



ANÁLISE DO NÍVEL DE RUÍDO INTERNO DO METRÔ DO DISTRITO FEDERAL

Augusto Sussumu Katagiri
Cristiano Ricardo Vaz de Melo

Rui Corrêa Vieira

Yaeko Yamashita

Mestrado em Transportes – MT

Universidade de Brasília – UnB

RESUMO

Os grandes centros urbanos têm enfrentado uma série de problemas ambientais, dentre eles pode-se citar a poluição sonora. Existem diversos tipos de estudos que abordam a problemática do ruído sob diversos aspectos, porém não relacionado ao ruído percebido no interior das composições do metrô. Este trabalho procura fazer um diagnóstico do ruído interno das composições do Metrô do Distrito Federal, analisando as situações mais críticas, como identificando fatores mais influentes para que possíveis soluções para a problemática do ruído possam ser implementadas.

ABSTRACT

Most of the big urban areas have been facing a series of environmental problems, such as noise pollution. There are several studies that deal with noise problem under many different approaches, however not one of them are related to the perceived noise inside the subway vehicles. This study presents a diagnose of the perceived noise inside subway vehicles of Federal District Subway, identifying critical situations and analyzing the most influential factors in order to suggest some possible solutions to the noise problem, to be implemented.

1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização no Brasil tem se caracterizado pela grande concentração populacional nos médios e grandes centros urbanos devido à intensa migração das zonas rurais. Como consequência, observa-se também a grande demanda por deslocamento provocando o desenvolvimento do sistema de transporte que, por um lado tem proporcionado benefícios à população, viabilizando a acessibilidade das pessoas, e por outro tem trazido problemas relacionados à queda da qualidade de vida e saúde da população, através da poluição do meio ambiente urbano.

Um dos principais impactos ambientais provocados pelo transporte é a poluição do ar e o ruído. Embora seja pouco percebido, o ruído começa a interferir no cotidiano das pessoas. Segundo a CETESB (2000), a exposição do ser humano a elevados níveis de ruído tem como consequências: irritabilidade, cansaço, falta de concentração, *stress*, problemas cardíacos e perda gradativa da capacidade auditiva. Neste contexto, as emissões de ruído pelo sistema de transportes, o tráfego de veículos pode ser considerado a principal fonte, devido ao contato pneu pavimento, motor e sua manutenção. Pensar na redução dos impactos gerados pelo ruído em seus passageiros e funcionários, através de adoção de medidas mitigadoras adequadas tornam-se necessárias. Porém, um diagnóstico dos níveis de ruído não nos permite adotar medidas sem que se tente conhecer a possível causa do ruído. Diante do exposto, é apresentado um diagnóstico dos níveis de emissão de ruído interno nos carros de passageiros do Metrô do Distrito Federal, e sua relação com as condições de operação, mais especificamente com a velocidade. Dessa forma uma análise de sensibilidade de velocidade nas condições de operação do Distrito Federal.

Portanto, é importante realizar estudos para os níveis do ruído, visando a redução de seus impactos em passageiros e funcionários do metrô através de adoção de medidas adequadas.



Portanto, é objetivo deste trabalho analisar, de forma apurada, o comportamento do ruído interno do Metrô do Distrito Federal.

2. POLUIÇÃO SONORA

É apresentado de forma bastante breve alguns conceitos mais importantes para a compreensão do fenômeno de ruído, desde seu conceito, características, impactos e a legislação brasileira. Dessa forma, segundo Magrab (1975), o som pode ser definido como uma variação da pressão atmosférica dentro dos limites de amplitude e bandas de frequências que o ouvido humano pode perceber. Assim, pode-se dizer que ruído é todo som indesejado que invade o meio ambiente, atingindo níveis não aceitáveis, ameaçando a saúde, a produtividade, o conforto e o bem estar das pessoas.

As principais características do ruído, que permitem quantificá-lo, são:

- a intensidade, que é a quantidade de energia vibratória que se propaga nas áreas próximas da fonte emissora, e se expressa em Watt dividido pela área expressa em metros quadrados (W/m^2);
- a frequência, que é representada pelo número de vibrações completas em um segundo, sendo esta expressa em Hertz (Hz). Quanto maior a frequência das vibrações, mais alto (mais agudo) é o som, e maior é o desconforto causado ao ouvinte;

Como o estudo é voltado aos níveis de ruído percebidos pelo ouvido humano, é usual a utilização da escala dB(A). Essa escala é a chamada “decibel ponderada em frequência, de acordo com a curva A”, que simula a resposta do ouvido humano a estímulos sonoros. (Oliveira, 2002). Devido a necessidade de se relacionar o ruído gerado e o ouvido humano foram desenvolvidos vários índices, todos baseados na manipulação estatística das medições de poluição sonora, em unidades de dB(A) (DENATRAN, 1980). O normalmente utilizado, nível equivalente de energia (“Equivalent Energy Level”) é definido como a média ponderada de energia em uma amostra de ruído.

Dentre os poluentes ambientais, o ruído é, talvez, um dos mais incômodos, pois causa diversos efeitos indesejáveis a um indivíduo ou grupo de pessoas, interferindo em suas atividades como comunicação, trabalho, descanso e sono. (Oliveira, 2002). São várias as formas pelas quais o ruído influencia o comportamento humano, trazendo efeitos que podem ser classificados, segundo Teixeira (2001), como: físicos, psicológicos, sociais e econômicos. O ruído urbano pode ser originado de várias fontes, e estas podem ser classificadas como móveis e estacionárias. Aquelas em que as fontes geradoras são fixas, são chamadas de fontes estacionárias, enquanto que as fontes móveis são aquelas que emitem o ruído durante o seu movimento.

Dentre as fontes móveis de ruído podemos citar o tráfego de veículos, aeronaves, trens ou metrô. O nível de ruído gerado pelo deslocamento de uma composição metro-ferroviária está relacionado com a sua velocidade, com as características das vias em que a composição está trafegando, e as condições de manutenção a que os carros de passageiros estão submetidos.

A legislação federal brasileira tem como referência a Norma Regulamentadora NR-15 de junho de 1978 – Atividades e Operações Insalubres – onde são estabelecidos os níveis máximos de ruído associados ao tempo de exposição que o trabalhador está sujeito. Além da Legislação Federal, existem as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas



(ABNT): NBR 13067 que prescreve o método de medição de nível de ruído interno e externo, e NBR 13068 que limita os níveis máximos de pressão sonora dos carros metropolitanos (metrô) e dos veículos leves sobre trilho (VLT). Neste caso, o nível de pressão sonora no interior do salão de passageiros não deve ultrapassar 80 db(A), e na cabine do operador não deve ultrapassar 75 dB(A).

3. RUÍDO NO METRÔ DO DISTRITO FEDERAL

O sistema do metrô do Distrito Federal possui aproximadamente 31 km de vias em operação do total de 41 km projetados, com 13 estações em operação do total de 29 estações projetadas (Figura 1). Sua capacidade de transporte é de 180 mil a 220 mil passageiros por dia, e com 28 trens, aproximadamente 270 mil passageiros por dia. Suas linhas se caracterizam por possuir trechos subterrâneos, semi-enterrados e de superfície.

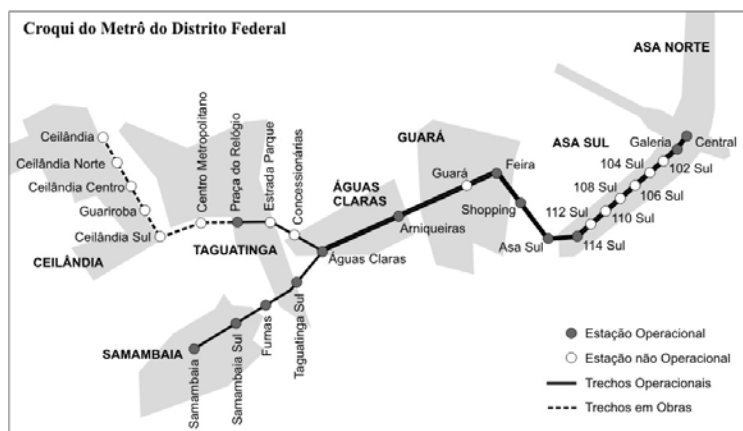


Figura 1: Mapa ilustrativo do Metrô do Distrito Federal

As composições são formadas por quatro carros, sendo os dois das extremidades com cabine de condutor. A capacidade máxima de cada composição é de 1356 passageiros e sua velocidade máxima de operação é de 80 km/h. Cada carro possui três portas de cada lado, janelas basculantes e possuem sistema de ventilação / exaustão de ar natural.

O fato do metrô utilizar rodas metálicas como material rodante, torna um dos modos de transporte terrestre mais ruidosos devido ao atrito. Portanto, o estudo dos fatores que influenciam a geração de ruído torna-se importante para que se possa reduzir o ruído na fonte geradora, tornando assim o modo de transporte metroviário mais confortável tanto para os seus usuários como também para os funcionários. Dessa forma, a fim de realizar o diagnóstico do nível de ruído no Metrô do Distrito Federal, foram feitas várias medições internas no veículo para analisar a influência de algumas variáveis na emissão de ruídos como: a) Característica dos trechos de via; b) A velocidade de operação; c) A operação com janelas abertas ou fechadas; d) A disposição dos carros nas diferentes composições.

A coleta dos dados foi realizada em condições normais de operação, isto é, sem interferências na operação do metrô, em horário de funcionamento normal. Isso implica na existência de alguns passageiros em todas as medições, resultando em uma desconsiderável interferência nas medições. Foram utilizados 3 decibelímetros NL-04 e os níveis de ruído foram medidos em decibéis ponderados na curva “A” (dB-A). A técnica de medição obedeceu, a norma NBR 13067 de Novembro de 1997, da Associação Brasileira de Normas Técnicas.



3.1. Influência da característica dos trechos da via

Foram realizadas 47 medições de 1 minuto em um mesmo carro número ao longo do percurso “Estação Central → Estação Praça do Relógio” com os níveis de ruído equivalente medidos em dB(A). Os trechos de via do sistema de Metrô do Distrito Federal são classificados em Subterrâneo, Semi-Enterrado e de Superfície, de acordo com a localização do nível do trilho.

As informações geradas pelos dados obtidos são apresentadas na Figura 2, onde estão representadas as médias dos níveis de ruído equivalente coletadas, segundo as características dos trechos da via.

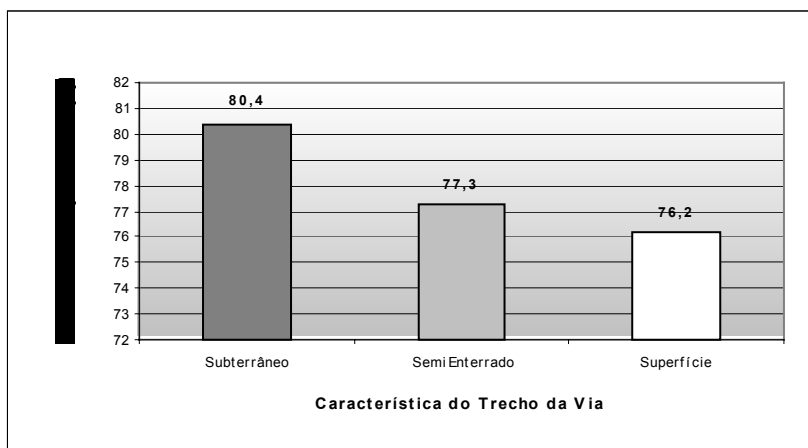


Figura 2: Média dos níveis de ruído interno por características de trechos da via

Verifica-se claramente na Figura 2 a influência da característica dos trechos da via nos níveis de ruído interno em um dos carros da composição do metrô. Os níveis de ruído medidos no trecho subterrâneo chegam a superar em mais de 4 dB(A) os obtidos no trecho de superfície. Esse fator está diretamente relacionado com a maneira de dispersão da energia sonora. Quando os carros se encontram em ambiente subterrâneo, o ruído emitido pelo atrito da roda com o trilho depara com a parede do túnel e reflete-se de volta para o interior da composição. Quando a composição se encontra operando em trechos de via a céu aberto, o som gerado, não encontra obstáculos, dissipa-se mais facilmente, reduzindo o impacto nos usuários e funcionários do metrô. Portanto, verifica-se quanto menor a possibilidade de dispersão do som, maior será o nível do ruído no interior do veículo.

3.2. Influência da velocidade de operação

A operação do metrô se dá com diferentes velocidades operacionais e decidiu-se analisar a sua influência no nível de emissão de ruídos no interior dos carros. As medições foram realizadas em trechos de superfície sob duas condições distintas:

- Velocidade normal: foram realizadas 10 medições de 5 minutos e velocidade de operação normal, de aproximadamente 60 km/h em 5 diferentes vagões;
- Velocidade reduzida: foram realizadas 5 medições de 5 minutos a uma velocidade abaixo da normal em dois vagões diferentes. Dessa forma a velocidade de operação utilizada foi de 40km/h.

Os valores dos níveis de ruído equivalente sob velocidade normal e reduzida são apresentados na Figura 3. Verifica-se uma significativa diferença nos níveis de ruído medidos com



diferentes velocidades de operação. Apesar de não terem sido os mesmos carros, pode-se verificar que nas operações com velocidade reduzida, os níveis de emissão de ruído também são menores.

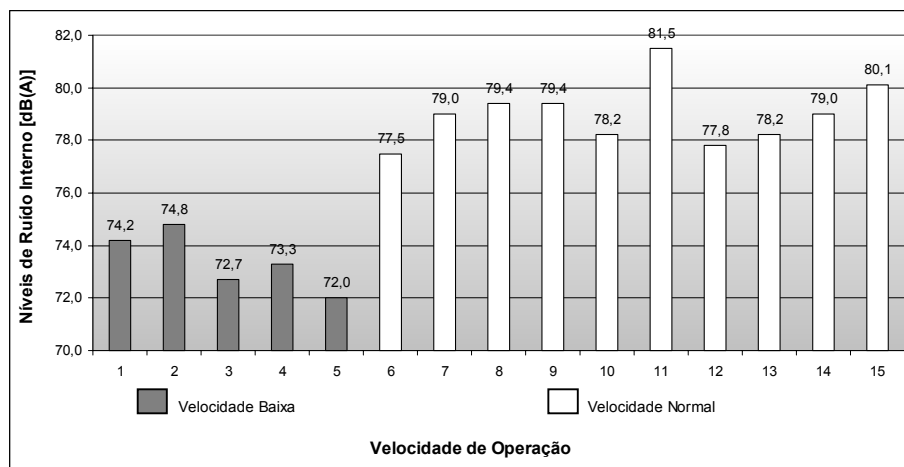


Figura 3: Níveis de ruído interno por velocidade de operação – trecho de superfície

A média dos níveis de emissão de ruído medidos a baixa e velocidade normal é de 73,5dB(A) e 79,1dB(A) respectivamente, apontando para uma diferença de mais de 5 dB(A). Essa constatação indica que a velocidade de operação é um dos fatores principais da emissão de ruído pelo metrô nos trechos de superfície. Vale ressaltar que o acréscimo 6 dB(A) não parecer ser significativo em termo numéricos, porém a cada aumento de 6 dB(A) do som emitido, o nível de pressão sonora dobra de intensidade. Para melhor compreensão, essa diferença permite um indivíduo passar de um ambiente impossível para um possível de se conversar.

3.3. Influência da operação com janelas abertas ou fechadas

Para determinar a influência de se trafegar com as janelas abertas ou fechadas, foram realizadas 4 medições de 25 minutos cobrindo o trajeto “Estação Praça do Relógio → Estação Central” utilizando um mesmo carro (carro 1101). A Figura 4 mostra as 4 medições, sendo 2 realizadas com as janelas fechadas e 2 com as janelas abertas.

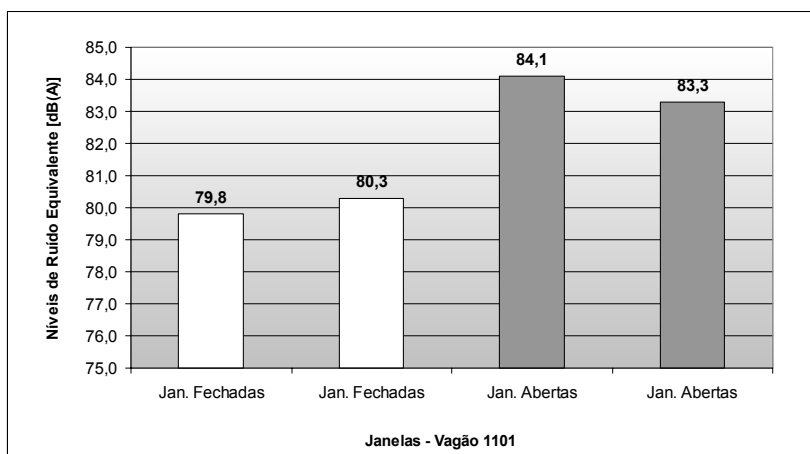


Figura 4: Níveis de ruído interno – Janelas fechadas ou abertas



Nota-se um acréscimo de pelo menos 3 dB(A) quando o percurso é realizado com as janelas abertas. Isso indica uma possibilidade de redução do ruído interno através da operação com as janelas fechadas.

3.4. Influência dos níveis de ruído entre diferentes composições

O último passo do diagnóstico consiste em comparar os níveis de ruído em três composições distintas do metrô e verificar as bandas de frequência predominantes.

As medições foram executadas sempre no primeiro carro da composição, e para cada um dos 4 carros de passageiros (1121, 1124, 1131 e 1094) onde foram realizadas medições de 1 minuto, alterando-se a banda de frequência. Ao final foram obtidos 40 valores distribuídos em 10 bandas de frequências oitavadas.

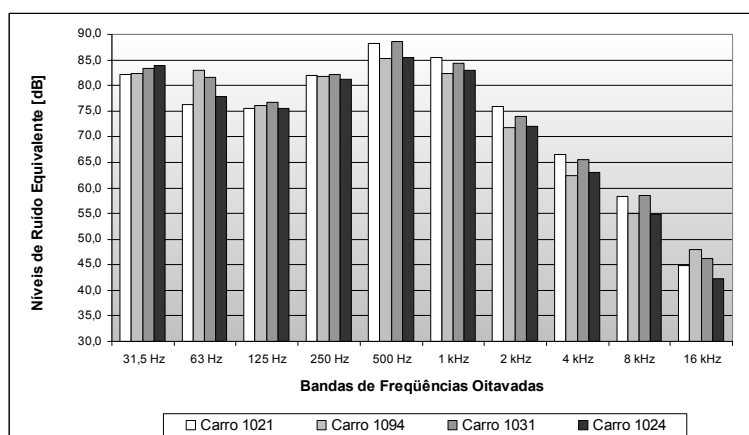


Figura 5: Níveis de ruído interno divididos em bandas de frequências

A figura 5 apresenta nítidas diferenças de níveis de ruído de um carro para outro. Nesse contexto nota-se que há composições que irão emitir mais ruído que outras, dependendo da manutenção e da especificidade de cada um. A divisão dos níveis de ruído em bandas de frequência poderá contribuir para futuros estudos que pretendam diagnosticar exatamente quais as fontes do ruído como: motor, atrito do material rodante, condições da via, entre outros para que medidas mitigadoras possam ser tomadas.

4. ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE NO NÍVEL DE RUÍDO INTERNO

A etapa do diagnóstico serviu para conhecer a problemática dos níveis ruído interno em composições do metrô do Distrito Federal. Uma vez identificado pela Figura 4 que a velocidade de operação é um dos fatores predominantes na emissão de ruídos, será analisado nesse item, o impacto das diversas velocidades sobre os níveis de ruído através de uma análise de sensibilidade. Dessa forma será apresentado a metodologia desta análise de sensibilidade da velocidade de operação da composição.

4.1. Metodologia de medição

Essa pesquisa se caracterizou pela possibilidade de controlar a velocidade da composição no momento da medição, o trecho da via e as janelas. Portanto, foram determinadas velocidades médias de 30, 40, 50, 57, 70, e 80km/h a serem mantidas durante o percurso para que se pudesse verificar seu impacto no nível de ruído interno. A velocidade média de 57km/h foi



admitida, pois quando a velocidade da composição alcança os 60 Km/h o seu limitador nos trechos subterrâneos é acionado havendo uma desaceleração brusca, não permitindo assim que a composição tenha uma velocidade constante, o que seria um fator primordial na medição.

A determinação do número e a forma de coleta realizada para cada velocidade obedeceram a ABNT NBR-13067. Assim, para as velocidades de 30, 40, 50 e 57 km/h foram feitas 8 medições de 1 minuto, sendo que quatro com o microfone situado a 1,2m de altura do piso do carro e quatro a 1,6m, de acordo com as diretrizes da norma. Para as velocidades de 70 e 80km/h decidiu-se pela realização de apenas quatro medições de 30 segundos, apenas com o microfone a 1,2m de altura, devido ao curto trecho permitido a essas velocidades e, portanto, à dificuldade em se realizar as medições.

A pesquisa foi realizada no trecho subterrâneo compreendido entre a Estação Central e a Estação Asa Sul, onde os níveis de ruído avaliados na etapa de diagnóstico se mostraram críticos. Foi também mantida uma única composição com um único condutor para reduzir interferências, todas as janelas estavam abertas para simular a pior situação. Os dados foram coletados na cabine do operador, e no primeiro e terceiro carros, nos quais os microfones foram posicionados no centro do salão de passageiros.

4.2. Análise de sensibilidade da velocidade

Feitas às medições para cada velocidade média, chegou-se aos valores de níveis de ruído apresentados na Figura 6, através das 3 curvas representando cada um dos 3 pontos de medida.

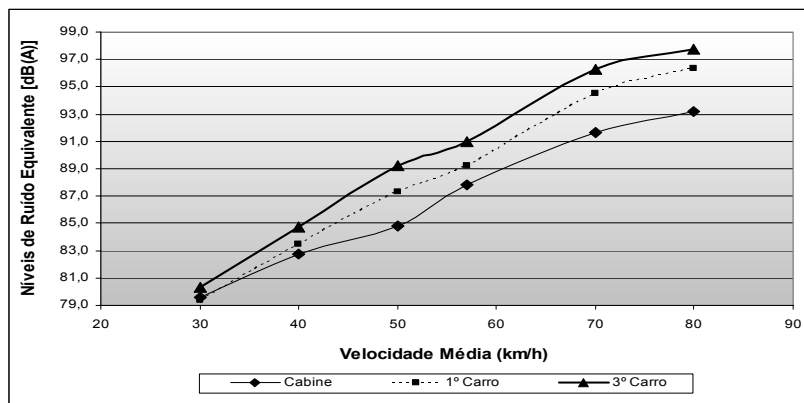


Figura 6: Nível médio de ruído equivalente de acordo com a velocidade e a posição do carro

A Figura 5 mostra claramente como a velocidade influi na emissão do ruído, com o nível de ruído aumentando em 1 dB(A) a cada 3km/h, em média. O aumento da velocidade de 50km/h para 70km/h, nos 3 pontos medidos, leva a um acréscimo superior a 6 dB(A), considerando um valor muito significativo.

Esse resultado sugere, portanto, que a velocidade de operação pode ser um dos principais fatores a se trabalhar para reduzir o nível de ruído interno na composição do metrô do DF. Outra questão a ser avaliada a partir da Figura 6 é a diferença existente no nível de ruído entre a cabine do condutor, o primeiro e o terceiro carro. Os menores valores de níveis de ruído verificados na cabine do condutor e no primeiro carro é devido a inexistência da influência de



outros carros à sua frente, isto é, possuem menos fontes de ruído à sua volta. Com relação ao terceiro carro, este possui, além do último, o segundo carro como fonte de ruído.

5. CONCLUSÃO

A pesquisa teve como objetivo identificar os níveis de ruído nas composições do metrô do DF. Os resultados mostraram que o problema relacionado à poluição sonora a que funcionários e usuários do metrô estão submetidos. Tal afirmativa se justifica pelos altos níveis de ruído verificados durante o estudo onde, em alguns momentos da medição, o nível de ruído chegou a ultrapassar 95 dB(A).

Realizando um paralelo com a norma da ABNT, que estabelece níveis máximos de 75 dB(A) para a cabine do condutor, e de 80 dB(A) para o salão de passageiros, há trechos onde, em altas velocidades, esses limites são superados em até 16 dB(A), podendo gerar danos à saúde, principalmente para os funcionários do metrô que estão em constante exposição ao ruído durante a sua jornada de trabalho.

Verifica-se, portanto, a necessidade de se implementarem algumas medidas mitigadoras. Não é o objetivo deste estudo apresentar soluções para a redução dos níveis de ruído percebidos no interior dos carros, porém indica-se algumas possíveis soluções que necessitam de pesquisas mais específicas para que possam ser implementadas.

Uma sugestão está relacionada com a instalação de sistemas de climatização para que possibilite o fechamento das janelas sob diversas condições de operação. De acordo com os resultados obtidos, isso poderá levar a uma redução de aproximadamente 3 dB(A). Analisando a Figura 5, pode-se verificar que, em trechos subterrâneos, a redução de 10 km/h na velocidade de operação causaria uma redução de aproximadamente 3 dB(A) nos níveis de ruído. Essa talvez seja a alternativa imediata mais recomendável, pois a tarefa de reduzir os níveis de ruído torna-se menos complexa e dispendiosa se essa ocorrer simplesmente alterando-se o modo de operação. Entretanto, conseqüências financeiras devem ser estudadas, especialmente com relação ao número total de passageiros a serem transportados no período de operação comercial devido a alteração do tempo de viagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (1997) *NBR-13067 – Carro metropolitano e veículo leve sobre trilhos – Determinação dos níveis de ruído*. Rio de Janeiro.
- ABNT (1997) *NBR-13068 – Ruído interno e externo em carro metropolitano e veículo leve sobre trilhos (VLT)*. Rio de Janeiro.
- CETESB (2000) *Avaliação de Níveis Sonoros: Noções Básicas*. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo.
- MABRAB, E. B. (1975) *Environmet Noise Control*. John Wiley & Sons, New York.
- OLIVEIRA, A. M. (2002) *Desenvolvimento de um instrumento para estimar níveis de ruído derivado dos veículos automotores em vias urbanas*. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Brasília, DF.
- TEIXEIRA, G. L.; Freitas, E. J. G.; Yamashita, Y. (2001) *Pavimentos modificados como forma de redução do nível de Ruído do tráfego urbano: Experiências Internacionais*. Anais do Encontro Nacional de Conservação Rodoviária, Brasília, DF.
- [on-line] url: <http://www.metro.sp.gov.br/index.asp> capturado em 05/2002
- [on-line] url: <http://www.metro.df.gov.br> capturado em 05/2002
- [on-line] url: <http://www.metrorio.com.br/index.asp> capturado em 05/2002