

MAPEAMENTO ACÚSTICO E AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO RUÍDO DE TRÁFEGO VEICULAR NO CAMPUS GAMA – UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

OLIVEIRA, Angela Luiza, ngelaluiza@gmail.com¹

NUNES, Maria Alzira de Araújo, maanunes@unb.com²

¹ Universidade de Brasília - Campus Gama. Área especial de Indústria – Projeção A – Gama – Setor Leste, Brasília-DF.

Resumo: O controle da poluição sonora deve envolver medidas que garantam os níveis de pressão sonora em diferentes situações, horários e locais segundo a legislação vigente. Neste contexto, o mapeamento acústico tem sido utilizado como importante ferramenta para avaliação do ruído ambiental. Considerando que a instituição de ensino superior Universidade de Brasília (UnB) – Campus Gama (FGA) está localizada às margens de uma rodovia, e é cercada por um estacionamento com fluxo de veículos leves e pesados durante todo período de aula, a avaliação acústica do impacto do ruído veicular se torna importante, uma vez que as atividades desenvolvidas na instituição necessitam de níveis sonoros que permitam aos estudantes e trabalhadores concentração e aprendizado. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é avaliar o impacto do ruído de tráfego veicular em torno do Campus Gama - UnB utilizando-se de metodologia analítica e experimental. Primeiramente, foi aplicado um questionário à comunidade acadêmica com o intuito de avaliar a percepção dos entrevistados sobre o ruído de tráfego no Campus. Posteriormente, foram adotados modelos matemáticos preditivos capazes de fornecer uma estimativa do ruído de tráfego partindo de parâmetros estatísticos e geográficos. Em seguida, foram realizadas medições de campo em pontos pré-definidos na região de estudo compreendendo o em torno do Campus. Os resultados obtidos foram comparados com os modelos matemáticos, bem como com os questionários aplicados aos frequentadores da instituição. Como resultado constatou-se que em determinados horários de medição o nível de pressão sonora em alguns pontos excedeu o limite estabelecido pela NBR 10151, chegando a níveis de até 74 dB. Os modelos matemáticos foram capazes de estimar o nível de pressão sonora, apresentando erro de 2%. Conclui-se, portanto, que o ruído de tráfego avaliado é um dos fatores de incômodo e insatisfação do conforto para os estudantes e trabalhadores do Campus, bem como pode ser um fator preponderante para a queda do aprendizado visto que este está diretamente relacionado ao nível de concentração obtido durante o período de aprendizagem.

Palavras Chaves: Mapeamento Acústico, Modelos Matemáticos, Poluição Sonora, Tráfego Veicular

1. INTRODUÇÃO

O ruído tem se intensificado cada vez mais nos centros urbanos, sendo um grande desafio a sua avaliação. Isso ocorre devido ao crescente número de veículos que circulam nas cidades e o aumento da população mundial que são fatores que contribuem para os altos níveis de ruído que ocorrem em grandes regiões urbanas, afetando negativamente a qualidade de vida do ser humano, podendo causar diversos males, tais como stress, falta de concentração e distúrbios no sono, entre outros (WHO, 2000; BISTAFA, 2003).

O mapeamento acústico tem sido utilizado como ferramenta para levantamento de dados e avaliação do ruído ambiental (BISTAFA, 2003). O Campus Gama da Universidade de Brasília foi escolhido como local para o mapeamento acústico ambiental abordado neste trabalho devido à alta exposição ao ruído de tráfego veicular em suas proximidades. O campus está localizado em frente à rodovia DF – 490 que dá acesso à cidade do Gama – DF, a qual possui faixa exclusiva de ônibus (*Bus Rapid Transit - BRT*) e um viaduto que funciona como retorno para quem sai e entra na cidade. Além da rodovia o campus possui ainda um estacionamento em seu em torno utilizado pelos frequentadores da faculdade. Observa-se na Figura 1 que todos os prédios do campus ficam expostos ao ruído de tráfego veicular.

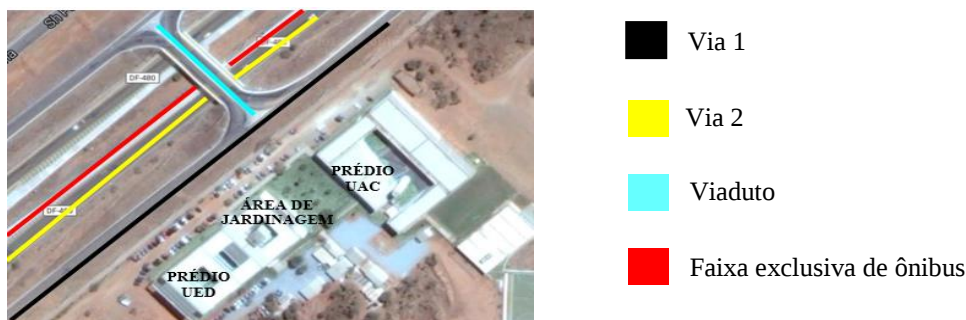


Figura 1: Vista superior do Campus Gama – UnB.
Fonte: Google Maps, 2017.

O prédio UAC identificado na Fig. 1 é composto por salas de aula, bibliotecas e secretaria, e o prédio UED é composto por laboratórios de ensino e pesquisa, direção, administração e sala dos professores. A área de jardinagem é utilizada nos momentos de lazer e descanso.

O campus da FGA possui 9 anos, e na sua construção não foi realizado nenhum estudo do impacto do ruído veicular. Importante ressaltar que, alguns anos após a inauguração do campus foram construídos a faixa exclusiva de ônibus do sistema BRT e ainda um viaduto localizado exatamente na frente do prédio UED, ambas as obras foram executadas também sem estudo do impacto do ruído veicular nas atividades desenvolvidas na instituição.

Por se tratar de uma universidade, o estudo do seu ambiente acústico é muito importante, a maioria das atividades desenvolvidas necessita de baixos níveis sonoros. Pois em ambientes acadêmicos e educacionais, os ruídos internos e externos atrapalham a comunicação, dificultando a compreensão e fazendo com que mensagens não sejam claramente entendidas, o que interfere diretamente no processo de ensino e de aprendizagem (BERISTÁIN, 1998).

Sendo assim, o objetivo deste artigo é avaliar o impacto do ruído de tráfego veicular no Campus Gama utilizando-se de metodologias analítica para predição e experimental para medição do nível de pressão sonora no entorno do campus.

2. METODOLOGIA

2.1. Mapeamento Acústico

O Campus Gama – UnB foi escolhido para ser mapeado devido à suas características urbanas e a diversidade de fontes sonoras e de atividades ali presentes, o que favorece o estudo do seu ambiente acústico. O campus está localizado em frente às principais rodovias DF - 090 que dão acesso a cidade do Gama – DF, faixa exclusiva de ônibus, viaduto e, além disso, fica em torno do estacionamento utilizado pelos alunos, docentes e servidores técnicos do campus. Para realização desta pesquisa, optou-se por distribuir os pontos para a coleta de dados por toda área de estudo. Elaborou-se sobre o terreno da FGA- UnB a escolha dos pontos, garantindo ao mesmo tempo, um padrão de distância entre os pontos e as vias.



Figura 2: Vista Superior do Campus Gama – UnB
Fonte: Google Maps, 2017.

Para o mapeamento acústico, 23 pontos de medições foram escolhidos aleatoriamente em virtude da permanência de pessoas nas proximidades destes pontos. As medições do nível de pressão sonora para todos os pontos iniciaram em cada horário de aula (8hrs, 10hrs, 14hrs e 16hrs). Os pontos 1 ao 3 e 10 ao 12 conforme mostrado na Fig. 2 localizam-se nas margens da rodovia, e recebem o ruído de tráfego veicular diretamente, tanto das vias de tráfego externas quanto do estacionamento do campus além do fato destes pontos estarem localizados próximos às salas de professores, laboratórios de ensino, administração, biblioteca e salas de aula. Por isso o tempo total de medição do NPS nestes pontos foi de 40 minutos, uma vez que a exposição ao ruído de tráfego veicular nestes é maior quando comparado aos demais pontos.

Os demais pontos identificados na Fig. 2 estão localizados entre os prédios e área de lazer e com isso recebem o ruído veicular de forma indireta. Sendo assim, o tempo total de medição nesses pontos foi de 5 minutos. Ressalta-se que as medições foram realizadas durante os dias da semana, segunda a sexta, resultando em um maior tráfego veicular. Desta maneira cada ponto especificado na Figura 2 foi medido em quatro horários diferentes, resultando em um total de 92 medições.

Para cada ponto especificado na Fig. 2 foram registrados: tempo total de medição em minutos; contagem manual da quantidade de automóveis, motocicletas, caminhões e ônibus que passaram durante a medição (válido para os pontos 1-3 e 10-12). Os parâmetros utilizados nas medições foram nível de pressão sonora equivalente contínuo com ponderação de frequência na curva A, LAT = nível de pressão sonora total; LAFMAX = níveis de pressão sonora máximo com ponderação de frequência na curva A; LN = ruído de fundo.

A distância dos prédios em relação as vias Figura 3 e o desenho esquemático das distâncias das fontes aos medidores figura 4 são apresentadas a seguir:

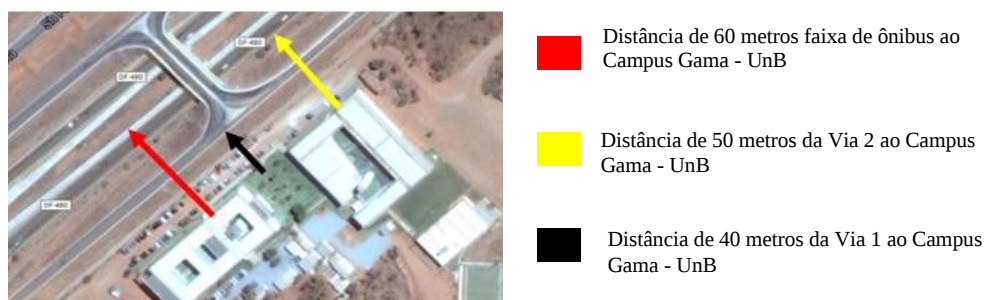


Figura 3 - Vista superior do Campus Gama – UnB.
Fonte – Google Maps, 2017.

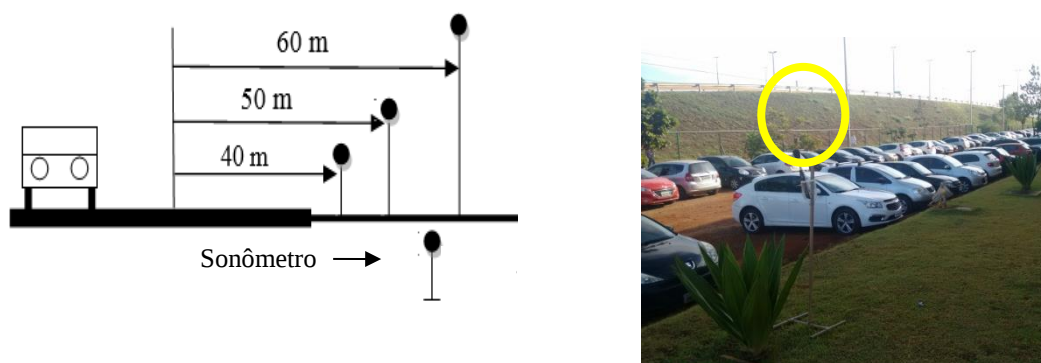


Figura 4: Desenho esquemático do posicionamento do medidor sonoro.

As medições foram realizadas conforme a NBR 10151 especifica. Para obtenção destes valores foi utilizado o medidor CESVA - class 1, o qual foi calibrado antes das medições de campo. Os valores foram obtidos em dB (A). O sonômetro ficou localizado a 2 m de distância das edificações (superfícies refletoras) e 1,2m de altura em relação ao solo.

2.2. Modelos Matemáticos

Foram utilizados três modelos matemáticos, sendo os mais tradicionais encontrados em bibliografias sobre o tema, três dos mesmos representam o descritor estatístico L_{50} , o qual representa o nível sonoro que excede 50% do tempo de medição. Os trabalhos publicados em que foram utilizados esses modelos apresentam resultados aproximados em relação às medições experimentais (PAIS et al., 2012; CALIXTO, 2002).

A Tabela 1 apresenta todos os modelos matemáticos escolhidos, as vantagens e desvantagens na sua utilização no estudo realizado:

Tabela 1: Modelos Matemáticos utilizados no artigo – Vantagens e Desvantagens.
Fonte: OLIVEIRA e NUNES, 2017.

Autor	Modelo Matemático	Vantagens	Desvantagens
Bolt et al. (1952)	$L_{50} = 83 + 8,5 \log(Q) - 20 \log(d)$	Considera uma distância superior a 40 metros entre a fonte e o receptor.	Não considera os percentuais dos tipos de veículo e pavimento utilizado.
Johnson et al. (1968)	$L_{50} = 3,5 + 10 \log(Q \cdot v^3 / D)$	A velocidade do veículo foi introduzida como um fator relevante.	Não considera os percentuais dos tipos de veículo e pavimento utilizado.
Galloway et al. (1969)	$L_{50} = 20 + 10 \log(Q \cdot v^{2/3} / d) + 0,4P$	A velocidade do veículo é considerada; Insere um termo de Porcentagem para veículos pesados.	Não considera os tipos de pavimento utilizado.

Todos os modelos apresentados no artigo possuem restrições para sua utilização. Os modelos matemáticos utilizados apresentam valores diferentes por conta das suas variáveis de entrada, como por exemplo, a velocidade do veículo na via, distância entre a fonte e o receptor, tipo de veículos e tipos de pavimentos são fatores relevantes no estudo da predição do ruído de tráfego veicular (OLIVEIRA e NUNES, 2017).

2.3. Estudo Estatístico

Foi realizado um estudo estatístico na Faculdade Gama – UnB, localizada na Área especial de Indústria – Projeção A, na cidade de Brasília, no período de março a setembro de 2016. O qual foi aplicado questionários contendo nove perguntas, em que quatro foram referentes ao ruído de tráfego residencial e as outras cinco referentes ao ruído de tráfego na FGA (OLIVEIRA, 2016).

Logo após a aplicação dos questionários, foi feito a tabulação dos resultados obtidos utilizando o Programa *Microsoft Office Excel* e *Minitab*. Com a análise dos dados obtidos foi possível identificar as principais características residenciais e a percepção do incômodo sonoro na FGA dos respondentes (OLIVEIRA, 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 5b apresenta os valores de níveis de pressão sonora totais obtidos no horário de medição das 8hr, e a Fig. 5b apresenta o mapa colorido dos valores obtidos na Fig. 5c apenas para efeito de compreensão visual. O mapa em questão foi obtido por interpolação dos valores utilizando o *software Matlab®*.

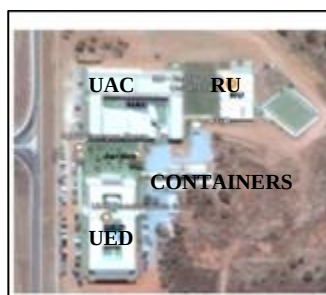


Figura 5(a) - Vista Superior Campus Gama.

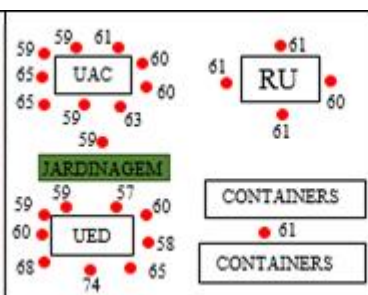


Figura 5(b) – Níveis de pressão sonora equivalente em dB (A) as 8hr.

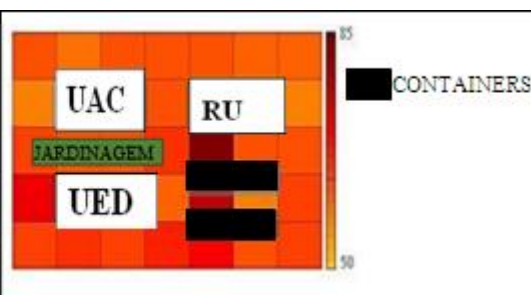
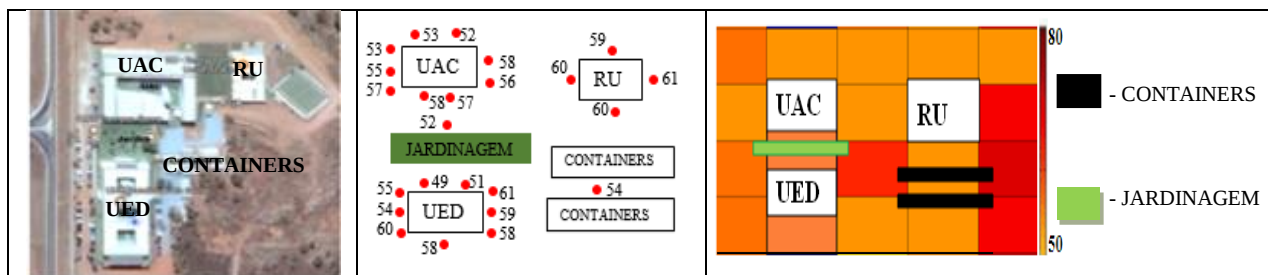


Figura 5(c) - Mapa colorido do nível de pressão sonora equivalente as 8hr.

O horário das 8hrs é considerado um “horário de pico”, pois apresenta grande circulação de veículos e pedestres, tanto na rodovia quanto no estacionamento. O ponto 4 apresenta o maior NPS, sendo de 74 dB (A), isso ocorre, pois, este ponto está localizado próximo a entrada do estacionamento do Campus utilizado pelos docentes, alunos e servidores técnicos e da via 1.

A Figura 6 apresenta os valores de NPS total obtidos no horário de medição das 10hr da mesma forma que está sendo apresentado na figura anterior.



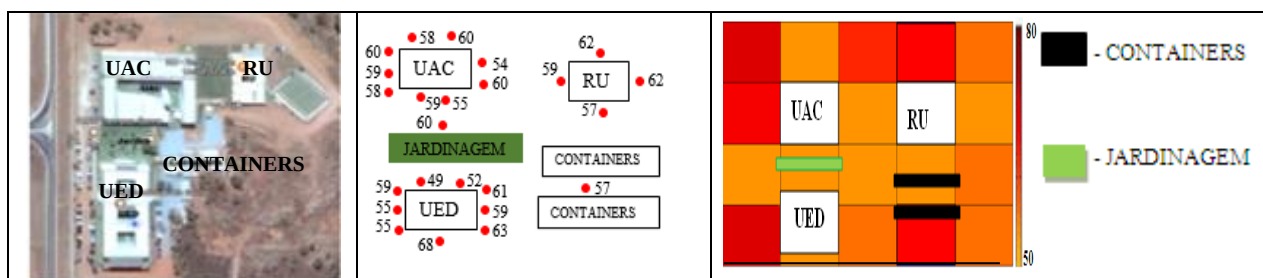
**Figura 6(a) -
Vista Superior
Campus Gama.**

**Figura 6(b) – Níveis de
pressão sonora
equivalente em dB (A) as
10hr.**

**Figura 6(c) - Mapa colorido
do nível de pressão sonora
equivalente as 10hr.**

O horário das 10hr apresenta valores inferiores em relação ao horário das 8hr, mesmo sendo no período da manhã, o horário das 10hr costuma ser de média movimentação veicular na rodovia. No entanto, nos pontos que estão localizados em frente ao estacionamento, são valores relevantes, uma vez que ocorrem entrada e saída de veículos por conta do término e início das aulas no Campus.

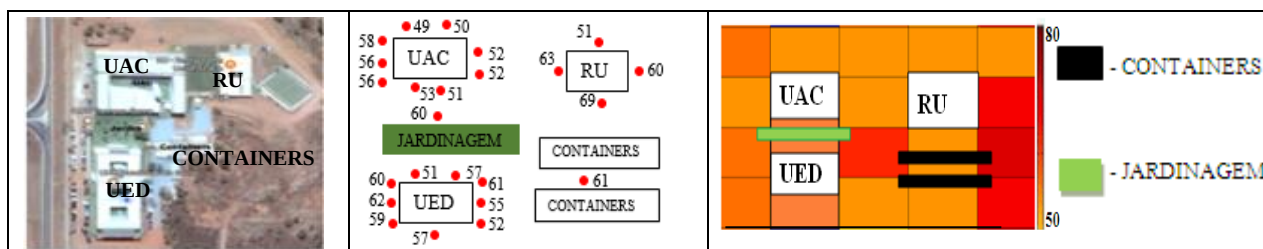
Na figura 7 e 8, são apresentados os valores referentes ao horário das 14hr e 16hr, respectivamente.



**Figura 7(a) -
Vista Superior
Campus Gama.**

**Figura 7(b) – Níveis de
pressão sonora
equivalente em dB (A) as
14hr.**

**Figura 7(c) - Mapa colorido
do nível de pressão sonora
equivalente as 14hr.**



**Figura 8(a) -
Vista Superior
Campus Gama.**

**Figura 8(b) – Níveis de
pressão sonora
equivalente em dB (A) as
16hr.**

**Figura 8(c) - Mapa colorido
do nível de pressão sonora
equivalente as 16hr.**

Ao analisar os níveis de pressão sonora total no período da tarde, observa-se que os pontos 1 a 3 no horário das 16hr, apresenta valores superiores quando comparado com o horário das 14hr. Isso ocorre pois são pontos localizados próximo a saída do estacionamento, e geralmente, nesse horário muitos alunos já finalizaram suas atividades no campus. Nos pontos 10 a 12 no horário das 14hr apresenta valores superiores do que no horário das 16hr, pois muitos alunos, docentes e servidores técnicos estão retornando para suas atividades após o horário de almoço. O NPS total no ponto localizado próximo a jardinagem é superior no período da tarde, pois muitos alunos utilizam como área de lazer nos intervalos das aulas.

Quando comparado os níveis de pressão sonora total obtidos nos 4 horários medidos, tem-se que o horário das 8hrs é o que apresenta os maiores níveis de pressão sonora nos pontos localizados em frente ao UAC e UED. Uma explicação para este fato é devido ao fluxo de veículos leves e pesados na rodovia ser intenso neste horário, denominado de “horário de pico”. Além disso, o fluxo de veículos no estacionamento da FGA também é intenso uma vez que os estudantes e funcionários estão chegando ao campus para iniciar suas atividades. Para o horário em questão, observa-se na Fig. 3b que os valores variam entre 57 dB (A) a 74 dB (A). Estes resultados mostram que os níveis sonoros medidos estão acima do limite estipulado pela NBR 10151 onde para uma área escolar o valor limite recomendado é de 50 dB (A) no período diurno.

Utilizando os modelos matemáticos, apresentamos os resultados que foram estimados considerando o número de veículos por hora que passam pela Via 1 em relação a cada prédio e a área de jardinagem (Prédio UAC - Q = 1800 veículos por hora; Área de jardinagem - Q = 2160 veículos por hora; Prédio UED - Q = 1080 veículos por hora). As distâncias dos prédios UAC, UED e área de lazer foram de 40 metros da Via 1, considerando a variação de velocidade da rodovia, que no caso da Via 1 varia de 20km/h a 40km/h. Para os prédios UAC e UED a velocidade utilizada foi de 40km/h e na área de jardinagem a velocidade foi de 20km/h. O modelo matemático [Eq.2] considera a velocidade como fator relevante. Os resultados são apresentados na Tabela 2:

Tabela 2: Resultados da estimativa do nível de intensidade sonora proveniente da Via 1. Utilizando o modelo da [Eq. 2].

Fonte: OLIVEIRA e NUNES, 2017

Locais	L₅₀ dB(A)
Prédios UED	67,05
Prédio UAC	64,84
Área de lazer	58,81

Cada um dos modelos escolhidos possui limitações de cálculos e, portanto, os resultados devem ser considerados uma estimativa prévia. Os parâmetros de entrada necessários para usar estes modelos são: a velocidade média do veículo na via, distância entre o veículo e o receptor, tipo de veículo (leve e pesado); tipo de pavimento, entre outros.

4. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos com as medições pontuais constatou que os níveis de pressão sonora no Campus Gama – UnB estão acima dos limites estabelecidos pela NBR 10151 e consequentemente pela legislação vigente do DF (Lei nº 4.092, de 30 de janeiro de 2008), a qual especifica que no período diurno em área estritamente residencial urbana ou de hospitais, escolas e bibliotecas o nível máximo admitido é de 50 dB (A). Os valores obtidos no estacionamento em todos os horários medidos mostram que o ruído de tráfego veicular não depende apenas da rodovia de fluxo de veículos leves e pesados. Os pontos localizados em frente aos prédios UAC e UED no horário de 8hr apresentam maior elevação dos níveis de pressão sonora. Os pontos localizados no estacionamento apresentam maior elevação nos outros horários de medição (10hr, 14hr e 16hr). Isso mostra que o incômodo proveniente do tráfego veicular na rodovia e estacionamento, constatado na pesquisa com os frequentadores do campus, não é meramente subjetivo. Além disso, vale ressaltar que os modelos matemáticos utilizados para predição do tráfego veicular foram capazes de predizer os níveis de pressão sonora com um erro de 2%.

5. AGRADECIMENTOS

À Fundação Universidade de Brasília pelo apoio financeiro concedido em forma de bolsa ao estudante.

6. REFERÊNCIAS

- ABNT, NBR 10151 - Avaliações do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento.
- BERISTÁIN, S., El ruido es un serio contaminante. in: Congresso Iberoamericano de Acústica, 1; Simpósio de Metrologia e Normalização em Acústica do Mercosul, 1; Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica, Florianópolis : SOBRAC, 1998. p. 135-142.
- BISTAFÁ, S. R., Acústica Aplicada ao Controle do Ruído. 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher, p. 368, 2003.
- CALIXTO, A. O ruído gerado pelo tráfego de veículos em “rodovias-grandes avenidas” situadas dentro do perímetro urbano de Curitiba, analisado sob parâmetros acústicos objetivos e seu impacto ambiental. 2002. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
- GALLOWAY, W. J.; et al., Urban highway noise: measurement, simulation and mixed reactions, NCHRP report, v.78, 1969.
- STEELE, C. A critical review of some traffic noise prediction models, Applied Acoustics 62 –271- 287, 2001.
- JOHNSON, D. R.; SAUNDERS, E. G. *The evaluation of noise from freely flowing road traffic. Journal of Sound and Vibration*, v.7, n. 2, p. 287 – 309, 1968.

QUARTIEIRI, J., MASTORAKIS, N. E., IANNONE, G., GUARNACCIA, C., D'AMBROSIO, S., TROISI, A., LENZA, T. L. L. *A Review of Traffic Noise Predictive Models*. WSEAS International Conference on APPLIED and THEORETICAL MECHANICS, Puerto De La Cruz – Tenerife – Canary Islands - Spain, p.72-80, 2009.

STEELE, C. *A critical review of some traffic noise prediction models*, Applied Acoustics 62 – 271- 287, 2001.

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

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

“Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho. ”

ACOUSTIC MAPPING AND EVALUATION OF THE IMPACT OF VEHICLE TRAFFIC NOISE NO CAMPUS GAMA - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

OLIVEIRA, Angela Luiza, ngelaluiza@gmail.com¹

NUNES, Maria Alzira de Araújo, maanunes@unb.com²

¹ Universidade de Brasília - Campus Gama. Área especial de Indústria – Projeção A – Gama – Setor Leste, Brasília-DF.

Abstract: *The control of noise pollution should involve measures that guarantee sound pressure levels in different situations, times and locations according to the current legislation. In this context, acoustic mapping has been used as an important tool to evaluate environmental noise. Considering that the University of Brasília (UnB) - Campus Gama (FGA) university is located on the banks of a highway, and is surrounded by a parking lot with light and heavy vehicles during the whole class period, the acoustic evaluation of the impact of vehicular noise becomes important, since the activities developed at the institution require sound levels that allow students and workers to concentrate and learn. Therefore, the objective of this work is to evaluate the impact of vehicle traffic noise around the Campus Gama - UnB using analytical and experimental methodology. Firstly, a questionnaire was applied to the academic community with the purpose of evaluating the interviewees' perception of traffic noise in the Campus. Subsequently, predictive mathematical models were adopted capable of providing an estimate of traffic noise based on statistical and geographic parameters. Next, field measurements were performed at predefined points in the study region, including the one around the Campus. The results obtained were compared with the mathematical models, as well as with the questionnaires applied to the institution's visitors. As a result, it was found that at certain times of measurement the sound pressure level at some points exceeded the limit established by NBR 10151, reaching levels up to 74 dB. The mathematical models were able to estimate the sound pressure level, presenting a 2% error. It is concluded, therefore, that the traffic noise evaluated is one of the factors of discomfort and dissatisfaction of the comfort for the students and workers of the Campus, as well as it can be a preponderant factor for the fall of the learning since this is directly related to the level concentration during the learning period.*

Key Words: *Acoustic Mapping, Mathematical Models, Sound Pollution, Vehicular Traffic. The purpose of these instructions is to serve as a guide for formatting papers to be published in the Proceedings of the X CONEM. The abstract should describe the objectives, the methodology and the main conclusions of the paper in less than 4000 characters in a single paragraph. It should not contain either formulae or bibliographic references. The full paper will be published in the proceedings of the event.*