

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE DIVISÃO MODAL: UMA ANÁLISE SOBRE OS IMPACTOS NOS NÍVEIS SONOROS EM CENTROS URBANOS

RESUMO

A Poluição sonora em áreas urbanas está diretamente ligada ao fluxo de veículos nas vias bem como aos tipos de veículos e diversas outras variáveis independentes. No entanto, hoje não é possível inferir com certeza qual seria o impacto sobre os níveis de ruído nos centros urbanos, a partir de uma ação bem sucedida para incentivar o uso de ônibus ao invés de carros, ou seja, um modo coletivo em vez de um indivíduo. Assim, o objetivo deste estudo foi aplicar uma metodologia desenvolvida e, desta forma, identificar quais seriam os impactos que as mudanças na configuração atual sobre o funcionamento de sistemas de transporte (oferta e demanda), e a divisão modal de transporte de passageiros em centros urbanos, resultaria nos níveis de ruído emitidos focado na transferência de usuários de automóveis e motocicletas para ônibus. A principal conclusão foi que os esforços para minimizar o ruído, através da gestão da mobilidade deve ser feita bem planejada, e mesmo que seja contemplado o uso do transporte coletivo em maiores percentuais, pode não ser eficaz no que diz respeito a poluição sonora.

ABSTRACT

Noise pollution in urban areas is directly linked to the traffic flow on roads and the types of vehicles, as well as several other independent variables. However, today is not possible to infer with certainty what would be the impacts on noise levels in urban centers, from a successful action to encourage the use of buses rather than cars, that is, a collective mode instead of an individual one. Thus, the objective of this study was to apply a developed methodology and, in this way, to identify what would be the impacts that changes in the current configuration on operation of transport systems (demand and supply), and the modal split of passenger transport in urban centers, would result in noise levels emitted focused in transfer of automobile and motorcycle users to buses. The main conclusion was that efforts to minimize noise through the management of mobility should be made well planned, and even that, may not be effective.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com os impactos ambientais das atividades antrópicas tem sido cada vez maior por todo mundo. No que diz respeito a centros urbanos, o tráfego de veículos é um potente contribuinte para três tipos específicos de poluição, a saber, atmosférica, sonora e visual (RODRIGUES, 2006).

No que diz respeito à poluição sonora, a frota veicular tem diferentes capacidades de emissão de ruído. Recentemente, em uma pesquisa realizada por Can *et al.* (2008) foi mostrada que a relação de potência sonora entre veículos pesados e leves é igual a 9,12. Isto é, um veículo pesado é capaz de produzir 9,12 vezes mais ruído do que um veículo leve, levando em consideração o comportamento logarítmico da escala decibel. Isto corresponde à dobrar a sensação de altura do ruído pelo ouvido humano.

Ao se fazer uma avaliação do ruído gerado por cada um destes modos, correlacionando com o total de pessoas transportadas pelos mesmos, chega-se a uma produção de ruído per capita inversa, no que diz respeito a modos de transporte mais ruidosos. Isto é, o automóvel (menor potência sonora) emite mais ruído per capita do que os ônibus (maior potência sonora). Ao se considerar as ocupações médias dos ônibus e automóveis na hora de pico dos centros urbanos como sendo, respectivamente, 70 e 1,5 passageiros, verifica-se que a produção per capita (Considerando potência Sonora média de veículos leve igual a 75 dB(A) e de veículos pesados igual a 85 dB(A)) dos ônibus é da ordem de 65 dB, enquanto para os automóveis este valor atinge cerca de 73 dB (RODRIGUES *et al.*, 2008b).

A partir destas afirmações, cabe uma pergunta, que norteia o presente trabalho: “*Seria possível então diminuir os níveis de ruído presentes em centros urbanos, em específico, os brasileiros, a partir de alterações na divisão modal do transporte de passageiros, basicamente entre os e automóveis os ônibus, tanto em vias de fluxo misto como em corredores exclusivos?*”

2. METODOLOGIA

Para contemplar o objetivo proposto, e apresentando no item anterior, utilizou-se um modelo de predição de ruído calibrado estatisticamente e especificamente para fazer simulações de alterações da divisão modal do transporte de passageiros em centros urbanos, utilizando o software SPSS.

2.1. Locais de Coleta de Dados

As vias escolhidas foram, a priori, vias com grande capacidade e demanda de tráfego que componham o sistema viário principal da cidade de Belo Horizonte-MG, Brasil, apresentando diferentes características de classificação veicular para diversificar as amostras. Além dessas, foram escolhidos dois pontos adicionais para compor situações atípicas, isto é, uma via com alta velocidade média e outra com baixa velocidade e fluxo de tráfego menos significativo. No total foram 11 pontos em 6 diferentes avenidas.

Medições de Ruído As medições de ruído foram realizadas de acordo com as recomendações prescritas pela Norma NBR 10151 (ABNT, 2000). Vale salientar que as prescrições desta Norma Brasileira são bastante similares a Normas Internacionais como, por exemplo, a ISO11819-1 “*Acoustics – Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise*”.

Foram feitas medições na parte da manhã (5:00h às 10:00h) e da tarde (16:00h às 21:00h) e para cada um destes intervalos foram obtidos, com o *software* específico do equipamento, os seguintes indicadores:

- Nível Sonoro Equivalente (L_{eq});
- Máximo valor observado;
- Mínimo valor observado;
- Níveis Percentis (L_n).

O medidor de nível de pressão sonora utilizado foi um modelo da marca Extech, modelo 407780. O calibrador utilizado foi da mesma marca e possui precisão de $\pm 0,5$ dB.

2.3. Coleta de Dados de Passageiros por Veículo

Para poder fazer simulações sobre a alteração da divisão modal, foi necessário mensurar o número de pessoas em média por veículos (ônibus, carro, moto, etc) e assim saber se atualmente existe ociosidade no sistema que possa ser melhor aproveitada através de uma reorganização da relação entre oferta e demanda.

2.4. Calibração do Modelo

Para realizar simulações de alteração da divisão modal, e identificar os impactos nos níveis de ruído, foi utilizado um modelo de predição calibrado com o auxílio do software SPSS Statistics 17.0.

Para verificar a significância do modelo estatístico, foram utilizados como parâmetros de validação o coeficiente de determinação estatística R^2 , o erro padrão de estimativa, os testes “F” e “t-Student”, a comparação entre os resíduos de cada estimativa, bem como a análise de frequência dos erros de estimativa variando entre 0 e 3 dB, para mais ou para menos.

Todos estes dados foram facilmente obtidos a partir da saída de dados do software, conforme ilustrado na Figura 1.

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,908 ^a	,825	,819	1,36188	,825	137,899	10	292	,000

a. Predictors: (Constant), HierarquiaViaria, DistMedCentroVia, LnBusAD, LNVelocidAD, LnPercentPesado, LnBUSOP, LnVelocidOP, LnMotoTotal, LnAutoAD, LnAutoOP

b. Dependent Variable: Leq

Figura 1: Ilustração de uma das saídas de dados do software SPSS

2.5. Simulações de Alterações da Divisão Modal do Transporte de Passageiros

O modelo calibrado foi aplicado para situações hipotéticas. Isto é, a partir das conclusões sobre ociosidade no sistema de transporte, aplicou-se o mesmo através de alterações na configuração da divisão modal de forma a se identificar a diminuição do número de veículos em circulação bem como as interferências disto nos níveis de ruído.

Esta aplicação foi feita através dos resultados obtidos com a coleta de dados, utilizando-se da ociosidade relativa identificada nos modos de transporte através de um rearranjo do número de veículos em circulação, bem como a divisão modal presente, de forma a manter constante o número de pessoas transportadas.

3. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

3.1. Níveis de Ruído

Preliminarmente, a Figura 2 apresenta a variação do Leq durante o período de pesquisa. É possível perceber que o ruído é menor no final da madrugada e depois aumenta, permanecendo constante praticamente durante todo o dia, seja nos horários de pico, seja nos entre picos. Após às 20:00h é possível também identificar uma tendência de diminuição.

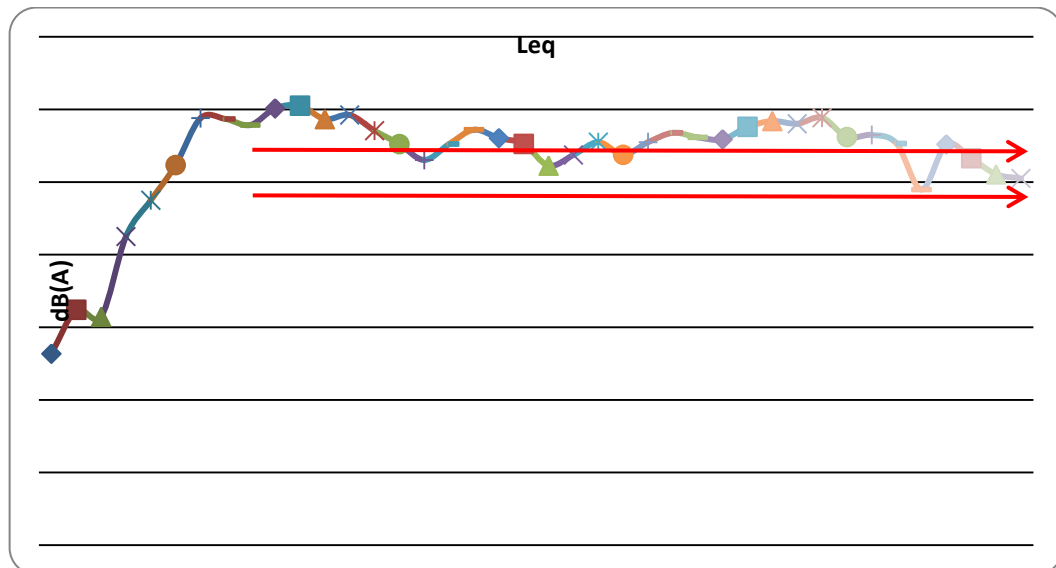


Figura 2: Variação do Leq dB(A)

3.2. Relação entre oferta e demanda do sistema de transporte

As Figuras a seguir apresentam os resultados médios de ocupação identificada para os diversos modos mensurados. A partir delas é possível concluir que existe ociosidade no sistema de transporte, que poderia ser melhor aproveitada.

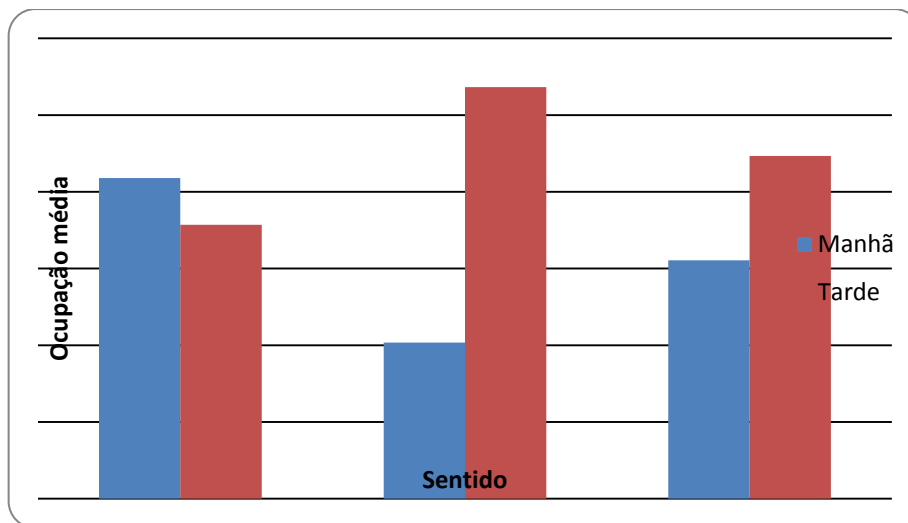


Figura 3: Resumo da variação da ocupação média dos automóveis

Pela Figura anterior conclui-se que, de forma geral, a ocupação média dos automóveis é 5% maior no turno da tarde do que no turno da manhã.

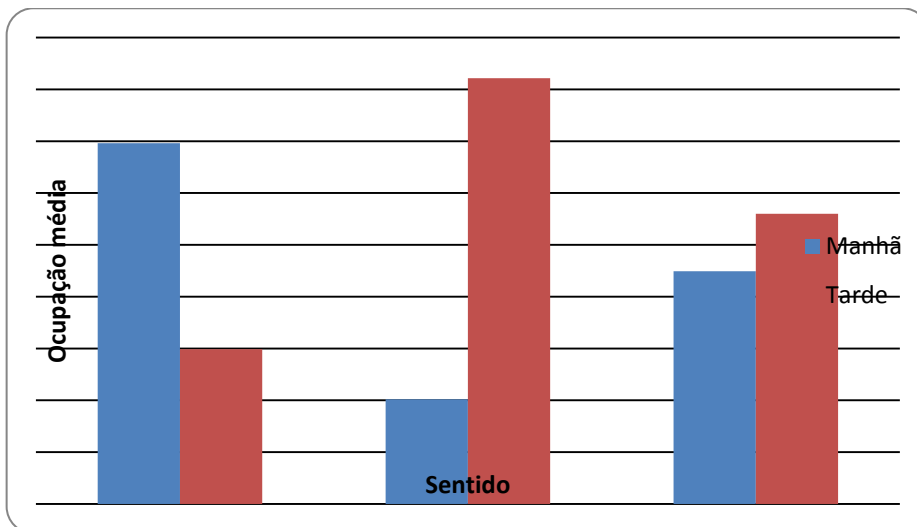


Figura 4: Resumo da variação da ocupação média dos ônibus

Pela Figura anterior, verifica-se que a ocupação média dos ônibus no turno da tarde é 25% maior do que no turno da manhã. É importante salientar que os dados apresentados englobam pico e entre pico, o que explica os valores de ocupação média relativamente baixos.

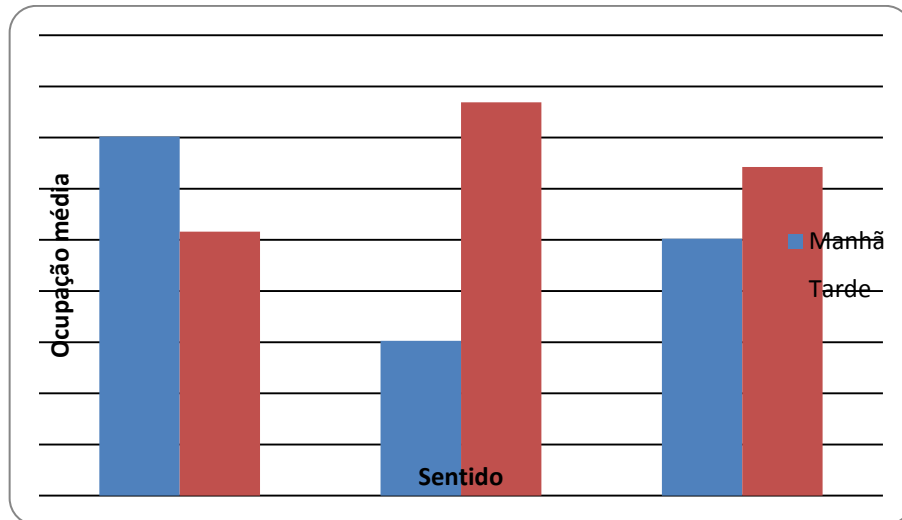


Figura 5: Resumo da variação da ocupação média das motos

Pela Figura anterior, verifica-se que a ocupação média das motos no turno da tarde é 2,5% maior do que no turno da manhã. Este é o modo que menos apresentou variação ao longo do dia neste indicador. O fato pode ser explicado, em partes, pela sua baixa capacidade (2 pessoas / veículo).

Analisando a relação (média) entre a demanda e a capacidade do sistema de transporte (modos auto, ônibus e moto), verifica-se que, de forma geral, existe ociosidade (da ordem de 25% no maior pico), conforme pode ser visto na Figura 6. Isto é, no pico da manhã, em direção ao centro, a maior demanda de transporte de pessoas utiliza cerca de 60% de toda oferta disponível. Já no pico da tarde, em direção ao bairro, este valor é da ordem de 75%.

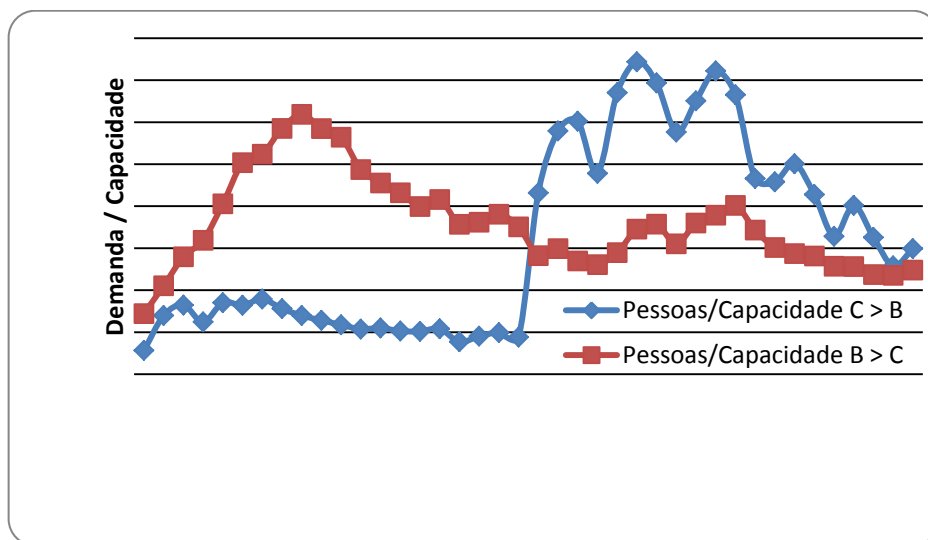


Figura 6: Variação da relação entre demanda e capacidade do sistema

3.3. Modelo de Predição de Ruído

Conforme mencionado, calibrou-se um modelo especificamente com o auxílio do software SPSS Statistics para realizar as simulações de alteração da divisão modal. A Figura 7 ilustra a inserção de dados no referido software.

	Local	Horário	LAeq	LnAutoOP	LnBusOP	LnCaminhao OP	LnMotoOp	LnAutoAD	LnBusAD	LnCaminhao AD	LnMotoAD	LnAutoTotal	LnBusTotal	LnCaminhao Total	LnMotoTotal	GSFilaOP	GSFilaAD
1																	
2																	
3	Av. Silv	07:15:07	72,60	4,9698	1,6094	1,6094	3,5264	5,3181	1,0986	1,9459	3,6636	5,8522	2,0794	2,4849	4,2905	30,7748	63,0748
4		07:30:07	73,20	5,1417	0,0000	1,0986	2,9957	5,3083	2,0794	1,0986	4,1897	5,9216	2,0794	1,7918	4,4543	32,6126	64,5442
5		07:45:08	72,50	5,0626	1,0986	0,6931	3,9120	5,2417	0,0000	1,3663	2,7081	5,8493	1,0986	1,7918	4,1744	32,0721	54,4218
6		08:00:08	76,10	4,8442	0,6931	1,0986	3,2958	5,4563	1,9459	1,7918	3,9318	5,8889	2,1972	2,1972	4,3567	26,0180	73,5238
7		08:15:08	74,20	4,8903	2,1972	1,6094	3,2581	5,5053	1,7918	2,4849	3,9120	5,9375	2,7081	2,8332	4,3307	30,1261	79,7279
8		08:30:08	72,70	4,9698	1,0986	0,0000	3,0445	5,4337	0,6931	1,3663	3,6376	5,9216	1,6094	1,6094	4,0775	28,1441	67,5463
9		08:45:09	72,70	4,9273	1,6094	1,9459	3,0445	5,2470	0,0000	2,1972	3,4965	5,7930	1,7918	2,7726	3,9890	29,9459	59,9388
10		09:00:09	72,80	4,9053	1,6094	2,0794	3,2581	5,2832	1,6094	2,3979	3,4340	5,8051	2,3026	2,9444	4,0431	30,1261	64,5442
11		09:15:09	73,60	5,1180	1,6094	1,6094	3,3673	5,3706	1,6094	2,5649	3,7377	5,9454	2,3026	2,8904	4,2627	34,7387	70,5860
12		10:30:10	71,20	4,8675	1,9459	2,6391	3,3673	5,0626	0,0000	2,3026	3,1781	5,6630	2,0794	3,1781	3,9703	32,0360	50,2857
13		10:45:11	71,20	4,9628	1,0986	2,4849	3,3322	5,1059	1,6094	2,5649	3,4657	5,7301	2,0794	3,2189	4,0943	32,1802	56,4354
14		11:00:11	70,80	4,9836	1,0986	2,6391	2,9444	4,8978	1,0986	2,3026	2,8904	5,6348	1,7918	3,1781	3,6109	33,1171	44,5170
15		11:15:11	70,50	5,0434	1,3663	2,5649	2,9957	5,1930	0,6931	2,3979	3,1355	5,8141	1,7918	3,1781	3,7612	34,7748	57,3061
16		11:30:11	69,70	5,0499	1,6094	2,1972	3,0910	4,8752	1,3663	2,0794	3,1781	5,6695	2,1972	2,8332	3,8286	33,9459	49,3030
17		11:45:12	70,80	5,1240	1,6094	2,3979	3,4340	5,0239	1,0986	2,3026	3,2581	5,7683	2,0794	3,0445	4,0431	37,1532	49,8603
18		16:00:16	69,10	5,0999	1,3663	1,9459	3,5264	5,1299	1,6094	2,0794	3,4012	5,8081	2,1972	2,7081	4,1589	34,7387	54,6939
19		16:15:16	71,80	5,2983	1,0986	2,0794	3,0445	4,9568	1,0986	1,7918	2,4849	5,8348	1,7918	2,6391	3,4965	40,7568	44,1905
20		16:30:16	72,60	5,0814	1,3663	2,0794	3,1355	5,1059	1,7918	1,7918	2,8332	5,7869	2,3026	2,6391	3,6889	37,4965	56,9692
21		16:45:17	70,60	5,0752	1,0986	1,9459	3,5264	5,2311	1,6094	2,0794	3,0910	5,8493	2,0794	2,7081	4,0254	33,6577	66,3673
22		17:00:17	70,20	5,3327	1,3663	2,6391	3,4340	5,1533	1,3663	1,9459	3,0910	5,9402	2,0794	3,0445	3,9703	44,9009	54,5306
23		17:15:17	70,20	5,3936	1,6094	2,1972	3,6835	5,1180	1,7918	1,9459	3,1355	5,9584	2,3979	2,7726	4,0775	46,3423	53,7687
24		17:30:17	70,50	5,5520	1,3663	1,0986	3,3673	5,3675	1,6094	2,3026	3,2581	5,9999	2,3026	2,8332	4,0361	53,3064	51,8225

Figura 7: Ilustração dos dados inseridos no software SPSS

A equação 1 apresenta o melhor modelo obtido através das análises estatísticas realizadas pelo referido software.

$$\begin{aligned}
 Leq = & 23,234 + 1,307.Ln(A_{ad}) + 0,432.Ln(O_{ad}) + 1,368.Ln(Vm_{ad}) + 1,057.Ln(A_{op}) + \\
 & 0,863.Ln(O_{op}) + 1,543.Ln(Vm_{op}) + 0,432.Ln(M_{ad} + M_{op}) + 0,951.Ln(\%P) + \\
 & 13,915.(H) - 0,391.(D)
 \end{aligned} \quad (1)$$

- em que:
- Leq : é o nível sonoro equivalente (15 minutos);
 - $Ln(A_{ad})$: é logaritmo neperiano do fluxo de automóveis no sentido adjacente ao receptor (15 minutos);
 - $Ln(O_{ad})$: é logaritmo neperiano do fluxo de ônibus no sentido adjacente ao receptor (15 minutos);
 - $Ln(Vm_{ad})$: é logaritmo neperiano da velocidade média do fluxo no sentido adjacente ao receptor (15 minutos);
 - $Ln(A_{op})$: é logaritmo neperiano do fluxo de automóveis no sentido oposto ao receptor (15 minutos);
 - $Ln(O_{op})$: é logaritmo neperiano do fluxo de ônibus no sentido oposto ao receptor (15 minutos);
 - $Ln(Vm_{op})$: é logaritmo neperiano da velocidade média do fluxo no sentido oposto ao receptor (15 minutos);
 - $Ln(M_{ad} + M_{op})$: é logaritmo neperiano do fluxo de moto nos dois sentidos (15 minutos);
 - $Ln(\%P)$: é logaritmo neperiano do percentual de veículos pesados (15 minutos);
 - H : é hierarquia viária;
 - D : é a distância em metros entre a fonte e o receptor (centro da via).

Na Tabela 1 pode ser verificado que o coeficiente de determinação estatística obtido para o modelo calibrado é significativo (maior que 0,8) e o mesmo apresentou um alto valor para o teste F (maior do que 100).

Tabela 1: Resultados resumo para o Modelo

Modelo	R	R2	R2 ajustado	Erro Padrão de Estimativa	Teste F	Df1	Df2	Sig.
1	0,908	0,825	0,819	1,36188	137,899	10	292	0

4. SIMULAÇÃO DE ALTERAÇÕES DA DIVISÃO MODAL DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS

Nos itens a seguir (incluindo o presente) serão feitas simulações com o modelo para identificação das alterações nos níveis sonoros. Devido ao significativo número de intervalos testados, os resultados serão comparados basicamente em função da média do nível sonoro equivalente (Leq) para todos os intervalos analisados, o que não invalida as análises. Uma avaliação específica por ponto deve ser realizada em casos de aplicações práticas reais do modelo, o que não é necessariamente o objetivo principal deste trabalho.

Conforme apresentado anteriormente, o sistema de transporte opera, de forma geral, com capacidade ociosa da ordem de 45%. No entanto, quando se analisa o pico e no sentido de maior demanda, verifica-se que este número cai para em torno de 25% (considerando todos os modos). Quando esta análise é feita somente para o modo coletivo (ônibus), a ociosidade cai para cerca de 20% no pico da tarde no sentido de maior demanda (centro>>bairro).

Desta forma, o objetivo deste item é simular o que aconteceria com os níveis de ruído caso parte desta ociosidade fosse utilizada devidamente, com a otimização do sistema, sem necessariamente ocasionar perda de conforto para os usuários, isto é, com a manutenção das ocupações médias verificadas para os veículos.

Aplicou-se o modelo para as configurações atuais de ocupação veicular dos modos e para o número de pessoas que realizaram viagem naquele intervalo. Obteve-se também a divisão modal presente. A partir deste ponto, simulou-se a transferência de usuários dos automóveis para os ônibus, de forma que em cada intervalo de 15 minutos somou-se 5% a mais ao percentual de viagens realizadas pelo modo ônibus, com compensação nas viagens realizadas pelo modo automóvel.

Os resultados em termos de redução média do número de veículos em circulação é da ordem de 4%. Faz mister salientar que, devido à não alteração da ocupação média dos ônibus, foi necessário adicionar mais veículos ao sistema.

Desta forma, o nível sonoro equivalente médio para todos os intervalos passou de 72, 84 dB(A) para 72,74 dB(A), o que em termos de pressão quadrática representa uma diminuição de cerca de 2% (cálculos realizados em escala logarítma).

Esta pequena redução se deve, basicamente, a dois fatores. O primeiro já explanado é o incremento do número de ônibus em circulação, o segundo é que, devido à diminuição do fluxo de veículos ocorreu um aumento na velocidade média. Conforme visto em capítulos anteriores, para os dados coletados na presente pesquisa, a variação de velocidade média (km/h) com fluxo veicular por faixa a cada quinze minutos ocorre na proporção de -0,072 (tangente da equação do tipo $y = a.x + b$). Ou seja, para cada 100 veículos a menos no fluxo (por faixa), há um aumento de cerca de 7,2 % na velocidade.

Além disso, vale ainda salientar que o cálculo foi feito para valores médios ao longo de todos os dias. Em horário de pico ou situações de fluxo forçado, o comportamento tenderia a ser diferente, conforme mostrado de forma qualitativa no capítulo 5.

Fazendo a mesma análise deste item (incremento de 5% na utilização dos ônibus) e ainda aumentando a ocupação média dos ônibus em 10%, verifica-se que, neste cenário, não há

necessidade de aumentar a frota em circulação. Pelo contrário, ocorre uma diminuição. Desta forma, a variação do ruído médio foi de 6%, passando de 72,82 dB(A) para 72,58 dB(A), já considerando o incremento de ruído devido ao aumento da velocidade média.

O valor encontrado também é baixo. O fato que explica este resultado é que, apesar da diminuição do fluxo veicular ter sido maior, o aumento de velocidade também o foi, compensando, em partes, a diminuição do número de fontes sonoras (veículos).

Em um último cenário de simulações como as já realizadas considerou-se um aumento de 15% na ocupação média dos ônibus, incremento de 5% na utilização deste modo, e ocupação dos automóveis e moto igual 2 passageiros / veículos. Estas modificações implicam numa redução de cerca de 16% do número de veículos em circulação. Com isto, a diminuição teórica, em termos de pressão sonora, já considerando a alteração da velocidade média, é de cerca de 13%, passando para um Leq médio de 72,26 dB(A).

De forma geral, verifica-se que as diminuições nos níveis de ruído, mesmo com significativas alterações no comportamento das viagens realizadas, são pouco expressivas. O fato ocorre devido, principalmente, à compensação da velocidade média para a diminuição do fluxo em circulação.

4.1. Aumento da Ocupação Média Veicular (Automóvel)

Conforme visto no capítulo 4, a ocupação média geral dos automóveis é de 1,44 passageiro / veículo. Simulou-se, o que aconteceria com os níveis de ruído, caso este valor aumentasse para 2 passageiros / veículo, considerando que usuários deixariam de usar seus próprios automóveis através de alguma ação bem sucedida de gerenciamento da mobilidade do tipo *car pooling* ou *car sharing*, etc.

Preliminarmente, infere-se que, apenas com esta alteração haveria uma redução média de 20% do número de veículos em circulação, considerando os dois sentidos de circulação por corredor e a variação da divisão modal ao longo do dia.

Quando se realiza o cálculo do Leq médio para todos os intervalos de medição realizados, verifica-se que há uma redução de 0,58 dB(A), passando de 72,82 dB(A) para 72,24 dB(A). Apesar da redução na escala decibel ser pequena, em termos de pressão sonora, a redução é de cerca de 13%.

A Figura 8 apresenta o gráfico das variações obtidas com a alteração da ocupação média veicular, onde se verifica que as maiores reduções serão percebidas no início da manhã, visto que os quatro picos de redução muito claramente perceptíveis na Figura são por volta de 5:30h da manhã. O fato acontece visto que neste horário começa a atividade urbana com incremento de fluxo. Uma vez que o ruído de fundo é baixo, qualquer alteração é facilmente perceptível. Desta forma, a diminuição do número de veículos em circulação causaria efeitos mais perceptíveis nos níveis sonoros. Nestes horários, a redução percentual da pressão quadrática seria da ordem de 23%.

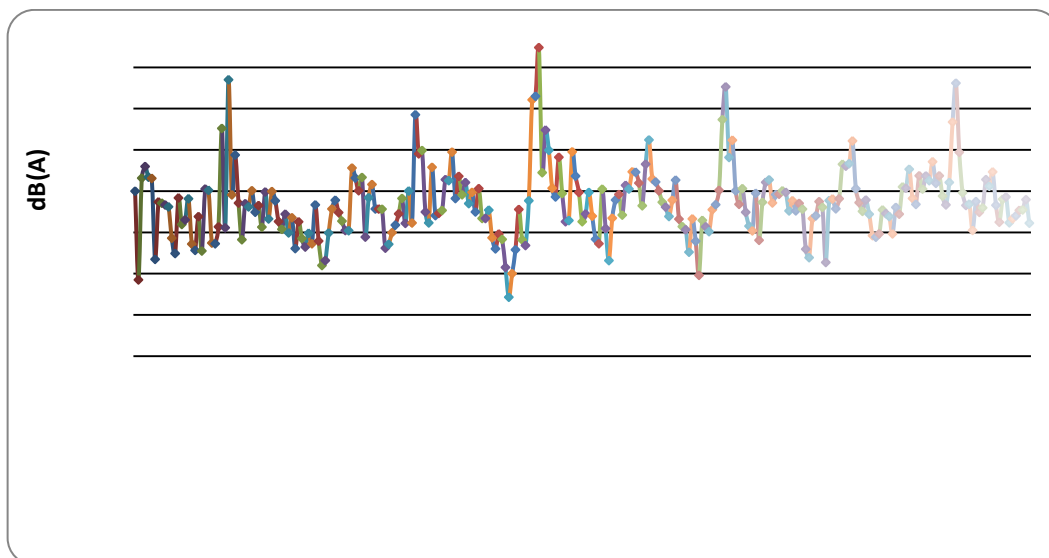


Figura 8: Variação de ruído verificada em função das horas do dia

No entanto, as avaliações realizadas não consideraram o aumento da velocidade média do fluxo em função da diminuição do número de veículos em circulação. Ao se considerar esta correção para o Leq médio, obtém-se 72,45 dB(A), de forma que a redução de nível sonoro proporcionada pelo aumento de ocupação média veicular, em termos de pressão, seria de cerca de 9 %. Ou seja, mesmo havendo uma redução da ordem de 20% do fluxo veicular, a compensação ocorrida devido ao aumento da velocidade praticamente anula a redução obtida pela diminuição de fontes sonoras em circulação (veículos).

4.2. Aumento da Ocupação Média Veicular (Ônibus)

Também como verificado no capítulo 4, os picos de ocupação média ocorrem à tarde e com valores da ordem de 55 passageiros / veículo. Considerando que, de forma geral, a capacidade média dos ônibus na cidade de Belo Horizonte é de 80 passageiros, simulou-se um aumento da ocupação média dos ônibus igual a 10%.

Ao se fazer isto, verifica-se uma redução média do número de veículos em circulação de praticamente 1 %. Considerando a baixa redução do número de veículos, aliada à compensação devido ao aumento da velocidade média, a redução de ruído é inexpressiva, passando de 72,84 dB(A) para 72,74 dB(A), o que representa uma redução da pressão sonora da ordem de 2%. De qualquer forma, a análise da Figura permite verificar que as maiores tendências de redução ocorrem nos picos da manhã, onde o fluxo de ônibus é maior.

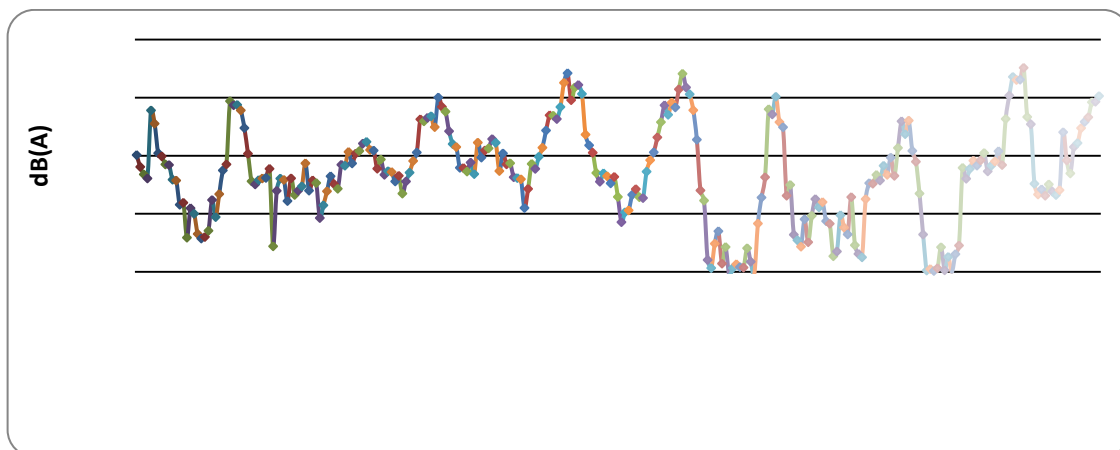


Figura 9: Variação de ruído verificada em função das horas do dia para este cenário

4.3. Aumento da Ocupação Média das Motos

Também simulou-se a redução de motos em circulação devido a um aumento de sua ocupação, em uma situação hipotética, onde ter-se-ia uma ocupação igual a 2 passageiros por veículo. Com esta ocupação e mantendo-se a divisão modal, a diminuição do fluxo de veículos seria da ordem de 2,9%.

Neste cenário não haveria alteração na velocidade média do fluxo, visto que motocicletas possuem pouca ou nenhuma influência neste parâmetro. Dessa forma, também devido à pequena alteração no fluxo de veículos, a redução de ruído (Leq médio) seria mínima, passando de 72,84 dB(A) para 72,76 dB(A), o que em termos de pressão representa uma redução de 1,8%. Da mesma forma que as simulações anteriores, a tendência de diminuição, mesmo que pouco expressiva, ocorre mais fortemente na parte da manhã, devido a fatores já explicados.

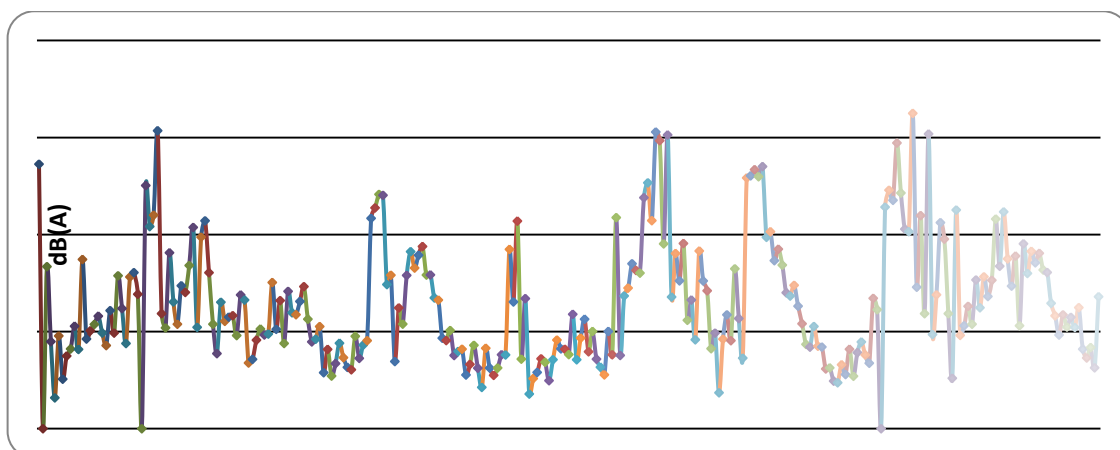


Figura 10: Variação de ruído verificada em função das horas do dia para este cenário

4.3. Alteração Conjunta da Ocupação Média Veicular

Neste cenário, a ocupação média de autos, ônibus e motos sofreram as mesmas alterações feitas nos itens anteriores, no entanto, avaliar-se-á os efeitos destas mudanças conjuntamente. A redução média do fluxo de veículos é da ordem de 27%. Considerando já o incremento de velocidade, a redução de ruído (Leq médio) observada foi de 16%, passando de 72,84 dB(A) para 72,08 dB(A).

É um valor médio, de forma geral, já considerável. No entanto, este valor simulado é médio, para todos os intervalos de Leq obtido ao longo do dia, situação que considera pouco a influência do grau de saturação que, conforme mostrado, tem influência direta nos níveis sonoros.

5. CONCLUSÕES

De forma geral, verifica-se que, em grande parte dos cenários simulados, a diminuição de ruído médio observada foi pequena ou até sem expressividade. Atribui-se genericamente este comportamento à compensação entre diminuição de fluxo e aumento de velocidade média devido à melhora na operação do tráfego urbano.

Outro ponto a ser levantado é com relação ao modelo calibrado. Conforme observações dos dados utilizados, infere-se que em poucos momentos obteve-se fluxo forçado na magnitude observada na análise qualitativa que avaliou a relação com o grau de saturação. Desta forma, o mesmo pode estar sendo pouco sensível a estas variações para valores de saturação muito próximos ou até maiores do que 1 (demanda maior do que a capacidade). Com isso, as análises realizadas que mostraram redução praticamente nula poderiam se apresentar negativas, isto é, com a redução do fluxo e aumento da velocidade, o ruído tenderia a aumentar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2000). *NBR-10151: Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade*. ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2000). *NBR-10151: Avaliação do Ruído em Áreas*
- CAN, A., LECLERCQ, L., & LELONG, J. (2008). Dynamic Estimation of Urban Traffic Noise: influence of traffic and noise source representations. *Applied Acoustics*, Volume 69 (Número 10), pág. 858-867.
- RODRIGUES, F. (2006). *Análise de Ruído em Terminais de Transporte Coletivo Urbano: Desenvolvimento de Modelos de Previsão*, Dissertação de Mestrado, 136 p. Uberlândia: Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia.
- RODRIGUES, F., NASSI, C., PORTUGAL, L., BALASSIANO, R., & RESENDE, C. (2008b). Assessments of the Impacts in the Traffic Noise in Urban Centers by Changing Modal Split: Simulation with Macroscopic Models. In: *37^o International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Inter-Noise 2008*. Shanghai, China.