

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO RUÍDO EM TERMINAIS DE INTEGRAÇÃO DE TRANSPORTE COLETIVO

Dayane Cristina Lima Estercio¹, Rafaela Vilas Boas da Silva², Paulo Fernando Soares³

¹ Arquiteta e Urbanista, Mestre, Pesquisadora do Programa de Engenharia Urbana, PEU/UEM. arqdayanestercio@gmail.com.

² Arquiteta e Urbanista, Mestre, Pesquisadora do Programa de Engenharia Urbana, PEU/UEM. rafaelavbs@hotmail.com

³ Professor, Doutor, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá – UEM. Pesquisador do Programa de Engenharia Urbana, PEU/UEM. psoares@uem.br

RESUMO

A poluição sonora apresenta-se como uns dos problemas presentes nos centros urbanos, que tem se agravado com o crescimento das cidades. O crescimento traz consigo o aumento do fluxo de veículos, devido a isso tem se adotado como estratégia a implantação de terminais de transição para auxiliar no escoamento da população. Porém estes espaços concentram um grande fluxo de veículos, sobretudo os veículos pesados que aumentam os níveis de ruído, não apenas na área implantada, mas também na área de entorno. Com base nisso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o ambiente sonoro da Terminal de Integração, a analisar o impacto ambiental deste e verificar se os níveis de ruído estão em conformidade com a legislação vigente. O terminal está localizado na Praça Ouro Preto, na cidade de Maringá-PR. Será analisado os descritores L_{Aeq} , $L_{trafego}$, L_{max} e L_{min} , e os níveis estatísticos L_{10} , L_{50} e L_{90} . De uma forma geral os níveis aferidos apresentaram-se acima do recomendado pela legislação, tanto no terminal quanto na área de entorno.

Palavras-chave: Poluição sonora; Ruído de tráfego rodoviário; Degradação ambiental.

1 INTRODUÇÃO

A poluição sonora é um dos problemas que tem aumentado com o desenvolvimento e o processo de urbanização das cidades. De acordo com a *World Health Organization* (2012) a poluição Sonora ultrapassou a poluição da água, tornando-se o segundo problema ambiental que mais afeta as pessoas, atrás apenas da poluição do ar.

As principais fontes de ruído urbano presente nas cidades são o tráfego rodoviário, ferroviário e aéreo, a construção civil, as obras públicas e a vizinhança (WHO, 1999). Estudos realizados apontam que o ruído de tráfego veicular é a principal fonte de poluição sonora presente nas cidades, e que causam além da degradação ambiental no ambiente urbano, também diversos danos à saúde (SINGAL, 2005; MURGEL, 2007; CARVALHO *et al.*, 2011; DINTRANS; PRÉNDEZ, 2013).

Os sistemas de transporte coletivo, são responsáveis por uma parcela dos veículos que circulam nas cidades. São importantes estruturas que auxiliam na operacionalidade dos sistemas, sustentando uma parcela da infraestrutura logística para o remanejamento do fluxo de passageiros (RODRIGUES *et al.*, 2005b). No entanto a implantação e operacionalidade ocasionam impactos na área de entorno à sua instalação e dentro do próprio terminal (RODRIGUES, 2005a).

Tendo em vista os problemas relacionados com o ruído, objetivou-se, com esta pesquisa, avaliar o impacto sonoro com a implantação do terminal de Integração localizado na praça Ouro Preto, na cidade de Maringá-PR. Especificadamente buscou-se conhecer as fontes de ruído presente na área de estudo e a relação entre o fluxo de veículos com níveis aferidos. Este trabalho justificou-se, pois, a avaliação do ambiente sonoro modificado com inserção do terminal, possibilita posteriormente pesquisas para o desenvolvimento de medidas que atenuem os níveis de ruído presente na área de estudo. Como método de avaliação, foram realizadas medições pontuais e paralelamente a contagem veicular, categorizando os veículos em leves, médios e pesados. Com os dados aferidos foram tabulados os descritores acústicos, L_{Aeq} , $L_{trafego}$, TNI , e os níveis estatísticos L_{10} , L_{50} e L_{90} .

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O método adotado na pesquisa é método descrito pela Norma NBR 10.151/2020, Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral. Para aferir os níveis sonoros do Terminal de Transição implantado na Praça Ouro Preto, localizado na cidade de Maringá-PR, foram selecionados cinco pontos, sendo um na praça e quatro nas quadras de entorno (Figura 01). Os pontos foram aferidos com o aparelho de medição do nível de pressão Sonora Sonômetro *THDL*, modelo 4200, ajustado na faixa de nível de pressão sonora de 30 - 130 dB.



Figura 1: Mapa dos pontos aferidos no monitoramento.
Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal (MARINGÁ, 2018).

O monitoramento foi realizado nos dias 21/08/2018 e 23/08/2018, terça e quinta-feira respectivamente, nos períodos da manhã (08:00), tarde (12:00) e noite (18:00). Foi realizado simultaneamente a contagem veicular, categorizando os veículos em: moto (leve), carro(médio) e caminhão/ônibus (pesado). Os dados foram tabulados e calcularam-se os descritores acústicos L_{Aeq} , L_{10} , L_{50} , L_{90} , $L_{tráfego}$ e TNI. Avaliou-se se os níveis de ruído estão de acordo com critérios de avaliação RL_{Aeq} (antigo NCA) e H.U.D. e a legislação vigente.

2.1 PARÂMETROS QUANTIFICADOS

A legislação a respeito do tema sob o âmbito federal no Brasil é regulamentada pela Resolução do CONAMA 001, de 08 de março de 1990, que “dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política.” (CONAMA, 1990, p.1).

No âmbito municipal, a legislação é regulamentada pela Lei complementar Nº 218 de 9 de janeiro de 1998, que dispõe sobre o controle e a fiscalização das atividades que gerem poluição sonora, impõe penalidades e dá outras providências. Tanto a legislação federal quanto a legislação municipal, adotam como metodologia de avaliação os parâmetros e recomendações da NBR 10.151/2020 e/ou NBR 10.152/2020 da ABNT. A Metodologia descrita na Norma adota como critério de avaliação o critério RL_{Aeq} . O descritor

adotado para na classificação é o Nível equivalente de pressão sonora (L_{Aeq}). É obtido pela Equação 1.

$$L_{Aeq} = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \times 10^{\left(\frac{L_i}{10}\right)} \right] \quad (1)$$

Em que:

L_i : é o nível de pressão sonora, em dB, durante o tempo de monitoramento;

n : É o número total de leituras.

O L_{Aeq} é um dos descritores adotados na avaliação do ruído de tráfego. Além do L_{Aeq} , os níveis estatísticos L_{10} , L_{50} e L_{90} , também são utilizados (BRÜEL & KJÆR, 2000). Os níveis estatísticos (L_n) correspondem aos níveis de pressões sonoras excedidos em uma porcentagem de tempo, durante a medição (BISTAFA, 2011). Os mais adotados são:

- L_{90} : conhecido como ruído de fundo, corresponde ao nível sonoro excedido em 90% do tempo total de medição;
- L_{50} : conhecido como ruído de projeto, corresponde ao nível sonoro excedido em 50% do tempo total de medição.
- L_{10} : conhecido como ruído de pico, corresponde ao nível sonoro excedido em 10% do tempo total de medição (BISTAFA, 2011).

Além do descritor L_{Aeq} e os níveis estatísticos (L_n), foi adotado para a caracterização do ruído os descritores, $L_{máx}$, $L_{mín}$, $L_{tráfego}$ e TNI .

O nível de pressão sonora máximo (L_{Max}) e mínimo (L_{Min}) representam respectivamente o maior e o menor valor aferido durante um dado ciclo de oscilações periódicas (HARRIS, 1998). A análise dos descritores possibilita a identificação das flutuações do som, dentro de um espectro sonoro e a identificação dos sons estranhos ao evento de interesse (BIES; HANSEN, 2002).

O descritor $L_{Tráfego}$, baseia-se no modelo de Alexandre e é dado em função do volume de tráfego (BOSCO; LEONARDO; SCOPELLITI, 2006), como mostra a Equação 2.

$$L_{Tráfego} = L_{eq} = 52 + 10 \log \left(\frac{Q}{d} \right) \quad (2)$$

Em que:

Q : é o volume de veículos por hora;

d : distância do eixo das vias até o receptor.

O *Traffic Noise Index* (TNI), baseia-se na correlação do ruído de tráfego com o grau de incomodidade das pessoas expostas ao ruído, consiste em um parâmetro de controle do ruído, que é obtido de acordo Langdon e Scholes (1968) pela combinação ponderada do nível sonoro excedido em 10% e em 90%. É dado pela Equação 3.

$$TNI = 4. (L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30 \quad (3)$$

Em que:

L_{10} : é o nível sonoro excedido em 10%;

L_{90} : é o nível sonoro excedido em 90%;

Foi adotado na pesquisa o critério NCA ou "limites de níveis de pressão sonora" (RL_{Aeq}) descrito na atualização da normativa, e o critério de avaliação do *United States Department of Housing and Urban Development* (HUD), pois a área de estudo classifica-se como Zona residencial 3. O critério HUD adota o descritor L_{Aeq} , e os índices estatísticos L_{10} e L_{90} , classificando-os em claramente aceitável, normalmente aceitável, normalmente inaceitável e claramente inaceitável.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos dados aferidos durante o monitoramento foram tabulados os descritores sonoros. A área de estudo localiza-se na Zona Residencial 3 (ZR3), porém nesta zona admite-se a implantação de outros usos. Assim, classifica-se de acordo com Norma 10.151/2020 como área mista, predominantemente residencial. Para este tipo de área o nível sonoro recomendado é de 55 dB para períodos diurnos e 50 dB para noturnos.

Constatou-se que o L_{Aeq} de todos os pontos medidos apresentou valores superiores ao recomendado pela Norma, conforme mostra o Gráfico 01.

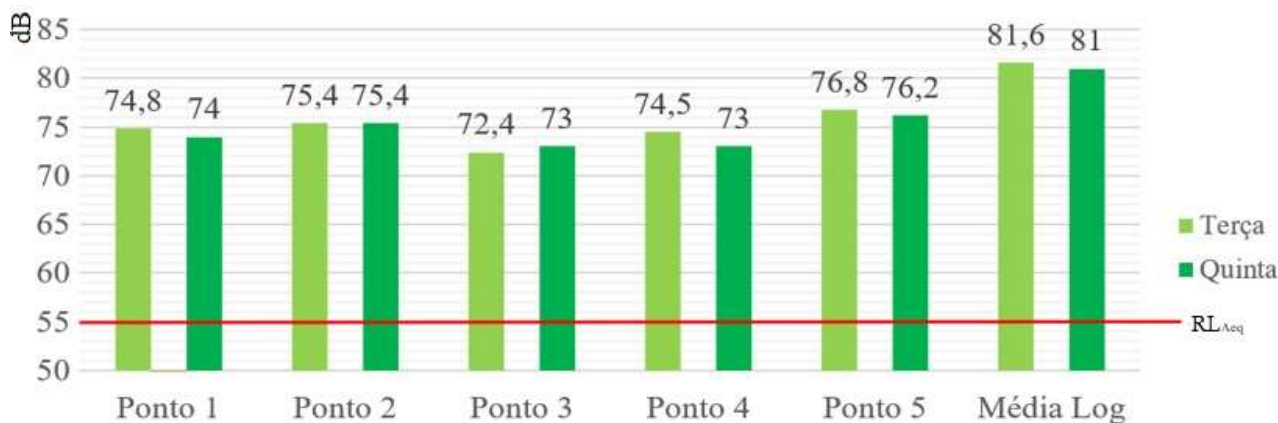


Gráfico 01: L_{Aeq}

A média diária (Gráfico 01), mostrou-se acima de 70 dB. A exposição a níveis elevados pode ocasionar problemas as pessoas expostas, dentre os problemas estão o aumento do risco de enfarte, infecções, alterações no sistema auditivo, entre outras doenças sérias (MANZANA, 1998). Já o outro parâmetro analisado foi o critério de avaliação HUD, este critério analisa o descritor L_{Aeq} , e os níveis estatísticos L_{10} e L_{90} , como mostra a tabela 01.

Tabela 01: Tabela resumo das respostas com a estatística obtida

Classificação	Leq dB			L10 dB			L90 dB		
	H.U.D	Terça	Quinta	H.U.D	Terça	Quinta	H.U.D	Terça	Quinta
Claramente aceitável	$L_{eq} < 49$	---	---	$L_{10} \leq 53$	---	---	$L_{90} \leq 41$	---	---
Normalmente aceitável	$49 < L_{eq} < 62$	---	---	$53 < L_{10} \leq 66$	---	---	$41 < L_{90} \leq 56$	---	---
Normalmente inaceitável	$62 < L_{eq} < 76$	P1:75 P2:75 P3:72 P4:74	P1:74 P2:75 P3:73 P4:73	$66 < L_{10} \leq 82$	P1:77 P2:76 P3:75 P4:77 P5:79	P1:76 P2:76 P3:76 P4:75 P5:80	$56 < L_{90} \leq 71$	P1:66 P2:66 P3:63 P4:66 P5:66	P1:64 P2:65 P3:63 P4:66 P5:65
Claramente inaceitável	$L_{eq} > 76$	P5:77	P5:76	$L_{10} > 82$	---	---	$L_{90} > 71$	---	---

Fonte: Adaptado de Barbosa, 1992.

Segundo este critério os pontos analisados se classificam como “Normalmente inaceitável”, exceto ponto 05, do descritor L_{Aeq} , localizado no terminal de integração. O ponto

5 foi o ponto que maior apresentou volume de tráfego. Com base nisso buscou-se analisar a relação entre o L_{Aeq} e o fluxo de veículos. Os resultados mostraram que os veículos pesados (Caminhão e ônibus) foram os que melhor apresentou correlação com o descritor, como mostra o Gráfico 02.

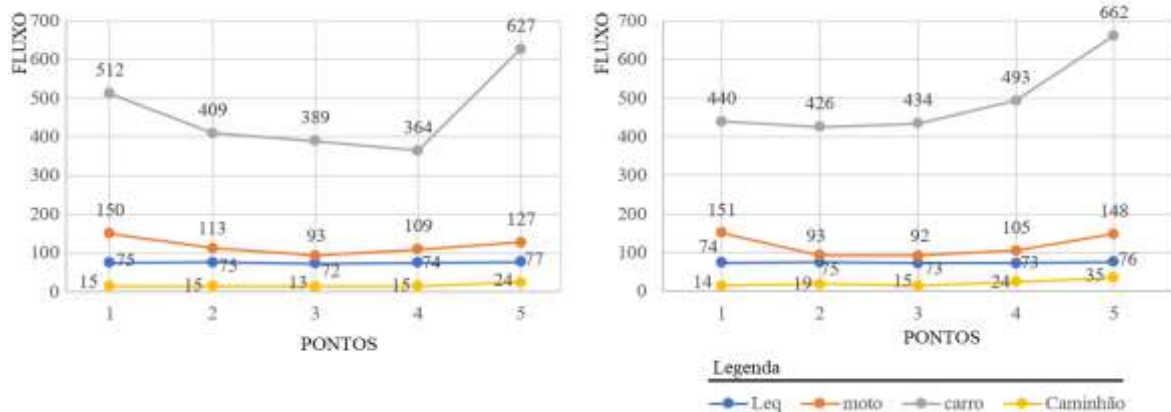


Gráfico 02: Correlação entre o L_{Aeq} e o fluxo de veículos

A análise dos níveis estatísticos e o $L_{tráfego}$, mostrou que ambos os descritores apresentaram valores elevados, em especial o ruído de pico que, apresentou valores acima de 70 dB, como mostra a Gráfico 3.

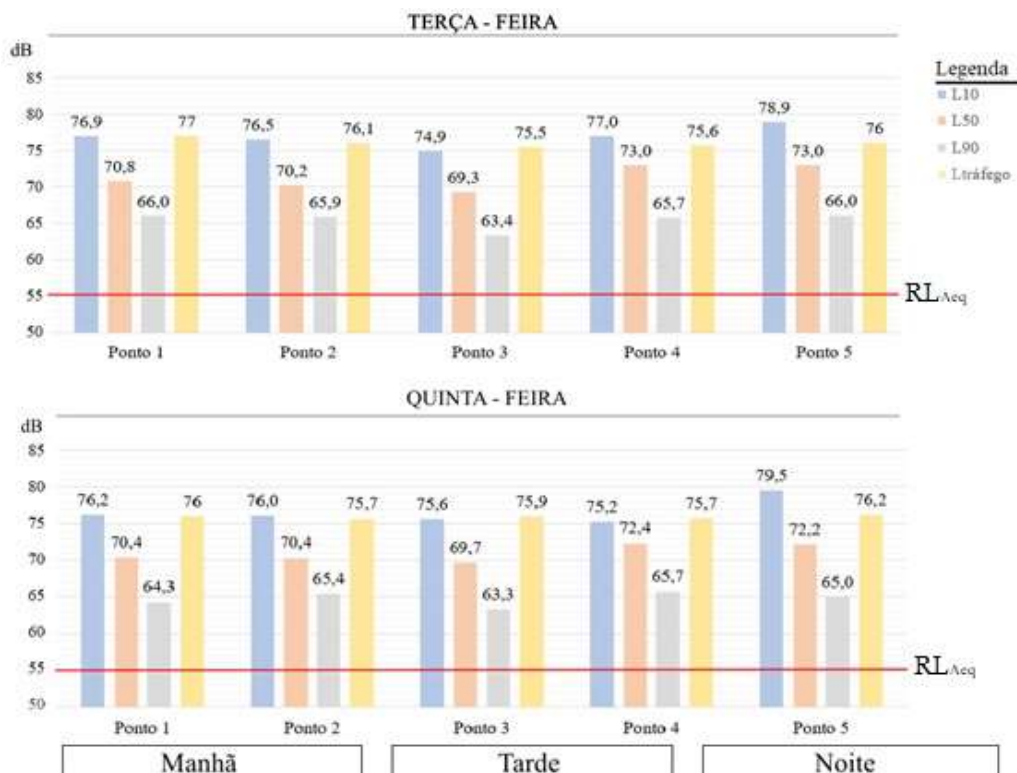


Gráfico 03: Níveis estatísticos e $L_{tráfego}$

Os descritores apresentaram uma diferença de valor muito elevada, sobretudo em relação ao ponto 5 no interior do terminal com os demais pontos no entorno. As diferenças no descritor L_{10} , também chamado de ruído de pico, foram de 2 dB a 4,4 dB. Esta variação é alta, pois, a diferença de 3 dB corresponde ao dobro de energia. O ruído de fundo também

apresentou valores acima do recomendado, e com variações de no máximo 2,4 dB. Os parâmetros L_{max} e L_{min} também apresentaram variações elevadas entre eles.

O maior L_{Max} aferido no monitoramento foi de 95,6 dB, no ponto 2, no período da tarde, na terça-feira (Gráfico 04). A exposição a valores nesta ordem pode gerar risco de deficiência auditiva e problemas como úlceras pépticas, hipertensão, problemas circulatórios, fadiga, irritabilidade (WHO, 1980).

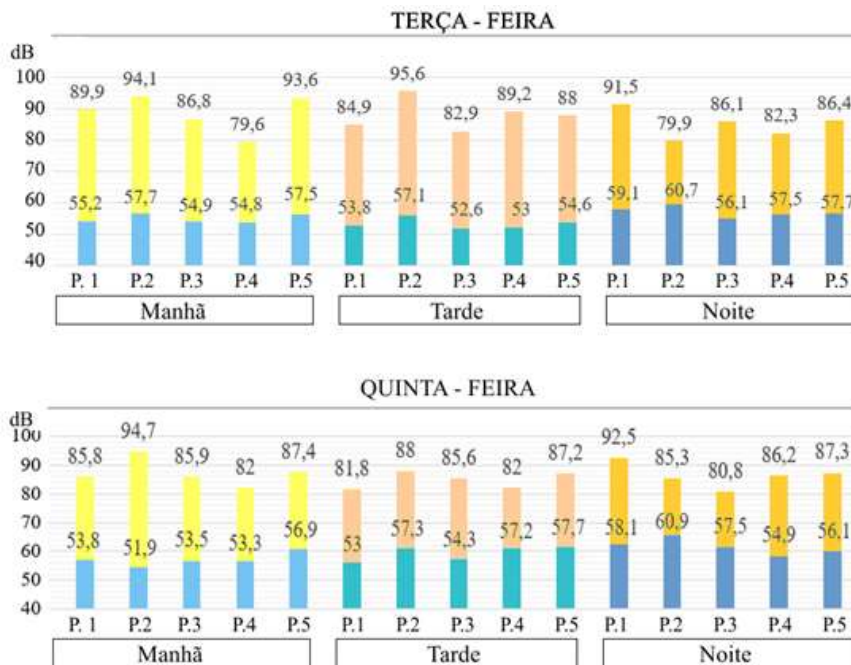


Gráfico 04: L_{max} e L_{min}

Os pontos apresentaram diferença entre os valores L_{max} e L_{min} , de no mínimo 19,2 dB, no ponto 2 no período da noite, na terça – feira. Já entre pontos a variação do L_{max} , foi de no máximo 14 dB. Quando há diferença de 10 dB ou mais, o ruído resultante do funcionamento das duas fontes terá um nível de pressão sonora ponderado A igual ao do mais elevado dos dois ruídos, ou seja, o ruído de menor amplitude é, portanto, mascarado pelo de maior amplitude (VALADAS; LEITE, 2004). Já em relação ao grau de incomodidade, dos pontos aferidos apenas o ponto 4 (Gráfico 5) da quinta feira permaneceu dentro do limiar de 74 dB, recomendado por Langdon e Sholes (1968).

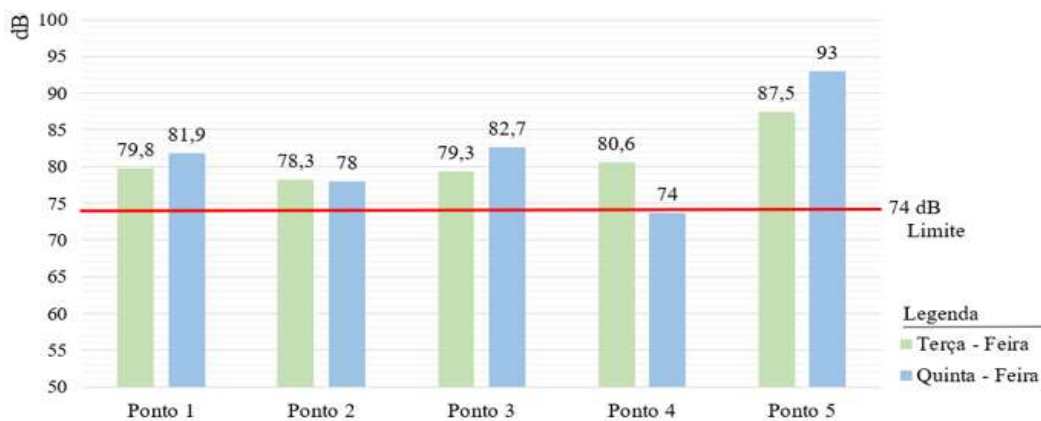


Gráfico 05: TNI

Dos pontos aferidos o ponto que apresentou maior grau de incomodidade foi o ponto 5, localizado no interior do terminal, isto se dá pelo pela diferença entre os níveis estáticos L_{10} e L_{90} .

Os pontos no geral apresentaram valores acima do recomendado, podendo gerar dependendo do nível e do tempo de exposição, problemas na saúde das pessoas expostas, no estudo de caso, as pessoas que seriam afetadas seriam os moradores do entorno e os usuários do terminal de transição. Devido a isto, calculou-se a probabilidade de o ruído exceder o limite de 55 dB nos pontos aferidos. O cálculo levou em consideração o valor padrão de 55 dB (limite norma), a média (L_{Aeq} de cada ponto) e o desvio padrão dos níveis. Nos 30 pontos aferidos na terça e quinta a probabilidade de o ruído exceder variou de 98% a 100%.

4 CONCLUSÃO

A análise dos descritores acústicos, possibilitou a avaliação do ambiente sonoro da área de estudo. Conclui-se que todos os pontos aferidos estão acima do recomendado, não estando em conformidade com a legislação vigente. O descritor L_{Aeq} , apresentou maiores níveis de pressão sonora no ponto 5 no terminal. Na área de estudo e de entorno apresenta além do ruído proveniente do tráfego veicular rodoviário, apresenta outras fontes de ruído provenientes de: atividades ruidosas, propaganda, construção civil, serviços públicos como de coleta de resíduos, máquina de cortar grama.

A relação entre o L_{Aeq} com o fluxo de veículos, apresentou melhor correlação com os veículos pesados (ônibus e caminhões). Os níveis estatísticos apresentaram valores muito elevados, sobretudo o ruído de pico, apresentando grande amplitude acústica.

Dos pontos aferidos, o ponto 5, no interior do terminal foi o que apresentou maiores valores em todos os descritores e critérios avaliados. Além do fluxo de veículos ter sido maior neste ponto, as características arquitetônicas do próprio terminal corroboram para propagação das ondas sonoras e a dispersão de poluentes. A estrutura e materiais do terminal apresentam baixos coeficientes de absorção sonora, aumentando a reflexão das ondas sonoras. Com as características atuais estima-se que o ruído exceda aproximadamente 100% ao limite recomendado.

Diante dos resultados, pode-se concluir que o terminal implantado na Praça Ouro Preto, ocasionou um aumento nos níveis de ruídos na área, modificando o ambiente sonoro e contribuindo para o aumento da poluição sonora. Verifica-se com isso a necessidade de se adotar medidas de atenuação, como estudos de outras rotas, alteração dos materiais ou estrutura do terminal e barreiras acústicas. O estudo quantitativo realizado, pode vir a auxiliar futuros estudos e pesquisar que visem o desenvolvimento de medidas de atenuação. A exposição a níveis elevados impacta tanto as que utilizam o terminal, quanto as pessoas que vivem ou trabalham no entorno. Por isso a necessidade a aplicação de medidas que atenuem os níveis sonoros.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14037: **Manual de operação, uso e manutenção das edificações**: conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação. Rio de Janeiro, 1998, 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151**: Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro, 2020.

BARBOSA, W. A. **Aspectos do ruído comunitário em Curitiba**. 1992. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1992

BIES, D. A.; HANSEN, C. H. (2002). **Engineering Noise Control: Theory and Practice**. 2 ed. New York: Spon Press – Taylor & Francis Group, 736 p.

BISTAFA, S. R. **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2011. 384 p.

BOSCO, D. L.; LEONARD, G.; SCOPELLITI, F. **Reference metodologie per lo studio dell'inquinamento acustico da traffico veicolare**. Quaderno didattici. Mediterranean University of Reggio Calabria. 2006. 84p

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

CARVALHO, T. P. de; MORAES, E.; SIMON, F. Percepção subjetiva do ruído de tráfego em espaço hospitalar. In: Encontro Nacional, 11; Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 6, 2011, Búzios. **Anais...** Búzios: ENCAC-ELACAC, 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução n 001, de 08 de março de 1990**. Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos [...]. 1990. 1p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 20 ago. 2018.

DINTRANS, A; PRÉNDEZ, M. A method of assessing measures to reduce road traffic: a case study in Santiago, Chile. **Applied Acoustics**, v. 74, n.12, p.1486-1491, dez. 2013.

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

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

LANGDON, B. A. and SCHOLES, W. E. (1968). The traffic noise index: a method of controlling noise nuisance. Report no. BRS-CP-38-68. april. **Publications Officer**, Building Research Station. Herts, England. 20p.

MANZANA, Antonio Calvo (Coord.). **El ruido en la ciudad, gestión y control**. Sociedad Española de Acústica, 1998. 540p.

MARINGÁ. **Lei complementar Nº 218 de 9 de janeiro de 1998**. Dispõe sobre o controle e a fiscalização das atividades que gerem poluição sonora, [...]. Disponível em: <http://www2.maringa.pr.gov.br>. Acesso em: 15 ago. 2018.

MARINGÁ. Prefeitura Municipal. **Mapa das ruas de Maringá**. Maringá, 2018. Mapa do sistema viário.

MURGEL, E. **Fundamentos de acústica ambiental**. 1. ed. São Paulo: Senac, 2007, 131p

RODRIGUES, F.; FARIA, C. A.; MAGALHÃES, M. D. C. **Assessment of Noise Levels in Terminals at Bus Stations.** *In: Anais do congresso de engenharia de controle de ruído – Internoise.* Rio de Janeiro, Brasil, 2000a.

RODRIGUES, F.; FARIA, C. A.; MAGALHAES, M.D.C; SILVA, M. G.. **Ruído em Terminais de Transporte Coletivo Urbano:** Um estudo de Caso. *In: ANPET - Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes,* 20. Brasília. 2005b.

SINGAL, S. P. **Noise pollution and control strategy.** Oxford: Alpha Science International, 2005. 323p.

VALADAS, B; LEITE, M. J. **Ruído e a cidade.** 1. ed. Portugal: Instituto do Ambiente, 2004. 38p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for Community Noise.** *In: BERGLUND B.; LINDVALL, T.; SCHWELA D. H. (org).* Geneva: World Health Organization, 1999. 141 p. Disponível em: <http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>. Acesso em: 30 ago. 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Le Bruit.** Critères d'hygiène de l'environnement, 12. *In: WHO Task Group on Environmental Health Criteria for Noise.* Geneva: W. H. O., 1980. 118 p.

WHO (World Health Organization). **Night Noise Guidelines for Europe.** Copenhagen: s.n., 2012. Disponível em: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf. Acesso em: 30 ago. 2018.