

UTILIZAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS NA ANÁLISE DO RUÍDO DE TRÁFEGO EM UMA TRAVESSIA URBANA

Álvaro Phillipe Tazawa Delmont Pais¹

Franciely Velozo Aragão²

Larissa Sousa³

Luis Henrique Nogueira Marinho⁴

Paulo Fernando Soares⁵

RESUMO

Este artigo apresenta a utilização de modelos matemáticos que caracterizam o ruído de tráfego da Avenida Colombo, localizada na cidade de Maringá – Pr, esta via se caracteriza como uma Travessia Urbana. Este estudo foi realizado em oito pontos distribuídos na Avenida Colombo, onde foi realizada a medição de nível de pressão sonora de acordo com a norma NBR 10151 (2000), nos dois sentidos da via, com duração de 20 minutos, e simultaneamente foi realizada a contagem dos veículos que percorriam a via. Os veículos foram classificados como motocicletas, veículos de passeio (veículos leves) e caminhões (veículos pesado). Foram utilizados seis modelos matemáticos, onde três dos mesmos representavam o índice L50 e os outros representavam o índice Leq. Os resultados dos modelos não representaram precisamente os obtidos através da medição com equipamentos, mas se aproximam dos mesmos. Logo para se conhecer o comportamento acústico do tráfego urbano, a utilização de modelos matemáticos é relevante e, no caso estudado, pode-se afirmar que a previsão do ruído de tráfego da Av. Colombo através dos modelos pesquisados representam satisfatoriamente o fenômeno.

Palavras-chave: Ruído de tráfego; Modelagem do ruído urbano; Ruído urbano; Modelo matemático; Travessia urbana.

¹ Mestrando, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana-PEU, alvaro.phillipe@hotmail.com

² Mestranda, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana-PEU, fran-aragao@hotmail.com

³ Mestranda, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana-PEU, larissadesousa@live.com

⁴ Pós – Graduando, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Especialização em Tecnologia Mecânica do Setor Sucroalcooleiro, luishenrique_marinho@hotmail.com

⁵ Prof. Dr., Universidade Estadual de Maringá-UEM, Departamento de Engenharia Civil-DEC, paulofsoares@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, há um aumento da conscientização da população mundial ao se referir sobre questões ambientais e ecológicas. Estudos sobre intervenções no espaço urbano, os quais são prejudiciais ao meio ambiente e a saúde humana vem crescendo consideravelmente, um novo componente presente no cotidiano das cidades é o ruído, o qual é facilmente encontrado no ambiente urbano, afirma Bistafa (2011).

O ruído é caracterizado, por um conjunto de sons sem harmonia, indesejável ou desagradável, o qual causa desconforto e incomodo ao homem, onde os efeitos colaterais não se restringem apenas ao aparelho auditivo do homem (GIANNINI et. al., 2012; GERGES, 2000).

A exposição a elevados níveis de pressão sonora, oferecem riscos a saúde humana, como problemas no aparelho auditivo, estresse, irritabilidade, insônia, dores de cabeça, entre outros malefícios, aborda Sapata (2010).

Para Viro (2002), o ruído urbano, se refere a níveis de ruído fora de uma edificação, ou seja, em seu exterior, e o mesmo é proveniente de várias fontes, como, vários tipos de transportes, indústrias, construções, pessoas e animais.

De acordo com Marques (2010), as cidades brasileiras, estão se expandindo rapidamente sem obedecerem a um determinado planejamento urbano, onde muitas vias de tráfego, são instaladas em lugares inapropriados, ou ainda, as cidades crescem ao redor desta via. Um dos maiores problemas desta falta de planejamento é o ruído provocado pela frota veicular, o qual é considera uma forma de poluição, promovendo a diminuição da qualidade de vida da população a seu entorno.

De acordo com Calixto (2002), “o desenvolvimento e a utilização de modelos matemáticos de predição de níveis de pressão sonora gerados pelo tráfego rodoviário representam uma contribuição à sociedade em relação ao problema da poluição sonora”.

Ainda de acordo com o autor já supracitado, os modelos matemáticos utilizados para estimar níveis de pressão sonora em rodovias, é uma ferramenta que pode ser utilizada tanto para rodovias já construídas como para as quais ainda serão projetadas. Quartieri et. al (2009) mostram ainda que a modelagem é um tema corrente nas discussões atuais. Os modelos levam em consideração características próprias para obter uma representação do fenômeno em análise próxima da real.

De acordo com Trinta (2001), as rodovias são planejadas e construídas com a finalidade de amplificar o desenvolvimento local e regional, mas, com a falta de planejamento, ao passar dos anos, a população acaba se alocando em suas proximidades, formando assim um espaço urbano, a qual a rodovia é inserida. Neste sentido este tipo de rodovia é denominada Travessia Urbana, a qual se enquadra a Avenida Colombo, localizada em Maringá – Paraná.

Logo o objetivo deste estudo é comparar os descritores estatísticos medidos com equipamentos de nível de pressão sonora, com os encontrados através de cálculos utilizando modelos matemáticos que caracterizam o ruído de tráfego. A fim de se verificar se modelos matemáticos caracterizam a real qualidade acústica da Travessia Urbana estudada.

2. REVISÃO DOS MODELOS DE PREVISÃO DO RUÍDO DE TRÁFEGO

Segundo Quartieri et al (2009), os modelos têm sido desenvolvidos desde a metade do século 20 com resultados eficazes. As principais fontes sonoras do tráfego são do motor do automóvel e do atrito entre o pneu e o pavimento.

Os primeiros modelos que serão apresentados descrevem o indicador estatístico L_{50} que representa o nível sonoro que excede 50% do período monitorado. Com o desenvolvimento dos modelos o índice resultante é o índice equivalente sonoro L_{eq} , em dBA.

Serão apresentados os modelos que serão comparados e analisados com o valor medido na travessia urbana.

2.1. Modelo desenvolvido por Bolt, Beranek e Newman (1952)

No livro *Handbook of Acoustic Noise Control* é proposto um modelo de ruído, equação 01:

$$L_{50} = 83 + 8,5 \text{ Log}(Q) - 20 \text{ Log}(d) \quad \text{Eq. 01}$$

Onde:

Q = Número de veículos por minuto;

d = Distância do receptor ao centro da via, em pés (1 metro = 0,3048 pés);

Conforme Bolt, Beranek e Newman (1952) este modelo é válido de 6 a 9 metros e considera que a via recebe uma mistura de carros e caminhões. Para uma distância entre 40 e 60 metros deve-se subtrair 15 dB. Quartieri et. al (2009) recordam que o modelo não leva em consideração os percentuais dos tipos de veículos e do tipo de pavimento utilizado.

2.2. Modelo desenvolvido por Johnson e Saunders (1968)

O método utilizado por Johnson e Saunders (1968) assemelha-se ao utilizado na comparação deste artigo onde foi realizado medições em campo e comparação com os modelos utilizados na época.

O modelo desenvolvido é descrito na equação 02:

$$L_{50} = 3,5 + 10 \text{ Log}\left(\frac{Q v^3}{d}\right) \quad \text{Eq. 02}$$

Onde:

Q = Número de veículos por hora;

d = Distância do receptor ao centro da via, em pés (1 metro = 0,3048 pés);

v = Velocidade em Mph;

O modelo possui boa aproximação para uma porcentagem de até 40% de veículos pesados. Possui também correções para o pavimento variando de 1 a 5 dB.

2.3. Modelo desenvolvido por Galloway et al. (1969)

Galloway et al.(1969) utilizaram o modelo descrito por Johnson e Saunders (1968) inserindo um termo para a utilização de porcentagens de veículos pesados. O modelo é descrito como Equação 03:

$$L_{50} = 20 + 10 \text{ Log}\left(\frac{Q v^2}{d}\right) + 0,4 P \quad \text{Eq. 03}$$

Onde:

Q = Número de veículos por hora;

d = Distância do receptor ao centro da via, em pés (1 metro = 0,3048 pés);

v = Velocidade em Mph;

P = Porcentagem de veículos pesados;

2.4. Modelo desenvolvido por Burgess (1977)

Este modelo foi desenvolvido em Sydney – Austrália. O modelo apresenta como resultado o índice L_{eq} representando o nível equivalente sonoro.

A equação que representa o modelo é a Equação 04:

$$L_{eq} = 55,5 + 10,2 \text{Log}(Q) + 0,3 P - 19,3 \text{Log}(d) \quad \text{Eq. 04}$$

Onde:

Q = Número de veículos por hora;

d = Distância do receptor ao centro da via, em pés (1 metro = 0,3048 pés);

P = Porcentagem de veículos pesados;

2.5. Modelo desenvolvido por Griffiths e Langdon (1968)

Quartieri et al. (2009) demonstram o modelo desenvolvido por Griffiths e Langdon particionado em uma soma de índices estatísticos, com os índices desenvolvidos separadamente.

A equação 05 representa o modelo:

$$L_{eq} = L_{50} + 0,018 (L_{10} - L_{90})^2 \quad \text{Eq. 05}$$

Onde os índices estatísticos são apresentados nas equações 06, 07 e 08:

$$L_{50} = 61 + 8,4 \text{Log}(Q) + 0,15 P - 11,5 \text{Log}(d) \quad \text{Eq. 06}$$

$$L_{10} = 44,8 + 10,8 \text{Log}(Q) + 0,12 P - 9,6 \text{Log}(d) \quad \text{Eq. 07}$$

$$L_{90} = 39,1 + 10,5 \text{Log}(Q) + 0,06 P - 9,3 \text{Log}(d) \quad \text{Eq. 08}$$

Onde:

Q = Número de veículos por hora;

d = Distância do receptor ao centro da via, em pés (1 metro = 0,3048 pés);

P = Porcentagem de veículos pesados;

2.6. Modelo desenvolvido por CSTB (Centre Scientifique et Technique du Batiment) (1991)

Modelo desenvolvido pelo centro de pesquisas francesa, o modelo também se utiliza de índices estatísticos na equação global, Equação 09.

$$L_{eq} = 0,65 L_{50} + 28,8 \quad \text{Eq. 09}$$

O L_{50} é descrito pela equação 10, quando o volume de tráfego for menor que 1000 veíc/hora

$$L_{50} = 11,9 \text{Log}(Q) + 31,4 \quad \text{Eq. 10}$$

Para volume de tráfego maior que 1000 veíc/hora deve-se utilizar a equação 11.

$$L_{50} = 15,5 \text{Log}(Q) - 10 \text{Log}(L) + 36 \quad \text{Eq. 11}$$

Onde:

Q = Número de veículos por hora;

L = Largura da via até o receptor, em metros;

2.7. Resumo dos modelos

Os modelos mais tradicionais foram citados e são resumidos no Quadro 1.

Desenvolvedores	Modelo	Equação
Bolt, Beranek e Newman (1952)	$L_{50} = 83 + 8,5 \text{ Log}(Q) - 20 \text{ Log}(d)$	01
Johnson e Saunders (1968)	$L_{50} = 3,5 + 10 \text{ Log}\left(\frac{Q v^3}{d}\right)$	02
Galloway et al. (1969)	$L_{50} = 20 + 10 \text{ Log}\left(\frac{Q v^2}{d}\right) + 0,4 P$	03
Burguess (1969)	$L_{eq} = 55,5 + 10,2 \text{ Log}(Q) + 0,3 P - 19,3 \text{ Log}(d)$	04
Griffiths e Langdon (1968)	$L_{eq} = L_{50} + 0,018 (L_{10} - L_{90})^2$	05
	$L_{50} = 61 + 8,4 \text{ Log}(Q) + 0,15 P - 11,5 \text{ Log}(d)$	06
	$L_{10} = 44,8 + 10,8 \text{ Log}(Q) + 0,12 P - 9,6 \text{ Log}(d)$	07
	$L_{90} = 39,1 + 10,5 \text{ Log}(Q) + 0,06 P - 9,3 \text{ Log}(d)$	08
CSTB (1991)	$L_{eq} = 0,65 L_{50} + 28,8$	09
	$L_{50} = 11,9 \text{ Log}(Q) + 31,4$; para $Q \geq 1000$ veíc/h	10
	$L_{50} = 15,5 \text{ Log}(Q) - 10 \text{ Log}(L) + 36$; para $Q < 1000$ veíc/h	11

Quadro 1 - Resumo dos modelos descritos

Fonte: Autores, (2012).

3. METODOLOGIA

Serão apresentados neste capítulo a caracterização da travessia urbana e a medição do nível de intensidade sonora da via.

3.1. Caracterização da travessia urbana

A cidade de Maringá esta localizada ao Norte do estado do Paraná, possuindo cerca de 357.077 habitantes. A Avenida Colombo é uma rodovia federal (BR-376) que percorre a cidade de Maringá, no sentido Oeste/Leste. A mesma é caracterizada por ser uma via de tráfego intenso e de longa distância, composta de caminhões, veículos leves, motocicletas e bicicletas.

A rodovia dentro do perímetro urbano possui intersecções com ruas de tráfego local e viadutos para acesso a vias de tráfego coletora. A seção da via é variável conforme a presença de canteiros centrais, entretanto a largura das faixas é constante, com 3,10 metros de largura de cada faixa de rodagem. Como a rodovia está inserido na cidade a velocidade máxima permitida é 60Km/h.

O trecho central analisado é composto por 4 faixas de rodagem e 1 de estacionamento por sentido, além do canteiro central. A seção é ilustrada pela figura 1.

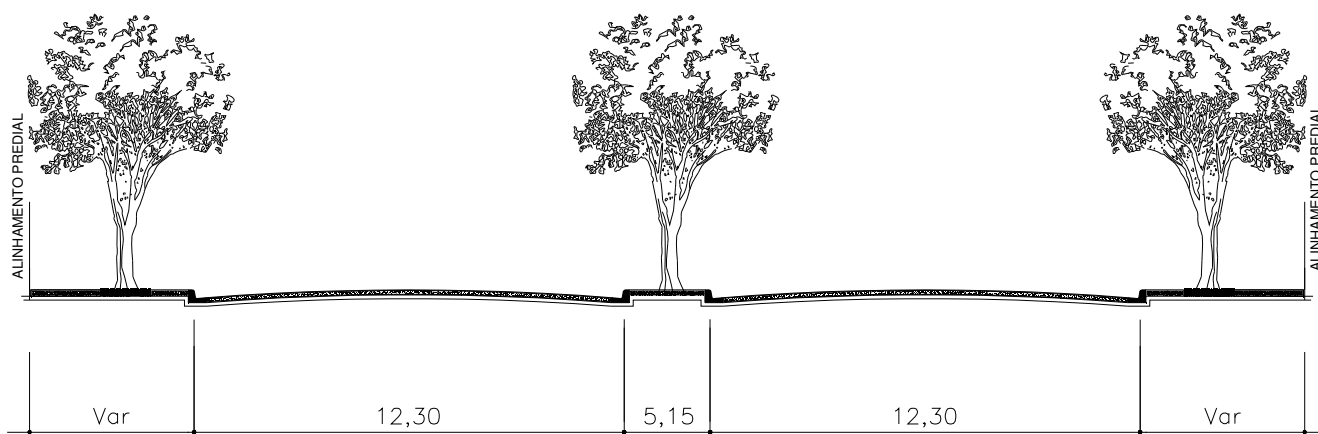


Figura 1 - Seção transversal da rodovia, próximo a intersecção, suprimido a faixa de estacionamento

Fonte: Autores (2012).

A parte central da rodovia é considerada entre as intersecções da Avenida São Paulo e avenida Paraná. Entre o trecho está localizada a Universidade Estadual de Maringá, o Ginásio de esporte Chico Neto, SESI e SENAI. O comprimento da parte analisada é 1.150,00 metros.

Segundo a contagem realizada pela SETRAN (2012) em 2010 o fluxo diário da intersecção Av. Colombo x Av. São Paulo foi de 66.327 carros.

3.2. Medição do nível de intensidade sonoro da travessia

A medição ocorreu segundo a norma NBR 10151 (2000), onde o medidor foi posicionado a 1,20 de altura em relação ao piso e a 7 metros do centro da via, nos principais pontos de intersecção da via. Foram realizados a coleta dos dados, nos dois sentidos de tráfego com a duração de 20 minutos em cada ponto.

A contagem de carros ocorreu simultaneamente a medição do nível sonoro, classificando os automóveis em motocicletas, veículos de passeio (veículos leves) e caminhões (veículos pesados).

Os pontos de contagem são indicados na figura 2, somando um total de 8 pontos de medição.



Figura 2 - Localização dos pontos de medição no trecho analisado da travessia urbana

Fonte: Autores (2012).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da medição foram adquiridos através do aparelho medidor de nível de intensidade sonora da marca CEM modelo DT-8852 com precisão de $\pm 1,4$ dB, os resultados são apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Resultados da medição no nível de intensidade sonora da via.

Pontos	L_{eq} (dBA)	L_{50} (dBA)
01	75,8	71,8
02	76,9	70,6
03	75,7	70,6
04	76,8	71,7
05	77,0	73,9
06	76,1	69,1
07	76,0	73,6
08	75,5	72,9

A contagem veicular é apresentada na tabela 2.

Tabela 2 - Dados da contagem veicular

Pontos	Contagem do fluxo (veíc/20min):			Porcentagem de Veículos pesados	Total (veíc/h)
	Motos	Carros	Veíc. Pesados		
01	320	86	66	14,0%	1416
02	405	87	87	15,0%	1737
03	360	91	78	14,7%	1587
04	352	76	75	14,9%	1509
05	281	69	74	17,5%	1272
06	434	121	112	16,8%	2001
07	414	68	140	22,5%	1866
08	294	82	83	18,1%	1377

Os dados obtidos a partir da medição e dos modelos citados anteriormente são comparados na tabela 3 com os valores em dBA e o desvio de cada modelo. A distância adotada é 7,00 metros entre o receptor e o centro da via e a velocidade é de 60 Km/h.

Tabela 3 - Comparação entre os modelos e os dados coletados

Pontos		01	02	03	04	05	06	07	08
Resultados da medição	Leq	75,8	76,9	75,7	76,8	77,0	76,1	76,0	75,5
	L50	71,8	70,6	70,6	71,7	73,9	69,1	73,6	72,9
Bolt, Beranek e Newman	L50	67,4	68,2	67,9	67,7	67,1	68,7	68,5	67,3
	Desvio	6,1%	3,4%	3,9%	5,6%	9,3%	0,5%	7,0%	7,6%
Johnson e	L50	68,5	69,4	69,0	68,8	68,1	70,0	69,7	68,4

Saunders	Desvio	4,5%	1,7%	2,2%	4,0%	7,9%	-1,4%	5,2%	6,1%
Continua									
Pontos		01	02	03	04	05	06	07	08
Resultados da medição	Leq	75,8	76,9	75,7	76,8	77,0	76,1	76,0	75,5
	L50	71,8	70,6	70,6	71,7	73,9	69,1	73,6	72,9
Galloway et al.	L50	69,4	70,3	69,9	69,7	68,9	70,9	70,6	69,3
	Desvio	3,4%	2,1%	2,7%	3,0%	4,0%	1,3%	1,6%	3,5%
Burguess	Leq	61,4	62,3	61,9	61,7	60,9	63,0	62,7	61,3
	Desvio	19,0%	17,8%	18,3%	18,6%	19,6%	16,9%	17,3%	19,1%
Griffiths e Langdon	Leq	68,5	69,4	69,0	68,8	68,1	70,0	69,7	68,4
	Desvio	9,6%	8,5%	9,0%	9,3%	10,2%	7,7%	8,0%	9,8%
CSTB	Leq	78,5	79,3	79,0	78,7	78,0	80,0	79,7	78,3
	Desvio	-3,5%	-4,7%	-4,2%	-3,9%	-2,9%	-5,5%	-5,1%	-3,3%

Para facilitar a análise sintetizou-se os resultados na Figura 3, que apresenta os dados da tabela 3, para o índice L₅₀, mostrando que o modelo matemático que mais se aproxima do medido *in loco* é o dos autores Galloway et al. (1969).

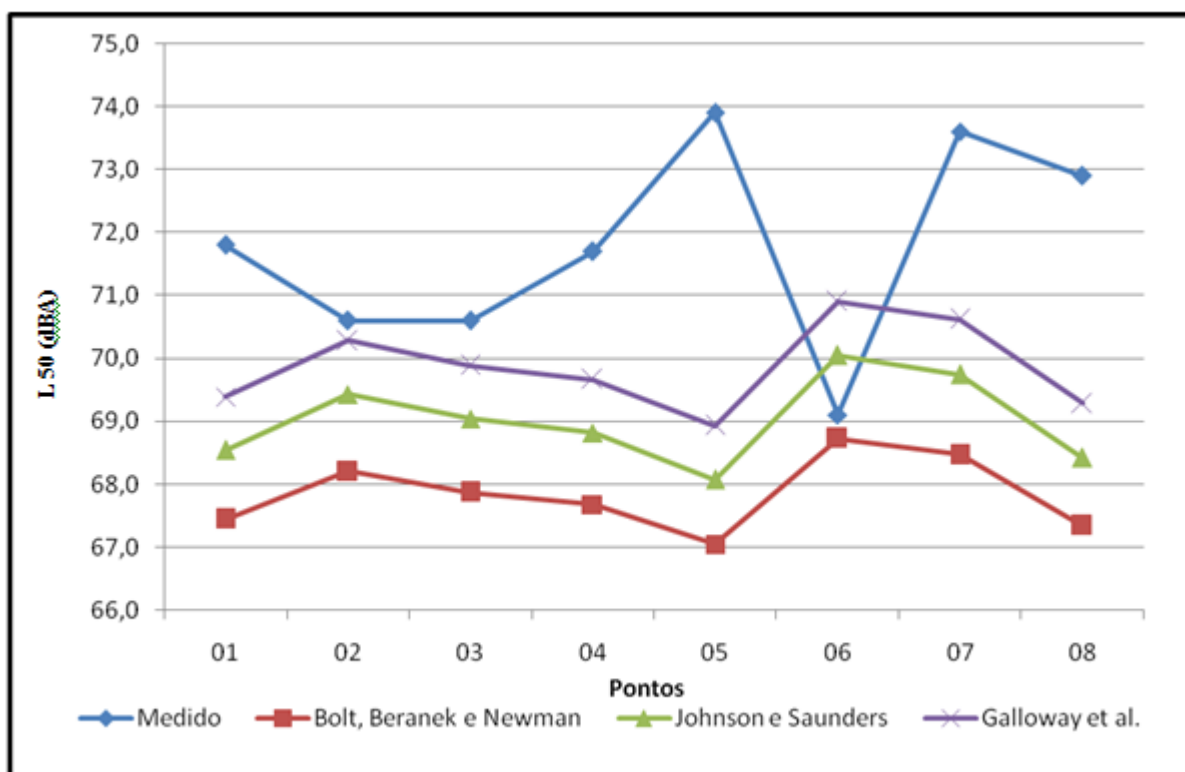


Figura 3 - Comparativo dos resultados da medição e dos modelos com índice L₅₀

A Figura 4 apresenta o gráfico para comparação dos níveis de intensidade sonora equivalente, obtidos através dos modelos matemáticos e do encontrado através de médicos *in loco*,

o modelo desenvolvido por CSTB (1991), é o que mais se aproxima do valor obtido em medição *in loco*.

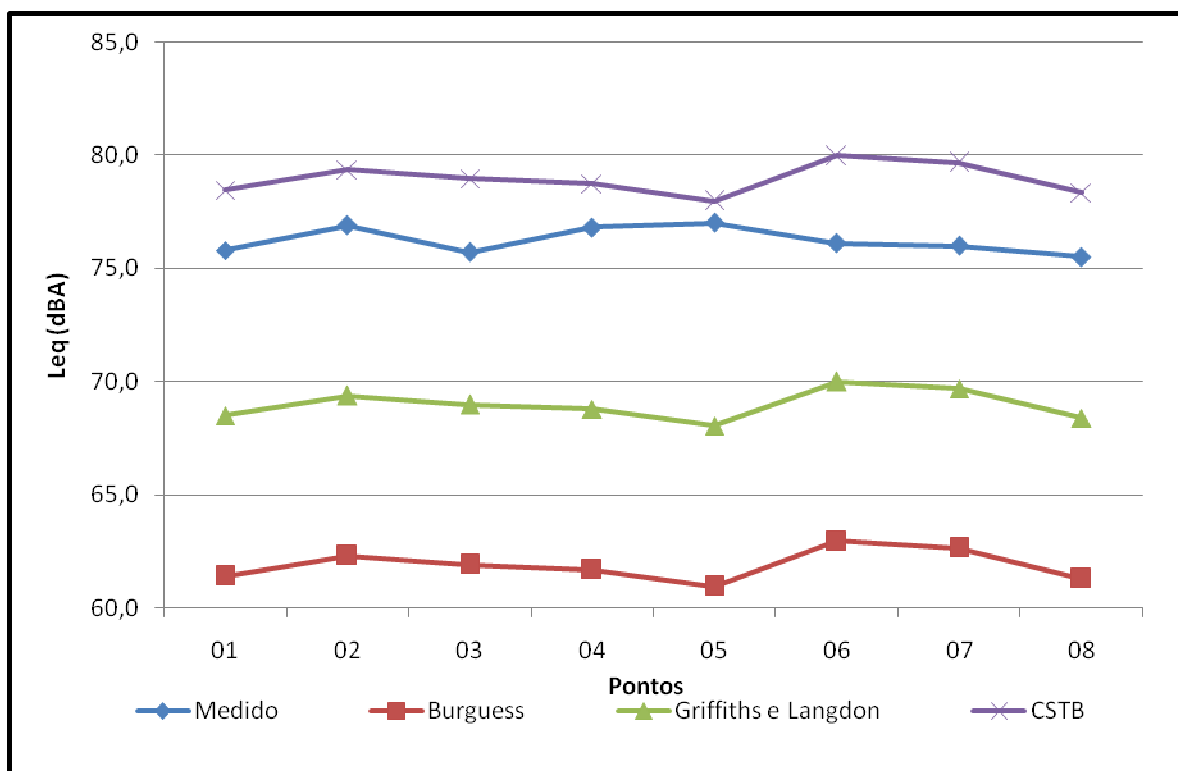


Figura 4 - Comparativo dos resultados da medição e dos modelos com índice L_{eq}

4. CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo foi utilizar modelos matemáticos que caracterizam o ruído emitido pelo tráfego da Avenida Colombo, localizada na cidade de Maringá – Pr, e comparar os resultados obtidos pelos mesmos, com os medidos *in loco*.

Foram utilizados seis modelos matemáticos os mais tradicionais encontrados em bibliografias sobre o tema, apresentados no Quadro 1, três dos mesmos representam o descritor estatístico L50, o qual representa o nível sonoro que excedeu 50% do tempo de medição. Os outros três modelos representam o índice equivalente L_{eq} , o qual descreve o nível de exposição ao ruído.

Pode-se concluir que para a Travessia Urbana em estudo, o modelo que mais se aproximou do valor medido *in loco*, que representa o L50, foi o desenvolvido por Galloway *et al.* (1969), o qual é um aprimoramento do desenvolvido por Johnson e Saunders (1968). Quanto aos valores do L_{eq} , o modelo desenvolvido por CSTB (1991), foi o que mais se aproximou dos valores obtidos através dos equipamentos de medição de nível de pressão sonora.

Salienta-se que para esta pesquisa os dados dos índices dos modelos utilizados, não se comportaram precisamente, mas se aproximaram dos obtidos *in loco*. Logo, observando-se os resultados monitorados e os obtidos através dos modelos mostram a capacidade de descrição previsional e que, os níveis de pressão sonora oriundos da Avenida Colombo são elevados, os quais produzem impactos ambientais consideráveis ao ambiente ao seu redor.

Assim, pode-se concluir que, a utilização de modelos matemáticos, pode representar o comportamento dos níveis de ruído emitidos pelo tráfego de veículos, podendo assim simular qual o comportamento de uma determinada via, submetida a certo volume de tráfego. Como o volume de automóveis vem crescendo consideravelmente nos últimos anos, a utilização de modelos

matemáticos para a descrição do ruído, permite simular como o trajeto dos mesmos em um perímetro urbano pode afetar acusticamente este meio.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10151**: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 2ª. Ed. São Paulo: Blucher, 2011.

BOLT, R. H.; BERANEK, L.; NEWMAN, R. **Handbook of acoustic noise control**. WADC technical report: Wright Air Development Center, 1952.

BURGESS, M.A. Noise Prediction for Urban Traffic Conditions – Related to Measurements in the Sydney Metropolitan Area. **Applied Acoustic**, Australia, v. 10, p. 001-007, 1977.

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.

CSTB (Centre Scientifique et Technique du Batiment), Etude théorique et expérimentale de la propagation acoustique. **Revue d'Acoustique**, n.70, 1991.

GALLOWAY, W. J.; et al., Urban highway noise: measurement, simulation and mixed reactions, **NCHRP report**, v.78, 1969.

GERGES, S. **Ruído: fundamentos e controle**. Florianópolis: S.N.Y, 2000.

GIANNINI, C.; GERMANO, P.; OLIVEIRA, L.; SOARES, P. Avaliação do ruído ambiental: monitoramento e caracterização do ruído de fundo em Maringá - Pr. **Iniciação Científica CESUMAR**. Maringá – Pr, v. 14, n. 1, p. 55-62, jan./jun. 2012.

GRIFFITHS, I. D.; LANGDON, F. J. Subjective Response to road traffic noise. **Journal of Sound and Vibration**, v.8, 16-32. 1968.

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.

MARQUES, C. **Acústica urbana de Umuarama: avaliação e metodologia para procedimentos de reurbanização**. 2010. 243f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

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. **5th WSEAS International Conference on APPLIED and THEORETICAL MECHANICS**, Puerto De La Cruz – Tenerife – Canary Islands - Spain, p. 72-80, 2009.

SAPATA, A. M. A. **Monitoramento, modelagem e simulação dos Impactos e efeitos do ruído de tráfego em trecho De cânion urbano da Avenida Horácio Racanello Da cidade de Maringá – Pr**. 2010. 134f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

SETRAN. **Secretaria do Trânsito de Maringá**. Maringá, atualização de mar. 2010. Disponível em: <<http://www2.maringa.pr.gov.br/sistema/arquivos/04c7383e4eb5.pdf>> Acesso em: 10 set. 2012.

Trinta, Z.A. **Contribuição ao estudo das travessias urbanas de pequeno e médio porte por rodovias de longo curso**. 2001, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

VIRO, G. **Protocolo de Mediciones para Trazado de Mapas de Ruido Normalizados**. Buenos Aires: LACEAC – Laboratorio de Acústica y Electroacústica, 2002.