NBR 10151/2000 comparada à norma alemã RLS – 90?** *Unoesc e Ciência*. p. 79 e 80. 2018.
- BRANDÃO, G. V. L. **Linhas ferroviárias e cidade: Avaliação acústica para redução de ruídos em áreas urbanas**. Juiz de Fora, 2018.
- BRASIL, Resolução CONAMA nº 001, de 08 de março de 1990. Emissão de ruídos. Publicado no D.O.U.
- BRITO, L. A. P. F.; TOLEDO, V. D. **Avaliação de algoritmos matemáticos na previsão de ruído de tráfego**. XXVII Encontro da SOBRAC – Sociedade Brasileira de Acústica. Brasília, 2017.
- BRÜEL & KJÆR. Disponível em:
<<https://www.bksv.com/pt?gclid=CjwKCAiA6Y2QBhAtEiwA>>. Acesso 04 de jun. de 2023.
- CAETANO, R. S. **Modelagem e estudo de solução para mitigação dos níveis de pressão sonora para garantir o desempenho acústico da edificação**. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.
- CAL, R.; SPÍNDOLA, M. R.; GRISALES, J. C. **Ingeniería de Transito - Fundamentos y Aplicaciones**, 1994.
- CALIXTO, A.; DINIZ, F. B.; ZANNIN, P. H. T. **Modelamento matemático da emissão sonora em rodovias federais que adentram áreas urbanas**. *Revista di Acustica*, Brazil, 2003.
- CÂMARA MUNICIPAL DE BARREIRAS. Lei nº 480/99, de 06 de outubro de 1999. **Controle e fiscalização das atividades que gerem poluição sonora, impõe penalidades e dá outras providências**. 13 de outubro de 1999.
- CARNEIRO, A. B. C. R. **Barreiras Acústicas e Visuais no Jardim Botânico do Porto –**

Projeto de Execução. FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO. 2018.

CETESB. EMISSÃO VEICULAR - **RUÍDO** Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/veicular/ruído/>> Acesso em: 12 de março de 2023.

COELHO, J. L. B, VALADAS, B., GUEDES, M. **Ruído ambiente em Portugal.** Revista Acústica e Vibrações, n. 18 p. 17-32, 1996.

CRIFFER. **Medidores de Ruído.** Disponível em: <<https://www.criffer.com.br/medidores-de-ruído>>. Acesso em 19 de junho de 2023.

CRUZ, M. M. L. **Avaliação dos impactos de restrições ao trânsito de veículos.** 2006.

ILARIO, C. G. Aiba | **Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia - A Aiba - Aiba | Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia.** p. 1–12, 2011.

DER BUNDERSMINISTER FÜR VERKEHR – DBV. **RLS/90: RICHTLINIEN FÜR DEN LÄRMSCHUTZ AN STRABEN** (Diretrizes para o Controle de Ruído em Rodovias). Norma Alemã, Bonn, 1990.

DNIT. Manual de estudos de tráfego. **Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR**, p. 384, 2006.

DNIT. Tratamento ambiental acústico das áreas lindeiras da faixa de domínio. 2006.

DUARTE, W. R. X.; LIMA, K. F.; GONÇALVES, V. V. **Estudo comparativo entre dois métodos de avaliação de ruído de passagem.** Congresso técnico científico da engenharia e da agronomia (CONTECC 2016). Foz do Iguaçu, 2016.

ESTERCIO, D. C. L.; SOARES, P. F.; LISOT, A. **Avaliação do ruído de tráfego urbano: estudo de caso avenida Londrina, Umuarama – PR.** XXVIII Encontro da Sociedade Brasileira de acústica, Porto Alegre, 2018.

FALCÃO. L. C. **O sonômetro e as curvas de ponderação.** Disponível em: <<https://www.concepcaoacustica.com/post/o-sonometro-e-as-curvas-de-ponderacao>>. Acesso em: 28 de abril de 2023.

FEHRL. **Guidance Manual for the Implementation of Low-Noise Road Surfaces.** SILVIA - Sustainable road surfaces for traffic noise control. Brussels, Belgium, 2006.

FONTES, L. P. T. L. **Optimização do Desempenho de Misturas Betuminosas com Betume Modificado com Borracha para Reabilitação de Pavimentos.** Tese de Doutorado, UFSC, 2009.

FRANKLIN, R.; HARLAND, D; NELSON, P. **Road Surfaces and Traffic Noise.** TRRL Report. TRRL Limited, Crowthorne, 1979.

GANIME, J. F; ROBAZZI, M. L. C. C; VALENZUELA, S; FALEIRO S. A. **O ruído como um dos riscos ocupacionais: uma revisão de literatura.** Enfermería Global, Araxá, n. 19,

p. 1-15, 2010.

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

GONZALÉZ, D. M; **Estudio de la influencia de los diferentes elementos y características del entorno urbano em la aplicacion de la norma ISO 1996 para la obtención de mapas de ruido**. Pg. 19 e 20. Cáceres. 2018.

GOOGLE Code. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-12.101126,-44.9771976,16.05z?entry=ttu>>, 2023. Acesso em 18 de junho de 2023. **GOOGLE, INC. Google. Maps.**

GUIMARÃES, L. G. **Análise dos níveis de pressão sonora nos locais de maior incidência de ruído na cidade de Santa Maria, RS**. Santa Maria, 2005.

HAMET, J. F.; KLEIN, P.; ANTOSSO, F.; DUHAMEL, D.; FADARI, A.; BÉGUET, B. **Road Profile Textura and Tire Noise. Pavement Surface Characteristic**. IV th International Symposium – SURF 2000. Nantes, 2000.

HAMET, J. F.; KLEIN, P.; ANTOSSO, F.; DUHAMEL, D.; FADARI, A.; BÉGUET, B. **Road Profile Textura and Tire Noise. Pavement Surface Characteristic**. IV th International Symposium – SURF 2000. Nantes, 2000.

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

HOOD, R. A. **Accuracy of calculation of road traffic noise. Applied Acoustics Amsterdam**, n. 21, p – 139 – 146, 1987.

Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia (IBGE). **Ruídos urbanos**. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=260690>>. Acesso em: 5 de maio de 2023.

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TRANSPORTES E INFRAESTRUTURA. **BR – 135 BA/MG**. Disponível em: <<https://itti.org.br/br-135bamg/>>. Acesso em: 19 de junho de 2023.

ISO, I. O. S.-. **ISO 11819-2: Acoustics- Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – part 2: the close – proximity method**. v. 2017.

ISO, I. O. S.-. **ISO 9614-2: Acoustics- Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity**. v. 2020, 1996.

JUNIOR, S. M. B. **Sistema de contagem de fluxo de veículos**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

KAWAKITA, C. Y. **Medição do ruído de tráfego na rodovia SP 270 e avaliação da satisfação quanto ao conforto acústico de seus moradores**. São Paulo, 2008.

KNABBEN, R. M. **Estudo do ruído pneu-pavimento e da absorção sonora em diferentes revestimentos de pavimento**. Florianópolis, 2012.

KOTZEN, B.; ENGLISH, C. **Environmental Noise Barriers: a guide to their acoustic and visual design**. 1 ed. Longon & New York: E & FN Spon, 165 p., 1999

KOTZEN, B; ENGLISH, C. **Environmental Noise Barriers: A guide to their acoustic and visual design**. 2 ed. Published by Taylor & Francis 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon OX14 4RN, 2009.

LIMA, F. C. B. **Avaliação do ruído produzido pelo tráfego em um trecho de via urbana na cidade de Barreiras**, Barreiras-Bahia, 2023.

LONG, M. **Architectural acoustics**. Elsevier Academic Press, USA, 2006.

MITSUMOTO, G. L. **Os riscos do barulho para o coração**. Disponível em: <https://blog.bjcv.org/single-post/2019/02/28/os-riscos-do-barulho-para-o-coracao/>. Acesso em: 18 de abril de 2023.

MURGEL, E. **Acústica rodoviária – Fundamentos e medidas de controle**. Revista Infraestrutura, São Paulo, n. 2, 1999

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

NARUSEVICIUS. M. R. M. **Estudo de barreiras acústicas em rodovias**. XXX Congresso de iniciação científica UNICAMP. 2022.

NBR 10.151 **Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimentos**, p. 4, 2000.

NBR 10151: **Medição do ruído emitido por veículos rodoviários automotores e aceleração – método de engenharia**. Rio de Janeiro (200). ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

NBR 9714: **Veículo rodoviário automotor – Ruído emitido na condição parado**. Rio de Janeiro (200). ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

PALHARES, D. A. G.; VECCI, M. A. M; PAVANELLO, L. G. **Ruído em ambiente urbano do tráfego veicular: resultados iniciais da aplicação de uma metodologia de mapeamento sonoro para áreas urbanas e industriais**. In: Congresso iberoamericano de acústica, 1. Simpósio de metrologia e normatização em acústica do Mercosul, 1; Encontro da sociedade brasileira de acústica, 18, 1998. Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 459-462.

PAZ, E. C. DA. **Estudo de um modelo de avaliação e predição acústica para o ruído de tráfego**, 2004.

PAZOS, D. F. P. **Caracterização da reflexão sonora de barreiras acústicas com superfícies corrugadas periódicas**. 2015. Tese. (Doutor em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

PIVA, F. J. Fatores de equivalência de veículos pesados em rodovias de pista dupla. Dissertação de mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BARREIRAS. **Diário oficial de Barreiras**, ed. 1225. 09 de setembro de 2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BARREIRAS. Lei nº 1427, de 17 de dezembro de 2019. **Descrição do perímetro urbano e da expansão da cidade de Barreiras**. 17 de dezembro de 2019.

QUADROS, F. DE S. **Avaliação do Ruído ambiental gerado por veículo de utilidade pública - Estudo de caso: Caminhão de coleta de resíduos domiciliar**. n. 82, p. 1–21, 2004.

ROSSING T. D; MOORE, F. R.; WHEELER, P. A. **The science of Sound**. 3 ed. Los Angeles: Pearson Addison Wesley, 2001.

SAMELI A; FIORINI, A. **Saúde Coletiva e do Trabalhador**. v. 1, n. Editora Santos, p. 455, 2011.

SCHULTZ, T. J. **Community Noise Rating**. 2.ed. Londres / Nova Iorque, 1972.

SILVA, G. **Barreiras acústicas reduzem ruídos em regiões vizinhas á vias de fluxo intenso**. Disponível em: http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/barreiras-acusticas-reduzem-ruídos-em-regioes-vizinhas-a-vias-de-fluxo-intenso_8759_0_1. Acesso em: 12 de nov. de 2023.

SPECHT, L. P.; CALLAI, S. C.; KHATCHATOURIAN, O. A.; KOHLER, R.; **Avaliação de ruído através do SPBI (Statistical Pass – By Index) em diferentes pavimentos**. p. 442. 2009.

TEICHMANN, D. P. *et al.*, **Estudo teórico do conforto acústico nas rodovias: barreiras acústicas**. XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia – CRICTE 2017 15 a 18 de novembro de 2017 – Ijuí – RS – Brasil.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. **Highway Capacity manual**, 2000.

VALADARES, V. M.; VECCI, M. A. M. **Alternativas de Controle de Ruído para estação Venda Nova – BH, MG**. VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, Brasil, p. 1-7, 2001.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO (UK). **Résumé d’Orientation des Directives de l’OMS Relatives au Bruit dans l’Environnement**. Disponível em: <<https://www.who.int/>>. Acesso em: 12 de abril de 2023.

ANEXOS

ANEXO 1 – RELATÓRIOS DE RUÍDO

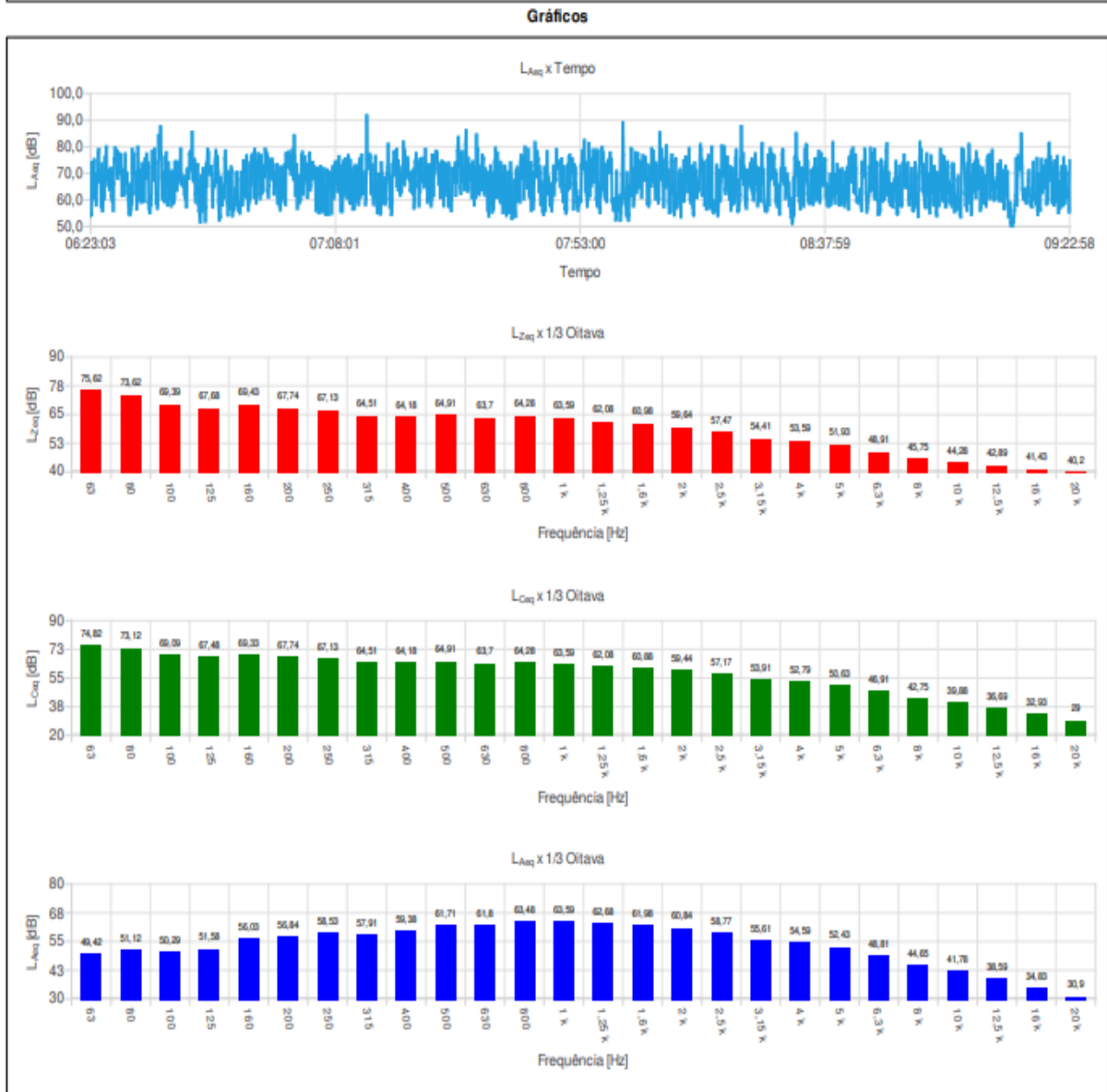
Relatório de ruído do primeiro dia de medição (terça-feira, 10/10/2023)

Relatório de ruído @ OCTAVA SN: 018062617

Configuração		
Evento: 1	Tarefa: Ensaio20	
Tempo de amostragem [s]: 5	Duração: 03:00:00	Ponderação em frequência: A
Início: 06:23:03	Tempo em pausa: 00:00:00	Ponderação de tempo: Rápida
Fim: 09:22:58		Análise de citavas: 1/3

Verificação de campo @ 1kHz
Pré verificação [dB]: 114,00 (16/01/2019 14:25)
Pós verificação [dB]: —

Resultados			
L [dB]: 72,11 eq	L [dB]: 100,46 Máx	L [dB]: 78,79 05	L [dB]: 56,20 90
L [dB]: 100,37 Mín	L [dB]: 48,57 Mín	L [dB]: 76,25 10	L [dB]: 55,18 95
SEL [dB]: 112,45	L [dB]: 114,97 Pico	L [dB]: 64,05 50	



Fonte: Autor.

Relatório de ruído do segundo dia de medição (quarta-feira, 11/10/2023)

Relatório de ruído @ OCTAVA SN: 018062617

Configuração

Evento: 1	Tarefa: Ensaio21	
Tempo de amostragem [s]: 5	Duração: 03:00:00	Ponderação em frequência: A
Início: 06:24:48	Tempo em pausa: 00:00:00	Ponderação de tempo: Rápida
Fim: 09:24:43		Análise de oitavas: 1/3

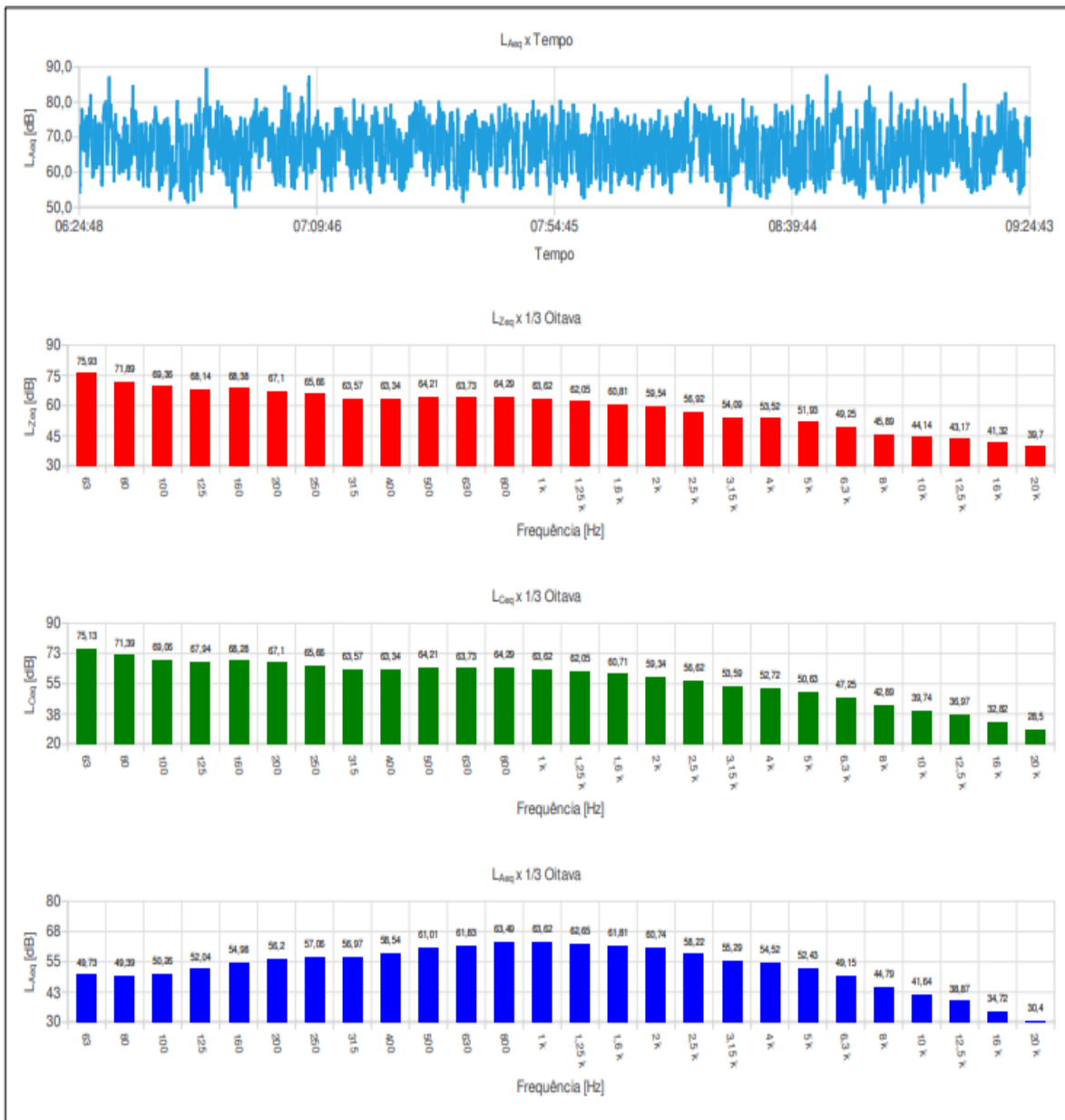
Verificação de campo @ 1 kHz

Pré verificação [dB]: 114,00 (16/01/2019 14:25)
Pós verificação [dB]: —

Resultados

L [dB]: 71,86 _{eq}	L [dB]: 97,17 _{Max}	L [dB]: 78,58 ₀₅	L [dB]: 56,20 ₉₀
L [dB]: 97,10 _{#FMax}	L [dB]: 48,80 _{Min}	L [dB]: 76,23 ₁₀	L [dB]: 55,12 ₉₅
SEL [dB]: 112,19	L [dB]: 110,91 _{Pico}	L [dB]: 64,20 ₅₀	

Gráficos



Fonte: Autor

ANEXO 2 – FICHAS DE CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE VEÍCULOS

Fichas de contagem do primeiro dia de medição (terça-feira, 10/10/2023) – Movimento 1:

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE VEÍCULOS																																				
Rodovia Juscelino Kubitschek (BR-135), Barreiras - Bahia												Data de contagem: <u>10</u> / <u>10</u> / <u>2023</u>																								
Nº do movimento: <u>01</u>												Assinatura do operador: <u>Gabriel da Silva Freitas</u>																								
Tipo de veículo	<u>06:30:26</u> às <u>07:30:26</u>												<u>07:30:26</u> às <u>08:30:26</u>												<u>08:30:26</u> às <u>09:30:26</u>											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Bicicleta	1	2	2	1	2	2	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Motocicleta	13	10	9	7	11	4	11	8	6	3	10	8	11	12	12	11	8	6	4	1	2	3	4	0	2	1	2	3	2	4	1	1	5	1	1	3
Carro	9	11	4	12	17	9	14	15	18	18	13	21	21	18	15	8	9	19	14	15	13	12	9	13	18	14	12	8	7	10	7	10	13	10	13	9
Van	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0
Ônibus	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0
Caminhão de 2 eixos	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	1	0	1	0	1	1	3	2	2	1	0	1	2	2	0	0	3	1	0	3
Caminhão de 3 eixos	2	0	0	1	1	1	0	2	0	1	1	1	1	3	1	0	3	2	2	1	5	0	0	1	1	1	3	1	2	1	2	2	0	0	0	0
Carreta de 4 eixos	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Carreta de 5 eixos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carreta de 6 eixos	1	0	1	1	2	0	0	0	1	3	1	0	0	1	1	0	1	3	1	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carreta de 7 eixos	2	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Carreta de 8 eixos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carreta de 9 eixos	0	3	0	2	0	2	5	5	3	6	5	4	2	0	2	4	0	2	1	2	1	3	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
Total de veículos leves	23	23	15	20	30	15	25	24	26	21	23	29	32	31	27	19	17	25	18	16	15	15	13	14	20	15	14	11	9	14	8	12	18	11	14	13
Total de veículos pesados	5	5	4	4	5	5	6	8	4	13	8	7	6	9	7	5	6	8	8	4	8	4	5	6	3	4	6	5	7	4	3	2	4	2	2	3
Total geral	28	28	19	24	35	20	31	32	30	34	31	36	38	40	34	24	23	33	26	20	23	19	18	20	23	19	20	16	16	18	11	14	22	13	16	16

Fonte: Autor.

Fichas de contagem do primeiro dia de medição (terça-feira, 10/10/2023) – Movimento 3:

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE VEÍCULOS																																							
Rodovia Juscelino Kubitschek (BR-135), Barreiras - Bahia															Data de contagem: <u>10</u> / <u>10</u> / <u>2023</u>																								
Nº do movimento: <u>03</u>															Assinatura do operador: <u>Gabriel da Silva Freitas</u>																								
Tipo de veículo	<u>06:30:26</u> às <u>07:30:26</u>												<u>07:30:26</u> às <u>08:30:26</u>												<u>08:30:26</u> às <u>09:30:26</u>														
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60			
Bicicleta	0	0	1	0	2	1	0	2	2	1	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Motocicleta	8	7	6	17	5	4	2	10	2	5	5	7	9	7	4	10	8	5	11	4	4	4	4	0	0	3	3	1	3	2	1	1	0	1	0	1	3	4	
Carro	8	11	11	14	8	8	22	14	18	7	8	24	20	12	6	6	10	16	13	4	14	12	12	4	9	11	8	7	4	3	8	7	5	5	7	8			
Van	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Ônibus	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caminhão de 2 eixos	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	2	1	0	0	0		
Caminhão de 3 eixos	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2	0	0	1	3	1	1	0	0	0	1	1	2	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	
Carreta de 4 eixos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Carreta de 5 eixos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carreta de 6 eixos	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
Carreta de 7 eixos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carreta de 8 eixos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carreta de 9 eixos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Total de veículos leves	16	18	18	31	15	13	24	26	22	13	13	34	29	19	10	16	18	21	26	8	18	16	16	4	9	14	11	9	7	5	9	8	6	6	10	12			
Total de veículos pesados	2	1	2	1	2	0	0	3	1	3	0	3	4	4	3	2	0	6	3	1	3	0	0	0	1	3	3	2	1	2	2	0	3	2	2	0	0		
Total geral	18	19	20	32	17	13	24	29	23	16	13	37	33	23	13	18	18	27	29	9	21	16	16	4	10	17	14	11	8	7	11	8	9	8	12	12			

Fonte: Autor.

